

木粉/HDPE 复合材料的力学性能与流动性能

朱晓群¹⁾ 周亨近^{1)*} 魏浩¹⁾ 郑裕²⁾ 张志龙²⁾

(1) 北京化工大学材料科学与工程学院, 北京 100029; 2) 燕山石油化学公司树脂应用研究所, 北京 102400

摘 要: 用木粉与高密度聚乙烯(HDPE)复合制备了能代替木材的复合材料。考察了木粉含量、粒度、界面相容剂用量对复合材料力学性能、流动性的影响。结果表明, 复合材料的弯曲强度随木粉含量的增加而提高, 冲击强度随木粉含量的增加而下降; 弯曲强度随木粉粒度减小显著降低, 而冲击强度先有所升高而后降低; 界面相容剂能有效改善材料的性能, 其较佳用量约为 5% (质量分数)。

关键词: 高密度聚乙烯; 木粉; 界面相容剂; 复合材料

中图分类号: TQ 325.12; TQ 321.5

引 言

木粉(wood flour)等天然纤维可用作高密度聚乙烯(HDPE)的增强材料或填料, 与目前普遍采用的无机填料相比, 其具有质轻、价格便宜、强度高、耐磨的优点, 并且可回收和生物降解。然而, 采用木粉作为聚烯烃的增强材料或填料仅是近年来才逐渐被人们接受, 其原因是: 加工困难; 木粉与聚乙烯极性不同, 二者的相容性差, 导致材料强度、韧性下降^[1]。为改善相容性, 人们选用了多种相容剂如硅烷偶联剂^[2]、钛酸酯偶联剂^[3]等。这些相容剂在一定程度上能改善界面效果, 但价格高, 处理方法复杂。本文选用一种含有酸酐的高分子接枝物作为木粉与 HDPE 的相容剂, 制备木粉/塑料复合材料, 并考察了相容剂及木粉用量对复合材料的力学性能、流动性能的影响。

1 实验部分

1.1 主要原料

高密度聚乙烯(HDPE), 6100M, 熔融指数(MI) 0.15 g/min, 密度 0.954 g/cm³, 北京燕山石油化学公司; 木粉, 自备; 炭黑, 中色素-2, 天津海豚炭黑厂; 相容剂, 高密度聚乙烯接枝马来酸酐(HDPE-g-MA), MI 为 4.5 g/min, 北京化大光明科技有限公司; 硬脂酸, 化学纯, 北京益利化学品试剂公司。

收稿日期: 2000-09-29

第一作者: 女, 1976 年生, 硕士生

*通讯联系人

1.2 复合材料的制备及试样成型

木粉过筛后, 在 120 °C 的烘箱中干燥处理 4~5 h, 与适量的表面处理剂在 HW80 型高速搅拌机中混合 5 min。在 130~140 °C 双辊开炼机上先将 HDPE 熔融, 然后加入木粉进行塑炼, 拉成片, 再将物料片分割成小片, 于 160 °C 在压机上压制成型, 用裁样机裁成样条。

1.3 测试

弯曲性能: 测试仪器为英国 Instron 公司的 Instron-1185 型万能材料试验机, 试样厚度 4 mm, 跨度 64 mm, 压头半径 5 mm, 测试速度 2 mm/min, 按 ASTM D790-92 标准测试。

冲击强度: 测试仪器为承德市材料试验机总厂 Izod 冲击试验机, 型号 UJ-40, 按 ASTM D256-90 标准测试。

流动性能: 测试仪器为德国 Brabender 公司 Brabender 转矩流变仪, 型号 PLV-151, 测试温度 160 °C, 转速 30 r/min。

2 结果与讨论

2.1 木粉粒度对复合材料性能的影响

制好的试样分别测得其弯曲强度与冲击性能如表 1 所示。由表 1 可见随着木粉粒度增大, 弯曲强度显著降低, 而冲击强度先有所升高而后降低。这是因为较大粒度的木粉可以起到一定的纤维增强作用, 而较小粒度的木粉增加了复合材料的两相界面面积, 有利于冲击能量的吸收; 木粉粒度进一步降低, 界面相容性成为主要问题, 使得冲击性能降低。

表 1 木粉粒度与复合材料性能的关系
Table 1 Correlation between wood flour size and composite properties

木粉粒度/mm(目)	弯曲强度/MPa	冲击强度/(J·m ⁻¹)
0.54(30)	44.64	156.76
0.28(60)	39.18	172.58
0.18(80)	33.26	152.28
0.15(100)	29.33	176.32
0.12(120)	27.90	88.79

2.2 木粉含量与复合材料性能的关系

随着木粉含量的增加, 复合材料弯曲强度上升, 冲击强度下降(见图 1)。这是因为木粉的主要成分纤维素和木质素属于刚性大分子, 使得材料的刚性增加, 韧性下降。

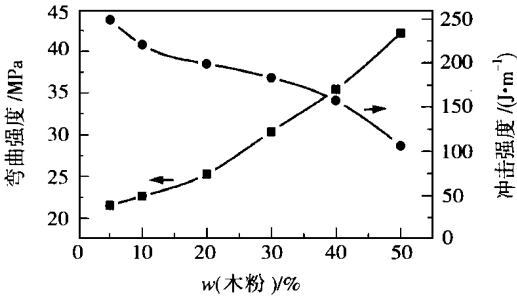


图 1 木粉含量对材料力学性能的影响

Fig. 1 Effect of wood flour content on the mechanical properties of the composites

2.3 界面相容剂对复合材料性能的影响

图 2 所示为不同含量的相容处理剂对木粉含量为 45%(质量分数)的复合材料性能的影响。由图 2 可知, 弯曲强度随相容剂用量的增加而升高, 当相容剂质量分数为 15% 时达到最大值, 再继续增加相容剂含量, 弯曲强度反而有些许下降, 但仍高于未加相

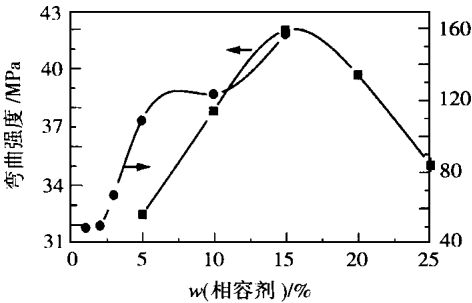


图 2 相容剂含量对材料力学性能的影响

Fig. 2 Effect of PE-g-MA content on the mechanical properties of the composites

容剂时的强度。这是因为酸酐与木质纤维素上的羟基发生酯化反应^[4], 有效地改善了木粉与 HDPE 的界面相容性, 从而使弯曲强度提高; 当相容剂的含量继续增加, 弯曲强度反而下降, 这是因为相容剂(树脂)本身的弯曲强度不及 HDPE, 界面的改善与基体树脂强度的下降持平或略高。冲击强度随相容剂含量的增加而升高。

木粉在磨擦或剪切的作用下, 容易发生静电而抱团。炭黑可以导电, 用它包裹木粉可以减少静电的发生, 使木粉分散均匀。实验发现炭黑在一定程度上可以改善材料的力学性能。炭黑的含量对材料弯曲强度的影响如图 3 所示。

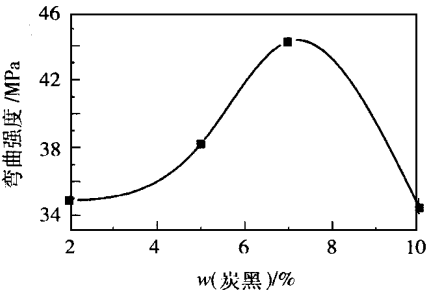


图 3 炭黑含量对材料弯曲强度的影响

Fig. 3 Effect of carbon content on the flexural strength of the composites

2.4 复合材料的流动性

测试了不同配方的木粉/HDPE 复合材料在 Brabender 转矩流变仪的混炼室中受恒速转子搅动下的平衡转矩值。其值越低, 表明流动性越好。

2.4.1 木粉用量对材料流动性的影响 如表 2 所示, 木粉用量改变并未使复合材料的转矩值发生很大变化。说明在所研究的配比范围内复合材料具有较好的加工流动性。

表 2 木粉含量不同时的平衡转矩值

Table 2 Equilibrium torque of the composites with different wood flour content

w(木粉)/%	平衡转矩/(N·m)
0	2 510
15	2 350
30	2 500
45	2 460
55	2 300

2.4.2 相容剂含量对材料流动性的影响 虽然相容剂的流动性优于 HDPE, 当加入质量分数 w 为

10%的相容剂后(木粉含量 w 为 45%),平衡转矩增加显著,由 2 120 (N·m)到 2 460 (N·m)(见表 3),这说明相容剂与木粉发生了反应,相界面得到了改善。另外,随着相容剂含量的增加,平衡转矩降低,这是因为相容剂的熔融指数是 HDPE 的 30 倍,

表 3 相容剂含量不同时的平衡转矩值

Table 3 Equilibrium torque of the composites with different compatibilizer content

w (相容剂)/%	平衡转矩/(N·m)
0	2 120
10	2 460
20	2 380
30	2 180

所以随着其用量增加,材料的平衡转矩值降低。

参 考 文 献

[1] Oksman K, Lindberg H, Holmgren A. Influence of thermoplastic elastomers on adhesion in polyethylene-wood flour composites. J Appl Polym Sci, 1998, 68: 1845~1855

[2] 包全中. 塑料的填充改性与偶联剂的应用. 合成树脂及塑料, 1993(2): 8

[3] 蔡赐春. 高填充塑料仿木板材的研制. 塑料, 1996(5): 32

[4] Oksman K, Lindberg H, Holmgren A. The nature and location of SEBS-MA compatilizer in polyethylene-wood flour composites. J Appl Polym Sci, 1998, 69: 201~209

Mechanical and fluid properties of wood flour/high density polyethylene composite

ZHU Xiao-qun¹⁾ ZHO U Heng-jin¹⁾ WEI Hao¹⁾ ZHENG Yu-kun²⁾ ZHANG Zhi-long²⁾

(1)College of Materials Science and Engineering, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029;
2)Resin Research Application Institute of Yanshan Petrochemistry Corporation, Beijing 102400, China)

Abstract: The composite which can replace the wood was made by wood flour and high density polyethylene (HDPE). The effects of compatibilizer content, wood flour content and size on the mechanical and fluid properties of composite were studied. It was found that with the increase in wood flour content, the flexural strength increased while the impact strength decreased. Reducing the size of wood flour, the flexural strength decreased and impact strength increased first than declined. The use of compatibilizer could improve the toughness of the composite efficiently and its optimum content was 15% by weight.

Key words: high density polyethylene(HDPE); wood flour; compatibilizer; composite

我校 2000 年申报科研基金批准统计

去年, 我校从有关部门获得科研基金资助项目(截止至 2000 年 12 月 31 日)共 79 项, 其中国家科技部 4 项; 国家自然科学基金委 14 项; 国家经贸委 1 项; 教育部 33 项; 国家石化局 1 项; 北京市科委 4 项; 北京市自然科学基金委 5 项; 中国石油化工集团总公司 9 项; 中国石油天然气总公司 1 项; 其它部局 2 项; 重点实验室、工程中心 2 项; 其它 3 项。

(科技处)