

LED 编带机热压头的热分析与优化设计

袁清珂¹, 凌均健¹, 缪来虎²

(1. 广东工业大学, 广州 510006; 2. 深圳市华腾半导体设备有限公司, 深圳 518055)

摘要: **目的** 针对LED编带机热压头间接加热方案效率低的问题,利用SolidWorks对其进行实体建模,并导入Ansys中进行热分析与优化设计,提出新型的直接加热方案。**方法** 根据SMD器件编带包装的基本要求,具体结合片式LED编带机热压封装的基本原理,引入有限元热分析概念,通过Ansys有限元分析软件,对直接和间接加热方案进行热分析。**结果** 热压头直接加热方案优于间接加热方案,兼具有升温速度快、温差小和结构简单等优点。**结论** 热压头直接加热方案是一种可行的替代方案,为具体设计实施提供了理论依据。

关键词: 热压头; 编带机; 有限元; 热分析

中图分类号: TB486+.01 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2015)09-0099-04

Thermal Analysis and Optimization Design for Thermal Head of LED Taping Machine

YUAN Qing-ke¹, LING Jun-jian¹, MIAO Lai-hu²

(1. Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China;

2. Shenzhen Hitest Semiconductor Equipment Co., Ltd., Shenzhen 518055, China)

ABSTRACT: Targeting at the problem of low efficiency of the indirect heating scheme of the thermal head of LED taping machine, solidworks was used for solid modeling, and thermal analysis as well as design optimization were conducted in Ansys, in order to propose a novel direct heating scheme. According to the basic requirements of SMD device taping packaging, the basic principle of thermal sealing packaging of LED taping machine was combined, the concept of finite element thermal analysis was introduced, and Ansys finite element analysis software was used to perform thermal analysis for the direct and indirect heating schemes. The result finally suggested that the scheme of thermal head direct heating was better than the indirect heating scheme, which had the advantages of fast warming, simple structure and small temperature difference. In conclusion, the scheme of thermal head direct heating was a feasible alternative, which provided theoretical basis for the implementation of specific design.

KEY WORDS: thermal head; taping machine; finite element; thermal analysis

在LED编带机中,通常的处理工艺为:上料—输送—测试—定向—筛选—校正—外观检查—热压封装^[1]。其中,热压封装是编带包装工艺的最后一道工序,虽然不是编带机的最核心部分,但其完成质量关

乎整个包装作业的成败^[2]。这里,利用SolidWorks对LED编带机热压封装设备进行实体建模,并将其导入Ansys中进行热分析与优化设计,使得热压模块的设计具备升温快、温差小、热损失少等优点。

收稿日期: 2014-11-03

基金项目: 广东省学位与研究生教育改革研究项目(09JGXM-ZD10); 广东省战略性新兴产业LED专项(2012A080303002); 广东省产学研专项(2009B090300340, 2011B090400119, 2010B090400079, 2012B091000033); 广东省数控一代专项(2012B011300009, 2012B011300049)

作者简介: 袁清珂(1963—),男,山东青岛人,广东工业大学教授,主要研究方向为知识工程与智能设计、机电控制、多体动力学与计算机仿真、企业信息化与两化融合等。

1 热压封装的基本原理

热压封装是用非黏性透明胶带覆盖在盖带上,并通过热压方式把胶带和盖带粘合起来,进而把工件封存在盖带中,见图1。

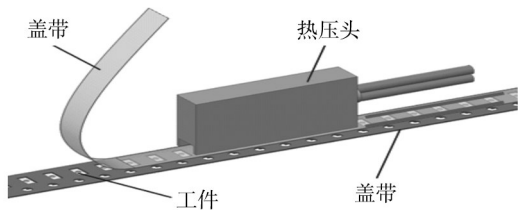


图1 胶带热压封装过程
Fig.1 The process of tape thermal sealing packaging

目前,在SMD器件编带包装方面,使用最广泛的是PET材料的热封胶带,分为低温透明和高温雾状等2种。其中,低温透明热封胶带的热封温度为90~150℃,高温雾状热封胶带的热封温度为170~225℃^[3-4],因此,要求热压头(简称封刀)压合面的温度应该在90~225℃之间。

热封其实是一个相变过程,胶带在与封刀接触的瞬间熔化,并在一定压力下粘接到盖带上,盖带的转变温度较高,可以认为热压瞬间几乎不参与相变^[5-6]。热压封装过程由温度、压力和时间决定,其中温度是关键,要控制温度在一个合适的范围内,使得压接时间最短而又不损坏载带^[7]。另外,封刀两压面的温差要尽量小,以保证在相同的压力和时间下,工件两端的缝合线具有相同的粘接强度。

2 初始及边界条件

已知编带机在室温下运行,环境温度为25℃,为了便于分析关键对象和目标参数,有必要进行简化和理想假设:空气和受热物体的导热系数视为恒定不变;空气与热压头的传热为自然对流传热,且在传热过程中空气的温度保持不变;加热棒自身尺寸较小、热容小,且传热系数高,可认为其50 W的功率全部用于受热体上,并考虑到其安装时会在表面涂覆导热膏并与孔内表面紧密接触;加热棒与受热体之间热阻为0,计算时直接把50 W的功率均匀加载到加热板的内孔面上。

为了和模型单位保持一致,把各物理参数折算为mm所对应的数值。统一设定空气的对流换热系数为

12 W/(m²·℃),参与传热材料的热物理参数见表1。

表1 热压模块关键零部件材料的热物理参数
Tab.1 Thermal physical parameters of the materials for the key components of the hot-pressing module

零件名称	材料	密度(×10 ⁻⁶)/ (kg·mm ⁻³)	比热/ (J·kg ⁻¹ ·K ⁻¹)	导热系数/ (μm·K ⁻¹)
隔热块	合成石 (HR-B88型)	1.9	930	0.25
加热板	铜	8.9	385	0.4
封刀	不锈钢(316)	7.93	500	0.02
	空气(常压)	1.1691	1	0.026

3 封刀间接加热传热分析

封刀间接加热热压头三维建模及有限元模型见图2。为了方便封刀的更换,把封刀设计成易拆卸的结构,并从侧面安装在加热板上。加热棒内置于加热板中,通过被加热的高温加热板对封刀进行加热,属于间接加热。由于封刀是从侧面安装,并与加热板紧压,间隙非常小,可以假定贴紧面无热阻,而封刀顶面与加热块在实际装配过程中会存在0~0.5 mm的气隙,热阻较大。由于加热板顶面紧贴在合成石的隔热材料上,而隔热板的温度不属于考虑范围,为了简化计算可以略去,并把加热板的顶面看成是绝热界面。另外,暴露在空气中的各表面均与空气对流传热。下面分别计算封刀顶面有无气隙时的热分布。

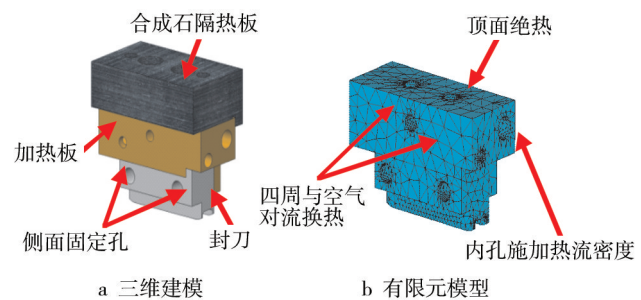


图2 封刀间接加热热压头三维建模及有限元模型
Fig.2 Three-dimensional modeling and the finite element model of the sealing knife indirect heating thermal head

3.1 刀顶面无气隙时的热分布

加热板选用铜材料,封刀选用不锈钢材料,并用有限元软件Ansys的热分析单元solid 87,按3级精细度自动划分网格(图2b)^[8]。选择瞬态分析类型,并定义加载时间为300 s,最小载荷步为10 s,最大载荷步为30 s,每

步均要输出结果。为了便于比较分析,需要分别计算出加热板和封刀的体积, $V_{\text{加热板}1}=4927.46 \text{ mm}^3$, $V_{\text{封刀}1}=1477.43 \text{ mm}^3$ 。按节点温度结果输出得到温度梯度图,见图3(红色表示高温位置,蓝色表示低温位置)。

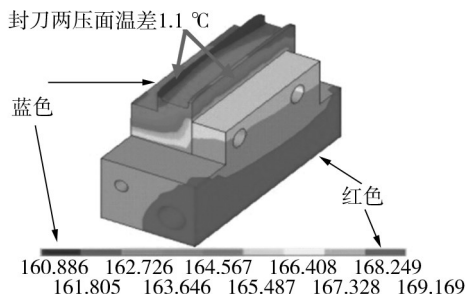


图3 封刀顶面与加热板无间隙时的温度分布

Fig.3 The temperature distribution when there was no gap between the top of Sealing knife and the Heating plate

转换成温度曲线后,温度梯度更明显直观,加热板本身的温度差达到 3°C ,传递到封刀压面的温度差为 1.1°C 。

3.2 刀顶面有气隙时的热分布

在实际中,由于固定方式所限,封刀顶面与加热板很难达到紧密接触,有时候为了保证封刀与载带在长度方向的平行度,甚至会微调角度^[9],从而导致封刀与加热块存在 $0.2\sim 1 \text{ mm}$ 的间隙,现假设间隙为 0.5 mm 。考虑到间隙中空气的温度较高,取其在 180°C 时的各项热分析参数为:密度为 $0.779 \times 10^{-9} \text{ kg/mm}^3$,比热为 $1034 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$,导热系数 $0.38 \times 10^{-4} \text{ mm}\cdot\text{K}$ 。同样以 solid87 单元3级精细度自由划分网格。

采用上述相同的求解过程及后处理方法,加热板封刀的最大温差超过 12°C ,且封刀的温度梯度沿厚度方向分布,由此导致封刀压面温差超过 3°C 。这种现象在理论上是由于空气的比热大,导热系数相对金属差了3个数量级,相当于在加热板和封刀顶面之间加了1层很薄的热阻,导致热量不能顺畅地传导,加热板的安装面则成为主要导热面,导致其沿厚度方向的温度梯度,当封刀压面间距加大时温差更为明显^[10]。同样,在封刀两压面和加热块上各取1个节点分析,结果显示整体温度较无间隙的情况要高,可以认为是空气层起到了很好的热保护,减少了对外界散热的结果^[11-12]。

3.3 对比分析

封刀顶面与加热板的接触面积比侧面大,顶面传热起主导作用,因此,在无间隙时其温度梯度沿高度

方向,封刀压面的温差较小^[13]。而对于封刀顶面与加热板有间隙的情况,由于空气的热阻很大,封刀的加热主要以侧面传导为主,温度梯度沿厚度方向,因而反映在封刀压面的温差较大,并且随着封刀压面间距的增加有升高的趋势^[14]。

4 封刀直接加热传热分析

针对上述间接加热方案,提出一种新型传热模型,即封刀直接加热方案。封刀直接加热热压头三维建模及有限元模型见图4。为了减少热损失,使用隔热材料作为封刀的安装基板。构建封刀直接加热三维模型(图4a),封刀通过2个螺钉从侧面固定在隔热板上,再通过隔热板装配到热压机构上。由于隔热板的传热系数很小,其热分布不是所关心的对象,将其从分析对象中删除。定义封刀的材料属性并用 solid87 单元按3级精度建立有限元模型(图4b)。假设封刀顶面和背面接触界面是完全绝热的,而其他表面则与空气进行自然对流热交换,空气的温度为 25°C ,对流换热系数为 $12 \mu \text{ W/(mm}^2\cdot\text{C)}$ 。50 W 的功率全部均匀施加在封刀加热孔的内孔面上。为了便于比较分析,需要计算出封刀的体积 $V_{\text{封刀}2}=4374.17 \text{ mm}^3$ 。

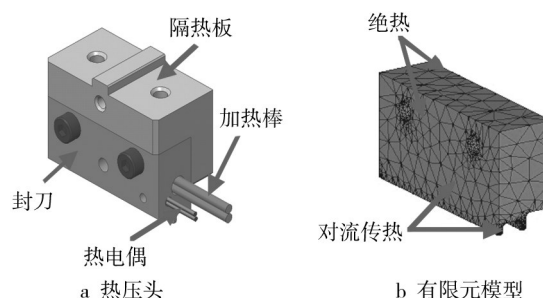


图4 封刀直接加热热压头三维建模及有限元模型

Fig.4 Three-dimensional modeling and finite element model of the sealing knife direct heating thermal head

与间接加热分析一样,选择 Ansys 的瞬态热分析类型,并定义加载时间为 300 s ,最小载荷步为 10 s ,最大载荷步为 30 s ,每步均要输出结果。选择按节点温度结果显示方式,得到温度分布见图5。从图5可以看出,整个模块的温度分布较为均匀,封刀压面沿 x 向和 y 向的温差均低于 0.5°C 。封刀的升温很快,尽管体积比第1个方案大,但加热 300 s 就达到了 180°C 的高温。另外,由于加热棒的布置处于居中位置,温度梯度沿高度方向分布,因此封刀压面的温差较小,几乎为 0 ^[15]。

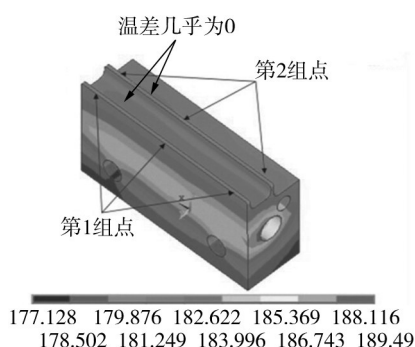


图5 封刀直接加热的温度分布

Fig.5 The temperature distribution of sealing knife direct heating

5 结语

根据2种传热模型的分析结果可知,直接加热传热方案封刀温度分布均匀性和一致性明显较好,传热效率也明显较高。由于热容量小,温度损耗小,其升温速度快,相同加热时间下比间接加热所能达到的温度高,这更有利于封装。另外,保温是减少能耗的有效措施,有选择性地隔热还能改善温度分布的不均匀性。

参考文献:

- [1] 马宏伟. 基于IPC架构的全自动贴片LED编带机控制系统研制[D]. 西安:西安工业大学,2013.
MA Hong-wei. The Research on Control System of Automatic SMD LED Taping Machine Control System Based on IPC Framework[D]. Xi'an:Xi'an Technological University,2013.
- [2] 金涛,尹周平,陈建魁. RFID封装中热压头的热分析及优化设计[J]. 机械与电子,2011(1):13—16.
JIN Tao, YIN Zhou-ping, CHEN Jian-kui. Thermal Analysis and Optimization Design in RFID Packages[J]. Machinery & Electronics,2011(1):14—16.
- [3] 郑继雨,王伟. 贴片式LED的发展趋势及其应用特性研究[J]. 照明工程学报,2011,22(6):14—17.
ZHENG Ji-yu, WANG Wei. SMD LED Development Trend and Its Application Research[J]. China Illuminating Engineering Journal,2011,22(6):14—17.
- [4] 金涛. RFID标签封装设备热压模块的设计与实现[D]. 武汉:华中科技大学,2011.
JIN Tao. Design and Implementation of Hot-pressing Module for RFID Tag-package Equipment[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology,2011.
- [5] 肖汉军. RFID封装设备热压固化系统的设计和分析[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2011.
XIAO Han-jun. Design and Analysis of the Hot-press Curing System for Rfid Packaging Equipment[D]. Shenzhen: Harbin Institute of Technology,2011.
- [6] 罗强. RFID标签热压工艺平台设计与性能验证[D]. 武汉:华中科技大学,2009.
LUO Qiang. Design and Performance Test of Hot Pressing Machine for RFID Tags[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology,2009.
- [7] 李楠楠. RFID封装中热压模块温度控制系统的设计与实现[D]. 武汉:华中科技大学,2007.
LI Nan-nan. Design and Implementation of Temperature Control on Bonding System of RFID Packaging Equipment[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology,2007.
- [8] 张朝晖. Ansys8.0热分析教程与实例解[M]. 北京:中国铁道出版社,2005.
ZHANG Zhao-hui. Ansys8.0 Thermal Analysis Tutorial and Examples of Solution[M]. Beijing: China Railway Publishing House,2005.
- [9] 刘少芳,单忠频,缪来虎,等. 全自动表面贴装LED编带机的研制[J]. 电子机械工程,2008,24(2):19—22.
LIU Shao-fang, SHAN Zhong-pin, MIAO Lai-hu, et al. Design of Taping System for Surface Mount Technology LED Optoelectronic Parameter[J]. Electro-Mechanical Engineering,2008,24(2):19—22.
- [10] 薛雷,孙以泽,李培兴,等. 基于模糊PID的裤袜包装机热封切刀温度控制的研究[J]. 包装工程,2013,34(3):16—20.
XUE Lei, SUN Yi-ze, LI Pei-xing, et al. Research on Temperature Control of Heat-sealing Cutting Knife of Panty-hose Packaging Machine Based on Fuzzy-PID[J]. Packaging Engineering,2013,34(3):16—20.
- [11] LIM S, CHONG S, GUO L. Surface Mountable Low Cost Packaging for RFID Device[C]// Electronic Components and Technology Conference,2000:1743—1746.
- [12] LIU Y. An Efficient RFID Authentication Protocol for Low-Cost Tags[C]// Embedded and Ubiquitous Computing,2008. EUC'08. IEEE/IFIP International Conference,2008:180—185.
- [13] JAYAWARDENA A, LIU Y, NARENDHAN N. Analysis of Three Different Junction Temperature Estimation Methods for AC LEDs[J]. Solid-state Electron,2013,86:11—16.
- [14] III -Vs Review. Improving LED Heat Dissipation[J]. International Journal of Thermal Sciences,2011(5):23—28.
- [15] MORRIS J, LEE J, LIU J. Isotropic Conductive Adhesive Interconnect Technology in Electronics Packaging Applications. International Conference on Polymers and Adhesives in Microelectronics and Photonics[B]. 2005:45—52.