

基于 ANSYS Workbench 的奶茶封口机加热板的多物理场耦合分析

丁毅, 苏杰

(陕西科技大学, 西安 710021)

摘要: 快餐文化的发展导致了小型封口机的应用普及。以奶茶封口机为例, 对其加热板进行了尺寸改动, 并运用 ANSYS-Workbench 中的多物理场耦合分析(主要为温度-电场耦合分析)以及参数化设计, 对改动后的加热板进行了理论分析, 为验证改动是否正确提供依据。

关键词: ANSYS Workbench; 奶茶封口机; 加热板; 多物理场耦合; 温度-电场耦合

中图分类号: TB486; TP391.72 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2012)07-0071-03

Multi-physical Coupling Analysis of Heating Plate in Milk Tea Capper Based on ANSYS Workbench

DING Yi, SU Jie

(Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

Abstract: Small cappers are more popular because of the development of fast food culture. Milk tea capper was taken as an example, on which the dimension of heating plate was modified. Multi-physical coupling analysis and parametric design was carried out using ANSYS Workbench. The theoretical analysis was carried out on the modified heating plate to verify the correctness of the modification.

Key words: ANSYS Workbench; milk tea capper; heating plate; multi-physical field coupling; temperature-electric field coupling

随着社会生活节奏的不断加快, 消费者的理念正在向着快捷、方便、卫生的方向上发展。奶茶、夏天冰镇的酸梅汤等饮品所用到的小型封口机十分常见, 它操作简单, 价格便宜, 深受小手工操作商家的欢迎。目前对于小型封口机性能研究的资料较少, 考察封口机的性能指标主要是其封合性能, 而封合性能取决于电流热效应产生的焦耳热能否达到材料的热封温度, 这就涉及到了电场和温度场的耦合。笔者在保证原有结构的情况下, 对其加热板尺寸进行改动, 以此达到减少加热材料的目的, 鉴于 ANSYS Workbench 软件多物理场耦合的强大功能, 采用该软件来验证改进设计后的加热板封合质量是否合格。

1 奶茶封口机的结构

奶茶封口机见图 1, 由操作杆、盛料架、托盘以及

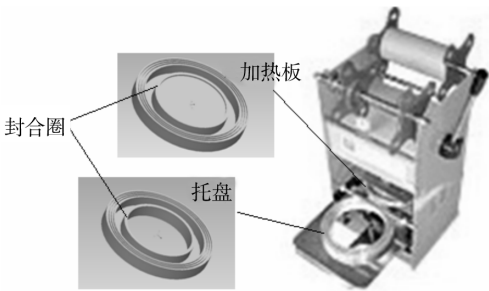


图 1 奶茶封口机的结构
Fig. 1 Structure of milk tea capper

加热板等组成^[1]。
封口机在封合时经常会出现封合温度不够或者温度过高的问题, 通常情况下, 以 OPP 为里料的复合材料, 当总厚度为 80~90 μm 时, 热封温度要达到 170~180 ℃; 以 PE 为里料的复合材料, 总厚度为 85~100 μm 时, 温度宜控制在 180~200 ℃。只要总厚

收稿日期: 2012-02-08
作者简介: 丁毅(1953—), 男, 山东日照人, 硕士, 陕西科技大学教授, 主要研究方向为包装工艺及数字包装。

度有所增加,热封温度就必须相应提高。因此,采用 ANSYS-Workbench 多物理场耦合模块来实现对封口机加热板结构的改进设计。

2 基于 ANSYS Workbench 的多物理场耦合分析

ANSYS Workbench 强大的功能表现在:它把工程上的结构场、流场、温度场、电磁场集成于同一界面下,这为不同类型的仿真和多物理场的耦合提供了很大的方便。下面对加热板进行温度-电场耦合分析以及静态、模态的分析^[2]。

2.1 建模

鉴于目前市场上小型封口机的技术已相对成熟,所以本次改进还是保持了其原有结构,但是对于加热圈和外沿之间的深槽部分加深了 2 mm,这样就无形中节省了加热材料,对于在保证封合质量的前提下减少加热板的材料是否可行,接下来将运用软件对其进行理论分析^[3-4]。

加热板材料为不锈钢,其尺寸如下:杯口直径为 84 mm,加热圈为 3 mm 宽的环形,板材厚度为 20 mm。使用 ANSYS Workbench 中自带模块进行建模,或用其他三维软件建模后导入。

2.2 网格划分

改进后的加热板,由于承受的不止温度场,还有压力^[5-6],因此,垫块的网格划分应更细密,使分析结果更精确。加热板整体形状为圆柱形,连接处在划分网格时会形成不规则网格,这时要应用 Virtual Topology(虚拟拓扑)来清除这些不规则网格。划分网格后的物理模型见图 2。

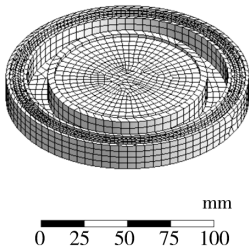


图 2 网格划分
Fig. 2 Meshing of model

2.3 多物理场的耦合分析总体图

多物理场耦合的便捷之处在于数据间的自动转换,当完成一个分析时,下一个分析只需输入必要的参数即可,与上一次重合的数据便不用再次输入,图

3 即为本文所作分析的数据转换示意图。



图 3 多物理场耦合分析示意图
Fig. 3 Sketch map of multi-physical coupling analysis

2.4 温度场-电场分析

加热板的额定功率为 330 W,额定电压为 220 V,所以加热板一端载有 1.5 A 的电流。对于手工操作时加入的力,赋值 50 N。根据导入软件材料库中的系数来确定对流传热系数,此次导入为 Stagnant Air-Simplified Case。对于辐射值,确定 Emissivity 为 0.8。这些系数会被加载在相应的面上。结果分析见图 4^[7]。

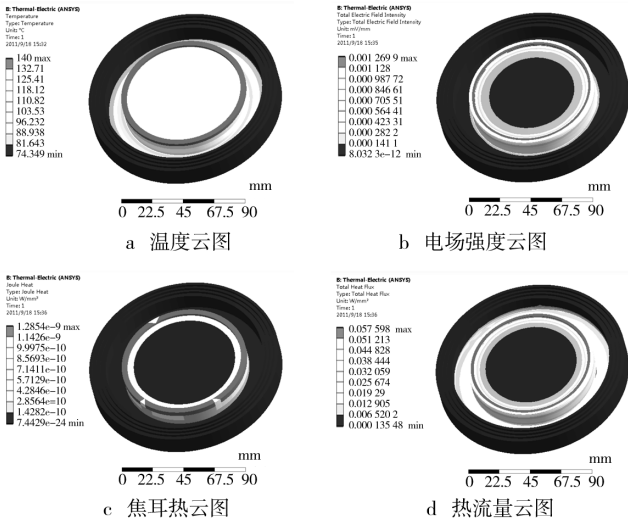


图 4 温度场-电场分析结果
Fig. 4 Result of Temperature-electric field analysis

由图 4 可知,封合圈的温度、电场强度以及焦耳热和热流量都是最高的,这保证了封合质量,其值也达到了塑料熔化的基础条件。从图 4c 可以看出,在封合处有 3 个位置很容易封合不严,但是数据相差很小,不会影响封合质量。

2.5 结构项分析-静态分析^[8]

在温度场-电场分析的基础上进行静态分析,选

择加热板载有电流端为 Fixed-Support(固定面),分析结果见图 5 和图 6。

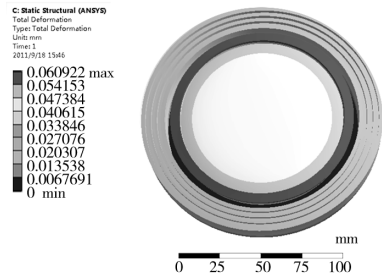


图 5 静态分析的总变形量
Fig. 5 Displacement contour in static analysis

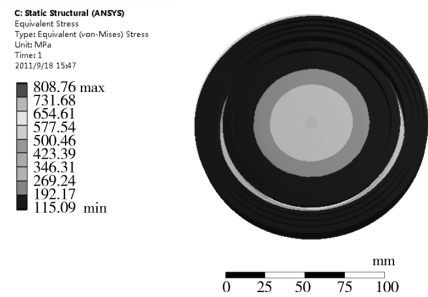


图 6 静态分析的压力
Fig. 6 Pressure contour in static analysis

由图 5 和 6 可知,封合圈的静态变形量相较其他部分大一些,为 0.060 922 mm,但是不影响整体封合质量,压力也集中在加热板的底部,对封合圈几乎没有影响,不影响封口质量。

2.6 结构项分析-模态分析

在前两项分析的基础上,经过软件内部的数据转换,直接进行模态分析。

第 3 阶和第 5 阶模态的阵型截图见图 7 和 8,由

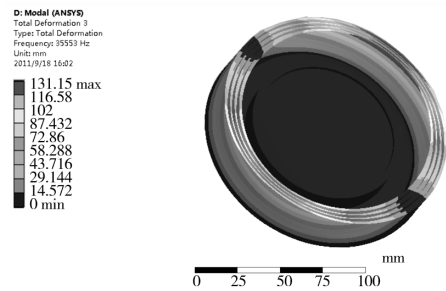


图 7 模态分析的第 3 阶振型
Fig. 7 Third mode of vibration in static analysis

分析可知,变形量都集中在加热板的外沿部分,而封

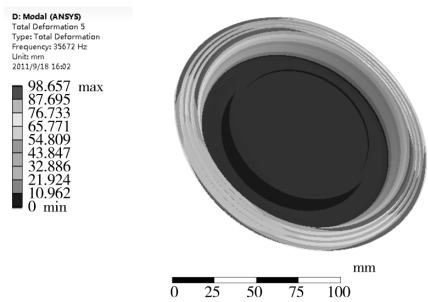


图 8 模态分析的第 5 阶振型
Fig. 8 Fifth mode of vibration in static analysis

合圈的模态变形量不大,这保证了封口质量,所以改动设计是合理的。

2.7 参数化求解

在 Design Explorer 中,当输入电流参数由 1.5 A 变成 2,3,3.5 A 以后,对输出变量的最大变形量进行参数化求解,求解结果见图 9。

Table of Design Points					
	A	B	C	D	E
1	Name	P3 - current	P2 - Total Deformation Maximum	Exported	Note
2		mA	mm		
3	Current	1500	0.60936		
4	DP 1	2000	0.60945	☐	
5	DP 2	2500	0.60953	☐	
6	DP 3	3000	0.60964	☐	
7	DP 4	3500	0.60973	☐	

图 9 参数化设计
Fig. 9 Parametric design

由图 9 可知,当输入电流参数相应变化时,输出变量的最大变形量会有微小变化,但是对于封口没有影响。

3 结论

1) 通过 ANSYS Workbench 的有限元分析,认为提出的奶茶封口机加热板结构改进设计不会影响封合质量,并且由于封合的接触面积并没有随结构尺寸的改变而改变,封合的温度能达到材料热封温度范围,因此封合效率也不会受影响,说明此结构改进是合理的。

2) 由于目前针对小型封口机这类电、力、热多场转换的机电产品的性能研究分析并不多,ANSYS Workbench 的多物理场耦合分析为解决这一问题提

(下转第 98 页)

- [2] 乔峰丽, 苗鸿宾. 包装机横封机构仿真研究[J]. 包装工程, 2008, 29(1): 75—77.
QIAO Feng-li, MIAO Hong-bin. Simulation on Traverse Seal Mechanism of Packaging Machine[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(1): 75—77.
- [3] 周进雄, 张陵. 机构动态仿真——使用 MATLAB 和 SIMULINK[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 2002.
ZHOU Jin-xiong, ZHANG Ling. Dynamic Simulation of Mechanism—the Use of MATLAB and SIMULINK [M]. Xi'an: Xi'an Jiao Tong University Press, 2002.
- [4] 机械设计手册(中册)[K]. 北京: 化学工业出版社, 1988.
Mechanical Design Handbook (Volume 2) [K]. Beijing: Chemical Industry Press, 1988.
- [5] 黄永安, 李文成. MATLAB7.0/Simulink6.0 应用实例仿真与开发[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008.
HUANG Yong-an, LI Wen-cheng. MATLAB 7.0/Simulink6.0 Application Examples of Simulation and Development [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2008.
- [6] 孙恒, 陈作模. 机械原理[M]. 6 版. 北京: 高等教育出版社, 2001.
SUN Heng, CHEN Zuo-mo. The Mechanical Principle [M]. Sixth Edition. Beijing: Higher Education Press, 2001.
- [7] 梁燕飞, 梁旦宇. 包装机横封机构平衡问题的研究[J]. 包装工程, 2000, 21(2): 28—29.
LIANG Yan-fei, LIANG Dan-yu. Investigation on Equilibrium of End Sealer of Wrapping Machine[J]. Packaging Engineering, 2000, 21(2): 28—29.
- [8] 孙凤兰, 马喜川. 包装机械概论[M]. 北京: 印刷工业出版社, 1998.
SUN Feng-lan, MA Xi-chuan. Packaging Machinery [M]. Beijing: Printing Industry Publishing House, 1998.
- [9] 张继忠, 张艳平, 王晓东. 包装机供料机构方案设计与分析[J]. 现代制造工程, 2008(10): 97—98.
ZHANG Ji-zhong, ZHANG Yan-ping, WANG Xiao-dong. Scheme Analysis and Design of Feeding Mechanism in Packing Machine[J]. Modern Manufacturing Engineering, 2008(10): 97—98.

(上接第 73 页)

供了强大的理论分析方法。

参考文献:

- [1] 李光. 包装机械模块化设计的研究[J]. 包装工程, 2002, 23(4): 172—175.
LI Guang. Research on Modeled Design of Packaging Machine[J]. Packaging Engineering, 2002, 23(4): 172—175.
- [2] 浦广益. ANSYS Workbench 12 基础教程与实例详解[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2010.
PU Guang-yi. ANSYS Workbench 12 Primary Tutorials and Detailed Examples[M]. Beijing: China WaterPower Press, 2010.
- [3] 王利民. 全自动塑灌装封口机模块化参数化设计技术研究[J]. 机电工程技术, 2010, 29(7): 76—78.
WANG Li-min. Research on Modular and Parametric Design Technology of Automatic Plastic Cups Filling and Sealing Machine[J]. Mechanical & Electrical Engineering Technology, 2010, 29(7): 76—78.
- [4] 周林辉. 软包装自动充填封口机的机构设计探讨[J]. 包装与食品机械, 2005, 23(2): 23—26.
ZHOU Lin-hui. To Explore the Design and Constuction of Retort Pouch Auto Filling and Sealing Machine[J]. Packaging and Food Machinery, 2005, 23(2): 23—26.
- [5] 无锡轻工业学院, 天津轻工业学院. 食品工厂机械与设备[M]. 北京: 轻工业出版社, 1987.
Jiangnan University, Tianjin University of Science and Technology. Machine and Equipment in Food Factory [M]. Beijing: China Light Industry Press, 1987.
- [6] 陆振曦, 陆守道. 食品机械原理与设计[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1995.
LU Zhen-xi, LU Shou-dao. Design and Principles of Food Processing Machinery[M]. Beijing: China Light Industry Press, 1995.
- [7] 王利民. 基于 SolidWorks 的全自动塑杯灌装封口机有限元分析[J]. 机械, 2010, 37(6): 63—66.
WANG Li-min. Finite Element Analysis Based on Solidworks for Automatic Plastic Cups Filling and Sealing Machine[J]. Machinery, 2010, 37(6): 63—66.
- [8] 李兵. ANSYS Workbench 设计、仿真与优化[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008.
LI Bing. ANSYS Workbench Design, Simulation and Optimization [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2008.