

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2019.06.007

增韧尼龙 66 的制备及耐低温性能

马小丰^{1,2,3,4}, 金旺^{1,2,3,4}, 刘莉莉^{1,2,3,4}, 李建华^{1,2,3,4}

(1. 开滦煤化工研发中心, 河北唐山 063611; 2. 河北省煤基材料与化学品工程技术研究中心, 河北唐山 063018;
3. 石油和化工行业聚甲醛制备及加工应用工程实验室, 河北唐山 063018; 4. 唐山市工程塑料开发及应用技术创新团队, 河北唐山 063018)

摘要: 以乙烯-辛烯共聚物接枝马来酸酐 (POE-g-MAH)、纳米 TiO_2 作为改性助剂, 通过双螺杆挤出机共混制备增韧尼龙 66 (PA66), 探讨了增韧剂 POE-g-MAH 含量对增韧 PA66 力学性能、热性能、耐低温冲击性能的影响。研究结果显示, 加入 POE-g-MAH 后, PA66 的韧性、耐低温冲击性能得到提高, 且保持了较好的热稳定性。随着增韧剂 POE-g-MAH 含量的提高, 悬臂梁缺口冲击强度和断裂伸长率逐渐增大, 拉伸强度、弯曲强度逐渐减小。当 POE-g-MAH 质量分数为 15% 时, PA66 的韧性得到明显改善; 当质量分数提高至 30% 时, 增韧 PA66 悬臂梁缺口冲击强度和断裂伸长率分别是纯 PA66 的 13.1 倍和 7.1 倍, 且耐低温冲击性能最优, -50°C 下的悬臂梁缺口冲击强度可达 16.1 kJ/m^2 , 为纯 PA66 的 7.7 倍, 此外, 增韧 PA66 具有较好的热稳定性, 其失重 5% 时的温度从纯 PA66 的 381.0°C 提高至 408.3°C 。

关键词: 尼龙 66; 增韧; 力学性能; 耐低温冲击性能

中图分类号: TQ323.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2019)06-0038-05

Preparation and Low Temperature Properties of Toughened Polyamide 66

Ma Xiaofeng^{1, 2, 3, 4}, Jin Wang^{1, 2, 3, 4}, Liu Lili^{1, 2, 3, 4}, Li Jianhua^{1, 2, 3, 4}

(1. Coal Chemical R & D Center of Kailuan Group, Tangshan 063611, China;

2. Hebei Provincial Engineering Technology Research Center of Coal-based Chemicals and Materials, Tangshan 063018, China;

3. Engineering Laboratory of Preparation, Processing and Application of Polyoxymethylene for Petro and Chemical Industries, Tangshan 063018, China;

4. Engineering Plastics Development and Application Technology Innovation Team of Tangshan, Tangshan 063018, China)

Abstract : Using maleic anhydride grafted polyethylene-octene elastomer (POE-g-MAH) and nano- TiO_2 as additives, the toughened polyamide 66 (PA66) were prepared by methods of blending in twin screw extruder, and the effects of toughening agent POE-g-MAH content on the mechanical properties, thermal properties and low temperature impact resistance of toughened PA66 were discussed. The results show that the toughness and low temperature impact resistance of toughened PA66 were improved obviously after adding POE-g-MAH, and the thermal stability of PA66 stays well. With increasing the content of POE-g-MAH, the notched Izod impact strength and elongation at break of PA66 are improved greatly, but the flexural strength and tensile properties are decreased. When the amount of POE-g-MAH added is 15%, the toughness of PA66 is improved obviously. When the content of POE-g-MAH is 30%, the notched Izod impact strength and elongation at break of PA66 are 13.1 and 7.1 times higher than those of pure PA66, respectively, and the low temperature impact resistance is optimal, the notched Izod impact strength can still reach 16.1 kJ/m^2 at -50°C , which is 7.7 times of pure PA66. The 5% decomposition temperature is increased from 381°C to 408.3°C .

Keywords : polyamide 66; toughening; mechanical property; low temperature impact resistance

尼龙 (PA) 具有强度高、刚性好、耐热性和耐蠕变性好、耐油及耐化学药品、耐磨、自润滑等优点^[1-2], 广泛应用于汽车、高铁、电子电器、机械设备、服装、装饰等诸多领域^[3]。但 PA 也存在吸水率高、在

干态和低温下脆性大等缺点^[4-8], 而这些缺陷也极大的限制了它在潮湿、低温等环境下的应用。

因此, 国内外学者针对 PA 增韧改性进行了大量的研究, 通常以乙烯-辛烯共聚物接枝马来酸

通讯作者: 李建华, 高级工程师, 博士在读, 从事聚合物合成、改性及下游应用产品开发研究工作 E-mail: ecljh@kailuan.com.cn

收稿日期: 2019-03-22

引用格式: 马小丰, 金旺, 刘莉莉, 等. 增韧尼龙 66 的制备及耐低温性能 [J]. 工程塑料应用, 2019, 47(6): 38-42.

Ma Xiaofeng, Jin Wang, Liu Lili, et al. Preparation and low temperature properties of toughened polyamide 66[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(6): 38-42.

酞(POE-g-MAH)^[9-10]、三元乙丙橡胶或其接枝物(EPDM-g-MAH)^[11-13]、热塑性聚氨酯(PUR-T)等^[14]作为增韧剂来改善 PA 的韧性、流动性能。李建华等^[15]研究了 POE-g-MAH 对 PA66 / 纳米 TiO₂ 复合材料力学性能及相容性的影响,结果表明, POE-g-MAH 与 PA66 基体有很好的相容性,当 POE-g-MAH 质量分数为 12% 时, PA66 / 纳米 TiO₂ 复合材料的综合性能最佳。刘珊等^[16]采用 POE-g-MAH 分别与纳米 SiO₂ 和纳米 CaCO₃ 复配对 PA66 进行增韧,当 PA66 / POE-g-MAH / 纳米 SiO₂ 三元共混体系的质量比为 100 / 30 / 0.1 时,复合材料的缺口冲击强度是纯 PA66 的 10.9 倍,当 PA66 / POE-g-MAH / 纳米 CaCO₃ 三元共混体系的质量比为 100 / 20 / 1 时,复合材料的缺口冲击强度是纯 PA66 的 3 倍。Guo Yunxia 等^[17]将 POE-g-MAH 加入至 PA11 / POE 共混物中,共混物的结晶速率显著降低,球晶尺寸显著减小。林爱琴等^[9]用 POE-g-MAH, PP 对 PA66 进行改性,当 PP 质量分数为 8%, POE-g-MAH 质量分数为 15% 时,共混材料的简支梁缺口冲击强度为 11.09 kJ/m²,是纯 PA66 的 397.5%。党海春等^[14]用 PUR-T 对 PA66 进行共混改性,加入 PUR-T 后,共混材料的拉伸强度无明显下降,而缺口冲击强度和断裂伸长率均有显著提高,当 PUR-T 质量分数为 5% 时,其缺口冲击强度由 4.83 kJ/m² 增至 9.69 kJ/m²,断裂伸长率由 30% 增至 105%,且结晶度由 75.9% 降至 30.9%。然而,现有文献针对增韧 PA66 耐低温性能的研究较少,徐宁^[18]以 POE / EPDM-g-MAH 增韧改性 PA66,改性 PA66 在低温和常温下都有较好的增韧效果。

笔者以 POE-g-MAH 为增韧剂制备了耐低温冲击的增韧 PA66,考察了增韧剂含量对 PA66 力学性能和热稳定性的影响,通过对低温缺口冲击强度的分析,评价了材料的耐低温性能。

1 实验部分

1.1 主要原料

PA66 : A3K,德国巴斯夫公司;

POE-g-MAH : SWR-3F1,沈阳四维高聚物塑胶有限公司;

纳米 TiO₂ : 杭州万景新材料有限公司;

抗氧剂: 168, 1098, 德国巴斯夫公司。

1.2 主要仪器与设备

注塑机: MA2000II 型,海天塑机集团有限公司;

电热式真空干燥箱: ZK1S 型,天津中环实验电

炉有限公司;

双螺杆挤出机: SHJ-30 型,天华化工机械及自动化研究设计院有限公司;

万能材料试验机: 5966 型,美国 INSTRON 公司;

摆锤式冲击试验机: ZBC7750-B 型,美特斯工业系统(中国)有限公司;

切口机: 6898 型,意大利 CEAST 公司;

高低温箱: BG / TH-50 型,上海广品试验设备制造有限公司;

热重(TG)分析仪: TGA4000 型,美国 PE 公司。

1.3 样品制备

将 PA66 置于 105℃ 烘箱内干燥 10 h。设定样品的总质量分数为 100%。分别将干燥后的适量 PA66 与增韧剂 POE-g-MAH (质量分数分别为 10%, 15%, 25%, 30%) 和质量分数 0.2% 的抗氧剂 168, 0.1% 的抗氧剂 1098, 1.5% 的纳米 TiO₂ 混合均匀,通过双螺杆挤出机熔融共混、造粒后得到耐低温增韧 PA66,样品分别命名为 1[#], 2[#], 3[#], 4[#]。挤出工艺参数: 加工温度为 230 ~ 260℃,料温为 256 ~ 260℃,螺杆转速为 120 ~ 150 r/min,主喂料转速为 10 ~ 15 r/min,真空压力为 -0.09 MPa; 注塑工艺参数: 注塑温度为 240 ~ 275℃,注塑压力为 4.5 ~ 6.0 MPa,注射速度为 40 ~ 55 mm/s。

1.4 性能测试与表征

拉伸性能按 GB / T 1040.2-2006 测试,试样尺寸为 170 mm × 10 mm × 4 mm,测试速率为 50 mm/min,测试温度为常温。

弯曲性能按 GB / T 9341-2008 测试,试样尺寸为 80 mm × 10 mm × 4 mm,测试速率为 2 mm/min,试样支点跨度为 64 mm,测试温度为常温。

悬臂梁缺口冲击强度按 GB / T 1843-2008 进行测试,测试温度为常温和低温(将切口后的冲击样品放置于低温试验箱中,在设定的温度下放置一定时间,取出后测试),A 型缺口,缺口底部半径为 (0.25 ± 0.05) mm,摆锤能量为 2.75 J,试样尺寸为 80 mm × 10 mm × 4 mm。

TG 分析: 取样品约 10 mg,先在 80℃ 烘箱中干燥 4 h,然后在氮气气氛下,以 10.0℃ / min 的升温速率从 50℃ 加热至 700℃,记录样品的 TG 曲线。

2 结果与讨论

2.1 常温力学性能分析

常温下加入不同质量分数 POE-g-MAH 时 PA66 的力学性能如图 1 所示。

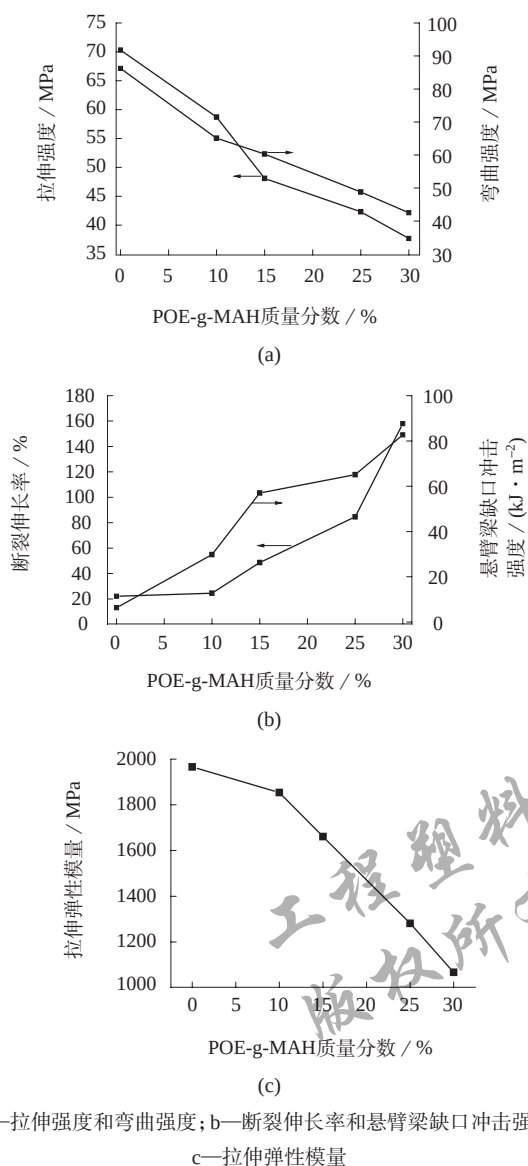


图1 常温下不同质量分数 POE-g-MAH 时 PA66 的力学性能

从图 1a、图 1b 可以看出,随着增韧剂 POE-g-MAH 含量的提高,PA66 的拉伸强度、弯曲强度逐渐降低,而悬臂梁缺口冲击强度和断裂伸长率逐渐提高,当 POE-g-MAH 质量分数达到 15% 时,PA66 的韧性得到明显改善,缺口冲击强度由纯 PA66 的 6.3 kJ/m^2 提高至 57.0 kJ/m^2 ,断裂伸长率由纯 PA66 的 22.1% 提高至 48.6%;当 POE-g-MAH 质量分数为 30% 时,缺口冲击强度和断裂伸长率分别为 82.7 kJ/m^2 和 157.9%,是纯 PA66 的 13.1 倍和 7.1 倍,说明加入 POE-g-MAH 后 PA66 的韧性得到了大幅提升。POE-g-MAH 的增韧机理符合银纹-剪切带理论,POE 分散在连续相 PA66 基体中形成“海-岛”结构,当受到外部冲击应力时,可引发大量银纹和剪切带,吸收冲击能量,减小 PA66 基体

所受应力,所产生的银纹沿应力平面发展,当再次遇到 POE 粒子时,银纹可被支化,进一步增加银纹的数量,从而增加对能量的吸收,使复合材料体现为韧性破坏^[19]。从图 1c 可以看出,增韧 PA66 的拉伸弹性模量随着 POE-g-MAH 含量的增加逐渐降低,当 POE-g-MAH 质量分数为 30% 时,拉伸弹性模量由纯 PA66 的 1966 MPa 降为 1067 MPa。

图 2 为常温下不同质量分数的 POE-g-MAH 增韧 PA66 样品拉伸断裂后的状态,从图 2 可以看出,随着增韧剂含量的增加,拉伸所产生的细颈逐渐变细、变长,进一步说明 PA66 材料的刚性减小、韧性提高。

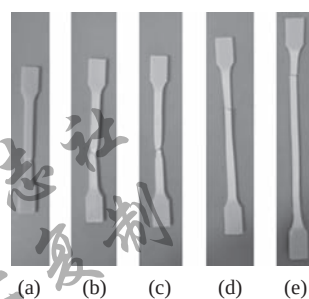


图2 常温下不同质量分数 POE-g-MAH 增韧 PA66 样品拉伸断裂后的状态

2.2 耐低温冲击韧性分析

将 4# 样品放置于 -40°C 的低温试验箱内,考察 4# 样品的耐低温冲击韧性。不同冷冻时间下,4# 样品的悬臂梁缺口冲击强度的变化情况如图 3 所示。

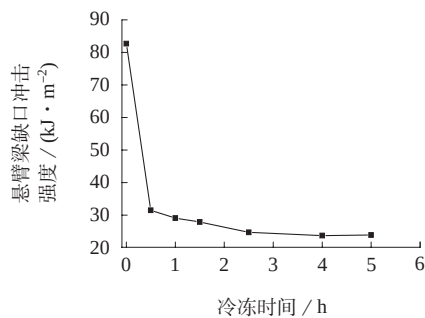


图3 不同冷冻时间下 4# 样品的悬臂梁缺口冲击强度 (-40°C)

由图 3 可以看出,将 4# 样品在 -40°C 低温下放置 0.5 h,其缺口冲击强度即出现明显降低,由常温下的 82.7 kJ/m^2 降低至 31.5 kJ/m^2 ;随着冷冻时间的延长,缺口冲击强度继续减小,放置 4 h 后降至 23.7 kJ/m^2 ;当时间延长至 5 h 时,缺口冲击强度并未继续降低,说明冷冻 4 h 后 4# 样品的耐低温韧性达到一个稳定状态。

在冷冻 4 h 条件下,增韧 PA66 的耐低温冲击

性能列于表 1。从表 1 可以看出,当温度降至 -20°C 时,纯 PA66 的缺口冲击强度从常温下的 6.3 kJ/m^2 降至 3.8 kJ/m^2 ,随着温度降低,缺口冲击强度继续减小, -50°C 下的缺口冲击强度降至 2.1 kJ/m^2 ,仅为室温下的 33.3%,说明此温度下 PA66 出现了明显的脆化。这是因为随着温度降低,聚合物分子链的活动性变小,由链段运动变为链节运动,使 PA66 的弹性和韧性减弱,性脆易折,因此温度降至 -50°C 时,材料的缺口冲击强度出现大幅降低,严重影响了材料的低温使用性能。而加入 POE-g-MAH 后,各样品的缺口冲击强度虽然低于常温状态,均出现明显降低,但是较纯 PA66 均有较大提高。在 -50°C 条件下,2[#],3[#] 样品的缺口冲击强度相近,4[#] 样品的缺口冲击强度最优,达到 16.1 kJ/m^2 ,为纯 PA66 的 7.7 倍,仍保持良好的韧性。这是因为 POE-g-MAH 本身具有优异的耐低温性能,降低了 PA66 材料的脆-韧转变温度,改善了材料的低温力学性能。

表 1 冷冻 4 h 条件下增韧 PA66 的悬臂梁缺口冲击强度 kJ/m^2

样品 编号	冷冻温度 / $^{\circ}\text{C}$				
	室温	-20	-30	-40	-50
纯 PA66	6.3	3.8	3.4	2.9	2.1
1 [#]	29.8	14.3	12.6	11.3	8.7
2 [#]	57.0	18.2	14.6	14.1	12.9
3 [#]	65.1	22.2	19.5	18.9	13.4
4 [#]	82.7	33.2	24.9	23.7	16.1

2.3 TG 分析

增韧 PA66 的 TG 曲线如图 4 所示,相关数据列于表 2。

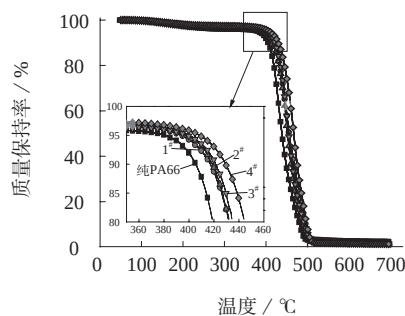


图 4 增韧 PA66 的 TG 曲线

表 2 增韧 PA66 的 TG 数据 $^{\circ}\text{C}$

样品编号	失重 5% 温度	失重 10% 温度	失重 50% 温度
纯 PA66	381.0	405.3	438.3
1 [#]	393.6	417.0	455.5
2 [#]	399.6	418.8	452.2
3 [#]	398.3	421.2	454.7
4 [#]	408.3	429.3	466.7

从图 4 和表 2 可以看出,纯 PA66 失重 5%, 10%, 50% 的温度分别为 $381.0, 405.3, 438.3^{\circ}\text{C}$ 。随着 POE-g-MAH 的加入,增韧 PA66 的分解温度有

所提高,当 POE-g-MAH 质量分数为 30% 时,失重 5%, 10%, 50% 的温度分别为 $408.3, 429.3, 466.7^{\circ}\text{C}$ 。说明 POE-g-MAH 增韧 PA66 材料的低温韧性得到大幅提升的同时,还具有良好的热稳定性。

3 结论

(1) 随着增韧剂 POE-g-MAH 含量的提高,增韧 PA66 的缺口冲击强度和断裂伸长率逐渐增大,当 POE-g-MAH 质量分数为 15% 时,增韧 PA66 的韧性得到明显改善;当质量分数为 30% 时,增韧 PA66 的缺口冲击强度和断裂伸长率分别是纯 PA66 的 13.1 倍和 7.1 倍。

(2) 低温下纯 PA66 的缺口冲击强度出现大幅下降, -50°C 时仅为 2.1 kJ/m^2 ,是室温下的 33.3%;加入 POE-g-MAH 后,增韧 PA66 的耐低温冲击性能得到明显改善,当 POE-g-MAH 质量分数为 30% 时,增韧 PA66 (4[#] 样品) 的耐低温冲击性能最优, -50°C 下的缺口冲击强度达到 16.1 kJ/m^2 ,为纯 PA66 的 7.7 倍。

(3) 当 POE-g-MAH 质量分数为 30% 时,增韧 PA66 失重 5% 的温度由纯 PA66 的 381.0°C 提高至 408.3°C ,说明增韧 PA66 具有良好的热稳定性。

参考文献

- [1] 赖诗齐,邹晓轩,阳路求,等.高韧高强聚酮/聚酰胺 66 共混物的制备与性能研究[J].中国塑料,2018,32(09):49-52.
Lai Shiqi, Zou Xiaoxuan, Yang Luqiu, et al. Preparation and properties of high-toughness and high-strength polyketone/polyamide 66 blends[J]. China Plastics, 2018, 32(9):49-52.
- [2] 李跃文.玻璃纤维增强尼龙 66 改性研究进展[J].玻璃钢/复合材料,2017(3):96-100.
Li Yuewen. Advane of improvement research of glass fiber reinforced polyamide 66[J]. Fiber Reinforced Plastics / Composites, 2017(3):96-100.
- [3] 董建勋,何泽涵,杨光杰,等.我国尼龙 6 和尼龙 66 发展研究[J].能源与环保,2018,40(6):162-164.
Dong Jianxun, He Zehan, Yang Guangjie, et al. Study on development of nylon 6 and nylon 66 in China[J]. China Energy and Environmental Protection, 2018, 40(6):162-164.
- [4] 曹凯凯,伍威,甘顺昌,等. PA6-PA6T / 6I 合金的制备及性能[J].工程塑料应用,2018,46(8):7-11.
Cao Kaikai, Wu Wei, Gan Shunchang, et al. Preparation and properties of nylon 6-nylon 6T / 6I alloys[J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46(8):7-11.
- [5] 李晖,魏莉萍,王湘明,等.吸水率对尼龙 66 力学性能的影响研究[J].工程塑料应用,2008,36(8):64-67.
Li Hui, Wei Liping, Wang Xiangming, et al. Investgation on the influences of water absorption to the mechanical properties of nylon

- 66 materials[J]. Engineering Plastics Application, 2008, 36(8):64-67.
- [6] 蔡凡一, 薛健, 周柏杰, 等. 吸水性对中压绝缘用尼龙 66 电气性能的影响[J]. 工程塑料应用, 2015, 43(11):87-90.
- Cai Fanyi, Xue Jian, Zhou Baijie, et al. Influence of moisture on electrical properties of medium voltage insulation nylon 66 [J]. Engineering Plastics Application, 2015, 43(11):87-90.
- [7] 宁冲冲, 崔益华, 吴银财, 等. 降低尼龙制品吸水率的研究进展[J]. 塑料科技, 2013, 41(1):105-109.
- Ning Chongchong, Cui Yihua, Wu Yincui, et al. Research progress of lowering moisture absorption for nylon products[J]. Plastics Science and Technology, 2013, 41(1):105-109.
- [8] 李广成. 聚酰胺低温增韧剂的制备和应用的研究[D]. 沈阳: 辽宁大学, 2018.
- Li Guangcheng. Study on preparation and application of low temperature toughening agent of polyamide[D]. Shenyang: Liaoning University, 2018.
- [9] 林爱琴, 林渊智, 罗建辉. PP/POE/POE-g-MAH 对尼龙 66 的增韧改性研究[J]. 江汉大学学报: 自然科学版, 2018, 46(3):225-230.
- Lin Aiqin, Lin Yuanzhi, Luo Jianhui. Toughening modification of nylon 66 by PP/POE/POE-g-MAH[J]. Journal of Jianghan University: Natural Science Edition, 2018, 46(3):225-230.
- [10] 王小黎, 汤炜, 王克俭. POE-g-MAH 对 PA66 共混体系性能的影响[J]. 宇航材料工艺, 2013, 43(1):72-77.
- Wang Xiaoli, Tang Wei, Wang Kejian. Effect of POE-g-MAH on properties of PA66 blends[J]. Aerospace Materials & Technology, 2013(1):72-77.
- [11] 张伟, 吴玉成, 孙圳. 高流动性增韧尼龙 66 材料的研究[J]. 塑料工业, 2017, 45(6):36-38.
- Zhang Wei, Wu Yucheng, Sun Zhen. Study on toughened nylon 66 with high flowability[J]. China Plastics Industry, 2017, 45(6):36-38.
- [12] 李姝喆, 王伟, 夏浙安, 等. 增韧剂对尼龙 6 / 碳纤维复合材料性能的影响[J]. 功能高分子学报, 2018, 31(6):595-601.
- Li Shuzhe, Wang Wei, Xia Zhean, et al. Influence of flexibilizers on the properties of polyamide 6 / carbon fiber composites[J]. Journal of Functional Polymers, 2018, 31(6):595-601.
- [13] 郑夏莲, 马元好, 张小姣. 增韧增强尼龙材料的研制[J]. 现代工业经济和信息化, 2018, 8 (15):18-21.
- Zheng Xialian, Ma Yuanhao, Zhang Xiaojiao. Development of super-toughness reinforced nylon material [J]. Modern Industrial Economy and Informationization, 2018, 8(15):18-21.
- [14] 党海春, 王建业, 李振中. TPU 增韧 PA66 共混材料的制备及其结晶性能[J]. 塑料科技, 2018, 46(08):24-28.
- Dang Haichun, Wang Jianye, Li Zhenzhong. Preparation and crystallization properties of PA66 toughened by TPU[J]. Plastics Science and Technology, 2018, 46(8):24-28.
- [15] 李建华, 杨帆, 桑晓明. POE-g-MAH 对 PA66 / 纳米 TiO₂ 复合材料力学性能及相容性的影响[J]. 工程塑料应用, 2015, 43(4):114-118.
- Li Jianhua, Yang Fan, Sang Xiaoming. Effect of POE-g-MAH on mechanical properties and compatibility of PA66 / Nano-TiO₂ composites[J]. Engineering Plastics Application, 2015, 43(4):114-118.
- [16] 刘珊, 王国全, 曾晓飞, 等. 无机纳米粒子 / PA66 / POE-g-MAH 复合材料研究[J]. 塑料工业, 2010, 38(1):29-31, 35.
- Liu Shan, Wang Guoquan, Zeng Xiaofei, et al. Study on inorganic nano-particles / PA66 / POE-g-MAH composites[J]. China Plastics Industry, 2010, 38(1):29-31, 35.
- [17] 郭云霞, 胡国生, 王智强, 等. 等温结晶动力学和熔体行为 POE-g-MAH compatibilized PA11 / POE 共混体系[J]. 武汉大学学报: 工学版, 2012, 27(4):702-707.
- Guo Yunxia, Hu Guosheng, Wang Zhiqiang, et al. Isothermal crystallization kinetics and melting behavior of POE-g-MAH compatibilized PA11 / POE blends[J]. Journal of Wuhan University of Technology: Materials Science Edition, 2012, 27(4):702-707.
- [18] 徐宁. 聚酰胺 66 (PA66) 的低温增韧改性研究[D]. 沈阳: 辽宁大学, 2016.
- Xu Ning. Study on low temperature toughening of polyamide 66 (PA66)[D]. Shenyang: Liaoning University, 2016.
- [19] 王鉴, 李延涛, 于春江, 等. 热塑性弹性体 POE 的应用研究进展[J]. 塑料科技, 2014, 42(5):118-122.
- Wang Jian, Li Yantao, Yu Chunjiang, et al. Research progress in application of thermoplastic elastomer POE[J]. Plastics Science and Technology, 2014, 42(5):118-122.

欢迎订阅 2019 年《工程塑料应用》、《化学分析计量》杂志

邮发代号 24-42, 24-138 全国各地邮局均可订阅

欢迎广大读者到当地邮政局(所)订阅 2019 年《工程塑料应用》、《化学分析计量》杂志, 订阅杂志及合订本光盘及过期刊物的读者可直接向杂志社办理订阅。《工程塑料应用》为月刊, 大 16 开本, 每月 10 日出版, 2019 年定价 20 元 / 期, 全年 240 元。《化学分析计量》为双月刊, 大 16 开本, 单月 20 日出版, 2019 年定价 20 元 / 期, 全年 120 元。

电话: (0531)85878223 85878057 传真: (0531)85947355

本刊唯一官方投稿网址: www.epa1973.net