

“竹基复合材料”专题

后期热固化处理对竹基 纤维复合材料性能的影响

祝荣先, 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: 对竹基纤维复合材料进行两种条件(80℃处理8h和50℃处理24h)的热固化处理后,观测其表面形貌,并进行拉伸、压缩、水平剪切性能以及疲劳性能检测。结果表明:经过热固化处理后,竹基纤维复合材料表面有不连续的微小裂纹产生,其拉伸、压缩、水平剪切性能略有提高,疲劳性能则无显著变化。

关键词: 竹基纤维复合材料; 热固化处理; 拉伸性能; 压缩性能; 水平剪切性能; 疲劳性能

中图分类号: S795.5; TS653

文献标识码: A

文章编号: 1001-8654(2012)04-0001-04

Influence of Post Heat Treatment on Mechanical Performance of a Bamboo-based Fiber Composite

ZHU Rong-xian, 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: Bamboo-based fiber composite specimens, developed for wind turbines, were heat treated at 80℃ for 8 hours and 50℃ for 24 hours. Their surface appearance and some mechanical performances were then evaluated. The results showed that some small and discontinuous cracks were observed after the heat treatment. However, the heat treatment had no obvious influence on the mechanical properties. The treated composite had slightly improved tension, compression, horizontal shear strength properties.

Key words: bamboo-based fiber composite; heat treatment; tension properties; compression properties; horizontal shear strength; fatigue properties

竹基纤维复合材料由热固性树脂胶合而成,其体系中包含竹材增强体、树脂基体以及竹材-树脂界面,性能由三者共同决定,三因素对材料性能的影响关系,前期已作了较多的研究^[1-5]。

在竹基纤维复合材料利用的研究与开发中,用于制作风电叶片是该材料高附加值利用的范例^[6]。在

研制过程中发现,当竹基纤维复合材料与玻璃纤维、环氧树脂一起,在80℃下加热8h进行后期固化处理时,其表面易出现微小裂纹。因此,研究后期处理条件对材料性能影响非常有意义。

本试验以风电叶片用竹基纤维复合材料为研究对象,以叶片制作后期的热固化工艺条件,为热固化处理试验的条件,分析热固化处理过程对竹基纤维复合材料表面形貌以及拉伸、压缩、水平剪切、疲劳等力学性能的影响,以期风电叶片用竹基纤维复合材料的科学设计提供技术支持。

收稿日期: 2012-05-10; 修改日期: 2012-06-05

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项基金(CAFINT2011K03)。

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。

1 材料与方法

1.1 材料制备

按文献 6 进行竹基纤维复合材料的制备,3 种试样的密度分别为:1.08、1.15、1.20 g/cm³。

1.2 试验设计

首先考察微裂纹对竹基纤维复合材料性能的影响,在保证树脂体系能够完全固化的条件下,尝试通过降低热固化温度并延长热固化时间的措施,如本试验选择在 50 ℃ 下加热 24 h,以避免复合材料表面裂纹的产生。

因此,将锯制的拉伸、压缩、剪切及疲劳性能检测试件,置于 80 ℃ 和 50 ℃ 的鼓风干燥箱中,分别处理 8 h 和 24 h。将处理后的试件置于环境温度 25 ℃、相对湿度 75% 的条件下,进行平衡处理,调节含水率至 4%~6%。

1.3 测试方法

1.3.1 表观形貌

用肉眼及超景深三维显微系统(VHX 1000),观测热固化处理前后竹基纤维复合材料的表观形貌。

1.3.2 性能测试

1) 对 3 种不同密度的竹基纤维复合材料试样进行热固化处理后,其拉伸、压缩性能的测试参照文献 6 进行;水平剪切性能的测试参照 GB/T 20241-2006《单板层积材》进行。

2) 选择密度为 1.15 g/cm³ 的竹基纤维复合材料,按照文献 6 制作疲劳试件,经 80 ℃ 处理 8 h 的热固化处理及后续的平衡处理,分别对热固化处理前后的试件进行拉-压($R=-1$)疲劳性能测试,疲劳加载载荷为 105 MPa。

2 结果与讨论

2.1 竹基纤维复合材料的表观形貌

无论经过 80 ℃、8 h 还是 50 ℃、24 h 的热固化处理,肉眼均可观察到,竹基纤维复合材料的侧表面产生了非连续的微小裂纹,裂纹长度一般 ≤ 2 cm。

图 1a 显示:未经热固化处理的竹基纤维复合材料表面平滑;而经过热固化处理的竹基纤维复合材料(见图 1b),表面裂纹深度约为 45.65 μm ,宽度约为 517.2 μm 。

从裂纹产生的数量及形状来分析,80 ℃、8 h 与

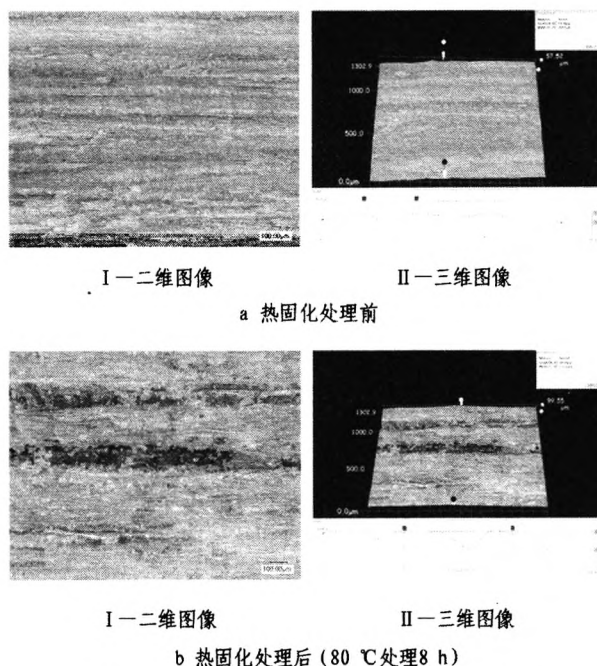


图 1 竹基纤维复合材料表面超景深图像

Fig. 1 Surface appearance before and after heat treatment

50 ℃、24 h 两种条件处理的试件无本质区别。从保证生产效率方面考虑,选用 80 ℃ 的热固化处理条件更适宜。

2.2 竹基纤维复合材料的力学性能

2.2.1 拉伸、压缩、水平剪切性能

热固化处理一方面使胶黏剂大分子固化完全,强化树脂基体以及竹材-树脂界面性能,提高材料的力学性能;另一方面,若热固化处理时间较长,则会致使树脂基体以及竹材增强体发生降解,从而对材料性能产生负面影响。本试验中,热固化处理前后 3 种密度试样的拉伸、压缩以及水平剪切性能如图 2 所示。

从图 2 可知,经过两种条件的热固化处理后,随着密度从 1.08 g/cm³ 增大到 1.20 g/cm³,材料的拉伸强度、拉伸弹性模量、压缩强度、压缩弹性模量、水平剪切强度均增大,与前文^[6]中未进行热固化处理的竹基纤维复合材料的性能变化趋势一致。

图 2a 显示,两种热固化处理条件对材料的拉伸性能没有明显影响。经过 80 ℃、8 h 的处理,3 组试件的拉伸强度,分别比未处理试件提高 1.88%、2.64%、0.4%,拉伸模量基本没有变化;在 50 ℃ 处理 24 h 的条件下,3 组试件的拉伸强度分别提高了 0.88%、1.82%、0.25%,拉伸模量亦基本无变化。

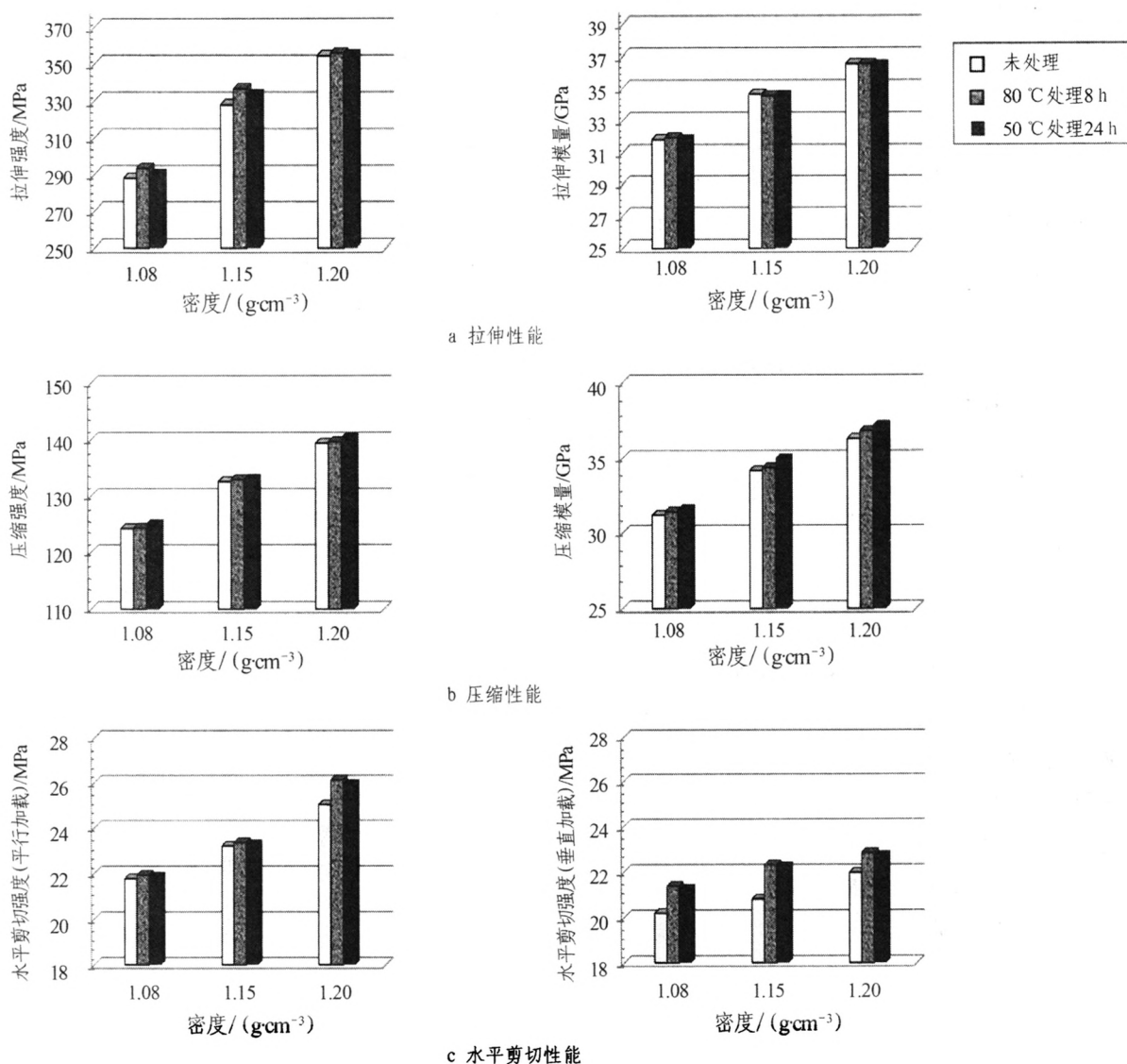


图2 不同处理条件下材料的拉伸、压缩和水平剪切性能

Fig. 2 Performance with different densities under different heat treatments

从图2b可以看出,两种热固化处理条件对材料的压缩性能影响亦不大。在80 °C处理8 h条件下,3组不同密度试件的压缩强度,分别比未处理对照试件提高了0.08%、0.30%、0.19%,压缩模量分别提高了0.71%、0.56%、1.40%;50 °C处理24 h的条件下,3组试件的压缩强度,分别比未处理对照试件提高了0.73%、0.47%、0.25%,压缩模量提高了1.30%、2.42%、2.51%。

两种热固化处理条件均使材料的水平剪切性能有所增强,如图2c所示。在80 °C处理8 h的条件下,3组试件平行加载时,水平剪切强度比未处理试件分别提高了0.69%、0.65%、4.39%;垂直加载时,

分别提高了5.84%、7.21%、3.96%。在50 °C处理24 h条件下,平行加载时,水平剪切强度比未处理试件分别提高了0.51%、0.43%、3.71%;垂直加载时,分别提高了5.35%、6.97%、3.50%。

图2的分析结果表明,经过本文中所述条件的热固化处理后,在1.08~1.20 g/cm³密度区间范围内,竹基纤维复合材料的拉伸强度、拉伸弹性模量、压缩强度、压缩弹性模量、水平剪切强度,均随密度的增大而增大;说明热固化处理过程不但没有降低其力学性能,反而有所提高,材料表面形成的微小裂纹对其力学性能未造成影响。因此可以认为:本研究设定的两种热固化处理条件,可促使材料中胶黏剂大分子完成

进一步固化,强化树脂基体以及竹材-树脂的胶合界面性能,水平剪切强度在热固化处理后有一定程度的提高,同样证明了这一点。

另外,从图2可以看出,80℃处理8h与50℃处理24h,对材料力学性能的影响趋势和影响程度均大致相同。从保证生产效率方面考虑,选用80℃的热固化条件更合适。

2.2.2 疲劳性能

表1 竹基纤维复合材料的疲劳性能

Tab. 1 Fatigue properties of bamboo-based fiber composite specimens

加载载荷/ MPa	lgN ^[6]	
	未处理	80℃处理8h
105	5.00	5.12
105	5.16	5.26
105	5.40	5.17

从表1可以看出,经过80℃处理8h后,竹基纤维复合材料试样的疲劳性能在热固化处理前后没有明显变化,说明热固化处理虽然使试件表面产生了微小裂纹,但未对材料的疲劳性能产生不利的影响。通常复合材料的疲劳破坏不是由表层单一裂纹控制的,多在高应力区积聚较大规模的损伤,并造成应力集中后,材料才会发生破坏。

3 结论

1) 在本试验条件下,经过热固化处理后,竹基纤维复合材料表面有不连续的微小裂纹产生,裂纹产生的数量及形状与热固化处理条件的选择(80℃处理8h、50℃处理24h)关系不大。

2) 经过两种条件的热固化处理后,竹基纤维复合材料的拉伸、压缩、水平剪切性能略有提高,疲劳性能无显著变化。

3) 从生产效率方面考虑,竹风电叶片制作后期的热固化处理条件,选用80℃处理8h更有利。

参考文献:

- [1] 孟凡丹,余养伦,祝荣先,等. 浸渍量对纤维化竹单层级材物理力学性能的影响[J]. 木材工业,2011,25(2):1-3.
- [2] 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.
- [3] 于雪斐,孙华林,于文吉. 结构用慈竹单层级材的制备工艺与性能[J]. 木材工业,2011,25(4):1-3.
- [4] 张亚慧,孟凡丹,于文吉. 疏解次数对竹基纤维复合材料性能的影响[J]. 木材工业,2011,25(5):1-4.
- [5] 张亚慧,祝荣先,于文吉,等. 浸胶竹纤维化单板干燥温度对竹基纤维复合材料性能的影响[J]. 木材工业,2011,25(6):1-4.
- [6] 祝荣先,于文吉. 风电叶片用竹基纤维复合材料力学性能的评价[J]. 木材工业,2012,26(3):7-10.

(责任编辑 向 琴、孟凡丹)

第9届青岛国际家具暨木工机械展完美落幕

第9届青岛国际家具暨木工机械展于2012年4月23日圆满落幕。本届展会的总规模超过了10万m²,共有581家参展企业,覆盖了山东及周边十余个省市,专业观众8.2万人次,非专业观众2.2万人次。展会特点:

1) 展会对北方二三四级市场强大的渗透力,吸引了省外企业纷纷而来,数量较往年增加3倍。

2) 实木家具馆扩充至2个馆,青岛一木、青岛良木等品牌现场签单量超出预期;红木家具企业个体品牌数量明显增加;首度开辟了办公家具专门展区。

3) 山东软体沙发基地淄博——周村、古典红木家具之乡——西河、桌椅之乡——宁津和木工机械名城——青岛等4个特色区域组团参展,并扩大面积,以更高端的形象整体亮相,区域品牌形象和影响力得

到大幅提升。

青岛木工机械协会还整合了烟威、济南及东三省、广东等地知名木工机械生产商,携最新的技术产品亮相。

4) “2012全国木工机械采购大会”的成功举办,迎合产业发展大环境,实现了机械产业与家具产业的全产业链优势对接;同期举行了“山东家具品牌建设与齐鲁文化传承发展高峰论坛”,成立了山东家具专家顾问团、品牌联盟、媒体联盟三大战略组织。

青岛家具及木工展走差异化发展的路线,为山东省及周边省份的企业开辟了新的市场途径,成效显著。展会将继续发挥自身创新优势,践行差异化发展之路,搭建优质贸易平台,以更高的品质,迎接2013年青岛国际家具暨木工机械展十周年的庆典。 本刊讯