

研究与开发

木/麻/PP 纤维含量对复合材料性能的影响

郭文静, 范留芬, 陈正坤, 王 正

(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: 采用无纺织气流成型织坯再热压的工艺, 研究汽车内饰用木/麻/PP 纤维三元复合材料中, 3 种纤维含量对复合材料性能的影响。研究表明, 增加 PP 纤维含量, 可以提高复合材料的静曲强度和耐水性; 麻纤维含量增加对提高材料的强度影响显著, 但耐水性略有下降。当 PP 纤维含量为 40%、麻纤维为 30%、木纤维 30% 时, 复合材料的性能较佳。

关键词: 木纤维; 麻纤维; 聚丙烯(PP)纤维; 复合材料; 性能

中图分类号: TS653; TQ321

文献标识码: A

文章编号: 1001-8654(2007)02-0008-03

The Effects of Wood/Jute/Polypropylene Fiber Contents on the Properties of the Composite

GUO Wen-jing, FAN Liu-fen, CHEN Zheng-kun, WANG Zheng

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry;

Key Lab of Wood Science and Technology of State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

Abstract: The effects of the different fiber contents on the properties of the Wood fiber/jute fiber/polypropylene fiber composite are discussed in this paper. The composites are formed with nonwoven air formed method in mats and are pressed in panels. The results indicate that the MOR and water resistance properties of the composites were improved by adding much more PP fibers. Increasing jute fiber can improve the MOR and MOE of the composites obviously, but the water resistance properties are decreased at the same time. The composite will get the best properties while it consists of 40% PP fiber, 30% jute fiber and 30% wood fiber.

Key words: wood fiber; jute fiber; polypropylene(PP) fiber; composite; property

天然纤维复合材料除保持了木质材料优良的隔音、隔热及环境调湿功能外, 还具备了纯木质材料所不具有的压延变形功能和较高的强度, 因而可制成各种形状复杂、耐候性能优良和尺寸稳定性好的异型工程材料^[1-2]。世界各大汽车公司均采用天然纤维增强复合材料作内饰件, 及各种车用成型模压制品, 如轿车的护板顶棚, 行李架等^[3]。

木材、麻等植物纤维由于其可再生利用、废弃后

环境负担小而被越来越广泛的重视和应用^[4]。近年来, 随着汽车工业的发展, 以木、麻纤维增强的聚丙烯(PP)纤维热塑性复合材料模压制品, 正渐渐替代现有的热固性复合材料模压制品, 市场占有率逐年增加^[4-5]。由于天然麻纤维与 PP 纤维原料价格均较高, 企业期望开发出一种性能完全达到麻纤维/PP 纤维复合材料性能, 而成本较低的复合材料。基于这种需求, 笔者在木纤维复合工程材料制备技术的基础上^[6], 通过改变木纤维/麻纤维/PP 纤维的配比, 进行复合材料的物理力学性能研究, 选出较优的三元复合材料工艺配比, 为进一步的产品设计提供依据。

收稿日期: 2006-05-09; 修改稿: 2007-02-28

基金项目: 国家高技术研究发展(863)计划课题(2002AA245141)。

作者简介: 郭文静(1970—), 女, 中国林科院木材工业研究所副研究员。

1 试验材料与方法

1.1 试验材料

木纤维 杨木(*Populus* × *eurameicana* cv. 'I-214')枝桠材木片,经汽蒸热磨制成专用细长纤维^[6];

麻纤维 黄麻(*Corchorus capsularis*)纤维,直径约 0.04 mm,平均长度 20 mm;

聚丙烯(PP)纤维 规格:3d-51,购于北京燕山石化公司;

聚丙烯(PP)无纺布 购于北京燕山石化公司, 定量 40 g/m^2 ; 为复合材料气流成型时垫衬材料。

1.2 试验设备

HSS100 型纤维开松机;SFB213 型纤维梳理机;
混杂纤维开松机;混杂纤维气流成网机;PZZ1 型预针刺机;PZZ2 型主针刺机;Y71-100 型热压机;QD-100
型冷压机;万能力学试验机。

1.3 试验方法

三元复合材料的制备采用无纺布气流成型工艺，主要工艺流程：

PP 纤维束→开松、梳理→成网
麻纤维束→开松、梳理
木纤维

定量混合
定量混合开

松→混合纤维气流铺装→预针刺→主针刺→裁截→压板

板材的目标密度 1.0 g/cm^3 , 尺寸: $32 \text{ cm} \times 32 \text{ cm} \times 0.3 \text{ cm}$ 。热压工艺: 温度 190°C , 时间 5 min , 压力 2 MPa 。热压后进行冷处理, 以防止板材变形。

1.4 性能测试

根据 GB/T 17657-1999《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》测试板材的密度、静曲强度(MOR)、弯曲弹性模量(MOE)、24 h 吸水厚度膨胀率(TS)、24 h 吸水率(WA)。

1.5 试验设计

采用全因子试验,试验因子及水平和试验条件见表1。根据研究^[6],PP纤维在复合材料中主要起支撑板坯强度和粘结木、麻纤维作用,用量不宜过少,但考虑到PP纤维的成本较高,故设计取添加量20%,30%和40%。麻纤维的售价也远高于木纤维,作为麻纤维/PP纤维的替代品,希望用尽可能少的麻纤维。确定选用10%、20%和30%3个水平。

2 结果与讨论

木/麻/PP 纤维复合材料板材的性能检测结果见表 1。将试验结果进行方差分析和多重比较(LSD), 得到表 2 和表 3。

表 1 试验条件及性能测试结果
Tab. 1 The experimental conditions and test results

试验号	试验条件			检测结果(平均值)				
	PP 纤维/%	麻纤维/%	木纤维/%	密度/(g · cm ⁻³)	MOR/MPa	MOE/MPa	WA/%	TS/%
1	20	10	70	1.00	44.52	3678	8.32	12.81
2	20	20	60	1.00	48.95	3752	11.49	16.02
3	20	30	50	1.04	50.54	4005	12.26	15.05
4	30	10	60	1.05	46.18	3535	5.50	7.76
5	30	20	50	1.07	52.28	4045	7.07	7.49
6	30	30	40	1.03	53.39	4005	8.74	12.69
7	40	10	50	1.03	48.90	3580	5.17	7.15
8	40	20	40	1.05	53.73	3950	4.61	5.77
9	40	30	30	1.06	60.29	4229	4.84	6.81

注:3种纤维总的百分含量为100%。

表 2 三元复合材料板材物理力学性能方差分析
Tab. 2 ANOVA for properties of the composite

变异来源	自由度	平方和	均方	F 值	显著性
MOR					
变量	4	1469	367	17.14	<0.0001
PP 纤维含量	2	694	542	12.64	<0.0001
麻纤维含量	2	483	928	21.64	<0.0001
误差	76	1629	21		
总计	80	3099			
MOE					
变量	4	3397191	849298	2.91	0.0268
PP 纤维含量	2	157847	78923	0.27	0.7637
麻纤维含量	2	3239344	1619671	5.55	0.0056
误差	76	22169639	291706		
总计	80	25566830			
TS(24 h)					
变量	4	537	134	27.45	0.0001
PP 纤维含量	2	465	232	47.55	0.0001
麻纤维含量	2	72	36	7.36	0.0012
误差	76	371			
总计	80	908			
WA(24 h)					
变量	4	981	245	28.17	0.0001
PP 纤维含量	2	904	452	51.93	0.0001
麻纤维含量	2	77	38	4.41	0.0154
误差	76	662	8.7		
总计	80	1643			

从表 2 结果可见,PP 纤维和麻纤维含量对板材的 MOR、MOE、TS 及 WA 的影响中,除 PP 纤维含量对 MOE 影响不显著外,其他均显著。

1) MOR 从表 3 和图 1 可以看出,PP 纤维含量由 20%增加到 40%,板材的 MOR 随之增加。这是因为在复合材料中,PP 纤维受热后会熔融流展,并具有一定的黏性,使 3 种纤维之间相互粘结。随着 PP 含量的加大,纤维间粘结率亦增大,板材的强度增加。而且从表 3 的多重比较可看出,PP 含量在 40%与 30%之间,板材的 MOR 差异显著;而 20%和 30%之间的差异不很显著。可见,如需要提高复合材料的强度,应选用 PP 纤维的含量 40%。

表 3 不同纤维含量对复合材料物理力学性能影响的多重比较

Tab. 3 The LSD test for the effects of fiber contents on properties of the composites

性能	纤维种类	纤维含量/%	样本量	平均值	t 检验
MOR (LSD=3.01)	PP 纤维	20	27	48.00	B
		30	27	50.62	B
		40	27	54.31	A
	麻纤维	10	27	46.53	C
		20	27	51.66	B
		30	27	54.74	A
MOE (LSD=351)	PP 纤维	20	27	3811	A
		30	27	3861	A
		40	27	3920	A
	麻纤维	10	27	3597	B
		20	27	3915	AB
		30	27	4079	A
TS (LSD=1.20)	PP 纤维	20	27	10.69	A
		30	27	7.10	B
		40	27	4.87	C
	麻纤维	10	27	6.33	B
		20	27	7.72	A
		30	27	8.62	A
WA (LSD=1.60)	PP 纤维	20	27	14.63	A
		30	27	9.31	B
		40	27	6.58	C
	麻纤维	10	27	9.24	B
		20	27	9.76	B
		30	27	11.52	A

注：表中 A、B、C 字母表示试验水平间差异显著性。

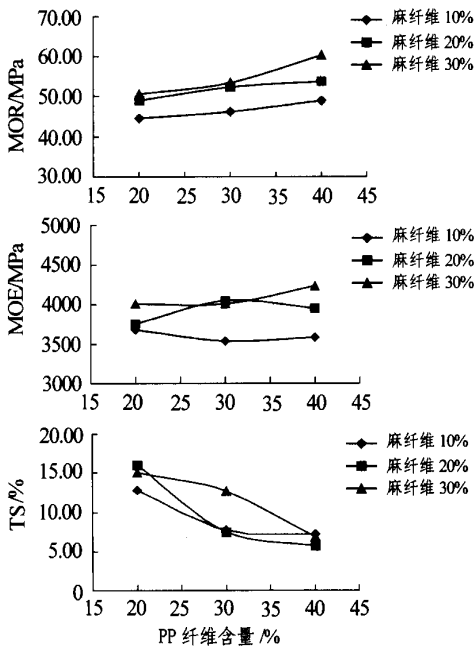


图 1 木/麻/PP 纤维复合材料的物理力学性能
Fig. 1 The properties of the wood/jute fiber/PP fiber composites

2) MOE 从表 3 也可见, MOE 随着麻纤维含量的增加而增加, 而且不同含量之间复合材料的 MOE 差异亦较显著。麻纤维比木纤维的纤维长, 所以麻纤维含量增加后, 复合材料的 MOE 增加。而 PP 纤维含量对 MOE 影响不显著。

3) TS 表 2 的数据分析表明, 麻纤维含量对复合材料耐水性的影响也很显著, 而且由图 1 可见, 随着复合材料中麻纤维含量的增加, 复合材料的耐水性下降, 说明麻纤维比木纤维更易吸水。

4) WA PP 纤维和麻纤维对 WA 的影响, 与 TS 基本相同。

3 结论

1) 在复合材料中麻纤维和木纤维的含量对复合材料的性能有非常显著的影响。

2) 增加 PP 纤维含量, 可以提高复合材料的 MOR 和 TS, 但对 MOE 影响不显著。

3) 麻纤维作为一种天然的长纤维材料, 对提高复合材料的强度有显著效果, 但麻纤维含量过高, 复合材料的耐水性会有所下降。

4) 经本试验确定, PP 纤维含量 40%, 麻纤维 30%, 木纤维 30% 配比时, 复合材料的物理力学性能最佳。在实际应用中, 选择适合的 PP 和麻纤维含量, 可制备出满足各种性能要求的复合材料。

参考文献:

[1] Englund K R, Wolcott M P, Hermanson J C. The compression of wood/thermoplastic fiber mats during consolidation [J]. Composites: Part A: applied science and manufacturing, 2004 (35): 273-279.

[2] Clemons C. Wood-plastic composites in the united States: the interfacing of two industry[J]. Forest Products Journal, 2002, 52 (6): 10-18.

[3] 中国林科院木材工业研究所木质纤维复合材料专题组. 木/塑纤维复合材料在轿车工业中的应用前景[J]. 木材工业, 1997, 11(5): 27-28.

[4] Suddell B C, Evans W J. The increasing use and application of natural fiber composite materials within the automotive industry [C]. The Seventh International Conference on Woodfiber-Plastic Composites, 2001: 7-14.

[5] Kaup M, Karus M, Ortmann S. Evaluation of a market survey 2002: the use of natural fibers in composite materials in the German and Austrian automotive industry (status 2002, analysis and trends)[R]. "EcoComp 2003" An International Conference on Eco-Composites, London, 2003: 1-9.

[6] 中国林科院木材工业研究所木质纤维复合材料专题组. 聚丙烯纤维对木/塑纤维复合材料性能影响的初步研究[J]. 木材工业, 1997, 11(6): 5-7.

(责任编辑 鲍加芬)