

研究与开发

密度及热压工艺对竹篾层积材性能的影响

赵瑞龙¹, 冯明智¹, 高黎², 张双保¹

(1. 北京林业大学材料科学与技术学院, 北京 100083; 2. 中国林科院木材工业研究所, 北京 100091)

摘要: 为解决冷压工艺生产周期长和能量消耗大的问题,采用梯度降压的热压法制备竹篾层积材,并分析工艺参数对其性能的影响。结果表明:热压温度对板材的弹性模量、静曲强度、吸水厚度膨胀率和水平剪切强度影响显著;热压时间和密度对板材的吸水厚度膨胀率影响较大。在密度 1.0 g/cm³、热压时间 1.5 min/mm、温度 145~155 ℃ 的条件下,板材性能达到 LY/T 1072-2002《竹篾层积材》和 GB/T 20241-2006《单板层积材》的要求。

关键词: 竹篾层积材; 热压工艺; 力学性能

中图分类号: TS653; S795.7

文献标识码: A

文章编号: 1001-8654(2013)02-0012-04

Density and Hot Pressing Influences on Properties of Laminated Bamboo Sliver Lumber

ZHAO Rui-long¹, FENG Ming-zhi¹, GAO Li², ZHANG Shuang-bao¹

(1. College of Materials Science and Technology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

2. Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: During common hot-pressing process for making laminated bamboo sliver lumber, slabs are input and taken usually at a relatively low temperature condition, which ensures the product quality, however extend the production period. To shorten the production cycle for laminated bamboo sliver lumber, the authors studied the hot-pressing method at a higher temperature condition for slabs inputting and taking. The results showed that under the given conditions, hot-pressing temperature had a significant influence on lumber modulus of elasticity, modulus of rupture, thickness swelling and horizontal shear strength; and the lumber density and hot-pressing time affected thickness swelling greatly. When density was 1.0 g/cm³, hot-pressing time was 1.5 min/mm and hot-pressing temperature was 145~155 ℃, the properties of laminated bamboo sliver lumber met the requirements of LY/T 1072-2002 for laminated bamboo strips lumber and GB/T 20241-2006 for laminated veneer lumber.

Key words: laminated bamboo sliver lumber; hot-pressing process; mechanical properties

竹胶合板、竹集成材、竹篾层积材、竹木复合板等竹质工程材料,可应用于建筑、家具、地板及装饰等领域。其中,竹篾层积材因其顺纹方向具有较高的物理

力学性能,可被应用于房屋建造中的梁、柱等纵向受力构件^[1-3]。为保证板材质量,现有的竹篾层积材采用“冷上-冷下”工艺制备,生产周期长,能源消耗大^[4];“热上-热下”工艺因板材内部水分排出不畅,易导致鼓泡现象,未应用到工业化生产中^[5]。

为了提高竹篾层积材的生产效率,笔者研究了“热上-热下”工艺,合理控制热压时间,采用梯度降压

收稿日期: 2012-09-14; 修改日期: 2012-12-10

基金项目: 林业公益性行业科研专项(201204701)。

作者简介: 赵瑞龙(1988—),男,北京林业大学材料科学与技术学院硕士研究生。

通讯作者: 张双保,男,北京林业大学教授,博士生导师。

法,控制板材内部水蒸气的排出,寻找较佳工艺参数,为该工艺的工业化应用提供技术依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

毛竹(*Phyllostachys heterocycla*) 去除竹青竹黄部分,破篾编织成竹帘,帘厚(1.1±0.1)mm,含水率 8%~10%,幅面 430 mm×430 mm。

胶黏剂 酚醛树脂胶,自制,固体含量 37%,黏度 60 mPa·s(25℃)。

1.2 试验设备

80 t 人造板试验压机、万能力学试验机等。

1.3 试验方法

1.3.1 板材制备工艺流程

竹帘→浸胶→干燥→平行组坯→热压→冷却→裁边

竹帘浸胶量为 6%~7%,浸胶后干燥含水率至 10%~12%,顺纹组坯,试板最终厚度 18 mm(用厚度规控制),热压工艺曲线如图 1 所示。

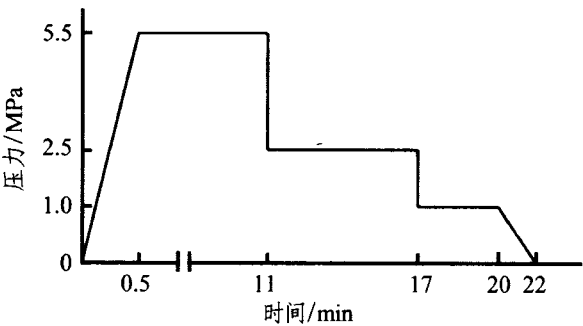


图 1 竹篾层积材热压工艺曲线

Fig. 1 Hot pressing curve for laminated bamboo sliver lumber

1.3.2 试验设计

影响竹篾层积材性能的因素较多,本研究重点考察密度、热压时间、热压温度对板材物理力学性能的影响。竹材本身密度较高(0.60~0.75 g/cm³),因此密度选取在 0.8~1.0 g/cm³ 范围内;酚醛树脂的固化温度>130℃,故热压温度设定在 130~170℃;为考察热量在板材厚度方向的传递速率及对胶黏剂固化程度的影响,选取热压时间>1 min/mm。变量因子及水平列于表 1,制定 L₉(3⁴) 正交试验,每组试验重复 3 次。

表 1 试验因子及水平

Tab. 1 Experimental factors and levels

变量因子	水平		
	1	2	3
A 密度/(g·cm ⁻³)	0.8	0.9	1.0
B 热压时间/(min·mm ⁻¹)	1.2	1.5	1.8
C 热压温度/℃	130~140	145~155	160~170

1.4 性能测试

依据 GB/T 17657-1999《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》,检测试板的密度、24 h 吸水厚度膨胀率(TS)、静曲强度(MOR)、弹性模量(MOE)。每张试板选取 3 个 MOR 和 MOE 试件,5 个密度和 24h TS 试件;按照 GB/T 20241-2006《单板层积材》检测垂直加载水平剪切强度(SS),每张试板选取 3 个试件。

2 结果与分析

在本试验条件下,竹篾层积材的主要性能测试结果见表 2,方差分析见表 3。

表 2 竹篾层积材的物理力学性能

Tab. 2 Properties of laminated bamboo sliver lumber samples

试 验 号	变量因子与水平			性能指标				
	A	B	C	实测密度/(g·cm ⁻³)	24h TS/%	MOR/MPa	MOE/MPa	SS/MPa
1	1	1	1	0.82	1.78	174.20	13 393	20.46
2	1	2	2	0.81	1.89	186.35	14 693	20.87
3	1	3	3	0.81	1.77	179.40	14 515	18.52
4	2	1	2	0.91	1.78	187.71	14 074	20.85
5	2	2	3	0.90	1.99	184.92	14 465	18.87
6	2	3	1	0.91	1.30	166.30	13 196	21.45
7	3	1	3	1.01	1.72	174.97	13 267	19.86
8	3	2	1	1.02	1.43	183.89	13 856	21.54
9	3	3	2	1.02	1.37	190.27	14 123	21.24

2.1 变量因子对板材性能的影响

1) 24h TS:各因素对其影响显著性的顺序为:密度>热压时间>热压温度。

由图 2 可知,随着密度的增大,板材的 24h TS 降低,因为在厚度一定的条件下,密度越大,竹篾压缩率越大,水分越难以进入,所以 TS 降低;随着热压时间的增加,热量传递到芯层,酚醛树脂固化程度高,因此,板材的耐水性能增强;随着热压温度的升高,板材内水分蒸发的速度加快,但水蒸气不易排出,造成板材内部应力增大,影响酚醛树脂粘合,从而导致板材的 TS 增大。

表3 变量因子对板材性能影响的方差分析

Tab. 3 Variance of analysis of factors
on lumber samples properties

性能指标	变量	自由度	平方和	均方	$F_{0.05}$	显著性
24h TS	A	2	3.590	1.795	9.07	0.0002
	B	2	2.741	1.371	6.92	0.0014
	C	2	1.832	0.916	4.63	0.0116
MOR	A	2	654.074	327.037	2.09	0.1326
	B	2	507.649	253.825	1.62	0.2059
	C	2	2320.431	1160.215	7.42	0.0013
MOE	A	2	564322.394	282161.197	0.39	0.6810
	B	2	4736107.083	2368053.542	3.25	0.0465
	C	2	8689596.320	4344798.160	5.96	0.0046
SS	A	2	27.532	13.766	4.40	0.0154
	B	2	4.525	2.263	0.72	0.4882
	C	2	59.820	29.910	9.56	0.0002

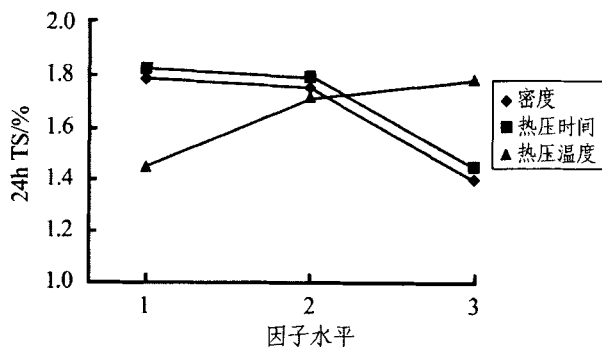


图2 变量因子对板材 24h 吸水厚度膨胀率的影响

Fig. 2 Effect of factors and levels on 24 hours
thickness swelling rates of samples

2) MOR: 热压温度对 MOR 影响较显著, 密度和热压时间的影响不显著。

由图 3 可知, 板材的 MOR 在热压温度为 145~155 °C 时达到最大。主要是因为随热压温度的升高, 板材表层与芯层温度梯度增大, 热传导加快, 使酚醛树脂具有较好的流动性, 并均匀分布在竹篾表面; 另外, 随着热量的快速传递, 酚醛树脂固化充分, 因此板材的 MOR 增大。但温度过高, 导致酚醛树脂过分固化或降解的同时, 也导致竹纤维降解, 从而使板材的 MOR 降低。

3) MOE: 由表 3 可知, 变各量因子对板材 MOE 的影响顺序为: 热压温度 > 热压时间 > 密度, 且密度对板材的 MOE 无显著性影响。

图 4 显示, 随温度的升高, 板材的 MOE 值逐渐增加, 主要是随着温度升高, 树脂固化更加充分, 从而

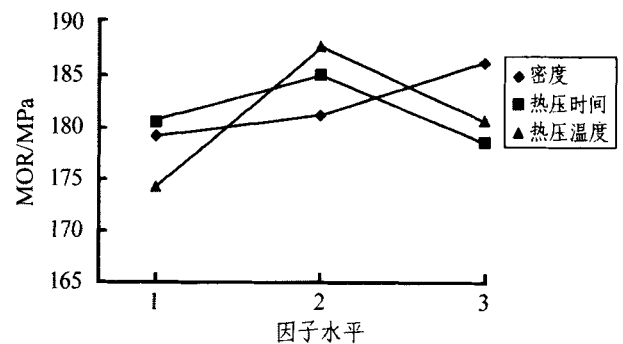


图3 变量因子对板材静曲强度的影响

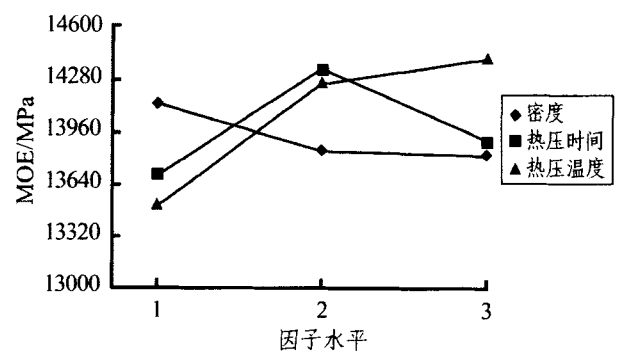
Fig. 3 Effect of factors and levels on modulus
of ruptures of samples

图4 变量因子对板材弹性模量的影响

Fig. 4 Effect of factors and levels on
modulus of elasticity of samples

板材的 MOE 升高, 并在热压时间为 1.5 min/mm 时达到最大。但热压时间过长, 易造成酚醛树脂降解, 板材的 MOE 反而降低。

4) SS: 热压温度和密度对板材的 SS 具有显著影响, 热压时间则无显著影响。

由图 5 可知, 随着密度的增加, 承受载荷的竹篾单元数量增多, 从而板材的 SS 逐渐升高; 随热压温度的增加, 板材的 SS 呈明显下降趋势, 当温度过高时, 酚醛树脂过度固化, 反而降低了板材的粘合性, 导致板材的性能下降。

2.2 工艺优化与验证试验

综合以上分析, 得出较佳工艺参数为: 密度 1.0 g/cm³, 热压时间 1.5 min/mm, 热压温度 145~155 °C。采用此工艺压制竹篾层积材, 性能测试结果见表 4。结果表明, 板材性能实测值达到 LY/T 1072-2002《竹篾层积材》以及 GB/T 20241-2006 中 140E 级结构用单板层积材的要求。

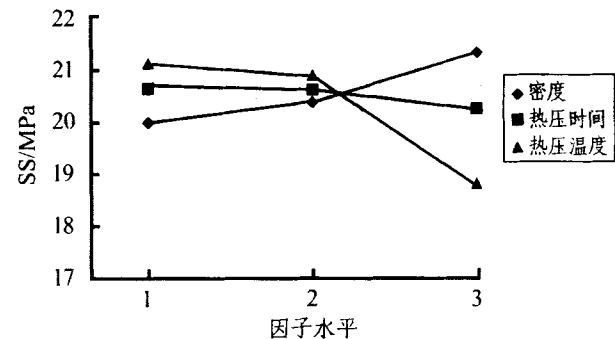


图 5 变量因子对板材水平剪切强度的影响

Fig. 5 Effect of factors and levels on horizontal shear strength of samples

表 4 优化工艺制备板材性能的测试结果

Tab. 4 Test result of panel properties of optimization process

来源	24h TS/%	MOR/MPa	MOE/MPa	SS/MPa
实测结果	1.57	178.63	14 365	20.84
LY/T 1072-2002		≥120	≥8 000	
GB/T 20241-2006		52.5	14 000	6.5

3 结论

1) 采用“热上-热下”工艺制备竹篾层积材时,热

压温度对板材的 MOE、MOR、TS 和 SS 显著影响,热压时间和密度对板材的 24h TS 影响较大。

2) 在本试验条件下,制备竹篾层积材的较佳工艺参数为:密度 1.0 g/cm³,热压时间 1.5 min/mm,热压温度 145~155 °C,试板的性能达到 LY/T 1072-2002《竹篾层积材》以及 GB/T 20241-2006《单板层积材》中 140E 级结构用单板层积材的要求,可以作为承重构件使用。

参考文献:

[1] 陈绪和,王正. 竹胶合梁制造及在建筑中的应用[J]. 世界竹藤通讯,2005,3(3):18-20.

[2] 赵仁杰,赵星,尹忠健. 竹篾层积材的制造新工艺:一种径向竹篾帘层积材[J]. 中南林学院学报,2004,24(5):57-60.

[3] 高黎,王正,任一萍. 阻燃处理竹篾层积材的性能分析[J]. 木材工业,2009,23(2):7-9.

[4] 江泽慧,王正,常亮,等. 建筑用竹材墙体制造技术研究[J]. 北京林业大学学报,2006,28(6):155-158.

[5] 高黎,王正,任一萍. 热压工艺及板坯含水率对竹帘胶合板性能的影响[J]. 木材工业,2012,26(6):9-12.

(责任编辑 向琴、孟凡丹)

行业简讯

2012 年山东口岸出口家具平稳增加

据青岛海关统计,2012 年山东口岸出口家具及零件(简称“家具”)的总金额达到 17.3 亿美元,同比增长 9.5%。

1 山东口岸家具出口的主要特点

1) 2012 年 1 月出口家具 1.7 亿美元,创历史新高,之后月度出口量平稳运行;下半年出口增速明显放缓,10 月份出口增速为年内首次下降,11 月份出口值止跌回升,12 月份延续回暖势头,出口 1.5 亿美元,同比下降 4.7%,环比增长 2%。

2) 一般贸易出口金额所占比例逾 80%。以一般贸易方式出口家具 14.5 亿美元,增长 15.2%,占出口总值的 84.2%;以加工贸易方式出口 2.7 亿美元,下降 13.1%。

3) 欧盟、美国、日本和韩国为主要出口市场,出口额分别为 5.6 亿、5.4 亿、2.6 亿和 1.3 亿美元,同比分别增长 7.4%、9.3%、5%和 13.8%。对上述市场的出口值占总值的 86.4%。

4) 以私营企业和外商投资企业出口为主。私营企业出口家具 10.3 亿美元,增长 19.4%;外商投资企业出口 6.1 亿美元,下降 2.7%;上述二者出口值占出口总值的 95.1%。

2 山东口岸家具出口值平稳增长的主要原因

1) 随着美国经济逐渐复苏,美国房地产市场开始进入复苏阶段,对家具的需求量明显回升。美国全国住宅建筑商协会统计数据显示,2012 年 11 月美国有 125 个城市房地产市场持续改善,较 10 月增加 22 个。

2) 中东、东南亚和拉美等新兴市场的需求有所增长。在对日韩及欧盟出口方面,尽管市场需求不见好转,但相对本地家具业的比较优势,使得我国家具产品依然保持较大的市场份额。

3) 我国原材料、物流、人工等成本持续上涨,导致家具出口价格明显上涨,间接推动出口值增长。

张一萍 摘编