

PA6/ 改性铁粉复合膜的制备及性能

doi:10.20269/j.cnki.1674-7100.2025.5012

廖钰源 薛琼 杨军红
王柯梦 江小龙 王子晗
魏珊珊

湖南工业大学
包装工程学院
湖南 株洲 412007

摘要: 为了进一步提高小袋包装脱氧剂的脱氧效率和解决其与食品混装带来的安全问题, 通过水解正硅酸乙酯制备了 SiO_2 溶胶, 并用其包覆铁粉。分别将铁粉和改性铁粉与聚酰胺 6 (PA6) 基体熔融共混制备复合材料, 将其热压后制备成 PA6/ 铁粉 (PA6/Fe) 与 PA6/ 改性铁粉 (PA6/m-Fe) 复合膜。用 FTIR、TG、DSC、万能拉伸试验机和气体渗透仪对复合膜的结构与性能进行表征。结果表明, 加入铁粉和改性铁粉的两个复合材料体系中, 改性铁粉在 PA6 中的分散性较好, 但 PA6/m-Fe 复合膜的热稳定性降低; 随着铁粉和改性铁粉含量的增加, 复合膜的拉伸强度呈先增大后减小的趋势, 其断裂伸长率下降后又略微升高, 但总体呈下降趋势; 当铁粉与改性铁粉的添加质量分数为 2% 时, 复合膜的拉伸强度达到最大值, 与 PA6 膜相比, PA6/Fe 与 PA6/m-Fe 复合膜的拉伸强度分别提高了 16% 和 28%; 复合膜的氧气 (O_2) 透过系数呈先减小后增大的趋势, 当铁粉与改性铁粉的添加质量分数均为 2% 时, 复合膜的 O_2 透过系数最小, 与 PA6 膜相比, PA6/Fe 和 PA6/m-Fe 复合膜的 O_2 透过系数分别降低了 43.2% 与 66.1%。复合膜在结晶过程中, 由于改性铁粉起异相成核的作用, 改善了内部的结晶行为, 有助于复合膜结构和性能的改善。

关键词: 尼龙 6; 改性铁粉; 阻氧性能; 复合膜

中图分类号: TQ322; TB484

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2025)05-0103-06

引文格式: 廖钰源, 薛琼, 杨军红, 等. PA6/ 改性铁粉复合膜的制备及性能[J]. 包装学报, 2025, 17(5): 103-108.

1 研究背景

聚酰胺 6 (PA6) 作为一种重要的工程塑料, 因其优异的力学性能、耐热性和化学稳定性, 在汽车、电子、包装等领域得到了广泛的应用^[1-3]。与传统的聚乙烯、聚乙烯醇等包装材料相比, PA6 具有更优异的拉伸强度与耐疲劳性, 制件经多次反复屈折仍能保持原有强度, 在周期性疲劳作用的场合应用广泛。但

PA6 薄膜也存在不足, 如热封性能较差、吸水性大和耐水蒸气性能差, 一定程度上影响 PA6 薄膜的尺寸稳定性和其他性能^[4-6]。传统 PA6 薄膜在阻隔性能上也存在一定的局限, 限制了其进一步应用^[7], 特别是在食品包装领域, 良好的阻隔性能对保持食品的新鲜度十分重要^[8-10]。

铁粉 (iron powder) 由于具有较强的还原性, 常作为脱氧保鲜剂。在食品包装中, 铁粉一般以独立小

收稿日期: 2025-05-13

基金项目: 湖南省自然科学基金区域联合项目 (2025JJ70037)

作者简介: 廖钰源, 男, 硕士生, 主要研究方向为聚合物基复合材料, E-mail: lyy56702@126.com

通信作者: 魏珊珊, 男, 教授, 博士, 主要从事阻燃高分子材料的开发与应用研究, E-mail: wss71@126.com

袋的形式存在,且常与被包装物混装,以此达到脱氧保鲜的目的,但这也存在小袋破裂和被误食的安全隐患。因此,将脱氧材料与包装材料直接复合,再引入功能材料进一步改善尼龙6薄膜包装材料的性能,可以实现包装材料结构和组成的优化^[11-13]。铁粉具有粒径小、比表面积高、还原性强等特点,具有优异的吸氧能力^[14],但其在尼龙6基体中的分散性较差。为了改善铁粉在尼龙6基体中的分散性,提高铁粉与尼龙6的界面结合强度,常采用二氧化硅(SiO₂)对铁粉进行包覆。纳米SiO₂^[15-16]与尼龙6复合可以有效提高薄膜的力学性能和气体阻隔性^[17]。

因此,本研究分别用铁粉和SiO₂包覆的改性铁粉与PA6基体复合,制备了尼龙6/铁粉复合材料和尼龙6/改性铁粉复合材料,再经过热压后分别制备成PA6/铁粉(PA6/Fe)和PA6/改性铁粉(PA6/m-Fe)复合膜,使其在保持PA6薄膜力学性能的同时也提高阻氧性能,以此解决现有包装行业中单独小袋脱氧剂与食品混装带来的安全问题。

2 实验部分

2.1 原料及器材

1) 实验原料。铁粉,工业级(100目),苏州中核新材料有限公司;PA6,切粒,中国石化巴陵石油化工有限公司;无水乙醇,分析纯,湖南汇虹试剂有限公司;正硅酸乙酯(TEOS),分析纯,天津市大茂化学试剂厂;氨水,化学纯,成都科龙化工试剂厂。

2) 实验器材。平板硫化机, XH-406BEW-30-300, 锡华检测仪器有限公司;双螺杆挤出机, CTE-35(螺杆直径为30 mm,长径比为32),南京科倍隆科亚机械有限公司;高速混合机, SHR-10A, 张家港格兰机械有限公司;傅里叶变换红外光谱仪(FTIR spectrometer), Nicolet 380, 美国 Thermo 公司;热重分析仪, TGA55, 美国 TA 仪器公司;差示扫描量热仪, DSC25, 美国 TA 仪器公司;电子万能试验机, CMT4104, 深圳新三思实验设备有限公司;压差法气体渗透仪, VAC-V2, 济南兰光机电技术有限公司。

2.2 改性铁粉的制备

将2.0 g铁粉加入装有120 mL无水乙醇的三口烧瓶中,加入适量氨水,在机械搅拌、超声波分散和氮气气氛下,使用恒压滴液漏斗滴加4 mL的TEOS,在室温下搅拌24 h,所得产物使用无水乙醇

洗涤3次,经磁分离后得到SiO₂包覆的改性铁粉。

2.3 PA6薄膜、PA6/Fe和PA6/m-Fe复合膜的制备

分别将一定量的铁粉以及改性铁粉以不同的比例,与PA6在高速混合机中初步混合均匀,然后用双螺杆挤出机共混,得到PA6/Fe和PA6/m-Fe复合材料。随后将PA6、PA6/铁粉和PA6/改性铁粉在真空干燥箱中干燥处理后,置于平板硫化机中并在240℃下进行模压,分别制得PA6薄膜、PA6/Fe复合膜和PA6/m-Fe复合膜。

2.4 表征测试

1) 扫描电子显微镜(SEM)测试。使用SEM观察改性前后复合膜的形貌变化,以及铁粉和改性铁粉的分散情况。薄膜经过乙二醇刻蚀和喷金处理,测试模式为二次电子。

2) 傅里叶红外光谱(FTIR)测试。用FTIR对复合膜进行结构表征。扫描范围为400~4000 cm⁻¹,波数分辨率为4 cm⁻¹。

3) 热重分析(TG)测试。在氮气气氛下测定复合膜的TG曲线,升温速率为10℃/min,温度范围为30~600℃。

4) 差示扫描量热(DSC)表征。在氮气气氛下测定复合膜的DSC曲线,具体测试流程为:首先将测试温度从40℃升温至300℃,保温5 min以此消除热历史,然后以10℃/min的冷却速率降温到40℃,再以10℃/min的升温速率升温至300℃。

5) 力学性能测试。参照GB/T 1040.3—2006,用电子万能试验机测定复合膜的力学性能。试样尺寸为50 mm×9 mm的哑铃型长条,窄部分宽度为4 mm,标距为17 mm。在室温下进行测试,拉伸速率为10 mm/min,每组样品均测试5次。

6) 阻氧性能测试。参照GB/T 1038.1—2022,用压差法气体渗透仪测定薄膜的氧气透过系数(P_g),样品裁剪成直径为8.6 cm的圆片,每组样品均测试3次。

3 结果与讨论

3.1 SEM分析

图1为PA6/Fe和PA6/m-Fe复合膜的微观形貌图。如图1a所示,PA6/Fe复合膜中的铁粉颗粒大小不均,且分散不均匀。经过SiO₂改性后,PA6/m-Fe复合膜中的铁粉具有良好的分散性和更大的比表面积(见图1b),与O₂的接触更加充分,且颗粒的粒径相对均匀。图2为SiO₂改性铁粉的粒径分布图,对样品中60个

点位颗粒进行统计, 发现 SiO_2 改性铁粉的最小粒径为 $0.73 \mu\text{m}$ 、最大粒径为 $1.98 \mu\text{m}$ 。

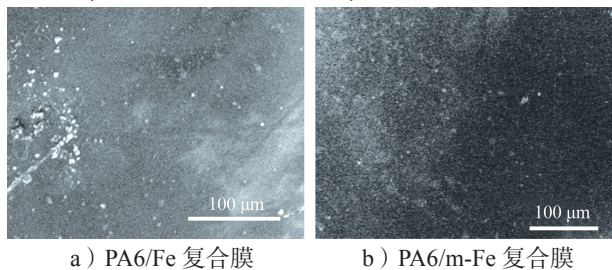


图 1 复合膜的表面形貌

Fig. 1 The surface morphology of composite films

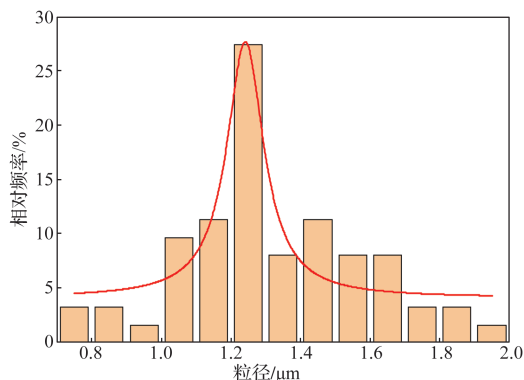


图 2 SiO_2 改性铁粉的粒径分布图

Fig. 2 Particle size distribution diagram of SiO_2 modified iron powder

3.2 FTIR 分析

图 3 为 PA6 薄膜、PA6/Fe 复合膜以及 PA6/m-Fe 复合膜的 FTIR 谱图。

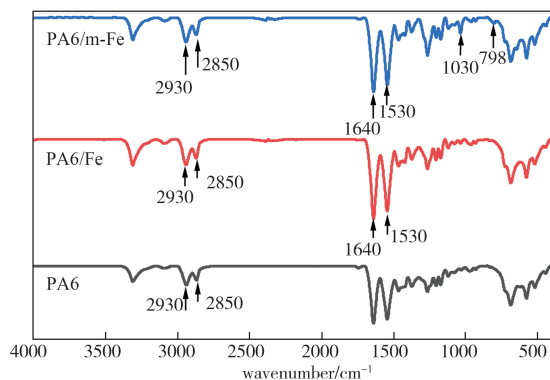


图 3 PA6 薄膜、PA6/Fe 和 PA6/m-Fe 复合膜的 FTIR 谱图

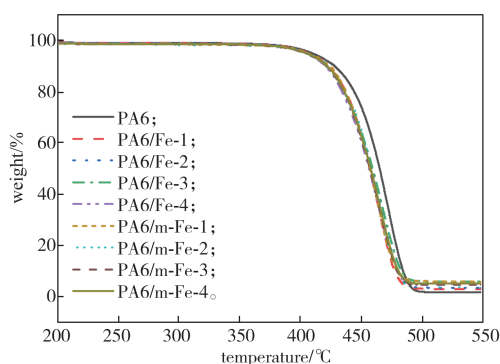
Fig. 3 The FTIR spectra of the PA6 films, PA6/Fe and PA6/m-Fe composite films

由图 3 可知, 位于 2930 cm^{-1} 处的吸收峰归因于 PA6 中 C—H 键的伸缩振动; 位于 1530 cm^{-1} 与 1640 cm^{-1} 的吸收峰分别归因于 PA6 中 N—H 键的弯曲振动和 C=O 键的伸缩振动。在 PA6/Fe 复合膜中, 位

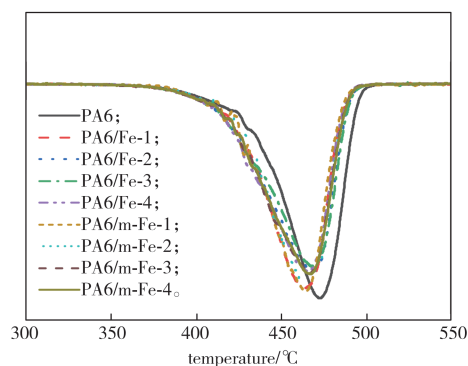
于 $2850, 2930, 1640, 1530 \text{ cm}^{-1}$ 处的吸收峰强度虽然略微增加, 但并未产生偏移, 这可能是因为铁粉中羰基吸收峰的强度较弱, 峰值不明显。在 PA6/m-Fe 复合膜中, 位于 2850 cm^{-1} 与 2930 cm^{-1} 处的吸收峰强度略微减弱, 这是由 SiO_2 的包覆作用导致的。在位于 1030 cm^{-1} 和 798 cm^{-1} 处出现新的吸收峰, 该峰归因于 Si—O—Si 的伸缩振动, 表明 SiO_2 成功包覆在铁粉表面^[18]。

3.3 TG 分析

图 4 为 PA6 薄膜、PA6/Fe 复合膜和 PA6/m-Fe 复合膜的 TG 和微商热重分析 (DTG) 曲线, 图中 PA6/Fe- x ($x=1, 2, 3, 4$, 分别代表添加铁粉质量分数为 1%, 2%, 3%, 4%) 为 PA6/Fe 复合膜; PA6/m-Fe- x ($x=1, 2, 3, 4$, 分别代表添加改性铁粉质量分数为 1%, 2%, 3%, 4%) 为 PA6/m-Fe 复合膜。



a) TG 曲线



b) DTG 曲线

图 4 PA6 薄膜、PA6/Fe 及 PA6/m-Fe 复合膜的 TG 曲线和 DTG 曲线

Fig. 4 TG and DTG curves of the PA6 films, PA6/Fe and PA6/m-Fe composite films

由图 4 可知, PA6 的热分解过程为一阶失重, 这主要与 PA6 分子链的断裂和低分子物质的形成与挥发有关。与 PA6 薄膜相比, PA6/Fe 复合膜和 PA6/m-Fe

复合膜的热分解温度有所降低，这可能是因为薄膜中的铁粉影响了热分解过程，加速了 PA6 分子链的断裂和分解，降低了热分解的活化能；并且金属离子具有一定的热传导性，这一特性可以使 PA6/Fe 复合膜在受热时更快达到热分解温度。与 PA6/Fe 复合膜相比，PA6/m-Fe 复合膜的热稳定性有所提高，这可能是由于 SiO₂ 包覆层具有一定的热稳定性，能起到一定的隔离作用。SiO₂ 包覆层的存在不仅减弱了金属对 PA6 基体的催化作用，还有效降低了热传导，进一步提高了材料的热稳定性。

3.4 DSC 分析

图 5 为 PA6 薄膜、不同铁粉含量的 PA6/Fe 复合膜以及不同改性铁粉含量的 PA6/m-Fe 复合膜的 DSC 曲线。DSC 数据的主要参数如表 1 所示，表中 T_c 代

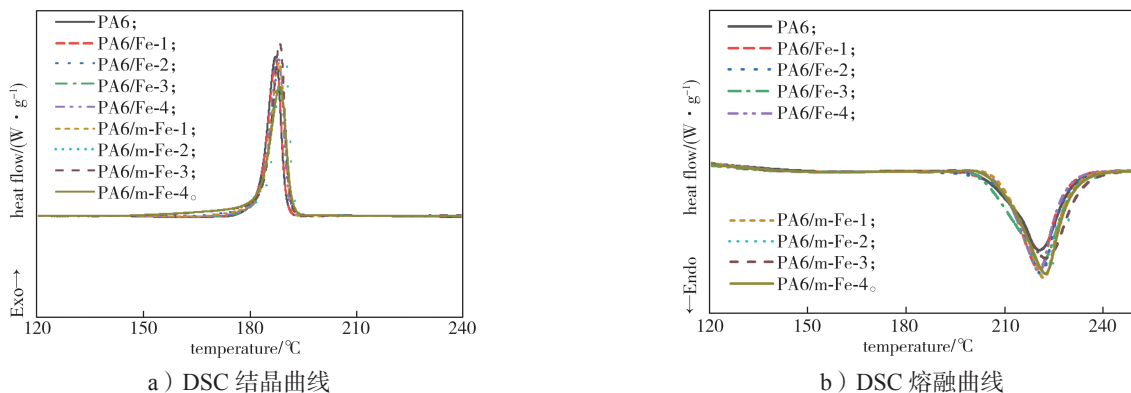


图 5 PA6 薄膜、PA6/Fe 和 PA6/m-Fe 复合膜的 DSC 曲线
Fig. 5 DSC curves of the PA6 films, PA6/Fe and PA6/m-Fe composite films

表 1 相同升温/降温速率下 (10 °C/min) DSC 的主要数据
Table 1 Key DSC data at the same heating/cooling rate (10 °C/min)

样品	$T_c/^\circ\text{C}$	$T_m/^\circ\text{C}$	$\Delta H_m/(J\cdot g^{-1})$	$X_c/\%$
PA6	187.2	220.5	47.7	27.0
PA6/Fe-1	187.2	220.6	49.4	28.2
PA6/Fe-2	188.1	221.2	50.8	29.3
PA6/Fe-3	188.1	220.7	49.6	28.9
PA6/Fe-4	187.8	220.6	48.2	28.4
PA6/m-Fe-1	188.2	222.1	50.1	28.6
PA6/m-Fe-2	189.5	223.4	52.7	30.4
PA6/m-Fe-3	188.3	222.5	51.3	29.9
PA6/m-Fe-4	188.3	222.5	50.2	29.6

3.5 力学性能分析

图 6 为 PA6/Fe 与 PA6/m-Fe 复合膜的力学性能与铁粉添加量的关系图。由图 6a 可知，随着铁粉和改性铁粉含量的增加，PA6/Fe 与 PA6/m-Fe 复合膜的拉伸强度均呈现先增大后减小的趋势。当铁粉与改性铁

粉结晶温度； T_m 代表熔融温度； ΔH_m 代表熔融焓； X_c 代表结晶度。

结合图 5a、图 5b 和表 1 可知，在 PA6 薄膜中添加不同含量的铁粉与改性铁粉后，PA6/Fe 和 PA6/m-Fe 复合膜的 ΔH_m 和 X_c 先增加后降低。当铁粉和改性铁粉的添加质量分数均为 2% 时， ΔH_m 和 X_c 达到最大值。这是因为适量的铁粉和改性铁粉在 PA6 的结晶过程中起到了异相成核的作用，使得结晶的诱导期缩短，促进了 PA6 的结晶。与 PA6 相比，PA6/Fe-2 的结晶度提高了 2.3%，PA6/m-Fe-2 复合膜的结晶度提高了 3.4%。当铁粉和改性铁粉的添加质量分数超过 2% 时，PA6/Fe 和 PA6/m-Fe 复合膜的 ΔH_m 和 X_c 均呈现出下降趋势，这可能是因为铁粉表面的高表面能容易造成团聚现象，导致铁粉在基体中的分散性变差，结晶度下降。

粉的添加质量分数为 2% 时，PA6/Fe 与 PA6/m-Fe 复合膜的拉伸强度均达到最大值，与不添加铁粉的 PA6 薄膜相比分别提高了 8 MPa 与 14 MPa。拉伸性能的提高主要归因于两方面，一是添加适量的铁粉时，铁粉在 PA6 基体中能够均匀分散；二是添加改性铁粉可以改善 PA6 的结晶行为，这有利于 PA6/m-Fe 复合膜拉伸性能的提高。当铁粉与改性铁粉的添加量过高时，铁粉的团聚程度会进一步增加，容易产生应力集中，导致 PA6/Fe 与 PA6/m-Fe 复合膜的拉伸强度下降。与 PA6/Fe 复合膜相比，PA6/m-Fe 复合膜的拉伸强度有所提高，这是因为 SiO₂ 的包覆使得改性铁粉在 PA6 基体中的分散性更好，且 SiO₂ 具有一定的补强作用，可有效增加复合膜的力学性能。由图 6b 可知，加入铁粉和改性铁粉之后，PA6/Fe 与 PA6/m-Fe 复合膜的断裂伸长率均有所下降。这可能是由于铁粉和改性铁粉均一定程度上限制了 PA6 分子链的运动，导致复合膜在受到拉伸时容易发生断裂。与 PA6/Fe 复

合膜相比, PA6/m-Fe 复合膜的断裂伸长率有所提升, 这表明 SiO₂ 包覆层在一定程度上改善了改性铁粉与 PA6 基体之间的相容性, 从而提高了材料的韧性。

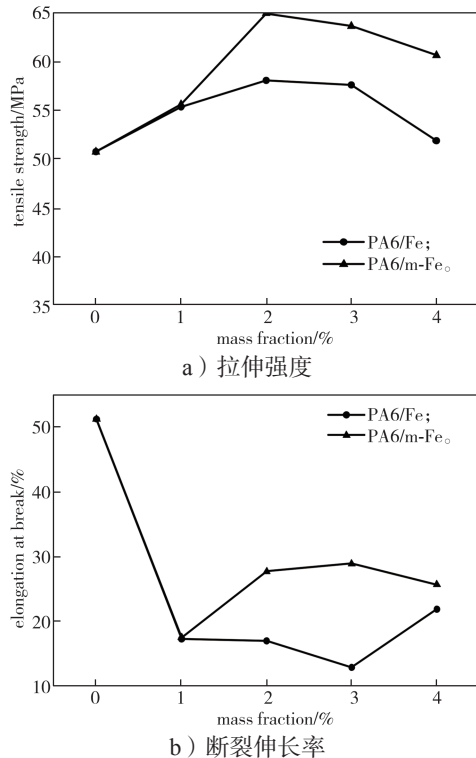


图6 PA6薄膜、PA6/Fe和PA6/m-Fe复合膜的力学性能
Fig. 6 Mechanical properties of PA6 films, PA6/Fe and PA6/m-Fe composite films

3.6 阻氧性能分析

图7是不同含量铁粉和改性铁粉对PA6/Fe与PA6/m-Fe复合膜氧气透过系数的影响。

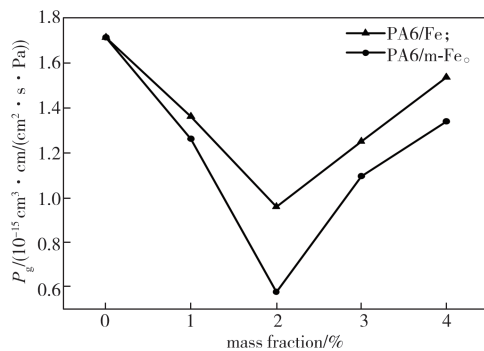


图7 PA6/Fe与PA6/m-Fe复合膜的氧气透过系数与铁粉及改性铁粉含量的关系

Fig. 7 Relationship between oxygen permeability coefficient of PA6/Fe and PA6/m-Fe composite films and iron powder and modified iron powder content

由图7可知, 随着铁粉与改性铁粉含量的增加, 复合膜的氧气透过系数先减小后增加。与PA6薄膜

的 P_g 相比, 在铁粉与改性铁粉的添加质量分数为2%时分别降低了43.2%与66.1%, 此时PA6/Fe与PA6/m-Fe复合膜的阻氧性能达到最好, 这是因为适量的铁粉与改性铁粉在PA6基体中均匀分散, 有效提高了复合膜的结晶度, 且铁粉会与氧气反应形成致密的阻隔层, 从而进一步提高薄膜的阻氧性能。PA6/m-Fe复合膜具有最佳的阻氧性能, 这是由于SiO₂包覆层不仅可以改善改性铁粉在PA6基体中的分散性和相容性, 还有利于阻氧屏障的形成。当添加过量的铁粉时, 由于铁粉的高表面能导致团聚现象加剧, 铁粉在复合膜中的分散性变差, 阻氧性能显著降低。

4 结论

传统的PA6薄膜在阻隔性能上存在一定的不足, 且小袋包装脱氧保鲜剂与食品混装的包装形式也存在易被误食的安全隐患。因此, 本研究在PA6基体中引入铁粉和改性铁粉以此制备了PA6/Fe和PA6/m-Fe复合膜。结果表明, 当添加改性铁粉的质量分数为2%时, PA6/m-Fe复合膜的力学性能和结晶度达到最大值, 且氧气透过系数最小, 此条件下PA6/m-Fe复合膜的力学性能和阻氧性能均得到有效提升。同时, PA6/m-Fe复合膜的综合性能均优于PA6/Fe复合膜。本研究制备的薄膜有望为克服小袋包装脱氧保鲜与食品混装带来的不足提供新的思路。

参考文献:

- [1] 张丽. 双向拉伸尼龙薄膜在包装领域应用分析[J]. 化工技术经济, 2006, 24(1): 25-26, 39.
- [2] TORMOS B, BERMÚDEZ V, BALAGUER A, et al. Compatibility Study of Polyamide (PA6) with Lubricant Bases for Electric Vehicle Applications[J]. Lubricants, 2024, 12(2): 54.
- [3] TOMIAK F, RATHBERGER K, SCHÖFFEL A, et al. Expandable Graphite for Flame Retardant PA6 Applications[J]. Polymers, 2021, 13(16): 2733.
- [4] 梁多平, 严志强, 周姝萌. 尼龙6/粘接聚乙烯/聚乙烯共挤出复合薄膜的研制[J]. 塑料工业, 1998, 26(6): 36-37.
- [5] 崔莉, 叶正涛, 朱平. 尼龙6/粘土与聚乙烯醇共混合物中尼龙6的晶型转变[J]. 高分子材料科学与工程, 2010, 26(8): 42-45.
- [6] 徐强, 郭杰. 尼龙纳米复合材料在包装上应用分析[J]. 化工设计通讯, 2020, 46(9): 43-44.

- [7] 祝爱萍, 麦伟明, 林锡康. 几种食品包装用塑料膜阻透性能比较 [J]. 包装工程, 2018, 39(1): 74-78.
- [8] DURAN A, KAHVE H I. The Effect of Chitosan Coating and Vacuum Packaging on the Microbiological and Chemical Properties of Beef[J]. Meat Science, 2020, 162: 107961.
- [9] 欧红涛, 薛琼, 杨军红, 等. LDPE/m-nZVI 复合膜的制备及性能 [J]. 包装学报, 2024, 16(2): 24-30.
- [10] 晋旭彤, 周俊杰, 张智宏, 等. 聚乙烯醇/纳米零价铁复合膜的制备及性能 [J]. 包装学报, 2023, 15(3): 25-30.
- [11] ZHANG H X, PARK J Y, LEE D E, et al. Fabrication of PA6/MoS₂ Nanocomposites via Melt Blending of PA6 with PA6/PEG Modified-MoS₂ Masterbatch[J]. Polymer Bulletin, 2022, 79(12): 10639-10652.
- [12] XU Q J, LI X H, ZHANG Z J. Preparation of Cu Nanoparticles-Modified PA6 Composites Using CuO as Filler[J]. Journal of the Iranian Chemical Society, 2014, 11(6): 1717-1721.
- [13] SOHANAKI P, AHAMADLOO E, GHAREHAGHAJI A A, et al. Fabrication and Characterization of Three-Layer Nanofibrous Yarn (PA6/PU/PA6)[J]. Polymer Bulletin, 2022, 79(9): 7245-7264.
- [14] FAROOQI Z H, BEGUM R, NASEEM K, et al. Zero Valent Iron Nanoparticles as Sustainable Nanocatalysts for Reduction Reactions[J]. Catalysis Reviews, 2022, 64(2): 286-355.
- [15] MAHFUZ H, HASAN M M, RANGARI V K, et al. Reinforcement of Nylon-6 Filaments with SiO₂ Nanoparticles and Comparison of Young's Modulus with Theoretical Bounds[J]. Macromolecular Materials and Engineering, 2007, 292(4): 437-444.
- [16] XU Y B, SHEN R L, ZOU X F, et al. Synergistic Enhancement of Self-Healing and Abrasion/Corrosion Resistance Properties of Marine Anticorrosion Coatings with SiO₂ Modified PA6 Core Shell Nanofibers[J]. Journal of Coatings Technology and Research, 2025, 22(3): 1049-1064.
- [17] LIU J, YI H L, LIN H, et al. Effects of Functional Group on the Mechanical Properties of PA6/SiO₂ Composites[J]. Polymer Composites, 2014, 35(3): 435-440.
- [18] 周宏建, 高延敏, 刘坤鹏, 等. 纳米二氧化硅包覆云母氧化铁及其对 UV 固化涂料防腐性能的影响 [J]. 中国涂料, 2010, 25(2): 29-32.

(责任编辑: 李涛)

Preparation and Properties of PA6/Modified Iron Powder Composite Films

LIAO Yuyuan, XUE Qiong, YANG Junhong, WANG Kemeng, JIANG Xiaolong, WANG Zihan, WEI Shanshan

(School of Packaging Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: In order to improve the deoxidation efficiency and the safety issues caused by the mixing packaging of small deoxidizer and foods, silica sol was prepared by hydrolyzing ethyl orthosilicate and used to coat the iron powder. The iron powder and modified iron powder were respectively molten-blended with the polyamide 6 (PA6) matrix to prepare composite materials. After hot pressing, they were prepared into PA6/iron powder (PA6/Fe) and PA6/modified iron powder (PA6/m-Fe) composite films. The structure and properties of the composite film were characterized by Fourier transform infrared spectrometer (FTIR), thermogravimetric analyzer (TG), differential scanning calorimeter (DSC), universal tensile tester and gas permeation meter. The results showed that in the two composite systems with iron powder and modified iron powder, the dispersibility of modified iron powder in PA6 was better, but the thermal stability of the PA6/m-Fe composite film decreased. Besides, with the increase in the filler (iron powders and modified iron powders), the tensile strength of the composite film showed a trend of increasing first and then decreasing. Its elongation at break decreased and then slightly increased, but overall, it showed a downward trend. With the filler content at 2%, the tensile strength of the composite film reached the maximum value. Compared with the PA6 film, the tensile strengths of the PA6/Fe and PA6/m-Fe composite films increased by 16% and 28%, respectively. The oxygen (O₂) transmission coefficient of the composite film showed a trend of first decreasing and then increasing. With the filler content at 2%, the O₂ transmission coefficient of the composite film was the smallest. Compared with the PA6 film, the O₂ transmission rate coefficients of the PA6/Fe and PA6/m-Fe composite films decreased by 43.2% and 66.1% respectively. During the crystallization process of the composite films, due to the heterogeneous nucleation effect of the modified iron powder, the internal crystallization behavior was improved, which was conducive to the improvement of the structure and performance of the composite films.

Keywords: nylon 6; modified iron powder; oxygen resistance property; composite film