

工业大麻/聚丙烯纤维复合材料配比及密度 对其性能的影响

由佳¹, 仇洪波², 张冉², 常亮²

(1. 中国林科院资源信息研究所, 北京 100091; 2. 中国林科院木材工业研究所, 北京 100091)

摘要: 采用工业大麻纤维与聚丙烯(PP)纤维制备复合材料, 考察密度、纤维配比对复合材料物理力学性能的影响。结果表明: 随着密度的增加和大麻纤维用量的减少, 复合材料的静曲强度增加, 耐水性能改善; 当密度为 0.8 g/cm³, 大麻纤维与 PP 纤维配比为 3:7 时, 复合材料的力学性能满足 DB 44/T 349-2006《木塑复合材料 技术条件》中家具及装修用复合材料的力学性能要求, 但耐水性能还有待进一步提高。

关键词: 大麻纤维; 聚丙烯(PP)纤维; 复合材料; 密度; 配比; 物理力学性能

中图分类号: TS653; TQ342; V258 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654 (2018) 05-0011-03

Influence of Hemp / Polypropylene Ratio and Density on the Properties of Wood-Plastic Composites

YOU Jia¹, QIU Hong-bo², ZHANG Ran², CHANG Liang²

(1. Research Institute of Forest Resource Information Techniques, Chinese Academy of Forestry (CAF), Beijing 100091, China;

2. Research Institute of Wood Industry, CAF, Beijing 100091, China)

Abstract: A kind of wood-plastic composites (WPCs) was made from hemp fibers and polypropylene (PP) fibers. Effect of density and ratio of the hemp fibers to PP fibers on physical and mechanical properties of the WPCs samples were investigate.

The results showed that increased mechanical properties and improved water resistance of the WPCs were observed with increasing WPCs density and reduced hemp fibers usage. The mechanical properties of the WPCs with 0.8 g/cm³ in WPCs density and 3:7 in ratio of the hemp fibers to PP fibers could meet requirement for furniture and decoration in standard DB 44/T 349-2006. Water proof performance of the WPCs needs to be further improved.

Key words: hemp fiber; polypropylene fiber; composite; density; ratio; physical and mechanical properties

工业大麻 (*Cannabis sativa*) 是人类所需纤维和

食品的重要来源, 被广泛用于制造绳索、帆布、纺织服装、纸张、食品和油料等; 同时在生物制药、复合材料、生物质能源等新兴领域, 也具有发展潜力和前景^[1-4]。我国大麻种植面积和产量均居世界首位, 每年种植面积约 3 万~5 万 hm², 在黑吉辽、陕甘宁蒙、云贵川以及皖鲁豫等地分布较广^[5]。对于大麻废弃物——麻秆的处理方式多为就地焚烧, 浪

收稿日期: 2017-12-19; 修改日期: 2018-07-31

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中国林业科学研究院青年基金“聚丙烯/杨木单板复合界面形成机理和平价研究”(CAFYBB2014QA020)。

作者简介: 由佳 (1984—), 女, 中国林科院资源信息研究所站博士后。

费资源且污染环境,因此亟需开发大麻杆利用的新途径。

大麻纤维强度高、比重轻,可以作为复合材料的增强体^[6],从而提高其附加值。由大麻与聚丙烯(Polypropylene, PP)纤维制备的复合材料,拉伸性能好、质地轻薄、绿色环保,可用于汽车、家具制造、建筑及装潢等领域。

前期研究表明,纤维配比和密度对复合材料的性能均有影响^[7-9]。在一定范围内,木纤维的比例增加,有助于改善复合材料的理化性能;但木纤维用量过多,易产生团聚现象,导致其理化性能降低。随着复合材料密度增大,其密实度增加,复合材料中纤维间的孔隙减少,理化性能得到改善。但关于纤维配比和密度对大麻/PP纤维复合材料性能的影响尚鲜有研究。

鉴于此,笔者以工业大麻纤维和PP纤维为原料制备复合材料,分析密度、纤维比对复合材料性能的影响,探索利用大麻纤维制备低密度复合材料的可行性,以期复合材料的原料来源开拓及制备工艺优化,提供技术依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

- 1) 工业大麻纤维:长度0.3~1.1 mm,热磨自制;
- 2) PP纤维:长度6.8 cm,纤度5~10 dtex,外购。

1.2 仪器设备

热压机、高速混合机、万能力学试验机。

1.3 试验设计

根据前期研究,采用单因素试验。

- 1) 固定大麻纤维与PP纤维的质量配比为1:1,设计6种密度水平,分别为:0.55、0.60、0.65、0.70、0.75、0.80 g/cm³;

- 2) 设定复合材料的密度为0.80 g/cm³,设计4种大麻/PP纤维的质量配比,分别为:6:4、5:5、4:6和3:7。

1.4 板材制备

将大麻纤维和PP纤维按比例称量后混合均匀,手工铺装。试板的幅面规格为350 mm×350 mm,板厚10 mm。

热压工艺参数:参考前人的研究^[10],并保证PP纤维(熔点为170℃)完全熔融,设定热压温度为190℃,时间16 min,压力3~4 MPa。每个条件重复制备3块板材。

1.5 性能测试

按照GB/T 17657-2013《人造板与饰面人造板理化性能试验方法》及DB 44/T 349-2006《木塑复合材料 技术条件》,测试和评价复合材料的静曲强度(MOR)、弹性模量(MOE)、24 h吸水率(WA)、24 h吸水厚度膨胀率(TS)等指标。

每种试验条件取5个有效试样进行测试,结果取平均值。

2 结果与分析

2.1 试板密度的影响

不同密度的大麻/PP纤维复合材料的物理力学性能,测试结果见表1。

表1 不同密度复合材料试板的物理力学性能
Tab.1 Physical and mechanical properties of WPCs samples with different densities

序号	实测密度/ (g·cm ⁻³)	MOR/ MPa	MOE/ MPa	24 h WA/ %	24 h TS/ %
1	0.54	7.49	766	48.61	4.75
2	0.61	8.31	855	45.25	4.60
3	0.66	14.06	1 594	40.33	4.39
4	0.69	14.52	1 623	28.76	4.39
5	0.74	14.97	1 668	28.75	4.29
6	0.80	19.56	1 882	20.60	3.24
标准 限值	家具及装修用材 结构用材	≥14 ≥19	≥1 500 ≥1 900	≤6.0	≤3.0

表1结果显示,随着复合材料试板密度的增加,其静曲强度和弹性模量呈增大的趋势;同时,24 h吸水率和吸水厚度膨胀率值降低,表明其耐水性能得到改善。

原因是当复合材料的密度增大时,大麻纤维与PP纤维之间的孔隙减少,结合更加紧密,抵抗载荷的能力增强^[11-12];同时,减少了水分进入材料的内部通道,复合材料的耐水性能提高。

当复合材料的密度为0.80 g/cm³时,其MOR和MOE可满足DB 44/T 349-2006《木塑复合材料 技术条件》中家具及装修用木塑复合材料的指标要求,

但略低于结构用木塑复合材料的力学性能的要求；复合材料的24 h吸水厚度膨胀率接近标准要求，但24 h吸水率远远高于标准要求。因此，大麻/PP纤维复合材料的耐水性能有待于进一步改善。

2.2 试板纤维配比的影响

选取大麻/PP纤维复合材料的密度为0.80 g/cm³，考察不同大麻纤维、PP纤维配比制备的复合材料试板的物理力学性能，测试结果及性能间的差异分析列于表2。

表2 不同纤维配比的复合材料试板物理力学性能
Tab.2 Physical and mechanical properties of WPCs samples with different ratios of hemp fibers and PP fibers

序号	m(大麻): m(PP)	MOR/ MPa	MOE/ MPa	24 h WA/ %	24 h TS/ %
1	6:4	16.94 a	1 551 a	61.69 a	6.15 a
2	5:5	19.56 b	1 882 b	20.60 b	3.24
3	4:6	21.99 c	1 268 c	23.01 c	3.86
4	3:7	23.91 d	1 159 d	17.52 d	1.92
标准限值		≥14	≥1 500	≤6	≤3

注：同列不同的字母表示性能间存在显著差异（ $P < 0.05$ ）。

由表2可知，随着大麻纤维用量的增加，复合材料的静曲强度和耐水性能呈降低的趋势，弹性模量则呈相反趋势。

原因是大麻纤维较蓬松，随着其用量的增加，纤维之间易出现团聚现象，影响纤维之间的流动性，使得大麻纤维与PP纤维之间的混合均匀性降低；另外，大麻纤维的表面官能团呈极性，与非极性的PP纤维相容性差，界面结合力弱，因此，当大麻纤维的比例较高时，会造成大麻/PP纤维复合材料的静曲强度降低^[13]。

大麻纤维本身的弹性模量高于PP纤维^[14]，其用量增加，有利于复合材料的弹性模量增强，且大麻纤维对提高复合材料弹性模量的贡献，大于物料混合不均产生的不利影响，因此，复合材料的弹性模量增加。

大麻纤维本身含有大量的羟基，极易吸水，其用量增加，也导致复合材料中吸水基团增加；因此，复合材料的24 h吸水率和吸水厚度膨胀率值变大，耐水性能降低。

当大麻/PP纤维的质量配比为3:7时，复合材料的静曲强度、弹性模量和24 h吸水厚度膨胀率等

指标均满足DB44/T 349-2006中家具及装修用木塑复合材料的要求；但24 h WA尚不能满足DB44/T 349-2006的标准限值。

3 结论

1) 在本试验范围内，随着复合材料密度的增加和大麻纤维用量的减少，其静曲强度呈增加的趋势，耐水性能得到改善。

2) 在本试验条件下，复合材料密度0.80 g/cm³，大麻与PP纤维的配比为3:7时，试板的力学性能可满足DB 44/T 349-2006《木塑复合材料 技术条件》中，家具及装修用材的性能指标要求，但耐水性能尚未达标，有待进一步提高。

3) 后续将进一步研究在复合材料中添加偶联剂、耐水剂、润滑剂等试剂，来改善大麻/PP纤维复合材料的尺寸稳定性。

参考文献：

- [1] 张运雄. 国外工业大麻研究与产品开发现状[J]. 世界农业, 2003(9): 37-40.
- [2] 雷文, 杨涛. 不饱和聚酯树脂/大麻纤维复合材料性能的研究[J]. 工程塑料应用, 2008, 36(4): 25-29.
- [3] 金刚. 大麻脱胶方法的研究进展[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2009, 33(4): 140-144.
- [4] 田华, 张金燕. 大麻产品开发现状与发展趋势[J]. 纺织科技进展, 2006(5): 7-11.
- [5] 刘飞虎, 杨明. 工业大麻的基础与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2015: 9-10.
- [6] 张建春. 汉麻纤维的结构与性能[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009: 83-85.
- [7] 王正, 鲍甫成, 郭文静. 木塑复合工艺因子对复合材料性能的影响[J]. 林业科学, 2003, 39(5): 87-94.
- [8] 刘旭东, 姚建龙, 蒋永涛. 烟秆/聚乙烯复合材料的制备工艺及其性能研究[J]. 林业机械与木工设备, 2015, 43(5): 25-27.
- [9] 肖瑞, 李晓平, 吴章康. 短纤维增强型聚丙烯基复合材料的性能研究[J]. 西部林业科学, 2015, 44(2): 152-156.
- [10] 李正印, 王伟宏. 高木材纤维含量聚丙烯基复合材料的制备及其性能[J]. 林业工程学报, 2017, 2(3): 9-15.
- [11] 王澜, 胡乐满, 董洁, 等. 提高木塑复合材料相容性的研究[J]. 上海塑料, 2004, 9(3): 34-36.
- [12] 胡娜, 吴志平, 王国栋, 等. 木粉/聚乙烯阻燃复合材料的阻燃特性和力学性能研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2012, 32(1): 28-31.
- [13] 刘文鹏, 姚姗姗, 陈晓丽, 等. 影响聚丙烯基木塑复合材料力学性能因素[J]. 现代塑料加工应用, 2006, 18(2): 19-22.
- [14] 杨阳, 张云云, 苏文君, 等. 工业大麻纤维特性与开发利用[J]. 中国麻业科学, 2012, 34(5): 237-240.

(责任编辑 孟凡丹、向琴)