

Preparation and properties of talc-filled modified PBAT

Xiaoqian Yang Rongxia Wang Zufang Wang Penghai Yang Xin Yu

Xinjiang Tianye Co., Ltd., Shihezi, Xinjiang, 832000, China

Abstract

In this paper, the modification effect of talc powder as a filler on PBAT (a biodegradable polyester material) was studied. As a common inorganic filler, talc has excellent mechanical properties, thermal stability and cost effectiveness, and is often used for polymer modification. PBAT composites with different modified talc content were prepared by melting blending and analyzed their mechanical properties, rheological properties, thermal properties, melting index and chromatic detection. The results showed that the addition of the appropriate modified talc powder significantly improved the mechanical strength and thermal stability of PBAT, and the rheology and melting index were suitable for later processing. The synthesis shows that the composite material has potential applications in the field of environmental protection.

Keywords

talcum powder, PBAT, filling modification, mechanical properties, rheological properties, thermal properties

滑石粉填充改性 PBAT 的制备与性能研究

杨晓倩 王荣霞 王祖芳 杨朋海 余欣

新疆天业股份有限公司, 中国·新疆 石河子 832000

摘要

本文研究了滑石粉作为填充剂对PBAT（一种可生物降解的聚酯材料）的改性效果。滑石粉作为一种常见的无机填料，具有优异的力学性能、热稳定性和成本效益，常用于聚合物的改性。通过熔融共混法制备了不同改性滑石粉含量的PBAT复合材料，并对复合材料力学性能、流变性能、热性能、熔融指数、色相检测进行了系统分析。结果表明，适量改性滑石粉的加入显著提高了PBAT的力学强度和热稳定性，流变性能和熔融指数较好，较适宜后期加工。综合表明该复合材料在环保领域具有潜在应用价值。

关键词

滑石粉, PBAT, 填充改性, 力学性能, 流变性能, 热性能

1 引言

在现代高分子材料领域里, 滑石粉与高分子材料结合形成复合材料早有报道中^[1-5], 聚己二酸/对苯二甲酸丁二酯(PBAT)作为一种典型的生物可降解聚酯, 因其优异的柔韧性, 被广泛应用于包装、农业薄膜和一次性制品等领域。然而, PBAT的力学性能和热稳定性相对较低, 且成本较高, 限制了高性能领域的应用。因此, 通过填充改性提升PBAT的综合性能并降低成本, 成为当前研究的重要方向。滑石粉作为一种天然层状硅酸盐矿物, 具有低成本、高刚性的无机填料, 可通过表面改性增强与PBAT的界面结合, 不仅可以改善材料的力学性能和热稳定性, 还能降低成本, 同时保持

其生物可降解性^[6]。

本文以滑石粉为填充剂, 通过熔融共混法制备滑石粉填充改性PBAT复合材料, 系统研究滑石粉含量对PBAT的力学性能、流变性能、热性能、熔融指数和光学性能的影响, 以期为PBAT基复合材料的开发与应用提供理论依据和技术支持。

2 实验部分

2.1 材料与设备

材料: PBAT, 硅烷偶联剂, 滑石粉, 异氰酸酯, 其它助剂。

设备: 干燥烘箱, 高速搅拌机, 微型双螺杆挤出机, 切粒机, 注塑机, 电子万能材料试验机, 熔融指数检测仪, 旋转流变仪 HAAKE MARS, 差示扫描量热仪 (DSC), 台式分光仪。

2.2 样品制备

预处理: 将滑石粉在 100℃ 下干燥 4 小时, PBAT 颗粒在 80℃ 下干燥 4 小时。

混合: 将干燥后的滑石粉与 PBAT 颗粒按一定比例混合,

【基金项目】生物可降解材料关键技术开发与应用创新团队 (项目编号: 2024DB011)。

【作者简介】杨晓倩 (1989-), 女, 中国甘肃人, 本科, 助理工程师, 从事可降解材料研发与推广研究。

加入适量的硅烷偶联剂、滑石粉、异氰酸酯和其它助剂，使用高速混合机混合均匀。

挤出造粒：将混合好的物料通过双螺杆挤出机进行熔融共混，挤出温度为 150-160℃，螺杆转速为 15-25 rpm/min。挤出后的物料经风冷、切粒，得到改性 PBAT 颗粒。

注塑成型：将改性 PBAT 颗粒通过注塑机成型为标准试样，注塑温度为 150-160℃，模具温度为 20-30℃。

表 1 PBAT 复合材料 配方表 单位：%

样品名称	PBAT	滑石粉	硅烷偶联剂	异氰酸酯
0%	97.85	0	0.11	0.29
5%	92.8	5.16	0.1	0.28
10%	87.59	10.28	0.21	0.27
15%	82.39	15.38	0.31	0.25
20%	77.56	20.17	0.40	0.24
25%	72.45	25.12	0.5	0.22
30%	67.42	30.12	0.60	0.21

2.3 性能测试

力学性能：按照 GB/T1040.2-2006 进行测试，拉伸速率为 50mm/min，注塑的拉伸样条为哑铃型 1A 样条。

流变性能测试：流变性能测试条件为平板直径 35mm，间距 2.0mm，在 180℃下以 20r/min 的速率定速旋转。

热性能测试：按照 GB/T19466.3-2004 进行测试，氮气气氛，温度先以 20℃ /min 从 20℃升温至 200℃，保温 3min 消除热历史，然后以 10℃ /min 降温至 30℃。

熔融指数测试：按照 GB/T3682-2000 进行测试，试验条件为温度 190℃，负荷 2.16kg。

色相测试：按 GB/T14190-2008 中 5.5.2 规定进行。采用 CIE1976L*、a*、b* 色系。

3 结果与讨论

3.1 力学性能

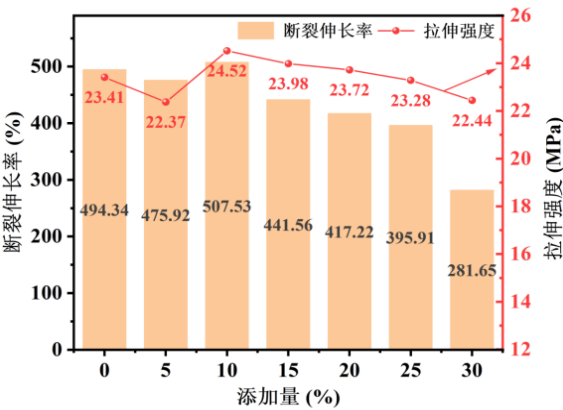


图 1 PBAT 复合材料力学性能

随着滑石粉添加量的增加，PBAT 复合材料的拉伸强度和断裂伸长率显著提高，但滑石粉添加量超过 10% 时，PBAT 复合材料的拉伸强度和断裂伸长率有所下降，滑石粉

比表面积增大，与 PBAT 基体不能形成良好的界面结合，导致复合材料的力学性能下降。综合数据分析，当滑石粉含量为 10% 时，复合材料表现出最佳的力学性能平衡。

3.2 流变性能

硅烷偶联剂通过化学反应在滑石粉表面引入有机基团，改善其与 PBAT 的相容性，增强界面结合力，从而影响体系的流变行为。主要体现在黏性模量、弹性模量、剪切应力等变化。

由图 2 (a) - (g) 分析可知，在低剪切频率下，PBAT 复合材料的流变性都表现为黏性模量 (G'') 大于弹性模量 (G')，随着滑石粉填充量的增加，黏性模量 (G'') 与弹性模量 (G') 的相交时的黏度值逐渐增大，剪切频率逐渐降低。也就是说随着滑石粉含量的增加，填料颗粒对分子链运动的阻碍作用增强，继而使得体系黏度逐渐增加。

当剪切频率超过相交点，PBAT 复合材料的流变性都表现为黏性模量 (G'') 小于弹性模量 (G')。由上图分析可知，当滑石粉的添加量为 30% 时，弹性模量 (G') 急剧上升，黏度值较大，PBAT 复合材料的加工性能较差。

由图 3 可以看出，随着滑石粉添加量的增加，剪切应力逐渐增加，这是由于改性滑石粉与 PBAT 的界面结合力更强。在剪切作用下，滑石粉填料颗粒更容易取向，分子链的运动阻力增大，进而增大了剪切应力。改性过的滑石粉由于分散性更好，填料颗粒分布更均匀，进一步增加了剪切应力。当滑石粉添加量超过 15% 时，PBAT 复合材料体系的剪切应力增幅较小。

在加工过程中，适当的提高加工温度，可以降低剪切应力，因为分子链的运动能力增强。也可以提高剪切速率来降低剪切应力，改善加工性能。通过 PBAT 复合材料体系剪切应力的检测，可以选择优异的加工工艺参数。

3.3 热性能

由图 4 分析可知，随着滑石粉的添加量的增加，PBAT 复合材料的熔点呈现先增加后降低的趋势。这是由于硅烷偶联剂改性的滑石粉作为高效的异相成核剂，提供了更多的成核点，促进了 PBAT 的结晶，然而结晶度的提高会导致熔点小幅上升。但是，当滑石粉添加量超过 10% 时，PBAT 复合材料的熔点逐渐降低。

PBAT 复合材料的熔点降低，分析有以下几种原因：第一，滑石粉添加量增加后，填料与基体之间的界面区域大幅增加，导致界面结合不均匀，从而降低结晶的完善性，进一步使得 PBAT 复合材料的熔点降低；第二，过量的滑石粉可能发生团聚，导致局部区域填料浓度过高，不仅会破坏 PBAT 分子链的连续性，使结晶过程受阻，降低 PBAT 复合材料的熔点；第三，滑石粉具有较高的导热性，高填充量下会加速熔体冷却，导致 PBAT 分子链来不及充分排列，结晶度降低，熔点下降。

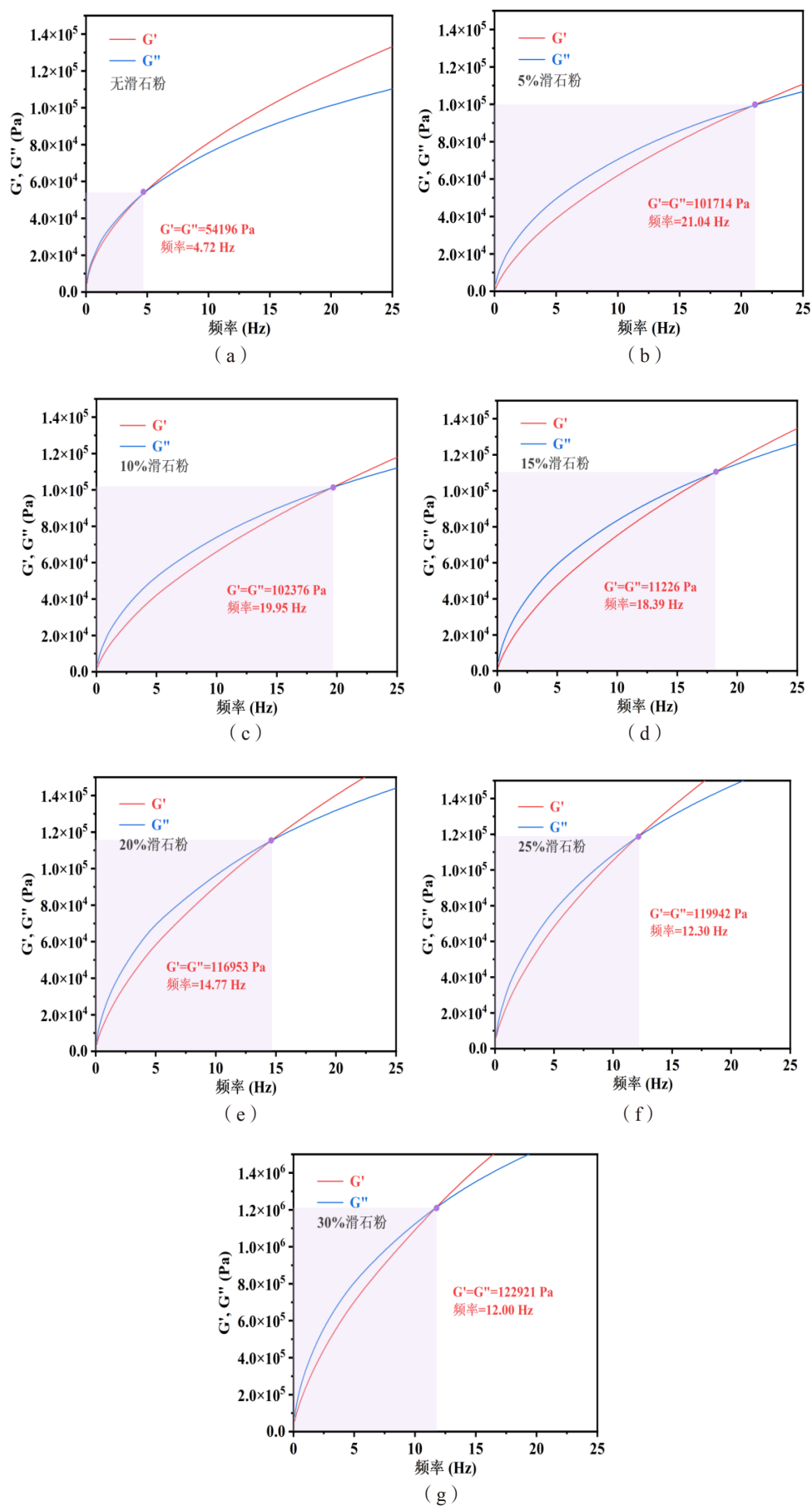


图 2 PBAT 复合材料流变性

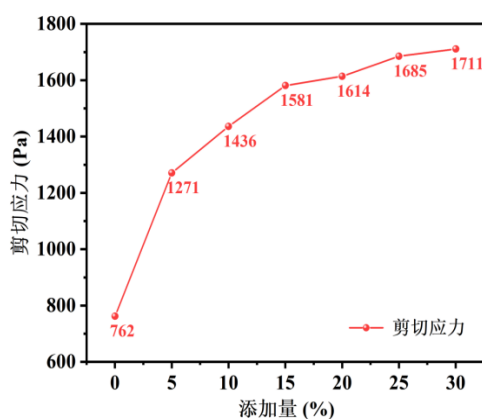


图3 PBAT 复合材料剪切应力

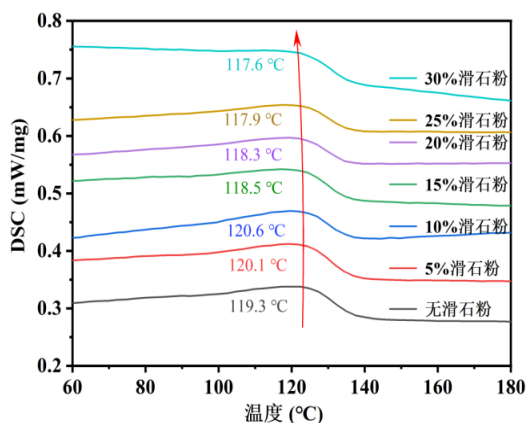


图4 PBAT 复合材料熔点

3.4 熔融指数

当滑石粉添加量小于10%时,熔融指数明显升高,滑石粉表面经硅烷偶联剂处理后,分散性更好,对体系流动性的影响较小。当滑石粉添加量在10%-30%时,PBAT复合材料熔融指数显著下降。因为滑石粉作为无机填料,随着滑石粉添加量增加会增加体系的粘度,阻碍PBAT分子链的流动,熔融指数通常呈下降趋势。

3.5 色相测试

通过实验制备的PBAT复合材料观察可以看出,随着滑石粉填充量的增加会使PBAT复合材料颜色变浅或呈现灰白色。由图6可知,随着滑石粉填充量增加导致PBAT复合材料L*值下降,分析为分散性变差或界面缺陷增多导致。

在实验过程中,加工温度过高可能导致PBAT或硅烷偶联剂降解,使材料泛黄,降低白度;滑石粉的填充量过高或分散不均也可能导致白度下降。因此,可以通过PBAT复合材料色相选择优异的滑石粉填充量和加工温度。

4 结论

综上所述,滑石粉的填充量在10%-15%时,可以在保持材料韧性的同时,显著提高其力学性能和热稳定性。偶联

剂的使用有助于改善滑石粉与PBAT的界面相容性,进一步提高材料的综合性能。未来的研究方向可以进一步优化滑石粉的表面处理工艺,并探索其他类型的无机填料、有机填料或复合填料对PBAT的改性效果,以及根据不同的性能表现选择适宜的应用场景。

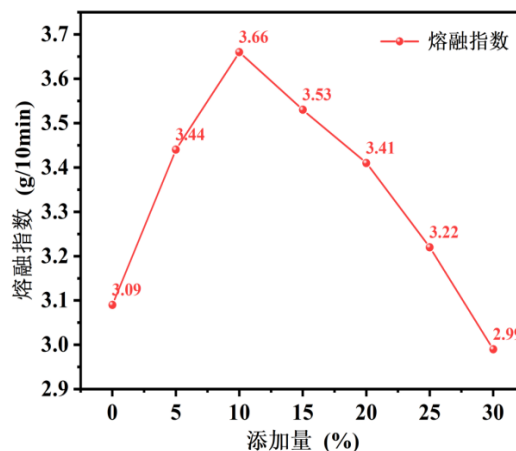


图5 PBAT 复合材料熔融指数

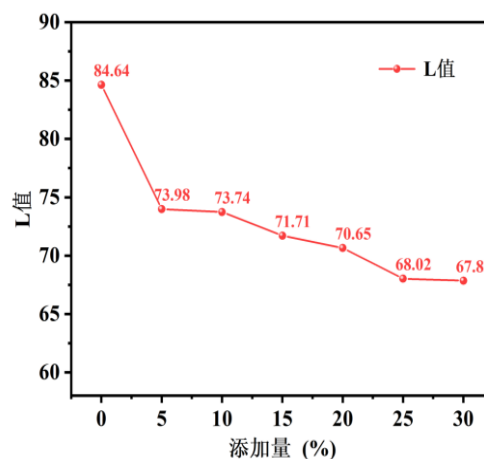


图6 PBAT 复合材料 L 值

参考文献

- [1] 姜添疆,赵宏天,刘攀,等.原位聚合法制备微胶囊在功能材料的应用进展[J].应用化工,2023,52(1):199-204.
- [2] 赵洪凯,耿庆林,任伟.透水混凝土微观冻融提伤研究进展[J].应用化工,2022,51(12):3702-37063
- [3] 张涵,赵鹏伟,左立增.汽车聚丙烯风道支架材料弯曲性能研究[J].上海塑料,2022,49(5):68-72
- [4] 俞飞,雷亮,吴国峰.填充聚丙烯复合材料不同温度下拉伸性能研究[J].合成材料老化与应用,2022,50(5):16-17.96.
- [5] 沈旭渠,刘鹏辉,陈锐彬.不同填充物改性阻燃聚丙烯的研究[J].现代塑料加工应用,2022,33(10):9-11,19.
- [6] 殷代武,谭卉文.滑石粉的应用特性及表面改性[J].广东化工,2013,82-84