

研究与开发

两种形态棉秆与回收塑料制备复合板材的工艺

蔺 焘, 郭文静, 高 黎, 常 亮, 王 正

(中国林科院木材工业研究所, 北京 100091)

摘要: 采用两种形态的棉秆与两种塑料复合, 制备棉秆/塑料复合板材, 分析棉秆形态、塑料种类及工艺因子对复合板材性能的影响。结果表明: 刨花态棉秆复合板材的性能优于搓丝态棉秆, 热压温度、聚丙烯比例和板材密度对复合板材的性能有显著影响。优化条件下制成的棉秆搓丝/聚丙烯复合板材性能, 超过室外结构用刨花板性能指标要求。

关键词: 棉秆; 回收塑料; 复合材料; 制备工艺

中图分类号: S793.9; TS653

文献标识码: A

文章编号: 1001-8654(2011)04-0004-04

Composite Processing Technology from Cotton Stalk Fiber and Particles Combined with Two Types of Recycled Plastics

LIN Tao, GUO Wen-jing, GAO Li, CHANG Liang, WANG Zheng

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: The authors processed cotton stalks into fiber and particles, and combined them with recycled plastics, polypropylene(PP) and polyethylene (PE), to prepare cotton stalk fiber/plastic composites by hot pressing. The composite panel properties were tested to evaluate the effects caused by the cotton stalk shapes and panel processing factors. The results showed that: 1) The composites made from the cotton stalk particles had better properties than those made from cotton stalk fibers; 2) Density, hot-pressing temperature and the cotton stalk/plastic ratio had a great effect on the cotton-stalk-fiber/polypropylene panel properties. Under optimized conditions, the cotton-stalk-fiber /polypropylene panel properties exceeded the specifications of national standard GB/T 4897.6-2003, GB/T 4897.7-2003 for structural particleboards.

Key words: cotton stalk; recycled plastic; composite; processing factors

棉秆作为棉花种植剩余物, 其纤维形态及其物理力学性能与木材最为接近, 是众多农业剩余物中最早作为木材替代品, 生产人造板的原料之一。利用棉秆发展人造板工业, 不仅有助于棉区充分利用闲置的棉秆资源, 而且可缓解木材资源的供需矛盾, 具有显著的社会效益和生态效益^[1-2]。

另一方面, 利用废弃塑料制造木塑复合材料, 是废弃物循环利用的有效方法之一, 已成为当今新型木

质复合材料研究的热点。常用的废塑料有聚丙烯、高密度聚乙烯制品、聚乙烯膜制品等^[3]。

由于人造板的力学性能与原料形态密切相关, 因此, 笔者选用两种不同形态的棉秆材料: 棉秆刨花和棉秆搓丝(类似纤维态), 分别与2种回收塑料: 聚丙烯和聚乙烯塑料复合, 制成复合材料。旨在探究棉秆/回收塑料复合材料的制备工艺, 为利用棉秆开发新型复合板材提供依据。

1 试验材料和方法

1.1 材料

1) 棉秆

① 搓丝: 棉秆经木材削片机, 加工成长度为7~

收稿日期: 2010-11-04; 修改日期: 2011-06-17

基金项目: 农业科技成果转化资金项目(2009GB24320468)及公益性科研院所基本科研任务费专项资金(CAFINT2007k02)。

作者简介: 蔺焘(1983—), 女, 中国林科院木材工业研究所博士研究生。

通讯作者: 王正, 中国林科院木材工业研究所研究员。

10 cm 的秆段,置于水中浸泡软化 48 h;再经磋磨分丝机进行磋磨分丝,获得长 10~30 mm,直径≤0.8 mm 的搓丝(含皮率 29%)。在 100 ℃下干燥至含水率<5%,备用。

② 刨花:棉秆段用双鼓轮环式刨片机,加工成棉秆刨花;再经筛分机,选出长 5~15 mm、宽约 2 mm 的刨花(含皮率 22%)。在 100 ℃干燥至含水率<5%,备用。

2) 回收塑料

① 聚丙烯(Polypropylene, PP):主要为回收的废弃编织袋、包装袋等制品;

② 聚乙烯(Polyethylene, PE):主要为各种聚乙烯薄膜制品,如地膜、各种包装袋等。

经分拣、清洗后,用塑料粉碎机,加工成直径约 4 mm 的膜片,晾干待用。

1.2 仪器设备

管状加热鼓风干燥箱、双鼓轮环式刨片机、人造板试验热压机、万能力学试验机、磋磨分丝机等。

1.3 试板制备方法

将不同形态的棉秆原料和粉碎的回收塑料,在搅拌机中均匀混合,在成型框中铺装成型,放入热压机热压,再经冷压机冷却成型。

1.3.1 原料形态和塑料种类的影响试验

选用 2 种形态的棉秆,分别与 PE 和 PP 两种塑料复合,进行全因子试验,考察棉秆原料形态和塑料种类对复合材料性能的影响。

固定工艺条件为:棉秆原料与塑料的混合比例 70:30;试板尺寸 280 mm×280 mm×9 mm,密度 0.85 g/cm³;热压温度 180~190 ℃,时间 60 s/mm,压力 4~5 MPa。在同一条件下重复试验 9 次。

1.3.2 棉秆搓丝/PP 复合板材的制备工艺试验

棉秆的搓丝处理不仅解决了棉秆皮结团的问题,而且可以对棉秆进行全株利用;棉秆搓丝板在形态上更接近于纤维板,通过冷磨工艺制备,不需要蒸煮高压的热磨设备,减少了蒸汽消耗,能耗较低。同时,由于 PP 复合板材的强度高于 PE 复合板材,故本试验重点研究棉秆搓丝/PP 复合板材的制备工艺。

以搓丝态棉秆和 PP 塑料为原料,采用正交试验,考察热压温度、棉秆搓丝与 PP 的混合比例和密度对复合板材性能的影响。试验因子水平见表 1,固定工艺参数为:热压时间 80 s/mm,压力 4~5 MPa,试板尺寸 280 mm×280 mm×12 mm。同一条件下重复试验 9 次。

表 1 试验因子与水平

Tab. 1 The experimental factors and levels

因子	水平		
	1	2	3
A 热压温度/℃	175	185	195
B 棉秆搓丝与 PP 的比例	70:30	65:35	60:40
C 设计密度/(g·cm ⁻³)	0.8	0.9	1.0

1.4 试板性能测试方法

根据 GB/T 17657-1999《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》,检测试板的静曲强度(MOR)、内结合强度(IB)、24h 吸水厚度膨胀率(TS)指标。

2 试验结果与讨论

2.1 棉秆形态和塑料种类对复合板材性能的影响

不同原料制备复合板材的性能检测结果,列于表 2。

表 2 不同形态棉秆/塑料复合板材的性能

Tab. 2 Properties of plastic composites made with cotton stalk fiber and particles

棉秆形态/ 塑料种类	24h TS/ %	MOR/ MPa	MOE/ MPa	IB/ MPa
棉秆搓丝/PP	12.59	15.1	1 736	0.46
棉秆搓丝/PE	13.70	12.5	1 327	0.56
棉秆刨花/PP	7.77	17.8	2 111	0.71
棉秆刨花/PE	10.12	11.3	1 369	1.11

2.1.1 棉秆形态的影响

由表 2 可知,当棉秆形态为刨花时,其与塑料复合的板材的各项物理力学性能,均优于搓丝棉秆与塑料复合的板材。此结果与搓丝状棉秆的含皮率高于刨花状棉秆有关。

棉秆皮中的灰分、抽出物和果胶含量,高于全棉秆^[4-6],影响棉秆原料与胶黏剂的结合,对复合板材的内结合强度等性能有负面影响;而棉秆皮中的木素和纤维素含量,略低于全棉秆^[4-6],影响板材的 MOR 和 MOE 等指标。因此,棉秆搓丝/塑料复合板材的 IB 低,TS 高,MOR 和 MOE 亦偏低。

2.1.2 塑料种类的影响

除了 IB 外,PP 与棉秆复合板材的其他性能,均优于 PE 与棉秆复合板材,这是因为 PP 塑料本身的力学强度优于 PE^[3]。至于 PE 复合板材的 IB 值,高于 PP 复合板材,与 PP 的熔点比 PE 的高有关。在热压温度 190 ℃时,PE 熔体的流动速率比 PP 快,熔融塑料流动性好,与棉秆的结合更充分,故其复合板材的 IB 值更高^[3]。

2.2 棉秆搓丝板的制备工艺

2.2.1 工艺因子对复合板材 24 hTS 的影响

由表 3 方差分析可知,热压温度和密度对复合板材的 24 hTS 有显著的影响,三个工艺因子影响的主次顺序为:密度>热压温度>棉秆与 PP 的比例。由图 1 可以看出,随着热压温度的提高,PP 用量的增加,密度的增大,复合板材的 24 hTS 明显降低。

表 3 工艺因子对 24h 吸水厚度膨胀率影响的方差分析

Tab. 3 Variance of analysis for thickness swelling rate

for cotton stalk fiber/PP composites

来源	自由度	平方和	均方	$F_{0.05}$ 值	显著性
热压温度	2	0.037	0.018	11.63	0.0019
棉秆与 PP 的比例	2	0.017	0.009	5.55	0.0216
密度	2	0.056	0.028	17.41	0.0004

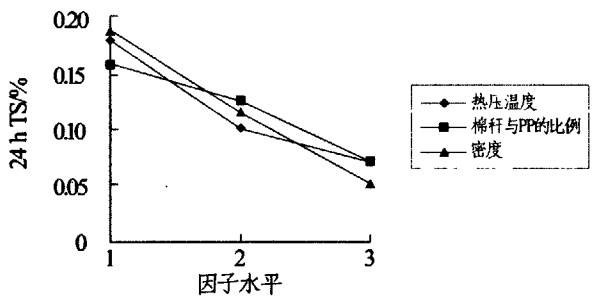


图 1 不同工艺条件下复合板材的 24h 吸水厚度膨胀率

Fig. 1 Cotton stalk fiber/PP composite 24-hour thickness rates vs. different processing factors

密度之所以对复合试板的 24 hTS 有显著影响,是因为随着板材密度的提高,单位体积内所包含的细胞壁等实质性物质增多,棉秆束和 PP 之间的接触更加紧密,阻碍了水分的进入。

而当热压温度升高时,PP 的流动性能增强,PP 熔融后更易于在棉秆纤维上铺展,也阻碍了水分进入到复合板材内部。

由于棉秆是复合板材吸水的主要成分,其比例的降低,使复合板材的 24 hTS 降低。同时,当憎水 PP 比例增加时,对亲水棉秆单元表面的覆盖率和渗透率增加,进入棉秆纤维细胞腔空隙部分的塑料分子亦增多,故复合试板的防水性能相应增强。

2.2.2 工艺因子对复合板材 MOR 和 MOE 的影响

表 4 方差分析结果显示,密度对复合试板的 MOR 和 MOE 均有极显著影响,其次为棉秆与 PP 的比例、热压温度。由图 2 可以看出,随着热压温度的提高,PP 比例的增加,板材密度的增大,复合试板的 MOR 和 MOE 增大。

表 4 工艺因子对静曲强度和弹性模量影响的方差分析

Tab. 4 Variance of analysis for MOR and MOE for

cotton stalk fiber/PP composites

指标	来源	自由度	平方和	均方	$F_{0.05}$ 值	显著性
MOR	热压温度	2	2.60	1.30	0.58	0.5781
	棉秆与 PP 的比例	2	17.20	8.60	3.80	0.0557
	密度	2	255.69	127.93	56.51	<0.0001
MOE	热压温度	2	205644	102822	4.09	0.0470
	棉秆与 PP 的比例	2	21524	10762	0.43	0.6621
	密度	2	4238416	2115208	84.16	<0.0001

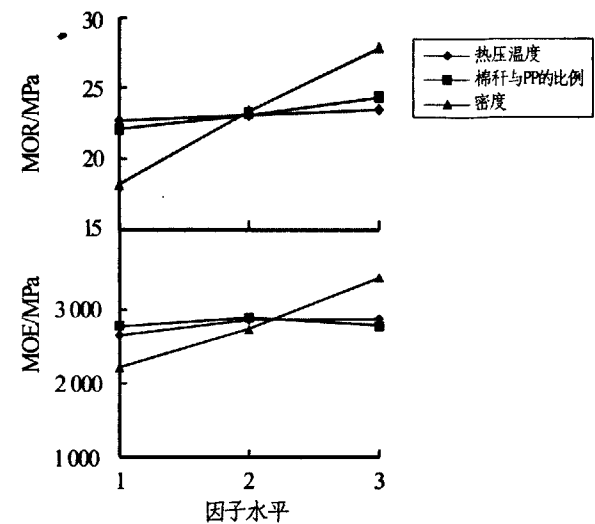


图 2 不同工艺条件下复合板材的静曲强度和弹性模量

Fig. 2 Cotton stalk fiber/PP composite bending strength and modulus of elasticity vs. different processing factors

在高强度板材制造技术中,提高板材密度是重要措施之一[7]。而 PP 的比例越大,复合试板的 MOR、MOE 越高,是由于有更多的 PP 进入棉秆的细胞空隙,与棉秆的结合更充分[8]。PP 比例对板材 MOR 的影响,高于对 MOE 的影响。

2.2.3 工艺因子对复合板材 IB 的影响

由表 5 方差分析可知,热压温度和密度对复合试板 IB 值有显著的影响,三个工艺因子对 IB 影响的主次顺序为:密度>热压温度>棉秆与 PP 的比例。图 3 显示,随着热压温度的提高,PP 比例的增加,密度的增大,复合板材的 IB 均有所提高。

表 5 工艺因子对内结合强度影响的方差分析

Tab. 5 Variance of analysis for internal bond strength

for cotton stalk fiber/PP composites

来源	自由度	平方和	均方	$F_{0.05}$ 值	显著性
热压温度	2	0.345	0.172	6.92	0.0113
棉秆与 PP 的比例	2	0.029	0.014	0.57	0.5794
密度	2	0.756	0.378	15.18	0.0007

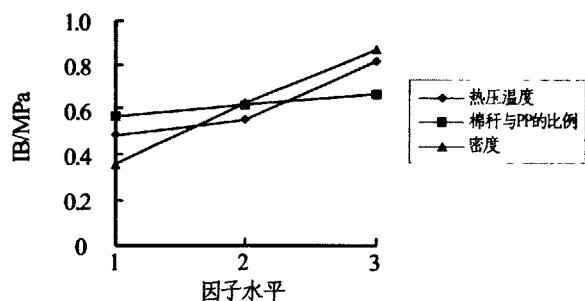


图 3 不同工艺条件下复合板材的内结合强度

Fig. 3 Cotton stalk fiber/PP composite internal bond strength vs. different processing factors

其原因在于:随着复合板材密度的提高,棉秆束之间的接触更加紧密,提高了胶结效果。随着热压温度的提高,复合板材的 IB 显著增强,到 195 °C 时达到最高,可能是由于温度越高,塑料流动性越好,在棉秆纤维表面的分布越均匀,与棉秆纤维结合点增多。

2.2.4 优化工艺因子的确定与验证

综上所述,得出制备棉秆搓丝/PP 复合板材的优化工艺参数为:热压温度 195 °C,密度 1.0 g/cm³,棉秆和 PP 比例 60 : 40。按此条件制备复合试板的性能检测结果,列于表 6。

表 6 优化条件制备复合板材的性能检测结果

Tab. 6 Properties of cotton stalk fiber/PP composites under optimized conditions

板材	IB/ MPa	2hWIB/ MPa	MOR/ MPa	MOE/ MPa	24hTS/ %
棉秆搓丝/PP 复合板材	1.07	0.39	28.63	3 423	0.048
GB/T 4897.6-2003	≥0.6		≥20	≥3 150	≤15
GB/T 4897.7-2003	≥0.75	≥0.25	≥22	≥3 350	≤9

由表 6 可知,优化水平下制备出复合板材的物理力学性能,满足 GB/T 4897.6-2003《刨花板 第 6 部分:在干燥状态下使用的增强结构用板要求》及 GB/

T 4897.7-2003《刨花板 第 7 部分:在潮湿状态下使用的增强结构用板要求》的要求,说明利用棉秆替代木材,制造各种高性能的室外板材是可行的。

3 结论

1) 棉秆刨花/塑料复合板材的各项物理力学性能,优于棉秆搓丝/塑料复合板材的性能。除 IB 外,由 PP 与棉秆制成复合板材的 MOR、MOE 和 24 hTS,均优于由 PE 与棉秆制成的复合板材。

2) 热压温度、板材密度、棉秆与 PP 的比例,对棉秆搓丝/PP 复合板材性能有不同程度的影响。在优化因子水平(热压温度 195 °C,密度 1.0 g/cm³,棉秆和 PP 比例在 60 : 40)的条件下制备复合板材,其性能达到 GB/T 4897.6-2003 及 GB/T 4897.6-2003,对于干燥、潮湿状态下使用的增强结构用板的性能要求。

参考文献:

- [1] 马红霞,于文吉,任丁华,等.棉秆中密度纤维板工艺技术的研究[J].木材工业,2006,20(3):4-7.
- [2] 王欣,周定国.农作物秸秆化学成分对人造板生产工艺的影响[J].林产工业,2009,36(5):26-29.
- [3] 郭文静,王正,黑须博司.三种塑料与木纤维复合性能的研究[J].木材工业,2005,19(2):8-11.
- [4] 徐学耘.棉秆原料的初步分析[J].建筑人造板,1994,(3):24-30.
- [5] 杨淑惠,李友森.棉秆原料特性的分析研究[J].中国造纸,1989,4(2):20-27.
- [6] 盛冠忠,李龙.棉秆皮成分及其纤维性能研究[J].西安工程大学学报,2009,23(1):18-22.
- [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] 王正,赵行志,郭文静.回收塑料-木材纤维复合材料的工艺及性能[J].北京林业大学学报,2005,27(1):1-5.

(责任编辑 向 琴)

行业简讯

美国 3 月家具订单增长

美国会计及咨询机构日前发布,美国家具工厂 2011 年 3 月的订单,比 2010 年同期增长了 11%,出货量亦增长了 7%。

2011 年 3 月美国家具业的数据虽然表现强劲,但尚不能表明市场需求将持续增长。2011 年第一季度美国家具订单量同比增长 4%,但参与本次调查的家具企业中,只有 51%表明一季度有收益。据了解,

2011 年 1—4 月期间,家具及家居用品零售额仅比去年同期增长了 0.1%。

另外,世界大型企业联合会 2011 年 5 月 31 日发布报告称,美国消费者信心指数 5 月份骤降,由 4 月份的 66.0 下挫到 60.8,为 2010 年 11 月份以来,该指数的最低点。

摘自广东家具网