

陶瓷餐具多次跌落损伤及其表征

张慧¹, 王军²

(1. 盐城卫生职业技术学院, 盐城 224006; 2. 江南大学, 无锡 214122)

摘要: 研究陶瓷餐具多次跌落工况下的损伤表征技术, 并建立了理论模型。采用跌落试验测试了陶瓷餐具多次跌落破损加速度与跌落次数的关系, 基于理想弹塑性模型, 建立了其多次跌落工况下的损伤表征技术描述方程。结果表明: 多次跌落工况下陶瓷餐具最大耐受加速度与承受激励次数直接关联, 其跌落破损特性呈现累积特征, 所建立模型能有效描述这一特性。研究结论对指导陶瓷餐具的物流与销售防护、产品强度改进设计等, 具有重要价值和指导意义。

关键词: 陶瓷餐具; 跌落; 脆值; 模型

中图分类号: TB484.5; TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)05-0036-02

Multiple Dropping Damage of Ceramic Tableware and Its Characterization

ZHANG Hui¹, WANG Jun²

(1. Health Vocational & Technical College, Yancheng 224006, China; 2. Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: The damage characteristics of ceramic tableware under multiple dropping impacts were investigated and the theoretical model was established. The relation between damage acceleration and dropping times of ceramic tableware was studied with multiple dropping tests. The damage characterization formulation was established based on ideal elastic-plastic model. The results showed that the maximal endurance acceleration of ceramic tableware has close relation with dropping times and the damage characterization is of accumulation character; the established model can describe this characteristic effectively. The purpose was to provide reference for protection of ceramic tableware in logistics and selling, and for strength improvement of product.

Key words: ceramic tableware; drop; fragility; model

我国是世界上最大的日用陶瓷生产国,也是重要的日用陶瓷贸易国。由于陶瓷制品脆性大,在运输过程中极易受到冲击碰撞发生损坏而失去其使用价值^[1-4],因此研究其物流运输包装防护技术具有重要价值^[5-9]。实际物流中,陶瓷餐具可能经受低强度的多次冲击作用,多次跌落下的产品损伤耐受极限研究具有重要工程价值,目前国外已有学者分析多次跌落冲击对缓冲包装材料缓冲性能的影响^[10]。笔者试验测定陶瓷餐具多次跌落工况下的加速度耐受极限并建立模型表征,最后结合试验数据识别模型参数,为多次跌落下产品承受加速度极限的能力表征进行初步尝试。

1 试验

1.1 试样选择

试验材料选用的陶瓷餐具(陶瓷碗)产地为中国福建晋江,冠福现代家用股份有限公司生产,材质为骨锂瓷,选用表面光洁无损伤的3.5"陶瓷碗作为试验样品,所选用的陶瓷碗大小、质量、硬度应相同。

1.2 方法

根据实际流通运输环境选择跌落高度。典型的冲击速度的等效跌落高度范围为100~1 200 mm (GB/T 4857.18-92; ISO 4180/2-1980,包装运输

收稿日期: 2010-10-31

基金项目: 教育部科技项目(JUSRP11009)

作者简介: 张慧(1977-),女,江苏盐城人,硕士,盐城卫生职业技术学院讲师,主要从事应用物理与包装力学研究。

包装件编制性能试验大纲的定量数据)。跌落姿态为碗口竖直向上,碗底垂直自由跌落,刚性跌落平面。试验方法如下:

1) 选择 10 个试样,进行跌落测试,测定临界跌落高度,并计算对应的加速度值^[5]。

2) 在临界高度下选择一组跌落高度,每个高度下分别测试 10 个试样,跌落多次(本实验中最多为 15 次),直到破损为止,并记录对应破损的峰值加速度值和跌落次数。

3) 找出跌落次数与加速度关系。

参考标准:GB/T 4857. 5-84,GB/T 4857. 1,GB/T 4857. 2,GB/T 4857. 17 和 GB 4857. 18。

2 多次跌落下耐受加速度极限的测定

2.1 多次跌落下陶瓷餐具耐受加速度极限的测定

多数时候产品的破损,都不是在一次就承受很大的冲击载荷,超过产品本身的许用值而发生破损的,而是在多次低强度的冲击载荷作用下,变形一点一点的累积到一定值时,才发生破损。按照上述试验方法测定了 5 组高度下对应产品破坏的跌落次数,见表 1。

表 1 陶瓷餐具耐受加速度极限与跌落次数的关系

Tab.1 Fragility of ceramic tableware under multiple impacts					
跌落加速度/ <i>g</i>	61	55	50	45	43
跌落次数	1	2	4	9	15

由表 1 可看出,在低于临界跌落脆值(61 *g*)跌落时,其破损时的跌落次数随跌落峰值响应加速度的降低而增加。

2.2 模型表征

假设材料为理想的弹塑性材料,其变形规律见图 1。其中,与屈服点对应的力和变形分别为 F_s, x_s ,与

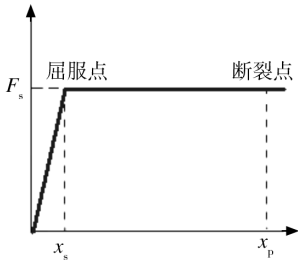


图 1 理想弹塑性材料的应力-应变关系

Fig.1 Ideal constitutional law models of elastoplastic materials

断裂点对应的力和变形为 F_p, x_p ,产品质量为 m ,假设其在($G_c, \Delta v_c$)的脉冲激励下冲击 N 次恰好破损,则有:

$$\begin{cases} \frac{F_s}{2x_s}x_s^2 + F_s\Delta x = \frac{1}{2}m\Delta v_c^2 & (f_n < 250 \text{ Hz}) \\ \frac{F_s}{2x_s}x_s^2 + F_s\Delta x = G_c mg(x_s + \Delta x) & (f_n \geq 10 \text{ Hz}) \end{cases} \quad (1)$$

其中: $\Delta x = \frac{1}{N}(x_p - x_s)$ 。

由此,得到:

$$G_c = 2\pi f_n \sqrt{\frac{2A}{g}} \frac{N+B/A}{2N+B/A} \quad (2)$$

其中: $A = \frac{4\pi^2 f_n^2 x_s^2}{2g}$; $B = \frac{4\pi^2 f_n^2 x_s^2}{2g} \left(\frac{x_p}{x_s} - 1 \right)$; $f_n =$

$$\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{F_s}{m x_s}}。$$

利用上述模型对试验数据进行拟合,得出 $A = 0.4, B = 1, C = 0.01$,其加速度耐受极限值-跌落次数曲线见图 2。

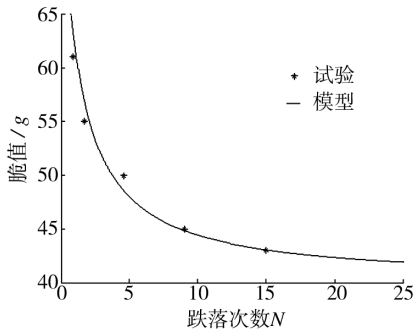


图 2 陶瓷餐具多次跌落的加速度耐受极限
Fig.2 Multiple dropping damage boundary
of ceramic tableware

3 结语

测试了陶瓷餐具在多次低强度冲击下的破损特性,建立数学模型并进行了参数识别。主要结论如下:

1) 传统的产品脆值概念定义了产品首超冲击损坏模式,对一些塑性特征明显的产品,其跌落允许加速度极限值与跌落次数有关。

2) 该类产品在较高的高度承受较少次数的跌落,或在较低的高度承受较多次数的跌落,都有可能致损。

差,但效果并不显著。

所讨论的模型外界环境温度都是恒定不变的,而实际运输过程中环境温度不是一成不变的,所以今后还应讨论在温度变化情况下模型 2 的适用性。另外模型 2 必须在最大边长与最小边长的比值不超过 2 时方可使用,对于超过此范围的实体保温箱,还应寻求其他模型来更准确地描述实际保温箱的传热过程,从而为保温包装设计奠定基础。

参考文献:

- [1] CHOI Seung-jin, BURGESS Gary. Practical Mathematical Model to Predict the Performance of Insulating Packages [J]. Packag Technol Sci, 2007, 20: 369—380.
- [2] SINGH S P, BURGESS G, SINGH J. Performance Com-

parison of Thermal Insulated Packaging Boxes, Bags and Refrigerants for Single-parcel Shipments [J]. Packag Technol Sci, 2008, 21: 25—35.

- [3] MATSUNAGA K, BURGESS G, LOCKHART H. Two Methods for Calculating the Amount of Refrigerant Required for Cyclic Temperature Testing of Insulated Packages [J]. Packag Technol Sci, 2007, 20: 113—123.
- [4] BURGESS G. Practical Thermal Resistance and Ice Requirement Calculations for Insulating Packages [J]. Packag Technol Sci, 1999, 12: 75—80.
- [5] QIAN Jing. Mathematical Models for Insulating Packages and Insulating Packaging Solutions [D]. Memphis, TN: University of Memphis, 2010.
- [6] 张朝晖. ANSYS 热分析教程与实例解析 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 2007.

(上接第 31 页)

下一步工作就是增加相移装置,测出缺陷的三维形貌,研究灵敏度,对不同的轻工业包装产品进行进一步测试和研究。

参考文献:

- [1] 邵文全,李砚明,孟宪文,等.脱胶缺陷对蜂窝板侧压强度的影响[J].包装工程,2008,29(12):59—61.
- [2] 计欣华,邓宗白,鲁阳.工程实验力学[M].第2版.北京:机械工业出版社,2010.
- [3] HUNG Y Y. A Speckle-Shear Interferometer: A Tool for Measuring Derivatives of Surface Displacement [J]. Opt Commun, 1974, 11(2): 132—135.
- [4] 陈育彬,黄道平,曾启荣,等.基于测度贴近度的电子剪切散斑轮胎检测[J].微计算机信息,2006,22(19):109

—111.

- [5] 徐驰,王喜顺,陈育彬.剪切电子散斑干涉检测轮胎中的图像缺陷[J].微计算机信息,2007,23(12):285—286.
- [6] 邹广平,芦颀,王微微.电子剪切散斑技术在木材无损检测中的应用[J].哈尔滨工程大学学报,2009,30(4):357—361.
- [7] 洪友仁,何浩培,何小元.剪切散斑:一种光学测量技术及其应用[J].实验力学,2006,21(6):667—688.
- [8] 刘宝会,秦玉文,曲日,等.宽音频扫描加载的电子剪切散斑技术在多层粘接板结构无损检测中的应用[J].实验力学,2003,18(2):229—233.
- [9] 金观昌.计算机辅助光学测量[M].第2版.北京:清华大学出版社,2007.

(上接第 37 页)

3) 当 N 取 1 时,多次跌落情形下的加速度值回归于传统的产品脆值。

参考文献:

- [1] 杨志.论日用陶瓷产品的包装设计[J].科技简报,2003,36(9):29—31.
- [2] 王春雨.陶瓷包装现状及改进建议[J].佛山陶瓷,2002,65(8):25—26.
- [3] 王伟.我国陶瓷包装的现状与发展思路[J].中国包装,2002(1):40—41.
- [4] 王晓平,黄灵仙,刘启顺,等.陶瓷工艺品包装的力学建模和设计方法研究[J].包装工程,2006,27(4):33—35.
- [5] 宋海燕.运输包装理论与技术发展动态[J].包装工程,2005,26(3):108—110.

- [6] 徐人平.产品脆值的置信度研究[J].理化检验—物理分册,2002,38(10):424—426.
- [7] 周明砚,张峻岭.缓冲包装设计理论的发展及方向[J].包装工程,2005,26(2):70—71.
- [8] NEWTON R E. Fragility Assessment Theory and Test Procedure [R]. Monterey Calif: Monterey Research Laboratory, Inc, 1968.
- [9] 吴浩然,王振林,应祖光,等.半正弦波冲击时立方非线性产品包装损坏边界曲线[J].包装工程,1996,17(4):5—8.
- [10] TOTTEN T L, BURGESS G J, SINGH S P. The Effects of Multiple Impacts on the Cushioning Properties of Closed-Cell Foams [J]. Packaging Technology & Science, 1990, 3: 117—122.