

焊头机构运动建模与仿真技术的研究

袁清珂, 刘大慧, 曾德东, 颜旭晖

(广东工业大学机电工程学院 广州 510006)

【摘要】为了开发高速高精度焊头机构, 确保全自动LED键合机的整机性能, 在完成运动方案和结构参数设计后, 研究了运用Pro/Engineer运动仿真模块Mechanism/Pro对整个焊头机构进行运动建模的技术与方法, 包括机构模型创建、驱动控制等, 进行了机构运动仿真; 并对仿真结果进行了分析, 验证了所设计的焊头机构的可行性和合理性。成功地将设计出的焊头机构应用到整机设备开发, 满足了整机功能和性能的要求。该设备已投入实际生产运行。

关键词 键合机; 产品开发; 焊头机构; 运动学; 半导体设备制造; 虚拟样机

中图分类号 TP391.9; TH122; TH134 文献标识码 A doi: 10.3969/j.issn.1001-0548.2009.02.38

Motion Modeling and Simulation Technology of Bonding Head Mechanisms

YUAN Qing-ke, LIU Da-hui, ZENG De-dong, and YAN Xu-hui

(College of Mechanical & Electrical Engineering, Guangdong University of Technology Guangzhou 510006)

Abstract In order to develop a bonding head mechanism with high-speed and high-precision characteristics and ensure the whole machine performance of automatic LED die bonders. A motion proposal and structure parameters of the head mechanism are designed, the motion modeling technologies and methods of the whole head mechanism are researched by using the Mechanism/Pro module of Pro/Engineer software, including mechanism modeling, driving control, and so on. The motion simulation of the whole head mechanism is executed, the simulation results are analyzed and show the feasibility and rationality of developed head mechanism, The head mechanism has been successfully used to the LED die bonding machine with desired functions and performances.

Key words die bonder; dynamics product development; head mechanism; kinematics; semiconductor device manufacture; virtual prototyping

高速高精度LED键合机是芯片封装关键设备之一, 定位精度和运动精度是其重要的技术指标; 而焊头是最关键的部件^[1-5], 需要精确平稳地往返于拾片和粘片两个位置, 实现对芯片的拾取、传送和粘贴等动作。

仿真技术是一种有效的检验手段, 在设备开发过程中, 运用建模与仿真技术对设计完成的机构仿真分析, 可以检查机构运动的正确性、合理性以及零件是否发生干涉, 机构动作能否达到设计的要求, 从而对设计进行改进^[6-8]。运用建模与仿真技术可提高设计开发效率, 缩短开发周期, 减少产品开发费用和成本, 明显提高产品质量和产品性能^[9], 获得最优化和创新的产品设计。

1 仿真过程

本文运用Pro/Engineer对零件进行建模和装配后, 可以直接转换到机构仿真模式进行运动仿真。Mechanism/Pro的仿真过程如图1所示。

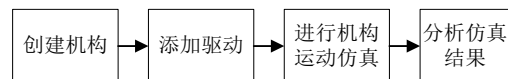


图1 运动仿真过程

1.1 创建机构

本文使用连接(connection)在装配中增加元件来定义机构^[10], 并用连接定义元件之间的相对运动。Pro/Engineer将连接信息保存在装配文件中, 这表明子装配继承了父装配中的连接定义, 即当元

收稿日期: 2008-05-23; 修回日期: 2008-09-07

基金项目: 国家863计划(2002AA415190); 广东省科技计划(2008B010400011); 广东省粤港招标项目(200649821010、2006168201)

作者简介: 袁清珂(1963-), 男, 博士, 教授, 主要从事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、电子商务与网络化制造等方面的研究。

件之间无相对运动时，可以运用装配中的放置来固定元件之间的相对运动。进入机构环境后出现的添加机构模型树如图2所示。

由于焊头机构是由四连杆机构和偏心轮机构组成，因此进入机构仿真界面后，必须添加凸轮机构和弹簧。



图2 添加机构模型树

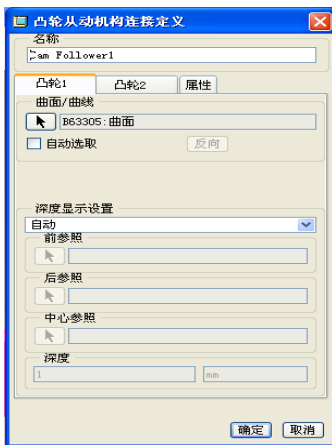


图3 凸轮定义对话框

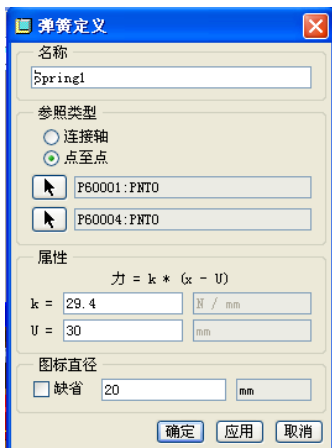


图4 弹簧定义对话框

添加凸轮定义对话框如图3所示，凸轮1为偏心轮曲面，凸轮2为端面偏心轮从动件的表面。由于端面偏心轮从动件是平面，所以必须定义前参照和后

参照，即定义平面的有限深度，选定端面偏心轮从动件直径两个端点为前参照和后参照。

弹簧定义对话框如图4所示，此处的弹簧为端面偏心轮机构复位时提供动力，即和凸轮机构一起使用。本文选定弹簧的参数为：弹性系数 $K=29.4\text{ N/mm}$ ，直径 $D=20\text{ mm}$ ，缺省长度 $U=30\text{ mm}$ 。

1.2 添加驱动

当所有机构添加完毕后，应添加运动源。因焊头机构共有两个动力源驱动，因此必须添加两个伺服电机。添加伺服电机的对话框如图5所示，其中，电机1为带动 R 方向摆动的动力源，速度设为 $10^\circ/\text{s}$ 。电机2为带动 Z 方向上下运动的动力源，速度设为 $100^\circ/\text{s}$ 。



图5 伺服电动机定义对话框

1.3 进行机构运动仿真

添加完所有的机构和动力源后，本文进行了运动仿真。定义所有机构时的焊头运动仿真图如图6所示。

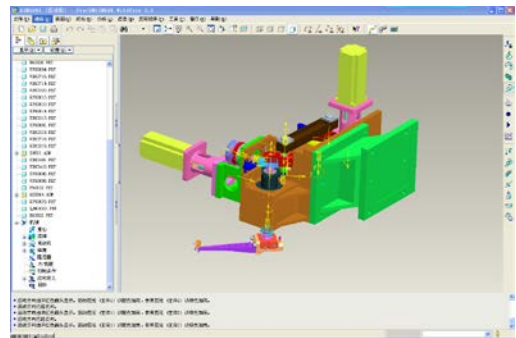


图6 焊头机构仿真界面

完成上述步骤后，即可以进行运动仿真。首先进行运动仿真定义，即定义仿真时间、帧数以及每个电动机的起始时间等，电动机3为电动机1的反向电机。分析定义对话框如图7所示。

运动仿真完成后，即可定义要输出的量。Mechanism/Pro提供输出的量非常丰富，有位置、速度、加速度、约束力等；评估方法还提供了每个时间步长、最大、最小、均方根等。

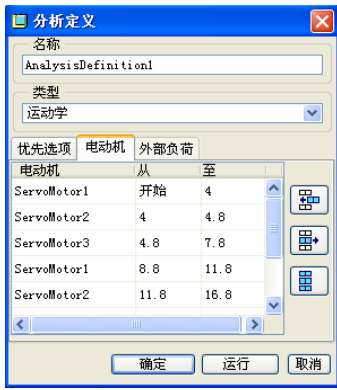


图7 分析定义对话框

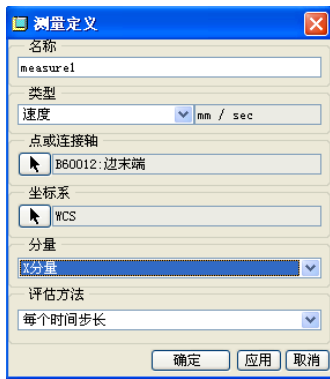


图8 测量定义对话框

本文定义了吸嘴末端的速度和加速度在X轴方向上的分量两个量, 坐标系为默认的WCS坐标, 评估方法为每个时间步长, 测量输出定义对话框如图8所示。

输出定义完成后, 就可以按照仿真结果计算输出量, 同时生成坐标图形显示。可以选择将不同的测量量同时生成在同一个坐标图形界面中, 也可分别生成, 本文选择生成在同一个界面中。焊臂吸嘴末端测量的速度和加速度在X轴上分量的输出结果如图9所示。

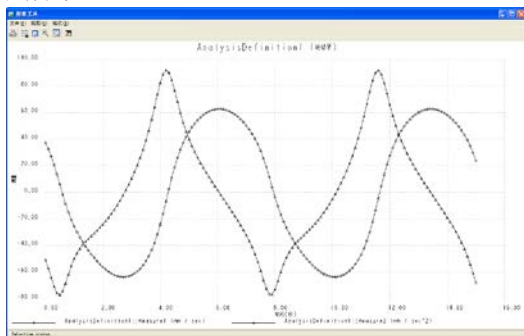


图9 仿真结果输出

2 仿真结果

本文将仿真结果输出后直接保存为excel格式文件, 该文件包括图样和每个时间单位(0.1 s)的数据,

有利于处理和分析结果。吸嘴速度数据输出转到 excel的图表如图10所示, 图中只显示了部分数据。

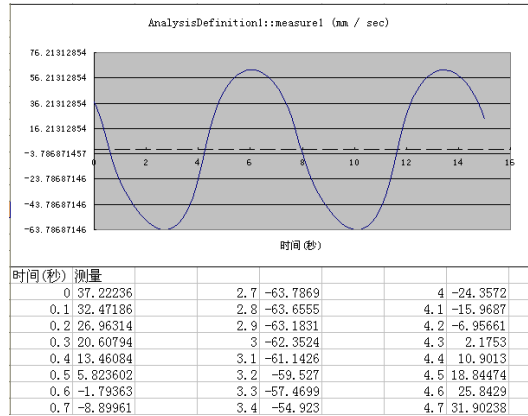


图10 吸嘴速度数据图

由图10可以看出, 时间为0.6、4.3和8.0 s时速度最小, 接近为零; 当时间为2.8、6.3和10.0 s时速度最大。由于仿真时的伺服电机速度设定为100°/s, 所以周期 $T_1 = (4.3 - 0.6) \times 100 = 370^\circ$, $T_2 = (8 - 4.3) \times 100 = 370^\circ$, 即 $T_1 = T_2$ 。由摆臂四连杆机构可知, 当曲柄摆动一周左右时, 摇杆刚好两次到达两个极限位置。

由上述讨论可知, 当吸嘴分别在0.6、4.3和8.0 s时, 即焊臂到达极限位的时间。同时从仿真图像和数据表也可看出, 这两个位置的机构瞬时速度最小。如把这两个位置设为焊臂的吸片位和粘片位, 有利于保证吸片和粘片的稳定性。通过运动仿真验证了本文的理论计算, 也符合设计要求。当时间分别为2.8、6.3、10.0 s, 即传动角最大时, 焊臂速度最快, 有利于提高焊头的速度。

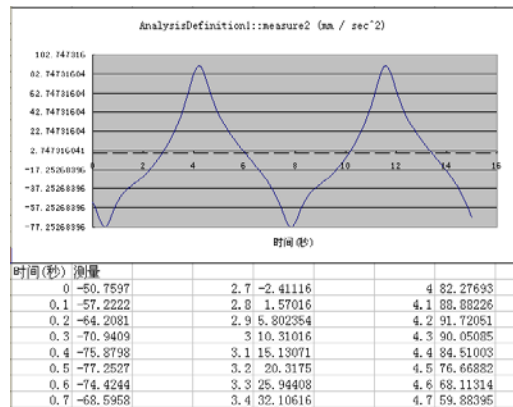


图11 吸嘴加速度数据图

吸嘴加速度输出数据图如图11所示, 图中只显示了部分数据。由图11可知, 当吸嘴在0.5、4.2和8.0 s时, 加速度最大。由图10和图11可知, 当摆臂在极限位时, 吸嘴的加速度最大, 速度最小。所以摆臂在极限位时, 受到的力最大, 会产生冲击震动的情

况,为此,有必要在两个极限位安装阻尼器(缓冲器)以缓冲焊臂受到的冲击力,防止芯片被甩出。本文进行了样机测试,当采用了阻尼器时,吸嘴在极限位的测试光圈很稳定,不会产生漂移的现象,吸取芯片状况也很稳定;相反,在不采用阻尼器时,光圈在测试一段时间后就会产生漂移,吸片时就会出现吸不起芯片的情况。



图12 全自动LED键合机

本文在焊头机构方案和结构参数设计完成之后,为了验证设计方案的正确性和合理性,应用计算机建模与仿真技术,对整个焊头机构进行运动建模仿真,并对仿真数据进行分析。设计方案经过仿真得以验证,取得了很好的效果,保证了设计质量。本文所研究开发的焊头机构已成功地应用到了整机设备开发中,满足了整机功能和性能的要求,目前该设备已投入实际生产运行,实际设备如图12所示。

3 结论

本文的研究和开发工作表明,在新产品开发过程中,综合应用多种先进技术与方法,可以有效地提高设计效率、改进提高设计质量。

焊头机构是一种高速运动的装置,运动速度快、运动杆件轻,对定位精度和运动精度要求非常高,焊头机构的结构参数对键合机整机性能有重要的影响,因此,必须在结构设计、尺寸分布、构型布局、

结构响应、零件刚度和材料选择等多方面做到综合优化。本文所提出的设计思想以及建模与仿真方法,可以应用于所有机电产品的设计与开发过程,具有很好的理论和工程应用价值。

参考文献

- [1] BEHLER S. Die bonding with polyimide tapes[J]. *Advanced Packaging*, 2003, 12(1): 21-23.
- [2] MEDDING J. Thin die bonding techniques[C]//IEMT'04. San Jose, USA: IEEE, 2004: 68-73.
- [3] 吕海燕, 王海明. 应用四连杆机构的粘片机键合头设计[J]. *电子工业专用设备*, 2007, 36(12): 40-42.
SI Hai-yan, WANG Hai-ming. Bond head design by means of four bar linkage mechanism for die bonder[J]. *Equipment for Electronic Products Manufacturing*, 2007, 36(12): 40-42.
- [4] PEARN W L, CHUNG S H, LAI C M. Scheduling integrated circuit assembly operations on die bonder[J]. *IEEE Transactions on Electronics Packaging Manufacturing*, 2007, 30(2): 97-105.
- [5] MATTHEWS K, CADY R, KELLEY M. The design for an innovative semi-automatic die bonder[C]//LEOS'04. Piscataway, USA: IEEE, 2004: 445-446.
- [6] KAYANI S A, AFAALALIK M. Automated design of mechatronic systems using bond-graph modeling and simulation and genetic programming [C]//Proceedings of International Bhurban Conference on Applied Sciences and Technology. Piscataway, USA: IEEE, 2007: 104-114.
- [7] OMERIO G R. Kinematics analysis of mechanism by using bond-graph language[C]//20th European Conference on Modelling and Simulation. Sankt Augustin, Germany: European Council for Modelling and Simulation, 2006: 155-165.
- [8] GAUNEKAR A S, WIDDOWSON G P. Design and development of a high precision lens focusing mechanism using flexure bearings[J]. *Precision Engineering*, 2005, 29(1): 81-85.
- [9] GAUNEKAR A S, WIDDOWSON G P. Design and development of a high precision lens focusing mechanism using flexure bearings[J]. *Precision Engineering*, 2005, 29(1): 81-85.
- [10] 林清安. Pro/ENGINEER机构设计与仿真[M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.
LIN Qing-an. Mechanism design and simulation in pro/engineer[M]. Beijing: China Publishing House of Electronics Industry, 2007.

编辑 黄 莘