

Effects of PLA on the Mechanical Properties of PBAT/Wood Flour Composites

Xinyuan Liang, Xiaoxi Zhang, Yanxia Jiang, Xiaoxuan Shi, Yue Jiang, Yuejun Zhao, Weidong Wu, Yongsheng Yang, Jianbin Song*

Institute of Catalysis for Energy and Environment, College of Chemistry and Chemical Engineering, Shenyang Normal University, Shenyang Liaoning
Email: *jianbin1102@163.com

Received: Feb. 21st, 2019; accepted: Mar. 7th, 2019; published: Mar. 15th, 2019

Abstract

Poly(lactic acid) (PLA), wood flour and polybutylene adipate/terephthalate (PBAT) were used to fabricate PLA/PBAT/wood flour composites using an extrusion/injection method. The influences of PLA on the mechanical properties and water absorption of PBAT/wood flour composites were studied through material testing machine. The results showed that the flexural and ensile properties of PLA/PBAT/wood flour composites increased as PLA content increased. Compared with composites without PLA, PLA/PBAT/wood flour composites were increased by 95% and 850% at 66% PLA, respectively, whereas tensile strength was only elevated by 30.9%. Impact strength of PLA/PBAT/wood flour composites decreased as PLA content decreased, which was relevant to the rigidity of PLA. In addition, water absorption of PLA/PBAT/wood flour composites was further reduced due to the addition of PLA.

Keywords

PBAT, PLA, Mechanical Properties, Water Absorption

PLA对PBAT/木粉复合材料力学性能影响

梁馨元, 张筱茜, 姜艳霞, 施筱萱, 姜月, 赵悦君, 吴伟东, 杨永晟, 宋剑斌*

沈阳师范大学, 化学化工学院, 能源与环境催化研究所, 辽宁 沈阳
Email: *jianbin1102@163.com

收稿日期: 2019年2月21日; 录用日期: 2019年3月7日; 发布日期: 2019年3月15日

摘要

本文采用聚乳酸(PLA)、木粉、聚己二酸丁二醇/对苯二甲酸酯(PBAT), 通过挤出/注塑成型制备

文章引用: 梁馨元, 张筱茜, 姜艳霞, 施筱萱, 姜月, 赵悦君, 吴伟东, 杨永晟, 宋剑斌. PLA对PBAT/木粉复合材料力学性能影响[J]. 材料科学, 2019, 9(3): 196-201. DOI: 10.12677/ms.2019.93026

PLA/PBAT/木粉复合材料。借助材料试验机等详细研究PLA含量对木塑复合材料力学性能(弯曲强度、拉伸强度和冲击强度)、吸水率的影响。结果表明随着PLA含量增加,木塑复合材料的弯曲性能和拉伸性能逐渐增加。当PLA含量达到66%时,与未添加PLA相比,木塑复合材料的弯曲强度和弯曲模量分别提高了95%和850%;拉伸强度仅提高了30.9%;木塑复合材料的冲击强度则随着PLA含量增加而下降。吸水试验表明PLA的加入可有效降低PBAT木塑复合材料的吸水率。

关键词

PBAT, PLA, 力学性能, 吸水率

Copyright © 2019 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近年来,随着环境污染的日益加剧,塑料的不可降解和不可回收性严重危害了自然环境及动植物生命。可降解高分子材料是一种使用后能被自然界微生物完全降解的材料,其最终产物为二氧化碳和水,不污染环境,且性能与传统石油基塑料相当[1] [2] [3],因而聚乳酸等生物聚酯可降解高分子开始得到重视并获得发展。

近几年,随着人们对木材需求增加,大量的木材废弃物往往采用直接焚烧方法处理,这不但导致环境污染加剧,而且也带来大量资源浪费。另外我国森林资源随着人们需求大幅增加而开始出现短缺。因此实施以塑代木是有效节约森林资源的重要举措之一,同时又可大幅减少高分子的消耗,降低成本,提高经济效益。木塑复合材料是将木粉、竹粉、农作物秸秆粉等天然纤维与热塑性树脂混合后,采用挤出/注塑等工艺制成的一种绿色环保新型复合材料[4] [5]。研究表明,木粉、竹粉等生物填料尺寸、种类及含量等都会对木塑复合材料性能产生影响。Chaudemanche 等详细研究了木粉粒径大小对木粉复合材料的力学性能的影响[6]。尹文艳对木粉/废旧塑料复合材料的进展做了系统总结[7]。李冲等以聚己内酯(PCL)和聚乙二醇(PEG)作为增容剂,可大大改善 PLA 和 PBAT 两相界面的黏结力,提高共混物力学性能,降低结晶温度[8]。PBAT 分子链不仅柔性良好,而且热稳定性,冲击性能良好[9] [10],但是弯曲性能较差。而 PLA 则具有良好刚性,加入 PLA 可改善 PBAT/木粉复合材料强度。因此本文通过挤出共混方法制备了 PBAT/PLA 木粉复合材料,并研究 PLA 含量对木塑复合材料的力学性能(弯曲强度,拉伸强度,冲击强度)和吸水率的影响。

2. 材料与方法

2.1. 原料

聚己二酸丁二醇/对苯二甲酸酯 PBAT(TH801T),新疆蓝山屯河有限公司;聚乳酸(4032D),美国 Nature 有限公司;增容剂 GMA (AX8900),法国阿科玛有限公司;木粉(100目),溧阳市辉腾木质粉有限公司。

2.2. 仪器

同向双螺杆挤出机(SHJ-20B),南京杰恩特机电有限公司;注塑机(SA600),海天注塑机集团有限公司;材料试验机(QJ212),上海倾技仪器仪表科技有限公司;冲击试验机(QJBCJ),上海倾技仪器仪表科技有限公司。

2.3. 木塑复合材料的制备

首先将 PBAT, GMA, PLA 和木粉在 70℃ 的烘箱中干燥 24 h, 除去原材料中水分。按表 1 用电子天平称取定量的 PBAT, PLA, GMA 和木粉, 放入混合机中混合均匀。然后转移至双螺杆挤出机中挤出造粒。挤出机温度设置为 155℃~170℃。将造粒后的材料放入注塑机中注塑成标准试样, 注塑机温度控制在 160℃。复合材料中各个成分质量分数如表 1 所示。

Table 1. The weight fraction of component in the composites

表 1. 复合材料组分含量

编号	1	2	3	4	5
木粉(wt%)	30	30	30	30	30
PBAT (wt%)	0	16.5	33	49.5	66
PLA (wt%)	66	49.5	33	16.5	0
GMA (wt%)	4	4	4	4	4

2.4. 性能测试

木塑复合材料的拉伸强度、弯曲强度和冲击强度, 分别按照国家标准 GB/T1040.2-2006, GB/T9341-2008 和 GB/T1843-2008 通过材料试验机进行测试。拉伸和弯曲速度均为 10 mm·min⁻¹, 温度为 20℃。每组测试试样为 5 个, 取平均值。

吸水率: 首先将待测试样放入 80℃ 烘箱中干燥 24 h, 取出冷却后称量(W_1)。接下来将样品浸入盛满水的烧杯中, 烧杯置于水浴锅中, 水浴温度控制在 60℃, 浸泡时间为 24 h。试样取出后用干净纸巾擦去表面, 称量记录(W_2)。

吸水率(W)根据公式 $W = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100\%$ 来计算, 其中, W_1 代表试验前样品质量, g; W_2 代表浸泡试验之后样品的质量, g。

3. 结果与分析

3.1. 弯曲强度

弯曲强度是指材料在弯曲负荷的作用下破裂或达到规定挠度时所能承受的最大应力。弯曲模量是指材料在弹性极限内抵抗弯曲变形的能力, 弯曲模量值越大, 表示材料在弹性极限内不易发生形变。图 1 和图 2 是加入聚乳酸后, PBAT/木粉复合材料的弯曲性能变化。当 PLA 含量为 0% 时, PBAT/PLA 木粉复合材料的弯曲强度为 17.9 MPa, 弯曲模量为 620 MPa。随着 PLA 含量增加, 木塑复合材料弯曲强度和弯曲模量逐渐增大, 分别达到最大值 34.9 MPa 和 5890 MPa。与未添加 PLA 相比, 木塑复合材料弯曲强度和弯曲模量分别提高 95% 和 850%。这表明 PLA 对木塑复合材料的弯曲性能有较好增强效果。

3.2. 拉伸强度

拉伸强度是指材料在拉伸过程中最大可以承受的应力。图 3 是掺有不同含量 PLA 的 PBAT/PLA 木粉复合材料的拉伸强度。不添加 PLA 的 PDAT/PLA 木粉复合材料的拉伸强度为 9.4 MPa。随着 PLA 含量增加, 木塑复合材料的拉伸强度也逐渐增加。当 PLA 含量达到 66% 时, 木塑复合材料的拉伸强度达到 12.3 MPa。与未掺入 PLA 的木塑复合材料相比, 拉伸强度提高 30.9%, 这表明, 在一定范围内, 增加 PLA 含量有利于改善木塑复合材料的拉伸强度。

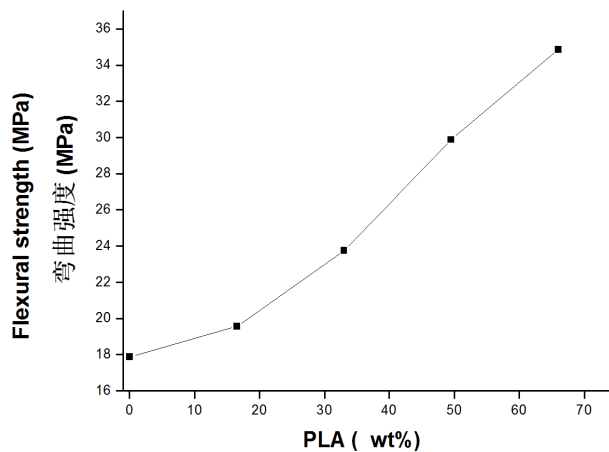


Figure 1. The influences of PLA content on the flexural strength of the composites

图 1. PLA 含量对木塑复合材料弯曲强度的影响

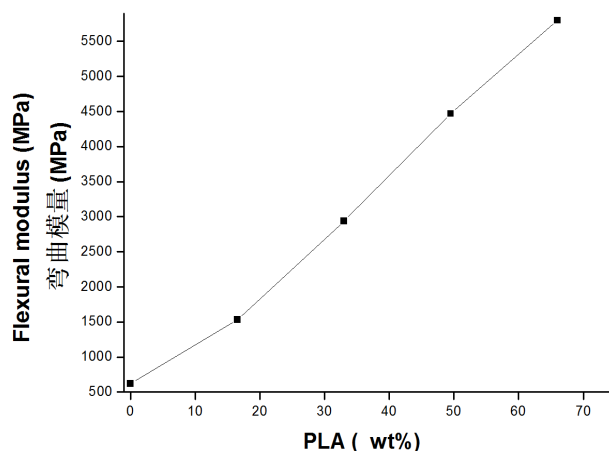


Figure 2. The influences of PLA content on the flexural modulus of the composites

图 2. PLA 含量对木塑复合材料弯曲模量的影响

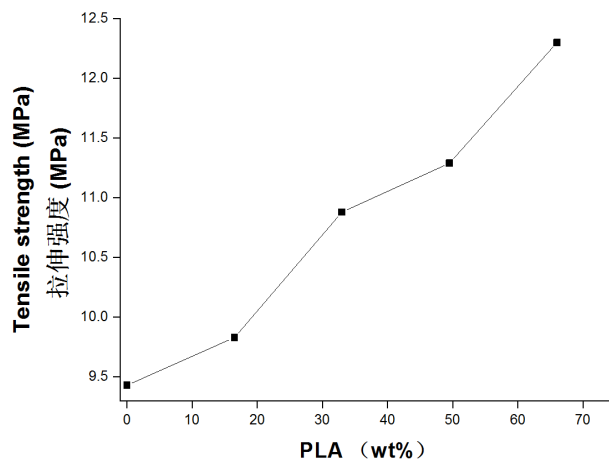


Figure 3. The influences of PLA content on the tensile strength of the composites

图 3. PLA 含量对木塑复合材料拉伸强度的影响

3.3. 冲击强度

冲击强度是评价材料的抗冲击能力或判断材料的脆性和韧性程度的物理量。冲击强度越大，木塑复合材料韧性越好。图 4 是 PBAT/木粉复合材料的缺口冲击强度随掺入 PLA 含量变化图。不添加 PLA 的 PBAT/木粉复合材料的冲击强度为 7.8 KJ/m^2 。随着加入聚乳酸 PLA 含量增加，木塑复合材料的冲击强度逐渐下降。当 PLA 含量达到 66% 时，与未掺入 PLA 的木塑复合材料相比，冲击强度减小了 2.5 KJ/m^2 ，这表明在一定范围内，PLA 的含量越低，材料的冲击强度越好。

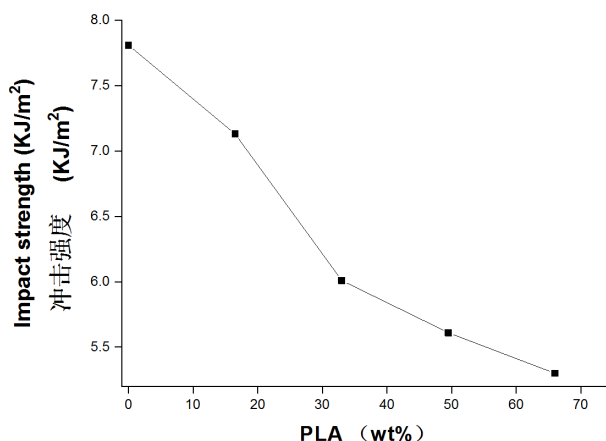


Figure 4. The influences of PLA content on the impact strength of the composites

图 4. PLA 含量对木塑复合材料冲击强度的影响

3.4. 吸水率

图 5 分别是第一天，第三天，第七天掺有不同含量 PLA 的 PBAT/木粉复合材料的吸水率。相同 PLA 含量下，复合材料吸水率随着时间增加而增加。在相同时间内，未添加 PLA 的 PBAT/PLA 木粉复合材料的吸水率最高。随着加入 PLA 含量增加，复合材料的吸水率也逐渐下降。当 PLA 含量达到 66% 时，与未掺入 PLA 的木塑复合材料相比，吸水率达到最低值。这表明在一定范围内，PLA 的含量越高，吸水率越低。

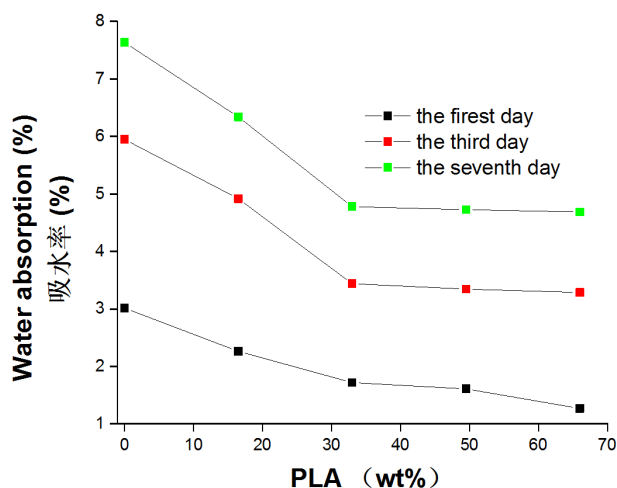


Figure 5. The influences of PLA content on the water absorption of the composites

图 5. PLA 含量对木塑复合材料吸水率的影响

4. 总结

本实验通过挤出/注塑方法制备了 PBAT/PLA 木粉复合材料, 通过改变掺入 PLA 含量详细对比研究复合材料的力学性能(拉伸强度、弯曲强度、冲击强度)和吸水率, 并取得以下结果:

1) 通过添加 PLA, PBAT/PLA 木粉复合材料的力学性能得到很大改善。弯曲强度从 17.9 MPa 增加到 34.9 MPa, 弯曲模量从 620 MPa 提高到 5890 MPa, 与未添加 PLA 相比较, 木塑复合材料的弯曲强度和弯曲模量分别提高了 95%和 850%; 拉伸强度从 9.4 MPa 增加到 12.3 MPa, 增加了 30.9%。

2) 通过冲击强度的测试, 发现随着 PLA 含量增加, PBAT/PLA 木粉复合材料的冲击强度从 7.8 KJ/m² 下降到 2.5 KJ/m², 材料韧性开始变差。

3) 通过吸水率测试, 发现随着 PLA 含量增加, PBAT/PLA 木粉复合材料的吸水率逐渐下降。

致 谢

本项目感谢辽宁省自然科学基金(20180551250); 沈阳师范大学博士、引进人才科研项目启动基金(BS201816, BS201838)等项目的资助; 感谢辽宁省高校重大科技平台“能源与环境催化工程技术研究中心”, 辽宁省油气资源高效转化与洁净利用重点实验室和辽宁省油气资源高效转化与洁净利用工程研究中心对本项目的大力支持。

参考文献

- [1] Song, J. and Zhang, H. (2017) Influence of Pearlescent Pigments on Mechanical Properties and Crystallization Behavior of Polylactic Acid. *Iranian Polymer Journal*, **27**, 1-10.
- [2] França, D.C., Almeida, T.G., Abels, G., *et al.* (2018) Tailoring PBAT/PLA/Babassu Films for Suitability of Agriculture Mulch Application. *Journal of Natural Fibers*, 1-11. <https://doi.org/10.1080/15440478.2018.1441092>
- [3] Cai, Z.J., Zhu, C., Guo, J., *et al.* (2018) Electrospun Carboxyl Multi-Walled Carbon Nanotubes Grafted Polyhydroxybutyrate Composite Nanofibers Membrane Scaffolds: Preparation, Characterization and Cytocompatibility. *Materials Science and Engineering: C*, **82**, 29-40. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2017.08.005>
- [4] Khanjanzadeh, H., Tabarsa, T. and Shakeri, A. (2017) Morphology, Dimensional Stability and Mechanical Properties of Polypropylene-Wood Flour Composites with and without Nanoclay. *Journal of Reinforced Plastics & Composites*, **31**, 341-350. <https://doi.org/10.1177/0731684412438793>
- [5] 宋剑斌, 刘学莘, 袁全平, 等. 茶叶梗/HDPE/CNT 复合材料的流变及力学性能研究[J]. 塑料工业, 2015, 43(4): 79-82.
- [6] Chaudemanche, S., Perrot, A., Pimbert, S., *et al.* (2018) Properties of an Industrial Extruded HDPE-WPC: The Effect of the Size Distribution of Wood Flour Particles. *Construction & Building Materials*, **162**, 543-552. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.12.061>
- [7] 尹文艳, 宋元文. 木粉/废旧热塑性塑料复合材料研究进展[J]. 塑料助剂, 2015(6): 27-29.
- [8] 李冲, 何子伟. 增容剂改性 PLA/PBAT 共混物的制备及性能研究[J]. 塑料工业, 2018, 46(1): 24-28.
- [9] 刘权, 胡应模, 李梦灿, 侯春燕, 王雪. PBAT/木粉复合材料的制备[J]. 工程塑料应用, 2017, 45(5): 35-39.
- [10] Nofar, M., Heuzey, M.C., Carreau, P.J., *et al.* (2016) Coalescence in PLA-PBAT Blends under Shear Flow: Effects of Blend Preparation and PLA Molecular Weight. *Journal of Rheology*, **60**, 637-648. <https://doi.org/10.1122/1.4953446>

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2160-7613，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：ms@hanspub.org