

研究与开发

软木/龙须草纤维复合材料的研究

雷亚芳¹, 周伟², 刘艳贞³

(1. 西北农林科技大学机电学院, 陕西杨凌 712100; 2. 大兴安岭地区林产工业处, 黑龙江加格达奇 165000;
3. 大兴安岭职业学院, 黑龙江加格达奇 165000)

摘要: 为了降低软木材料的生产成本, 将龙须草纤维和软木粒子混合, 进行了软木/龙须草纤维复合材料的开发研究。以复合材料的耐水性、抗拉强度、可压缩系数、回弹率等指标, 考察了龙须草纤维的比例、施胶量、热压温度和热压时间的影响。得出最佳的工艺条件为: 龙须草纤维比例 20%, 施胶量 8%, 热压温度 150 ℃, 热压时间 15 min。

关键词: 软木; 龙须草; 复合材料; 物理力学性能

中图分类号: S792.18; TS653

文献标识码: A

文章编号: 1001-8654(2009)03-0009-04

Development of Cork and *Eulaliopsis binata* Fiber Composite

LEI Ya-fang¹, ZHOU Wei², LIU Yan-zhen³

(1. College of Mechanical and Electronic Engineering, Northwest A&F University, Yangling 712100, Shaanxi, China;
2. Daxinganling Vocational College, Jagedaqi 165000, Heilongjiang, China;
3. Daxinganling Forestry Industry Department, Jagedaqi 165000, Heilongjiang, China)

Abstract: To reduce the cost of cork-based panels, lower cost *Eulaliopsis binata* fiber was used as a substitute and mixed with cork to make low density cork and *Eulaliopsis binata* fiber composite. The effects of four selected processing parameters (ratio of *Eulaliopsis binata* fibers, glue content, pressing temperature, and pressing time) on water resistance, tensile strength, condensability, and rebound elasticity were evaluated. The result showed that the optimized parameters included 20% fiber ratio, 8% glue content, 150 ℃ pressing temperature, and 15 minute pressing time.

Key words: cork; *Eulaliopsis binata*; composite; physical and mechanical property

软木是一种重要的林产资源, 具有十分优良的特性, 广泛用于民用、军事、航天等领域。软木树种主要有分布在地中海沿岸的栓皮栎和我国的栓皮栎。由于软木植株需要树龄达到 20 年以后才能首次采剥, 以后至少间隔 9 年才可以再次采剥, 因此, 世界软木产量一直比较恒定而且非常有限^[1]。

我国栓皮栎虽然分布面广, 但大多是天然林, 缺乏科学管理, 加上仍采用传统人工采剥方式, 采剥工人很少受过专业训练, 对树木伤害很大, 严重影响了软木的长期持续开发。目前我国软木年产量仅为 5 万 t^[2]。随着软木地板和软木装饰材料日渐流行, 软木产品的

市场需求增多, 软木原料价格持续攀升。

龙须草资源丰富, 与其他草类相比, 不生节, 纤维细长, 拉力好, 纤维素含量高, 木素、戊糖和灰分含量低, 是优质纸的原料^[3]。

为了高效利用软木资源, 笔者采用在软木粒子中加入龙须草纤维的方法, 以期开发出成本较低、性能优异的软木纤维复合材料, 以满足日益增长的软木地板和软木装饰材料的市场需求。

1 试验材料及设备

1.1 材料

软木粒子: 栓皮栎 (*Quercus variabilis*) 树皮, 产地甘肃, 40 目, 含水率 7%;

龙须草 (*Eulaliopsis binata*) 纤维: 采自陕西宁陕

收稿日期: 2008-09-24; 修改日期: 2009-03-27

基金项目: 2006 年西北农林科技大学博士科研启动费项目。

作者简介: 雷亚芳 (1965—), 女, 西北农林科技大学教授。

县,纤维长度 1~8 mm,含水率 8%;

胶黏剂:醋酸乙烯-乙烯共聚乳液胶(vinyl acetate-ethylene,VAE),由陕西万林软木公司提供,固体含量(55±2)%,黏度 5~8 Pa·s(25℃),pH 值 4~6。VAE 胶价格便宜,无毒环保,柔韧性、胶结性能较好,但耐水性一般。

1.2 设备

粉碎机,热压机,万能力学实验机。

2 试验方案

2.1 试板制造工艺

工艺流程为:软木粒子→施胶→拌胶→添加龙须草纤维→陈化→预压→热压→性能测试

试验时手工拌胶、铺装,成品板材的幅面为 350 mm×350 mm,厚度为 8 mm,密度控制在 0.4 g/cm³ 左右。龙须草粉碎后容易成团,特别是与胶黏剂混合后更不易分散,因此,采用先将软木粒子和胶液混合均匀,再拌入分散的龙须草纤维的方法。

混合后的物料经过 3 min 的陈化,倒入模具,预压 15 s,再在 2 MPa 的压力下进行热压。

2.2 试验设计

选择纤维比例(龙须草纤维的质量,占其与软木粒子总质量的百分比)、施胶量(胶液的质量与预压前板坯总质量的百分比)、热压温度、热压时间作为考察因子,采用 L₉(3⁴)正交试验法进行试验,影响因子和水平见表 1。每种试验条件重复 3 次,性能测试结果取其平均值。

在确定因子水平的预试验中,考察了纤维比例对复合材料弹性的影响,发现:当纤维比例超过 30%时,复合材料几乎失去纯软木聚结材料弹性好的特性,因此,本试验设定,龙须草纤维的比例不超过 30%。施胶量、热压温度和热压时间的水平,则根据纯软木聚结板的试验结果^[4],对其进行一定的优化后选取。

表 1 试验设计

Tab. 1 Experimental factors and levels

水平	A 纤维比例/ %	B 施胶量/ %	C 热压温度/ ℃	D 热压时间/ min
1	10	5	100	15
2	20	8	120	20
3	30	10	150	25

2.3 试板性能检测

由于复合材料主要用作软木地板或装饰用材,本试验主要考察其耐水性、抗拉强度、可压缩系数、回弹

率等性能指标。参照国际标准 ISO 7322-2000《复合软木 试验方法》和某企业标准 Q/WL01-2005《软木复合装饰材料》进行测试。每块板材制取性能检测用试件的数量为:抗拉强度试件 3 个、压缩回弹试件 3 个、吸水膨胀率试件 2 个、耐沸水性试件 2 个,试件的裁割和检测方法参见文献^[5]。

3 试验结果与分析

不同试验条件下,制得复合材料的性能检测结果,列于表 2。

表 2 复合材料的性能指标测试结果

Tab. 2 Properties of the cork and *Eulaliopsis binata* fiber board

试验号	吸水膨胀率/%(12 h)			抗拉强度/MPa	可压缩系数/%	回弹率/%
	长	宽	厚			
1	0.40	0.43	6.45	1.15	14.85	94.51
2	0.39	0.30	4.09	1.15	12.22	89.01
3	0.50	0.15	2.27	0.85	13.44	92.75
4	0.37	0.32	3.52	1.29	11.63	91.72
5	0.42	0.28	3.70	1.08	11.79	88.36
6	0.37	0.35	1.48	1.07	11.92	94.36
7	0.31	0.46	5.85	0.96	17.18	90.22
8	0.25	0.25	3.39	0.95	18.83	85.48
9	0.26	0.57	5.17	0.89	14.14	92.98

注:不同工艺条件制得的复合材料,其耐沸水性均表现为无散解。

3.1 复合材料的耐水性

由表 2 可见,所有试件在沸水中蒸煮 3 h 后均未散解,完全符合 ISO 7322-2000 的要求,这主要是因为软木粒子的耐水性非常好。考虑到软木/龙须草纤维复合材料主要是用作地板基材和室内装饰材料,耐沸水性能可不必作为重点考察指标。

软木/龙须草纤维复合材料在冷水中浸泡 12 h 后,其长度和宽度方向的尺寸变化率均较小,而厚度尺寸变化率较大。由于人造板通常以厚度膨胀率作为其耐水性的衡量指标,因此,本试验亦只重点考察复合材料的吸水厚度膨胀率。

由表 3 可见,纤维比例、施胶量和热压温度 3 个因素,对复合材料耐水性的影响极显著,而热压时间的影响不显著。

表 3 复合材料吸水厚度膨胀率试验方差分析

Tab. 3 Analysis of variance of water resistance

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	p 值	显著性
纤维比例	26.8908	2	13.4454	29.3247	0.0001	极显著
施胶量	16.9876	2	8.4938	18.5252	0.0001	极显著
热压温度	17.5086	2	8.7543	19.0933	0.0001	极显著
热压时间	1.5118	2	0.7559	1.6487	0.2201	不显著
误差	8.2530	18	0.4585			

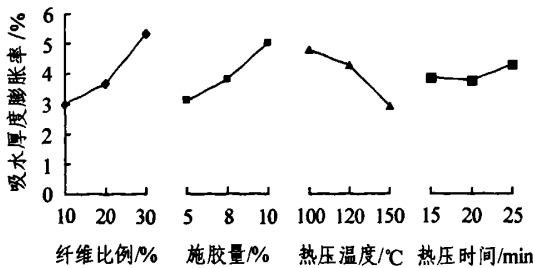


图 1 各因素对复合材料吸水厚度膨胀率的影响
Fig. 1 The effect of processing parameters on water resistance

图 1 显示: 1) 复合材料的吸水厚度膨胀率,随龙须草纤维比例的增加而逐渐增大。当纤维比例从 10% 增加到 20% 时,复合材料的吸水厚度膨胀率增幅较小;而纤维比例从 20% 到 30% 时,复合材料吸水厚度膨胀率的增幅较大。这是由于龙须草纤维的吸水能力比软木强,其添加量越多,复合材料的吸水厚度膨胀率越高。

试验中还发现,龙须草纤维较难与其他材料混合均匀,在搅拌中易出现结团现象,破坏了复合材料的结构均匀性。因此,随着纤维比例的增多,复合材料的吸水厚度膨胀率出现较大增幅。

2) 复合材料的吸水厚度膨胀率也随施胶量的增加而变大。虽然软木粒子的耐水性很好,但由于 VAE 胶的耐水性一般,在一定程度上影响了复合材料的耐水性。

3) 随着热压温度的升高,复合材料的吸水厚度膨胀率呈降低趋势;并且,热压温度从 120 ℃ 升到 150 ℃ 时,复合材料吸水厚度膨胀率的降幅明显。

复合材料的粘结,除了依靠 VAE 胶的胶合作用,还有在一定的温度下软木的自胶合作用^[6]。受热作用时,软木粒子细胞壁所含的天然树脂塑化,温度越高,其树脂软化得越充分,对复合材料吸水厚度膨胀率的影响越显著。

3.2 复合材料的抗拉强度

从表 4 可以看出,纤维比例和热压温度对复合材料抗拉强度的影响极显著,施胶量的影响为显著,而热压时间的影响不显著。

图 2 显示: 1) 随着龙须草纤维比例的增加,复合材料的抗拉强度先升后降。龙须草纤维比例从 20% 增至 30% 时,复合材料的抗拉强度略有下降。这主要是由于龙须草纤维比例较高时,与拌胶的软木粒子混合时,易出现结团现象。胶料无法进入结团的龙须

表 4 复合材料抗拉强度试验方差分析

Tab. 4 Analysis of variance of tensile strength

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	p 值	显著性
纤维比例	0.1926	2	0.0963	7.0122	0.0056	极显著
施胶量	0.1019	2	0.0510	3.7103	0.0448	显著
热压温度	0.2683	2	0.1342	9.7669	0.0013	极显著
热压时间	0.0061	2	0.0031	0.2227	0.8025	不显著
误差	0.2472	18	0.0137			

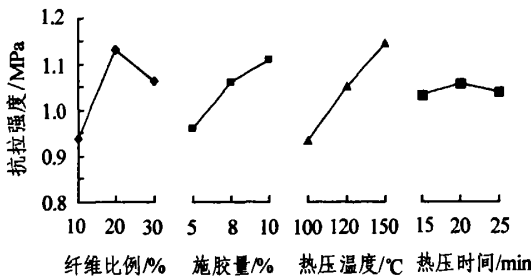


图 2 各因素对复合材料抗拉强度的影响

Fig. 2 The effect of processing parameters on tensile strength

草纤维内部,从而导致复合材料的抗拉强度下降。

2) 施胶量增加,原材料之间的胶合充分,复合材料的抗拉强度提高。

3) 热压温度升高,复合材料的抗拉强度增强。这是因为热压温度越高,软木粒子的自胶合性越强^[6],有利于软木粒子与龙须草纤维的粘接。

3.3 复合材料的可压缩系数和回弹率

3.3.1 可压缩系数

从表 5 可以看出,施胶量对复合材料可压缩系数的影响极显著,热压时间的影响为显著,纤维比例和热压温度的影响不显著。

图 3 显示: 1) 龙须草纤维比例增加到 30% 时,复合材料的可压缩系数明显降低;而当龙须草纤维比例在 10%~20% 区间内时,复合材料可压缩系数的变化不大。虽然龙须草纤维本身的弹性不如软木粒子,但其比例较小时,能够均匀地分布于软木粒子之间,被软木粒子所包覆,因而对复合材料的影响不大。

2) 施胶量越大,复合材料的可压缩系数越低;但是,当施胶量从 8% 增至 10% 时,复合材料的可压缩系数仅略微下降。这是因为当施胶量到达一定程度,胶料能均匀地完全覆盖物料表面时,增加的胶量所起的作用甚微。

3) 热压温度对复合材料的可压缩系数影响不显著。可能是由于 VAE 胶在 80 ℃ 以上很快固化,本试验的热压温度均高于此值,因此其影响较小。

表 5 复合材料可压缩系数试验方差分析
Tab. 5 Analysis of variance of condensability

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	p 值	显著性
纤维比例	6.5853	2	3.2926	3.0224	0.0738	不显著
施胶量	41.8355	2	20.9177	19.201	0.0001	极显著
热压温度	0.4801	2	0.2401	0.2204	0.8044	不显著
热压时间	10.7944	2	5.3972	4.9542	0.0193	显著
误差	19.6094	18	1.0894			

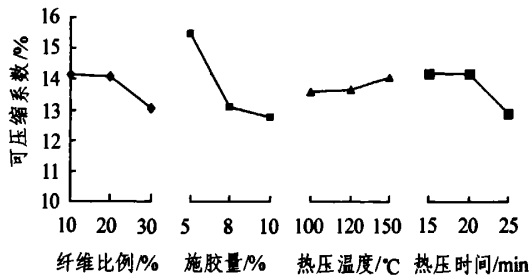


图 3 各因素对复合材料可压缩系数的影响

Fig. 3 The effect of processing parameters on condensability

4) 热压时间延长,复合材料的可压缩系数降低,尤其是 20~25 min 内的降幅明显。试验所选用的热压时间远远长于 VAE 胶固化所需时间,但由于软木有较高的弹性,而选用的热压温度亦适中,在这样的条件下,热压时间越长,软木的定型效果越好,因此复合材料的可压缩系数越低。

3.3.2 回弹率

表 6 结果表明,各因素对复合材料的回弹率均无显著影响。由图 4 还可看出:复合材料的平均回弹率 >85%,最高为 94%。说明在本试验条件下,复合材料保持了软木良好的弹性特征。

表 6 复合材料回弹率试验方差分析

Tab. 6 Analysis of variance of rebound elasticity

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	p 值	显著性
纤维比例	37.9130	2	18.9565	0.7909	0.4686	无
施胶量	104.2793	2	52.1397	2.1754	0.1425	无
热压温度	14.3676	2	7.1838	0.2997	0.7447	无
热压时间	16.9491	2	8.4745	0.3536	0.7069	无
误差	431.4304	18	23.9684			

4 结论

1) 龙须草纤维比例,对软木/龙须草纤维复合材料的耐水性、抗拉强度和可压缩系数有显著影响,对回弹率的影响不显著。综合考虑,取纤维比例 20% 为较优值,此时,复合材料的抗拉强度最高、其他性能指标适中。

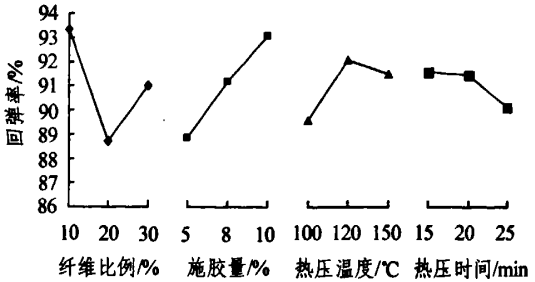


图 4 各因素对复合材料回弹率的影响

Fig. 4 The effect of processing parameters on rebound elasticity

2) 施胶量对软木/龙须草纤维复合材料耐水性、抗拉强度和可压缩系数的影响显著,对回弹率的影响不显著。

当施胶量为 5% 时,复合材料的抗拉强度最低,耐水性和可压缩性最好;施胶量 10% 时,复合材料的抗拉强度最高,但耐水性和可压缩性最差。综合考虑,最佳施胶量取 8%。

3) 热压温度对软木/龙须草纤维复合材料耐水性和抗拉强度影响显著。热压温度越高,复合材料的耐水性越好,抗拉强度越高。150 ℃ 为最佳热压温度。

4) 热压时间对软木/龙须草纤维复合材料的可压缩系数影响显著,对其他性能指标影响不显著。热压时间越长,复合材料的压缩系数越低。结合生产率来考虑,最佳热压时间定为 15 min。

综上所述,本试验得出软木/龙须草纤维复合材料的最佳工艺参数为:龙须草纤维比例 20%,施胶量 8%,热压温度 150 ℃,热压时间 15 min。按此工艺制造软木/龙须草纤维复合材料,其吸水厚度膨胀率为 3.47%,抗拉强度 1.12 MPa,可压缩系数 11.71%,回弹率 90.53%。

参考文献:

[1] 曾新德. 我国软木工业的现状与发展策略[J]. 林业科技管理, 2001(4):46-51.
[2] 郑志锋. 软木资源及其利用[J]. 云南林业, 2005, 26(3):23-24.
[3] 周定元. 南方山区龙须草资源的开发利用[J]. 国土与自然资源研究, 1992(1):70-72.
[4] 周伟,刘艳贞,赵御静,等. 软木聚结材料生产工艺的研究[J]. 木材工业, 2008, 22(2):37-39,43.
[5] 周伟. 软木纤维复合材料研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学硕士论文,2008.
[6] 杜子伟. 软木制品及应用[M]. 北京:中国林业出版社,1989,41.

(责任编辑 向 琴)