

一种植物纤维制品静态缓冲特性试验研究

张书彬, 唐全波, 杜 力

(重庆工商大学, 重庆 400067)

摘要: 测试了植物纤维制品的静态缓冲特性, 并和蜂窝纸板、发泡聚苯乙烯的静态缓冲特性进行了对比分析, 得到了植物纤维制品的缓冲系数-最大应力曲线, 为实际生产中植物纤维制品的材料及结构设计提供参考。结果表明, 植物纤维制品具有优良的力学特性和缓冲特性。最后, 分析了植物纤维制品的缓冲机理。

关键词: 植物纤维制品; 静态缓冲特性; 缓冲机理

中图分类号: TB484; TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2013)09-0033-03

Experimental Research on Static Cushioning Properties of a Plant Fiber Product

ZHANG Shu-bin, TANG Quan-bo, DU Li

(Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China)

Abstract: The static cushioning properties of a plant fiber product were tested, analyzed and compared with which of honeycomb fiberboard and EPS. The cushioning coefficient and maximum stress curves of the plant fiber product were drawn. The results showed that the plant fiber product possesses excellent mechanical performance and cushioning property. In addition, cushioning mechanism of the plant fiber product was analyzed. The purpose was to provide reference for material selection and structural design of packaging product.

Key words: plant fiber product; static cushioning properties; cushioning mechanism

目前, 国内家电产品的缓冲包装材料普遍采用的是聚苯乙烯等发泡材料, 这些材料废弃后对环境造成了极大的污染。随着国家对环境保护的日益重视, 研发能够替代聚苯乙烯等发泡材料的绿色环保缓冲材料成为必然。植物纤维制品作为近几年新兴的绿色包装材料, 日渐成为研究者们关注的对象, 高德等人^[1]研究了以玉米秸秆和淀粉为主要成分的缓冲包装材料的制备工艺; 成培芳、宋树鑫、孙阳等人^[2]研究了以马铃薯淀粉和纤维为主要成分的可生物降解材料的制备及性能; 高德、刘壮、孙智慧^[3]研究了秸秆纤维 EPS 缓冲包装材料的性能, 并建立了力学关系模型; 阿伦^[4]建立了植物纤维包装制品的有限元模型, 并进行了基于 ANSYS 的有限元模拟分析。文中对一种植物纤维制品的静态缓冲特性进行了试验研究, 分析其缓冲性能, 并研究其缓冲机理, 为植物纤维制品的研发应用提供参考。

1 试验介绍

试验材料 1 为植物纤维制品, 其主要成分为稻草秸秆、废报纸、玉米淀粉等, 其密度为 0.265 g/cm^3 ; 试验材料 2 为发泡聚苯乙烯, 其密度为 0.014 g/cm^3 ; 试验材料 3 为蜂窝纸板, 厚度为 30 mm, 面纸为国产 300 g/m^2 的挂面纸, 芯纸为国产 110 g/m^2 的再生纸, 蜂窝状六边形内切圆直径为 12 mm。试验设备为日本岛津 AG-50KNI 型万能材料试验机。试验环境条件: 温度为 $18 \text{ }^\circ\text{C}$, 相对湿度为 70%。

缓冲材料的静态缓冲特性试验是在万能材料试验机上进行的。将试验材料放置在试验机的上、下压板间, 进行压缩试验, 上压板的速度为 12 mm/min ^[5], 得出缓冲材料的力-变形曲线, 然后求出缓冲材料的应力-应变曲线, 以此来评价缓冲材料的静态缓冲特

收稿日期: 2013-03-01

基金项目: 重庆市教育委员会科学技术研究项目(KJ120707)

作者简介: 张书彬(1976-), 男, 河北南皮人, 硕士, 重庆工商大学讲师, 主要从事包装动力学和结构设计的教学与研究。

性。

2 试验结果与分析

由万能材料试验机测得的材料 1,2,3 的力-变形曲线分别见图 1—3。根据材料的力-变形曲线,可以

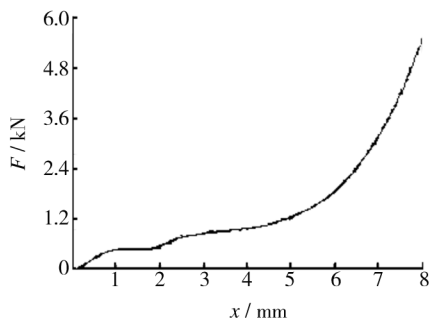


图 1 植物纤维制品的力-变形曲线

Fig. 1 Force-deformation curves of the plant fiber product

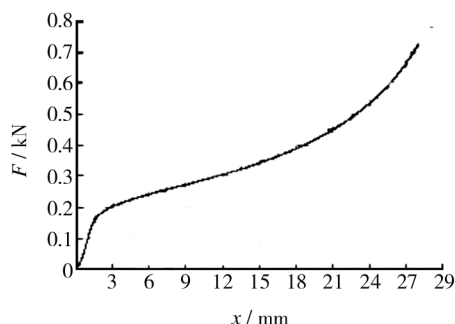


图 2 聚苯乙烯的力-变形曲线

Fig. 2 Force-deformation curves of EPS

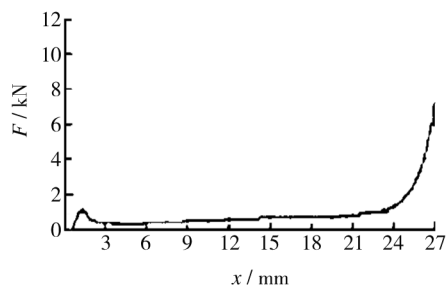


图 3 蜂窝纸板的力-变形曲线

Fig. 3 Force-deformation curves of honeycomb fiberboard

求出应力-应变曲线,植物纤维制品的应力-应变曲线见图 4。为了便于比较和分析植物纤维制品的静态缓冲特性,将材料 1,2,3 的应力-应变曲线绘制在一

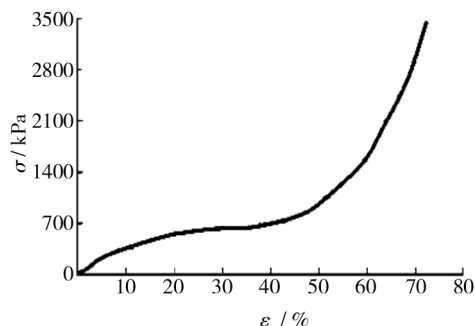


图 4 植物纤维制品的应力-应变曲线

Fig. 4 Stress-strain curves of the plant fiber product

个坐标系中,见图 5。曲线 1 为植物纤维制品的应力-

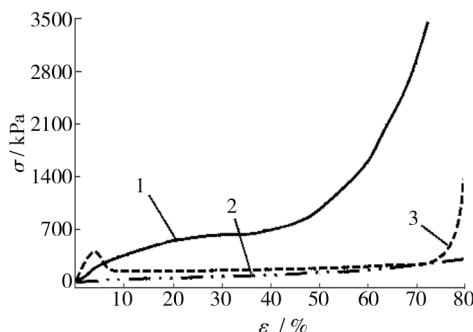


图 5 3 种缓冲材料的应力-应变曲线

Fig. 5 Stress-strain curves of three cushioning materials

应变曲线,曲线 2 为聚苯乙烯泡沫塑料的应力-应变曲线,曲线 3 为蜂窝纸板的应力-应变曲线。

由图 4 可知,植物纤维制品的应力-应变曲线分为 3 个阶段:线弹性阶段、屈服阶段和压溃阶段。应变小于 5% 的范围内属于弹性阶段,应力随应变的增长变化较快;应变在 5% ~ 60% 的范围内属于屈服阶段,应力随应变的增长变化比较缓慢;应变大于 60% 以后,属于压溃阶段,应力随应变的增长骤然剧增,材料被压溃。

由图 5,对比植物纤维制品、蜂窝纸板、发泡聚苯乙烯材料的应力-应变曲线可知,线弹性阶段(应变小于 5%),产生同样的应变,蜂窝纸板应力最大,发泡聚苯乙烯的应力最小,即蜂窝纸板和植物纤维制品材质较硬,而发泡聚苯乙烯材质比较软。屈服阶段(应变大于 5%),发泡聚苯乙烯最先发生屈服,其刚度较小,植物纤维制品和蜂窝纸板的刚度较大,即在较小的外力作用下,聚苯乙烯材料就能发挥材料的缓冲性能,而植物纤维制品和蜂窝纸板则需在较大的外力作

用下,才能发挥其缓冲性能。由此,在对产品进行缓冲设计时,应根据不同的受力情况进行缓冲材料的选取。

根据植物纤维制品的应力-应变曲线,运用确定缓冲材料静态缓冲系数的方法^[6],结合静态缓冲系数的公式 $C=\sigma/E$ (式中 C 为缓冲系数, σ 为应力, E 为材料变形能),作出植物纤维制品材料的缓冲系数-最大应力曲线,见图 6。

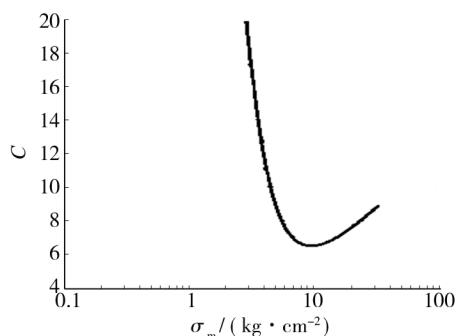


图 6 植物纤维制品的缓冲系数-最大应力曲线

Fig. 6 $C-\sigma_m$ curves of plant fiber product

3 植物纤维制品缓冲机理分析研究

植物纤维制品的主要成分是稻草秸秆、废报纸、淀粉等,它们的物理属性都不一样,所以构成的植物纤维制品的力学特性不是单一的弹性或塑性、黏性。结合植物纤维制品的应力-应变曲线,当植物纤维制品受力变形时,既能呈现弹性和塑性变形的特征,又能呈现流体黏性的特征,按照流变学的观点,植物纤维制品具有黏弹塑性。植物纤维制品作为一种缓冲材料,在受到外界冲击或者振动的作用时,能够利用其黏弹塑性吸收外力产生的能量,保护产品免受损坏。

根据粘弹性材料的耗能机理^[7],弹性材料能够储存能量,不耗损能量;黏性材料耗损能量,但不储存能量。由于植物纤维制品兼具弹性和黏性,所以其耗能机理也兼具弹性和黏性的特点,即当植物纤维制品受力时,一部分能量被储存起来,一部分能量转化成热量消耗掉。从植物纤维制品受力后的微观表现看,一方面分子链能够变形,当外力去掉后,变形完全复原,释放外力所做的功,表现为弹性;一方面分子链产生滑移,当外力去掉后,变形不能完全复原,产生了永久变形,其做的功变为热量消耗掉,表现为黏性。

植物纤维制品除了固相成分外,还有一部分气

体,这些气体也会影响植物纤维制品的力学特性。植物纤维制品可以看作是由无限个植物纤维单元腔组成的,植物纤维制品在未受外力作用时,气体被密封在单元腔内。当外力增大到一定程度时,植物纤维单元腔开始弯曲,如图 7 所示,其抵抗变形的应力明显

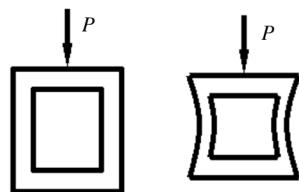


图 7 植物纤维制品受力变形图

Fig. 7 Force-deformation graph of the plant fiber product

减弱。随着变形的增加,单元腔内的气体也会变少,气体对单元腔壁的压力也会增加,直到单元腔被压溃。

4 结论

通过试验测试了植物纤维制品的静态压缩特性,对比分析了植物纤维制品、蜂窝纸板、发泡聚苯乙烯等 3 种材料的静态缓冲特性,并对植物纤维制品的缓冲机理进行了分析。结果表明,植物纤维制品具有显著的黏弹塑性,是一种性能良好的绿色包装缓冲材料,但是,植物纤维制品在产品缓冲包装中的推广应用还需进一步研究,如动态缓冲特性、防振特性的研究等等。

参考文献:

- [1] 高德,常江,巩雪. 玉米秸秆缓冲包装材料的研究[J]. 包装工程,2007,28(1):27-29.
GAO De, CHANG Jiang, GONG Xue. Research on Corn Straw Cushion Packaging Material[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(1): 27-29.
- [2] 成培芳,宋树鑫,孙阳,等. 淀粉/纤维可降解缓冲包装材料的制备及其性能研究[J]. 包装工程,2012,33(15):21-24.
CHENG Pei-fang, SONG Shu-xin, SUN Yang, et al. Preparation of Starch/Fiber Degradable Cushioning Packaging Material and Study of Its Properties[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(15): 21-24.

(下转第 94 页)

- [J]. 光电技术应用, 2010, 25(1): 67-70.
- ZHANG Yong, CHEN Da-jian, SUN Zhi-jun. Comparison of Two Improved Median Filtering Algorithm[J]. Electro-optic Technology Application, 2010, 25(1): 67-70.
- [19] 邹文洁. 基于 PCNN 神经网络的图像去噪算法研究[J]. 计算机仿真, 2008, 25(8): 234-237.
- ZOU Wen-jie. An Image De-noising Algorithm Based on PCNN[J]. Computer Simulation, 2008, 25(8): 234-237.
- [20] 高超, 须文波, 孙俊. 图像椒盐噪声的自适应滤波算法研究[J]. 计算机工程与应用, 2011, 47(33): 188-191.
- GAO Chao, XU Wen-bo, SUN Jun. Adaptive Image Filtering Method for Salt & Pepper Noise[J]. Computer Engineering and Applications, 2011, 47(33): 188-191.
- [21] 宋寅卯, 李晓娟, 刘磊. 基于神经网络噪声检测的自适应中值滤波器[J]. 电视技术, 2011, 35(5): 39-53.
- SONG Yin-mao, LI Xiao-juan, LIU Lei. Adaptive Median Filter Algorithm Based on Neural Network Noise Detector[J]. Video Engineering, 2011, 35(5): 39-53.
- [22] 万小红. 常用图像去噪方法探析与比较[J]. 运城学院学报, 2011, 29(5): 60-63.
- WANG Xiao-hong. An Analysis and Comparison of the Method for Common Image Denoising[J]. Journal of Yuncheng University, 2011, 29(5): 60-63.
- [23] SEPOCHT D F. Probabilistic Neural Network[J]. Neural Networks, 1990(3): 109-118.
- [24] CMOJEVIC V, TRPOVSKI Z. Advanced Impulse Detection Based on Pixel-wise MAD[J]. IEEE Signal Processing Letters, 2004, 11(7): 589-592.
- [25] 蔡继亮, 叶微. 图像脉冲噪声的概率神经网络识别滤波方法[J]. 电讯技术, 2009, 49(12): 35-38.
- CAI Ji-liang, YE Wei. Image Impulsive Noise Detection and Suppression by Probabilistic Neural Network[J]. Telecommunication Engineering, 2009, 49(12): 35-38.
- [26] 姬东朝, 宋笔锋, 易华辉. 基于概率神经网络的设备故障诊断及仿真分析[J]. 火力与指挥控制, 2009, 34(1): 82-85.
- JI Dong-chao, SONG Bi-feng, YI Hua-hui. Equipment Fault Diagnosis Based on Probabilistic Neural Network and Simulation Analysis[J]. Fire Control & Command Control, 2009, 34(1): 82-85.
- [27] 孟飞, 杨小冈, 孙鹏, 等. 基于 RBF 神经网络的激光雷达图像滤波融合算法[J]. 激光与红外, 2008, 38(6): 615-618.
- MENG Fei, YANG Xiao-gang, SUN Peng, et al. Research on Filter Fusion of Laser Radar Image Based on RBF Neural Network[J]. Laser & Infrared, 2008, 38(6): 615-618.
- [28] 唐伟强, 王飞, 张冬至. 基于小波神经网络的激光散斑图像去噪技术研究[J]. 包装工程, 2009, 30(8): 28-30.
- TANG Wei-qiang, WANG Fei, ZHANG Dong-zhi. Filtering Technology of Laser Speckle Image Based on Wavelet Neural Network[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(8): 28-30.
- [29] 苏亮, 宋绪丁. 基于 Matlab 的概率神经网络的实现及应用[J]. 计算机与现代化, 2011(11): 47-50.
- SU Liang, SONG Xu-ding. Implementation and Application of Probabilistic Neural Network Based on Matlab[J]. Computer and Modernization, 2011(11): 47-50.

(上接第 35 页)

- [3] 高德, 刘壮, 孙智慧. 秸秆纤维 EPS 缓冲包装材料性能的研究[J]. 农业机械学报, 2006, 37(8): 201-204.
- GAO De, LIU Zhuang, SUN Zhi-hui. Study on the Properties of Cushioning Package Material Made of Corn Straw and EPS[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery, 2006, 37(8): 201-204.
- [4] 阿伦. 基于 ANSYS 的植物纤维包装制品静态特性模拟分析[J]. 包装工程, 2011, 32(1): 8-10.
- A Lun. Simulation and Analysis of Static and Dynamic Characteristics of Plant Fiber Packaging Product Based on ANSYS[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(1): 8-10.
- [5] 彭国勋. 运输包装[M]. 北京: 印刷工业出版社, 1999.
- PENG Guo-xun. Transport Packaging[M]. Beijing: Printing Industry Press, 1999.
- [6] 彭国勋, 王瑞栋, 郭延洪. 缓冲包装动力学[M]. 长沙: 湖南大学出版社, 1989.
- PENG Guo-xun, WANG Rui-dong, GUO Yan-hong. Cushioning Packaging Dynamics[M]. Changsha: Hunan University Press, 1989.
- [7] 骆光林, 朱大鹏. 蜂窝纸板缓冲机理[J]. 包装工程, 2002, 23(5): 118-120.
- LUO Guang-lin, ZHU Da-peng. The Cushion Mechanism of the honeycomb Fiberboard[J]. Packaging Engineering, 2002, 23(5): 118-120.