

毛竹竹青片的动态热机械分析

黄晓东¹, 江泽慧^{1*}, 程海涛¹, 陈玲²

(1. 国际竹藤网络中心, 北京 100102; 2. 中国林业科学研究院木材工业研究所)

摘要: 由于煤炭、石油等能源资源来源有限且存在严重的污染问题, 风能已成为解决全球能源问题的关键所在。本研究针对风电叶片复合材料中重要的增强相材料——毛竹竹青, 进行全面的动态热机械分析研究测试, 找出整根毛竹竹青中物理力学性能最佳部分, 为风电叶片复合材料的开发生产打下基础。

关键词: 毛竹增强; 竹青片; 动态热机械分析(DMA)

Study on Dynamic Mechanical Thermal Analysis for Green Covering of Bamboo // HUANG Xiao-dong, JIANG Ze-hui, CHENG Hai-tao, CHEN Ling

Abstract: Energy sources (such as coal and oil) are limited and at the same time these energy sources create pollution problems. That is why wind energy is prominent and it is the solution to the global energy problem. In the paper, the green covering of bamboo as an important reinforcement material of wind turbine blades composite materials was tested with dynamic mechanical thermal analysis (DMA) instrument in order to get the optimum mechanical properties. It will provide the basis for the further production.

Key Words: Bamboo reinforcement; Green covering of bamboo; Dynamic mechanical thermal analysis(DMA)

First author's address: Research Institute of International Center for Bamboo and Rattan (ICBR), 100102, Beijing, China

材料的动态力学行为是指材料在交变应力或交变应变的作用下做出的响应^[1], 是研究在较低的应力水平下的材料力学性能变化, 所得到的参数是材料的动态模量和阻尼。动态力学分析可以同时研究不同条件下材料弹性和粘性的变化过程, 即动态的粘弹性^[2]。毛竹是高分子材料, 虽刚性较大, 但都具有粘弹性, 在外界连续宽阔的温度范围内, 它的应力和应变变化可能不是同步的。由于粘性的影响应力与应变存在一个相位差, 它的模量是一个复数, 其实数部分为弹性变形存储的能量, 即存储模量, 其虚数部分是因粘性变形以热的形式损耗的能量, 即损耗模量^[3]。它们的模量随温度的变化将会产生一定的动态变化。本试验利用先进的动态热机械分析仪对毛竹的不同径高、不同部位的试件在不同的温度下的动态模量性能的变化进行研究, 以了解其动态力学性能变化规律, 这对确定风电叶片复合材料毛竹增强相材料的加工和使用条件, 评价使用性能具有重要的实用价值。

1 材料与方法

1.1 试样来源

本批次毛竹采自浙江省新昌县, 长约 15 m 左右,

端头直径 10 cm 以上, 表面较光洁, 截面较圆, 竹龄约 5 ~ 6 a。

1.2 仪器设备

毛竹单板旋切机, 恒温恒湿箱, 动态热机械分析仪(DMA Q800)。

1.3 试样预处理

沿距毛竹端头 1.00 m、2.00 m、3.00 m、4.00 m 处划线下锯, 截取 4 段毛竹, 每段 40 cm 长; 将毛竹段放入热水池, 通入蒸汽加热 2 h, 目的是使毛竹段软化; 将经过充分软化的毛竹段放入无卡轴旋切机加工, 旋出连续的 0.3 mm 厚竹单板; 将经过恒温恒湿处理的竹单板取出(温度为 20℃、含水率为 8% ~ 10%), 获取满足动态力学分析试验要求的竹青试样(每种试样取 3 个)。

1.4 实验条件

按动态热机械分析仪(DMA Q800)的使用要求校准设备, 变温范围设定在 35 ~ 200℃, 升温速度设定 3℃/min, 频率设定 1 Hz。先测量竹青单板试样的宽度和厚度, 输入仪器中; 再将竹青单板试样放入动态热机械分析仪的样品室的夹具中固定, 关闭样品室; 然后将竹青单板试样的实际长度值数据输入仪器中, 开始试验。动态热机械分析仪的电脑自动采集并处理数据。距毛竹端头不同高度处竹青部分的存储模量和损耗模量值大小随温度变化曲线见图 1 ~ 图 4 所示。

收稿日期: 2008-04-07

修回日期: 2008-04-30

基金项目: 福建省自然科学基金项目“生物质风力发电机叶片复合材料界面的优化设计”(2007J0195)。

第一作者简介: 黄晓东(1966-), 男, 讲师, 博士生, 从事木材科学与技术、复合材料的研究工作。通讯作者: 江泽慧, 女, 教授。

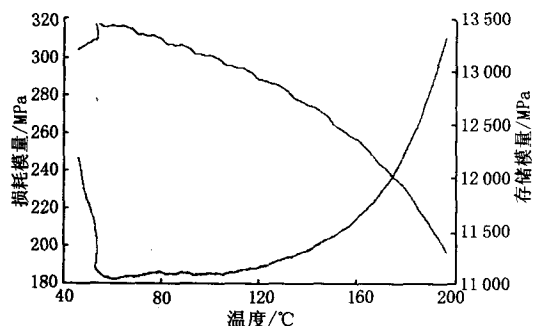


图1 毛竹端头1.00 m处竹青部分的存储模量和损耗模量随温度变化

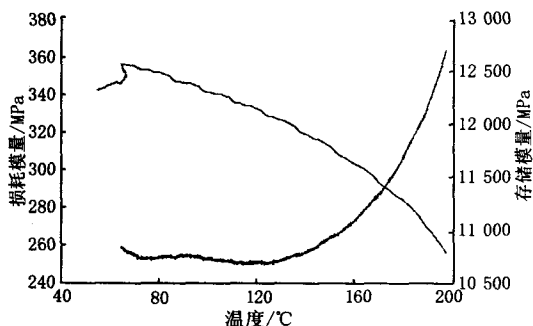


图2 毛竹端头2.00 m处竹青部分的存储模量和损耗模量值随温度变化曲线

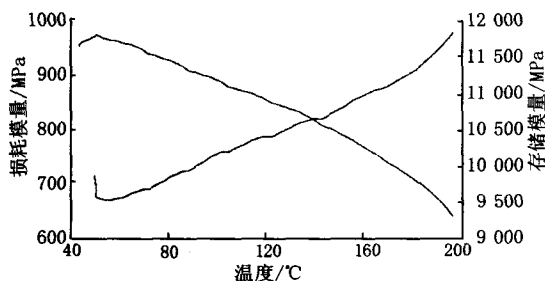


图3 毛竹端头3.00 m处竹青部分的存储模量和损耗模量随温度变化曲线图

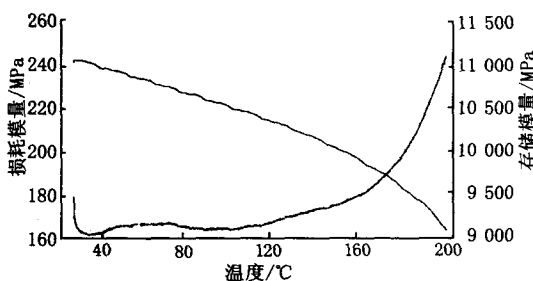


图4 毛竹端头4.00 m处竹青部分的存储模量和损耗模量随温度变化曲线

2 结果与分析

2.1 不同高度毛竹竹青试样的存储模量和损耗模量随温度变化关系

从图1~4可知:不同高度毛竹加工的竹单板试样,在动态热机械分析仪测试过程中,在温度变化开始阶段,1.00 m处竹青部分的试样存储模量值最高,

而4.00 m处竹青部分的试样存储模量值最低。不同高度毛竹竹青部分的存储模量都具有随温度的增加而降低的趋势,而不同高度毛竹竹青部分的损耗模量值的大小都具有随着温度的增加而增加的趋势。同样,在同一温度下,不同高度毛竹竹青部分的存储模量都具有随着毛竹高度的增加而降低的趋势。

2.2 形成不同高度竹青试样存储模量和损耗模量曲线的内在机理

毛竹竹青有机组成中最主要的成分是纤维素,随着毛竹高度的增加纤维素含量有逐渐下降的趋势。以中国浙江临安6 a生的毛竹为例说明,基部(离地1.2 m)竹青部分纤维素含量占42.89%(最高),中部(杆高1/2处)竹青部分纤维素含量占42.35%,梢部(杆高2/3处)竹青部分纤维素含量占41.22%(最低)^[4]。在较低温度区域内,毛竹端头1.00 m处竹青部分的刚性较2.00 m、3.00 m、4.00 m处竹青部分大。这可以理解为端头竹青部分的纤维素(或维管束)含量较中部或梢部竹青部分稍多^[5]。纤维素是由大量葡萄糖基所构成的直链大分子化合物,它形成毛竹的结晶区和非结晶区;半纤维素主要是由两种或两种以上的糖基构成的线形并带有侧链和直链的多聚糖;木素则是具有芳香族特性的,非结晶性的,具有三度空间结构的高聚物^[6]。当加热到玻璃转化点温度时,毛竹的非结晶区会发生由玻璃质状态向橡胶态转化。

对毛竹中的纤维素、半纤维素和木素的玻璃转化点的研究可知^[7],半纤维素和木素的转化范围在160~200℃之间,但由于水的存在,它们的转化点温度可以显著降低,可降至50~128℃之间;而纤维素主要为结晶物质,性能稳定,其玻璃转化点在231~244℃之间。随温度的提高,分子链结构产生变形或位移,使其动态模量发生改变。由上述可知,一般在动态粘弹性的测试中,纤维素的主转变发生在240℃左右,而木素和半纤维素等非结晶物质的主转变发生在200℃以下^[8]。也就是说在较低温度下,毛竹组成中的纤维素、半纤维素以及木素的分子链大部分仍处于静止状态,较少产生运动,因而分子间的摩擦产生的热量较小,所以损耗能量也较低。但由于温度的上升,提供给分子运动的能量,特别是使非结晶的分子部分链段以及一些支链产生运动,从热动力学的角度,发热总是使材料的存储模量降低,内部损耗模量增大^[9,10]。

3 结论

(1)不同高度毛竹加工的竹单板试样在动态热机械分析仪测试过程中,温度变化开始阶段,1.00 m处

竹青部分的试样存储模量值最高,而4.00 m处竹青部分的试样存储模量值最低。在同一温度下,毛竹竹青部分的存储模量都具有随着毛竹高度的增加而降低的趋势。

(2) 一般5~6 a生的成熟毛竹的竹青部分的低温存储模量位于 10^{10} Pa (10 GPa)数量级左右,一般能满足作为风力发电叶片复合材料中增强相材料的使用。这也从一个侧面说明如果要增大风力发电叶片复合材料的模量,就要尽可能增加加入的风电叶片复合材料增强相的存储模量,这也就是我们在实际生产过程中要尽可能保留竹青(维管束或纤维细胞)含量的真正缘故。

致谢:福建农林大学材料学院的张团、张椿祥两位同学承担了本课题研究的部分实验工作,特此感谢。

参考文献

[1] B. E. 瑞德, G. D. 丹恩. 聚合物和复合材料的动态性能测试[M].

- 过梅丽, 刘士昕, 译. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1986: 1-3.
- [2] 何曼君, 陈维孝, 董西侠. 高分子物理(修订版)[M]. 上海: 复旦大学出版社, 1990: 343-366.
- [3] 过梅丽. 高聚物与复合材料的动态力学热分析[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002: 1-7.
- [4] 江泽慧. 世界竹藤[M]. 辽宁: 科学出版社, 2002: 221-232.
- [5] 房桂干, 王菊华, 任维美, 等. 毛竹的形态学特性、超微结构及木素分布[J]. 中国造纸学报, 1989, 4: 41-49.
- [6] 郝立新, 潘炯玺. 高分子化学与物理教程[M]. 北京: 化学工业出版社, 1997: 58-81.
- [7] 王逢瑚. 木质材料流变学[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1996: 7-10, 67-70.
- [8] 渡边治人. 木材应用基础[M]. 张勤丽, 译. 上海: 上海科学技术出版社, 1986: 335-355, 383-395.
- [9] 肖加余, 曾克成. 高性能天然植物纤维复合材料及其制品研究与开发现状[J]. 玻璃钢/复合材料, 2000(2): 38.
- [10] 张留成, 瞿雄伟, 丁会利. 高分子材料基础[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002: 322.

(责任编辑 葛华忠)

冷等离子体处理对棉秆无胶纤维板性能影响

周晓燕, 何翠芳, 范竟成

(南京林业大学木材工业学院, 南京 210037)

摘要:以棉秆为原料,通过冷等离子体预处理纤维,采用干法纤维板生产工艺制备棉秆无胶纤维板。研究了处理时间对棉秆纤维表面自由基数量以及无胶纤维板性能的影响。研究表明:棉秆纤维经冷等离子体处理后表面相对自由基数量显著提高,用其制成的无胶纤维板强度有明显提高,但吸水率却有一定程度增加。随着处理时间的延长,纤维表面自由基数量增加不明显,板材强度变化亦不明显,因此,处理时间不宜过长。

关键词:冷等离子体处理;无胶胶合;棉秆

Effect of Non-thermal Plasm Treatment on Properties of Binderless Fiberboard from Cotton Straw //

ZHOU Xiao-yan, HE Cui-fang, FAN Jing-cheng

Abstract: Binderless fiberboard from cotton straw treated by non-thermal plasm was presented in this paper. The effects of treatment time on the free radical of fibers and properties of binderless fiberboard were investigated. The results showed that the free radical of fibers was increased dramatically after non-thermal plasm treatment. The binderless fiberboard from cotton straw treated by non-thermal plasm presented high strength but poor water resistance. In addition, with increasing treatment time, the free radical of fibers didn't change significantly, while MOR of the boards was decreased slightly. Therefore, the cotton straw fibers were not suitable for long time treatment by non-thermal plasm.

Key words: Non-thermal plasm treatment; Binderless fiberboard; Cotton straw

Author's address: College of Wood Science and Technology, Nanjing Forestry University, 210037, Nanjing, China

人造板无胶胶合技术的研究始于20世纪40年

收稿日期:2008-02-28

修回日期:2008-04-25

基金项目:江苏省自然科学基金“无醛木材/农作物秸秆复合材料胶合机理研究”(编号:BK2006212)。

第一作者简介:周晓燕(1970-),女,副教授,主要从事人造板的科研教学工作。

代,多年来,美国、加拿大、日本、俄罗斯、波兰、德国、澳大利亚及中国等国家的科学家在无胶胶合技术研究方面做了大量的工作。无胶胶合即不用传统的脲醛树脂和酚醛树脂等合成树脂胶粘剂,通过特殊的处理方法使植物纤维原料表面活化(包括木素和碳水