

研究与开发

麦秸/塑料复合材料的热反应特征及复合工艺

吴羽飞, 肖芳, 张洋

(南京林业大学木材工业学院, 南京 210037)

摘要: 本研究用差示扫描量热法(DSC)测定和分析了麦秸/塑料复合材料的热反应特征,并通过试验探讨了麦秸与塑料之间的复合工艺。结果表明,麦秸、塑料以及麦秸/塑料复合材料三者的热反应特征各不相同,由此可了解麦秸和塑料之间的反应状况,说明用麦秸和塑料制造麦/塑复合材料是可行的。

关键词: 麦秸; 塑料; 热反应; 复合工艺

中图分类号: TS653 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-8654(2004)06-0019-03

A Study on Hot-Reaction Characteristics and Technology for Wheat Straw-Plastic Composites

WU Yu-fei, XIAO Fang, ZHANG Yang

(College of Wood Science & Technology, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: For expanding a new way to use wheat straw, the authors conducted an orthogonal experiment in order to determine the feasibility of making wheat straw-plastic composites. In this paper, the hot-reaction characteristics of wheat straw, plastics (PE, PVC, EVA) and three kinds of wheat straw-plastic composites were examined by Differential Scanning Calorimetry method (DSC). DSC curves of the monomer and composite materials revealed the distinctions between them, which indicated that some chemical reactions had happened between the wheat straw and the plastic. The paper further analyzed the effects of experimental factors, such as the plastic types, size of wheat straw powder and the ratio of wheat straw to plastic, on the tensile strength of the composite. These results provided references for researching technology for wheat straw-plastic composites.

Key words: Wheat straw; Plastic; Hot reaction; Composite technology

木/塑复合材料,兼具木材与塑料的双重特性,可以代替木材、大部分塑料及部分铝、钢质产品应用于建筑、包装及车船制造业,是一种发展前景广阔的人造板产品,在欧美国家得到了充分重视^[1]。麦秸作为主要的农业剩余物,在我国目前仍大量被弃之不用,放火焚烧则污染环境。进一步开发利用麦秸资源已刻不容缓,也是发展优质高效农业和帮助农民致富的迫切需要和重要途径^[2]。用麦秸代替木材制造麦秸/塑

料复合材料将会为麦秸的利用提供新的途径。

木塑复合材料的制造方法有多种^[3],其中之一是将木材加工成粉末,然后与颗粒状或粉末状塑料原料按一定的比例混合,经加热模压或挤压成型。本研究采用麦秸粉末替代木粉试制麦秸/塑料复合材料,并用差热法分析麦秸与塑料之间的热反应特征,以期为进一步制定麦秸/塑料复合材料的工艺提供依据。

1 材料及方法

1.1 试验材料

收稿时间:2004-02-12

作者简介:吴羽飞(1971—),女,南京林业大学木材工业学院工程师。

麦秸 为南京市郊当年收割物。其主要成分是纤维素、半纤维素和木素,及少量糖、油脂物、蜡、灰分(含硅)等。纤维长度 0.80~1.85 mm,宽度 13.1~17.9 μm ,长宽比为 37~104,细胞壁厚 3.36~5.25 μm ,胞腔直径 5.82~10.39 μm ^[4]。

塑料 选用聚乙烯(PE)、聚氯乙烯(PVC)和乙烯-乙酸乙烯(EVA)3种,市售,其外观均为白色颗粒。其中:聚乙烯的密度为 0.96 g/cm³,熔点 125~135℃;聚氯乙烯的密度为 1.25 g/cm³,熔点 75~90℃;乙烯-乙酸乙烯的密度为 0.94 g/cm³,熔点 65~90℃。

1.2 试验仪器和设备

德国 NETZSCH 公司 DSC 200 差示扫描量热仪;双辊筒炼塑机,可无级变速,板宽为 600 mm,双辊筒间距可调,以决定板厚(通常 1~2 mm)。

1.3 试验方法及原理

塑料与麦秸之间的热反应特征用 DSC 差示扫描量热法测定。通过 DSC 法分析麦秸/塑料复合材料的热反应特征,再结合麦秸和塑料各自的热反应特征,可以了解麦秸/塑料复合材料与麦秸和塑料单体之间的差别。

DSC 测试样品量为 5~7 mg(固体样品需制成粉状),测量的起始温度为 200℃,终止温度 2 000℃,升温速度 100℃/min。

本研究采用的麦秸/塑料复合工艺如下:

麦秸粉碎→干燥→筛选→搅拌(混合麦秸及塑料)→混炼挤压→成品

首先用粉碎机将麦秸粉碎,经过干燥使其含水率达 5%左右,再通过筛选,获得所需的麦秸粉末。取塑料种类、麦秸粉目粒度、麦秸与塑料混合比为变化因子,各取 3 个水平,按 $L_9(3^4)$ 正交表(见表 1)安排试验。麦秸粉末与塑料颗粒混合均匀后,送入双辊筒炼塑机

表 1 试验安排及结果				
Tab. 1 Test arrangement and result				
序号	塑料种类	麦秸粉末/目*	麦秸/塑料(重量比)	抗拉强度/MPa
1	EVA	-30+40	0.4	8.2
2		-20+30	0.3	7.9
3		-10+20	0.2	6.8
4	PVC	-30+40	0.3	7.6
5		-20+30	0.2	4.7
6		-10+20	0.4	5.9
7	PE	-30+40	0.2	10.4
8		-20+30	0.4	11.9
9		-10+20	0.3	10.8

* -10+20(目)表示通过 10 目筛网、留于 20 目筛网的麦秸粉末,其余类推

进行混炼挤压。辊筒温度 165~180℃。参照 GB/T 1040-92 塑料拉伸性能的试验方法,检测该复合材料的抗拉强度,以衡量麦秸与塑料之间的结合强度。

2 结果与分析

2.1 麦秸/塑料复合材料的热反应特征

麦秸/塑料复合材料属于聚合物基复合材料,是通过混合加料,在两个加热辊的压力作用下塑化、挤压成型、最后定型的产品。麦秸-塑料的界面层在结构上与麦秸或塑料不同^[5]。通过对麦秸/塑料复合材料及麦秸、塑料单体的 DSC 分析可以发现其差别。

图 1 所示为麦秸、EVA 单体、麦秸/EVA 复合材料的热反应曲线。三条曲线最大吸热峰的顶点均在 90℃附近,而麦秸/EVA 复合材料的 DSC 曲线在 120~140℃区间还有一明显的吸热峰。比较图 1 中曲线可见,麦秸/EVA 复合材料的热反应曲线显然不是麦秸和 EVA 两条热反应曲线的叠加,说明在麦秸与塑料复合的过程中,麦秸与 EVA 之间发生了一定的化学反应。

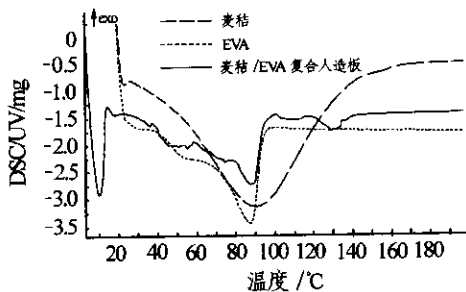


图 1 麦秸、EVA 和麦秸/EVA 复合材料的 DSC 曲线
Fig. 1 DSC curve of wheat straw, EVA, and wheat straw-EVA composite

另根据 PE 单体、麦秸/PE 复合材料的热反应曲线(图略),与图 1 中麦秸的热反应曲线比较可以发现:麦秸与 PE 单体、麦秸/PE 复合材料的 DSC 曲线所处的温度区域差别较大,麦秸的最大吸热峰顶点在 90℃附近,而 PE 单体和麦秸/PE 复合材料的最大吸热峰顶点则在 130℃附近,通过积分求得后者的吸热量为前者的 93.3%。麦秸/PE 复合材料的热反应曲线也不是麦秸和 PE 两条热反应曲线的叠加,说明了麦秸与 PE 单体在复合过程中也发生了反应。

此外,从 PVC 单体、麦秸/PVC 复合材料的热反应曲线中(图略)发现:PVC 的热反应中只在 86℃时出现一个较小的吸热峰,而在麦秸/PVC 复合材料的热反应中却出现了 2 个较大的吸热峰,分别在 45.4℃和 98.8℃处,说明麦秸与 PVC 有反应发生。

2.2 麦秸/塑料复合工艺参数分析

2.2.1 塑料单体种类的影响 PE、PVC 在塑料行业中用量最大,EVA 作为 PVC 的改性剂用量也很大。对表 1 的结果进行直观分析见图 2,其中麦秸粉的细度及麦秸与塑料单体的比率均取试验区间内的平均值。由图 2a 可见,3 种塑料原料均可以和麦秸粉较好地结合,其中,PE 与麦秸粉的结合强度最高。说明在一定的条件下,不加入偶联剂或其它添加剂,麦秸可以和塑料结合成性能较好的复合材料。

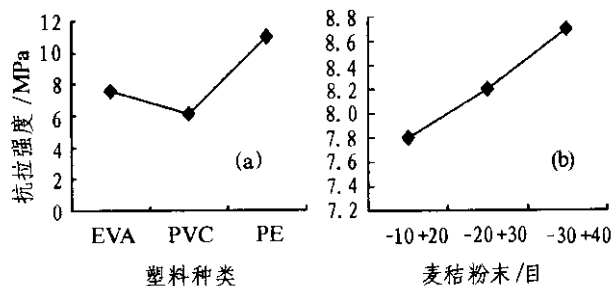


图 2 塑料种类、麦秸粉粗细对麦秸/塑料复合材料抗拉强度的影响

Fig. 2 Effects of plastics types and straw powder size on tensile strength of wheat straw/plastic composites

2.2.2 麦秸粉末粒度的影响 在麦秸/塑料复合材料中,麦秸粉保留了植物纤维的基本特性,起增强的作用,塑料则作为基体材料存在。当二者被混合、加热、挤压时,塑料受热熔融,产生流动,在外界压力下,将麦秸粉牢固地黏接在一起,冷却后硬化。从图 2b 可见,在本试验区间内,麦秸粉越细越有利于麦秸/塑料复合材料强度的提高。其原因主要在于较细的麦秸粉分散性好,易于和熔融后的塑料混合均匀,在同样的外界压力下,两者之间结合得更紧密,从而使麦秸/塑料复合材料的抗拉强度增加。此外,较细的麦秸粉末也可以使复合材料表面的粗糙度下降。

2.2.3 麦秸/塑料单体比率的影响 试验结果表明(图略),随着麦秸粉用量的增加,麦秸/塑料复合材料的抗拉强度逐渐提高,到一定值后开始缓慢下降。当麦秸/塑料比率从 0.2 增加到 0.3 时,复合材料的抗拉强度提高了 1.5 MPa;当麦秸/塑料比从 0.3 增加到 0.4 时,麦/塑复合材料的抗拉强度反而降低了 0.1 MPa。说明,在一定范围内增加麦秸用量可起到增强效果,但这种效果会随着麦秸用量的增加而变小。其原因可以解释为,在麦秸/塑料复合材料中,塑料基体的一个功能是将载荷均匀分布^[5],当麦秸比例增加到一定数值后,塑料基体的这种功能会随之减弱。

3 结论

1) 麦秸/塑料复合材料的热反应曲线不是麦秸和塑料两条热反应曲线的叠加,表明复合材料与麦秸或塑料材料的性能有所不同,在复合过程中发生了反应。

2) 较细的麦秸粉末有利于提高麦秸/塑料复合材料的性能。在本试验条件下,采用 -30+40 目粒度的麦秸粉制造的复合材料抗拉强度最高。

3) 在一定范围内,增加麦秸的用量,可以提高麦秸/塑料复合材料的强度。在本试验范围内,麦秸/塑料以 0.2 的比率复合时材料的性能较好。

参考文献:

- [1] Woltcott. Wood Fiber/Polymer Composites Fundamental Concepts Processes and Material Options [M]. Madison: Forest Product Society, 1993: 1-50.
- [2] 恩斯特·伯林克曼. 以一年生植物作为原料生产刨花板的原料 [J]. 木材工业, 1990, 14(3): 40-45.
- [3] 中国林科院木工所木质纤维复合材料专题组. 木/塑纤维复合工程材料工艺试验研究 [J]. 木材工业, 1998, 12(4): 15-17.
- [4] 张大同. 小麦草各部位纤维形态和化学组成的分析 [J]. 中国造纸, 1990, 8(4): 16-21.
- [5] 徐洲, 姚寿山. 材料加工原理 [M]. 北京: 科学出版社, 2003: 133-148.

CN 32-1328/S

2005 年《林产化工通讯》征订启事

ISSN 1005-3433

《林产化工通讯》(双月刊)国内外公开发行,《中国学术期刊(光盘版)》、《中国期刊网》,“中文科技期刊数据库”全文收录期刊,“中国学术期刊综合评价数据库”来源期刊,《CAJ-CD 规范》执行优秀期刊,2002 年“第四届江苏省质量评估分级”一级期刊。

坚持为经济建设、为基层服务的办刊宗旨,刊登新技术、新工艺、新设计、新设备、新材料为主要内容。

设有研究报道、企业纵横、技改园地、开发探索、技术讲座、国外信息和国内简讯及专利快递、市场行情、开发指南等栏目。适于松香、松节油、胶粘剂、制浆造纸、木材热解、活性炭、木材水解、香精香料、外贸、商检等行业从事科研、生产、教学和管理等相关人士阅读。

邮发代号 28-205, 单月 25 日出版。每册定价 4.50 元, 全年 27.00 元。亦可直接向本刊编辑部订阅。

地址: 210042, 南京市锁金五村 16 号林产化工研究所内 电话: 025-85482492 传真: 025-85413445

户名: 中国林业科学研究院林产化学工业研究所

账号: 4301012509001028549

开户行: 工商银行南京板仓分理处

http: 万方数据 chinajournal.net.cn

E-mail: lchg@chinajournal.net.cn