

“小径竹高效利用技术”专栏

制造工艺对竹基纤维复合材料性能的影响

祝荣先, 周月, 任丁华, 余养伦, 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: 采用冷、热压两种生产工艺, 分别制备不同密度(0.85~1.20 g/cm³)的竹基纤维复合材料, 并检测其物理力学性能。结果表明: 两种生产工艺均可制备出物理力学性能优良的竹基纤维复合材料, 其中: 冷压生产的竹基纤维复合材料的耐水性能较好, 热压生产的竹基纤维复合材料的抗弯性能和抗剪切性能更优。

关键词: 竹基纤维复合材料; 冷压成型; 热压成型; 耐水性能; 力学性能

中图分类号: S795.5; TS653 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2011)03-0001-03

Effect of Manufacturing Methods on Bamboo-Fiber Based Composite Performance

ZHU Rong-xian, ZHOU Yue, REN Ding-hua, YU Yang-lun, 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: The authors made bamboo-fiber based composites with bamboo obtained from a factory. The composites had densities between 0.85 to 1.20 g/cm³ using cold-pressing and hot-pressing methods. The major mechanical and physical properties of these composites were tested. The results showed that both cold-pressing and hot-pressing methods produced composites with high physical and mechanical performance. The composites produced by cold-pressing had better water resistance than those produced by hot pressing. However, the composites produced by hot-pressing had higher bending and shear strengths.

Key words: bamboo-fiber based composite; cold pressing; hot pressing; water resistance; mechanical properties

近年来,竹基纤维复合材料的研发成为生物质材料领域的研究热点。中国林科院木材工业研究所对小径竹利用技术进行了深入研究,制造的竹基纤维复合材料,以其优越的理化性能、结构可设计、性能可控等特点,可应用于风电桨叶、高铁枕轨、建筑结构、室内装修、集装箱底板等诸多特种材料领域^[1]。

在已开展竹基纤维复合材料施胶工艺等研究的基础上^[1-4],笔者利用工厂生产线进行材料的制备,探讨冷、热压不同工业生产模式下,不同密度竹基纤维

复合材料的性能特点,为企业合理选择生产方式提供参考。

1 试验材料及方法

1.1 试验材料

慈竹(*Bambusa distegia*): 产自四川大邑,竹龄3~4年,胸径40~70 mm,竹壁厚3~6 mm;

浸渍用低分子量酚醛树脂(PF)胶: 北京太尔化工有限公司生产,固体含量45.59%,黏度36 mP·s, pH值10~11,水溶倍数为7~8倍。

1.2 竹基纤维复合材料的制备方法

在某工厂生产线上制备复合材料,设计材料的密度区间在0.85~1.20 g/cm³,分别采用冷、热压生产工艺压制成型。

收稿日期: 2011-03-25; 修改日期: 2011-03-29

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863计划)(2010AA101701)。

作者简介: 祝荣先(1978—),女,中国林科院木材工业研究所助理研究员,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。

1.2.1 冷压生产工艺

工艺流程:竹材原竹→剖分→竹束纤维可控分离→干燥→浸渍树脂与干燥→计量→装模→冷压成型→升温固化(带模具)→冷却→卸模→水分平衡→裁边→方材

主要工序特点:

1) 竹束纤维可控分离

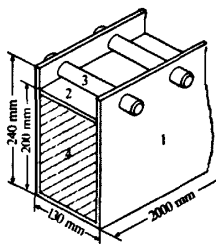
利用专有的非连续点裂技术,将剖分成两半的原竹进行可控分离^[1],得到面密度与体密度一致、长度2 m、宽度10~20 cm的竹束纤维化单板。

2) 浸渍施胶与干燥

将竹束纤维材料干燥至含水率约10%,置于固体含量约15%的PF胶中浸泡5 min,控制浸胶量为13%左右,再气干至含水率约10%。

3) 冷压成型

成型模具如图1所示。根据试验设计的材料密度和体积进行称量;铺装完毕后,合上上盖板并垂直加压;至上盖板降至预定位置后卸压,取出模具及压缩密实的竹方坯料。



1 矩形槽; 2 上盖板; 3 锁定销; 4 竹方坯料。

图1 冷压成型模具

Fig.1 Cold-pressing mould

4) 升温固化与冷却

将竹方坯料连同模具一起送入高温窑内进行升温固化。先在132℃下保持10 h,然后降温至50℃以下时,取出模具与材料,进行窑外冷却。人工卸模后,在室内平衡4~5天,即可进行裁边与锯解加工。

冷压制备成型的方料,目前规格大致为1900 mm×110 mm×200 mm。本试验制备的方材尺寸规格为2000 mm×110 mm×200 mm。

1.2.2 热压生产工艺

工艺流程:竹材原竹→剖分→竹束纤维可控分离→干燥→浸渍树脂与干燥→计量→铺装→热压固化→冷却→裁边→板材

在“计量”工序之前,热压工艺材料的制备流程同冷压工艺,之后其主要生产工序为:

纤维化竹单板顺纹方向排列,手工铺装成板坯;在温度150℃、压力4.5 MPa的条件下进行热压,保温时间为1.3 min/mm;达到保温时间后,缓慢通入冷却水降温,至板材芯层温度低于80℃时卸板。

热压成型板材的幅面为2440 mm×1220 mm,目前多数产品的厚度范围为15~35 mm。本试验制备的板材规格为2400 mm×1220 mm×30 mm。

1.3 竹基纤维复合材料的性能测试方法

冷压方材沿高度方向依次锯解成30 mm厚的片材,热压板材在任意长度或宽度方向截取3块规格为800 mm×600 mm×30 mm的板材,然后按照相应标准规定,制取检测试件。

参照GB/T 17657-1999《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》,检测复合材料的密度、弯曲强度(MOR)和弯曲模量(MOE);参照GB/T 20241-2006《单板层积材》,检测复合材料的水平剪切强度(平行加载和垂直加载)。每个检测项目取6个试件,结果取其平均值。

参考相关企业标准,采用20℃水浸泡处理的方法评价材料的耐水性能。具体方法:将试件放在20℃水中浸泡10 d,每隔24 h取出,参照GB/T 17657-1999,测定其吸水厚度膨胀率(TS)和吸水率(WA)。取6个试件进行测量,试件规格为50 cm×50 cm,测试结果取其平均值。

2 试验结果与讨论

2.1 竹基纤维复合材料的耐水性能

对密度为0.85和1.15 g/cm³的竹基纤维复合材料试样进行TS和WA检测,结果如图2所示。

由图2可见,冷、热压生产工艺制得的竹基纤维复合材料试样,均显示较好的耐水性能。

1) TS:低密度试样的TS均<3%,冷压法试样的TS<2%;较高密度试样的TS均<5%,冷压法试样的TS<4%;且随着浸泡时间的延长,复合材料试样的TS变化趋于平缓。

2) WA:低密度试样的WA均<35%,较高密度试样的WA均<20%,且冷压试样的WA<15%。随着浸泡时间的延长,复合材料试样的WA变化趋于平缓。

从上述比较可知,当密度相同时,冷压工艺材料的耐水性能略高于热压工艺材料。复合材料的耐水性能,与测试方法、原材料组成等多因素有关。冷、热压生产方式对复合材料耐水、耐候性能的影响机理,有待进一步研究。

2.2 竹基纤维复合材料的抗弯性能

不同密度竹基纤维复合材料试样的抗弯性能检测结果,如图3所示。

从图3可以看出,冷、热压工艺生产的竹基纤维复合材料试样,其弯曲强度及弯曲模量均与密度成正比关系。随着密度的增加,试样的抗弯能力增强;在相同密度条件下,冷压法试样的弯曲强度略低,但是两者弹性模量相差并不大。

在成型工艺一定的情况下,材料的抗弯性能主要由三大因素,即竹束纤维体、树脂层、纤维与树脂层的界面性能共同决定。由于冷压时材料先在模具成型、再完成固化,固化过程不再施加压力;而热压时材料在一定压力下完成固化成型,竹束纤维与树脂层间的界面性能较好,因此其弯曲强度较冷压材料高。而材料的弯曲弹性模量主要由竹束纤维体决定^[5],无论采用何种方式制备密度相同的复合材料,其竹束纤维体的含量相同,故抗弯弹性模量的差别较小。

2.3 竹基纤维复合材料的抗剪切性能

图4显示2种工艺制备不同密度的竹基纤维复合材料试样的剪切性能。

从图4可以看出,冷、热压工艺生产的竹基纤维复合材料试样,其剪切强度均与密度成正比关系。当材料密度相同时,热压材料在垂直方向和水平方向的剪切强度均较高,说明在热压方式下,竹束纤维体和树脂层间界面层的结合性能较冷压方式高。

3 结论

1) 采用冷、热压生产工艺,均可制造出密度范围广、物理力学性能优良的竹基纤维复合材料。

2) 在相同密度条件下,热压工艺制备的竹基纤维复合材料,其抗弯性能和抗剪切性能,均高于冷压工艺制备的竹基纤维复合材料。

3) 企业可以根据竹基纤维复合材料产品的用途定位来选择生产工艺。在满足基本物理力学性能要求的前提下,如果注重铺装过程的简捷,以及材料的

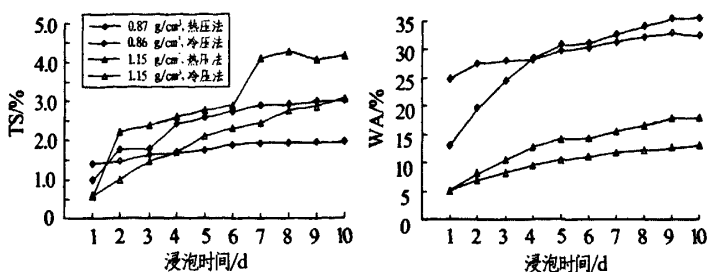


图2 竹基纤维复合材料的耐水性能

Fig. 2 Water resistances of bamboo-fiber based composites

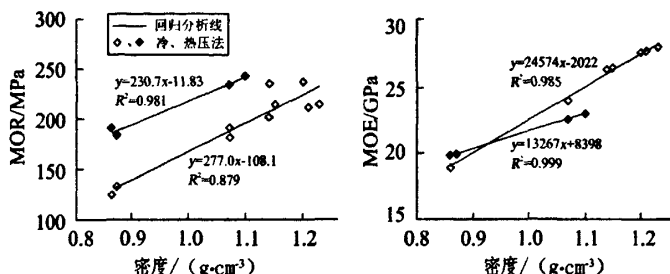


图3 竹基纤维复合材料的抗弯性能

Fig. 3 Bending properties of bamboo-fiber based composites

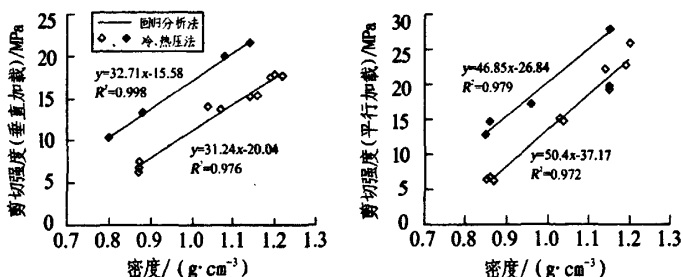


图4 竹基纤维复合材料的剪切性能

Fig. 4 Shearing strengths of bamboo-fiber based composites

装饰效果,可选择冷压生产工艺;而要突出材料的力学性能时,建议选择热压工艺进行生产。

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] 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.
- [3] 秦莉, 于文吉, 余养伦. 重组竹耐腐防霉性能的研究[J]. 木材工业, 2010, 24(4): 9-11.
- [4] 孟凡丹, 余养伦, 于文吉, 等. 浸胶量对纤维化竹单板层积材物理力学性能的影响[J]. 木材工业, 2011, 25(2): 1-3, 7.
- [5] 沈观林, 胡更开. 复合材料力学[M]. 北京: 清华大学出版社, 2006.

(责任编辑 向琴)