

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2020.01.005

不同增韧剂对 PLA/稻壳木塑复合材料力学性能影响

赵泊祺,路琴,张薇,刘思思

(南京农业大学工学院,南京 210031)

摘要:以 PLA、稻壳粉为原材料,分别加入玻璃纤维、乙烯-辛烯共聚物 (POE)、碳酸钙为增韧剂进行增韧改性,以模压成型的方法制备了 PLA/稻壳木塑复合材料,结合力学性能、吸水性能、X射线衍射 (XRD) 分析和对材料表面的显微观察研究了不同种类及含量的增韧剂对木塑复合材料力学性能的影响。结果表明,在玻璃纤维含量为 20% 的时候, PLA/稻壳木塑复合材料的增韧效果较好,其洛氏硬度值达 68,其拉伸强度达到 6.16 MPa,弯曲强度达到 15.41 MPa,冲击强度为 144.40 kJ/m²,但吸水性能显著提高,约为不添加增韧剂时的 1.5 倍;在 POE 含量为 20% 的时候, PLA/稻壳木塑复合材料吸水性能降低效果最为显著,60 h 浸泡实验其吸水率比不添加 POE 小 10%。XRD 分析及显微分析表明,除 CaCO₃ 自身结构影响外,添加不同增韧剂均未使 PLA/稻壳复合材料形成新的晶型结构,加入 POE 和 CaCO₃ 的增韧效果不明显,是因为两种物质颗粒孤立存在于基体中,未形成相互搭连的网格结构。

关键词:聚乳酸;增韧改性;稻壳;木塑复合材料

中图分类号: TB332 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2020)01-0024-06

Effects of different toughening agents on mechanical properties of PLA/rice husk wood-plastic composites

Zhao Boqi, Lu Qin, Zhang Wei, Liu Sisi

(College of Engineering, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210031, China)

Abstract: Using PLA and rice hull powder as raw materials, glass fiber, polyolefin elastomer (POE), and calcium carbonate were added as toughening agents for toughening and modification. PLA/rice hull wood-plastic composites were prepared by compression molding, combining mechanical properties and water absorption properties. X-ray diffraction (XRD) analysis and microscopic observation of the surface of the material have studied the effects of different types and contents of tougheners on the mechanical properties of wood-plastic composites. The results show that when the glass fiber content is 20%, the toughening effect of PLA/rice hull wood-plastic composites is better. Its Rockwell hardness value is 68, its tensile strength is 6.16 MPa, and its bending strength is 15.41 MPa. The impact strength is 144.40 kJ/m², but the water absorption performance is significantly improved, about 1.5 times when no toughener is added. When POE content is 20%, the water absorption reduction effect of PLA/rice hull wood plastic composites is the most. Significantly, its water absorption is 10% lower than without POE in the 60 h immersion test. XRD analysis and microscopic analysis show that apart from the influence of CaCO₃'s structure, the addition of different toughening agents does not make PLA/rice hull composites form a new crystal structure. The material particles exist in the matrix in isolation, and no overlapping grid structure is formed.

Keywords: polylactic acid; toughening modification; rice husk; wood-plastic composite

聚乳酸 (PLA) 是非石油基可以生物降解的一种新型的高分子材料,并且长期以来, PLA 在材料科学领域中都是一个重大的研究主题^[1]。PLA 与植物纤维按一定比例混合制备而成的材料叫做 PLA 木塑复合材料, PLA 木塑复合材料具备了较为优良

的力学性能,还具有良好的热性能和便于加工的特点,具有很多其它的石油基塑料不具备的良好性能^[2]。除此之外, PLA 作为优质生物可降解材料,可完全分解,生成二氧化碳和水^[3-4], PLA 的可降解性可减少环境污染,与生物体有较好的相容性,促进

基金项目: 2019 江苏省大学生创新训练计划项目 (201910307060Y)

通讯作者: 路琴,副教授,硕士生导师,主要从事新型工程材料研究 E-mail: luqin@njau.edu.cn

收稿日期: 2019-11-07

引用格式: 赵泊祺,路琴,张薇,等. 不同增韧剂对 PLA/稻壳木塑复合材料力学性能影响[J]. 工程塑料应用,2020,48(1):24-29.

Zhao Boqi, Lu Qin, Zhang Wei, et al. Effects of different toughening agents on mechanical properties of PLA/rice husk wood-plastic composites[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(1):24-29.

回收利用而具有很好的发展前景^[5-6];但 PLA 是一种硬质的材料,它的弹性模量比较高,但是也很脆,导致在一些对韧性要求比较高的场合,就没有办法使用到,所以要通过对 PLA 添加增韧剂进行增韧改性,使得它的韧性得到提高。通常情况下,对 PLA 进行增韧改性研究是通过在 PLA 中加入增韧剂以达到对其韧性进行改善的目的^[7-8]。

在 PLA 的增韧方面,林文等^[9]通过在 PLA 木塑复合材料中添加增韧剂,对 PLA 木塑复合材料进行增韧改性研究,实验结果表明,经过增韧改性后的 PLA 在保持自身生物降解性的同时,其韧性以及热稳定性还都得到了很大提高。李冰等^[10]考察了不同弹性体对 PLA 木塑复合材料冲击强度的影响,发现弹性体甲基丙烯酸缩水甘油酯接枝乙烯辛烯共聚物(POE-g-GMA)对 PLA 木塑复合材料增韧效果较好,使木塑复合材料的韧性明显改善,在 POE-g-GMA 达到 20% 时,复合材料韧性最好。王晶等^[11]通过熔融共混挤出两步法,研究了聚碳酸酯(PC)/聚对苯二甲酸丁二酯(PBT)配比对 PC/PBT/滑石粉(talc)材料性能的影响。结果表明,当 PC/PBT/talc 中 PC/PBT 的比例为 6/4~8/2 时,材料综合性能较好。刘鹏刚等^[12]以聚丙烯(PP)为木塑复合材料基体,分别加入 4 种增强剂和 3 种增韧剂,通过共混挤出制备 PP 基木塑复合材料,研究了 4 种增强剂含量和粒径以及 3 种增韧剂含量对复合材料力学性能的影响。结果表明,当粒径为 10 μm 的硅灰石和 POE 质量分数分别为 15% 和 20% 时,复合材料综合力学性能最好。E. N. Brown 等^[13]将玻璃纤维用盐酸进行了处理,通过酸和玻璃纤维表面的碱金属氧化物进行反应,使玻璃纤维表面的硅羟基的含量增加。再添加硅烷偶联剂处理玻璃纤维后,制备含有玻璃纤维的 PLA 木塑复合材料,使 PLA 木塑复合材料的冲击强度和拉伸强度得到了提高。杨琳强等^[14]制备 PLA 接枝 γ -(甲基丙烯酰氧基)丙基三甲氧基硅复合物(PLA-g-MPS)并纯化,并作为硅烷偶联剂与木粉链接。在 PLA-g-MPS 为 3% 时,其拉伸强度、冲击强度和弯曲强度相比于未添加的复合材料分别提高了 17.5%,88.4%,12.4%;汤雅萌等^[15]以茂金属聚乙烯(mPE)及乙烯-辛烯共聚物(POE)为增韧剂通过模压成型的方法制备了 PLA/小麦秸秆复合材料,实验结果表明,随着 mPE/POE 含量的增加,复合材料的洛氏硬度和拉伸、弯曲、冲击强度均呈现先增大后减小的趋势;当

mPE 和 POE 质量分数均为 5%~10% 时,复合材料各项性能较好。

笔者选取稻壳粉以压制成型法与 PLA 复合,研究玻璃纤维、POE, CaCO_3 做增韧剂对此复合材料的性能影响。PLA 本身性能就比较好,再通过添加增韧剂,最终使得 PLA 的综合性能得到提高,得到性能更好的 PLA 木塑复合材料。

1 实验部分

1.1 主要原材料

PLA:南通九鼎生物工程有限公司;

玻璃纤维(GF):350 目无浸短丝,南京玻璃纤维研究设计院;

碳酸钙:湖州金源化工有限公司;

POE:8210,美国陶氏化学公司;

硅烷 KH-550:南京创世化工助剂有限公司;

无水乙醇:分析纯,南京化学试剂有限公司。

1.2 主要设备及仪器

台式中药粉碎机:08B 型,南京威利朗食品机械有限公司;

洛氏硬度计:XHR-150 型,上海联尔实验设备有限公司;

简支梁冲击试验机:XJJ-5 型,承德市金健检测仪器有限公司;

X 射线衍射(XRD)仪:X-Pert Pro 型,荷兰帕纳科公司;

电磁平板硫化机:XLB-0 型,湖州顺力橡胶机械有限公司;

体式显微镜:SMZ1000 型,日本尼康公司;

电子天秤:FA1004 型,上海恒平科技仪器有限公司。

1.3 试样制备

将 PLA/稻壳粉复合材料以 3:2 为初始比例,稻壳粉质量分数保持 40% 不变,在初始比例基础上依次添加 5%,10%,15%,20% 的各单一类型增韧剂,PLA 质量分数对应减少,并按照一定比例添加偶联剂(偶联剂跟无水乙醇质量比为 1:5),放入搅拌机搅拌均匀。考虑 POE 高温易融化,将烘干机的温度设定为 40℃ 的条件下对材料进行烘干 4 h。烘干过程需防止冷空气进入使得材料烘干不均,保证烘箱封闭。待烘干完成后,采用平板硫化机将复合材料模压成型,模压设定温度为 150℃,压力为 6 MPa,保压 3 次,冷却 2 h。脱模后,采用电动

切割机将压好的板材切样,后制备成标准试验样条。

1.4 性能测试

洛氏硬度测试:使用洛氏硬度计进行测量,从每一块模压完成后的 PLA/稻壳粉板材中选择分布均匀的 5 个点,进行测量并记录,然后对记录的 5 个数据求平均值。

冲击强度按 GB/T 1843-1996 进行测试,冲击速率为 2.9 m/s,冲击的能量为 2 J,最终的测量结果取三次测量的平均值;

拉伸性能按 GB/T 1040.4-2006 测试,拉伸速率 2 mm/min;

弯曲强度按 GB/T 9341-2008 测试,弯曲速率 2 mm/min;

吸水性能按 GB/T 1934.1-2009 测试,测试复合材料 60 h 吸水率;

XRD 分析:Cu K_{α} 辐射,管电压为 35 kV,电流为 25 mA,波长为 0.15406 nm,扫描范围为 $10^{\circ} \sim 45^{\circ}$;

体式显微分析:通过体式显微镜观察分析材料断面的微观形貌。

2 结果与讨论

2.1 不同增韧剂对 PLA 复合材料硬度的影响

图 1 为不同种类增韧剂及含量时 PLA 复合材料洛氏硬度。由图 1 中数据可得,含有玻璃纤维的 PLA 木塑复合材料的平均硬度高于不含增韧剂的复合材料,并且玻璃纤维含量越高,PLA 复合材料的硬度越高;PLA 木塑复合材料的硬度在 POE 的含量仅只有 5% 的时候比不含增韧剂的要高。但 POE 含量超过 5% 之后,PLA 木塑复合材料的硬度会开始降低,在添加了 CaCO_3 之后,PLA 木塑复合材料的硬度也会降低,添加的 CaCO_3 的含量越多,PLA 木塑复合材料硬度越低。

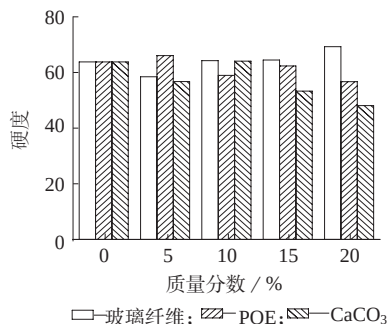


图 1 不同种类增韧剂及含量时 PLA 复合材料洛氏硬度

2.2 不同增韧剂对 PLA 复合材料力学性能的影响

图 2 为不同增韧剂种类及含量时 PLA 复合材料的拉伸和弯曲强度。如图 2 所示,通常增韧剂会使材料的强度下降,但玻璃纤维本身具有很高的抗拉强度,所以随着玻璃纤维含量的增加,PLA 木塑复合材料的强度越来越大;而 POE, CaCO_3 本身不具备抗拉强度大的性质,POE 的刚性是增韧剂中较低的, CaCO_3 是一种相对密度小的材料,抗拉性比较差,无法提升 PLA 复合材料的强度,所以随着其含量的增加,PLA 木塑复合材料强度越来越低。在玻璃纤维含量为 20% 时达到最大为 6.16 MPa。少量添加玻璃纤维时,PLA 复合材料弯曲强度呈下降趋势,在其含量大于 10% 时,复合材料弯曲强度明显提高,在其含量为 20% 时弯曲强度为 15.41 MPa;添加 POE 做增韧剂,在其含量为 10% 时复合材料的弯曲强度达到最高为 14.94 MPa。

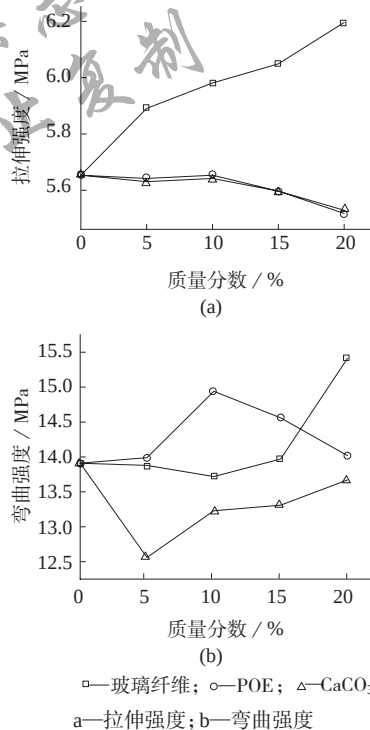


图 2 不同增韧剂种类及含量时 PLA 复合材料拉伸和弯曲强度

图 3 为不同增韧剂种类及含量时 PLA 复合材料冲击强度。观察图 3 数据可得,在 PLA 中添加了玻璃纤维和 POE 会使得 PLA 木塑复合材料冲击强度提高, CaCO_3 的添加使得木塑复合材料的冲击强度有所下降。因为玻璃纤维具有比较强的冲击强度,POE 有优良的韧性,所以 PLA 的冲击强度得到了提升;由于 PLA 木塑复合材料的内部形成的网络结构,少量的 CaCO_3 会使 PLA 木塑复合材料的冲

击强度降低;在玻璃纤维含量为 20% 时,PLA 复合材料冲击强度达到最大值为 144.40 kJ/m^2 ;综合考虑,当玻璃纤维的含量为 20% 时,PLA 复合材料的力学性能较好,玻璃纤维的本身性质决定了它对 PLA 复合材料力学性能的增强,也使得强度和韧性同时得到提升,玻璃纤维对强度的增强效果明显好于 POE 和 CaCO_3 。

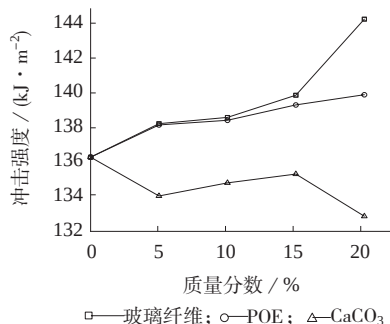


图3 不同增韧剂种类及含量时 PLA 复合材料冲击强度

2.3 不同增韧剂对 PLA 复合材料吸水率的影响

图4为不同增韧剂时 PLA 复合材料的吸水性。

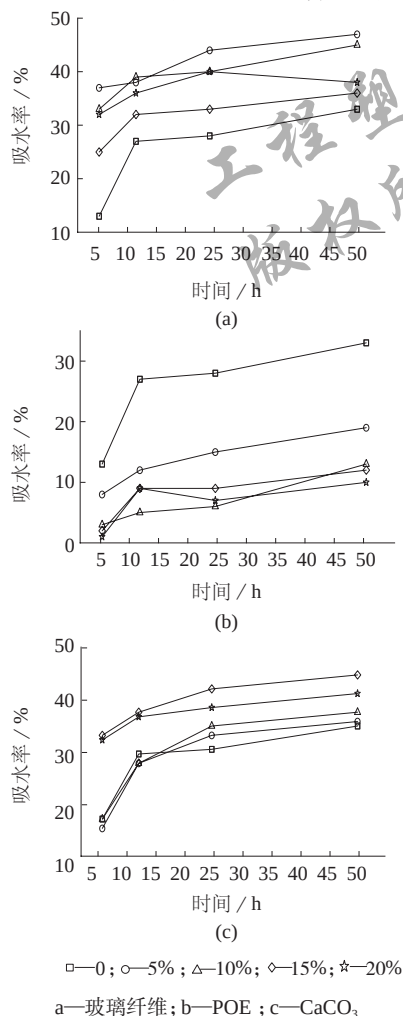


图4 不同增韧剂及含量时 PLA 复合材料的吸水性

分析图4可知,因 POE 和 CaCO_3 本不易溶于水,吸水性低于 PLA 木塑复合材料,则添加增韧剂后,使得复合材料的吸水性降低,但随着浸泡时间的增加, CaCO_3 的吸水率迅速提高,其中 POE 含量为 20% 时吸水率降低作用最为明显,这可以应用在 3D 打印 (计算机增材制造) 中;但由于玻璃纤维本身湿润程度较高,所含的成分较好的溶于水,添加玻璃纤维作为增韧剂会增加试样的吸水性,含水量过多则会影响材料的力学性能。

2.4 XRD 分析

图5为 PLA 及含 20% 增韧剂的 PLA 复合材料的 XRD 曲线。

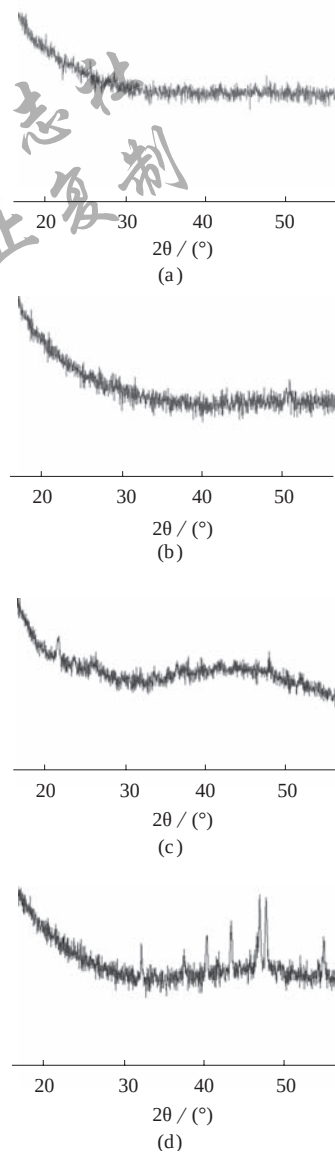


图5 含 20% 增韧剂 PLA 复合材料的 XRD 曲线

由图 5b 可以看出,在复合材料中几乎没有峰值,与未添加增韧剂差别不大,只存在较小的峰的波动,添加玻璃纤维并不会使复合材料的晶形结构发生改变。由图 5c 可看出,在 14.36° 附近是 PLA 木塑复合材料的晶型衍射峰。但峰值变化并不大。与图 5a 所示的不含增韧剂的 XRD 谱图对比,出现较小的峰值的角度是差不多的,这是因为 PLA 木塑复合材料自身的峰值较大,添加的玻璃纤维和 POE 的峰值是很小的,所以会遮掩了玻璃纤维的峰值。这表明了木塑复合材料中加入玻璃纤维和 POE 时,对 PLA 的晶型结构影响较小;如图 5d 所示,添加了 CaCO_3 的 PLA 木塑复合材料,与图 5a 相比,在 28.86° , 40.04° , 44.23° 和在 48.16° 的时候,都可以找到 PLA 木塑复合材料的新增的晶型衍射峰,但当 $2\theta=28.86^\circ$ 附近的衍射峰强度相对较低,总体其衍射峰位置与 CaCO_3 晶体相似,可能 PLA 晶体同稻壳粉相结合使得 CaCO_3 特征峰不明显,其自身并未形成新的晶形结构,所以无法判断添加 CaCO_3 是否会改变 PLA 木塑复合材料的晶型结构。

2.5 显微照片分析

图 6 为含 20% 增韧剂的 PLA 复合材料的显微照片。

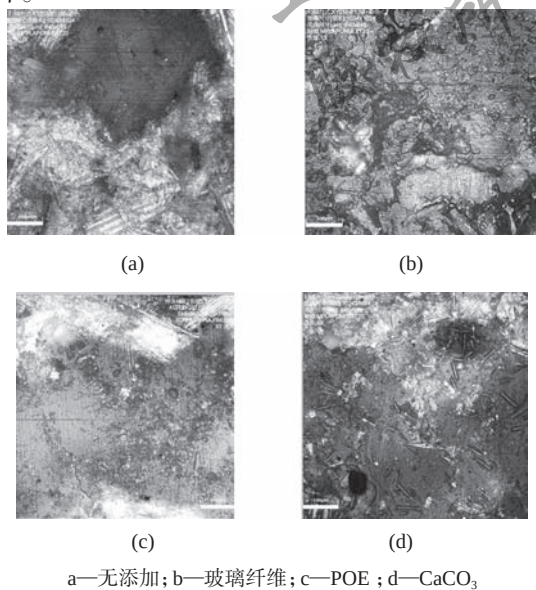


图 6 含 20% 增韧剂 PLA 复合材料的显微照片

由图 6a 可知,不含任何增韧剂的 PLA 木塑复合材料是比较光滑的,断裂时是一种典型的脆性断裂。界面的颗粒较少,同时几乎没有孔洞的存在;由图 6b 得,添加了玻璃纤维的 PLA 复合材料,玻璃纤维与 PLA 开裂的现象较为严重,界面分离明显。含有玻璃纤维的 PLA 木塑复合材料的界面是比较

光滑的。其中添加的玻璃纤维会大量拔脱,但拔脱出的玻璃纤维较光滑,基体的界面也较光滑。拔出的玻璃纤维表面有一层薄薄的物质粘附。可以解释添加了玻璃纤维的木塑复合材料在力学实验测试中得到的力学性能较好;由图 6c 所示,同其他体式显微图像相比,添加了 POE 的木塑复合材料表面是最粗糙的。POE 在 PLA 木塑复合材料中呈现颗粒状态分散,且尺寸的大小不均匀。观察有少量的球状的孔洞和一些突起物,所以含有 POE 的 PLA 木塑复合材料的拉伸强度会比较低;如图 6d 所示,含有 20% CaCO_3 的样品表面比较平整,表明添加了 CaCO_3 的木塑复合材料是比较脆的,所以此时材料的冲击强度受一定的影响而降低。当继续增加 CaCO_3 的含量时,界面会逐渐粗糙,也就是木塑复合材料逐渐由脆性变成韧性,大量的 CaCO_3 才会使冲击强度得以提升。 CaCO_3 的质量分数比较低时 (20% 质量分数的 CaCO_3 也是含量算比较低的),填充材料的 CaCO_3 粒子是孤立地分布在基体中的。当 CaCO_3 的含量比较高的时候,填料之间就会出现相互搭连的情况,从而形成网络结构,可以防止微裂纹的扩展,材料的力学性能就会提高。

3 结论

(1) 添加玻璃纤维与添加 POE、 CaCO_3 相比,对 PLA 的拉伸性能,冲击强度,以及弯曲强度提高程度最大,添加的玻璃纤维的量越多,对 PLA 力学性能的提高越多,同时会让 PLA 木塑复合材料的韧性比不添加增韧剂的时候要。当玻璃纤维的含量持续添加达到 20% 时,PLA 的力学性能最高,其拉伸强度达到 6.16 MPa,弯曲强度达到 15.41 MPa,冲击强度为 144.40 kJ/m^2 。

(2) 玻璃纤维作为增韧剂会提高 PLA 的吸水性,这使得材料的使用对环境的要求增加,宜用在干燥、湿度低的环境。添加 POE 会使得 PLA 木塑复合材料的吸水性能出现降低的情况,POE 的含量越多的材料吸水性的降低程度越大。

(3) POE 添加在 PLA 木塑复合材料中,使得材料的界面粘性不好,结合程度不高,呈现颗粒状态分散。当添加 CaCO_3 的时候, CaCO_3 的粒子是孤立的存在于基体当中的,它致使木塑复合材料变脆、韧性降低。

实验结果表明,对 PLA 木塑复合材料各方面性能影响都有提高的增韧剂是玻璃纤维,玻璃纤维作为增韧剂对木塑复合材料的力学性能的提高效果是

最好的,并且玻璃纤维的含量为 20% 时为最佳,但同时玻璃纤维的添加会使得材料吸水性增加。POE 可明显降低 PLA 复合材料的吸水性,可用作防水、隔水用途及作为计算机辅助增材材料。

参考文献

- [1] Sinha Ray S, Okamoto M. New polylactide / layered silicate nanocomposites, 6a melt rheology and foam processing[J]. Macromolecular Materials and Engineering, 2003, 288(12):936–944.
- [2] Martin O, Averous L. Poly(lactic acid): Plasticization and properties of biodegradable multiphase systems[J]. Polymer, 2001, 42(14):6 209–6 219.
- [3] 赵梓年,王红. 增塑聚乳酸性能的研究 [J]. 塑料, 2009, 38(2):88–91.
Zhao Zinian, Wang Hong. Properties of plasticized PLA. Plastics, 2009, 38 (2):88–91.
- [4] 邓艳丽,杨斌,苗继斌,等. 聚乳酸增韧研究进展 [J]. 化工进展, 2015, 34(11):3975–3978.
Deng Yanli, Yang Bin, Miao Jibin, et al. Research progress in the toughening modification of polylactic acid [J]. Progress in Chemical Industry, 2015, 34 (11):3975–3978
- [5] 刘景望,杨斌,马东海,等. 聚乳酸木塑复合材料增韧改性研究进展 [J]. 塑料科技, 2013, 41(3):66–69.
Liu Jingwang, Yang Bin, Ma Donghai, et al. Research progress in toughening modification of polylactic acid / wood composites [J]. Plastics Science and Technology, 2013, 41 (3):66–69.
- [6] 张天昊,张求慧,李建章. 木塑复合材料改性研究进展及应用前景 [J]. 包装工程, 2008(2):188–190.
Zhang Tianhao, Zhang Qiuhui, Li Jianzhang. Research progress and application prospect of wood-plastic composites [J]. Packaging Engineering, 2008(2):188–190.
- [7] 沙桐,王豪,韩丰. 聚乳酸的合成与改性研究进展 [J]. 功能材料, 2014, 15(3):242–243.
Sha Tong, Wang Hao, Han Feng. Research progress on synthesis and modification of polylactic acid [J]. Journal of Functional Materials, 2014, 15(3):242–243.
- [8] 冯刚,赵加伟. 聚乳酸改性及成型加工研究进展 [J]. 工程塑料应用, 2012, 40(10):105–108.
Feng Gang, Zhao Jiawei. Based on modified polylactic acid processing methods [J]. Application of Engineering Plastics, 2012, 40(10):105–108.
- [9] 林文,马超,龚晓钟,等. 聚乳酸改性研究 [J]. 工程塑料应用, 2010, 38(9):62–63.
Lin Wen, Ma Chao, Gong Xiaozhong, et al. Study on modification of polylactic acid [J]. Application of Engineering Plastics, 2010, 38 (9):62–63.
- [10] 李冰,董蓉,高磊,等. 聚乳酸木塑复合材料的增韧及结晶性能 [J]. 高分子材料科学与工程, 2011, 27(2):33–36.
Li Bing, Dong Rong, Gao Lei, et al. Toughening and crystallization properties of polylactic acid wood plastic composites [J]. Polymer Materials Science and Engineering, 2011, 27 (2):33–36.
- [11] 王晶,张天荣,季冬,等. E-MA-GMA 对 PC/PBT/Talc 复合材料的增韧 [J]. 工程塑料应用, 2018, 46(10):5–9.
Wang Jing, Zhang Tianrong, Ji Dong, et al. Toughening of PC / PBT / Talc composites with E-MA-GMA [J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46 (10):5–9.
- [12] 刘鹏刚,李晓东,吴荣兴,等. 家具用 PP 基本塑复合材料的制备与力学性能 [J]. 工程塑料应用, 2018, 46(4):32–36.
Liu Penggang, Li Xiaodong, Wu Rongxing, et al. Preparation and mechanical properties of polypropylene based wood-plastic composite for furniture [J]. Application of Engineering Plastics, 2018, 46(4):32–36.
- [13] Brown E N, Davis A K, Jonnalagadda K D, et al. Effect of surface treatment on the hydrolytic stability of E-glass fiber bundle tensile strength[J]. Composites Science and Technology, 2005, 65(1):129–136.
- [14] 杨琳强,金立维. 聚乳酸接枝硅烷偶联剂的制备及对聚乳酸 / 木粉复合材料的影响 [J]. 高分子材料科学与工程, 2016, 32(7):125–130.
Yang Linqiang, Jin Liwei. Preparation of polylactic acid grafted silane coupling agent and its effect on polylactic acid / wood flour composites [J]. Polymer Materials Science and Engineering, 2016, 32 (7):125–130.
- [15] 汤雅萌,路琴,方敬杰,等. 不同增韧剂对 PLA/小麦秸秆复合材料性能的影响 [J]. 中国塑料, 2019, 33(3):28–31+37.
Tang Yameng, Lu Qin, Fang Jingjie, et al. Effect of different tougheners on the properties of PLA / Wheat straw composite material [J]. China Plastics, 2019, 33 (3):28–31 +37.

本刊声明

近期有不法网站和个人假借本刊名义向广大读者征稿,同时收取高额注册费、审稿费、版面费。本刊特此声明:《工程塑料应用》为中国兵器工业集团第五三研究所(山东非金属材料研究所)主办,杂志社所在地为山东省济南市,本刊唯一合法投稿网址为 www.epa1973.net,本刊未委托任何机构和个人从事征稿和组稿业务。请广大作者牢记本刊投稿网址,辨别来电属地,不要给个人账户汇款,防止受骗。本刊保留对相关网站和个人追究法律责任的权利。

(工程塑料应用杂志社)