

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2022.03.008

PBAT/木粉复合材料的微球发泡性能

柳丽楠^{1,2}, 杨锦^{1,2}, 金坤^{1,2}, 陈龙^{1,2}, 谭志勇^{1,2}, 张会轩^{1,2}

(1. 长春工业大学合成树脂与特种纤维教育部工程研究中心, 长春 130012; 2. 长春工业大学化学工程学院, 长春 130012)

摘要: 采用熔融共混法制备了聚己二酸/对苯二甲酸丁二酯(PBAT)/木粉复合材料,以微球发泡剂采用模压发泡法制备了 PBAT/木粉复合发泡材料,并对 PBAT/木粉复合材料的流变性能、结晶性能和发泡行为进行研究。结果表明,木粉含量的增加使 PBAT/木粉复合材料的熔体弹性、黏度和结晶温度提高。制备的闭孔发泡材料的泡孔尺寸较均匀。木粉含量在 30 份以下时,随着木粉含量的增加,发泡材料的泡孔密度逐渐增加、泡孔尺寸变化不大、表观密度和发泡倍率稍有增加;木粉含量超过 30 份时泡孔密度和表观密度突然降低,泡孔尺寸和发泡倍率突然增大。木粉含量为 40 份时仍能制备 PBAT/木粉复合发泡材料,其表观密度为 0.212 g/cm³。木粉使发泡材料的压缩强度降低,当木粉含量增加至 30 份时复合发泡材料的压缩强度与纯 PBAT 发泡材料相差不大。

关键词: 聚己二酸/对苯二甲酸丁二酯;木粉;复合材料;微球发泡剂;发泡

中图分类号: TQ328 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2022)03-0043-06

Properties on Microsphere Foaming of PBAT/Wood Powder Composite

Liu Linan^{1,2}, Yang Jin^{1,2}, Jin Kun^{1,2}, Chen Long^{1,2}, Tan Zhiyong^{1,2}, Zhang Huixuan^{1,2}

(1. Engineering Research Center of Synthetic Resins and Special Fiber, Ministry of Education, Changchun University of Technology, Changchun 130012, China; 2. School of Chemical Engineering, Changchun University of Technology, Changchun 130012, China)

Abstract: The poly(butylene adipate-co-terephthalate) (PBAT)/wood powder composites were prepared by melt blending. And PBAT/wood powder composite foams were prepared by the compression moulding foaming way with microsphere foaming agent. The rheological property, crystallization property and foaming behavior of the composite were characterized. The results show that the melt elasticity, viscosity and crystallization temperature of PBAT/wood powder composites increases with the increase of wood powder content. The obtained composite foams have closed-cell structure and uniform cells. When the content of wood powder is below 30 phr, with the increase of wood powder content, the cell density of foamed materials increases gradually. And the apparent density and foaming ratio increases slightly, the cell size changes little. When the content of wood powder exceeds 30 phr, the cell density and the apparent density decrease suddenly. But the cell size and the foaming ratio increases suddenly. Wood powder decreases the compressive strength of foamed materials. PBAT/wood powder composite foam with apparent density 0.212 g/cm³ can still be obtained when the content of wood powder is 40 phr. When the content of wood powder increases to 30 phr, the compressive strength of the composite foams is almost the same as that of pure PBAT foamed materials.

Keywords: poly(butylene adipate-co-terephthalate); wood powder; composite; expandable microspheres; foaming

近年来,可生物降解的合成高分子材料替代传统不可降解的通用塑料,成为从根本上解决白色污染、合理有效地利用生物质和化石资源、让高分子材料更广泛合理地为人服务的最新有效解决方案^[1]。而传统高分子发泡材料因其体积庞大、难以回收带来的环境问题尤为严重,因此利用可降解高分子材料作为基体制备发泡材料成为新的趋势^[2]。

聚己二酸/对苯二甲酸丁二酯(PBAT)是一种全生物降解塑料,它是由化石资源通过化学合成方法制备的脂肪族/芳香族无规共聚酯^[3-4]。PBAT具有良好的加工性能,类似于低密度聚乙烯(PE-LD),通过制备 PBAT 发泡材料来替代传统的 PE-LD 发泡材料具有很大的应用前景^[5]。同时,为了满足日益增长的环保和生物相容性产品需求,可生物降解

通信作者: 谭志勇,教授,研究方向为多相多组分聚合物及生物降解材料

收稿日期: 2022-01-18

引用格式: 柳丽楠,杨锦,金坤,等. PBAT/木粉复合材料的微球发泡性能[J]. 工程塑料应用,2022,50(3):43-48.

Liu Linan, Yang Jin, Jin Kun, et al. Properties on microsphere foaming of PBAT/wood powder composite[J]. Engineering Plastics Application, 2022, 50(3):43-48.

聚合物和天然填料复合材料引起了工业界和学术界极大兴趣,低成本、低密度、可再生、可生物降解的木材是重要的天然填料来源^[6]。因此,可将木粉用作 PBAT 基体的填料以开发新的可能用于包装领域的复合发泡材料。

在 PBAT 发泡过程中,由于 PBAT 分子量相对较低,分子链呈线性结构,导致泡孔壁可能无法承受发泡剂的驱动力,PBAT 泡沫易出现泡孔崩塌和聚结现象^[7-8]。因此,选择合适的发泡剂很重要。热膨胀性微球包括热塑性树脂壳和包封在其中的沸点不高于热塑性树脂软化点的发泡剂,最大膨胀率不低于 50 倍,且可膨胀成对反复压缩具有优异耐久性的中空颗粒^[9]。

笔者以 PBAT 为基体材料,添加不同含量的杨木粉制备了 PBAT/木粉复合材料,然后采用了热膨胀微球发泡剂,通过热压成型制得 PBAT/木粉复合发泡材料。主要研究了木粉含量对 PBAT/木粉复合材料流变性能、结晶性能和发泡行为的影响。

1 实验部分

1.1 实验原料

PBAT: Ecoflex C1200,德国巴斯夫有限公司;

微球发泡剂: Expancel 951DU120,阿克苏诺贝尔公司;

硬脂酸 (HSt): 上海麦克林生化科技有限公司;

木粉: 150 μm (100 目),市售。

1.2 主要仪器与设备

开炼机: XH-401 型,锡华检测仪器有限公司;

旋转流变仪: AR2000 型,美国 TA 仪器公司;

平板硫化机: HB-400 $\times$ 400 $\times$ 1D 型,青岛华博机械科技有限公司;

人造板万能试验机: MWD-J150 型,北京时代山峰科技有限公司;

扫描电子显微镜 (SEM): JSM-6510 型,日本 JEOL 科技有限公司;

差示扫描量热 (DSC) 仪: DSC1 STARe System 型, METTLER TOLEDO 公司。

1.3 试样制备

将 PBAT 和木粉干燥后,按表 1 配方在 110 $^{\circ}\text{C}$ 的双辊开炼机上包辊塑化,出片后在 180 $^{\circ}\text{C}$ 下模压成型,模具厚度为 1 mm,所得样品用于流变性能和结晶性能测试。

按照表 1 列出的各样品配方,再加入 8 份微球发泡剂混炼均匀出片,将适量混炼胶裁成模具形状

放入其中模压发泡,温度为 180 $^{\circ}\text{C}$,压力为 10 MPa。

表 1 PBAT/木粉复合材料的配方

样品名称	PBAT	木粉	HSt
PBAT	100	0	2
WF10	90	10	2
WF20	80	20	2
WF30	70	30	2
WF40	60	40	2

1.4 性能测试与表征

(1) 流变性能测试。

使用旋转流变仪,在动态频率扫描模式下,以 180 $^{\circ}\text{C}$,0.1 ~ 100 rad/s 的频率测试。

(2) 结晶性能测试。

使用 DSC 仪,样品质量为 5 ~ 10 mg,快速升温至 200 $^{\circ}\text{C}$ 并恒温 3 min,消除热历史,然后降温至 40 $^{\circ}\text{C}$,随后升温至 200 $^{\circ}\text{C}$,观察其结晶和熔融行为,升温和降温速率为 10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。

(3) 密度测试。

按照 ASTM D792-2000 测试。

(4) 泡孔形态表征及泡孔密度和发泡倍率测试。

使用液氮脆断发泡体,在 SEM 下观察脆断面,通过 Image-Pro Plus 软件分析泡孔结构,发泡倍率和泡孔密度通过式 (1) 和式 (2)^[10] 计算:

$$\varphi = \frac{\rho_0}{\rho} \quad (1)$$

$$N = \left(\frac{nM^2}{A} \right)^{3/2} \varphi \quad (2)$$

式中: φ ——发泡倍率;

ρ_0 —发泡前样品密度, g/cm^3 ;

ρ —发泡后样品密度, g/cm^3 ;

N —泡孔密度,个/ cm^3 ;

n —统计面积中泡孔数量,个;

M —SEM 照片放大倍数;

A —SEM 照片中所选择的统计面积, cm^2 。

(5) 压缩性能测试。

按 GB/T 8813-2008 用人造板万能试验机测试,压缩形变为 10%,压缩速度为 5 mm/min。

2 结果与讨论

2.1 木粉含量对 PBAT/木粉复合材料流变性能的影响

在发泡过程中,泡孔壁经历双向拉伸,形变过程中的瞬时拉伸黏度对发泡过程至关重要^[11]。但双向和平面拉伸黏度(尤其是其瞬时响应)所用仪器没有广泛使用,可以近似使用动态剪切流变参数

测量熔体黏弹性^[12]。图1是未发泡的PBAT/木粉复合材料的储能模量(G')、损耗模量(G'')和复数黏度(η^*)随角频率(ω)的变化曲线。

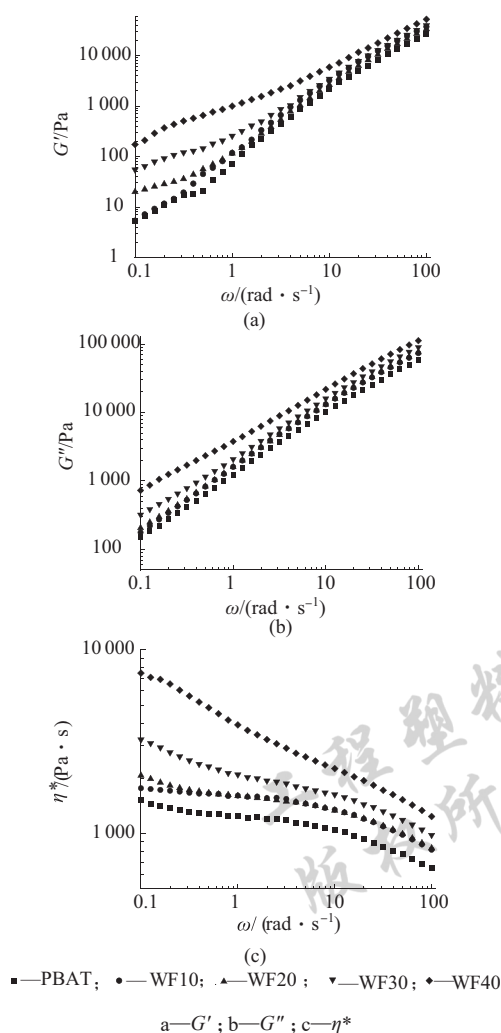


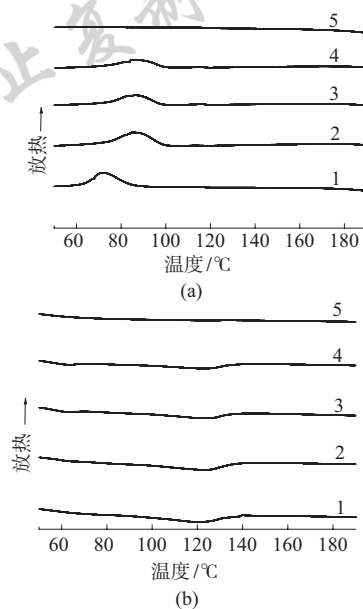
图1 PBAT/木粉复合材料的 G' 、 G'' 和 η^* 随 ω 的变化曲线

从图1a和图1b可以看出,木粉含量越大,复合材料的 G' 和 G'' 越高。因为木粉阻碍了分子链的运动使其难以改变自身构象,其末端松弛时间变长,表现为熔体弹性增强。而且相对于高频区域,低频区域 G' 的增加更为明显,这是因为高剪切频率下,分子链运动速度跟不上外力变化,基体与木粉间的相互作用力对 G' 影响减小。同时材料内部因滞后现象产生能量损耗,导致材料的 G'' 增大^[13]。 η^* 影响泡孔生长过程,过低和过高都会影响发泡材料的泡孔结构和发泡倍率。从图1c可以看出,木粉含量增大后,PBAT/木粉复合材料熔体的 η^* 明显提高,一方面是因为木粉粒子之间的相互作用导致其在PBAT基体中分散不均,另一方面木粉含有的极性基团与PBAT的端基存在相互作用,会在一定程度

上阻碍PBAT分子链的运动,从而使复合材料的熔体黏度升高^[14]。

2.2 木粉含量对PBAT/木粉复合材料结晶性能的影响

在气泡的增长和稳定阶段,结晶可以使黏度迅速增加,提高材料的熔体强度,从而稳定气泡的增长过程。在发泡材料成型固化阶段,如果结晶速率过快,会阻碍气泡增长从而影响发泡倍率和密度。图2是未发泡PBAT/木粉复合材料的DSC曲线。从图2可以看出,加入木粉后,复合材料的结晶温度明显提高,说明木粉的加入提高了结晶成核点的数量,起到了一定的异相成核作用。而木粉含量的改变对结晶温度的影响不大。随着木粉含量的增大,结晶峰逐渐变宽,说明木粉作为固体颗粒阻碍了PBAT基体分子链段向晶核的扩散和排列,从而导致了结晶速率下降。但木粉含量的增加对熔融温度的影响并不显著。



1—PBAT; 2—WF10; 3—WF20; 4—WF30; 5—WF40
a—结晶曲线; b—熔融曲线

图2 PBAT/木粉复合材料的DSC曲线

2.3 木粉含量对PBAT/木粉复合材料密度的影响

图3为未发泡PBAT/木粉复合材料片材的密度。由图3可以看出,随着木粉含量的增加,未发泡片材的密度也随之增加,据此可以推出所用木粉的密度高于PBAT的密度。原因是木材在加工成粒径较小的木粉颗粒时破坏了其本身的中空结构,造成木粉的压实密度大于PBAT基体^[15]。

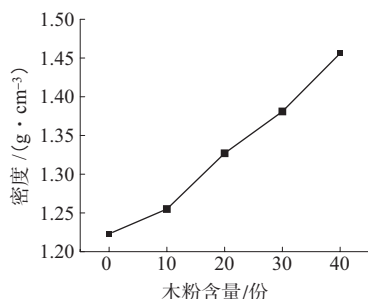
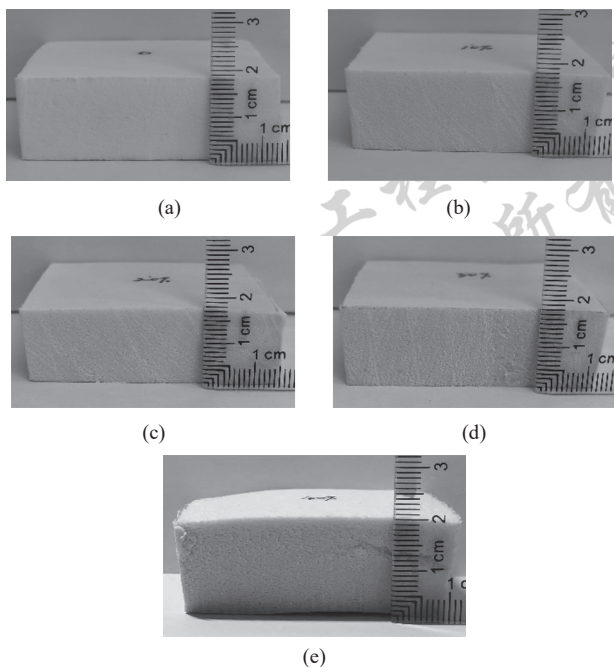


图3 未发泡 PBAT/ 木粉复合材料片材密度

2.4 木粉含量对发泡形貌的影响

图4为PBAT/木粉复合发泡材料的电子照片。由图4可以看出,木粉含量从0份增加至40份都可以成功制备泡沫材料。而且发泡体表面平整,从横截面来看泡孔大小比较均匀。从发泡体厚度来看,木粉含量对发泡倍率的影响不大。当木粉含量达到50份时未能成功制得发泡材料,主要是因为木粉含量过高破坏了PBAT基体的连续性,导致无法有效包裹气体。

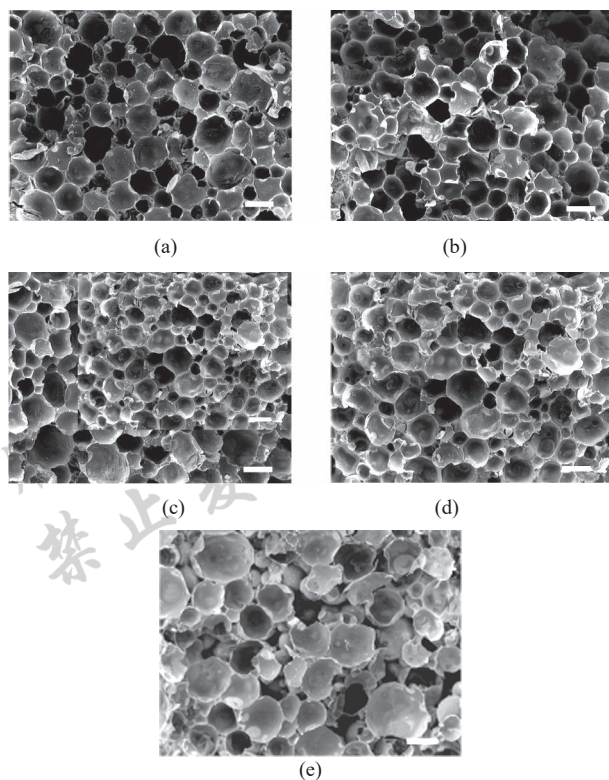


a—PBAT ; b—WF10 ; c—WF20 ; d—WF30 ; e—WF40

图4 PBAT/ 木粉复合发泡材料的电子照片

为了进一步观察发泡材料的微观形貌,用SEM观察了发泡体的脆断面,得到结果如图5所示。发泡材料泡孔密度和尺寸见表2。由表2可以看出,所有组分发泡材料的泡孔结构均匀,皆为球状闭孔结构,这是由微球发泡剂的发泡特点决定的。木粉含量在30份以下时,泡孔之间连接紧密,泡孔数量较多。当木粉含量达到40份,微球膨胀比较充分,泡孔壁接触面积变小,出现较多空隙。结合表2可

以看出,木粉含量为30份以下时,泡孔直径变化不大,总体有减小的趋势,泡孔密度逐渐增大。这是因为随着木粉含量的增加,木粉逐渐占据复合材料中的空间,微球发泡剂分布在基体中的密度增大,因此泡孔密度变大。当木粉含量为40份时发泡空间不足,微球数量较多,充分膨胀后发泡材料形成较多空隙,泡孔直径明显变大,泡孔密度明显减小。



a—PBAT ; b—WF10 ; c—WF20 ; d—WF30 ; e—WF40

图5 PBAT/ 木粉复合发泡材料的脆断面 SEM 照片

表2 PBAT/ 木粉复合发泡材料泡孔密度和尺寸

样品名称	泡孔密度 / ($\times 10^8$ 个 $\cdot$ cm^{-3})	泡孔尺寸 / μm
PBAT	2.48	77.8
WF10	3.48	78.1
WF20	4.26	77.5
WF30	6.06	70.3
WF40	1.40	100

2.5 木粉含量对发泡材料表观密度和发泡倍率的影响

图6是PBAT/木粉复合发泡材料的表观密度和发泡倍率。由图6可以看出,木粉含量少于30份时,随着木粉含量的增加,发泡材料的表观密度和发泡倍率稍有增加。而木粉含量从30份增加到40份时,发泡材料的表观密度突然降低,发泡倍率突然增大。这是因为木粉本身无法发泡,木粉含量提高使可发泡的PBAT基体在复合材料中的含量降低,而且熔体黏弹性的提高一定程度上影响了微球的

膨胀,使得发泡材料的密度稍有增大。而未发泡的PBAT/木粉复合材料的密度随木粉含量的增加而增大的幅度较大,因此发泡倍率稍有增加。木粉含量为40份时,PBAT基体与木粉的相容性较差,PBAT基体含量较少,发泡材料经过膨胀出现较多空隙,泡孔尺寸变大,泡孔壁变薄,因此发泡材料密度减小,表观密度为 0.212 g/cm^3 ,发泡倍率增大。

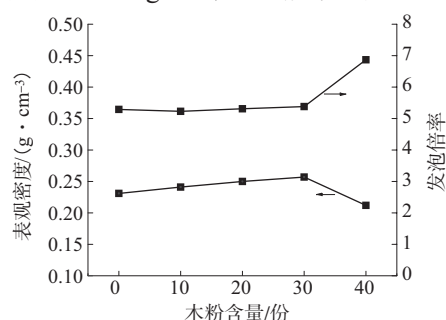


图6 PBAT/木粉复合发泡材料的表观密度和发泡倍率

2.6 木粉含量对发泡材料压缩强度的影响

对于闭孔发泡材料,压缩强度由3个因素决定:孔棱的弯曲、泡孔壁的拉伸及闭孔的内部气体压力,气体压力较小,通常可忽略^[16]。而基体材料的拉伸或弯曲性能,能够影响孔棱的弯曲性能及泡孔壁的拉伸性能的大小。图7是PBAT/木粉复合发泡材料的压缩强度。由图7可以看出,添加木粉后,由于PBAT树脂基体原有的均匀连续相受到木粉的影响,因此压缩强度均小于未添加木粉的树脂发泡后的压缩强度。当木粉含量为30份时,发泡体的压缩强度逐渐增大到与纯PBAT发泡材料接近,木粉含量继续增大又会引起压缩强度突然降低。这是由于在其它条件不变时,发泡材料表观密度的增大可使其压缩强度增大。此外,随着木粉含量增加,泡孔结构变化对压缩强度的提高有一定作用。而当木粉含量达到40份时,发泡材料内部产生较多缺陷导致压缩强度降低。

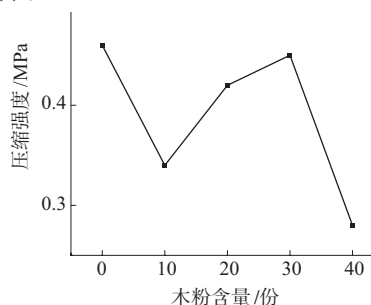


图7 PBAT/木粉复合发泡材料的压缩强度

3 结论

(1) 木粉的加入有效地提高了PBAT/木粉复合

材料的熔体弹性、复数黏度和结晶温度,PBAT的可发性得到改善。

(2) 制得的PBAT/木粉复合发泡材料为球状闭孔结构。木粉具有调控泡孔结构的作用,随着木粉含量的增加,发泡材料的泡孔密度明显增大,泡孔尺寸变化不大,含量超过30份后会发生突变。

(3) 木粉含量低于30份时对发泡材料的表观密度和发泡倍率影响不大,含量增加至40份时表观密度突然减小,发泡倍率突然增大。

(4) 木粉含量对发泡材料的压缩强度有一定影响,通过调整木粉的含量可以达到与纯PBAT发泡材料相当。

参考文献

- [1] 翁云宣,付焱.生物分解塑料与生物基塑料[M].2版.北京:化学工业出版社,2020.
Weng Yunxuan, Fu Ye. Biodegradable plastics and bio-based plastics[M]. 2nd ed. Beijing: Chemical Industry Press, 2020.
- [2] 刘伟,陈鹏,王向东,等. PBAT/NPCC复合体系发泡材料的制备与表征[J]. 塑料,2016,45(3):73-77.
Liu Wei, Chen Peng, Wang Xiangdong, et al. Preparation and characterization of PBAT/NPCC foams[J]. Plastics, 2016, 45(3):73-77.
- [3] Raquez J M, Nabar Y, Narayan R, et al. Novel high-performance talc/poly[(butylene adipate)-co-terephthalate] hybrid materials[J]. Macromolecular Materials and Engineering, 2008, 293(4):310-320.
- [4] da Silva J S P, da Silva J M F, Soares B G, et al. Fully biodegradable composites based on poly(butylene adipate-co-terephthalate)/peach palm trees fiber[J]. Composites Part B: Engineering, 2017, 129:117-123.
- [5] 齐迎珍,邹俊,徐海青. PBAT/PLA复合材料的制备及其微球发泡行为研究[J]. 塑料科技,2018,46(10):15-20.
Qi Yingzhen, Zou Jun, Xu Haiqing. Study on preparation of PBAT/PLA composites and its microsphere foaming behavior[J]. Plastics Science and Technology, 2018, 46(10):15-20.
- [6] Dou Qiang, Cai Jun. Investigation on polylactide (PLA)/poly(butylene adipate-co-terephthalate) (PBAT)/bark flour of plane tree (PF)eco-composites[J]. Materials, 2016, 9(5).DOI:10.3390/ma9050393.
- [7] Cui Yalin, Zhou Haoyan, Yin Dexian, et al. An innovative strategy to regulate bimodal cellular structure in chain extended poly(butylene adipate-co-terephthalate) foams[J]. Journal of Vinyl and Additive Technology, 2021.DOI:10.1002/vnl.21805.
- [8] Song Jingsi, Mi Jianguo, Zhou Hongfu, et al. Chain extension of poly(butylene adipate-co-terephthalate) and its microcellular foaming behaviors[J]. Polymer Degradation and Stability, 2018, 157:143-152.

- [9] Masuda T, Takahara I, Kitano K, et al. Heat-expandable microspheres, method for producing the same, and application thereof. US8324286[P]. 2012-12-04.
- [10] Kumar V, Weller J. Production of microcellular polycarbonate using carbon dioxide for bubble nucleation[J]. Journal of Engineering for Industry, 1994, 116(4):413-420.
- [11] 周洪福, 王向东. 热塑性聚合物改性及其发泡材料[M]. 北京: 化学工业出版社, 2020.
- Zhou Hongfu, Wang Xiangdong. Modification of thermoplastics and their foaming materials[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2020.
- [12] 刘伟, 任粒, 张纯, 等. 硅酸钙对 PBAT 流变性能与发泡行为的影响[J]. 工程塑料应用, 2017, 45(3):116-120, 141.
- Liu Wei, Ren Li, Zhang Chun, et al. Rheology properties and foaming behavior of PBAT/calcium silicate composite[J]. Engineering Plastics Application, 2017, 45(3):116-120, 141.
- [13] 梁健飞. 咖啡渣和稻壳灰生物质在生物可降解塑料中的应用研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2019.
- Liang Jianfei. Studies on the application of coffee ground and rice husk ash biomass in biodegradable plastics[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2019.
- [14] 冯正明, 范哲懿, 洪玉琢, 等. PBS/木粉复合发泡材料的制备及性能研究[J]. 工程塑料应用, 2015, 41(10):23-27.
- Feng Zhengming, Fan Zheyi, Hong Yuzhuo, et al. Preparation and characterization of poly(butylene succinate)/wood flour composite foams[J]. Engineering Plastics Application, 2015, 41(10):23-27.
- [15] 胡圣飞, 陈祥星, 李慧, 等. 高发泡倍率聚丙烯基木塑复合发泡材料的研究[J]. 湖北工业大学学报, 2012, 27(1):96-99.
- Hu Shengfei, Chen Xiangxing, Li Hui, et al. High-expanded PP/wood flour foaming composites[J]. Journal of Hubei University of Technology, 2012, 27(1):96-99.
- [16] Smits G F. Effect of cellsize reduction on polyurethane foam physical properties[J]. Journal of Thermal Insulation and Building Envelopes, 1994, 17(4):309-329.

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,我刊将优先刊登。

(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 <http://www.epa1973.net>, 点击“作者投稿”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。