

“小径竹高效利用技术”专栏

浸胶量对纤维化竹单板层积材 物理力学性能的影响

孟凡丹^{1,2}, 余养伦¹, 祝荣先¹, 张亚慧¹, 于文吉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. 东北林业大学生物材料科学与技术教育部重点实验室, 黑龙江哈尔滨 150040)

摘要: 利用慈竹(*Bambusa distegia*)制备纤维化竹单板层积材,分析浸胶量对板材力学性能和耐水性能的影响。试验结果表明:随着浸胶量的增加,板材的弯曲强度和抗拉强度降低,弯曲模量和抗压强度的变化不明显,耐水性能增强,水平剪切强度提高。因此,可通过控制浸胶量,进行板材性能的设计,以适应不同用途的需求。

关键词: 纤维化竹单板层积材; 浸胶量; 力学性能; 耐水性能

中图分类号: S795.5; TS653; TU531.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-8654(2011)02-0001-03

Effect of Resin Impregnation Rate on Physical and Mechanical Properties of Laminated Bamboo Fibrillated-Veneer Lumber

MENG Fan-dan^{1,2}, YU Yang-lun¹, ZHU Rong-xian¹, ZHANG Ya-hui¹, YU Wen-ji¹

(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. Key Laboratory of Bio-based Material Science and technology of Ministry of Education Northeast Forestry University, Harbin 150040, Heilongjiang, China)

Abstract: The authors developed a new technology for making laminated fibrillated-veneer lumber. They designed an experiment using bamboo (*Bambusa distegia*) to optimize the processing parameters. The effect of resin impregnation rate on mechanical performance and water resistance was discussed. The results showed that increasing specimen resin content from 7% to 13%, had a negative impact on the average modulus of rupture (MOR) and tensile strength, and a positive influence on the shear strength and water resistance. However, the increase in resin content didn't affect the modulus of elasticity (MOE) or compression strength. The authors suggested that the panel's mechanical performance and water resistance could be predicted by controlling the resin impregnation level to meet different application demands.

Key words: laminated bamboo fibrillated-veneer lumber; impregnation rate; mechanical properties; water resistance

纤维化竹单板层积材采用纤维化竹单板制造技术制造,突破传统竹材人造板单元的制备方法,不需

要刻意去除竹青和竹黄,将竹材的一次利用率提高到90%~95%,同时也使原来不能充分利用的小径竹材得到有效的利用。另外,在疏解竹材的过程中,可避免竹纤维损伤的问题,保留竹纤维高强度的特性,赋予板材较高的物理力学性能^[1]。

纤维化竹单板层积材主要由纤维化竹单板,通过胶黏剂胶合加工而成,其物理力学性能除了受到竹纤

收稿日期: 2010-08-20; 修改日期: 2011-02-11

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863计划)(2010AA101701); 中央级公益性科研院所基金(CAFYBB2008017)。

作者简介: 孟凡丹(1983—),女,硕士研究生。

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。

维束强度的影响外,还与胶黏剂性能、浸胶量有关。浸胶量直接影响到产品的质量和生产成本^[2-3]。浸胶量的有效控制与调节,对于降低产品成本、保证产品质量的稳定性,有着十分重要的意义。

慈竹是我国西南地区重要的丛生竹种,产量和面积均比较大,目前主要用于造纸和竹篾胶合板的生产,但由于径级小、竹秆壁薄、材质柔韧等原因,目前尚未得到大规模工业化利用。

笔者采用纤维化竹单板制造技术开发慈竹,制造的纤维化竹单板层积材,可充分发挥竹材力学性能优良^[4]的特点,不仅可以用作室内装修装潢材料,而且可用作风电叶片桨叶材料等高强度材料和户外地板等高耐候性材料^[1]。本研究着重探讨了浸胶量对纤维化竹单板层积材的力学性能和耐水性能的影响,旨在为纤维化竹单板层积材产品的工艺优化提供参考,促进相关产品的工业化应用。

1 材料和方法

1.1 试验材料

慈竹(*Bambusa distegia*):产自四川大邑,竹龄4~5年,胸径50~80 mm,竹壁厚度2~3 mm。

酚醛树脂胶:购于北京太尔化工有限公司,红褐色透明液体,黏度41 mPa·s(25℃),固体含量46.1%,水溶倍数8倍(23℃),贮存期90 d(20~25℃),pH值为10.53,游离醛0.10%,游离酚<1%。

1.2 试验设备

疏解机、热压机、浸胶槽、恒温干燥箱、万能力学试验机。

1.3 试验方法

1.3.1 制板工艺

纤维化竹单板层积材的主要工艺流程:

竹材→分段→剖分→疏解→干燥→浸胶→干燥→组坯→热压→养护→试件制作

首先将竹材锯截成2.5 m长的竹筒,沿纵向剖分成两半,经疏解机疏解,制成纤维化竹单板;随后将纤维化竹单板浸渍于固体含量为15%的酚醛胶中,浸渍时间5 min;取出单板淋干,通过称质量测定其浸胶量^[5],根据淋干时间的长短控制浸胶量;再将浸胶纤维化竹单板干燥至含水率5%~7%。

按设定密度1.15 g/cm³称量纤维化竹单板,并按顺纹方向排列,手工铺装到幅面为45 cm×16 cm的模具中;采用热压法压制板材,最终板材厚度设定为15 mm。

• 2 •

热压工艺参数为:温度160℃,压力3.5 MPa,时间1.5 min/mm。

1.3.2 试验设计

采用单因素试验方法,探讨3种浸胶量(7%、10%和13%)对纤维化竹单板层积材物理力学性能的影响。每个条件平行制备3块板材。

1.3.3 性能检测

1) 力学性能检测 参照GB/T 17657-1999《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》,检测试件的密度、弯曲强度和弯曲模量;参照ASTM D 3500-1990《胶合板承受拉力的标准试验方法》,检测试件的抗拉强度;参照ASTM D 3501-2005《木基结构板的压缩标准试验方法》,检测试件的抗压强度;参照GB/T 20241-2006《单板层积材》,检测试件的水平剪切强度。

每个项目取6个试件,结果取其平均值。

2) 耐水性能检测 目前尚未有专门针对纤维化竹单板层积材耐水性能的检测标准。考虑到纤维化竹单板层积材不仅用于厨房、卫生间等室内潮湿环境,而且主要用于户外,因此采用两种方法评价板材的耐水性能。

① 28 h循环水煮处理方法:用于评价室外用板材的耐水性能。

首先,将试件放入100℃水煮4 h后,参照GB/T 17657-1999,通过检测其吸水宽度膨胀率(WS)和吸水厚度膨胀率(TS),评价经过水、热处理后试件的变形情况;然后,将试件在(63±3)℃的空气对流干燥箱中干燥20 h后,再次检测其WS和TS,评价试件经过湿、干、热处理后的残余变形;最后,将试件放入100℃水煮4 h,测其WS和TS,观察经过28 h循环水煮后试件的变形情况。

② 20℃水浸泡处理方法:用于评价室内用板材的耐水性能。

将试件放在20℃水中,浸泡24、48和72 h后,参照GB/T 17657-1999,检测WS和TS。

每个检测项目各取5个试件,规格为50 cm×50 cm,检测结果取其平均值。

2 结果与讨论

2.1 浸胶量对纤维化竹单板层积材力学性能的影响

在本试验条件下,3种浸胶量制成纤维化竹单板层积材的密度均为1.12 g/cm³,主要力学性能检测结果列于表1。

表 1 纤维化竹单板层积材的主要力学性能

Tab. 1 Mechanical properties of laminated bamboo fibrillated-veneer lumber

浸胶量/%	水平剪切强度/ MPa	抗拉强度/ MPa	拉伸模量/ GPa	抗压强度/ MPa	弯曲强度/ MPa	弯曲模量/ GPa
7	19.3	248.4	31.9	173.1	253.2	26.3
10	21.1	214.5	30.0	182.0	249.7	26.7
13	21.2	209.3	29.4	177.1	246.9	26.3

2.1.1 水平剪切强度

从表 1 结果可见,当浸胶量从 7% 增加到 10% 时,板材的水平剪切强度提高了 10.36%;浸胶量继续增加,板材的水平剪切强度变化不再明显,这是因为浸胶量达到一定程度后,只能使胶层厚度增加^[6],对纤维化竹单板之间的胶合影响不大,故板材水平剪切强度的增幅较小。

2.1.2 抗拉强度和拉伸模量

由表 1 可见,当浸胶量从 7% 增加到 13% 时,板材的抗拉强度降低 15.7%,拉伸模量降低 7.84%。根据单向纤维复合材料细观力学,抗拉强度和拉伸模量,与增强纤维的极限拉伸强度和纤维比例成正比^[7]。随着浸胶量的增加,板材中纤维化竹单板的比例减小,因此,其抗拉强度和拉伸模量降低。

2.1.3 抗压强度

由表 1 可见,随着浸胶量的增加,板材的抗压强度呈先增大、后减小的趋势,但变化幅度较小。在纤维化竹单板层积材中,纤维化竹单板为增强材料,酚醛树脂为基体。根据复合材料细观力学理论,基体在纵向压缩中起重要作用,给予纤维侧向支持,使纤维承载但不屈曲;复合材料的抗压强度,由材料的屈曲强度和剪切强度共同作用,其纵向压缩破坏形式主要包括纤维微屈曲和剪切破坏两种^[7]。

在本试验条件下,随着浸胶量的增加,一方面,板材的水平剪切强度提高,但浸胶量高于 10% 后的增幅微小;另一方面,使得纤维化竹单板在复合材料中的比例相对降低,减弱了材料抵抗屈曲的能力。因此,在此两方面的共同作用下,随着浸胶量从 7% 增加到 13%,板材的抗压强度先增大、后减小,在浸胶量 10% 时出现最大值。

2.1.4 弯曲强度和弯曲模量

从表 1 可见,随着浸胶量的增加,板材的弯曲强度呈略微降低趋势,弯曲模量变化不明显。在弯曲试验中,中性面以上部分材料受到压应力作用,中性面以下部分材料受到拉应力作用,中性面层受到最大的

剪应力作用。在本试验中发现,试件破坏形态均为纤维拉断,因此,弯曲强度的变化趋势与抗拉强度一致,随着施胶量的增加而减小,但变化幅度较小。

2.2 浸胶量对纤维化竹单板层积材耐水性能的影响

经过 28 h 循环 100 ℃ 水煮及 20 ℃ 水浸泡处理后,纤维化竹单板层积材的耐水性能检测结果,列于表 2。

表 2 纤维化竹单板层积材的耐水性能

Tab. 2 Water resistance of laminated bamboo fibrillated-veneer lumber

浸胶量/%	28 h 循环 100 ℃ 水煮处理(室外用)					
	水煮 4 h		干燥 20 h		再次水煮 4 h	
	WS/%	TS/%	WS/%	TS/%	WS/%	TS/%
7	3.04	7.52	0.60	3.98	3.83	9.83
10	2.81	5.69	0.51	2.77	3.60	7.83
13	1.92	3.93	0.27	1.57	2.73	5.15

浸胶量/%	20 ℃ 水中浸泡处理(室内用)					
	浸泡 1 d		浸泡 2 d		浸泡 3 d	
	WS/%	TS/%	WS/%	TS/%	WS/%	TS/%
7	0.84	2.61	2.52	4.54	3.36	5.38
10	0.67	1.53	1.84	2.65	2.57	3.57
13	0.39	1.20	0.84	2.51	1.24	2.13

由表 2 可以看出,当浸胶量从 7% 增加到 13% 时,28 h 循环水煮试件的 WS 和 TS 分别降低了 28.7% 和 47.6%,残余 WS 和残余 TS 分别降低了 55.0% 和 60.6%;

20 ℃ 水浸泡 1、2、3 d 后,试件的 WS 分别降低 53.6%、66.7% 和 63.3%,TS 分别降低了 54.0%、44.7% 和 60.4%。

表 2 结果表明,随着浸胶量的增加,纤维化竹单板层积材的耐水性能增强。这主要是由于酚醛树脂具有良好的耐水性,其用量增加,既提高了板材的胶合性能,又减少了竹纤维束与水直接接触的几率。经过疏解后的纤维化竹单板,形成粗细均匀和细小的竹纤维束,能够使酚醛树脂胶浸渍均匀,因此,板材具有良好的耐水性能。

3 结论

1) 在本试验条件下制得密度为 1.12 g/cm³ 的纤维化竹单板层积材,随着纤维化竹单板浸胶量的增加,板材的水平剪切强度提高(但浸胶量高于 10% 后的变化不明显),抗拉强度和抗伸模量降低,抗压强度、弯曲强度和弯曲模量的变化微弱,耐水性能增强,残余形变减小。

(下转第 7 页)

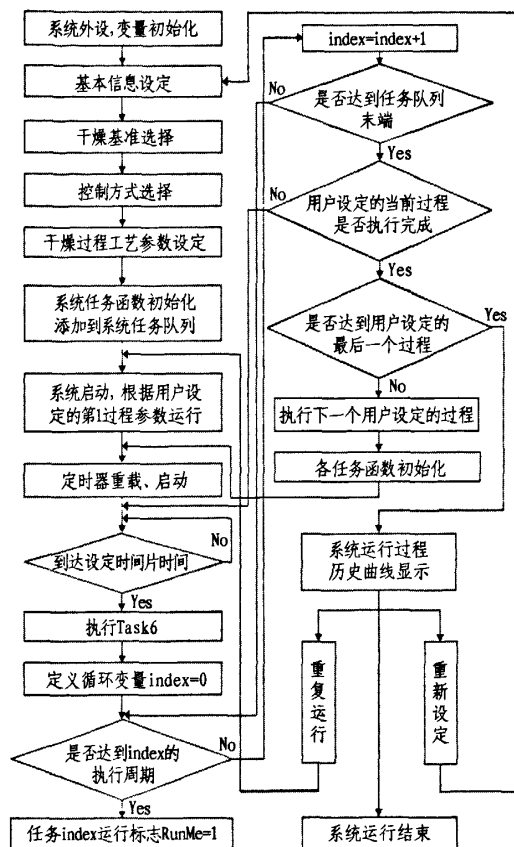


图3 控制系统软件流程

Fig.3 Control system flowchart

现干扰和抖动的现象,实现了木材干燥过程的全自动控制。系统的温度控制范围为 $0\sim 125\text{ }^{\circ}\text{C}$,湿度控制范围为 $10\%\sim 90\%$,控制精度为 $\pm 2.5\%$;木材电阻采集已达到 $5\text{ G}\Omega$,含水率的采集范围为 $6\%\sim 90\%$,精度为 $\pm 1\%$,完全可以满足生产要求。

(上接第3页)

2) 根据本试验结果显示浸胶量对纤维化竹单板层积材的影响,建议:在实际生产中,可通过控制纤维化竹单板的浸胶量,制备出具有不同物理力学性能的纤维化竹单板层积材,满足不同用途的需求。

参考文献:

- [1] 于文吉.我国高性能竹基纤维复合材料的研发进展[J].木材工业,2011,25(1):6-8,29.
- [2] 姜志宏,马力.竹蔑浸胶量和主要影响因素的关系(1)[J].浙江林学院学报,1996,13(3):270-275.

相对常规基于事件触发的嵌入式系统,该基于时间触发模式的嵌入式控制系统还具有以下特点:

1) 成本低,设计简单。

时间触发嵌入式操作系统是一种内核小的操作系统,一次只为一个任务分配存储器,每个任务的开销仅几个字节,通常由C语言实现,简单、安全、可靠,可以满足实时、可预测性等工程要求,避免了因引入嵌入式实时操作系统,导致系统硬件成本的大幅上升和软件设计的复杂化等问题,适合应用在低成本的8位单片机上。

2) 稳定性强。

由于事件触发系统中,各任务在运行时会产生冲突,从而会产生延迟和抖动现象;而基于时间触发的系统,在某一特定时刻仅执行一项任务,可避免延迟和抖动现象。

3) 可靠性高。

在事件触发系统中,各任务的可靠性取决于相对的优先级,优先级高则可靠性高;当事件率达到 $60\%\sim 70\%$ 时,低优先级的任务调度将得不到保证,从而导致整个系统的可靠性差,甚至于系统崩溃。而在时间触发系统中,各节点的事件都是预先安排好的,每个节点均在自己的时间序列内完成相应的任务,整个系统是可靠的。

参考文献:

- [1] 李奇,樊晓平.一种时间触发的多任务调度器的设计[J].单片机与嵌入式系统应用,2008(5):17-19.
- [2] 黄瑞龙,廖晓文.基于时间触发模式的电子控制系统设计[J].单片机与嵌入式系统应用,2007(7):17-18.
- [3] Michael J Pont.时间触发嵌入式系统设计模式[M].北京:中国电力出版社,2004.

(责任编辑 向琴)

- [3] 姜志宏,许益柳,祝迎春,等.浸胶量与竹材层压板物理力学性能的关系[J].浙江林学院学报,1997,14(4):350-354.
- [4] 张齐生.中国竹材工业化利用[M].北京:北京林业出版社,1995:36.
- [5] 程亮,王喜明,余养伦.浸胶工艺对绿竹重组竹材性能的影响[J].木材工业,2009,23(3):16-19.
- [6] 华毓坤.人造板工艺学[M].北京:中国林业出版社,2002:186-187.
- [7] 王耀先.复合材料结构设计[M].北京:化学工业出版社,2001:55-56.

(责任编辑 向琴)