

热压工艺及板坯含水率对 竹帘胶合板性能的影响

高黎^{1,2}, 王正¹, 任一萍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. 中国林科院林业新技术研究所, 北京 100091)

摘要: 以梁山慈竹为研究对象,对含水率不同的板坯,采用一段式“热上-冷下”和梯度降压式“热上-热下”两种热压工艺制备竹帘胶合板,分析板坯含水率和热压工艺对板材性能的影响。结果表明:热压工艺对板面平整度有显著影响,“热上-冷下”工艺条件下板面的平整度较优;板坯含水率在10%~20%范围,对板材的吸水厚度膨胀率、弹性模量、水煮内结合强度和板面平整度有显著影响,含水率15%时板材的各项性能较佳。

关键词: 梁山慈竹; 竹帘胶合板; 热压工艺; 板坯含水率

中图分类号: S795.9; TS653.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-8654(2012)06-0009-04

Influence of Hot Pressing Method and Mat Moisture Content on Properties of Bamboo Plywood

GAO Li^{1,2}, WANG Zheng¹, REN Yi-ping¹

(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. Research Institute of New Technology, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: Bamboo plywood was produced under different hot pressing parameters and mat moisture contents, and their properties were evaluated. The results showed that the hot pressing process, with cooling at the end of the pressing cycle, had significant influence on board surface flatness. Mat moisture content also had great effect on board thickness swelling, bending stiffness, boiled internal bonding strength, and panel flatness. The results showed that the optimal mat moisture content was around 15%.

Key words: *Dendrocalamus farinosus*; bamboo plywood; hot pressing; mat moisture content

我国竹材人造板的研究与生产处于世界领先地位,产品主要包括竹胶合板、竹层积板、竹纤维板和竹刨花板等。竹材在长度方向具有高强度和高韧性的特点,当生产结构用竹胶合板或层积板时,通常把竹

材制备成竹篾条、竹单板等长条形状,用较高的温度和较大的压力进行压制,但高温和高压不利于板材内部水蒸气的释放。

为保证产品质量,实际生产中工厂主要采用“冷上-冷下”的热压工艺,该工艺可使板内残余的水蒸气转化为液态水,从而消除内应力,但制板时间长,能源消耗量大^[1]。若采用常规“热上-热下”的热压工艺生产人造板,虽然可大幅缩短生产周期,减少能源消耗

收稿日期: 2012-04-18; 修改日期: 2012-08-01

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(CAFINT2010C02)。

作者简介: 高黎(1979—),女,中国林科院木材工业研究所助理研究员,博士。

量,但易导致板材翘曲、鼓泡甚至分层等缺陷^[1-2]。因此,需对常规“热上-热下”工艺进行改进,以适用于竹材人造板产业。

笔者以梁山慈竹为原料,采用一段式“热上-冷下”与梯度降压式“热上-热下”两种热压工艺压制竹帘胶合板,并比较在不同板坯含水率条件下,两种热压工艺曲线对竹帘胶合板性能的影响,为进一步研究节能热压工艺提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1) 梁山慈竹(*Dendrocalamus farinosus*):采自四川长宁,竹龄 3~4 年,胸径 60~90 mm,壁厚 5~10 mm。

去除竹青、黄后破篾,编竹帘(竹篾厚度 1.5~2.0 mm)和竹席(竹篾厚度约 0.8 mm),竹帘、竹席幅面 42 cm×42 cm,竹席厚度 1.6 mm,气干至含水率 9%~10%后备用。

2) 胶黏剂:浸渍用酚醛树脂,实验室自制,调节固体含量至 25%,黏度 60 mPa·s(23℃)。

1.2 设备

热压机、万能力学实验机等。

1.3 方法

1.3.1 板材制备

工艺流程:竹帘/竹席→调湿→浸胶→干燥→铺装→热压→裁切→陈化

竹帘、竹席通过浸水处理,调湿至要求含水率,再进行浸胶;竹帘浸胶量为 5.5%~6%,竹席浸胶量为 6.5%~7.5%。浸胶干燥后竹帘进行纵、横向交叉组坯,在上、下外层各铺装一层竹席,共 13 层。板材设计密度 0.90 g/cm³,厚度 12 mm,由厚度规控制。

1.3.2 试验设计

采用“热上-冷下”工艺时,板坯含水率在 15%~20%范围,而“热上-热下”工艺以 8%~12%为宜^[1]。本试验选择板坯含水率范围 9%~21%,以热压工艺曲线和板坯含水率为变量因子(表 1),分析其对板材性能的影响。每组试验重复 3 次。

1) 为控制板坯含水率,对含水率(14%~15%)、(20%~21%)的板坯,先进行调湿处理,即置于水中浸泡一定时间,然后气干含水率达到要求值。

表 1 试验因子与水平

Tab. 1 Experimental factors and levels

试验组号	热压工艺曲线	板坯含水率
1	1(热上-热下)	1(9%~10%)
2	1(热上-热下)	2(14%~15%)
3	1(热上-热下)	3(20%~21%)
4	2(热上-冷下)	1(9%~10%)
5	2(热上-冷下)	2(14%~15%)
6	2(热上-冷下)	3(20%~21%)

2) 两种热压工艺曲线如图 1 所示。

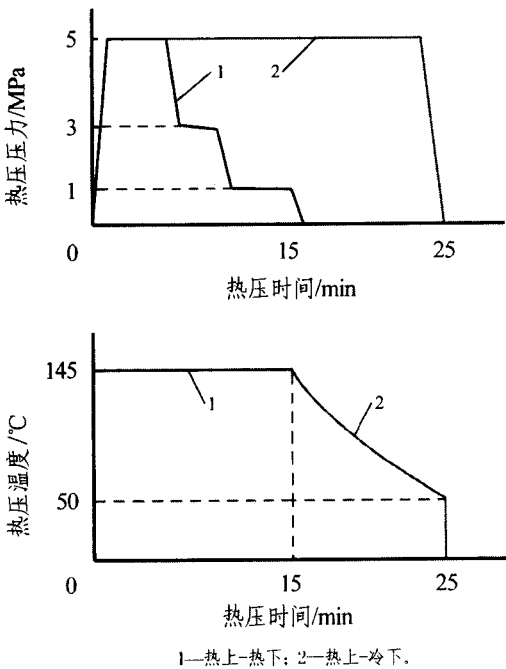


图 1 竹帘胶合板热压工艺曲线

Fig. 1 Hot-pressing curves with and without cooling cycle for bamboo plywood

“热上-热下”工艺是板坯经过一定时间的高温高压作用后,在不降低热压温度的前提下,直接降压卸板。板坯含水率越高,热压过程中板内压力会越大。因此,本试验采用 3 段式卸压,以防止内应力过高,造成卸压后板材变形。压制厚度 12 mm 的板材,热压周期为 15 min。

“热上-冷下”工艺是在压机低温的条件下装板,然后闭合压机加压、升温,至设定压力和温度条件保持一段时间,再通冷水降温,至板芯温度约 50℃时降压卸板。本试验采用一段式降压曲线,在板材经过 15 min 的高温高压作用后,通冷水降温,整个热压周期约 25 min。

1.4 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》,测试竹帘胶合板的 24 h 吸水厚度膨胀率(TS)、顺纹弹性模量(MOE)、顺纹静曲强度(MOR)和 2 h 水煮内结合强度(IB)。

对板面平整度(Surface flatness, SF),有研究采用表面粗糙度测试仪或肉眼观察测试法^[2-5],但对于整块板的表面特性评价,采用表面粗糙度测试仪的操作有难度,而肉眼观察法随机性较大。本试验通过定点测量板材不同位置的厚度,计算厚度间差异,进行板面平整度的评价。具体方法如下:

将被测板材裁成 36 cm×5 cm 的条状试件(每块试板裁成 7 条),在试件的长度和宽度方向上,每隔 2 cm 定点(每条取 18 个点)测量厚度,通过公式计算各点厚度的变异系数(v)。

$$v=\frac{\sqrt{\frac{\sum(x_i-\bar{x})^2}{(n-1)}}}{\bar{x}}\times100\%$$

(1)

式中: x_i —各点厚度测量值,mm; $\bar{x}$ —厚度平均值,mm。

2 结果与讨论

在本试验条件下,压制竹帘胶合板的主要性能测试结果,列于表 2。

表 2 竹帘胶合板材的物理力学性能

Tab. 2 Physical and mechanical properties of bamboo plywood

组号	实测厚度/ mm	24h TS/ %	MOE/ MPa	MOR/ MPa	2h IB/ MPa	SF/ %
1	12.53	9.00	11 473	128.32	0.187	1.267
2	12.02	12.58	11 805	142.35	0.760	0.991
3	12.33	8.66	10 436	121.25	0.620	1.582
4	12.09	7.61	11 848	118.10	0.252	0.812
5	12.07	12.81	11 972	124.26	0.504	0.745
6	12.10	8.31	11 254	125.28	0.653	0.807

从表 2 数据可见,相对于“热上-冷下”工艺,“热上-热下”工艺制备的板坯厚度稳定性较差,但试板的主要性能较优,其 MOE 和 MOR 超过同厚度落叶松胶合板(7 950 MPa 和 83.7 MPa)^[6],水煮后仍保留较高的内结合强度,可满足 GB/T 22349-2008《木结构覆板用胶合板》对轻型木结构建筑中的结构用胶合板的要求^[7]。

试验结果的方差分析如表 3 所示,变量因子水平间的显著性分析如表 4 所示。

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 properties of bamboo plywood

性能	变量	自由度	平方和	均方	$F_{0.05}$ 值	显著性
24h TS	热压工艺	1	2.2851	2.2851	1.07	0.3093
	含水率	2	148.2560	74.1280	34.70	<0.0001
	热压工艺 ×含水率	2	3.9879	1.9940	0.93	0.4043
MOE	热压工艺	1	2 154 242	2 154 242	2.71	0.1084
	含水率	2	8 431 002	4 215 501	5.30	0.0096
	热压工艺 ×含水率	2	774 023	387 012	0.49	0.6186
MOR	热压工艺	1	406.5142	406.5142	2.96	0.1014
	含水率	2	579.0510	289.5255	2.11	0.1486
	热压工艺 ×含水率	2	525.0511	262.5255	1.91	0.1748
2h IB	热压工艺	1	0.0230	0.0230	1.08	0.3067
	含水率	2	1.3274	0.6637	31.28	<0.0001
	热压工艺 ×含水率	2	0.1624	0.08119	3.83	0.0339
SF	热压工艺	1	4.359	4.359	17.43	<0.0001
	含水率	2	1.221	0.610	2.44	0.0943
	热压工艺 ×含水率	2	0.782	0.391	1.56	0.2164

表 4 变量因子水平间的差异性检验

Tab. 4 Significance test of factors on properties

因子	水平	性能				
		24h TS/ %	MOE/ MPa	MOR/ MPa	2h IB/ MPa	SF/ %
热压工艺	1	10.08 A	11 238 A	130.64 A	0.522 A	1.28 A
	2	9.58 A	11 691 A	122.68 A	0.466 A	0.78 B
含水率	1	8.31 B	11 660 A	123.21 A	0.220 B	1.04 AB
	2	12.70 A	11 889 A	132.30 A	0.658 A	0.87 B
	3	8.48 B	10 845 B	123.26 A	0.637 A	1.32 A

注:数字后字母不同表示差异显著(同一列数据比较)。

2.1 热压工艺对板材性能的影响

表 3 和表 4 数据均显示出,热压工艺仅对板材 SF 有显著影响。在任何含水率条件下,“热上-冷下”工艺制备板材的 SF,均优于“热上-热下”工艺制备的板材。原因是采用“热上-热下”工艺时,板材从高温环境突然进入室温环境,板坯、竹篾应力^[4,8]和板内蒸汽压的释放,导致了竹篾变形,宏观表现出板材弯曲和板面凹凸不平;而采用“热上-冷下”工艺时,在降温过程中压力保持不变,板材内的蒸汽转化成水,内应力降低,因此板材表面的平整度较好。

热压工艺对板材的 24h TS、MOE、2h IB 影响不明显,主要由于这些性能与胶黏剂和原料间的结合程度关系密切。在试验中发现,无论“热上-热下”工艺,还是“热上-冷下”工艺,在热压 12~14 min 后,板坯芯层温度均可达到 140 ℃,胶黏剂和原料间已实现充分的固化胶合。

2.2 板坯含水率对板材性能的影响

表 3 数据显示,板坯含水率对试板的 24h TS、2h IB 和 MOE 有显著的影响,主要是由竹材在高温高湿环境的软化特性^[1]及水分对胶黏剂固化、胶竹界面的影响^[9]而造成。

1) 24h TS:表 4 中板坯含水率约为 10%和 20%时,板材的 TS 较低。含水率较低时(10%),热压过程使板坯内水分蒸发接近绝干,卸压后竹篾应力释放较快,在浸水前,其厚度反弹量已基本达到最大;而板坯含水率较高时(20%),竹篾塑化程度高,内应力较小,卸压后置于气干环境或水中浸泡时,其吸水厚度膨胀率较小。

板坯含水率 15%时,板材 24h TS 较高,其原因可能与该含水率条件下竹篾的润胀有关,还需进一步试验研究。

2) 2h IB:板坯含水率 10%时,板材的 IB 值最低,比另两种含水率条件的板材低约 2 倍,两种较高含水率板材的 IB 差异不明显。板坯含水率越高,在高温环境下越易软化,软化的竹篾在同样压力条件下胶合面结合更紧密,故板材的 IB 高。

3) MOE:板坯含水率 10%和 15%时,板材 MOE 无明显差异,而板坯含水率 20%时,板材的 MOE 相对较低。可能在热压周期中,水分向外扩散时,降低了胶黏剂的交联程度,同时也造成表层胶竹界面的破坏^[9],使得板材的刚性受到影响,从而影响板材的 MOE。

4) SF:热压板内的蒸汽压力、卸压后竹篾应力的释放以及蒸汽的挥发,均会造成板面的不平整。板坯含水率低(10%)时,主要表现为竹篾内应力的释放,而较高(21%)则可能主要由蒸汽快速释放造成。本研究中无论采用哪种热压工艺,当板坯含水率为 15%时,板材的 SF 表现最佳,原因可能是竹篾内应力、板内蒸汽释放以及胶层的固化程度均达到较优状态,因而板面形变量小。

2.3 交互作用对板材性能的影响

由表 3 方差分析可知,交互作用仅对板材 2h 水煮后的 IB 有一定的影响。采用“热上-热下”工艺、含水率 15%时,板材的 2h IB 最高(表 2),说明热压工艺和板坯水分不仅对竹篾的软化和变形产生影响,而且对胶黏剂的固化程度产生了作用。

在不同含水率的条件下,“热上-热下”工艺制备的板材,各项物理力学性能差异明显大于“热上-冷下”工艺。说明对于“热上-热下”工艺而言,含水率是影响板材质量的重要因素;当含水率较高时,需合理制定“热上-热下”工艺曲线,以保证板材质量稳定。

3 结论

1) 采用“热上-冷下”工艺制备板材的板面平整度,优于“热上-热下”工艺,但热压工艺对板材耐水性、MOE 和 IB 的影响远低于板坯含水率的影响。含水率约 15%时,板材综合性能表现最佳。

2) 采用“热上-热下”或“热上-冷下”热压工艺,均可制备出物理力学性能优良的竹帘胶合板。“热上-冷下”工艺,加工周期长,能源消耗增加。“热上-热下”工艺,虽然生产效率高,但制备板面平整度要求较高的板材时,还需对热压工艺进行更深入的研究。

参考文献:

- [1] 赵仁杰,喻云水. 竹材人造板工艺学[M]. 北京:中国林业出版社,2002.
- [2] 叶良明,杨云芳,金大昕,等. 竹材层压板热压新工艺初探[J]. 林产工业,1997,24(2):12-16.
- [3] 吴冬梅. 竹胶合板变形和表面应变及相关因素影响的研究[D]. 湖南:中南林学院,2005.
- [4] 韩健,吴舒辞,吴义强. 竹材表面热应变特性的研究[J]. 林产工业,2003,30(1):29-32.
- [5] 严永林,赵仁杰,吴再兴,等. 覆塑竹帘胶合板“冷-热-冷”胶合新工艺的研究[J]. 林产工业,2007,24(6):15-19.
- [6] 王戈,林利民,费本华,等. 国产轻型木结构用落叶松胶合板覆板生产技术与性能评价[J]. 林业机械与木工设备,2008,36(12):8-11.
- [7] GB/T 22349-2008,木结构覆板用胶合板[S].
- [8] 韩健,高喜桃. 加热-冷却过程对竹材弦向应变及表面粗糙度的影响[J]. 南京林业大学学报,2011,35(2):124-126.
- [9] M M Abdel Wahab, A D Crocombe, A Beevers, et al. Coupled stress-diffusion analysis for durability study in adhesively bonded joints [J]. International Journal of Adhesion & Adhesives, 2002, 22(1): 61-73.

(责任编辑 向琴、孟凡丹)