

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2019.03.007

nano-ATO 对双层共挤 PE-LD 农用棚膜性能的影响

许磊,付蕾,陈立贵,彭程

(陕西理工大学材料科学与工程学院,陕西汉中 723000)

摘要:采用双螺杆挤出机制备含有不同组分的 nano-ATO/线型低密度聚乙烯(PE-LD)内层和外层母粒,利用双层共挤吹塑制备 PE-LD/nano-ATO 双层农用棚膜,并对 PE-LD/nano-ATO 棚膜进行了紫外老化处理;通过傅立叶变换红外光谱(FTIR)研究了不同含量 nano-ATO 在复合棚膜内外层母粒中的相容性,探讨了 nano-ATO 的用量对复合棚膜流滴性、拉伸性能和透光性的影响。结果表明,抗氧化剂、紫外吸收剂、油酸酰胺、流滴剂和用硅烷偶联剂处理过的 nano-ATO 等物质可以与 PE-LD 相容;nano-ATO 的加入可以提高棚膜内层的流滴性和棚膜的拉伸强度,但会降低棚膜对光的透过率;nano-ATO 对紫外光有反射或折射作用,可以降低棚膜的老化程度,因此,紫外老化后的棚膜,拉伸强度和透光率的下降都会有所减缓。综合判断, nano-ATO 添加量为 2%~3% 时,复合棚膜的抗老化性及其它综合性能较佳。

关键词: 纳米锑掺杂氧化锡;线型低密度聚乙烯;双层棚膜;紫外老化;流滴性;拉伸性能;透光性

中图分类号: TQ325.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2019)03-0037-05

Effect of Nano-ATO on Performance of Double Layer Co-Extrusion PE-LD Agricultural Shed Film

Xu Lei, Fu Lei, Chen Ligui, Peng Cheng

(School of Materials Science and Engineering, Shaanxi University of Technology, Hanzhong 723000, China)

Abstract : Antimony doped tin oxide(nano-ATO) / linear low density polyethylene(PE-LD) dual-layer agricultural shed film was prepared by double-layer co-extrusion blow molding, and the nano-ATO / PE-LD shed film was UV aged. The compatibility of nano-ATO with different contents in the master batch of inner and outer layers of composite canopy film was studied by Fourier transform infrared spectroscopy(FTIR), and the influence of nano-ATO dosage on the droplet property, tensile property and light transmittance of composite canopy film was discussed. The results show that PE-LD is compatible with antioxidant, UV absorber, oleic acid amide, droplet and nano-ATO treated with silane coupling agent. The addition of nano-ATO can improve the droplet property of the inner layer of the canopy and the tensile strength of the canopy, but it can reduce the light transmittance of the canopy. Nano-ATO has a reflection or refraction effect on ultraviolet light, which can reduce the aging degree of the canopy film. Therefore, the decline of tensile strength and light transmittance of the canopy film after ultraviolet aging will be slowed down. According to the comprehensive judgment, when the addition amount of nano-ATO is 2%-3%, the composite shed film has better aging resistance and other comprehensive properties.

Keywords : antimony doped tin oxide ; linear low density polyethylene ; double layer shed film ; UV aging ; dripping ; tensile property ; transmission of light

我国是农业大国,农业作为我国的支柱产业一直被各界所关注与重视,棚膜作为重要的生产资料,在农业生产中起着举足轻重的作用。太阳光中的紫外光和红外光均具有较高的能量,对一切暴露在

太阳底下的器材都有特别显著的热效应,特别是对高分子材料具有很强的破坏性^[1-3]。无机纳米粒子,如:锑掺杂氧化锡(ATO)和铟掺杂氧化锡(ITO)等,对阳光的反射或折射作用,可以防止产品的老化,且

基金项目: 陕西省教育厅 2018 年度专项科学研究项目 (18JK0155)

通讯作者: 许磊,讲师,主要从事高分子复合材料研究 E-mail: 59062120@qq.com

收稿日期: 2018-12-28

引用格式: 许磊,付蕾,陈立贵,等. nano-ATO 对双层共挤 PE-LD 农用棚膜性能的影响 [J]. 工程塑料应用, 2019, 47(3):37-41.

Xu Lei, Fu Lei, Chen Ligui, et al. Effect of nano-ATO on performance of double layer co-extrusion PE-LD agricultural shed film[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(3):37-41.

自身不会发生降解,作用效果持久,已被应用于聚氨酯等材料的生产中,起增强增韧、改善力学性能、抗老化、提高使用寿命、延长更换周期的作用^[4-6];近年来,已有关于采用 nano-ATO 共混改性聚乙烯并制备成棚膜的报道^[7],但上述报道中,并没有讨论 nano-ATO 的加入对棚膜本身性能,如力学性能、光的透过性及流滴性能的影响。

笔者采用双螺杆挤出机制备含有不同组分的线性低密度聚乙烯 (PE-LD)/nano-ATO 内层和外层母粒,利用双层共挤制备 nano-ATO/PE-LD 双层农用棚膜,并利用紫外老化试验设备对 PE-LD 双层农用棚膜老化处理;研究了不同含量 nano-ATO 对复合棚膜力学性能、光透过性及流滴性的影响。

1 实验部分

1.1 主要原材料

PE-LD : C150Y, 粉状, 母粒基体树脂, 熔体流动速率 (MFR) 为 6.2 g/(10 min), 马来西亚 PETLIN 公司;

PE-LD : 粒状, 棚膜基体树脂, MFR 为 3.1 g/(10 min), 台塑工业有限公司;

ATO : 纳米粉, 江苏河海纳米科技股份有限公司;

偶联剂: A-171, 广州市中杰化工科技有限公司;

高岭土: 500 目 (25 μm), 天津市百世化工有限公司;

抗氧剂: 1010, 168, 青岛杰得佳新材料科技有限公司;

紫外吸收剂: UV531, 青岛杰得佳新材料科技有限公司;

光稳定剂: 944, 青岛杰得佳新材料科技有限公司;

油酸酰胺: 分析纯, 山东西亚化学股份有限公司;

月桂酸聚氧乙烯醚: 化学纯, 江苏省海安石油化工有限公司。

1.2 主要设备及仪器

双螺杆挤出机: SHJ-20B 型, 南京海思挤出设备有限公司;

中空吹塑机: GY-CM-PE 型, 广州市国研塑料机械厂;

紫外线老化试验箱: ZN-P 型, 苏州智河环境试验设备有限公司;

MFR 测定仪: SRZ-400E 型, 长春市智能仪器设备有限公司;

傅立叶变换红外光谱 (FTIR) 仪: Nicolet6700

型, 美国 Nicolet 公司;

接触角测量仪: JC2000CS 型, 上海中晨数字技术设备有限公司;

电子拉力试验机: LDS-500N 型, 长春市智能仪器设备有限公司;

紫外可见分光光度计: Lambda650 型, Perkin Elmer 股份有限公司。

1.3 样品制备

(1) 内 / 外层母粒的制备。

将 A-171 偶联剂逐滴滴入体积比为 3 : 1 无水乙醇 / 水溶液中, 再用乙酸调节使溶液的 pH 值为 6.0 左右; 将上述溶液喷洒到 nano-ATO、高岭土等无机粉状填料上, 然后放置于 40℃ 的烘箱中 24 h, 备用。填料按照表 1 的配方制备, 与 PE-LD 母粒基体树脂 (外层 92.3%~87.3%, 内层 89.8%~84.8%) 混合后加入双螺杆挤出机, 熔融共混, 挤出造粒; 挤出机各段温度为: 一区 120℃, 二区 130℃, 三区 150℃, 机头 150℃; 所得颗粒料烘干后即含有 nano-ATO 内 / 外层母粒。

表 1 内 / 外层母粒用填料配方

类别	光稳定剂	紫外吸收剂	抗氧剂 168	抗氧剂 1010	高岭土	月桂酸聚氧乙烯醚	油酸酰胺	纳米 ATO
外层	3.0	1.0	0.8	0.4	2.0	-	0.5	0 / 1 / 2 / 3 / 4 / 5
内层	3.0	1.0	0.8	0.4	2.0	3.0	-	0 / 1 / 2 / 3 / 4 / 5

(2) PE-LD 农用棚膜的制备。

将质量比为 90% 的 PE-LD 基体树脂和 10% 内层或外层母粒混合后, 在温度为 150~180℃、主机转速为 550~600 r/min 的条件下, 通过两台吹塑机吹塑成型, 经鸭嘴式热风干燥系统干燥、冷却, 经上、下牵引辊和收卷, 得到厚度为 0.06 mm 左右的双层共挤 PE-LD 农用棚膜。

(3) 紫外加速老化试验。

紫外老化试验箱以荧光紫外灯为光源, 通过模拟自然阳光中的紫外辐射和冷凝, 对材料进行加速耐候性试验, 以获得材料耐候性的结果^[8-10]。此次实验的黑板温度为 50℃, 光照温度 60℃, 定时 72 h。

1.4 性能测试

MFR : MFR 作为确定塑料加工性能的重要参考依据, 能更好地确定选用的原材料所适应加工工艺的要求, 从而提高制品成型的可靠性和质量^[11]。此次测试选取母粒 3 g, 附加载荷 2.160 kg, 温度

190℃,每 10 s 自动切割一次,切割 10 次,称重,求平均值。

母粒的 FTIR 测试: FTIR 能够用于测定化合物的分子结构、未知物鉴定,吸收峰的位置以及形状可以推测未知物的化学结构。选取 20 mm×20 mm 的平滑、无擦伤、无折痕的棚膜,扫描波长 400~4000 nm 之间,对试样所含物质分子进行分析和鉴定。取 1 粒母粒热压成薄片,扫描观察其峰值大小及位置,确定相对应的官能团。

棚膜内层水的浸润性测试: 接触角测量仪能够清晰地计算机屏幕上显示水滴的影像,通过系统软件来截取水滴滴落后 20 s 的图片,使用软件图像分析功能计算出液体与棚膜之间的夹角,夹角越小,棚膜的浸润性越好。水体积为 5 μL,每块薄膜取 5 个不同点测量,求平均值。

棚膜拉伸性能测试: 根据 GB/T 20202-2006,将棚膜放置于 22℃ 的环境中 48 h,裁剪为 1 mm 宽、10 mm 长的样条进行拉伸实验,拉伸速率为 500 mm/min,取 5 个样条的平均值。

棚膜透光率测试: 选择表面光滑、无擦痕、厚度均匀的薄膜样品,薄膜用脱脂棉擦去析出物,然后立即用紫外可见分光光度计测试薄膜在 400~700 nm 的可见光透过率。

2 结果与讨论

2.1 母粒的 MFR

选用母粒基体树脂的 MFR 为 6.2 g/10 min,棚膜基体树脂的 MFR 为 3.1 g/10 min,加入多种助剂后会使母粒基体树脂的 MFR 减小;添加助剂后所制备的内/外层母粒的 MFR 应该在 2.8~3.4 g/10 min 之间,才会与棚膜基体树脂相容性更好,也不会影响棚膜的透明度。图 1 为不同含量 nano-ATO 的内/外层母粒 MFR。

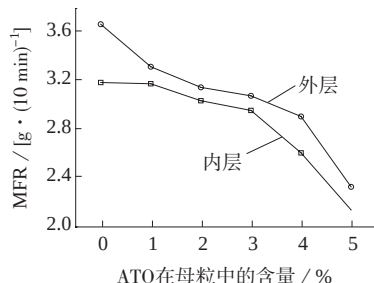


图 1 不同含量 ATO 的内/外层母粒 MFR

由图 1 可知,添加各种助剂后会降低 PE-LD 的流动性,添加 nano-ATO 后,树脂的流动性进一步降低;添加剂中,除了高岭土和 nano-ATO,其它助剂

为低分子有机物,在 150℃ 以上均为液体,但加入后并没有提高 PE-LD 的流动性, MFR 反而降低;这是因为在这些助剂中,高岭土和 nano-ATO 是粉状固体,会降低 PE-LD 的流动性,其它有机助剂在混合体系中,有交联作用,也会使混合体系的流动性降低;内/外层母粒中,随着 nano-ATO 含量的增加, MFR 降低,当 nano-ATO 的含量大于 3% 时, MFR 迅速降低;外层母粒中还添加了油酸酰胺,油酸酰胺本身具有一定的润滑效果,使得外层母粒的 MFR 高于内层母粒。

2.2 母粒的 FTIR 分析

图 2 为外层母粒 FTIR 分析图。

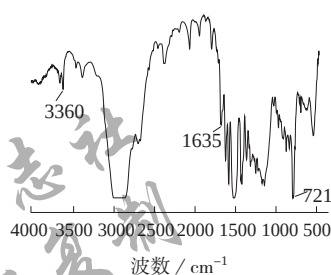


图 2 外层母粒 FTIR 分析图

由图 2 可以看出,3600 cm⁻¹ 处出现尖峰,其为游离—OH 的伸缩振动峰,并且又在 3360 cm⁻¹ 处发现一个又宽又强的峰,说明存在形成氢键缔合状态—OH。在 1635 cm⁻¹ 处有一较强的吸收峰,其为缔合态时酰胺基蓝移的峰值,说明油酸酰胺成功地作用于母粒内部。在 1655~1445 cm⁻¹ 出现了 2~4 个吸收峰,由此可以表明存在芳环的骨架振动;说明所添加的抗氧化剂或紫外吸收剂已作用于 PE-LD 中。还可在图谱图中看到 2950~2800 cm⁻¹ 处存在峰值,说明存在饱和烷烃 C—H,又由于 1500~1300 cm⁻¹ 处存在峰值,进一步推断为—CH₃, —CH₂ 弯曲振动频率,因为 1360 cm⁻¹ 左右出现了峰值,所以证明其中存在—CH₃。而 721 cm⁻¹ 附近出现较稳定的强峰,说明分子中含四个以上—CH₂—所组成的长链,说明紫外吸收剂 UV531 与 PE-LD 充分结合。在 840~670 cm⁻¹ 和 1090~920 cm⁻¹ 处都存在较为明显的吸收峰,可以先判断为有 Si 的存在,又因为有机硅化合物的红外光谱的特征吸收强度大,吸收峰的波数变化小,不易受到影响,所以进一步确定其为 Si—C 键和 Si—O 键。说明了用硅烷偶联剂处理的 nano-ATO 在其中发生了作用。

图 3 为内层母粒 FTIR 分析图。从图 3 中可

以看出 3450 cm^{-1} , 1700 cm^{-1} 和 1640 cm^{-1} 处存在的特征峰,说明其中可能存在脂基、羰基和双键, 3360 cm^{-1} 处发现一个又宽又强的峰,说明存在形成氢键缔合状态的—OH,由此可以说明流滴剂已经作用于 PE-LD 上。 $2950\sim 2800\text{ cm}^{-1}$ 存在峰值,说明存在饱和烷烃 C—H,又因为在 $1450, 1380\text{ cm}^{-1}$ 处存在较为明显的特征峰,可以确定含有一 CH_3 ,而 790 cm^{-1} 附近出现较稳定的强峰,说明了分子中含有四个以上— CH_2 —所组成的长链,并且— CH_2 —的个数越大其峰值强度越强,从而分析可以确定为月桂酸聚氧乙烯醚。而 720 cm^{-1} 附近出现较稳定的强峰,说明了分子中含有四个以上— CH_2 —组成的长链,说明紫外吸收剂 UV531 与 PE-LD 充分结合。 $1090\sim 920\text{ cm}^{-1}$ 处存在较为明显的吸收峰,说明物质中存在 Si—C 键,由此可以表明硅烷偶联剂已存在于 PE-LD 内,由此可以推断 nano-ATO 也已成功作用于 PE-LD 内。

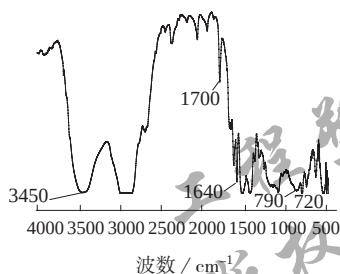


图3 内层母粒 FTIR 分析图

2.3 棚膜内层水的浸润性

图4为接触角测量的示意图,夹角的大小表明接触角的大小,接触角越小,与水的浸润性越好。

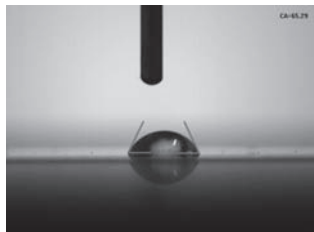


图4 接触角测量的示意图

图5为内层老化前后接触角比较。从图5可以看出,老化前随着 nano-ATO 的加入,棚膜的接触角减小,进一步说明了 nano-ATO 的加入可以提高棚膜的流滴性,且当 nano-ATO 达到 5% 时,其接触角降低幅度最大。经过老化实验之后的棚膜,未加入 nano-ATO 的棚膜接触角有所上升,而加入 nano-ATO 的棚膜其接触角反而下降,并且较之前未老化时降低幅度更大,这是由于本来加入的流滴剂在棚

膜表面迁移,使得流滴性提高,且因为 nano-ATO 具有较高的化学稳定性,使得流滴剂能够更好发挥作用,从而使老化后的流滴性能更好地提高,当 nano-ATO 含量为 3% 时,其接触角最小,流滴性最好。

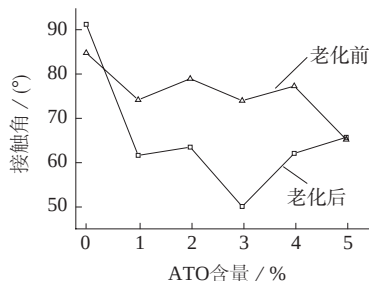


图5 内层老化前后接触角比较

2.4 拉伸性能

采用电子拉力试验机对棚膜紫外老化前后的拉伸强度进行了测定。图6为棚膜老化前后拉伸性能的对比。

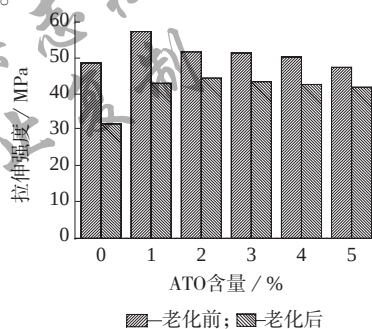


图6 棚膜老化前后拉伸性能对比

从图6可以看出,老化前 nano-ATO 的加入可以提高棚膜的拉伸强度,但随着 nano-ATO 含量的增加,拉伸强度呈下降趋势。这是由于 nano-ATO 的刚度高于 PE-LD 树脂基体,将纳米填料均匀分散到 PE-LD 基体中,可以显著提升棚膜的刚度;在树脂基体中 nano-ATO 还可阻碍裂纹的扩展^[12-14],提高棚膜拉伸强度;但加量过多,就会降低与树脂的相容性,反而降低棚膜的抗拉性能。经过紫外老化后,未加 nano-ATO 的棚膜拉伸强度下降很快,但加入 nano-ATO 的棚膜,拉伸强度下降较少,随着 nano-ATO 的加量的增大,拉伸强度下降幅度变小;这是因为 ATO 对紫外光有反射或折射作用,可以防止棚膜的老化。

2.5 棚膜透光率

利用紫外可见分光光度计对老化前后的棚膜在 $400\sim 700\text{ nm}$ 的光的透过率进行了测定,结果如图7所示。从图7可知,老化前 nano-ATO 的加入导致了棚膜的透过率下降,当 ATO 含量高于 4% 时,

透光率下降幅度增大。尽管 nano-ATO 色浅,但其为无机粉体材料,起到成核剂的作用,使 PE-LD 结晶度提高,降低了棚膜的透过性;但经过紫外老化后,含有 nano-ATO 棚膜光的透过率降低幅度较小,这还是因为 ATO 对紫外光有反射或折射作用,降低了 PE-LD 树脂中化学键的变化,减少棚膜的老化程度。

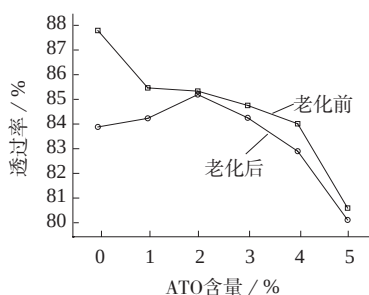


图7 棚膜老化前后光的透过率对比

3 结论

通过在外层与内层两组基础配方中添加不同用量的 nano-ATO,通过双螺杆挤出造粒制备含有 nano-ATO 的母粒,利用双层共挤吹塑制备 PE-LD/nano-ATO 双层农用棚膜,并对其进行了紫外老化处理;测试 FTIR、接触角、透光率和拉伸等性能,得出以下结论:

(1) 通过对内、外层母粒的 FTIR 分析可以得出,实验所加入的抗氧化剂、紫外吸收剂、油酸酰胺、流滴剂和用硅烷偶联剂处理过的 nano-ATO 等物质可以与 PE-LD 相容。

(2) nano-ATO 的加入可以提高棚膜的流滴性,当 nano-ATO 达到 5% 时,其接触角降低幅度最大。紫外老化后的棚膜,未加入 nano-ATO 的棚膜接触角有所上升, nano-ATO 含量为 3% 时,棚膜内层的接触角最小,流滴性最好。

(3) nano-ATO 的加入可以提高棚膜的拉伸强度,但随着 nano-ATO 含量的增加,拉伸强度呈下降趋势; nano-ATO 对紫外光有反射或折射作用,可以防止棚膜的老化。

(4) nano-ATO 的加入会影响棚膜的透光性。当 nano-ATO 含量高于 4% 时,透光率下降幅度增大;紫外老化后,含有 nano-ATO 棚膜光的透过率降低幅度较小, nano-ATO 含量为 2% 的棚膜光的透过率降低幅度最小。

参考文献

[1] 汪鲁聪. 纳米氧化锡锡改性水性聚氨酯透明隔热复合材料的合成与性能研究 [D]. 武汉: 湖北大学, 2017.

- Wang Lucong. Study on synthesis and properties of transparent insulation waterborne polyurethane modified by nano-ATO[D]. Wuhan: Hubei University, 2017.
- [2] 李小兵,付雪梅,余桂英,等. 纳米 ATO/TiO₂ 填料聚氨酯透明隔热涂料的制备与性能 [J]. 材料保护, 2014, 47(2):19-21.
- Li Xiaobing, Fu Xuemei, Yu Guiying, et al. Preparation and properties of nano ATO / TiO₂ filled polyurethane transparent insulation coating [J]. Material Protection, 2014, 47(2):19-21.
- [3] 代礼葵,孙耀宁,王国建. 紫外辐照对玻纤增强树脂基复合材料冲蚀性能的影响 [J/OL]. 材料科学与工艺: 1-7[2018-12-27]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/23.1345.TB.20181113.1532.006.html>.
- Dai Likui, Sun Yaoning, Wang Guojian. Effects of UV irradiation on the erosion performance of glass fiber reinforced resin-based composites[J / OL]. Materials Science and Technology:1-7[2018-12-27].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/23.1345.TB.20181113.1532.006.html>.
- [4] 孙正,刘力源,刘德博,等. 纳米改性连续纤维增强热塑性树脂复合材料及其力学性能研究进展[J/OL]. 复合材料学报:1-15[2018-12-26].<https://doi.org/10.13801/j.cnki.fhclxb.20181018.002>.
- Sun Zheng, Liu Liyuan, Liu Debo, et al. Development and mechanical properties of nano-modified continuous fiber reinforced thermoplastic composites[J / OL]. 复合材料学报:1-15[2018-12-26].<https://doi.org/10.13801/j.cnki.fhclxb.20181018.002>.
- [5] 苏朝化,裴海燕,王永贞,等. EVA / 纳米水滑石流滴消雾棚膜的研制 [J]. 合成树脂及塑料, 2015, 32(6):24-27+32.
- Su Chaozhua, Pei Haiyan, Wang Yongzhen, et al. Preparation of EVA / nano-hydrotalcite drip antifogging film[J]. China Synthetic Resin and Plastics, 2015, 32(6):24-27+32.
- [6] 卢莉璟,卢立新,包俊青,等. 硅藻土添加对 HDPE / LDPE 基抗氧化活性膜性能的影响 [J]. 包装工程, 2016(15):61-66.
- Lu Lijing, Lu Lixin, Bao Junqing, et al. The influences of ATO mite addition on the performance of HDPE / LDPE antioxidant active film [J]. Packaging Engineering, 2016(15):61-66.
- [7] 赵宝勤,王丽敏,翟润培,等. 纳米 ATO 粉体在改性塑料中的应用 [J]. 化工新型材料, 2013, 47(8):179-180.
- Zhao Baoqin, Wang Limin, Zhai Runpei, et al. The application of nano ATO powder on modified plastics[J]. New Chemical Materials, 2013, 47(8):179-180.
- [8] Roppolo I, Shahzad N, Sacco A, et al. Multifunctional NIR-reflective and self-cleaning UV-cured coating for solar cell applications based on cycloaliphatic epoxy resin[J]. Progress in Organic Coatings, 2014, 77(2):458-462.
- [9] Gulrez S K H, Abdelghany A M, Alhelal I M, et al. Evaluation of PE films having NIR-reflective additives for greenhouse applications in arid regions[J / OL]. Advances in materials science and engineering:1-8[2013-2-25]. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/575081>.
- [10] Martínez Benasat, Antonio, Segovia, et al. Essential work of frac

- [10] Vodermayr A M, Kaerger J C, Hinrichsen G. Manufacture of high performance fibre-reinforced thermoplastics by aqueous powder impregnation[J]. *Composites Manufacturing*, 1993, 4(3):123-132.
- [11] 李华宙. 连续碳纤维热塑性预浸带的制备机理及实验研究 [D]. 广州: 华南理工大学, 2015.
- Li Huazhou. Manufacturing mechanism and experimental study on continuous carbon fiber reinforced thermoplastic towpreg tape[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2015.
- [12] Iyer S R, Drzal L T. Manufacture of powder-impregnated thermoplastic composites[J]. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 2016, 3(4):325-355.
- [13] Padaki S, Drzal L T. A simulation study on the effects of particle size on the consolidation of polymer powder impregnated tapes[J]. *Composites Part A: Applied Science & Manufacturing*, 1999, 30(3):325-337.
- [14] Karthikramani, Chrisoye. Processing of thermoplastic composites using a powder slurry technique.i. impregnation and preheating[J]. *Advanced Manufacturing Processes*, 1995, 10(6):1 169-1 182.

投稿须知

1 稿件内容

稿件应注重科学性、实用性及时效性,要求技术新颖,论点明确,论据可靠,数据准确,文字通顺、简练。稿件内容必须真实,避免抄袭,请作者文责自负。引用他人成果时,请按《著作权法》有关规定说明出处。内容应未曾发表过或被其他出版物刊载过,且无一稿多投。

2 稿件要求

凡属于重大科技获奖的论文和重点项目资助的论文,请在来稿第一页注明名称及批准号,本刊将优先刊登。

(1) 题目、作者署名及单位。题目力求简明、醒目,反映出文章的主题,一般不超过 20 个汉字。作者姓名在题目下按序排列,不同工作单位的作者,应在姓名右上角加注阿拉伯数字序号。作者单位须写全称并注明省份、城市和邮政编码。联系人信息(包括姓名、学历或职称、主要研究方向)注在第一页下方。

(2) 摘要及关键词。论文需要同时提供中文和英文摘要,摘要以提供论文的内容梗概为目的,不加评论和补充解释,应简明、确切地论述研究目的、原理和结论,具有相对独立性。中文和英文摘要均要求采用报道性摘要类型。具体要求:中英文摘要均为一段式,内容比较具体,一般需要列举关键数据。中英文摘要内容基本一致,中文摘要以 200~300 字为宜,英文摘要可略详。关键词要求 3~8 个。

(3) 正文。正文各部分都应简洁明了。层次标题一律用阿拉伯数字连续编号,尽量减少层次;不同层次的数字之间用小圆点相隔,末位数字不加标点符号。如“1”,“1.1”等。文中量、单位及符号的使用应符合国际标准和国家标准。

(4) 图表。图表要设计合理,简单自明。每一幅图都应有图序和简短确切的图名,横纵坐标均要注明物理量及其单位,线条图要用矢量格式的图,或将 *.opg, *.dwg, *.eps 等格式的图打包压缩随投稿一起上传。表格请使用三线表,每一表格都应有表序和简短确切的表题。图表标题一律用中文表达。

(5) 参考文献。以作者亲自阅读过的主要原始文献为限,不可引用非公开出版或发表的文献,不能引用其他文章中引用的但未经核对原文的文献,要注意引用最新的文献。参考文献要有一定的数量,研究性论文至少 15 篇。参考文献的著录按文章中引用的顺序依次排列,中文参考文献要有对照英文部分(英文部分不编号)。无论中外文的作者,一律采用姓前名后的形式著录;作者不超过 3 人时可全部著录,超过 3 人时,只著录前 3 位,其后加“等”或“et al”。综述类论文的参考文献著录项目适当简化,可参见本刊相关栏目文章样式。作者对所引文献的准确性和完整性负责。

3 投稿方式

请作者登陆“工程塑料网”(http://www.epa1973.com),进入杂志社之页,点击“网上投稿”后投稿。来稿请注明详细地址、电话、邮箱等信息,便于通知联系。一般一个月左右可以查询稿件审理意见,超过 3 个月未收到修改意见或回复的可自行处理。

4 注意事项

为适应我国信息化建设需要,扩大学术交流渠道,本刊已编入国内外著名数据库。稿件一经录用,将同时被数据库收录,作者著作权使用费与本刊稿酬一次性给付。如作者不同意收录,请在投稿时声明,否则将视为同意。

(上接第 41 页)

- ture analysis of the tearing of a ductile polymer film[J]. *Engineering Fracture Mechanics*, 2010, 77(14):2 654-2 661.
- [11] 韩婷,辛忠,石尧麟,等.聚硅氧烷微球扩链改性聚乳酸熔体流动行为的研究[J]. *中国塑料*, 2015, 29(7):20-27.
- Han Ting, Xin Zhong, Shi Yaoqi, et al. Melt flow behavior of polysilsequioxane microspheres chain-extended poly(lactic acid) [J]. *China Plastics*, 2015, 29(7):20-27.
- [12] Martínez A B, León N, Arencón D, et al. Essential work of fracture, crack tip opening displacement, and J-integral relationship for a ductile polymer film[J]. *Polymer Testing*, 2016, 55:247-256.
- [13] Mai Y W W, Powell P. Essential work of fracture and integral measurements for ductile polymers[J]. *Journal of Polymer Science Part A Polymer Chemistry*, 2010, 29(7):139-148.
- [14] Kácris I M, Da Silva, Santos M J L, et al. Dependence of the photo degradation rate on the crystalline portion of PE films obtained through in situ polymerization in the presence of TiO₂ nano spheres, nano ribbons and microspheres[J]. *Polymer Degradation & Stability*, 2015, 112(2):78-85.