

研究简报

微孔发泡麦秸/聚乙烯复合材料的开发

高巧春^{1,2}, 高振棠², 蔡红珍², 柏雪源²

(1. 山东理工大学材料科学与工程学院, 山东淄博 255049; 2. 山东理工大学轻工与农业工程学院, 山东淄博 255049)

摘要: 在麦秸粉和聚乙烯中加入偶氮二甲酰胺(AC)发泡剂,以挤出成型的方式制备麦秸/聚乙烯微孔发泡复合材料。研究麦秸粉、AC发泡剂用量及麦秸粉粒度,对复合材料性能的影响。结果表明:通过发泡能有效降低材料的密度;当聚乙烯、麦秸粉及AC发泡剂的质量比为100:30:2,麦秸粒度为80~120目时,复合材料的综合性能较好。

关键词: 木塑复合材料; 麦秸; 聚乙烯; 微孔发泡; 力学性能

中图分类号: S51; TS653

文献标识码: B

文章编号: 1001-8654(2008)00-0017-03

Development of Micro-Foaming Wheat Straw/Polyethylene Composite

GAO Qiao-chun^{1,2}, GAO Zhen-tang², CAI Hong-zhen², BAI Xue-yuan²

(1. School of Material Science and Engineering, Shandong University of Technology, Zibo 255049, Shandong, China;

2. School of Light Industry and Agriculture Engineering, Shandong University of Technology, Zibo 255049, Shandong, China)

Abstract: High density and low impact strength of traditional wood/plastic composites (WPC) present some barriers for their application in building construction. To reduce the density of WPC, the authors added a foam beater in the mixture of wheat straw and polyethylene (PE) before extrusion moulding. The effects of the wheat straw content, foam beater content, and wheat straw size on the composite performance were evaluated and presented in this study. The optimized parameters to make a low density straw and polyethylene composite were: the content ratio of polyethylene to wheat straw flour and the foam beater was 100 : 30 : 2, with the wheat straw flour 80~120 mesh size.

Key words: wood/plastic composites; wheat straw; polyethylene (PE); micro-foaming; mechanical properties

随着资源的短缺及环保意识的增强,以植物纤维尤其是一年生的农作物秸秆为填料,制备木塑复合材料的研究成为近几年的热点。但木塑复合材料也有一些不足,比如使用植物纤维作填料,会使材料的延展性、冲击强度等下降,其脆性大于纯塑料;此外,木塑复合材料的密度通常为实木材料的两倍多,也在一定程度上限制了其应用^[1-2]。

针对这些弱点,笔者通过引入发泡剂,制备了微孔发泡木塑复合材料。这种材料除具备木塑复合材料的优点外,因材料内部存在泡孔结构,可以钝化裂纹尖端,阻止裂纹的扩展,从而有效地克服一般木塑

复合材料脆性大、抗冲击应力低的缺点,并且材料的密度降低,不仅节省原料,而且隔音、隔热性能也较好,具有更精确的外观尺寸^[3-4]。

1 试验材料及方法

1.1 主要原材料

1) 聚乙烯: 高密度聚乙烯 (high density-polyethylene, HDPE) DMDY1158, 山东齐鲁石化产; 马来酸酐接枝高密度聚乙烯 (maleic anhydride-grafted-HDPE, MAH-g-HDPE), 南京德巴化工有限公司产;

2) 麦秸粉: 产地山东淄博, 20~120目;

3) 发泡剂: 偶氮二甲酰胺 (azodicarbonamide, AC), 山东博祥化工有限公司产;

收稿日期: 2008-05-30; 修改日期: 2008-10-27

作者简介: 高巧春(1975—), 女, 山东理工大学材料科学与工程学院实验师。

4) 其他助剂:硬脂酸,天津博迪化工有限公司产;石蜡,中国石油独山子石化公司产。

1.2 仪器设备

DHG-9623A 电热恒温鼓风干燥箱;SJZ-45/90B 锥形双螺杆挤出机;ZHY-W 万能制样机;WDW1020 万能试验机;XJJ-5 冲击试验机。

1.3 方法

1) 制备工艺:将麦秸在自然条件下晾干后进行粉碎、筛分分级,然后将其置于电热鼓风干燥箱中,在 105℃下干燥 24 h 后备用。再将麦秸粉与 MAH-g-HDPE 在 80℃下搅拌 10 min,使 MAH-g-HDPE 很好地包覆麦秸粉,然后将 HDPE 粉料及其他助剂加入混合机中,继续搅拌 10 min。最后将混合好的物料加入锥形双螺杆挤出机中,挤出成 15 mm×55 mm 的片材,冷却、切割、加工成测试试样。

2) 试验设计:试验中固定 MAH-g-HDPE 的质量为 100 份,设计 3 因素 3 水平的完全试验,以麦秸粉用量、AC 发泡剂用量及麦秸粒度为变量因子,研究其对复合材料密度和力学性能的影响。

表 1 因子及水平

Tab. 1 Factors and their levels designed for the experiment

水平	因子		
	麦秸粉用量/份	AC 发泡剂用量/份	麦秸粉粒度/目
1	30	2	-40+60
2	50	4	-60+80
3	70	6	-80+120

注: -40+60(目)表示通过 40 目筛网、留于 60 目筛网的麦秸粉,其他类似。

3) 性能测试:按照 GB/T 1463-2005《纤维增强塑料密度和相对密度试验方法》测试密度;按照 GB/T 1043-1993《硬质塑料缺口简支梁冲击试验方法》测试冲击强度;按照 GB/T 1040.2-2006《塑料 拉伸性能的测定 第 2 部分:模塑和挤塑塑料的试验条件》测试拉伸强度,拉伸速度为 2 mm/min;按照 GB/T 9341-2000《塑料弯曲性能测试试验方法》测试弯曲强度,加载速度为 2 mm/min。

2 试验结果与讨论

2.1 麦秸粉用量对复合材料性能的影响

从图 1 可以看出,随着麦秸粉用量的增加,复合材料的密度先升后降。这是因为在熔体中能发泡的

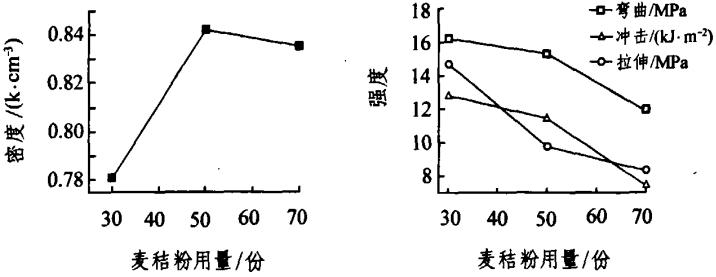


图 1 麦秸粉用量对复合材料性能的影响

Fig. 1 Effect of wheat straw content on composite properties

只有基体塑料,麦秸粉不能发泡,所以,随着麦秸粉用量的增加,复合体系的发泡空间减小,发泡程度降低,导致制品的密度增加。但当麦秸粉用量增加到一定程度之后,熔体的黏度降低^[2],熔体开始破裂形成大的空洞,密度反有所下降。

从图 1 还可见,随着麦秸粉用量的增加,复合材料的冲击强度、弯曲强度、拉伸强度等力学性能指标均呈下降趋势。这是由于麦秸粉和聚乙烯的相容性较差,两者的界面结合力较弱,所以,随着麦秸粉用量的增加,麦秸粉分散性变差,凝聚现象加剧,由其颗粒引起的应力集中及产生缺陷的几率加大,从而使复合材料的性能下降^[5]。

综合考虑,在本试验范围内,以麦秸粉用量为 30 份时,复合材料的综合性能较为理想。

2.2 AC 发泡剂的用量对复合材料性能的影响

由图 2 可知,AC 发泡剂的增加使得复合材料的密度先升后降。当 AC 发泡剂在 2、4 份时,加工时熔体压力分别在 6、10 MPa,并且比较平稳。这是因为当 AC 发泡剂为 2~4 份时,聚乙烯能够溶解发泡剂分解的全部 N₂、CO、CO₂ 气体;随着 AC 发泡剂的增多,熔体的压力增大,其分子间距减小,材料变得更加密实,所以密度增大。当 AC 发泡剂为 6 份时,多余的气体不能溶解,导致熔体破裂,泡孔开始互相结合形成大的缺陷,致使加工困难,材料的密度下降。

另外,随着 AC 发泡剂用量的增加,复合材料的冲击强度缓慢增加,拉伸强度先升后降,弯曲强度则一直下降。这是因为 AC 发泡剂用量增加时,复合材料的泡孔数量增多,一方面受冲击时泡孔的变形可以吸收大量的能量,所以复合材料的冲击强度增加;另一方面,泡孔数量的增多,使得材料受力截面的有效面积减小,导致复合材料的弯曲强度降低,拉伸强度减小。

综合比较复合材料的密度和力学性能,以 AC 发泡剂用量为 2 份时,发泡效果较好。

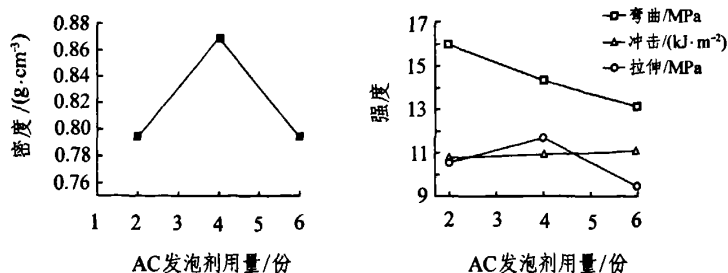


图2 AC发泡剂用量对复合材料性能的影响

Fig. 2 Effect of AC foam beater content on composite properties

2.3 麦秸粉粒度对复合材料性能的影响

图3显示,随着麦秸粉目数的增加,复合材料的密度亦呈现先升后降的趋势。这是因为40~60目之间的麦秸粉以大颗粒为主,其表面凹凸不平,在发泡过程中,可以提供大量的空穴。由经典成核理论可知^[6-7],空穴有利于成核,从而形成的泡孔数目较多。

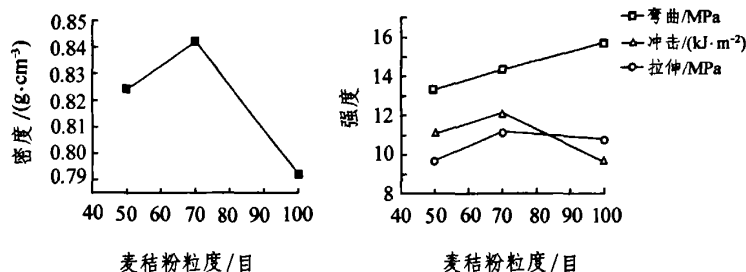


图3 麦秸粉粒度对复合材料性能的影响

Fig. 3 Effect of wheat straw size on composite properties

而60~80目之间的麦秸粉以纤维状为主,其表面空穴较少,成核所需克服的自由能垒较多,影响形成的泡孔数量减少。80目以上的麦秸粉以粉末为主,其比表面积大,本身就能作为成核剂^[8],有利于形成均匀而致密的泡孔。

因此,随着麦秸粉粒度的变化,所形成的气泡的数量先降低、后增加,复合材料的密度亦呈现先升高、后降低的趋势。

麦秸粉粒度对复合材料力学性能的影响体现在:复合材料的冲击强度、拉伸强度出现先上升后下降的趋势,弯曲强度则接近线性增加。这是由于减小麦秸粉的粒度,可以使麦秸粉与聚乙烯的接触面积增大,在同样的外界压力作用下,两者结合更紧密,从而使复合材料的强度增加。

当在麦秸粉粒度在80目以上时,复合材料的冲击强度和拉伸强度略有下降。根据纤维增强理论^[9],

纤维小于临界长度时,应力则无法传递到纤维上,纤维起不到增强的作用。所以,当外力作用到复合材料上时,纤维很容易从基体中脱离出来,起不到增强作用,致使材料的力学性能下降。

综合比较复合材料的密度和力学性能,麦秸粉粒度以80~120目为宜。

3 结论

1) 通过试验研究,综合考虑成本、复合材料的密度以及力学性能等因素,初步确定制备微孔发泡麦秸/聚乙烯复合材料较佳的工艺参数为: $m(\text{聚乙烯}):m(\text{麦秸粉}):m(\text{发泡剂})=100:30:2$,麦秸粉粒度80~120目。

2) 通过发泡,有效降低了木塑复合材料的密度,同时提高了其冲击强度,将会拓宽木塑复合材料在物流、汽车内饰、室内装修、园林等方面的应用。

参考文献:

- [1] 薛平,贾明印,王哲,等. PVC/木粉复合材料挤出发泡成型的研究[J]. 工程塑料应用,2004,32(12):66.
- [2] 涂芳,孙可伟,李如燕. 甘蔗渣/LDPE发泡木塑复合材料的研究[J]. 塑料工业,2007,35(5):16-19.
- [3] 温安华,薛平,贾明印. 微发泡木塑复合材料的研究进展[J]. 塑料工业,2006,34(6):1-4.
- [4] 王大伟,张兴华,肖祥雄. 木粉/PP复合发泡材料的研究进展[J]. 塑料制造,2007(7):74-77.
- [5] 王澜,董洁,卜雅萍. 聚氯乙烯/稻壳粉木塑发泡制品的研究[J]. 塑料,2005,35(5):1-6.
- [6] Blander M. Bubble nucleation in liquids[J]. Advances in Colloid and Interface Science, 1979, 10(1): 1-32.
- [7] Ramesh N S, Rasmussen D H, Campbell G A. Heterogeneous nucleation of microcellular foams assisted by the survival of microvoids in polymers containing low glass transition particles. Part I: mathematical modeling and numerical simulation[J]. Polymer Engineering and Science, 1994, 34(22):1685-1697.
- [8] Rodrigue D, Souici S, Twite Kabamba E. Effect of wood powder on polymer foam nucleation[J]. Journal of Vinyl and Additive Technology, 2006, 12(1):19-24.
- [9] 李军. 硬质PVC/木粉复合材料研制及其性能的研究[D]. 北京:北京化工大学,2004.

(责任编辑 向琴)