

高脚杯缓冲包装力学性能有限元分析

巩雪, 常江, 孙智慧

(哈尔滨商业大学, 哈尔滨 150028)

摘要: **目的** 研究设计的包装结构对高脚杯的缓冲效果。**方法** 建立高脚杯缓冲包装件实体模型, 导入 Ansys/LS-DYNA 中, 确定材料的性能参数及边界条件, 进行跌落仿真, 分析仿真结果。**结果** 根据跌落仿真得到的应力云图, 分析在跌落和回弹过程中包装件及内装物的应力变化, 通过对最大加速度进行分析表明, 设计的缓冲包装结构能够使高脚杯的最大加速度在 80g 以下。**结论** 设计的缓冲包装满足产品脆值要求, 达到了缓冲包装的效果。

关键词: 高脚杯; 缓冲包装; 脆值; 力学性能

中图分类号: TB485.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)13-0050-04

Finite Element Analysis of Mechanical Properties of Goblet Cushion Packaging

GONG Xue, CHANG Jiang, SUN Zhi-hui

(Harbin University of Commerce, Harbin 150028, China)

ABSTRACT: This work aimed to study the cushioning effect of the packaging structure designed. A goblet cushion package model was introduced into Ansys/LS-DYNA, the material parameters and boundary conditions were determined, drop simulation was conducted, and the simulation results were analyzed. According to the stress cloud obtained by drop simulation, the stress changes of the package and the contents during the fall and rebound processes were analyzed. Based on the maximum acceleration analysis, the cushion packaging structure designed could keep the maximum acceleration of goblet below 80g. The cushion packaging designed met the fragility requirement of the product, and reached the cushioning effect.

KEY WORDS: goblet; cushion packaging; fragility; mechanical properties

随着社会的进步, 人们的生活和社交方式也越来越多样化, 西方文化也逐步进入我们的日常生活, 在一些社交场合和涉外活动中, 经常会用西餐来款待客人^[1]。随着西方文化逐渐进入中国, 高脚杯已经成为中国社交场合中的新宠^[2], 为了方便欣赏酒的色泽, 判断酒的档次高低^[3], 高脚杯的制作讲究轻薄透明, 多为玻璃和水晶制品^[4], 此类制品具有美观、化学稳定性好、不易被腐蚀、生产工艺成熟等特点, 但在受到冲击振动是很容易产生损坏现象, 对高脚杯进行系统的缓冲包装设计势在必行。本设计基于运输过程中高脚酒杯容易破碎涉及的

包装问题, 选择瓦楞纸板作为内衬垫结构, 巧妙地利用卡口固定住高脚杯, 避免酒杯与酒杯、酒杯与外物之间的互相挤压, 以减少酒杯破碎的几率, 满足运输要求。

1 高脚杯缓冲包装设计

1.1 高脚杯规格

包装设计所选的对象是玻璃制品中的中档, 采用吹制成型的高脚杯, 适合大多数社交场合和家用,

收稿日期: 2015-12-24

作者简介: 巩雪 (1981—), 女, 辽宁锦州人, 哈尔滨商业大学讲师, 主要研究方向为产品防护技术。

属于比较通用的高脚杯, 其结构见图 1。

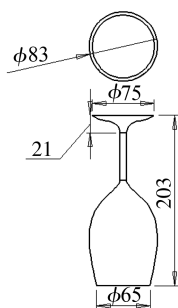


图 1 高脚杯结构

Fig.1 The structure of goblet

1.2 高脚杯缓冲包装设计

以 3 层 C 型瓦楞纸板作为缓冲材料进行设计^[5]。结合高脚杯的结构特征, 采用局部缓冲包装和悬浮式缓冲包装的结合来设计高脚杯的缓冲衬垫^[6]。内衬垫一纸成型, 巧妙采用悬挂式的卡扣方式固定高脚杯的杯底和杯口, 使高脚杯在衬垫内不会相互碰撞和晃动^[7]。根据普通的家庭购置要求, 以 6 只高脚杯为 1 个集合单元进行缓冲销售包装。缓冲衬垫结构及缓冲包装见图 2—3。

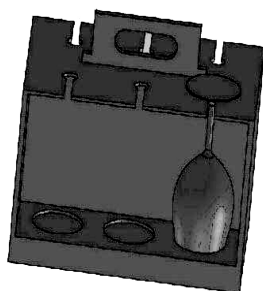


图 2 缓冲衬垫结构

Fig.2 The structure diagram of buffer gasket



图 3 缓冲包装

Fig.3 The impression drawing of cushioning packaging

2 高脚杯缓冲包装力学性能分析

2.1 包装件有限元模型建立

在 Ansys/LS-DYNA 进行分析的过程中, 一般不考虑实体模型, 通常是将所设定的边界条件和约束施加到有限元模型上进行求解, 因此在有限元分析之前, 必须进行实体模型转化, 使其变成 Ansys/LS-DYNA 可分析的有限元模型。

2.1.1 将实体模型导入 Ansys/LS-DYNA

通过有限元软件与 SolidWorks 建模软件的接口将 SolidWorks 中建立的实体模型以 PARA 格式

导入 Ansys/LS-DYNA, 并对建立的模型进行网格划分, 进而生成有限元模型^[8]。

2.1.2 生成有限元模型

高脚杯缓冲包装材料选择瓦楞纸板, 它是一种各向异性材料, 为了简化计算过程, 文中的设计选择双线性各向同性模型, 其密度定为 300 kg/m^2 , 弹性模量为 190 MPa , 泊松比取 0.15 , 极限应力为 784 kPa ^[9]。高脚杯材料为玻璃, 属于脆性材料, 理论上来说, 不适合进行弹性分析, 但是文中的课题主要模拟包装的保护性, 用脆值来判定高脚杯的破坏^[10]。采用的是双线性随动模型, 其密度取值为 2530 kg/m^2 , 弹性模量取值为 90.3 GPa , 泊松比取值 0.243 , 极限应力取值为 3 GPa ^[11]。

2.1.3 网格划分

网格划分是有限元分析的重要步骤, 网格划分的大小和形状将直接影响结果的准确性。高脚杯缓冲包装单元类型为 shell163, 采用的是面网格划分, 高脚杯单元类型为 solid164, 采用的是体网格划分。高脚杯缓冲包装件网格划分的结果见图 4。

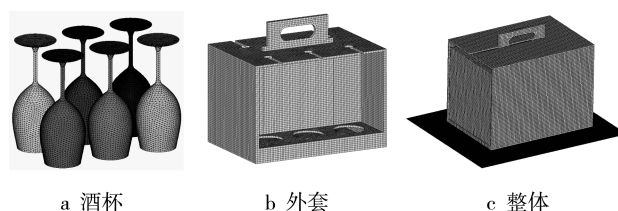


图 4 高脚杯缓冲包装件网格划分

Fig.4 The meshing of cushioning packaging of goblet

2.2 跌落仿真分析

2.2.1 仿真环境设置

仿真分析时, 各个部分之间的接触类型 (外套盒与内衬垫, 内衬垫与高脚杯以及高脚杯缓冲包装件与跌落目标面) 都是采用自动单面接触 ASSC 形式。定义分析的静摩擦因数为 0.2 , 动摩擦因数为 0.1 , 产品衬垫系统的阻尼值取为 0.25 ^[12-13]。文中的跌落仿真包装件在忽略表面摩擦情况下, 在重力场某高度垂直落下到目标面^[14]。DTM 将分开施加重力加速度、跌落高度、初速度、时间等的步骤简化为 1 个模块, DTM 对话框见图 5, 对话框内包含有 4 个标签。

2.2.2 跌落高度的确定

在缓冲包装设计时, 跌落高度通常用来定量地描述流通过程中冲击环境的严酷程度。流通过程中

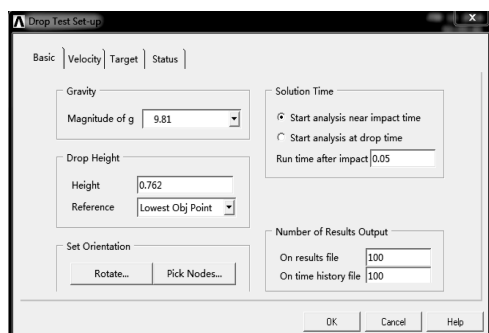


图5 Drop Test对话框

Fig.5 The dialog box of Drop Test

只要出现冲击, 都可以根据其加速度的大小换算成等效跌落高度。文中的设计参考“跌落试验参考ASTMD—5276”和GB/T 4857—18确定跌落高度为0.762 m。DTM的求解时间及包装件实际运动的时间可根据式(1)计算得到:

$$h = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad (1)$$

跌落高度 $h=0.762$ m, 初速度 $v_0=0$, 重力加速度 $a=9.81$ m/s²。代入式(1)得时间 $t=0.39$ s。为了缩减计算时间, 设定冲击后为 0.06 s。

2.2.3 仿真分析结果

在 Ansys/LS-DYNA 中通常利用应力分布云图表达整个包装件在跌落过程中的应力变化, 从而确定跌落过程中的危险区域^[15]。高脚杯和缓冲包装件在跌落时、接触瞬间及回弹瞬间不同时刻的等效应力变化见图 6, 可以清楚地看出模型应力分布随时间的变化, 在接触瞬间达到最大的 2.42 GPa, 未超过高脚杯的极限应力。高脚杯上最危险节点的冲击加速度时间历程曲线见图 7, 可知, 最大加速度为 76g, 满足产品脆值。

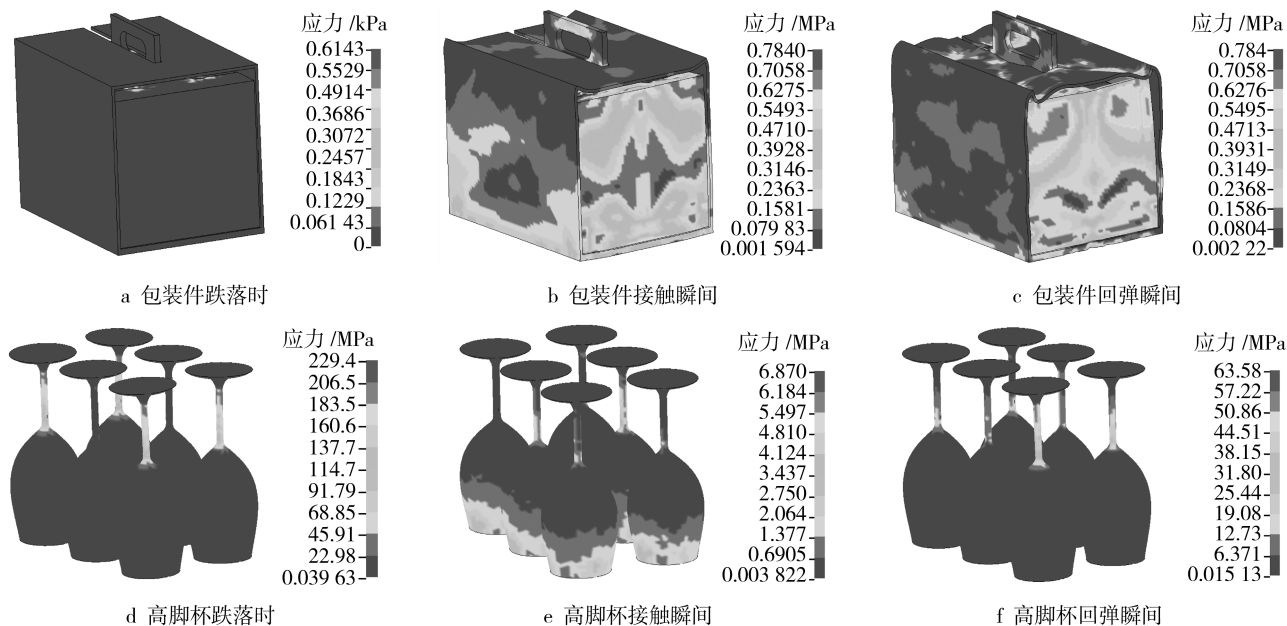


图6 高脚杯缓冲包装件及高脚杯应力变化

Fig.6 The variation of stresses of cushioning packaging and goblet

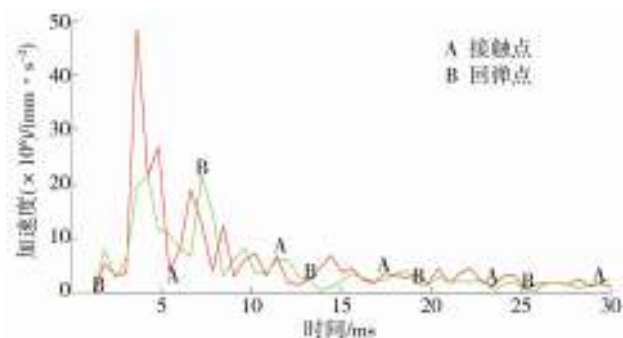


图7 节点的加速度曲线

Fig.7 The curve of nodal acceleration

3 结语

运用 SolidWorks 与 Ansys/LS-DYNA 建立了高脚杯缓冲包装件的跌落仿真有限元模型, 确定了高脚杯缓冲包装件的最大跌落高度, 并设定了仿真分析的边界条件, 通过对角跌落过程的仿真分析, 得到了包装件整体、包装产品高脚杯、外套盒以及内衬垫的应力、应变等响应, 对仿真响应结果进行了分析。分析结果表明, 所设计的高脚杯缓冲包装在跌落过程中, 最大加速度为 76g, 结果小于玻璃制

品的脆值 80g, 达到了缓冲的效果。

参考文献:

- [1] 郭东丽, 王宜文. 让国人端起高脚杯[J]. 中国酒, 2009(8):45—47.
GUO Dong-li, WANG Yi-wen. Let the Chinese People End Up Goblet[J]. Chinese Wine, 2009(8):45—47.
- [2] 刘岩. 高脚杯情结与崇洋媚中倾向[J]. 承德民族师专学报, 2006, 26(4):69—70.
LIU Yan. A Complex and Worship Tendency in Mei[J]. Chengde National Teachers College, 2006, 26(4):69—70.
- [3] 倪晓伟. 邂逅高脚杯——物流中心里的红酒奇遇[J]. 现代苏州, 2010(3):100—103.
NI Xiao-wei. Encounter Goblet Wine Adventure in the Logistics Center[J]. Modern Suzhou, 2010(3):100—103.
- [4] 陶阳, 朱华. 酒杯的创新设计与制作[J]. 工业技术, 2013(2):76.
TAO Yang, ZHU Hua. Glass Innovative Design and Production[J]. Industrial Technology, 2013(2):76.
- [5] 彭国勋, 吴舟平. 瓦楞包装设计[M]. 北京:印刷工业出版社, 2007.
PENG Guo-xun, WU Zhou-ping. The Equality of Corrugated Packaging Design[M]. Beijing:Printing Industry Press, 2007.
- [6] 孙诚, 金国斌. 包装结构设计[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2012.
SUN Cheng, JIN Guo-bin. Packaging Structure Design[M]. Beijing:China Light Industry Press, 2012.
- [7] 胡名玺, 高万玉, 杜振杰, 等. 基于 Ansys 的悬挂式缓冲包装设计研究[J]. 包装工程, 2005, 26(5):138—139.
HU Ming-xi, GAO Wan-yu, DU Zhen-jie, et al. Based on Ansys Suspension Cushion Packaging Structure Design and Research[J]. Packaging Engineering, 2005, 26(5):138—139.
- [8] 金宗哲, 包亦望. 脆性材料力学性能评价及设计[M]. 北京:中国铁道出版社, 1996.
JIN Zong-zhe, BAO Yi-wang. The Mechanical Properties of the Brittle Materials Evaluation and Design[M]. Beijing:Chinese Railway Press, 1996.
- [9] 李兆元. 典型瓦楞纸板结构件的缓冲性能及其计算机仿真[D]. 无锡:江南大学, 2008.
LI Zhao-yuan. The Typical Structural Part of Corrugated Board Cushioning Performance and Computer Simulation[D]. Wuxi:Jiangnan University, 2008.
- [10] 陈琼. 蜂窝纸板包装系统跌落冲击分析[J]. 包装工程, 2009, 30(7):10—12.
CHEN Qiong. Drop Impact Analysis of Honeycomb Paperboard Packaging System[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(7):10—12.
- [11] 高德, 董静, 李军. 基于非线性有限元的瓦楞纸板动态冲击响应的仿真研究[J]. 包装工程, 2006, 27(4):10—11.
GAO De, DONG Jing, LI Jun. Based on the Nonlinear Finite Element of Corrugated Paperboard Dynamic Impulse Response Simulation[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(4):10—11.
- [12] 董海东, 葛正浩. 基于 Ansys/LS-DYNA 的产品跌落仿真[J]. 洛阳理工学院学报, 2010, 20(3):36—39.
DONG Hai-dong, GE Zheng-hao. Products Based on Ansys/LS-DYNA Drop Simulation[J]. Luoyang Institute of Science and Engineering College Journal, 2010, 20(3):36—39.
- [13] LU F D, TAO W M, GAO D. Virtual Mass Method for Solution of Dynamic Response of Composite Cushion Packaging System[J]. Packaging Technology and Science, 2013, 26(1):32—42.
- [14] 陈振强, 陈志强, 杜敏. 解析小型运输包装件自由跌落试验标准[J]. 印刷技术, 2012(10):41—43.
CHEN Zhen-qiang, CHEN Zhi-qiang, DU Min. Analytical Small Transport Packaging Free Drop Test Standard[J]. Printing Technology, 2012(10):41—43.
- [15] 胡名玺, 陈煜, 杜振杰, 等. 基于 Ansys/LS-DYNA 的包装件跌落仿真分析[J]. 包装工程, 2007, 28(11):53—54.
HU Ming-xi, CHEN Yu, DU Zhen-jie, et al. Based on Ansys/LS-DYNA Package Drop Simulation Analysis [J]. Packaging Engineering, 2007, 28(11):53—54.