

“小径竹高效利用技术”专栏

疏解次数对竹基纤维复合材料性能的影响

张亚慧, 孟凡丹, 于文吉

(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)

摘要: 以慈竹为试材, 探讨疏解次数对竹基纤维复合材料性能的影响。结果表明: 随着疏解次数的增加, 板材的静曲强度亦逐渐增加, 弹性模量呈先增后降的趋势, 抗压强度提升, 抗拉强度降低, 耐水性能增强。建议: 当要求较高的抗拉强度时, 以疏解 3 次最佳; 要求较高的抗弯、抗压强度和耐水性能时, 以疏解 7 次为宜。

关键词: 竹基纤维复合材料; 疏解次数; 物理力学性能; 耐水性能

中图分类号: S795.5; TS653 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2011)05-0001-04

Crushing Effectiveness on Properties of Crushed Bamboo-Mat Composites

ZHANG Ya-hui, MENG Fan-dan, YU Wen-ji

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry; Key Laboratory of Wood Science and Technology of State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

Abstract: Crushing bamboo into mats through a special pair of rollers, has gained more interest for producing bamboo based composites. An experiment to determine the crushing influence and optimize the process was conducted in this study. The results showed that as the times of crushing was increased, the composite modulus of rupture, water-resistance and compression strength were improved; however, the tensile strength was decreased, the modulus of elasticity was not significantly affected. It was suggested that to make a composite with high water resistance, bending and compression strengths, the bamboo materials could be crushed for seven times; while high tensile strength was required for this bamboo-based composite, the bamboo materials should be crushed for three times.

Key words: bamboo based composites; crushing times; physical and mechanical properties; water-resistance

在竹基纤维复合材料的制造过程中, 竹材的疏解是集竹青竹黄差速异步点裂微创技术、纤维原位可控分离技术、竹材纤维化单板展平技术于一体的关键步骤, 对复合材料的性能影响至关重要。通过疏解工艺, 可使竹材表面难以胶合的蜡质层和硅质层, 呈点裂或线裂分离甚至脱落, 达到改善胶合的目的; 同时, 将竹材分离成若干个基本组织, 包括维管束、导管等

组成的原位纤维, 其表面布满点状及线状裂纹, 可增加胶黏剂的渗透途径, 有利于提高产品的强度。

传统竹材人造板的结构单元为 20~30 mm 宽的条状竹篾、竹片和竹束等, 而通过疏解工艺, 可得到宽度超过 300 mm 的竹材纤维化单板, 使竹材人造板的单元宽度增加 10~15 倍, 有助于提高生产效率。

鉴于疏解工艺对竹基纤维复合材料的性能及生产效率的重要影响, 笔者在已开展制造工艺等研究的基础上^[1-4], 对经过不同次数疏解得到的纤维化竹单板的形态, 以及竹基纤维复合材料的性能进行了测评, 以期确定最佳的竹材疏解工艺条件, 为竹基纤维复合材料产品的开发与应用提供参考。

收稿日期: 2011-05-05; 修改日期: 2011-07-23

基金项目: 林业公益性行业科研专项“木材产业升级关键技术研究”(201004006)。

作者简介: 张亚慧(1983—), 男, 中国林科院木材工业研究所博士。

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。

1 材料和方法

1.1 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2~3 mm。

酚醛树脂(PF):购于北京太尔,红褐色透明液体。其性能指标为:黏度41 mPa·s(25℃);固体含量46.1%;水溶倍数>2倍;贮存期为15天(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,浸胶槽,热压机,电热恒温干燥箱,电热恒温水箱,微机控制电子式人造板试验机。

1.3 制板工艺

设定板材密度为1.10 g/cm³,幅面为40 cm×17 cm,厚度为15 mm。

工艺流程:竹材→剖分→疏解→干燥→浸胶→二次干燥→组坯→热压→锯解

主要工序:

1) 剖分

将竹材锯解成200 cm长竹段,然后沿纵向剖分,形成两个半圆形竹筒。

2) 疏解

首先将半圆形竹材送入自行设计的竹材疏解机,利用疏解机驱动辊上的滚花,使竹青、竹黄面的硅质层和蜡质层松动和脱落;然后再由疏解辊对竹材施以纵向的切削力,使竹材青黄面形成点状及线段状裂纹,同时在径向施以作用力,使其展平伸展形成竹材纤维化单板。本试验设定疏解次数为3~7次。

3) 干燥

将疏解后的竹材纤维化单板,在室外干燥至含水率为8%~10%。

4) 浸胶、二次干燥

PF胶液调配为固体含量15%;单板浸胶时间为3 min,陈放时间为7 min,控制浸胶量在12%~13%,再自然干燥至含水率为7%~8%。

5) 组坯、热压

采用手工方式纵向竹青竹黄对称铺装板坯,将板坯送入模具中热压。热压工艺参数为:温度160℃,压力3.5 MPa,时间1.5 min/mm。

每个条件平行压制3块板材,将压制的板材在自然环境中放置1天,按规定尺寸裁边,裁锯试件。

1.4 疏解效果评价

采用直接和间接两种方法,评价竹材纤维化单板的疏解效果。

1) 直接评价:通过测量竹材纤维化单板端面基本单元的宽度,测试试件数量为50。

2) 间接评价:通过测定浸水率,对竹材纤维化单板的疏解形态进行半定量评估。

水分在竹材中的移动路径为纵向维管束、细胞间隙和细胞壁,在横向由于没有薄壁细胞而难渗透。当单板在水中短时间浸渍后,水分很难通过纵向维管束渗透到竹材内部,竹材中水分的增加主要由竹材表面的附着水引起。因此,单板的比表面积越大,其附着水相对越多,浸水量越高,反映出疏松间隙度越高,疏解效果越好。

具体操作为:将经过不同次数疏解、长度为50 cm的竹材纤维化单板浸泡于水槽中5 min,再陈放7 min,然后称质量,按公式计算浸水率。重复5次试验,结果取平均值。

$$W = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100\% \quad (1)$$

式中:W为浸水后竹单板的吸水率,%;m₁、m₂分别为浸水前、浸水后竹单板的质量,g。

1.5 性能检测

1) 力学性能

参照GB/T 17657-1999《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》,检测板材的密度、静曲强度(Modulus of rupture, MOR)、弹性模量(Modulus of elasticity, MOE);

参照ASTM D 3500-1990《胶合板承受拉力的标准试验方法》,检测板材的抗拉强度(Tensile strength, TS);

参照ASTM D 3501-2005《木基结构板的压缩标准试验方法》,检测板材的抗压强度(Compressive strength, CS)。

2) 耐水性能

主要检测28 h^[2]循环水煮试验后,板材的吸水厚度膨胀率(Thickness swelling rate, TSR)、宽度膨胀率(Width swelling rate, WSR)和吸水率(Water absorption rate, WAR)。

每项检测各取6个试件,取其结果平均值。

2 结果及分析

2.1 竹材纤维化单板的疏解效果评价

2.1.1 直观评价

由表1和图1可知,竹材随着疏解次数的增加,竹材纤维化单板端面宽度的最大值、最小值和平均宽

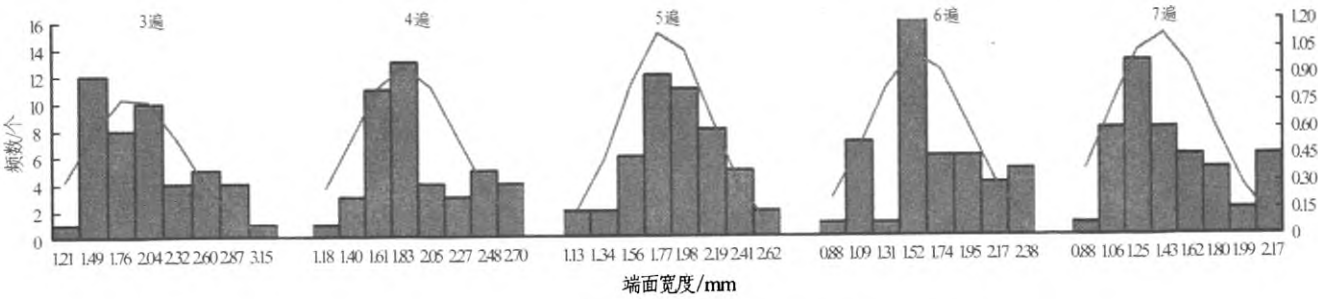


图 1 竹材纤维化单板端面单元宽度直方图及正态分布曲线

Fig. 1 Histogram and normal distribution curve of crushed bamboo mat unit width

表 1 不同次数疏解竹材纤维化单板的端面单元宽度

Tab. 1 Bamboo-based mat unit width vs. the number crushed

疏解次数	最大宽度/mm	最小宽度/mm	平均宽度/mm	标准偏差
3	3.15	1.21	1.88	0.50
4	2.70	1.18	1.83	0.42
5	2.62	1.13	1.83	0.35
6	2.38	0.88	1.56	0.40
7	2.17	0.88	1.40	0.35

度逐渐减小。经过 3 次处理后,竹单板端面单元宽度主要分布在 1.49~2.87 mm 之间;而经过 7 次处理后,单元宽度主要分布在 1.06~1.80 mm 之间。

原因是随着疏解次数的增加,竹材的纤维化程度越高,纤维化单板中包含的基本组织越少,故单板的端面单元宽度减小,单板的疏松间隙度提高,树脂越易于进入到单板内部。

2.1.2 间接评价

不同疏解次数的竹材纤维化单板,其浸水率检测结果列于表 2。

表 2 不同次数疏解的竹材纤维化单板的浸水率

Tab. 2 Water absorption of crushed bamboo mat vs. the number crushed

疏解次数	3	4	5	6	7
浸水率/%	52.92	63.38	69.47	70.90	67.19

由表 2 可知,随着疏解次数的增加,单板的浸水率呈先增大后降低的趋势;当疏解次数为 6 时,单板的浸水率最大。疏解次数从 5 次增到 7 次,单板的浸水率变化幅度较小,意味着单板表面的疏松间隙度基本保持不变。

2.2 疏解次数对板材性能的影响

2.2.1 力学性能

经过 3~7 次疏解,制备密度 1.09 g/cm³ 的竹基纤维复合材料试样,其力学性能的检测结果,列于表 3。

表 3 疏解次数对竹基纤维复合材料力学性能的影响

Tab. 3 Crushing effect on composite mechanical properties

疏解次数	MOR/MPa	MOE/GPa	CS/MPa	TS/MPa
3	241.4	25.4	125.6	260.55
4	255.5	25.9	129.5	250.75
5	254.1	28.0	132.5	246.27
6	261.8	26.7	139.2	248.33
7	278.0	26.0	145.2	237.13

表 3 结果表明,在相同密度条件下,随着疏解次数增加,复合材料的 MOR 增长了 15.16%;MOE 呈先增加后降低的趋势,但是整体差异较小,疏解 5 次时达到最大值 28 GPa;抗拉强度 TS 逐渐降低,而抗压强度 CS 逐渐增加。

其原因为,TS 主要取决于纤维本身的力学强度和纤维的比例,随着疏解次数的增加,纤维分离程度越高,竹材的纤维破坏程度亦加深,对纤维本身的力学强度损耗越大,故 TS 逐渐下降;而 CS 主要取决于纤维间的界面强度,随着疏解次数的增加,单板的比表面积随之增大,端面基本单元宽度不断变小,单板的纤维分离度和疏松间隙度越来越高,树脂越易于进入到纤维内部及纤维间的缝隙,从而使纤维间形成增强型的结合,因而 CS 增强。

综合考虑 TS 和 CS 的相互制约关系,需按照产品的应用途径和要求,设计制定疏解工艺。

2.2.2 耐水性能

经过 3~7 次疏解,制得竹基纤维复合材料的耐水性能检测结果,列于表 4。

通过表 4 可知,随着疏解次数由 3 次增至 5 次时,板材的耐水性能迅速改善,其中 4 h 和 28 h 的 TS 分别下降了 11.09%和 12.52%;而疏解次数继续增加,对 TS 的影响作用非常有限,4 h 和 28 h 的 WS 仅下降了 0.06%和 0.66%;在疏解 7 次的条件下,板材的耐水性能达到最佳。

表4 疏解次数对竹基纤维复合材料耐水性能的影响

Tab. 4 Crushing effect on composite water resistance

疏解 次数	水煮 4 h			水煮 28 h		
	TSR/%	WSR/%	WAR/%	TSR/%	WSR/%	WAR/%
3	17.70	3.16	24.89	19.34	3.64	27.73
4	14.30	3.38	22.72	15.74	3.70	25.62
5	6.61	2.22	11.68	6.82	2.23	12.58
6	5.87	1.83	11.40	6.77	2.17	12.83
7	5.95	1.05	8.52	6.16	0.94	8.15

这主要是由于随着疏解次数的增加,纤维化单板的比表面积不断增加,疏松间隙度增加,有利于树脂渗透到纤维中的凹坑、微裂纹及细胞结构中,和纤维形成机械联接及化学键等结合。纤维化程度越高,结合越牢固,使复合材料具有很好的耐水性能。

疏解次数从5次增到7次时,单板的基本单元宽度逐渐减小,而通过浸水率反映的疏松间隙度基本保持不变,因而,疏解次数从5次到7次时,板材的耐水性能增强幅度减缓。

3 结论

1) 在本试验范围内,随着疏解次数由3次增加至7次,竹基纤维复合材料试材的静曲强度呈逐渐增

加的趋势,弹性模量先增加后降低,抗压强度逐渐增加,而抗拉强度逐渐降低,耐水性能亦呈逐渐增强的趋势。

2) 在实际生产中,可通过配置疏解机的数量,调控纤维化竹单板的疏解次数,设计和制备出具有不同物理力学性能的竹基纤维复合材料,满足不同用途的需求。

3) 根据本试验结果,建议:当竹基纤维复合材料要求较高的抗拉强度时,以疏解3次最佳;当要求较高的抗弯强度、抗压强度和耐水性能时,以疏解7次为宜。

参考文献:

- [1] 于文吉. 我国高性能竹基纤维复合材料的研究进展[J]. 木材工业, 2011, 25(1): 6-8, 29.
- [2] 孟凡丹, 余养伦, 祝荣先, 等. 浸渍量对纤维化竹单板层级材物理力学性能的影响[J]. 木材工业, 2011, 25(2): 1-3, 7.
- [3] 祝荣先, 周月, 任丁华, 等. 制造工艺对竹基纤维复合材料性能的影响[J]. 木材工业, 2011, 25(3): 1-3.
- [4] 于雪斐, 孙华林, 于文吉. 结构用慈竹单板层积材的制备工艺与性能[J]. 木材工业, 2011, 25(4): 1-3.

(责任编辑 向琴)

会展资讯

为民族品牌开辟更大舞台

——第17届中国国际家具展9月亮相上海

2011年8月,第17届中国国际家具展组委会,在北京召开新闻发布会,就即将开幕的第17届中国国际家具展览会(Furniture China),向媒体做了详细的宣传和通报。北京地区63家媒体代表与会。

中国国际家具展,由中国家具协会与上海博华国际展览有限公司共同主办,是世界三大家具展之一,每年吸引来自150个国家和地区的10万名观众。第17届展会将于2011年9月14日开幕,同期举办办公家具展、中国家居饰品展、橱柜展、家具生产设备及原辅材料展,以及家具配件及材料精品展。

在内外销贸易形势良好的推动下,2011年的中国国际家具展览会,首次在上海浦东新国际博览中心、上海世博展览馆、吉盛伟邦国际家具村三地同期举办,展览面积实现从30万m²向60万m²的飞跃,展商数增至2600家,还新增了比利时和西班牙展团,海外品牌参展企业数增至150家。

以“从中国制造到中国原创”为主题的原创设计馆,是此届展会的亮点之一。80家品牌企业将展出各具风格的家具新品,其中约87%的展商来自国内主要家具生产基地。

同期举办的办公家具展,将聚焦“环保、创新、时尚、品牌和生活方式”五大关键词,为我国办公家具品牌提供更加多元化、广泛的合作交流平台。

家居饰品展特设海外专区,将带来充满异国情调的灯饰、软装、玻璃制品、装饰品等家居饰品。

橱柜展中,国内首创将厨卫家具产品纳入家具展览展示,以专业的设计与定制,为观众呈现温馨舒适、清新淡雅的现代化厨房与浴室发展潮流。

此外,作为展会的官方线上商贸服务平台,家具在线(furnitureinchina.com)的内外贸网站,将在展会前后为供应商和买家提供更贴心的服务,与业内人士一同共享国际家具美宴。

本刊讯