

研究与开发

麦秸/纤维状聚丙烯复合材料的性能

袁森林, 罗绘, 王伟宏

(东北林业大学; 生物质材料科学与技术教育部重点实验室, 黑龙江哈尔滨 150040)

摘要: 以麦秸和纤维状聚丙烯塑料(PP)为原料, 马来酸酐接枝聚丙烯(MAPP)作为偶联剂, 采用平压法压制麦秸/聚丙烯复合材料, 研究聚丙烯用量和麦秸碎料目数对木塑复合材料性能的影响。结果表明: 随着纤维状 PP 添加量的增加, 板材各项性能均有不同程度的提高; MAPP 显著改善了板材的界面结合效果。

关键词: 麦秸; 纤维状聚丙烯; MAPP; 复合板材

中图分类号: TS653; TQ325.1

文献标识码: A

文章编号: 1001-8654(2011)03-0015-04

Properties of Wheat Straw Polypropylene Composite

YUAN Sen-lin, LUO Hui, WANG Wei-hong

(Northeast Forestry University; Key Lab of Bio-Based Material Science & Technology of Ministry of Education, Harbin 150040, Heilongjiang, China)

Abstract: Wheat straw was chopped into small particles, mixed with polypropylene (PP) and hot-pressed into composite panels. The authors investigated the effects of maleic anhydride grafted polypropylene(MAPP), PP percentage, and size of wheat straw on panel performance. The results showed that the higher percentage of fibrous PP and MAPP would improve composite panel mechanical properties.

Key words: wheat straw; fibrous polypropylene; maleic anhydride grafted polypropylene; composites panel

我国年产秸秆总量约 7 亿 t, 其中稻/麦秸秆占 60%^[1]。将秸秆替代木材用于木塑复合材的加工与制备, 既可补充木材资源的不足, 也为高效利用麦秸及解决三农问题提供了良好途径。

目前木塑复合材制造多以挤出工艺为主, 挤出板材的幅面有限, 且混炼温度高易造成木材热解, 降低板材的强度等^[2]。另一种工艺是采用平板热压成型法制备木塑复合材料^[3-7], 但由于塑料和纤维原料堆积密度的差异, 使得颗粒状或粉末状的塑料原料, 很难与木材碎料均匀混合; 此外, 热压时板坯表面先受热, 再逐渐向芯层传热, 各层受热时间不同, 导致塑料融化不均匀。

鉴于此, 笔者选择纤维状的聚乙烯, 替代颗粒状或粉末状的塑料原料, 与麦秸碎料混合后, 利用平压法制得复合板材^[8], 并着重探讨聚丙烯用量和麦秸碎料目数对复合材料性能的影响, 以期开拓麦秸的应用领域及提高其附加值, 提供技术借鉴。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1) 聚丙烯 (Polypropylene, PP), 外购, 手工将 PP(PP 和再生料的质量比例是 7 : 3~8 : 2) 加工为宽 2~3 mm 的纤维状膜带, 然后再截断成长度为 20~40 mm 的纤维状聚丙烯。

2) 麦秸碎料, 取自黑龙江肇东, 自然堆放 5 个月, 初含水率 12%。将麦秸制成 10~20 目、20~30 目和 30~40 目 3 种不同粒度规格的碎料。

3) 马来酸酐接枝聚丙烯(MAPP), 偶联剂, 工业

收稿日期: 2010-05-21; 修改日期: 2011-04-22

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金项目(DL09EB02-1); 教育部新世纪优秀人才培养计划。

作者简介: 袁森林(1985—), 男, 东北林业大学硕士研究生。

通讯作者: 王伟宏, 女, 东北林业大学材料科学与工程学院教授。

级,粉末状,外购。

1.2 试验设备

DWF-100 型电动植物粉碎机、SL-6 型塑料压力成型机、RGT-20A 型电子万能力学试验机。

1.3 制板工艺

复合材料制备分为:

① 未加偶联剂的麦秸/PP 复合板材;

② 添加偶联剂 MAPP 的麦秸/PP 复合板材,即在原料混合工序中,添加偶联剂 MAPP,添加量分别为原料总量的 4% 和 5%。

工艺流程:原料混合→板坯预压→热压→冷却、成型。

1) 将原料按设定比例混合,手工铺装成 160 mm×160 mm 的板坯后进行预压,预压压力 8 kPa,时间 5 min;

2) 根据聚丙烯的熔点达 167 °C,设置热压温度为 185 °C,时间 11 min,压力 5 MPa。板材厚度控制在 9 mm;

3) 热压完成后,将板材放入冷压机中,在 3 MPa 的压力下冷却至室温。

1.4 试验设计

1) 以麦秸/PP 质量比和麦秸碎料粒度为因子进行双因素正交试验,因子水平见表 1。

表 1 试验因素与水平

Tab. 1 Processing parameters selected for experimental design

水平	$m(\text{麦秸}) : m(\text{PP})$	麦秸碎料/目
1	7 : 3	10~20
2	6 : 4	20~30
3	5 : 5	30~40

2) 根据性能检测结果,确定较佳工艺参数,并据此压制规格为 350 mm×350 mm×9 mm 的板材进行验证试验。各种条件分别重复压制 3 块试板。各测试项目至少 6 个试样。

1.5 性能检测

参照 GB/T 17657-1999《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》,测量板材的抗弯强度(MOR)和弹性模量(MOE),以及密度、内结合强度(IB)和吸水厚度膨胀率(TS)。

2 结果与讨论

2.1 麦秸/PP 质量比与麦秸碎料粒度对复合板材性能的影响

麦秸/PP 复合板材的性能检测结果见图 1。

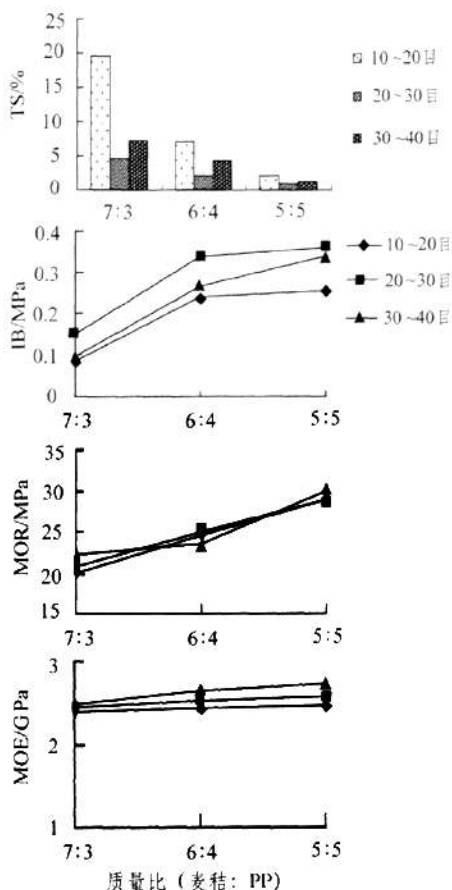


图 1 麦秸/PP 复合板材的性能

Fig. 1 Properties of wheat straw/PP composite panels

1) 由图 1 可以看出,对于 10~20 目的麦秸碎料,当原料配比由 7 : 3 上升到 6 : 4 时,板材 TS 降幅超过 60%;IB 和 MOR 的增幅分别为 187% 和 22%。PP 用量由 40% 增至 50% 时,TS 减少约 70%;IB 和 MOR 增幅分别为 6% 和 17%。

2) 20~30 目的麦秸碎料,随着原料配比中 PP 加入量从 30% 升至 40%,和 40% 升至 50% 时,板材 TS 的降幅均在 55% 左右;IB 分别增加 125%、6%,MOR 增幅分别为 19%、15%。

3) 30~40 目的麦秸碎料,PP 加入量由 30% 上升至 40% 时,板材 TS 降幅为 40%,IB 和 MOR 增幅分别为 178% 和 5%;PP 用量由 40% 增至 50% 时,TS 减少 71%,IB 和 MOR 增幅均为 26% 左右。

分析原因:随着 PP 用量的增加,麦秸碎料被更多的熔融 PP 包裹,结合更加紧密,使得复合材料的 TS 降低,IB 和 MOR 显著提高,MOE 略有增加。

由于板坯表面与热压板直接接触,因此表层的

PP 熔融流展充分,麦秸碎料间有更多紧密的连接物质。由于温度梯度的影响,芯层的 PP 熔化不完全,因此,表现为 PP 增加到一定程度后,复合板材的 IB 改善不明显。

当麦秸与 PP 质量比固定时,麦秸粒度为 20~30 目时,板材的 TS 最小,IB 最大;10~20 目时,TS 最大,IB 最小。

其原因可能是由于 30~40 目麦秸碎料形态较小、堆积密度大,易沿着纤维状 PP 间的空隙下沉,混合均匀性欠佳;堆积密度较小的 10~20 目麦秸碎料与 PP 的接触总面积小,PP 的包裹效果差,部分没有被 PP 覆盖的结合点成为水分渗透的通道。而 20~30 目的麦秸碎料可能避免了上述两个问题,因此制成的板材 IB 和 TS 均达到最好。

在麦秸与 PP 的质量比固定时,麦秸的粒度对复合板材的 MOR 和 MOE 影响不明显。具体原因还有待深入研究证实。

综上所述,在本试验范围内,较宜的制板工艺参数:麦秸与 PP 质量比为 6:4,麦秸碎料 20~30 目。

2.2 偶联剂 MAPP 对复合板材性能的影响

为了改善复合板材的界面结合性能,添加了 MAPP 作为偶联剂,MAPP 的添加量对复合材料性能的影响见图 2。

图 2 显示,MAPP 加入量为 4% 和 5% 时,当麦秸与 PP 质量比为 7:3 时,板材 TS 降幅分别为 3% 和 17%;当麦秸与 PP 质量比为 6:4,板材 TS 降幅为 3%、5%。TS 改善效果有限,原因有待深入研究。

MAPP 显著提高麦秸/PP 复合板材的 IB、MOR 和 MOE。当偶联剂的加入量为 5% 时,板材的主要性能均最好,但从 4% 增至 5% 时,IB、MOR 和 MOE 增幅不明显。

分析原因:麦秸碎料是一种极性材料,而 PP 的极性较小,因此,两者界面相容性较差,不能很好地结合。MAPP 含有的羧基不饱和和键能与麦秸上的羟基发生酯化反应,不饱和和键亦能与 PP 反应,所以 MAPP 使麦秸碎料和 PP 形成更牢固的界面结合^[9]。

添加 4% 的 MAPP,已极大地增强 PP 和麦秸的性能,继续增加偶联剂用量,复合板材性能不再明显提高。从改善效果和降低成本的角度出发,建议选用 4% 的偶联剂添加量。

2.3 验证试验

根据前述试验,选择本试验范围的较优方案:4% 的 MAPP 添加量、20~30 目的麦秸碎料,麦秸与 PP

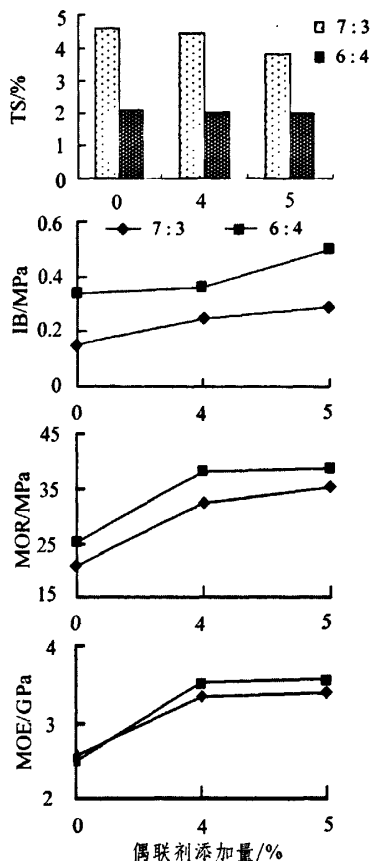


图 2 添加偶联剂后麦秸/PP 复合板材的性能

Fig. 2 Properties of wheat straw/PP composite with MAPP

质量比 6:4 压制的板材,与其他 2 种参数压制的板材(均添加 4% MAPP)进行对比(表 2)。

表 2 麦秸/PP 复合板材的性能

Tab. 2 Properties of wheat straw/PP composite panels

麦秸与 PP 质量比	麦秸粒 度/目	2 h TS/ %	MOR/ MPa	MOE/ GPa	IB/ MPa
7:3	10~20	6.1	30.63	4.18	0.28
7:3	20~30	2.9	34.04	4.38	0.40
6:4	20~30	1.7	35.19	3.89	0.52

从表 2 见,采用 20~30 目麦秸碎料的板材,其性能明显优于 10~20 目的试件。除 MOE 外,麦秸碎料与 PP 质量比为 6:4 的板材性能,均优于质量比为 7:3 的板材。

2.4 板材内部 PP 分布观测

复合板材经过内结合强度测试后,可直接观察到板材破坏处结合面上纤维状 PP 的熔融效果良好,没有出现颗粒或粉末状 PP 的局部堆积和熔融不充分的现象,基本均匀铺展,覆盖在麦秸碎料表面。

在麦秸和 PP 相同质量比的情况下,3 种目数的麦秸所制备的复合材内部,PP 的融化状况稍有区别。10~20 目的 PP 熔融均匀性较差,局部可见 PP 熔化层较厚。

3 结论

1) 麦秸粒度相同时,随着 PP 添加比例的增大,复合材料的 IB、MOR 和 MOE 均有所提高,TS 显著降低;PP 和麦秸质量比一定时,麦秸碎料为 20~30 目时,复合板材的各项性能较佳。

2) 偶联剂 MAPP 所具有的界面改性作用,使得复合材料的性能均有较大程度的提高。

3) 在本试验范围内,在麦秸粒度为 20~30 目,麦秸与 PP 质量比为 6:4, MAPP 加入量为 4% 时,复合材料的性能较佳。

4) 为提高复合板材内部 PP 熔化层分布的均匀性,建议增加预热工序等措施,以提高热压时板坯芯层的传热效率,使 PP 熔融效果得到进一步改善。

参考文献:

- [1] 周定国. 农作物秸秆人造板的研究[J]. 中国工程科学, 2009, 10(11): 115-121.
- [2] 李刚, 齐景坤, 尹灵玉, 等. 利用传统热压工艺制造秸秆/聚乙烯复合材料[J]. 木材工业, 2009, 23(2): 10-12.
- [3] 郭文静, 范留芬, 陈正坤, 等. 木/麻/PP 纤维含量对复合材料性能的影响[J]. 木材工业, 2007, 21(3): 8-10.
- [4] 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.
- [5] 许民, 高延明, 才智, 等. 木材纤维与回收聚丙烯的热压复合工艺研究[J]. 林产工业, 2006, 33(3): 19-22.
- [6] 张强. 热压法聚丙烯复合材料的制备及性能研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2007.
- [7] 张俊俊, 邓玉和, 袁林, 等. 木塑复合板主要工艺对材料性能的影响[J]. 林产工业, 2008, 35(2): 13-15.
- [8] Wang weihong. Wheat straw-HDPE composite produced by the hot-pressing method[J]. Journal of Thermoplastic Composite Materials, 2011, 24(2): 251-261.
- [9] 许民, 傅万四, 李坚, 等. 马来酸酐偶联剂对麦秸/废旧聚丙烯复合材料性能的影响[J]. 木材加工机械, 2006, (1): 11-14.

(责任编辑 张一萍、姜征)

行业简讯

第 10 届中国国际门展北京落幕

2011 年 3 月,第 10 届中国国际门业展览会在北京落幕,展会面积达 11 万 m^2 ,展位 6 000 余个,吸引了来自世界各地的展商 1 000 多家,观众近 10 万人。

会前,举办了以“绿色畅想未来 携手共赢世界”为主题的首届世界木门大会,由中国林业工业协会、中国建筑装饰协会、中国产业报协会和中国国际展览中心联合主办,世界主要国家和地区木门和相关产业的机构、媒体及国内 600 多家木门龙头企业聚集一堂。

会上宣布了中国木门十大功勋企业、十大杰出企业和十大优秀企业的评选结果,并针对中国木质门市场与现状;中欧地区室内门市场及施工和质量标准;意大利木门设计和环境可持续性的增值效应;越南木门市场、趋势及文化表现等议题,安排了专题演讲,还就木门技术创新、木门国际贸易、中国木门品牌发展等议题进行了探讨。

展会期间,中国林科院木材工业研究所和金田豪迈木业机械有限公司,共同承办了“木门

先进制造技术与装备”的国际研讨会,多家德国知名企业及百余家国内木门企业代表参加了研讨会。专家针对木质门当代生产技术与层压装备、高质量木质门扇定寸及边部处理技术与设备、实木门批量生产技术与装备、门锁门铰孔槽快速加工技术与设备、木质门表面当代喷涂技术与装备、木质门表面处理技术与设备等专题,进行解析,并就与会代表提出的木门制造技术与工艺设备等方面的问题,进行探讨和交流。

展会期间还配套举办了丰富多彩的活动。如:居室门文化长廊艺术展;百佳优秀门企、百佳优秀门业经销商推荐会;中国居室门设计大奖赛;中国木门互联网经济论坛;国际空间环境艺术设计大赛获奖作品展等。

我国木门行业发展速度快、起点高。特别是近十年来,以年平均 25% 的幅度增长,产量已跃居世界第一。截止到 2010 年,产值已接近于 800 亿元,发展前景广阔。

本刊讯