

纸浆模塑开口薄壁圆锥筒压缩力学性能研究

邵文全, 李砚明

(天津商业大学, 天津 300134)

摘要: 利用 MSC. Marc 有限元仿真软件对纸浆模塑开口薄壁圆锥筒的压缩力学行为进行了仿真分析, 并将仿真分析的结果与实验结果进行了比较。结果表明, 仿真结果与实验结果基本吻合, 利用 MSC. Marc 软件可以对纸浆模塑材料的力学行为进行有效的仿真分析。

关键词: MSC. MARC; 纸浆模塑; 开口薄壁圆锥筒; 压缩力学性能; 仿真

中图分类号: TB485.1; TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)13-0068-03

Compressional Mechanical Property Analysis of Thin-wall Open Cone Tube of Molded Pulp Material

SHAO Wen-quan, LI Yan-ming

(Tianjin University of Commerce, Tianjin 300134, China)

Abstract: The compression mechanical property of a thin-wall open cone tube sample of molded pulp material was simulated by using finite element analysis software MSC. Marc. The simulation result was compared with experimental result. Results indicated that simulation results agree with experimental result, and MSC. Marc is an efficient tool to simulate the mechanical behavior of molded pulp material.

Key words: MSC. Marc; molded pulp material; thin-wall open cone tube; compressional mechanical property; simulation

纸浆模塑制品由于具有与包装物外型相吻合的几何形状和良好的防震、防冲击、防静电、防腐等理想的保护效果, 经各项物理指标测试, 其效能和功效足以代替发泡聚苯乙烯(EPS)等包装制品, 并且在防震功能、环保、价格及防静电等指标和功能上占据优势。被广泛用于电子、机械零部件、工业仪表、电工工具、电脑、家电、玻璃、陶瓷和农产品等的内衬包装上。

纸浆模塑材料基本力学性能的研究是纸浆模塑缓冲包装结构优化设计的理论基础。近年来, 包装行业和力学领域的专家分别用实验和数值仿真的手段对纸浆模塑材料及其制品进行了研究, 取得了一系列的研究成果。曹世普等人^[1]提出了纸浆模塑工业制品的缓冲机理, 并用有限元模拟了此类制品在载荷下的响应。计宏伟等人用数字相关测量方法研究了纸浆模塑材料拉伸时的力学性能^[2], 并对描述纸浆模塑材料经验型本构关系的拟合方程进行了改进, 给出了一种新的本构关系拟合方程^[3]。平幼妹等人^[4]用有

限元分析和 DICM 对纸浆模塑材料的弹性常数进行了反问题研究。何艳萍等人^[5]用 Pro/E 软件设计出了一种新型的两头折叠式方案, 并通过跌落试验进行了缓冲性能测试。郝洪艳等人^[6]在分析原有纸浆模塑托盘结构的不足的基础上, 设计出了层叠式纸浆模塑托盘。尹恩强等人^[7]研究了一种新型纸浆模塑通用平托盘的结构及其性能, 并对其性能进行了数值模拟分析。褚晓珂^[8]利用用 Nast ran 软件对纸浆模塑结构进行了有限元的仿真模拟分析。以上工作在丰富纸浆模塑材料的理论体系、改善纸浆模塑材料制品的受力、提高该类材料制品的性能等方面起到了重要作用。

笔者利用 MSC. Marc 有限元分析软件对纸浆模塑开口薄壁圆锥筒压缩力学行为的基本力学性能进行仿真分析, 并将仿真分析的结果与实验结果进行比较。

收稿日期: 2011-12-23

作者简介: 邵文全(1958—), 男, 天津人, 天津商业大学实验师, 主要从事实验教学和材料力学行为测试分析研究。

1 纸浆模塑开口薄壁圆锥筒的压缩实验

采用纸浆模塑纸杯来制作压缩实验的试样。具体做法是截去纸杯的两端,将留下的开口薄壁圆锥筒作为纸浆模塑材料压缩试验的试样。试件的上下口中径分别为 39.5, 44.5 mm, 高度和壁厚分别为 28.6, 1.55 mm。

实验采用济南试金集团有限公司生产的 WDW-100 型微机控制电子式万能试验机。压缩速度为 10 mm/min。压缩力-变形曲线见图 1。小变形时,宏观

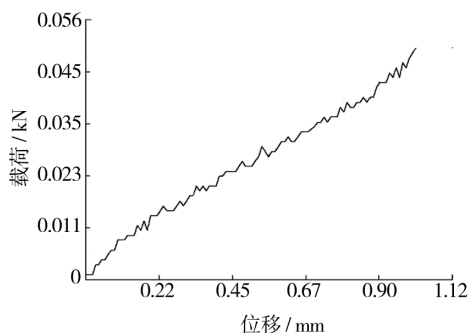


图 1 压缩载荷-位移曲线

Fig. 1 Load-displacement curve

上压缩力与变形之间呈线性关系(压缩力随变形的微小波动与纸浆模塑材料内部纸纤维缠绕的结构性能有关)。压缩变形为 1.018 mm 时,压缩力为 0.051 kN。

2 纸浆模塑开口薄壁圆锥筒的压缩有限元仿真

用 MSC. Marc 2005R3^[5]对上述实验进行了仿真分析,模型的网格划分见图 2。模型采用了 1 620 个

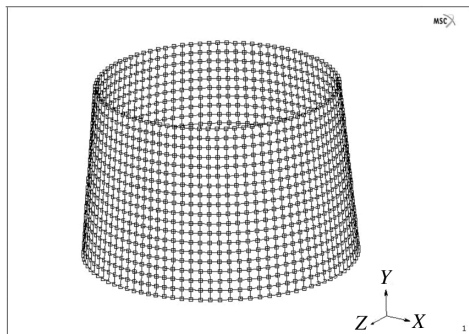


图 2 模型网格划分情况

Fig. 2 FEM model meshing of the Structure

单元,单元类型为 139 号四面体薄壳单元,单元厚度

与试件厚度一致,为 1.55 mm。假设纸浆模塑材料是均匀的连续介质,在小变形条件下材料为各向同性线弹性材料。边界条件为下端节点固定,上面节点施加向下的节点力。材料的弹性模量为 7.2 MPa,泊松比 0.2^[4]。不同载荷时的载荷-最大位移曲线见图 3。通

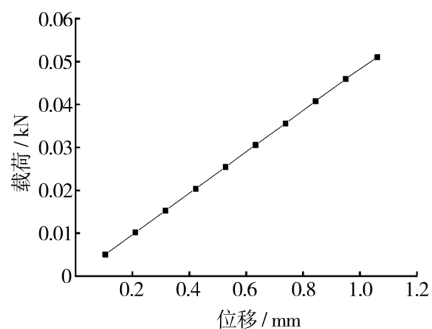


图 3 MSC. Marc 计算出的载荷-位移曲线

Fig. 3 Calculated load-displacement curve by MSC. Marc

过比较图 1 和 3 可以看出,二者基本吻合。载荷为 0.051 kN 时的位移云图见图 4。从图 4 可以看出,试

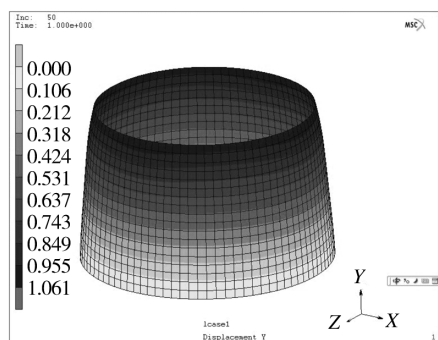


图 4 Y 方向位移云图(mm)

Fig. 4 Displacement contour in Y-direction

件上端的最大位移为 1.061 mm,与位移的实验值 1.018 相接近。

3 结论

对纸浆模塑开口薄壁圆锥筒进行了压缩力学性能实验,得到了试件的位移-载荷曲线。用 MSC. Marc 有限元仿真软件对纸浆模塑开口薄壁圆锥筒的压缩力学行为进行了仿真分析,得到了不同载荷下的最大位移值和载荷为 0.051 kN 时的位移云图。通过仿真分析的结果与实验结果的比较可以发现二者基本吻合。结果表明,利用 MSC. Marc 软件可以对纸浆模塑材料的力学行为进行有效的仿真分析。

参考文献:

- [1] 曹世普,郭奕崇,马玉林. 纸浆模塑工业包装制品缓冲机理研究及有限元模拟[J]. 中国包装工业,2003(97):34-37.
CAO Shi-pu, GUO Yi-chong, MA Yu-lin. Investigation on the Cushioning Mechanism of Modeled Pulp and Simulation through Finite Element Method[J]. China Packaging Industry, 2003(97):34-37.
- [2] 计宏伟,余本农,平幼妹,等. 用数字相关测量方法研究纸浆模塑材料拉伸时的力学性能[J]. 包装工程,2004,25(4):168-170.
JI Hong-wei, YU Ben-nong, PING You-mei, et al. Investigation of the Mechanical Properties of Molded Pulp with DICM[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(4):168-170.
- [3] 计宏伟,王怀文,郭玉花. 纸浆模塑材料本构方程拟合的改进[J]. 包装工程,2009,30(10):11-13.
JI Hong-wei, WANG Huai-wen, GUO Yu-hua. Modification of Constitutive Equation Fitting of Moulded Pulp Material[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(10):11-13.
- [4] 平幼妹,余本农,计宏伟,等. 用有限元分析和 DICM 确定纸浆模塑材料弹性常数的逆问题[J]. 包装工程,2006,27(1):24-27.
PING You-mei, YU Ben-nong, JI Hong-wei, et al. An Inverse Problem of Identifying the Elastic Constants of

Molded Pulp Material by Making Use of Finite Element Analysis and DICM[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(1):24-27.

- [5] 何艳萍,陈永铭,谢卫东,等. 笔记本电脑纸浆模塑缓冲包装设计测试[J]. 包装工程,2009,29(1):109-111.
HE Yan-ping, CHEN Yong-ming, XIE Wei-dong, et al. Structural Design and Test on the Molded Pulp Packaging of Notebook[J]. Packaging Engineering, 2009, 29(1):109-111.
- [6] 郝洪艳,王霖. 层叠式纸浆模塑平托盘结构设计与性能分析[J]. 包装工程,2010,31(21):15-18.
HAO Hong-yan, WANG Lin. Design and Performance Analysis of Stack Molded Pulp Tray[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(21):15-18.
- [7] 尹恩强,李士才,张新昌. 新型纸浆模塑通用平托盘的结构与性能研究[J]. 包装工程,2009,30(8):10-11.
YIN En-qiang, LI Shi-cai, ZHANG Xin-chang. Research on Structure and Capability of New Molded Pulp Tray[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(8):10-11.
- [8] 褚晓珂. 纸浆模塑结构参数的仿真研究[J]. 包装工程,2010,31(13):14-16.
CHU Xiao-ke. Simulation Study of Paper Pulp Molding Structural Parameters[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(13):14-16.

(上接第 46 页)

入数据库,因此编写了可扩展功能的数据库,用户可以将自己试验的数据按指定的格式写入到数据库中供使用,为了保护数据库不被修改,没有提供数据库的修改、删除功能。

参考文献:

- [1] 黄少云,李东立. 发泡聚丙烯研究进展及应用展望[J]. 包装工程,2009,30(5):86-89.
HUANG Shao-yun, LI Dong-li. Research Progress and Application Prospects of EPP[J]. Packaging engineering, 2009, 30(5):86-89.
- [2] 李俊,高德. 低密度聚乙烯泡沫塑料压缩本构关系的研究[J]. 包装工程,2008,29(12):25-26,58.
LI Jun, GAO De. Study of the Constitutive Relation of Low Density Polyethylene Foam under Compression[J]. Packaging engineering, 2008, 29(12):25-26.
- [3] RUSCH K C. Load-compression Behavior of Brittle Foams[J]. Journal of Applied Polymer Science, 1970, 14(5):1263-1276.
- [4] 程志胜,徐英. 聚苯乙烯泡沫衬垫的缓冲性能研究及建模[J]. 佳木斯大学学报,2000,18(1):66-70.
CHENG Zhi-sheng, XU Ying. Research and Modeling of

EPS Cushion Foam[J]. Journal of Jiamusi university, 2000, 18(1):66-70.

- [5] 胡时胜,刘剑飞. 硬质聚氨酯泡沫塑料本构关系的研究[J]. 力学学报,1998,30(2):151-156.
HU Shi-sheng, LIU Jian-fei. Study of the Constitutive Relationship of Rigid Polyurethane Foam[J]. ACTA mechanica sinica, 1998, 30(2):151-156.
- [6] 彭国勋. 物流运输包装设计[M]. 北京:印刷工业出版社,2006.
PENG Guo-xun. The Packaging Design of Logistics Transport[M]. Beijing Printing Industry Press, 2006.
- [7] 杨乐平,李海涛,赵勇,等. LabVIEW 高级程序设计[M]. 北京:清华大学出版社,2007.
YANG Le-ping, LI Hai-tao, ZHAO Yong, et al. LabVIEW Advanced Program Design[M]. Tsinghua University Press, 2007.
- [8] 陈锡辉,张银鸿. LabVIEW 8. 20 程序设计从入门到精通[M]. 北京:清华大学出版社,2007.
CHEN Xi-hui, ZHANG Yin-hong. LabVIEW 8. 20 Programming from the Entry to the Master[M]. Tsinghua University Press, 2007.