

一种模块化通用垫板工装的研究设计

李振亚, 赵爱春

(中国航空无线电电子研究所, 上海 200241)

[摘要] 描述了一种模块化通用垫板工装的设计方法, 尤其是一种应用于航空电子印制电路板组件 (PCBA) 和导热板胶粘作业的垫板工装。将垫板工装分为垫板组件和盖板组件两部分, 作业时, 按从下至上顺序依次叠放垫板组件、PCBA、导热板和盖板组件, 其中 PCBA 与导热板之间粘附胶膜形成粘接组件。通过移动垫条、更换导热板导向销模块、调整垫柱安装位置等操作, 实现规格大小不同、元器件布局不同的 PCBA 与相应导热板的胶粘作业。

[关键词] 印制电路板组件 (PCBA); 导热板; 模块; 垫板工装

[中图分类号] V279

[文献标识码] A

[文章编号] 1006-141X(2020)03-0000-00

Research and Design of A Modular and Generic Plate Tooling

LI Zhen-ya, ZHAO Ai-chun

(China National Aeronautical Radio Electronics Research Institute, Shanghai 200241, China)

Abstract: A design method of a modular and generic plate tooling is described, which is applied to the adhesive of avionics printed circuit board assembly (PCBA) and heat conducting plate. Plate tooling is composed of backing plate assembly and cover plate assembly. When working, the cushion plate assembly, PCBA, heat conduction plate and cover plate assembly are stacked in a bottom-to-top order, in which the adhesive film is adhered between the PCBA and the heat conduction plate to form the adhesive assembly. By moving the gasket, replacing the heat conduction plate guide pin module, adjusting the installation position of the cushion column and other operations, the adhesive operation between the PCBA and the corresponding heat conduction plate with different specifications and different layout of components is completed.

Key words: printed circuit board assembly (PCBA); heat conducting plate; module; plate tooling

随着科技发展的进步, 航空电子产品模块印制电路板复杂程度越来越高, 印制板上电子元器件体积不断缩小, 数量也不断增加。当模块工作时, 若未给予适当的散热, 轻则导致模块使用寿命的缩短, 严重则会导致模块短路, 影响设备的正常

工作, 因此在航空电子产品模块热管理上必须存在有效的散热方式, 始终能保持航空电子产品模块及设备的正常运作^[1]。

当前航空电子产品模块散热形式主要有以下几种方式: 热传导、对流散热和热辐射。相对于

收稿日期: 2020-05-05

引用格式: 李振亚, 赵爱春. 一种模块化通用垫板工装的研究设计 [J]. 航空电子技术, 2020, 51(3): 01-05.

对流散热和热辐射, 热传导散热是目前最简单和最高效的散热方式。

航空电子产品模块当前最常用的热传导设计是在电子印制板组件(PCBA: Printed Circuit Board Assembly)上粘贴导热板, 通过导热板将电子模块工作时产生的热量导出。因此, 导热板与PCBA之间的胶粘质量就成为直接影响到航空电子产品模块工作时的散热效率的关键因素。

在航空电子产品模块生产制造过程中, 需要确保航空电子产品模块装配时导热板与PCBA之间粘贴的质量, 并满足产品生产线快速流转要求, 垫板工装作为重要的生产工艺装备, 可以高效地保证导热板粘贴的质量。由于航空电子产品模块结构组成的相似性, 不同航空电子产品模块装配使用的垫板工装也存在一定程度的相似性, 对于分别设计的垫板工装, 就存在一定程度上的重复设计问题。

本文描述了一种模块化通用垫板工装设计方法, 将垫板组件上各结构要素模块化, 通过调整垫板上各结构模块的不同组合形式, 可以轻松实现产品规格大小不同、元器件布局不同的PCBA与相应导热板之间的胶粘作业。该垫板工装具有模块化、轻量化、通用化等特点, 在满足产品质量的同时, 能够提升使用人员的操作便利性。

1 垫板工装简介

1.1 垫板工装应用场景

导热板胶粘是一种将导热板与印制板通过有机胶膜结合到一起, 经过加热、加压使三者产生物理化学反应, 将导热板和印制板结合到一起的工艺。垫板工装是电子模块制造过程中为保证导热板与PCBA之间的胶粘质量的必要工装。

垫板工装分为垫板组件和盖板组件两部分, 其应用场景如图1所示。作业时, 按从下至上顺序依次叠放垫板组件、PCBA、导热板和盖板组件, 其中PCBA与导热板之间粘附胶膜形成胶粘组件。装配完成后, 将其放置到平板硫化机热压区域进行导热板胶粘作业, 其中垫板组件的数量可根据每次PCBA的数量(每批次不大于7)来确定。

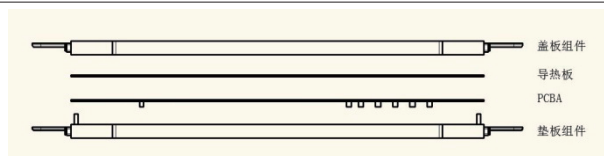


图1 垫板工装应用场景示意图

1.2 现有垫板工装设计

垫板工装设计时应满足以下设计要求:

(1) 垫板工装应具有足够强度, 保证在导热板胶粘作业过程中不产生变形;

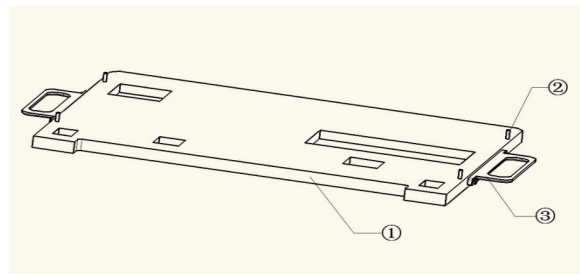
(2) PCBA与导热板在胶粘作业过程中不会发生相对位置偏移;

(3) 垫板工装应保护PCBA上电子元器件在导热板胶粘作业过程中不受损伤。

针对上述设计要求, 现有垫板工装设计将垫板工装分为垫板组件和盖板组件两部分。

为满足设计要求, 现有垫板工装选用材料为碳钢材料, 其硬度要求满足HRC 25~35, 可保证垫板工装在导热板胶粘作业过程中不产生变形。

现有垫板工装设计中, 垫板组件由垫板、导向销和把手组成, 如图2所示。在垫板与PCBA的接触面上设计有一些凹槽特征, 目的是避开PCBA上安装的电子元器件, 确保其在导热板胶粘作业过程中不受损伤。垫板上凹槽位置、大小及深度根据PCBA上电子元器件布局及大小来确定。相对来说, 盖板组件设计较为简单, 由盖板和把手组成, 盖板上设计有导向销孔, 盖板大小与PCBA大小一致。导向销与导向销孔的配合可保证PCBA与导热板在胶粘作业过程中不会发生相对位置偏移。



注: ①垫板、②导向销、③把手

图2 垫板组件结构示意图

1.3 存在问题

现有垫板工装设计及垫板工装使用过程存在以下几个问题:

(1) 设计周期长。设计过程中须对 PCBA 上电子元器件布局进行测绘, 以确定垫板上凹槽特征的位置、大小及深度, 平均设计周期为 7 个工作日;

(2) 易发生设计失误。若测绘不精准, 易导致垫板上凹槽特征位置不准确、深度不够等问题, 从而导致垫板工装返工甚至报废;

(3) 加工周期长。由于采用碳钢材料, 材料加工强度较大, 易伤刀具, 同时加工特征较多, 故工装加工周期较长, 平均加工周期为 20 个工作日;

(4) 当 PCBA 电子元器件布局发生设计变更或者电子元器件替代使用后, 原垫板工装便不能直接使用, 须对其进行补加工或重新设计制造;

(5) 由于现有垫板工装采用碳钢材料, 工装自重较大, 操作人员劳动强度较高, 装配过程中易发生磕碰等事故;

(6) 由于采用碳钢材料, 现有垫板工装存在周期长之后, 若维护保养不及时, 其表面易产生锈蚀, 从而导致垫板工装报废, 造成浪费。

2 垫板工装设计改进

2.1 材料选型改进

针对垫板工装自重较大及易锈蚀的问题, 通过选用密度较低的金属材料并进行合适的表面处理来达到所需的强度要求。

经过研究比较, 选用铝合金作为垫板工作主要材料, 同时对其表面进行硬质阳极氧化处理。铝合金硬质阳极氧化也称厚层阳极氧化, 其氧化膜的厚度可达 $250\ \mu\text{m}$, 硬度可达 HRC 37。此种氧化膜具有导热性差、硬度高、耐磨性强、良好的绝缘性、并与其基体金属结合得很牢固等优点^[2]。铝合金材料密度仅为碳钢材料的 1/3, 同时采用硬质阳极氧化处理后其表面硬度甚至高于碳钢材料, 其材料性能对比如表 1 所示。

表 1 材料性能对比表

序号	名称	密度 (g/cm^3)	硬度 (HRC)
1	碳钢	7.85	25~35
2	铝合金 (硬质阳极氧化)	2.7	37

因此, 选用硬质阳极氧化处理的铝合金材料后可在降低操作人员劳动强度的同时保证垫板工装仍具有足够强度, 在导热板胶粘作业过程中不产

生变形, 满足使用要求。另外, 选用铝合金材料后, 可降低垫板工装维护保养成本, 减少锈蚀报废现象。

2.2 结构设计改进

垫板组件的主要作用是保证 PCBA 在导热板胶粘作业过程中不产生翘曲变形, 同时 PCBA 上的电子元器件在导热板胶粘过程中不受损伤, 因此垫板组件的设计是垫板工装设计是否满足要求的关键要素。

基于上述要求, 对垫板组件进行结构设计改进。保留现有结构设计中的把手和导向销, 将垫板重新设计拆分为垫板、垫条和垫柱的组合, 导向销安装到左右两端垫条上, 把手仍安装到垫板左右两侧, 如图 3 所示。垫柱安装位置对应 PCBA 上无电子元器件的空白区域, 避免导热板胶粘作业过程中损伤电子元器件, 同时对 PCBA 进行支撑, 防止其产生翘曲变形。

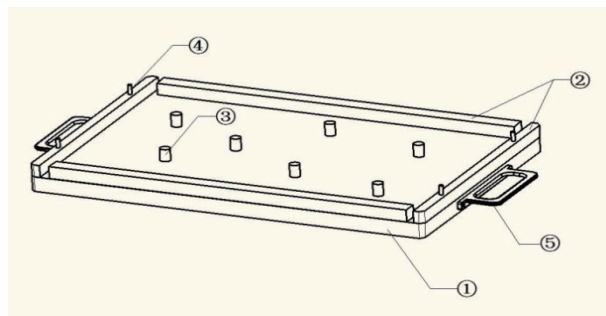


图 3 垫板组件改进后结构示意图

垫板组件结构设计改进后, 具有如下优点:

(1) 设计周期短。设计垫板组件时, 只需要在垫板上选择几个合适的 PCBA 支撑点来安装垫柱即可满足使用要求, 省去测绘电子元器件完整布局的时间, 缩短垫板工装设计周期, 改进后平均设计周期为 3 个工作日, 可节省 57% 设计时间;

(2) 垫板组件加工周期缩短。垫板组件结构改进后, 加工特征数量较现有结构形式减少 90% 以上, 并且各组成零件可同步加工, 改进后平均加工周期仅需 5 个工作日, 节省 75% 加工时间;

(3) 易补加工。若发生设计失误, 如垫柱安装位置选择错误, 可通过在垫板上补加工螺纹孔重新选择垫柱安装位置来快速解决问题;

(4) 当 PCBA 电子元器件布局发生设计变更或

者电子元器件替代使用后, 只需要在垫板上补加工螺纹孔重新选择垫柱安装位置来满足使用要求;

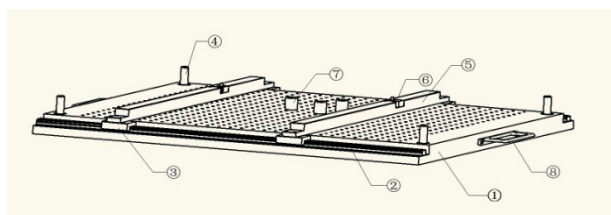
(5) 降低劳动强度。经过结构和材料改进的工装重量约为改进前的 25%, 极大地降低了操作人员的劳动强度。

结构设计改进后的垫板工装可有效缩短工装设计和制造周期, 降低补加工难度, 消除因结构变化而导致的工装报废现象, 同时降低操作人员劳动强度。

3 模块化通用垫板工装设计

尽管垫板工装结构设计进行改进, 但改进后的垫板工装仍为专用工装, 无法满足不同尺寸规格、不同电子元器件布局的 PCBA 和相应导热板的胶粘作业。

本文研究设计了一种模块化通用垫板工装, 结构形式仍由垫板组件和盖板组件构成。但垫板组件改进为由多种结构要素构成, 分别由垫板、线性导轨、线性滑块、工装导向销、垫条、导热板导向销模块、垫柱及把手组成, 如图 4 所示。



注: ①垫板、②线性导轨、③线性滑块、④工装导向销、⑤垫条、⑥导热板导向销模块、⑦垫柱、⑧把手

图4 模块化通用垫板组件结构示意图

模块化通用垫板工装同改进后的专用工装一样, 选用铝合金作为主体材料, 并对其进行硬质阳极氧化处理。该材料选型使模块化通用垫板工装既能满足工装轻量化的要求, 又能满足胶粘作业对工装的强度要求。

模块化通用垫板工装中垫板组件的结构设计思路如下:

(1) 垫板宽度方向两侧对称设置台阶, 中间区域矩形阵列分布螺纹孔, 四角处安装工装导向销;

(2) 垫板台阶上安装带有线性滑块的线性导轨组件, 线性滑块上端面与垫板上端面保持同一水平面, 每根导轨上安装有两块线性滑块;

(3) 线性滑块上安装有垫条, 垫条长度与垫

板宽度保持一致, 其长度方案两端对称设置台阶, 以避免紧固件突出垫条上端面;

(4) 垫条上安装有导热板导向销模块, 垫条中中间区域垫板上安装垫柱, 垫柱的作用是用来保证导热板胶粘作业过程中粘接组件的平整性的, 避免其作业过程中产生翘曲。

通过借助线性滑块在线性导轨上的滑动, 调整垫条之间的相对距离, 从而满足不同尺寸规格 PCBA 的作业需求; 垫条上的导热板导向销模块具有可拆卸、替换的特点, 通过更换导热板导向销模块可满足不同导向孔孔径规格的 PCBA 和导热板的导向需求; 根据 PCBA 电子元器件布局, 调整垫板中间区域的垫柱位置和规格, 可满足不同元器件布局的 PCBA 的作业需求。

模块化通用垫板工装设计出图时, 须注意以下设计细节:

(1) 为保证导热板胶粘作业的质量, 垫板的长度与宽度不得超出平板硫化机热压区域的有效工作范围, 即 $350\text{ mm} \times 350\text{ mm}$;

(2) 导热板导向销模块不得影响导热板胶粘作业, 即模块上导向销的高度不得超出印制板与导热板厚度总和;

(3) 垫条与垫柱的高度须保持一致, 应大于 PCBA 上器件的最大高度, 当设计值为 10 mm 时, 即大于 95% 以上贴片元器件高度;

(4) 垫柱的直径与 PCBA 上电子元器件的分布密切相关, 不同的 PCBA 进行导热板胶粘作业时所需垫柱直径规格不尽相同, 故垫柱直径可按 5 mm 、 8 mm 、 10 mm 、 15 mm 等规格进行设计。

对于技术状态固化的产品, 仍建议设计并使用改进的专用工装; 但对于技术状态未固化的 PCBA, 模块化通用垫板工装可有效解决相应专用工装投入成本高、利用率低的弊端, 保障生产节点, 提高生产效率, 提高经济效益。

4 结束语

本文在现有垫板工装设计基础上, 通过改进垫板组件的结构形式, 设计研究了一种模块化通用垫板工装。该模块化通用垫板工装可通过移动垫条、更换导热板导向销模块、调整垫柱安装位置, 实现不同大小规格、不同器件布局的 PCBA 与相

应导热板的胶粘作业。同时,通过选材等手段进行轻量化后,有效降低操作人员劳动强度,简化生产准备过程,提高生产效率,有力保障生产节点。

根据上述技术方案,该模块化通用垫板工装只需调整、更换相应模块即可快速实现不同的PCBA与其导热板的胶粘作业,为航空电子模块生产装配提供实效性、便利性,具有显著的经济效益。

参 考 文 献

[1] 江嘉琪,朱茂桃.不同模块电装散热性能实验性研究[J].电子制作,2014,(11):042-043.

[2] 曹文琴,朱海燕,向毅.铝合金材质硬质阳极氧化工艺方法的应用分析[J].机械设计与制造,2013,(10):100-102.

[3] 杨洋,黄晶,张海洋,等.工装夹具在航天零件机械加工中的应用[J].机械制造,2018,56(12):95-97.

[4] 土屋喜一.机械实用手册[M].赵文珍,译.北京:科学出版社,2006.

[5] 王继焕.机械设计基础[M].武汉:华中科技大学出版社,2014.