

“木竹重组材高效利用技术”专题

密度对寿竹竹基纤维复合材料性能的影响

胡玉安^{1,2}, 祝荣先¹, 张亚慧¹, 于文吉¹, 任丁华¹

(1. 中国林科院木材工业研究所; 国家林业局木材科学与技术重点实验室, 北京 100091;

2. 湖北福汉木业(集团)发展有限责任公司, 湖北武汉 430041)

摘要: 为开发竹材人造板新产品, 利用4~5年生寿竹为原料, 采用热压生产工艺制备竹基纤维复合材料, 并分析复合材料密度对其物理和力学性能的影响。结果表明: 随着密度增加, 复合材料厚度方向上的吸水膨胀率增加, 宽度方向的吸水膨胀率下降, 力学性能逐渐增加。

关键词: 寿竹; 竹基纤维复合材料; 密度; 力学性能; 尺寸稳定性

中图分类号: S795; TS653 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2013)02-0005-03

Effect of Density on Properties of Crushed Bamboo-Mat Composite

HU Yu-an^{1,2}, ZHU Rong-xian¹, ZHANG Ya-hui¹, YU Wen-ji¹, REN Ding-hua¹

(1. Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry;

Key Laboratory of Wood Science and Technology of State Forestry Administration, Beijing 100091, China;

2. Hubei Fuhuan Timber Development Co. Ltd, Wuhan 430041, Hubei, China)

Abstract: The authors made composite using crushed bamboo mat (*Phylostachys bambusoides*) to investigate how board density affected physical and mechanical properties and what density would produce optimum performance. The results showed that increasing board density from 0.8 g/cm³ to 1.20 g/cm³ had a positive influence on the average width swelling, modulus of rupture (MOR), modulus of elasticity (MOE) and horizontal shear strength. However, the high overall board density exhibited negative impact on board thickness swelling.

Key words: *Phylostachys bambusoides*; crushed bamboo-mat composites; density; mechanical properties; dimensional stability

竹质人造板材具有强度高、耐磨损、耐冲击等性能, 可被用作家具、室内装修、地板、建筑墙体、包装材料。但长期以来, 竹质人造板材加工主要依赖于毛竹, 竹种资源利用单一, 导致毛竹原料价格居高不下, 原料供需矛盾日趋突出, 成为制约竹产业进一步发展的瓶颈。筛选高产优质竹种, 扩大竹质人造板的用材

来源, 对发展竹人造板产业具有重要的现实意义。

寿竹单轴散生, 竿形仅次于毛竹, 高20 m, 直径10~15 cm, 节间最长可达50 cm, 是一种优质的笋、材两用大径竹种, 主要分布在重庆、四川东部和湖南南部等地区^[1]。其中仅重庆梁平地区, 已有约3.33万hm²(50万亩)。由于寿竹竹竿的加工性能很好, 目前对其在人造板方面的利用需求日益增多, 但其加工性能方面的研究较少, 阻碍了寿竹资源的开发和利用。

笔者在已开展竹基纤维复合材料制造工艺等研究的基础上^[2-8], 以寿竹为原料, 探讨密度因子对寿竹

收稿日期: 2013-01-17; 修改日期: 2013-01-24

基金项目: 农业科技成果转化资金项目(2012GB24320588)。

作者简介: 胡玉安(1981—), 男, 中国林科院木材工业研究所博士研究生。

通讯作者: 于文吉, 男, 中国林科院木材工业研究所研究员, 博士生导师。

竹基纤维复合材料性能的影响,旨在利用寿竹制造高附加值产品提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 材料

寿竹(*Phyllostachys bambusoides*):竹龄4~5年,平均胸径79 mm,壁厚6.21 mm,含水率43%,产自重庆梁平县。

酚醛树脂:黏度41 mPa·s(25℃),固体含量46.1%,水溶倍数9倍,贮存期30天(20~25℃),pH值10.53,游离醛0.1%,游离酚<1%,外购。

1.2 主要设备

热压机、人造板万能力学试验机、烘箱等。

1.3 制备工艺

1) 浸胶:将竹材经剖分、疏解成纤维化单板,控制含水率8%~10%;浸胶时间2.5 min,陈放5 min,浸渍量9%~11%。

2) 干燥:温度70℃,干燥后的单板含水率10%~12%。

3) 组坯:顺纹组坯,由厚度规控制厚度。设定5个密度级别的复合材料,分别为:0.80、0.90、1.00、1.10、1.20 g/cm³,幅面30 cm×17 cm×2 cm。每个条件制备2块板材。

4) 热压:温度135℃,压力4 MPa,时间1 min/mm。通冷水冷却至60℃后卸板。

1.4 性能测试

主要测评复合材料的耐水性能与基本力学性能。每项指标取6个有效试件,结果取平均值。

1) 耐水性能:参照GB/T 17657-1999《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》,检测4 h与28 h循环水煮试验后,复合材料的吸水厚度膨胀率(TS)、吸水宽度膨胀率(WS)。

2) 力学性能:参照GB/T 17657-1999,检测复合材料的静曲强度(MOR)、弹性模量(MOE)、水平剪切强度。

2 结果与讨论

2.1 耐水性能

由图1可知,随着密度的增加,寿竹竹基纤维复合材料的TS增大,WS下降。

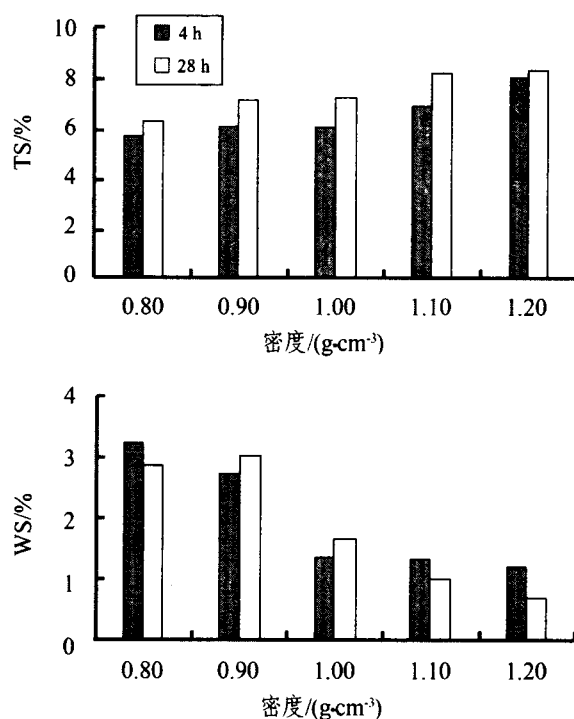


图1 密度对复合材料耐水性能的影响

Fig. 1 Density effect on water resistance of composite samples

2.1.1 TS

当复合材料的密度较小时,其内部空隙大,水分易于进入并扩散;经过水煮干燥后,内部弹性变形较小,最终的变形恢复量小,不可逆厚度膨胀率小。

随着板材密度的增加,竹纤维的压缩率增大,复合材料相对密实,内部应力增大,被锁定的弹性变形较大^[9]。经过循环水煮后,随着材料内部应力释放,弹性变形进一步增加,其内部胶接点破坏增多,造成复合材料最终变形增大,不可逆厚度膨胀率增加,因此,在厚度方向的尺寸稳定性降低。

2.1.2 WS

复合材料的密度增大,组坯的竹束量大,在热压开始时快速产生压缩变形,导致厚度方向上产生较大的内部空隙压缩和结构位移,甚至部分细胞被压溃。这使得在宽度方向上,复合材料体系内部分载荷作用消失,内部应力减小^[9],因此,在宽度方向上产生的弹性变形回弹相对减少。同时,由于在宽度方向上材料受到的压缩较小,故在高密度条件下,复合材料的WS较小。

另一方面,随着密度增加,复合材料的压缩率亦增大,其内部结构相对密实,且竹纤维细胞壁上纹孔

非常少,水分难以从宽度方向向材料内部渗透及移动,导致复合材料的变形恢复滞后^[9],即应力释放和弹性变形恢复较慢,胶接点破坏少,故复合材料在宽度方向的尺寸稳定性优异。

2.2 力学性能

2.2.1 MOR、MOE

由图 2 可知,复合材料的 MOR 和 MOE,与密度呈正相关的变化趋势。

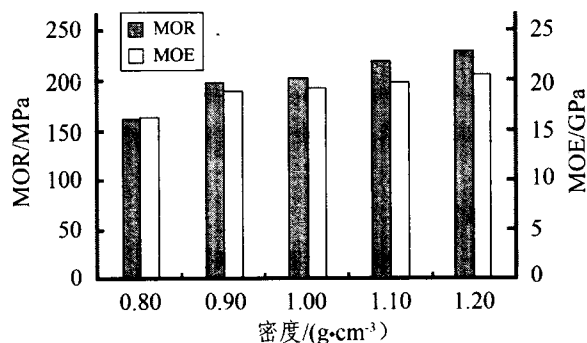


图 2 密度对复合材料弯曲性能的影响

Fig. 2 Density effect on bending performance of composite samples

竹基纤维复合材料的基本构成单元为竹纤维,其自身强度以及构成单元之间的结合强度决定了复合材料的 MOR、MOE^[10]。在密度较小时,复合材料的 MOR、MOE 主要由竹纤维之间的结合强度决定,纤维自身的强度未对板材强度起作用;随着密度的增加,纤维间的间隙减少,结合面增大,结合力高于竹纤维自身的强度时,竹纤维自身的强度大小成为决定复合材料强度高低的因素。材料的密度越大,竹纤维的影响越明显。

密度增大后,复合材料单位体积内竹纤维骨架物质(纤维素)增多,孔隙率减小,结构致密,其承受外力的有效作用面积增大,所以复合材料的 MOR、MOE 得以提高。

2.2.2 水平剪切强度

水平剪切强度主要是反映人造板试件在载荷作用下,各层间的胶合性能。图 3 显示,随密度的增加,复合材料的水平剪切强度呈增加趋势。究其原因,密度较小时,板坯的压缩率较低,竹纤维间的孔隙较大,导致传热不良,影响了胶黏剂固化及其有效胶接面积。而随着密度的增加,复合材料胶合性能得到改善,因此其水平剪切强度得到提高。

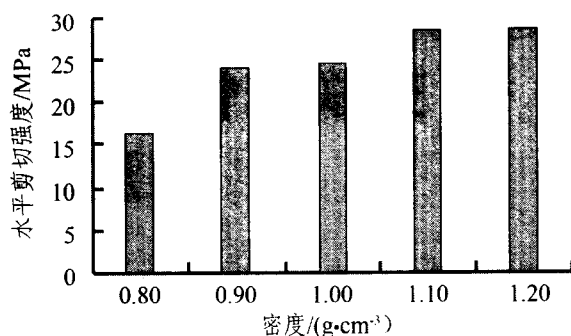


图 3 密度对复合材料水平剪切强度的影响

Fig. 3 Density effect on horizontal shear strength of composite samples

3 结论

1) 在本试验条件下,随着材料密度的增加,经 28 h 循环水煮后,寿竹竹基纤维复合材料在宽度方向的尺寸稳定性提高,在厚度方向上的尺寸稳定性降低;静曲强度和弹性模量增加;水平剪切强度增加。密度为 1.10 g/cm³ 时,复合材料的综合性能较佳。

2) 由于尺寸稳定性是衡量户外及其他用途竹基纤维复合材料产品质量的关键因素,因此,在改善寿竹竹基纤维复合材料的尺寸稳定性方面,仍有待进一步深入研究,为其未来产业化生产与应用提供有力的技术支持。

参考文献:

- [1] 易同培,史军义,马丽莎,等. 中国竹类图志[M]. 北京:科学出版社,2008.
- [2] 于文吉. 我国高性能竹基纤维复合材料的研究进展[J]. 木材工业,2011,25(1):6-8.
- [3] 孟凡丹,余养伦,祝荣先,等. 浸渍量对纤维化竹单板层级材料物理力学性能的影响[J]. 木材工业,2011,25(2):1-3.
- [4] 祝荣先,周月,任丁华,等. 制造工艺对竹基纤维复合材料性能的影响[J]. 木材工业,2011,25(3):1-3.
- [5] 于雪斐,孙华林,于文吉. 结构用慈竹单板层级材料的制备工艺与性能[J]. 木材工业,2011,25(4):1-3.
- [6] 张亚慧,孟凡丹,于文吉. 疏解次数对竹基纤维复合材料性能的影响[J]. 木材工业,2011,25(5):1-4.
- [7] 张亚慧,祝荣先,于文吉,等. 浸胶竹纤维化单板干燥温度对竹基纤维复合材料性能的影响[J]. 木材工业,2011,25(6):1-4.
- [8] 齐锦秋,于文吉,谢九龙,等. 竹基纤维复合材料纤维化单板的形态研究[J]. 木材工业,2012,26(2):6-9.
- [9] 赵仁杰,喻云水. 木质材料学[M]. 北京:中国林业出版社,2003.
- [10] 顾继友,胡英成,朱丽滨. 人造板生产技术与应用[M]. 北京:化学工业出版社,2009.

(责任编辑 向琴、孟凡丹)