

玻璃纤维增强树脂对泡桐复合板的影响

刘俊, 黄河浪, 赵明, 陈雪梅

(南京林业大学, 南京 210037)

摘要: 对玻璃纤维增强树脂(GFRP)增强泡桐复合板进行了初步研究,结果表明:GFRP增强泡桐复合板的结构A和结构B的各项物理力学性能均有明显提高;但结构B的界面胶合性能比结构A差,因此结构B的MOR和冲击韧性均小于结构A。

关键词: 泡桐单板; 复合板; 玻璃纤维增强树脂

中图分类号: S792.43; TS65

文献标识码: B

文章编号: 1001-8654(2010)04-0043-03

Performance of Glass-Fiber Reinforced Paulownia Panel

LIU Jun, HUANG He-lang, ZHAO Ming, CHEN Xue-mei

(Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China)

Abstract: The authors of this paper used a glass-fiber reinforced polymer (GFRP) to improve the properties of laminated paulownia panels. Two types of panels were made with GFRP placed in different locations (core and face). The result showed that there were differences in the bonding strength, modulus of rupture and impact toughness between the two group of panels. The authors expected that these panels could be used as furniture and door parts.

Key words: paulownia veneer; composite panel; GFRP

泡桐木材具有纹理美丽、尺寸稳定、材质轻软的特点,可广泛应用在建筑、交通运输、家具、包装、室内装饰及乐器制造等方面。然而泡桐材质疏松、易变色,严重影响泡桐的工业用途^[1]。目前,对泡桐木材的改性研究主要有材色处理^[2]及增强处理^[3]等。

玻璃纤维增强木材不仅可以将玻璃纤维制品直接与木材复合^[4-5],也可先将玻璃纤维制成玻璃纤维增强树脂(Glass fiber-reinforced polymer, GFRP),再与木材制成复合材料^[6-7]。笔者以GFRP为增强体,采用界面处理,设计了2种结构的GFRP增强泡桐复合板,并探讨GFRP增强前后复合材的物理力学性能变化。

1 材料与方法

1.1 试验材料

收稿日期: 2009-09-30; 修改日期: 2010-05-12

作者简介: 刘俊(1985—),男,南京林业大学硕士研究生。

通讯作者: 黄河浪,男,南京林业大学木材工业学院教授。

单板 ①泡桐(*Paulownia*)单板,厚2.2 mm;②杨木(*Populus*)薄木,厚0.5 mm;均购自江苏沭阳。

胶黏剂 采用醇溶性酚醛树脂(2124),游离酚 $\leq 14\%$,黏度180 mPa·s,固体含量 $\geq 50\%$,外购。

玻璃纤维 无碱玻璃纤维方格布,规格EWR 800-100。

助剂 偶联剂, γ -氨丙基三甲氧基硅烷(KH-550);脱模剂,甲基硅油;均市售。

1.2 GFRP的制备

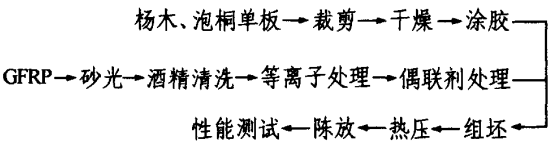
将0.8 mm厚的无碱玻璃纤维布裁剪成300 mm $\times$ 300 mm,在温度为350℃条件下,进行10 min的热处理,使玻璃纤维表面的原有胶料及润滑油氧化分解;再将其放入浸渍槽中,浸渍醇溶性酚醛树脂10 min,取出后放入温度为60℃的烘箱干燥20 min。浸渍量约为其质量的130%。将干燥后的2层无碱玻璃纤维布进行组坯和热压,热压温度160℃,压力3.5 MPa,时间10 min。脱模后制成厚约2.0 mm的GFRP板。

1.3 GFRP 增强泡桐复合板的制备

1.3.1 工艺流程

将杨木薄木和泡桐单板各裁剪成 300 mm×300 mm 的幅面,干燥至含水率 8% 左右,单面涂胶量均为 150 g/m²。GFRP 表面经过砂光和酒精清洗,再用空气等离子处理 20 s,处理距离 10 mm,处理功率 650 W。随后用质量分数为 1% 的 KH550 溶液,刷涂 GFRP 的上下表面。

工艺流程如下:



GFRP 增强泡桐复合板采用 2 种组坯结构(图 1),并以 6 层泡桐单板和杨木薄木覆面组成的复合板,作为对照组。

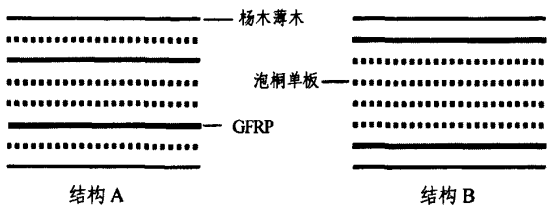


图 1 GFRP 增强泡桐复合板结构

Fig. 1 Structure of GFRP reinforced paulownia panels

1.3.2 工艺参数

压力 1 MPa,温度 140 ℃,时间 1 min/mm。

1.4 检验

压制的 GFRP 增强泡桐复合板,陈放 24 h 后参照 GB/T 17657-1999《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》,GB/T 1940-2009《木材冲击韧性试验方法》与 GB/T 1941-2009《木材硬度试验方法》进行各性能的测试。

由于本试验中 GFRP 增强泡桐复合板厚约 12.5 mm,不能满足木材硬度试验方法中试样厚度的要求,因此参考 GB/T 1941-2009 中的计算公式,选取适当的系数计算其表面硬度。参照 GB/T 17657-1999 中的冲击韧性性能测定,试样厚度由 GFRP 增强泡桐复合板的实际厚度计算确定。

2 结果与分析

GFRP 增强泡桐复合板性能的测试结果见表 1。

• 44 •

表 1 GFRP 增强泡桐复合板性能测试结果

Tab. 1 Performance of GFRP reinforced laminated paulownia panels

测试项目	对照	GFRP 增强	
		结构 A	结构 B
密度/(g·cm ⁻³)	0.28	0.58	0.60
浸渍剥离/mm	0	0	300
静曲强度/MPa	39.3	64.5	45.4
弹性模量/MPa	4 140	6 490	8 590
冲击韧性/(kJ·m ⁻²)	33	90	73
表面硬度/MPa	5.7	10.1	21.5

2.1 密度与浸渍剥离

由表 1 可知,GFRP 增强的结构 A、B 复合板的密度,较对照板提高了 2 倍多。GFRP 增强泡桐复合板中含有 2 层 GFRP,GFRP 的密度为 1.47 g/cm³,而泡桐木材的密度只有 0.22 g/cm³,因此,GFRP 增强泡桐复合板的密度必然要高于对照板。

结构 A 中,GFRP 的上下都为泡桐单板,按 I 类浸渍条件处理后,胶层发生热膨胀和收缩,产生的内应力相等。经过空气等离子处理 GFRP,表面粗糙度增加,表面引入含氧或含氮极性基团^[8],提高了表面润湿性;此外,偶联剂 KH550 中三甲氧基的水解产物与玻璃纤维表面形成共价键,氨基基中的氨基与酚醛树脂中的羟基发生缩合,也促使树脂和 GFRP 之间形成牢固的界面层,抵抗了内应力导致的单板之间的浸渍剥离。

结构 B 中,GFRP 与杨木薄木的胶合面全部剥离。这是因为 GFRP 表面存在较多凹凸不平的孔眼,在相同的热压压力作用下,杨木材质比泡桐略硬,影响了胶黏剂在胶合界面的渗透和吸附,因此造成本试验中 GFRP 与杨木薄木之间产生剥离。

2.2 弯曲性能

GFRP 增强泡桐复合板的结构 A 和结构 B 的 MOE,较对照复合板分别提高了 56.8% 和 107.5%。这是因为结构 A 中 GFRP 位于复合板的第 3 和第 6 层,而结构 B 中 GFRP 位于复合板的第 2 和第 7 层,复合板中 MOE 大的单层材料离对称中间面越远,则复合板的弯曲刚度系数越大,因而结构 B 的 MOE 必定大于结构 A。

GFRP 增强泡桐复合板的结构 A 和结构 B 的 MOR 较对照复合板分别提高了 64.1% 和 15.4%。GFRP 通过等离子和偶联剂的处理,GFRP 和单板之间形成了牢固的界面层,两者的复合效应得以实现,因而 GFRP 增强复合板的 MOR 比对照复合板的大。

但由于结构B的浸渍剥离性能差,导致其整体性能强度下降。

2.3 冲击韧性和表面硬度

从表1可见,GFRP增强泡桐复合板的结构A和B的冲击韧性,较对照复合板分别提高了1.73倍和1.21倍。

冲击韧性取决于材料的弯曲强度和断裂伸长率,与材料的本身性质和结构密切相关。由于泡桐材质疏松、脆性大,导致泡桐单板受冲击后,断面呈锯齿状,因此冲击韧性小。

GFRP中玻璃纤维呈双轴取向,二维强度都很大,极大地提高了拉伸强度和断裂伸长率。因此经GFRP增强后,复合板的二维方向都具有抗冲击性,且GFRP的弯曲强度高于泡桐,增强后的复合板冲击韧性都有较大提高。尽管采用相同的胶合工艺条件,结构B中GFRP与杨木薄木的粘结不牢固,受冲击后,GFRP发生脱胶剥落,使其整体的抗冲击性能下降。

GFRP增强泡桐复合板的结构A和B的表面硬度,较对照复合板分别提高了77.4%和277.4%。GFRP处于钢球压入试样深度范围内,但结构B中GFR离表层较近,因此结构B的表面硬度是结构A的2.1倍。

3 结论

1) GFRP增强后,结构A和B的密度分别为0.58 g/cm³和0.60 g/cm³;结构A的剥离率为0,结

构B剥离率为100%。

2) 经GFRP增强后,结构A的MOR和MOE分别提高了64.1%和56.8%。

3) 增强后的结构A复合板的冲击韧性提高了1.73倍,表面硬度提高了77.4%。

4) 泡桐单板经GFRP增强后的复合板,可以作为板式家具、门板、轻质建筑墙板以及游艇板的良好材料,也可以进一步开发应用在要求使用轻质高强材料的场所。

参考文献:

- [1] 祖勃逊. 泡桐木材的变色及防止方法[J]. 木材工业, 1987, 2(3): 31-34.
- [2] 常德龙, 陈玉和, 胡伟华, 等. 泡桐材变色类型的确定及变色真菌鉴定[J]. 木材工业, 1998, 12(2): 20-21, 32.
- [3] 常德龙, 陈玉和, 胡伟华, 等. 用低分子树脂进行泡桐表面强化的研究[J]. 林产工业, 1997, 24(6): 7-10.
- [4] 贺微粒, 焦健, 彭立民, 等. 玻璃纤维布强化杨木胶合板模板研究[J]. 木材工业, 2007, 21(2): 13-15.
- [5] Lawrence A Soltis, Robert J Ross, Danel F Windorski. FiberGlass-reinforced bolted wood connections [J]. Forest Products Journal, 1998, 48(9): 63-67.
- [6] Habib J Dagher. Advanced engineered wood composites[C]. BarHarbor, ME, USA; The Proceedings of 3rd International Conference, 2005: 10-14.
- [7] 丁杰, 徐伟涛, 张双保, 申世杰. 纤维增强树脂在工程木质复合材料中的应用[J]. 中国人造板, 2007, 14(1): 17-20.
- [8] 周其凤, 胡汉杰. 高分子化学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001.

(责任编辑 鲍加芬)

(上接第42页)

太阳能干燥室配备热管集热器,整体和热管集热器的热利用效率分别为22.2%、64.2%。

2) 石蜡管使干燥室温度较平稳,昼夜温差较小,但蓄热作用有限,难以使干燥室在夜间维持较高温度,可增加石蜡管数量或提供辅助能源。

3) 杨木板材太阳能干燥较大气干燥的速度快,受天气影响较小,节能效果显著。

4) 天气对太阳能干燥影响显著,可制定与之对应的干燥基准,在晴朗天气增加通风排湿,在阴雨天天气则减少通风排湿。

参考文献:

- [1] 张璧光. 实用木材干燥技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [2] 高建民. 木材干燥学[M]. 北京: 科学出版社, 2008.

- [3] Haque M N, Langrish T A G. Mathematical modelling of solar kilns for drying timber: model description[J]. Journal of the institute of wood science, 2004, 16(5): 266-276.
- [4] 张璧光. 太阳能节能与热泵节能干燥技术[J]. 通用机械, 2006(7): 18-20.
- [5] 夏国泉, 魏琪. I型太阳能空气集热器传热性能分析[J]. 江苏大学学报, 2003, 24(4): 41-44.
- [6] 焦保才, 郭颖, 李德永. 热管技术与化工生产中余热利用[J]. 节能与环保, 2007(6): 36-37.
- [7] 朱志辉. 任意方位斜面上的总辐射计算[J]. 太阳能学报, 1981, 2(2): 209-212.
- [8] 方荣生, 项立成, 李亭寒, 等. 太阳能应用技术[M]. 北京: 中国农业机械出版社, 1986.
- [9] W M 罗森诺. 传热学应用手册(下册)[M]. 北京: 科学出版社, 1992.

(责任编辑 向琴)