

# 基于 ANSYS 的植物纤维包装制品静动态特性模拟分析

阿伦

(哈尔滨商业大学, 哈尔滨 150028)

**摘要:** 通过建立植物纤维包装制品的有限元模型, 对该植物纤维包装制品的使用过程中轴向载荷作用下的静态、动态特性, 进行了基于 ANSYS 的有限元模拟分析, 计算出了该包装制品的轴向应力、固有频率和振型, 采用数值分析的方法实现了对植物纤维包装制品力学特性的预报, 为实际生产中植物纤维包装制品的材料及结构设计提供参考。

**关键词:** 植物纤维; 包装制品; 有限元; 静动态特性

**中图分类号:** TB487; TB322 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)01-0008-03

## Simulation and Analysis of Static and Dynamic Characteristics of Plant Fiber Packaging Product Based on ANSYS

A Lun

(Harbin University of Commerce, Harbin 150028, China)

**Abstract:** A FE model of a new plant fiber packaging product. The static and dynamic characteristics of the packaging product were simulated and analyzed using FE method based on ANSYS. The axial stress, inherent frequency, and model shapes under transportation were calculated. Forecast of the mechanical characteristics of packaging product with numerical analysis was realized. The purpose was to provide reference for material selection and structural design of packaging product.

**Key words:** plant fiber; packaging product; FE; static and dynamic characteristic

农林生物质是十分宝贵的绿色再生资源,也是当今世界公认的仅次于煤炭、石油和天然气的第四大能源。我国农林生物质资源丰富,种类繁多,每年产生农作物秸秆近 7 亿 t,因此,可以说实现农林生物质资源的高效合理、生态环保的综合利用,将所有相关研究领域统一为生物质工程是生物质基材料的发展趋势,是一个多学科交叉和融合的前沿性学科领域,一个新兴的生态产业链群体。植物纤维包装制品的研发则是实现这一理念的研究方向之一。目前,我国各个不同的学科对生物质基材料的研究内容多在生物化学层面上的研究,对其力学性能方面的研究文献甚少<sup>[1-7]</sup>。笔者以玉米秸秆纤维包装制品为研究对象,采用数值分析的方法,对制品的使用过程中不同外部载荷作用下的结构完整性进行分析,实现对植物纤维

包装制品力学特性的预测、预报,为静态堆码及运输包装设计提供理论参考。

### 1 可降解植物纤维包装材料的制备及属性测定

**实验材料:** 玉米秸秆,取自黑龙江省哈尔滨郊区,经机械粉碎加工后,秸秆皮和芯部充分分离,大于 20 目的占 50%,粗细料分布均匀,放置于大气中 6 个月,含水率在(质量分数)9%~12%之间,有利于增强秸秆和胶粘剂间的胶接作用。胶粘剂采用实验室自制异氰酸酯胶粘剂、淀粉及其它填料。

**实验设备:** QD 型试验热压机,用自动控制温仪控制热压温度,压板幅面 600 mm×600 mm;铺装箱,实验室自制,幅面 250 mm×250 mm;烘箱型号 DF-

**收稿日期:** 2010-11-02

**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,已发表学术论文 20 余篇。

19-9.6, 尺寸 120 cm×70 cm×120 cm, 功率 9.6 kW; SC69-02 快速水分测定仪: 最大荷重 10 g, 分度值 5 mg; 电子天平、电子游标卡尺、螺旋测微器、筛网等。

试样设计密度 0.8 g/cm<sup>3</sup>, 热压条件: 150 °C, 0.5 min/mm, 3 MPa, 施胶量 14%。

测试设备: 德国 NETZSH 公司生产的 DMA242 型热机械分析仪。

测试方式: 植物纤维材料在制备的时候, 玉米秸秆已被粉碎成秸秆纤维, 与胶黏剂等添加剂进行均匀搅拌、均匀铺装后压制而成, 材料微结构中纤维方向是随机的, 因此, 尽管材料内部各组分的结合并不是处处相同, 也不可能十分均匀分布, 但是与木材的严格的各向异性相比, 这里可以假设该材料经混合搅拌后是各向同性的; 根据材料所表现出的明显的脆性特征以及 DMA 的测试特点, 采用拉伸模式测定效果较好。

测试条件: 振幅 20 μm, 动态力 1.5 N, 温度范围为 -20~180 °C, 测试升温速度 5 °C/min, 选择频率采用多频率, 分别为 1.0, 2.5 和 5.0 Hz, 空气介质; 测试植物纤维制品的动态力学性能, 材料试样为 50 mm×10 mm×3 mm 的矩形试样, 见图 1。

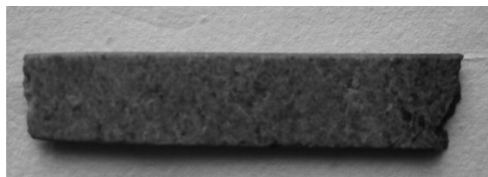


图 1 秸秆材料制备的试样

Fig. 1 Specimen made of straw

## 2 有限元模型、载荷与边界条件

制品采用 solid45 号八节点六面体单元进行网格划分, 见图 2, 材料属性输入参数: 弹性模量为 3 981 MPa; 密度为 0.8×10<sup>3</sup> kg/m<sup>3</sup>; 泊松比为 0.2。

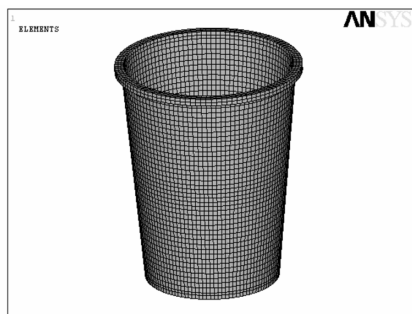


图 2 制品有限元模型

Fig. 2 FE model of packaging product

合理确定有限元模型约束条件是成功地进行有限元分析的基本条件, 约束条件的确定, 应尽可能符合制品的实际承载情况。本植物纤维包装制品在实际堆码过程中, 承受的轴向载荷在制品上下面, 上平面为为一环面, 下底面有一个向制品内凹陷的凸台。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, 换算轴向载荷为 5.3 MPa, 约束底面的所有自由度以限制其刚体位移, 轴向载荷加载面及位移约束见图 3。

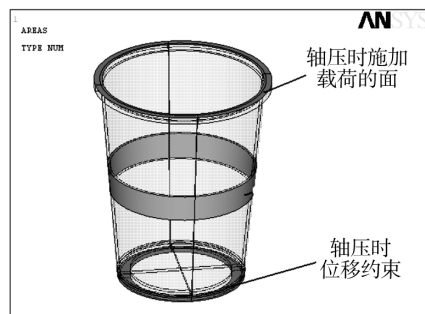


图 3 轴压载荷及位移约束

Fig. 3 Axial compressive load and displacement constraints

由于植物纤维包装制品在运输过程中会受震动等环境因素的影响, 因此有必要对该制品进行虚拟动力学研究。笔者研究其无阻尼的自由振动, 得到制品振动系统的固有特性, 即其固有频率和振型, 避免因共振效应对其结构产生的破坏。

## 3 有限元分析

### 3.1 轴压载荷计算结果分析

通过对网格模型进行模拟计算, 得到解析模拟结果见图 4 和 5。当植物纤维包装制品受到轴向载荷作

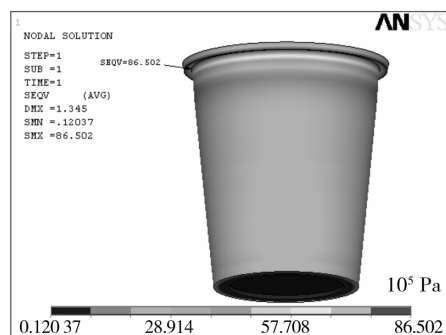


图 4 轴压载荷下等效力 Von mises 云图

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

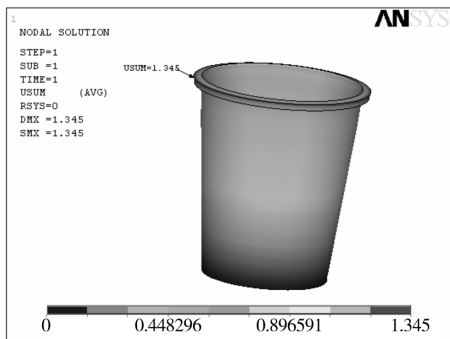


图 5 轴压载荷下总体位移云图

Fig. 5 Collective displacement nephogram under axial compressive load

用时,各节点变形程度的强弱能同时反映出该点的应力大小,从图 4 等效应力 Von mises 云图可知,应力范围在 12.037~8 650.2 kPa 之间,绝大部分应力值较低,制品上沿凸台环形面加载部位下部的内侧应力比较集中,破坏也是在该凸台的台阶处发生,最大应力 8 650.2 kPa。图 5 为轴压过程中,所求出的包装制品所有有限元节点在整体坐标系中的位移量,可以明显地看出,该包装制品的变形主要集中在上沿凸台环形加载面处,最大位移为 1.345,从上沿凸台环面至底面依次不同程度减弱。

### 3.2 模态计算结果分析

通过对该制品有限元模型进行模态计算,得到该制品结构的固有频率和自由振型,用 Block Lanczos 法提取了前 20 阶模态频率。由于进行的是自由模态分析,因此前 6 阶为结构刚体模态(即 3 个方向的平动和 3 个方向的转动),实际模态频率从第 7 阶开始提取<sup>[8]</sup>,见表 1。可知,制品固有频率均不高,应该根

表 1 前 6 阶固有频率

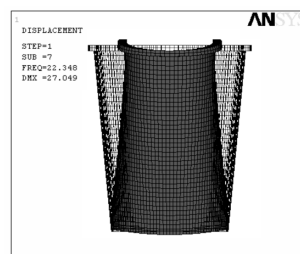
Tab. 1 Front 6 ranks inherent frequency

模态	1	2	3	4	5	6
频率/Hz	22.348	54.076	85.796	91.040	107.80	133.40

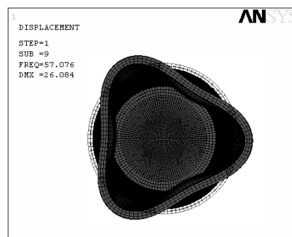
据制品的固有频率调整实际运输环境,或对制品材料或结构作进一步改进,以适应制品的实际运输条件,避免运输中共振的发生而使制品发生破坏。从软件显示的动画可以看出弯曲振型,前 3 阶振型见图 6。

## 4 结论

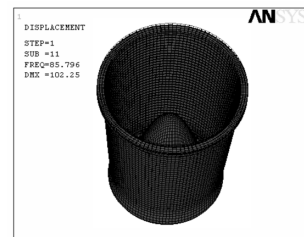
1) 试验制备了植物纤维包装制品的原材料,并



一阶 (22.348 Hz)



二阶 (54.076 Hz) 俯视图



三阶 (85.796 Hz) 俯视图

图 6 前 3 阶模态振型

Fig. 6 Front 3 ranks vibration mode

测得了材料属性,建立了有限元模型,并对其施加轴向载荷,模拟实际使用中的堆码等承受轴向载荷的情况。计算结果表明该制品受轴向载荷作用时,其破坏主要发生在结构的凸台处,最大应力为 8 650.2 kPa,在制品结构设计和改进中,应注意避免出现突变的台阶,宜采取截面过渡变化。

2) 模态分析结果显示,该制品前 6 阶固有频率不高,分别为 22.348, 54.076, 85.796, 91.040, 107.80 和 133.40 Hz,在设计制品时应综合考虑制品结构及实际运输条件。

### 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 高德. 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.
- [4] 王冰迪. 从芬兰包装业可回收系统谈绿色包装设计原则[J]. 包装工程, 2008, 31(12): 45-47.
- [5] 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, 28(7): 86-87.
- [6] 高德. 玉米秸秆缓冲包装材料的研究[J]. 包装工程, 2007, 28(9): 23-25.
- [7] 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.
- [8] 方远, 乔羽. 振动模态分析技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 1993.