

技术专论

基于 ANSYS 的植物纤维餐饮具静态力学特性的仿真实验

阿伦¹, 呼斯勒², 田野¹, 孙智慧¹

(1. 哈尔滨商业大学, 哈尔滨 150028; 2. 中国航天科工集团公司六院, 呼和浩特 010010)

摘要:以植物纤维餐饮具为研究对象,以植物纤维餐饮具的4个结构参数:餐具上口直径、餐具下口直径、餐具高度和餐具壁厚为参数变量,采用均匀设计实验和有限元法仿真相结合的方法,对植物纤维餐饮具静态堆码时的力学特性进行仿真实验,探讨植物纤维餐饮具的结构参数对其静态堆码时力学特性影响,为餐饮具的结构及模具结构的设计提供参考。

关键词:植物纤维; 餐饮具; ANSYS; 均匀设计法; 静态力学特性

中图分类号: TB484; TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)03-0033-03

Simulation Experiment of Static Mechanical Properties of Tableware Processed with Plant Fiber Based on ANSYS

A Lun¹, HU Si-le², TIAN Ye¹, SUN Zhi-hui¹

(1. Harbin University of Commerce, Harbin 150028, China; 2. The 6th Academy of China Aerospace Science & Industry Corp., Hohhot 010010, China)

Abstract: Plant fiber tableware was taken as research object. FE models of the tableware were built with four structural variables of the tableware, such as diameters, height, and thickness. Uniform design method combined with ANSYS software was applied to do simulation experiment on the tableware. The influence of structural variables on the static mechanical properties of tableware was discussed. The purpose was to provide reference for structural design of tableware and its die.

Key words: plant fiber; tableware; ANSYS; uniform design; static mechanical characteristic

我国是世界上最大的一次性餐具的消费市场,随着科学技术的不断发展,“绿色、节能、环保”理念已完全深入进国内外科研人员及学者的思想中。针对白色污染,学者们提出了用可降解材料代替发泡塑料餐具的战略思想,到目前为止,已有多种产品问世。植物纤维餐饮具就是其中的一种,它是利用我国大量废弃的农作物秸秆(如玉米秸秆、麦秸秆、高粱秸秆等)为原料,添加适当胶黏剂与填料,热压制成^[1-6]。

植物纤维餐饮具多为各种曲面结构,其材料属性与制品结构参数是影响制品最终力学性能的重要因素,也是影响其运输包装设计的重要因素,因此,设计产品材料或结构之前应对其力学性能进行预测,笔者

以玉米秸秆制备餐饮具为研究对象,采用有限元仿真与实验相结合的方法进行仿真实验,探讨植物纤维餐饮具的结构参数对其静态力学特性影响的一般规律,为植物纤维餐饮具的运输包装设计提供一定的参考。

1 有限元模型建立

建立餐饮具几何结构模型,并采用 solid 45 号八节点六面体单元进行网格划分,其中餐杯有限元模型网格划分见图 1。材料属性输入参数:弹性模量为 3 981 MPa;密度为 $0.8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$;泊松比为 0.2。

本植物纤维餐饮具在实际堆码过程中,承受的

收稿日期: 2010-11-17

基金项目: 黑龙江省教育厅项目(11541077);哈尔滨商业大学青年骨干教师基金项目资助

作者简介: 阿伦(1975—),女,蒙古族,黑龙江杜尔伯特人,工学博士(后),哈尔滨商业大学讲师,主要从事木材微细加工及人造板微观结构仿真技术的研究。

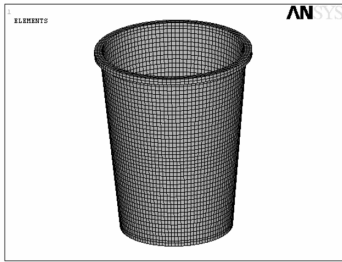


图1 餐饮具有限元模型

Fig. 1 FE model of tableware

轴向载荷在餐饮具上下面,上平面为一环面,下底面有一个向餐饮具内凹陷的凸台,计算轴压载荷作用时,在上沿口圆环面上施加垂直向下的压力,约束底面的所有自由度以限制其刚体位移。加载速度为 5 mm/min,加载方式为缓慢加载,记录应力和应变。

2 仿真实验

2.1 均匀设计(Uniform Design)

均匀设计技术是 20 世纪 70 年代末由中科院数学所方开泰教授与王元院士共同提出来的,是在正交试验设计的基础上进一步发展而成的方法。均匀设计是基于试验点在整个试验范围内均匀散布的,从均匀性角度出发的一种试验设计方法,能从全面试验点中挑选出部分代表性的试验点,这些试验点在试验范围内充分均衡分散,但仍能反映体系的主要特征。当所研究的因素和水平数目较多时,均匀设计试验法比其它试验设计方法(如正交设计试验法、单纯形试验法)所需的试验次数更少^[7-8]。

选取影响餐饮具的主要结构参数:上口直径、下口直径、高度及壁厚,根据实际情况定义 4 个因素的上下限,利用均匀实验设计软件进行实验设计,采用 4 因素 16 水平安排实验,均匀设计偏差 $D=0.1705$,设置等效应力为 y_1 ,等效应变为 y_2 ,餐具上口直径为 x_1 ,餐具下口直径为 x_2 ,餐具高度为 x_3 ,餐具壁厚为 x_4 ,仿真实验见图 2。

2.2 仿真实验结果

通过仿真实验的应力和应变云图可得不同的结构参数下餐饮具的最大应力和应变。仿真实验结果见图 3,仿真实验特征样本(酒杯、餐杯、餐碗和餐盘)的等效应力云图见图 4。

C:\DOCUME~1\Yang\桌面\实验数据\udc [2010-6-8 16:39:33] - 均匀设计

文件(F) 查询(Q) 绘图(V) 工具(T) 选项(O) 帮助(H)

№	指标 1 等效应力/MPa	指标 2 等效应变/‰	因素 1 器具上口直径/mm	因素 2 器具下口直径/mm	因素 3 器具高度/mm	因素 4 器具壁厚/mm
1	0.00	0.00	30.00	32.40	53.33	3.000
2	0.00	0.00	41.33	58.27	69.33	2.200
3	0.00	0.00	52.67	84.13	40.00	2.800
4	0.00	0.00	64.00	110.0	56.00	1.500
5	0.00	0.00	75.33	25.93	72.00	1.800
6	0.00	0.00	86.67	51.80	42.67	0.5000
7	0.00	0.00	98.00	77.67	58.67	2.000
8	0.00	0.00	109.3	103.5	74.67	2.400
9	0.00	0.00	120.7	19.47	45.33	1.800
10	0.00	0.00	132.0	45.33	61.33	0.7000
11	0.00	0.00	143.3	71.20	77.33	0.9000
12	0.00	0.00	154.7	97.07	48.00	2.700
13	0.00	0.00	166.0	13.00	64.00	2.500
14	0.00	0.00	177.3	38.87	80.00	0.7000
15	0.00	0.00	188.7	64.73	50.67	2.100
16	0.00	0.00	200.0	90.60	66.67	3.000

图2 均匀试验因素水平表

Fig. 2 Uniform Design factors and levels

C:\Documents and Settings\Yang\桌面\重要2.udc [2010-6-8 19:20:07] - 均匀设计

文件(F) 查询(Q) 绘图(V) 工具(T) 选项(O) 帮助(H)

№	指标 1 等效应力/MPa	指标 2 等效应变/‰	因素 1 器具上口直径/mm	因素 2 器具下口直径/mm	因素 3 器具高度/mm	因素 4 器具壁厚/mm
4	22.9	9.22e-3	64.00	110.0	56.00	1.500
5	24.3	9.77e-3	75.33	25.93	72.00	1.800
6	26.7	0.107	86.67	51.80	42.67	0.5000
7	18.9	7.58e-3	98.00	77.67	58.67	2.000
8	29.5	0.118	109.3	103.5	74.67	2.400
9	31.1	0.124	120.7	19.47	45.33	1.800
10	32.3	0.133	132.0	45.33	61.33	0.7000
11	33.3	0.136	143.3	71.20	77.33	0.9000
12	33.9	0.144	154.7	97.07	48.00	2.700
13	36.1	0.145	166.0	13.00	64.00	2.500
14	37.0	0.154	177.3	38.87	80.00	0.7000
15	38.4	0.155	188.7	64.73	50.67	2.100
16	39.1	0.156	200.0	90.60	66.67	3.000

图3 均匀试验结果

Fig. 3 Uniform design experiment results

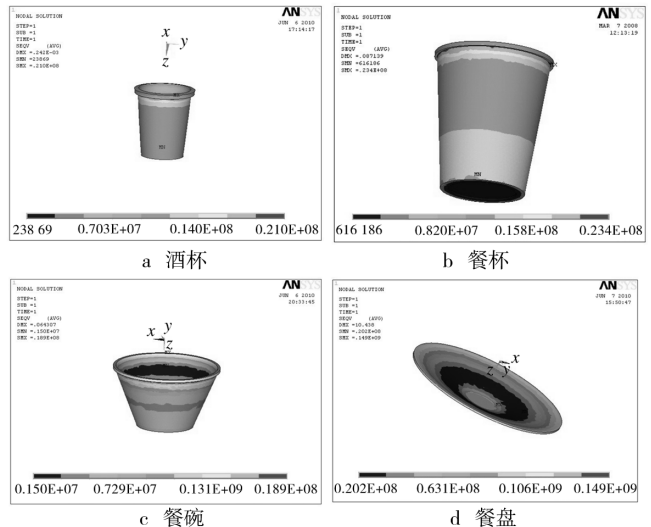


图4 轴压载荷下等效应力 Von mises 云图(Pa)

Fig. 4 Von mises nephogram of tableware under equivalent stress of axial compressive load

2.3 仿真实验结果直观分析

16 组试验结构参数大体可分为 4 类,即酒杯、水杯、餐碗以及餐盘。从仿真结果的应力云图中可以直

观看出,由于餐饮具上口直径均有起凸台处,因而,无论那一种餐具,当受到轴向压力时,16组结构的餐饮具发生破坏的位置几乎都在该处,可以根据餐饮具的承载能力,调整实际堆码情况,或者进行结构改进。实验结果还表明应力 y_1 随着餐具上口直径、下口直径、壁厚增大而增大,随着餐具高度增加而减小;应变 y_2 随着餐具上口直径、高度增大而增大,随着餐具下口直径、壁厚增大而减小。酒杯最大等效应力为21 MPa,酒杯最大等效应变为 8.494×10^{-3} ;餐杯最大等效应力为27 MPa,餐杯最大等效应变为 9.63×10^{-3} ;餐碗最大等效应力为16.9 MPa,餐碗最大等效应变为 7.581×10^{-3} ;餐盘最大等效应力为149 MPa,餐盘最大等效应变为 5.9627×10^{-2} 。将上述应力从大到小排列:餐盘、餐杯、酒杯、餐碗;应变从大到小排列:餐盘、餐杯、酒杯、餐碗。在考虑应力因素条件下,该材料最适合制作餐盘;在考虑应变因素条件下,该材料最适合制作餐碗。

破坏应力最大(39.1 MPa)的一组餐饮具的结构参数是第16组,参数为:餐具上口直径200 mm,下口直径90.6 mm,高度66.67 mm,厚度3 mm;应变最小(7.58×10^{-3})的一组餐饮具的结构参数是第7组,参数为:餐具上口直径98 mm,下口直径77.67 mm,高度58.67 mm,厚度2 mm。综合考虑,第13组结构参数为较优结构:餐具上口直径132 mm,下口直径45.33 mm,厚度0.7 mm,高度61.33 mm,最大应力为36.1 MPa,最大应变为0.145。

3 结语

针对植物纤维餐饮具的结构,采用有限元仿真方法,得到了餐饮具静态堆码时轴向承载条件下的等效应力和应变分布情况。通过后处理计算,得到了各种结构餐饮具的等效应力和应变。采用均匀设计法对植物纤维餐饮具的结构进行仿真实验安排,实验结果表明:等效应力 y_1 随着餐具上口直径、下口直径、壁厚增大而增大,随着餐具高度增加而减小;等效应变

y_2 随着餐具上口直径、高度增大而增大,随着餐具下口直径、壁厚增大而减小。可以通过仿真实验的方法对植物纤维餐饮具的结构参数进行分析,为植物纤维餐饮具的运输包装设计提供一定的参考。

参考文献:

- [1] 阿伦. 基于 ANSYS 的植物纤维包装制品静动态特性模拟分析[J]. 包装工程, 2011, 32(1): 8-10.
- [2] 景全荣. 可降解餐具碗压缩特性及有限元分析[J]. 包装工程, 2007, 28(9): 32-34.
- [3] 高德. 植物秸秆绿色包装材料的研究现状与发展前景[J]. 包装工程, 2008, 29(12): 15-18.
- [4] 高德, 孙智慧. 可降解缓冲包装材料的现状及发展前景[J]. 包装工程, 2002, 23(5): 182-184.
- [5] 王冰迪. 从芬兰包装业可回收系统谈绿色包装结构设计原则[J]. 包装工程, 2008, 29(12): 45-47.
- [6] 刘金花, 张蕾. 植物纤维在可降解包装材料中的研究进展[J]. 包装工程, 2009, 30(7): 86-87.
- [7] 方开泰, 王元. 均匀设计与均匀设计表[M]. 北京: 中国科学出版社, 1994.
- [8] 邱建新. 均匀设计法、神经网络和遗传算法结合在内高压成形工艺参数优化中的应用[J]. 塑料工程学报, 2005, 12(4): 76-79.