

基于 ANSYS/LS-DYNA 的易拉罐跌落研究

张改梅, 仵季红, 郭福宾

(北京印刷学院, 北京 102600)

摘要: 利用 ANSYS 有限元分析软件, 通过对易拉罐不同跌落高度、不同碰撞地面的仿真分析, 研究易拉罐在不同的跌落形式下的受力及变形。结果表明: 随着跌落高度地增加, 接触部位应力分布会扩大, 并且应力也会相应地增加; 而跌落相对于角跌落, 应力会贯穿整个罐壁, 并且向上出现不连续的传递, 且逐渐减小。

关键词: 易拉罐; 有限元; 跌落; 碰撞; 应力

中图分类号: TB484.4; TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)05-0004-03

Drop Analysis of Pop Can Based on ANSYS/LS-DYNA

ZHANG Gai-mei, WU Ji-hong, GUO Fu-bin

(Beijing Institute of Graphic Communication, Beijing 102600, China)

Abstract: Simulation analysis of pop can with different drop height and floors was carried out using ANSYS finite element analysis software. The purpose was to study the force and deformation of pop can under different drop forms. The results showed that the contact stress distribution expands and the stress increases with drop height increase. For the flat drop, the stress of can runs through the whole can wall, discontinuously transmits upwards to the other sections of can and gradually attenuates, with respect of corner drop.

Key words: pop can; finite element; drop; impact; stress

在流通运输过程中, 商品必然要经受一些外部因素如跌落、碰撞冲击的影响, 这种剧烈的冲击会使包装件的运动状态在极短时间内发生急剧的变化, 这可能会造成产品发生损坏^[1-3]。ANSYS/LS-DYNA 结合了 ANSYS 界面的前后处理功能以及 LS-DYNA 求解器的强大分析能力, 在包装件跌落数值仿真领域应用广泛。采用计算机进行跌落过程动态仿真, 能够分析包装件的冲击强度、韧性、关键构件的力学性能, 再根据仿真结果分析影响包装件是否安全的主要因素, 从而指导设计合理的弹性元件与缓冲方式, 避免大量实验, 显著提高产品的研发速度, 与传统的产品跌落测试相比, 具有明显的优势^[4], 且在运输包装中有一定的应用价值^[5-6]。

铝质易拉罐是最具可持续性的产品, 它质轻, 壁薄, 强度高, 抗光照, 防氧化, 保存期限长, 外形美观且易于冷藏及携带, 消费者存放和取用方便, 因此受到广泛应用和关注^[7]。易拉罐本身具有的质量小、安

全、外观鲜艳、阻隔性能好, 以及具有较高回收再利用价值等优点, 仍然是啤酒、饮料的优秀包装容器^[8]。对包装用易拉罐的跌落研究未见报道, 笔者运用 ANSYS/LS-DYNA 进行易拉罐的跌落仿真试验, 研究在不同跌落高度、不同跌落方式、不同跌落目标面下的应力分布情况。

1 ANSYS 软件模拟易拉罐的跌落分析

运用 ANSYS 对易拉罐的跌落过程进行仿真, 主要分为建模、单元类型和材料属性的定义、网格划分、跌落目标面的设定、求解、结果分析等几个步骤^[9]。

1.1 易拉罐的建模

根据易拉罐的外形特点, 其建模主要分为轮廓线的勾画和旋转两部分。其中, 轮廓线勾画时应注意底部使用倒角。易拉罐的外形参数采用可口可乐公司 355 mL 标准易拉罐外形尺寸数据, 见表 1。

收稿日期: 2010-10-14

基金项目: 北京市委组织部优秀人才项目(09000001); 北京印刷学院重点资助项目(Ea201002)

作者简介: 张改梅(1975—), 女, 河南人, 硕士, 北京印刷学院副教授, 主要从事包装技术与方法、包装印刷的教学与研究。

表 1 可口可乐 355 mL 标准易拉罐外形尺寸数据

cm						
圆柱半径	圆台上表面半径	总高	圆柱高	顶盖厚度	侧壁厚度	下底厚度
3.305	2.885	12.310	10.210	0.028	0.011	0.021

首先建立关键点,然后连成线,特别注意在易拉罐的顶端和底部采用倒角,并且沿易拉罐的中心建立一条辅助线,为下一步的旋转做准备,见图 1a。利用 ANSYS 的 Rotate 命令完成旋转,易拉罐的模型建立完成,见图 1b。

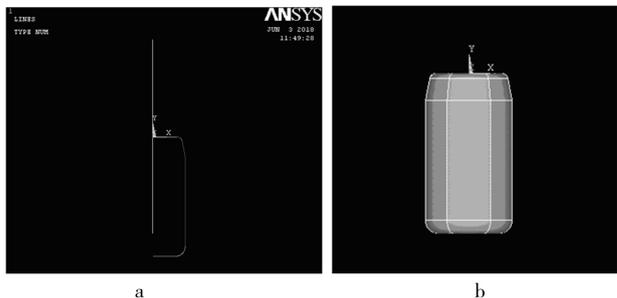


图 1 易拉罐的外形轮廓线和旋转后生成的易拉罐模型

Fig.1 Profile of pop can and its model after rotation

1.2 单元类型和材料属性的定义

由于易拉罐的宽远远大于厚度,因此采用壳单元建模不仅简化模型,而且可以大大地提高求解速度。结合易拉罐单元类型选用 Thin SHELL163 单元进行模拟,材料根据铝的性能参数进行设定,密度为 2700 kg/m^3 ,弹性模量 68 GPa ,泊松比为 0.35 ,屈服应力 0.23 GPa ,切线模量为 25 GPa 。

1.3 网格划分

网格划分的 SIZE(尺寸)为 0.005 m ,形状为 Quad(四边形),划分类型为 Mapped(映射划分)。网格划分后的易拉罐模型见图 2。

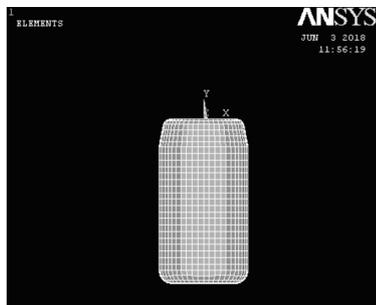


图 2 网格划分后的易拉罐模型

Fig.2 Can model after meshing

1.4 跌落目标面的设定

由于 DTM 模块自带了一项关于跌落面的设定选项,因此不用为跌落面建模,只需设定相应的参数即可。选用刚性板和水泥地为目标接触面,倾斜角为 0 ,根据水泥混凝土的性能^[10],设定参数见表 2。

表 2 跌落目标面的设定数据

Tab.2 Setting data of targeted drop surface

	弹性模量/MPa	密度/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	泊松比
刚性板	68 000	2 700	0.2
水泥地	900	3 100	0.2

1.5 加载及约束

Drop Test Module(DTM)是 ANSYS/LS-DYNA 的一个可选的附加模块,大大简化了模拟跌落测试的步骤。跌落测试包括用假定的重力场给物体定向,并且允许其在重力作用下下落一定的高度后到达刚性表面(目标面)。在典型的跌落测试中,物体从某处跌落,目标面位于与重力加速度垂直的表面上。

建好模型后,通过菜单项进入 DTM 模块,在弹出的 Drop Test Set-up 对话框中的 Basic 选项卡中对跌落分析的基本参数进行设置。其中,设置重力加速度为 9.81 m/s^2 ,跌落高度分别设置为 $1, 3, 5$ 和 10 m ,计算时间设为 0.03 s 。

2 结果分析

2.1 不同跌落高度的应力分布

不同跌落高度下的应力分布见图 3,随着跌落高度

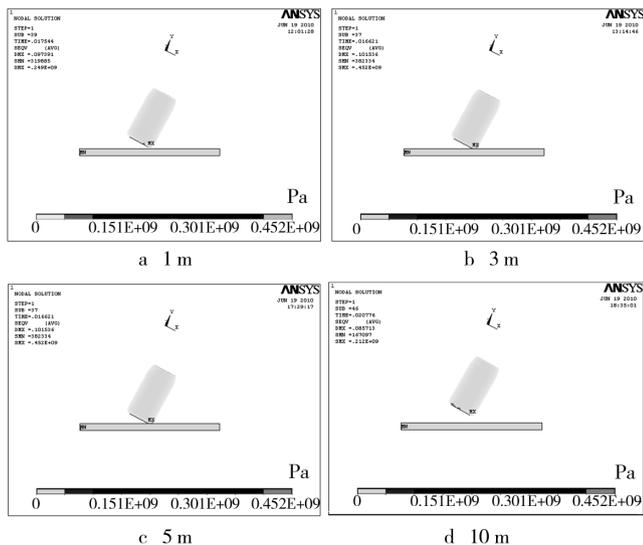


图 3 不同跌落高度下接触瞬间的应力分布

Fig.3 Instant stress distribution under different drop heights

的增加,接触部位应力分布会扩大,并且应力也会相应增加。另外,当以 10 m 的高度进行跌落时,相比于 1 m 时,应力会扩散到整个易拉罐底部,并向上传递。

2.2 不同跌落方式的应力分布

跌落高度和目标面相同,对于角跌落和水平跌落试验,应力云图见图 4,可以看出,跌落方式对应力大

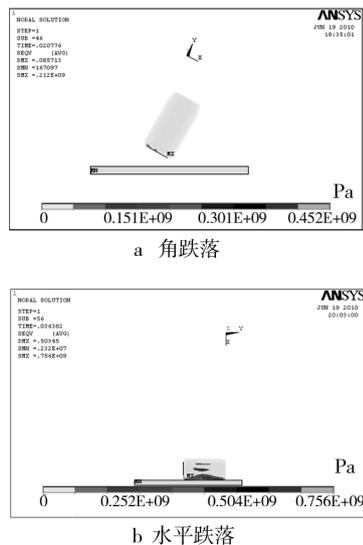


图 4 不同跌落方式下接触瞬间的应力分布

Fig. 4 Instant stress distribution for corner drop and flat drop

小以及分布有着很明显的影 响。水平跌落相对于角跌落,应力会贯穿整个罐壁,并且向上出现不连续的传递,且逐渐减小。

2.3 不同跌落目标面下的应力分布

相同跌落高度、跌落方式,不同的目标面得到的应力云图见图 5。可以看出,在其他条件相同时,当

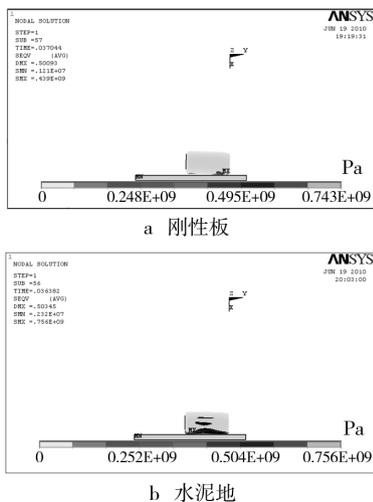


图 5 不同跌落目标面下接触瞬间的应力分布

Fig. 5 Stress distribution on different impacted surfaces

接触面为水泥地时应力分布比以刚性面为接触面时要大。这是由于水泥地的弹性模量相比于刚性板要小很多,因此易拉罐在接触时间上会有差异,也就是说在易拉罐接触到水泥地面时作用时间较长,相应的应力分布会更加分散,与采用缓冲包装的原理一致。

3 结论

运用有限元分析软件 ANSYS 和 LS-DYNA 对跌落、碰撞进行了仿真,并对易拉罐进行了跌落仿真分析。利用有限元仿真来评价产品的抗跌落性能具有快捷方便的特性,可以对大量的实验条件进行仿真计算,对实际的生产、运输过程有一定的指导意义。

参考文献:

- [1] 甄永健,许文才,戴宏民. 面向运输包装的一体化仿真软件[J]. 中国包装, 1999,19(4):101-102.
- [2] 刘霞,齐欢,陈迎春,等. 空投货物冲击过程的仿真[J]. 包装工程, 2005,26(5):28-30.
- [3] 段良. 手机跌落实验及其计算机模拟技术研究[D]. 济南:山东大学, 2009.
- [4] HICKS Ben James, MULLINEUX Glen, SIRKETT Daniel. A Finite Element-Based Approach for Whole-System Simulation of Packaging Systems for Their Improved Design and Operation [J]. Packaging Technology and Science, 2009,10(12):84-87.
- [5] 何涛,杨竞,金鑫,等. ANSYS/LS-DYNA 非线性有限元分析实例指导教程[M]. 北京:机械工业出版社, 2007.
- [6] 张文峰,张安宁. 基于 ANSYS8.0 的蜂窝纸板力学性能研究[J]. 包装工程, 2006,27(2):57-58.
- [7] 李洁净. 铝质易拉罐开启环保新世界[J]. 中国包装工业, 2010(7):42.
- [8] 叶凯,林明山. 铝质易拉罐技术研究与应 用[J]. 中国包装工业, 2002(3):6-9.
- [9] 尚晓江,苏建宇,王化锋,等. ANSYS/LS-DYNA 动力分析方法与工程实例[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2008.
- [10] 曹宝飞. 水泥土变形模量及弹性模量试验研究[J]. 中国西部科技, 2006,34:18.