

利用传统热压工艺 制造秸秆/聚乙烯复合材料

李 刚, 齐景坤, 尹灵玉, 陈 磊, 刘 毅, 罗 绘, 王伟宏

(东北林业大学材料科学与工程学院, 黑龙江哈尔滨 150040)

摘要: 采用预热板坯和粉碎 PE 粒料等方法, 探索利用人造板传统热压工艺, 压制大幅面秸秆/聚乙烯(PE)复合材料的方法。按此方法制备板材, 可缩短热压升温时间, 减小秸秆碎料热降解, 改善对秸秆碎料的粘结作用。复合材料的抗弯强度达到 14 MPa, 弹性模量 1.1 GPa, 平面抗拉强度 0.3 MPa, 吸水厚度膨胀率在 4.05% 以下。

关键词: 热压; 预热; 粉末; 麦秸; 聚乙烯

中图分类号: S512; TS653

文献标识码: A

文章编号: 1001-8654(2009)02-0010-03

Wheat Straw/Polyethylene Composites Made by Hot-pressing Technology

LI Gang, QI Jing-kun, YIN Ling-yu, CHEN Lei, LIU Yi, LUO Hui, WANG Wei-hong

(Material Science & Engineering College, Northeast Forestry University, Harbin 150040, Heilongjiang, China)

Abstract: Most woody-fiber based plastic composites have been made through the traditional extrusion process. However, difficulty handling some large sized bio-fiber and limited board width when using a small mould were among the barriers that prevent further development of wood-plastic composites. The authors, in this study, used the common hot-pressing technology to explore the potential of developing wheat straw/polyethylene composites. Polyethylene pellets were milled into a powder and mixed with the straw strands. The mixture was then preheated before hot pressing. It was found that the preheating not only reduced the hot pressing time, but also improved the bonding between the straw and polyethylene powder. The selected performance of the straw-polyethylene composite had a modulus of rupture of 14 MPa, modulus of elasticity of 1.1 GPa, internal bonding strength of 0.3 MPa, and thickness swelling of 4.05%.

Key words: hot press; preheat; powder; wheat straw; polyethylene

木/塑复合材料, 由于可有效地利用废弃木材和塑料, 制造出高性能的环保材料而受到广泛重视, 近年来, 其生产量和使用量都不断增加, 主要用做室外地板、景观材料、室内装饰等。

目前的木/塑复合材料生产工艺主要采用挤出

式, 但当纤维含量较高、纤维尺寸较大时, 易出现出料困难; 另外, 受模具限制, 板材幅面较窄。而利用人造板生产中传统的热压工艺, 则可以解决纤维尺寸的困扰, 并可实现纤维定向, 提高纤维的增强作用, 制造出大幅面板材。但这种工艺生产木/塑复合材料, 存在塑料颗粒融化不充分, 无法有效粘结木纤维的问题。若采用延长热压时间使塑料充分熔融, 则会产生木材纤维热解糊化现象。特别是秸秆的热降解温度比木材低, 与塑料共同挤出时更易降解、颜色变深, 限制了其应用的范围。

收稿日期: 2008-06-13; 修改日期: 2009-01-19

基金项目: 东北林业大学本科生创新性实验项目(2007048)和教育部分新世纪优秀人才支持项目。

作者简介: 李刚(1986—), 男, 东北林业大学材料科学与工程学院学生。

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。

为解决这一问题,目前已有学者^[1-3]研发出以聚丙烯为主,制造出性能理想的材料,但必须同时添加偶联剂或胶黏剂,增大了制造成本。

本试验试图通过传统的热压方式提高传热效率,不添加助剂,且采用较大的麦秸纤维形态与聚乙烯复合,探索开发大幅面麦秸/聚乙烯板材的制造工艺。

1 材料与方法

1.1 材料

麦秸 加工成 10~40 目的碎料;

聚乙烯(PE) 为大庆石化公司产 HDPE 颗粒,牌号 2200J,密度为 0.962~0.966 g/cm³,熔点范围为 132~135 ℃,利用植物粉碎机,将 HDPE 颗粒加工成 40~80 目的粉末。

1.2 方法

以热压温度、热压时间以及麦秸与 PE 的质量比为因子,按照 L₉(3⁴)正交设计试验,因子及水平见表 1。麦秸和 PE 粉末按比率混合后,手工铺装成 160 mm×160 mm 的板坯,在 1 MPa 的压力下,预压 15 min。然后在保压状态下将板坯放到烘箱内,在 140 ℃下预热 40 min,再将板坯放入热压机中,采用压力为 3 MPa 进行热压。板材厚度为 9 mm,用厚度规控制。最后放入冷压机中,在 2 MPa 的压力下冷却到室温。

再根据初步试验确定的配方和工艺条件,压制幅面为 350 mm×350 mm 的试板,进行验证试验,各种条件分别重复压制板材 3 块。

表 1 正交试验的因子与水平

Tab. 1 Parameters and their levels used for experimental design

试验号	热压温度/℃	热压时间/min	m(麦秸):m(PE)
1	1(170)	1(8)	1(70:30)
2	1(170)	2(10)	2(60:40)
3	1(170)	3(12)	3(50:50)
4	2(180)	1(8)	2(60:40)
5	2(180)	2(10)	3(50:50)
6	2(180)	3(12)	1(70:30)
7	3(190)	1(8)	3(50:50)
8	3(190)	2(10)	1(70:30)
9	3(190)	3(12)	2(60:40)

1.3 检测

参照 GB/T 4897-2003《刨花板》,将板材锯制成 50 mm 宽的长条试件,测量抗弯强度(MOR)和弹性模量(MOE),试件跨距分别为 135 mm 和 180 mm;测量密度和 2 h 吸水厚度膨胀率(TS);平面抗拉强

度(IB)只对 350 mm×350 mm 幅面的板材测量。每个测试项目至少获得 6 个数据。

2 结果与讨论

2.1 PE 熔融状态

本试验将 PE 颗粒加工成粉末状,并增加了板坯预热处理,促进了 PE 的熔融,形成连续相的作用。在光学显微镜下观察平面抗拉强度试件的破坏面(图 1)发现,PE 的熔融效果良好,基本呈均匀铺展、覆盖在麦秸表面。PE 在复合板材中充分熔融和呈相连续性,不仅起到胶粘的作用,提高胶结强度,而且还可以阻隔水分渗透通道,提高了板材尺寸稳定性。

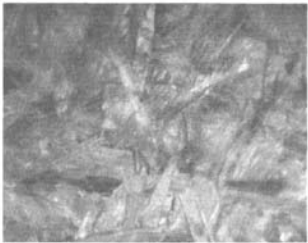


图 1 麦秸/PE 复合材平面抗拉试件破坏后的表面状态(×20)

Fig. 1 Surface showing the interaction between straw and polyethylene after internal bonding testing

2.2 试验因子对板材物理力学性能的影响

麦秸/PE 复合板材的物理力学性能检测结果如表 2 所示。

表 2 热压法麦秸/PE 复合板的性能

Tab. 2 Selected properties of straw/PE composite using hot pressing

试验号	MOR/MPa	MOE/GPa	TS/%	密度/(g·cm ⁻³)
1	10.85	1.10	12.42	0.70
2	14.87	1.41	5.37	0.74
3	17.50	1.28	2.77	0.75
4	13.87	1.25	3.40	0.72
5	15.33	1.11	2.50	0.77
6	12.62	1.36	6.67	0.73
7	15.33	1.20	1.57	0.70
8	15.54	1.51	4.50	0.70
9	14.14	1.54	2.62	0.72

本试验条件下,大部分试板的抗弯强度在 14 MPa 以上。由图 2 可知,增加 PE 用量,有利于提高抗弯强度,但用量过多则弹性模量呈下降趋势;而热压时间的延长,并没有明显提高板材力学性能的作用。

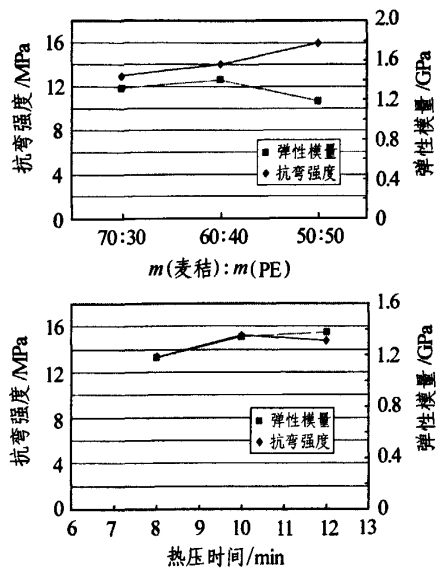


图2 麦秸与PE的质量比和热压时间对其力学强度的影响

Fig.2 Effects of straw/PE ratio and pressing time on mechanical properties

表3 试板的物理力学性能的极差分析

Tab.3 Analysis of difference of MOE, MOR, and TS

影响因子	热压温度	热压时间	$m(\text{麦秸}):m(\text{PE})$
R_{MOR}	1.065 8	1.894 2	3.052 5
R_{MOE}	0.175 3	0.210 0	0.225 1
R_{TS}	3.956 7	1.776 7	5.583 3

R_{MOR} :抗弯强度极差; R_{MOE} :弹性模量极差; R_{TS} ; R_{TS} 吸水厚度膨胀率极差

由表3极差分析可知,影响抗弯强度和弹性模量的主要因子是麦秸与PE的质量比,其次是热压时间和热压温度。但方差分析表明,3种因子的影响均不显著,均方差F值都在2.2以下。

总体分析,各种条件下压制的板材都具有优良的耐水性。由表4可知,麦秸与PE的质量比,对板材的TS具有显著影响。随麦秸比率的增加,板材的TS增大,这是由于板材中的PE减少,对麦秸的包覆效果差或粘接点减少,使水分较易渗透所致。

表4 试板2h吸水厚度膨胀率的方差分析

Tab.4 Analysis of variance of thickness swelling rates

方差来源	偏差平方和	自由度	均方和	F	显著性
热压温度	0.004 9	2	0.002 4	3.532 6	
热压时间	0.001 2	2	0.000 6	0.862 4	
$m(\text{麦秸}):m(\text{PE})$	0.010 003	2	0.005 0	7.220 0	*
误差	0.007 6	11	0.000 7	总和	0.023 7

$F_{0.05}(1,11)=4.84;F_{0.1}(1,11)=3.23$

表4的极差分析表明,与对力学性能的影响不同,影响吸水厚度膨胀率的次要因素是热压温度,且热压时间对吸水厚度膨胀率也有作用。热压温度的升高,有助于PE基质的熔融、流展,增大麦秸纤维的粘接面积,对提高麦秸/聚乙烯板材的尺寸稳定性有益。

2.3 验证试验

由上述试验,确定压制复合板得较优工艺参数为: $m(\text{麦秸}):m(\text{PE})=50:50$,热压温度190℃,热压时间12 min。

综合考虑能源、生产效率和麦秸利用率等问题,在验证试验中,选取 $m(\text{麦秸}):m(\text{PE})=60:40$,热压温度为175℃,热压时间10 min,制备350 mm×350 mm×9 mm的复合板材,抗弯强度的测试跨距为180 mm。在不加入偶联剂的情况下,板材各项性能指标较好(见表5)。

表5 验证试验结果

Tab.5 The average values of the selected properties of straw/PE composite

密度/(g·cm ⁻³)	MOR/MPa	MOE/GPa	TS/%	IB/MPa
0.74	14	1.1	4.05	0.36

3 结论

1) 通过预热,可以提高板坯温度和降低纤维含水率,缩短麦秸碎料在热压机里的升温时间,并且麦秸是在干燥状态下受热,减小了热降解的程度。将PE粒研磨成粉末状态,易于熔融铺展,可使麦秸碎料均匀地粘结。

2) 本工艺制备的秸秆/聚乙烯复合材料,无需添加偶联剂或胶黏剂,即可获得较为理想的板材性能,抗弯强度达到14 MPa。

3) 预热阶段时间较长,热压后板材需在一定压力下冷却养护。这些在实际应用中,可通过配备相应的设施,如采用高频预热,增加冷却装置等,以提高生产率。

参考文献:

[1] 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.

[2] 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.

[3] 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.

(责任编辑 鲍加芬)