

一种新型电磁式锁紧机构设计与仿真分析

邱枫¹, 杨臻¹, 原永亮^{1,2}

(1. 中北大学, 太原 030051; 2. 中航光电科技股份有限公司, 洛阳 471003)

摘要: **目的** 针对产品自动化包装, 设计一套新型电磁式锁紧机构, 对其性能进行仿真分析。 **方法** 使用UG和ADAMS软件, 对锁紧机构进行三维建模设计和动力学仿真分析, 得到电磁式锁紧机构的运动规律和动力学曲线。 **结果** 仿真结果表明: 速度每增大5 mm/s, 锁紧机构与吸附块的接触力增大15 N左右, 吸附块的后退位移增大1.7 mm左右。合理控制锁紧机构的速度可以有效地提高系统的平稳性。 **结论** 通过仿真分析得到了系统的运动规律和动力学曲线, 验证了电磁式锁紧机构的可行性, ADAMS可以准确预测复杂机构的运动规律。

关键词: 锁紧机构; ADAMS; 动态仿真; 运动规律

中图分类号: TB486+.03 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2015)17-0080-04

Design and Simulation of a New Type of Electromagnetic Locking Mechanism

QIU Feng¹, YANG Zhen¹, YUAN Yong-liang^{1,2}

(1. North University of China, Taiyuan 030051, China;

2. China Aviation Optical-Electrical Technology Co., Ltd., Luoyang 471003, China)

ABSTRACT: The aims of this study were to design a new type of electromagnetic locking mechanism for automated packaging of the product, and to conduct simulation analysis on the performance of the electromagnetic locking mechanism. The establishment of the 3D model and dynamic simulation of the mechanism was carried out by using UG and ADAMS mechanical dynamics simulation software, the motion law and dynamic curves on electromagnetic locking mechanism were obtained at the same time. The simulation results showed that when the speed increased by 5 mm/s each time, the contact force between locking mechanism and the adsorption block body would increase by about 15 N, meanwhile, backward displacement on adsorption block would increase by approximately 1.7 mm. Through the analysis, reasonable control of the speed can effectively improve stability of the system. The result showed the motion law and dynamic curve of the system were obtained to verify its feasibility, indicating ADAMS can offer strong evidence on motion law and prediction feasibility of the complex system.

KEY WORDS: docking mechanism; ADAMS; dynamic simulation; motion law

随着科学技术的进步, 虚拟样机技术得到了很大发展, 已成为机械行业和其他领域广泛使用的动力学仿真软件。在机械设计阶段使用虚拟样机技术, 可供人们在确定设计方案阶段发现可能出现的各种错误,

缩短产品的研发周期, 节省研发成本^[1]。

在自动化包装生产线上, 往往需要对产品进行及时的、外观无缺陷的包装。随着现代化产品外观的曲面化, 造成在对产品进行定位锁紧包装时难度

收稿日期: 2014-09-03

基金项目: 山西省研究生优秀创新项目(20143082)

作者简介: 邱枫(1991—), 男, 四川泸州人, 中北大学硕士生, 主攻机械结构设计与动力学仿真技术。

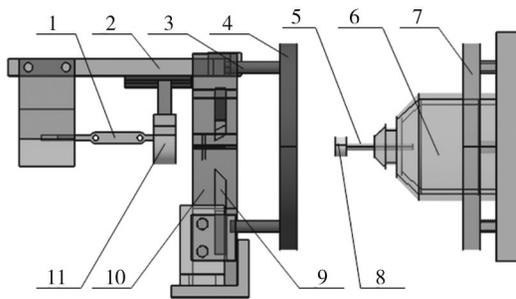
通讯作者: 杨臻(1965—), 男, 四川峨眉山人, 中北大学教授、硕导, 主要研究方向为机械结构设计与动力学仿真技术。

增大,开发一种新型的锁紧机构显得非常重要。为此,结合国内外学者们的研究成果和经验,设计了一种新型电磁式锁紧机构,对其进行了动态仿真分析,得到了相应的运动规律和动力学曲线,为进行相关设计提供依据。

1 锁紧机构组成及工作原理

结合自动化生产线上对连接器包装的锁紧要求,在满足位置锁紧要求的情况下,设计了一种新型电磁式锁紧机构。

电磁式锁紧机构主要由主动和被动组件组成。需要进行包装的曲面产品在主动组件上,主动组件位于自动化生产线上,起着主动作用;被动组件主要是用来吸附主动组件并进行锁紧,通过主动组件和被动组件之间的相互配合及锁紧,完成对吸附块的锁紧,为产品进行在线包装奠定基础。锁紧机构工作原理见图1。



1.液压阻尼器 2.连接架 3.弹簧阻尼器 4.被动环 5.阻尼杆 6.主动锥
7.主动环 8.电磁铁 9.限位块 10.被动锥 11.吸附块

图1 锁紧机构工作原理

Fig.1 Working principle diagram of locking mechanism

随着主动组件在生产线上的运转,主动组件在距离被动组件300 mm时,主动组件的电机开始工作,将主动组件中的主动锥机构伸出。主动锥机构前段装有电磁铁,在主动锥机构缓慢深入至被动锥中时,电磁铁开始工作,与被动组件中的吸附块相吸合,完成电磁式锁紧。

随着主动锥机构的继续前伸,主动环与被动环相接触,被动环和吸附块与固定架之间有阻尼器,从而可以减轻在锁紧过程中对产品的撞击,随着阻尼器的工作,主动锥机构进入被动锥;当主动组件机构到位之后,安装在被动锥周围的3个限位块插入主动锥的限位槽中,完成刚性连接而锁紧,为进行自动化包装做好准备。

2 锁紧机构主体部分设计

在对生产线上的产品进行锁紧时,可能存在如下所述的局限性。

1) 自动生产线上产品的基座上可能不存在锁紧之后的检测装置;

2) 自动生产线上的产品不能够提供相关合作特征,如合作光标等导致轨道及锁紧过程实现闭环控制的难度较大^[2];

3) 由于产品运动的动力学参数未知,需要在锁紧过程中对产品的动力学参数进行在轨识别,以避免锁紧后的系统姿态控制出现异常^[3]。

2.1 主动锥设计

主动锥是主动组件的核心零件,是安装阻尼杆和电磁铁的基体。

在对自动化生产线上的产品进行锁紧的过程中,当电磁铁与吸附块相吸合完成软连接时,主动锥与被动锥接触并运动至锁紧位置,限位块插入主动锥的凹槽中,实现由软连接向刚性连接的转换。主动锥的设计是否合理是直接影响限位块能否准确插入主动锥凹槽的关键因素,因此,需要对主动锥进行正确合理的设计。主动锥结构见图2。

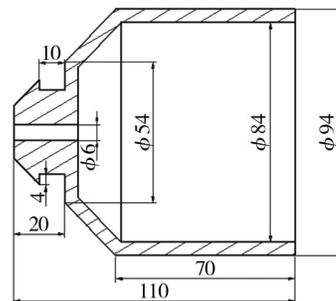


图2 主动锥结构

Fig.2 Schematic diagram of active cone structure

2.2 被动锥设计

被动锥是被动组件中的核心零件之一,既是安装限位块的基体,又是由软连接向刚性连接转换的主要部分。

在完成电磁铁与吸附块的软连接之后,为了从软连接向刚性连接转化,在被动锥的同一圆锥面上均布有3个通孔,并在通孔中安装有限位块。当主动锥与被动锥接触并运动至锁紧位置后,通过检测装置发出

指令,驱动限位块沿着被动锥的径向运动,最终限位块将伸入至主动锥的凹槽中,完成由软连接向刚性连接的转换。被动锥结构尺寸见图3。

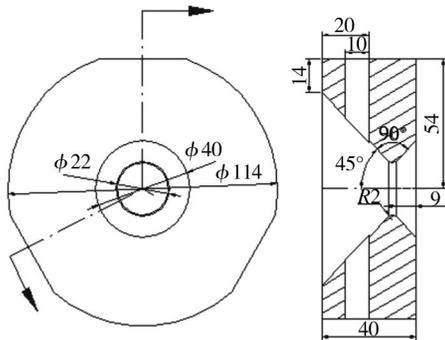


图3 被动锥结构

Fig.3 Schematic diagram of the passive cone structure

3 ADAMS动力学仿真分析

3.1 动力学模型简化与假设

自动化包装生产线上的产品运动非常复杂,为了准确地掌握其本质,需要对模型进行简化和假设:模型不考虑尺寸公差及各种误差,并按照实际情况对其模型进行材料和约束的添加;模型除了各种阻尼器外,其余零部件均按照刚体处理。

3.2 动力学模型建立及仿真分析

将建立的三维模型经过格式类型的转换,将其导入至ADAMS中,按照实际情况对变量进行参数设置。

由于在该机构中有多个阻尼器,在锁紧时可以减小对吸附块在不同阶段的冲击。吸附块的位移和主动锥与被动锥之间的接触力,是直接反映该锁紧机构性能优劣的关键因素,因此,在后处理中主要对上述因素进行分析。

仿真结果见图4—5。根据图4—5可知,当速度为10,15,20 mm/s时的位移分别为3.7,4.9,5.6 mm;接触力(均值)分别为70.7,85.3,101.4 N。可以看出,主动组件的速度越低,主动锥与被动锥的接触力也越小,吸附块的位移也越小;随着速度的增大,主动锥与被动锥直接的接触力和吸附块的位移也随着增大,但由于阻尼器在此过程中发挥作用,其变化不是线性关系。

经综合考虑,最终选取主动锥以10 mm/s的速度前伸进行锁紧。在此过程中,主动锥与被动锥的接触力为70.7 N,接受块在阻尼器的作用下,沿着阻尼器的

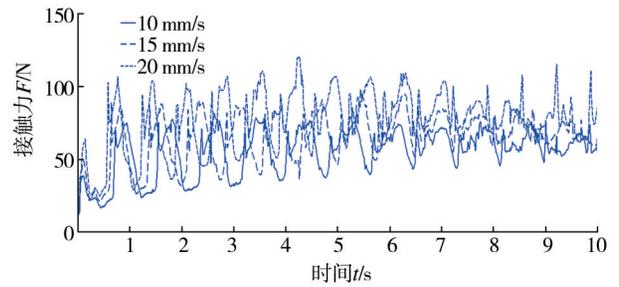


图4 主动锥与被动锥的接触力

Fig.4 The contact force of active and passive cones

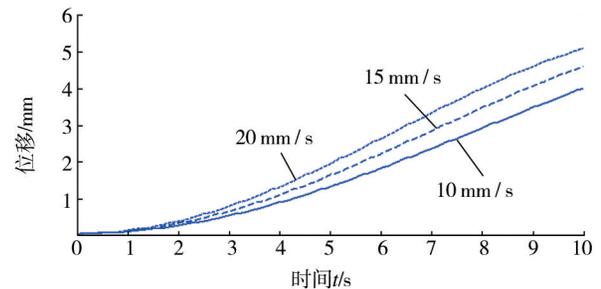


图5 不同速度下吸附块的位移

Fig.5 Displacement of different speeds of absorption block

轴线方向运动3.7 mm,说明阻尼器在该机构中起着不可替代的作用。

4 结语

1) 传统锁紧机构是利用纯机械式机构,电磁式锁紧机构是结合国外的前沿研究成果和经验设计的,缩短了与国外的差距;

2) 该新型的电磁式锁紧机构主要是利用主动锥前段的电磁铁进行吸附锁紧的,电磁铁与主动锥之间用阻尼器连接来缓冲碰撞。该机构具有缓冲能力大、结构简单、维修方便等优点;

3) 通过ADAMS软件对其机构进行仿真分析可知,电磁式锁紧机构的最佳速度为10 mm/s,锁紧过程中最大的接触力为70.7 N,吸附块沿着阻尼器的轴线方向运动3.7 mm,进而验证了电磁式锁紧机构的可行性,得到了其运动规律和动力学曲线。

参考文献:

- [1] CHOI S H. A Virtual Prototyping System for Rapid Product Development[J]. CAD Computer Aided Design, 2004, 36(5): 401—412.
- [2] 徐立峰,张雷. 基于ADAMS的模切机双肘杆机构优化设计

- 研究[J]. 包装工程, 2013, 34(1): 75—78.
- XU Li-feng, ZHANG Lei. Optimal Design of Wine Dual-el-bow Machine of Die-cutting Machine Based on ADAMS[J]. Packing Engineering, 2013, 34(1): 75—78.
- [3] 郭卫东. 虚拟样机技术与ADAMS应用实例教程[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2008.
- GUO Wei-dong. Virtual Prototype Technology and ADAMS Application Tutorial[M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 2008.
- [4] DU Xiao-dong, BIN Liang, XU Wen-fu, et al. Pose Measurement of Large Non-cooperative Satellite Based on Collaborative Cam-Eras[J]. Acta Astronautica, 2011(68): 56—63.
- [5] 唐文献, 袁海, 李虎. 基于ADAMS的某舰炮补弹系统仿真研究[J]. 江苏科技大学学报: 自然科学版, 2010(24): 61—63.
- TANG Wen-xian, YUAN Hai, LI Hu. Simulation of Shells Providing System of Ship-gun Based on ADAMS[J]. Journal of Jiangsu University of Science and Technology: Natural Science Edition, 2010(24): 61—63.
- [6] LIU Cai-shan, ZHANG Ke, YANG Rei. The FEM Analysis and Approximate Model for Cylindrical Joints with Clearances[J]. Mechanism and Machine Theory, 2007, 42: 183—197.
- [7] SHI Bing, JIN Ye. A Framework of Virtual Prototyping Environment for the Design and Analysis of Mechanical Mechanism with Clearance[J]. Virtual and Physical Prototyping, 2007, 2(1): 21—28.
- [8] 席晓燕. 基于ADAMS的含间隙酒瓶装箱机构优化设计[J]. 包装工程, 2013, 34(1): 69—74.
- XI Xiao-yan. Optimal Design of Wine Bottle Packaging Machine with Clearance Based on ADAMS[J]. Packing Engineering, 2013, 34(1): 69—74.
- [9] 贺兵. 基于虚拟样机技术的包装机械系统仿真研究[J]. 包装工程, 2008, 29(2): 47—49.
- HE Bing. Simulation Study of Packing Machine Based on Virtual Prototyping[J]. Packing Engineering, 2008, 29(2): 47—49.
- [10] 李杨, 李光. 基于SolidWorks的托盘结构有限元分析及优化设计[J]. 包装工程, 2011, 32(19): 1—4.
- LI Yang, LI Guang. Structural Finite Element Analysis and Optimum Design of Pallet Via SolidWorks[J]. Packing Engineering, 2011, 32(19): 1—4.
- [11] 方子帆, 舒刚, 何孔德, 等. 齿轮传动多体接触动力学模型[J]. 机械传动, 2009(1): 15—18.
- FANG Zi-fan, SHU Gang, HE Kong-de, et al. Gear Transmission Dynamics of Multi-body Contact Model[J]. Mechanical Transmission, 2009(1): 15—18.
- [12] 刘飞飞, 刘金根. 基于ADAMS的捆扎机锁紧机构的优化设计[J]. 包装工程, 2009, 30(7): 19—21.
- LIU Fei-fei, LIU Jin-gen. Optimal Design for Locking Mechanism of Bundling Machine Based on ADAMS[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(7): 19—21.
- [13] 王晓雪. 非合作目标对接捕获机构的研究[D]. 黑龙江: 哈尔滨工业大学, 2009.
- WANG Xiao-xue. Research on The Docking and Capturing Mechanism for the Uncooperative Target Satellites[D]. Heilongjiang: Harbin Institute of Technology, 2009.
- [14] 丁晓红, 李国杰. 箱型支撑结构加筋板布局设计方法研究[J]. 中国机械工程, 2012, 23(4): 449—453.
- DING Xiao-hong, LI Guo-jie. Layout Design Optimization of Stiffener Plates Inside Housing Structures[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2012, 23(4): 449—453.
- [15] 魏衍侠. 基于ADAMS手抛式机器人碰撞动力学分析[J]. 机械工程与自动化, 2011(2): 82—85.
- WEI Yan-xia. Analysis the Impact Dynamics of Throwing Type Robot Based on ADAMS[J]. Mechanical Engineering & Automation, 2011(2): 82—85.

(上接第60页)

- 2003(8): 10—12.
- WANG De-zhong, XING Yue-qing. The System of Green Package[J]. Packaging Engineering, 2003, 24(8): 10—12.
- [14] 王军, 钱静, 卢立新. 产品运输包装可靠性[J]. 包装工程, 2006, 27(2): 119—120.
- WANG Jun, QIAN Jing, LU Li-xin. Reliability Design of Product Raansportation Package[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(2): 119—120.
- [15] 熊立贵. 分体挂壁式空调内机包装环保材料选用及结构设计[C]// 中国家用电器技术大会, 2006: 154—157.
- XIONG Li-Gui. Selecting of Environmental Packaging Material and Structure Design for Indoor Unit of the Mini-split Air-conditioner[C]// China Household Electrical Appliance Technology Conference, 2006: 154—157.