

研究与开发

竹木复合单板层积材制备工艺

王小青¹, 郭莉², 刘君良¹, 张双保³

(1. 中国林科院木材工业研究所, 北京 100091; 2. 大连市产品质量监督检验所, 大连 116021;
3. 北京林业大学材料科学与技术学院, 北京 100083)

摘要: 以浸渍酚醛树脂的杨木单板和竹帘为原料制备竹木复合单板层积材, 探讨制造工艺对复合材料性能的影响。结果表明, 竹木复合材料的 MOE 及 MOR 均达到或超过了日本 JAS 标准的相关规定, 尺寸稳定性良好; 单板厚度、树脂浓度、压缩率对 MOE 和 MOR 有显著影响; 组坯方式对 MOR 影响显著; 而吸水厚度膨胀率的影响作用比较复杂。

关键词: 单板; 竹帘; 酚醛树脂(PF); 单板层积材

中图分类号: TS653 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-8654(2005)05-0007-03

Processing Technology of Strengthened Bamboo/Wood Composite LVL

WANG Xiao-qing¹, GUO Li², LIU Jun-liang¹, ZHANG Shuang-bao³

(1. Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China;
2. Dalian Institute of Supervision & Testing on Product Quality, Dalian 116021, Liaoning, China;
3. College of Material Science and Technology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: Strengthened bamboo/wood composite laminated veneer lumber (LVL) was manufactured using poplar (*Populus nigra*) veneer and bamboo curtains as raw materials, impregnated with modified water-soluble PF resin. The effects of the impregnating process, assembly patterns, and hot pressing parameters on properties of the bamboo/wood composite LVL were explored. The results showed that MOE and MOR of the composite LVL could meet or surpass the relevant requirements of JAS standards. They also exhibited rather desirable dimensional stability with TS 2.4%. Veneer thickness, PF resin concentration, as well as compression ratio, all had significant influences on MOE and MOR. Assembly patterns were found to have a major effect on MOR. Furthermore, there were complicated factors associated with TS of the composite.

Key words: veneer; bamboo curtain; PF resin; laminated veneer lumber (LVL)

随着世界范围内森林资源的减少,许多学者进行了以竹材和人工林木材为主要原料的竹木复合材料的研究工作^[1-3]。竹木复合可以合理地发挥竹材和木材各自的优良特性,获得既节约木材资源,又保证材料强度和外观质量的双重效果^[4-5]。竹木复合材料与纯竹材人造板相比,更具有结构和性能的可设计性,从竹材的利用效果看,前者比后者也更具优越性。因此,作为工程结构材料,竹木复合材料的前景广阔^[6],

也为人工林速生材和竹材的工业化利用和深加工开辟了新的途径,拓宽了应用范围。

本文以人工林杨木单板和毛竹竹帘为主要研究对象,旨在开发一种新型竹木复合材料——竹木复合单板层积材(竹木复合 LVL),以用于地板、家具、台面板、工程建筑结构材等领域。

1 材料和方法

1.1 试验材料

竹帘 购于安徽广德,由棉线与毛竹(*Phyllostach heterocycla*)条编织而成,厚度:(1.1±0.1)mm,幅面 400 mm×400 mm,含水率 7%~9%。

收稿日期:2005-01-20;修改稿:2005-04-12

基金项目:“863”国家高新技术研究发展规划“木材/竹材复合材料制造技术”(2002AA245171)

作者简介:王小青(1979—),男,中国林科院木材工业研究所博士研究生。

单板 意杨(*Populus nigra*)单板购于河北冀州,按工厂当时现有的单板规格,选择了 1.1 mm(含水率 6%~9%)和 2.6 mm(含水率 7%~8%) 2 种厚度规格,单板幅面 400 mm×400 mm。

PF 树脂 为水溶性低分子量 PF 树脂,采用工业苯酚和甲醛(36.8%),在 NaOH 作用下实验室合成,质量指标见表 1。

表 1 PF 树脂的质量指标

Tab.1 Technical indexes of water-soluble PF resin

固体含量/%	游离酚/%	游离醛/%	树脂黏度/(mPa·s)	pH 值	水混合性/倍
49.28	0.64	0.49	8.8	9.23	>7.5

1.2 制备工艺

将单板和竹帘进行真空加压浸处理。浸渍处理液以 PF 树脂为主剂,加入一定的助剂(尿素等),以达到处理材颜色浅、环保之目的。参照木质 LVL 的组坯方式:木单板按顺纹理方向排列、竹帘以竹条长度平行单板纹理方向排列,竹帘和单板的组坯方式见图 1。



图 1 竹木复合 LVL 的组坯方式

Fig. 1 Assembly pattern for bamboo curtain and poplar veneer

热压时竹木复合材料的厚度由 15.5 mm 的厚度规控制。其工艺流程为:

单板+竹帘→裁剪
PF 树脂+助剂→调配
→浸渍处理
→晾晒陈放→组坯→热压养护→裁剪
→检测

1.3 试验设计

影响竹木复合 LVL 性能的因素很多,本研究重点考察单板厚度、竹木组坯方式、处理液浓度、压缩率、热压时间和热压温度等 6 个因子对其物理力学性能的影响。试验采用正交表 $L_{18}(2^1 \times 3^7)$ 进行,根据前期研究及预试验的摸索,确定各变量因子的水平(表 2)。

1.4 指标检测

试验方法参照 GB/T 17657—1999

表 2 变量因子及其水平

Tab. 2 Variable factors and their levels

因子	水平		
	1	2	3
处理液浓度 /%	10	20	30
单板厚度 /mm	1.1	2.6	
组坯方式	A	B	C
压缩率 /%	20	30	40
热压时间 /min	10	20	30
热压温度 /℃	140	160	180

《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》进行;检测结果与 JAS 标准中《结构用单板层积材》JPIC-EW、SE00—08 进行比较。

2 结果与分析

竹木复合 LVL 的工艺参数与检验结果见表 3。

2.1 弹性模量(MOE)

以 MOE 为衡量指标进行正交试验,结果经 SAS 数据分析软件处理,得到的方差分析结果见表 4。

表 3 显示,材料的 MOE 在 9.16~18.75 GPa 范围内,平均为 15.22 GPa,绝大部分达到了 JAS 标准中规定的 140E (平均 13.72 GPa)的 MOE 等级,其中 A-15 的 MOE 超过了 JAS 标准的最高等级^[7]。由表 4 可知,杨木单板厚度和压缩率对竹木复合 LVL 的 MOE 的方差分析

表 3 竹木复合 LVL 的制板工艺及性能指标

Tab. 3 Parameters and testing result of bamboo/wood composite LVL

试验号	单板厚度/mm	处理液浓度/%	组坯方式	压缩率/%	热压时间/min	热压温度/℃	性能指标			
							密度/(g·cm ⁻³)	MOE / GPa	MOR / MPa	TS / %
A-1	1.1	10	A	40	20	160	0.72	16.09	117.88	2.1
A-2	1.1	20	A	20	10	140	0.71	12.88	98.76	1.4
A-3	1.1	30	A	30	30	180	0.72	14.58	103.25	0.9
A-4	1.1	10	B	30	10	160	0.73	14.72	128.32	2.0
A-5	1.1	20	B	40	30	140	0.90	14.69	131.57	0.7
A-6	1.1	30	B	20	20	180	0.69	12.87	112.39	1.2
A-7	1.1	10	C	20	30	140	0.57	9.16	86.11	2.4
A-8	1.1	20	C	30	20	180	0.76	15.20	118.91	1.9
A-9	1.1	30	C	40	10	160	0.88	15.56	132.22	1.3
A-10	2.6	10	A	20	10	180	0.61	14.60	87.06	6.0
A-11	2.6	20	A	30	30	160	0.74	18.34	178.33	3.8
A-12	2.6	30	A	40	20	140	0.90	16.69	157.47	1.4
A-13	2.6	10	B	40	30	180	0.78	15.95	157.32	3.5
A-14	2.6	20	B	20	20	160	0.64	14.66	131.47	6.0
A-15	2.6	30	B	30	10	140	0.77	18.75	185.34	2.1
A-16	2.6	10	C	30	20	140	0.71	16.37	130.82	10.3
A-17	2.6	20	C	40	10	180	0.81	17.01	159.64	2.6
A-18	2.6	30	C	20	30	160	0.65	15.86	128.68	4.0
平均								15.22	130.31	2.41

Tab. 4 Variance analysis of MOE of the composite LVL

方差来源	平方和	自由度	方差	F	显著性
单板厚度	123.0281958	1	123.0281958	50.49	**
树脂浓度	19.6205439	2	9.8102720	4.03	*
组坯方式	5.4638769	2	2.7319384	1.12	
压缩率	122.0425369	2	61.0212684	25.04	**
热压时间	7.5017567	2	3.7508784	1.54	
热压温度	14.3686362	2	7.1843181	2.95	
误差	138.9043348	57	2.4369182		

注: ** 表示 $\alpha=0.01$ 水平下显著; * 表示 $\alpha=0.05$ 水平下显著。以下同。

影响为显著,而组坯方式以及热压时间和温度对其无显著影响。厚单板制得的竹木复合材料的 MOE 普遍较高;压缩率越大,材料的密度增高,其力学性能也越好;处理液浓度高,浸胶量大,复合材料的物理力学性能好。

2.2 静曲强度(MOR)

MOR 的正交试验结果,经 SAS 处理后列于表 5。

表 5 MOR 的方差分析

Tab. 5 Variance analysis of MOR of the composite LVL

方差来源	平方和	自由度	方差	F	显著性
单板厚度	18125.47033	1	18125.47033	42.98	**
树脂浓度	5779.19171	2	2889.59585	6.85	**
组坯方式	4511.28032	2	2255.64016	5.35	**
压缩率	18478.97550	2	9239.48775	21.91	**
热压时间	238.37108	2	119.18554	0.28	
热压温度	1988.93640	2	994.46820	2.36	
误差	24881.47565	59	421.71993		

据表 3 可知,材料的 MOR 在 86.11~185.34 MPa 范围内,平均为 130.31 MPa,均大幅度超过了 JAS 标准中要求的 MOR 达到 66.15 MPa 的规定值^[7]。其中 A-15 的 MOR 最高,达 185.34 MPa。由表 5 可知,单板厚度、处理液浓度、组坯方式以及压缩率都对材料的 MOR 影响极显著,热压时间和时间基本没有影响。3 种组坯方式中,竹帘置于复合材料外层的 B 组普遍显示性能测试结果良好,这主要是将竹帘置于外层充分发挥了竹材强度大、韧性好的优点,使复合材料的整体性能提高。

2.3 吸水厚度膨胀率(TS)

TS 的正交试验结果经 SAS 软件处理,方差分析结果见表 6。

复合材料吸水厚度膨胀率平均为 2.41%(见表 3),说明材料的尺寸稳定性很好,这主要得益于采用了低分子量 PF 树脂的浸渍处理工艺,在木材和竹材内部产生缩合、聚合反应,生成不溶性树脂,封闭了木材与竹材表面的大量游离羟基,堵塞了水分流通的通道,从而固定了材料的压缩变形。由表 6 结果可知,

表 6 TS 的方差分析

Tab. 6 Variance analysis of TS of the composite LVL

方差来源	平方和	自由度	方差	F	显著性
单板厚度	0.01097963	1	0.01097963	54.73	**
树脂浓度	0.00634444	2	0.00317222	15.81	**
组坯方式	0.00141111	2	0.00070556	3.52	*
压缩率	0.00271111	2	0.00135556	6.76	**
热压时间	0.00213333	2	0.00106667	5.32	*
热压温度	0.00027778	2	0.00013889	0.69	
误差	0.00842593	42	0.00020062		

单板厚度、处理液浓度以及压缩率对材料的 TS 影响极为显著,而组坯方式和热压时间也有一定影响,其影响因素比较复杂。

3 结论

1) 人工林杨木单板与竹帘通过真空加压处理,浸渍水溶性低分子量 PF 树脂,按照木质 LVL 的组坯方式组坯、热压,制备竹木复合单板层积材的工艺是可行的。

2) 竹木复合 LVL 的 MOE 及 MOR 均达到或超过了日本《集成材及构造用集成材》JAS 标准中的相关规定;浸渍处理工艺能有效地改善材料的尺寸稳定性;单板厚度、树脂浓度、压缩率均对 MOE 和 MOR 有显著影响,组坯方式影响 MOR,而吸水厚度膨胀率 TS 的影响因素比较复杂。

3) 本试验条件下,制备竹木复合 LVL 的较优工艺参数为:单板厚度 2.6 mm,浸渍处理液浓度 20%~30%,采用竹帘置于最外层的组坯方式,压缩率 20%~30%,热压时间 10~20 min,热压温度 140~160 ℃。

参考文献:

[1] 王思群,华毓坤,董士琴. 竹木复合定向刨花板强度性能的研究[J]. 木材工业, 1991, 5(3): 6-10.

[2] 吴章康,张宏健,黄素涌,等. 竹木复合中密度纤维板工艺条件的研究[J]. 木材工业, 2000, 14(3): 7-10.

[3] Zhang M, Kawai S, Sasaki H. Manufacture and Properties of Composite Fiberboard II: Fabrication of Board Manufacturing Apparatus and Properties of Bamboo/Wood Composite Fiberboard[J]. Journal of the Japan Wood Research Society, 1995, 41(10): 903-910.

[4] 张齐生,孙丰文. 竹木复合结构是科学合理利用竹材资源的有效途径[J]. 林产工业, 1995, 22(6): 4-6.

[5] 赵仁杰. 关于发展竹材人造板工业的思考[J]. 林产工业, 2001, 28(2): 6-8.

[6] 张齐生. 中国竹材工业化利用[M]. 北京:中国林业出版社, 1995.

[7] JPIC-EW. SE00-08,结构用单板层积材[S]. 日本农林水产省, 1991.

(责任编辑 姜 征)