

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2018.05.007

组分对 PA6 / PP / 滑石粉三元复合材料的影响

陈晓东, 陈光伟

(上海日之升科技有限公司, 上海 201107)

摘要: 通过双螺杆挤出制备了尼龙6 (PA6) / 聚丙烯 (PP) / 滑石粉三元复合材料, 考察不同 PA6、PP 及滑石粉和增容剂种类及含量对 PA6 / PP / 滑石粉三元复合材料力学性能的影响。结果表明, 中黏度 (2.4~2.7 Pa·s) PA6、聚乙烯 (PE) 含量达到 7%~9% 的嵌段共聚 PP 及粒径为 2~5 μm 的滑石粉制备的 PA / PP / 滑石粉三元复合材料具有优异的力学性能; 随着 PA6 含量增加, PA6 / PP / 滑石粉三元复合材料的拉伸、弯曲强度增加, 吸水率上升, PP 含量增加, PA6 / PP / 滑石粉三元复合材料吸水率下降, 拉伸强度和弯曲强度也下降; 滑石粉的粒径越大, PA6 / PP / 滑石粉三元复合材料的刚性越好, 冲击强度越差, 滑石粉的粒径越小, 则容易团聚, 三元复合材料形成应力集中点; 增容剂马来酸酐接枝乙烯-醋酸乙烯酯共聚物 (EVAC-g-MAH) 和马来酸酐接枝三元乙丙橡胶 (EPDM-g-MAH) 复配对 PA6 / PP / 滑石粉三元复合材料增容效果优于马来酸酐接枝聚丙烯 (PP-g-MAH) 或 EPDM-g-MAH; 当 EVAC-g-MAH 和 EPDM-g-MAH 添加量各为 5%, PA6 / PP / 滑石粉质量比为 50 / 20 / 20 时, 制备出的 PA6 / PP / 滑石粉三元复合材料具有较佳的力学性能, 并有优异的加工性能, 其缺口冲击强度可达 6.6 kJ/m^2 。

关键词: 尼龙6 / 聚丙烯 / 滑石粉三元复合材料; 冲击强度; 马来酸酐接枝三元乙丙橡胶; 马来酸酐接枝乙烯-醋酸乙烯酯共聚物; 相容性

中图分类号: TQ327

文献标识码: A

文章编号: 1001-3539(2018)05-0033-05

Effect of Composition on PA6 / PP / Talc Composite

Chen Xiaodong, Chen Guangwei

(Shanghai Sunny Technology Co., Ltd., Shanghai 201107, China)

Abstract: Polyamide 6 (PA6) / polypropylene (PP) / talc composite materials were prepared through double screw extrusion. The influence of different PA6, PP, talc and compatilizer types and their contents on mechanical properties of PA6 / PP / talc composites were investigated. The results show that the PA6 / PP / talc composites have excellent mechanical properties which are prepared by the medium viscosity (2.4-2.7 Pa·s) polyamide 6 and polyethylene (PE) contents reach 7%-9% of block polypropylene and talc particle size are 2-5 μm . With PA6 contents increase, the tensile strength and flexural strength of PA6 / PP / talc composites increase, water porption increase too. As PP contents is added, the composite's water porption is improved, however the composite's tensile strength and flexural strength reduce. The rigidity of PA6 / PP / talc composites increase with the larger particle size of the talc, but the impact strength of PA6 / PP / talc composites deteriorate. If talc particle size is too small, talcum powder in composites are easy to reunite and the stress concentration points have formed. Compatibilization effect on PA6 / PP / talc composites of compatilizer ethylene vinyl acetate copolymer (EVAC) grafted with maleic anhydride (EVAC-g-MAH) mixed with ethylene propylene terpolymer grafted with maleic anhydride (EPDM-g-MAH) is better than that of PP-g-MAH or EPDM-g-MAH. PA6 / PP / talc composites which are produced by PP-g-MAH and EPDM-g-MAH contents is 5%, PA6 / PP / talc powder mass ratio is 50 / 20 / 20, have the best properties and the excellent processing performance, the notched impact strength reach up to 6.6 kJ/m^2 .

Keywords: PA6 / PP / talc composite material; impact strength; ethylene propylene terpolymer grafted with maleic anhydride; ethylene vinyl acetate copolymer grafted with maleic anhydride; compatibility

尼龙6 (PA6) 因自身含有—CO—NH—基团, 使其具有优良的力学性能、耐磨性、耐化学品性及加工

性能^[1]。但 PA6 分子链中含有亲水的酰胺基团, 导致其吸水率大、低温冲击强度低、尺寸不稳定等缺

通讯作者: 陈光伟, 工程师, 主要从事 PA, PP, ABS 等材料的改性研究 E-mail: chenguangwei@shsunny.com

收稿日期: 2018-02-28

引用格式: 陈晓东, 陈光伟. 组分对 PA6 / PP / 滑石粉三元复合材料的影响 [J]. 工程塑料应用, 2018, 46(5): 33-37.

Chen Xiaodong, Chen Guangwei. Effect of composition on PA6 / PP / talc composite[J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46(5): 33-37.

点,限制了PA6应用领域^[2]。聚丙烯(PP)是目前发展速度最快的通用塑料之一,它具有成本低、耐化学性好,耐应力开裂、低吸水率及易加工等特点,但PP的收缩率大、耐磨性差、耐候性差、低温发脆且不易染色,因此,通常要对PP进行改性开发^[3-5]。将PA6与PP共混挤出,可获得性能互补的PA6/PP合金,PP的加入可以降低PA6的吸水率及材料成本,且对PA6的力学性能及耐热性影响较小。但PA6和PP因溶解度参数差异较大,导致两者的相容性较差,通常使用界面增容剂来改善PA6/PP合金材料的界面相容问题^[6-10],在一些性能和尺寸要求高的场合,也会通过填充矿物至PA6/PP合金材料中进行改善^[11-12]。

笔者研究了不同PA6,PP及滑石粉和增容剂的种类和含量对PA6/PP/滑石粉三元复合材料性能的影响,制备出性能优良的PA6/PP/滑石粉三元复合材料。

1 实验部分

1.1 主要原材料

PA6 1[#]:黏度 2.4~2.7 Pa·s,江苏瑞美福公司;

PA6 2[#]:黏度 3.2~3.4 Pa·s,巴陵石化公司;

PP 1[#]:K7926,PE含量8%,赛科石化公司;

PP 2[#]:K8003,PE含量11%,赛科石化公司;

PP 3[#]:HJ730,PE含量小于1%,韩华道达尔公司;

滑石粉 1[#]:粒径 5 μm,长兴晨明化工有限公司;

公司;

滑石粉 2[#]:粒径 2.6 μm,辽宁海城市致诚粉体制造有限公司;

滑石粉 3[#]:粒径 10 μm,辽宁海城市致诚粉体制造有限公司;

乙烯-乙酸乙烯酯共聚物接枝马来酸酐(EVAC-g-MAH):佳易容增容剂江苏有限公司;

三元乙丙橡胶接枝马来酸酐(EPDM-g-MAH):佳易容增容剂江苏有限公司;

马来酸酐接枝聚丙烯(PP-g-MAH):佳易容增容剂江苏有限公司。

1.2 主要设备及仪器

双螺杆挤出机:SHJ-36型,南京诚盟化工机械有限公司;

注塑机:HTF80X1型,宁波海天股份有限公司;

万能电子拉力试验机:CMT6104型,深圳新三思集团公司;

悬臂梁冲击试验仪:XJV5.5型,承德市金建检

测仪器有限公司;

水分测定仪:MF-50型,日本AND公司;

扫描电子显微镜(SEM):S-4800型,日本HITACHI公司。

1.3 试样制备

将干燥好的PA6,PP及滑石粉和增容剂等按一定比例混合均匀后,从主喂料口加入,在挤出温度220℃、螺杆转速240~280 r/min条件下挤出造粒。所得粒料在100℃烘箱中烘4 h后,注塑机注塑标准样条。

1.4 性能测试

SEM分析:室温下的缺口冲击断面喷金后用SEM观察断面形态;

拉伸性能:按照ISO 527-2012标准测试,拉伸速度5 mm/min;

弯曲性能:按照ISO 178-2010标准测试,弯曲速度2 mm/min;

冲击性能:按照ISO 179-2010标准测试;

维卡软化点:按照ISO 306-2013标准测试;

热变形温度:1.82 MPa,120℃/h,按照ISO 75-2-2013标准测试;

吸水率:按照ISO 62-2008标准测试。

2 结果与讨论

2.1 PA6含量及种类对PA6/PP/滑石粉三元复合材料性能影响

表1为不同PA6含量及种类的PA6/PP/滑石粉配方。表2为不同PA6含量及种类的PA6/PP/滑石粉三元复合材料性能。从表2实验结果可以看出,随着PA6含量的提高,PA6/PP/滑石粉复合材料拉伸及弯曲强度逐渐上升,吸水率也随着不断提高,但增容剂的加入减缓吸水率上升速度,这是因为增容剂中马来酸酐基团与PA6中的酰胺基相互作用,降低三元复合材料中酰胺基密度,减少水分的吸收,且增容剂的加入可以改善PA6与PP的界面作用,阻碍水分的迁移吸收^[13];结果显示,黏度2.4~2.7 Pa·s的PA6制备三元复合材料性能优于黏度3.2~3.4 Pa·s的PA6所制备的,因为PA6和PP是两种难相容的材料,倘若两相之前的黏度差很大的话,在挤出共混的过程中会造成两相分离的现象,虽在加工过程中有增容剂来产生增容的效果,但无法完全消除因黏度差产生的分层现象,故中黏度2.4~2.7 Pa·s的PA6制备的三元复合材料性能更佳。

表 1 不同 PA6 含量及种类的 PA6/PP/滑石粉配方 份

试样编号	PA6 1 [#]	PA6 2 [#]	PP 1 [#]	滑石粉 1 [#]	EPDM-g-MAH	EVAC-g-MAH
1 [#]	30		40	20	5	5
2 [#]	50		20	20	5	5
3 [#]	60		10	20	5	5
4 [#]		50	20	20	5	5
5 [#]	60		20	20		

表 2 不同 PA6 含量及种类的 PA6/PP/滑石粉三元复合材料性能

项目	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]
拉伸强度 /MPa	35.6	49.4	53.1	41.8	38.6
弯曲强度 /MPa	53.4	70.9	72.8	60.4	50.9
弯曲弹性模量 /MPa	22462.7	3241.6	3528.9	2827.2	2382.1
简支梁缺口冲击强度 / $(\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2})$	6.21	6.63	5.62	5.16	3.05
平衡吸水率 /%	0.6	0.75	0.85	0.84	1.20
热变形温度 /℃	60.3	64.9	67.8	63.7	59.2

2.2 PP 种类及含量对 PA6/PP/滑石粉三元复合材料性能影响

表 3 为不同 PP 种类和含量的 PA6/PP/滑石粉配方。表 4 为不同 PP 含量及种类的 PA6/PP/滑石粉三元复合材料性能。

表 3 不同 PP 种类和含量的 PA6/PP/滑石粉配方 份

试样编号	PP 1 [#]	PP 2 [#]	PP 3 [#]	PA6 1 [#]	滑石粉 1 [#]	EVAC-g-MAH	EPDM-g-MAH
1 [#]	20			50	20	5	5
2 [#]		20		50	20	5	5
3 [#]			20	50	20	5	5
4 [#]	65			5	20	5	5

表 4 不同 PP 含量及种类的 PA6/PP/滑石粉三元复合材料性能

项目	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]
拉伸强度 /MPa	49.4	43.7	52.8	32.1
弯曲强度 /MPa	70.9	62.9	72.3	46.7
弯曲弹性模量 /MPa	3241.6	2913.5	3322.6	2265.8
简支梁缺口冲击强度 / $(\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2})$	6.63	7.21	4.63	3.54
平衡吸水率 /%	0.75	0.72	0.78	0.26
热变形温度 /℃	64.9	58.4	66.1	52.0

根据表 3 及表 4 可以看出, PP 的种类对 PA6/PP/滑石粉三元复合材料的力学性能影响很大, PE 含量越高,会降低三元复合材料的拉伸强度及弯曲强度,热变形温度也会下降,但冲击强度会上升;PE 含量越低, PA6/PP/滑石粉三元复合材料的刚性会上升,热变形温度也会提高,但冲击强度下降明显;这是因为 PP 中的 PE 分子链加工柔性较好,刚性较差,影响 PP 材料的刚性和冲击性能;但 PP 种类对 PA6/PP/滑石粉复合材料的吸水率影响不大,故选用合适种类的 PP 可以制备出性能比较优异的 PA6/PP/滑石粉三元复合材料。

2.3 增容剂含量及种类对 PA6/PP/滑石粉三元复合材料性能影响

表 5 为不同增容剂含量及种类的 PA6/PP/滑石粉配方。表 6 为不同增容剂含量及种类的 PA6/PP/滑石粉三元复合材料性能。

表 5 不同增容剂含量及种类的 PA6/PP/滑石粉配方 份

试样编号	PA6 1 [#]	PP 1 [#]	滑石粉 1 [#]	EVACC-g-MAH	EPDM-g-MAH	PP-g-MAH
1 [#]	50	20	20	5	5	
2 [#]	50	20	20	10		
3 [#]	55	20	20	5		
4 [#]	45	20	20	15		
5 [#]	62	35	3		10	
6 [#]	50	20	20			10
7 [#]	50	20	20		5	5
8 [#]	50	20	20	5		5

表 6 不同增容剂含量及种类的 PA6/PP/滑石粉三元复合材料性能

项目	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]	7 [#]	8 [#]
拉伸强度 /MPa	49.4	46.1	52.7	37.5	50.7	51.6	50.9	50.4
弯曲强度 /MPa	70.9	64.5	73.0	58.6	71.8	74.2	72.7	71.6
弯曲弹性模量 /MPa	3241.6	3106.9	3396.2	2865.8	3288.3	3368.4	3314.5	3268.7
简支梁缺口冲击强度 / $(\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2})$	6.63	6.07	3.89	6.92	5.79	4.23	5.19	5.42
平衡吸水率 /%	0.75	0.76	1.04	0.61	0.72	0.71	0.72	0.73
HDT /℃	64.9	62.2	66.5	57.0	66.9	68.4	67.1	65.8

由表 5、表 6 可以看出,增容剂含量及种类对 PA6/PP/滑石粉三元复合材料性能影响明显。当增容剂 EVAC-g-MAH 添加量 5% 时, PA6/PP/滑石粉三元复合材料冲击强度为 3.86 kJ/m^2 ,远低于增容剂 EVAC-g-MAH 添加量 10% 的 6.07 kJ/m^2 ,说明少量的增容剂无法使 PA6/PP 达到完全相容,不相容的 PA6 相与 PP 相出现相分离,导致滑石粉在 PA6/PP 界面处无法完全包覆导致力学性能下降。当增容剂 EVAC-g-MAH 在复合材料中的含量达到 15% 时,复合材料的综合力学性能与增容剂添加量 10% 相差无几,说明增容剂含量达到 10% 时, PA6 与 PP 两相界面间可以很好相容, PP 分散相可以均匀分散于 PA6 基体,若增加增容剂含量对合金冲击性能影响不大,但增容剂 EVAC-g-MAH 含量的增加会在合金体系中自成一相,影响合金材料的相容性,使材料的拉伸和弯曲性能下降。EVAC-g-MAH 因 EVAC 含有极性的酯类基团和有乙烯基团,可以使其在 PA6 和 PP 中都有一定的相容性, EVAC-g-MAH 能细微的分散到 PA6 基体中, EVAC-g-MAH 与 PA6 基体两相间界面模糊^[14],说

明 EVAC-g-MAH 与 PA6 有很好的相容性,可以促进 PP 与 PA6 的相容,也可以促进 PA6/PP 合金对滑石粉的包覆,但因 EVAC-g-MAH 的刚性和耐热性较差,添加量到达一定量后,PA6/PP/滑石粉三元复合材料的力学性能和耐热性呈下降趋势;三元乙丙橡胶 (EPDM) 力学性能比较高,耐低温和耐热性能比较好,EPDM 接枝马来酸酐制备的 EPDM-g-MAH 可以作为增容剂来改善 PA6/PP 合金材料的相容性及力学性能^[15],但因 EPDM-g-MAH 的加工性与 EVAC-g-MAH 和 PP-g-MAH 相比较差,添加量过高会影响合金材料的加工性能;PP-g-MAH 通常作为增容剂来改善 PA6/PP 合金材料的界面相容性,但因 PP 自身结构原因,其韧性与 EVAC 和 EPDM 相比较差,若 PA6/PP/滑石粉三元复合材料要获得较好的刚性和韧性,则无法添加含量较高的 PP-g-MAH。此次实验结果显示:EVAC-g-MAH 与 EPDM-g-MAH 复配不仅具有较好的韧性和刚性,还有很好的加工性能,复配的效果优于 EVAC-g-MAH 与 PP-g-MAH 复配、EPDM-g-MAH 与 PP-g-MAH 复配或单独加入增容剂 EVAC-g-MAH、PP-g-MAH 和 EPDM-g-MAH 的效果。

2.4 滑石粉含量及种类对 PA6/PP/滑石粉三元复合材料性能影响

表 7 为不同滑石粉含量及种类的 PA6/PP/滑石粉配方。表 8 为不同滑石粉含量及种类的 PA6/PP/滑石粉三元复合材料性能。

表 7 不同滑石粉含量及种类的 PA6/PP/滑石粉配方 份

试样 编号	PA6 1 [#]	PP 1 [#]	滑石粉 1 [#]	滑石粉 2 [#]	滑石粉 3 [#]	EPDM- g-MAH	EVAC- g-MAH
1 [#]	50	20	20			5	5
2 [#]	65	20	5			5	5
3 [#]	40	20	30			5	5
4 [#]	50	20		20		5	5
5 [#]	50	20			20	5	5

表 8 不同滑石粉含量及种类的 PA6/PP/滑石粉三元复合材料性能

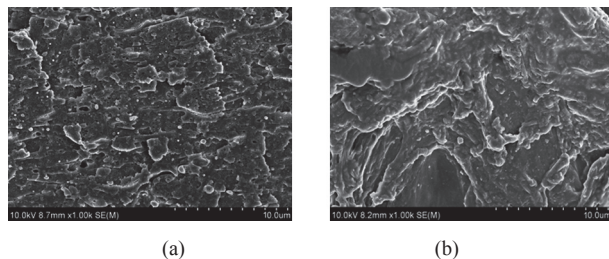
性能指标	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]
拉伸强度 /MPa	49.4	33.4	46.2	50.0	47.6
弯曲强度 /MPa	70.9	60.7	74.0	71.6	72.8
弯曲弹性模量 /MPa	3 241.6	2 154.9	3 043.1	3 289.7	3 305.5
简支梁缺口 冲击强度 / (kJ·m ⁻²)	6.63	7.21	5.24	6.54	5.19
平衡吸水率 /%	0.75	1.08	0.62	0.74	0.77
HDT /℃	64.9	62.7	67.8	65.2	66.1

根据表 7、表 8 可以看出,随着滑石粉含量的提高,PA6/PP/滑石粉复合材料拉伸及弯曲强度逐渐上升,冲击强度逐渐下降,滑石粉填充量超过一定

时,复合材料的力学性能反而下降,这是因为滑石粉超过一定含量时,PA6/PP 合金的树脂基体无法完全包覆住滑石粉,导致 PA6/PP 合金之间的界面性能出现下降,最终性能出现降低。随着滑石粉粒径的上升,滑石粉粉体间的表面缺陷相对较多,导致滑石粉与 PA6/PP 合金之间的界面粘结性能下降,在外力的作用下,会导致裂纹产生,降低复合材料的力学性能。

2.5 SEM 分析

图 1 为 PA6/PP/滑石粉复合材料及 PA6/PP/滑石粉/EVAC-g-MAH/EPDM-g-MAH 合金的 SEM 图。从 SEM 图可以看出,增容剂 EVAC-g-MAH 与 EPDM-g-MAH 复配加入对 PA6/PP/滑石粉三元复合材料的界面有明显改善作用,因为在相同的倍数下,添加 EVAC-g-MAH 与 EPDM-g-MAH 的 PA6/PP/滑石粉三元复合材料的断面更平滑,两相分散更均匀,且没有形成分层结构,滑石粉在 PA6/PP 树脂基体中包覆性更好,三相相容性更好。从图 1 可以看到,在没有增容剂的情况下,滑石粉没有被 PA6/PP 树脂基体包覆,这样情况容易出现应力集中,在外力情况下产生裂纹,导致复合材料的力学性能下降。从 SEM 图可知,添加 EVAC-g-MAH 与 EPDM-g-MAH 增容剂的 PA6/PP/滑石粉有很好的界面相容性,有效的界面相容可以阻碍银纹的生成和抵御一定的变形,良好的界面相容性可以改善 PA6/PP 合金材料对滑石粉的包覆,从而提高材料的力学性能。



a—未加接枝物;b—加入 EVAC-g-MAH/EPDM-g-MAH 后

图 1 PA6/PP/滑石粉复合材料加入接枝物前后 SEM 图

3 结论

(1) 中黏度 (2.4 Pa·S~2.7 Pa·S) PA6 与 PE 含量达到 7%~9% 的嵌段共聚 PP 制备的 PA6/PP/滑石粉三元复合材料有优异的力学性能。

(2) 增容剂 EVAC-g-MAH 和 EPDM-g-MAH 复配对 PA6/PP/滑石粉三元复合材料增容效果优于 PP-g-MAH 或 EPDM-g-MAH。

(3) 当 EVAC-g-MAH 和 EPDM-g-MAH 添加量

各为 5%, PA6/PP/滑石粉质量比为 50/20/20 时,制备出的 PA6/PP/滑石粉三元复合材料具有比较佳的力学性能,并有优异的加工性能,其中缺口冲击强度可达 6.6 kJ/m^2 。

参考文献

- [1] 邓如生,魏运生,陈步宁.聚酰胺树脂及其应用[M].北京:化学工业出版社,2002.
- Deng Rusheng, Wei Yunsheng, Chen Buning. Polyamide resin and its application[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2002.
- [2] 罗毅.改性尼龙 6 工程塑料的现状和发展趋势[J].中国塑料,1998,12(5):9-15.
- Luo Yi. Current status and development trends of modified nylon 6 engineering plastics[J]. China Plastics, 1998, 12(5):9-15.
- [3] 曹福志.高抗冲改性聚丙烯树脂的研究[J].合成树脂及塑料,1991(2):1-3.
- Cao Fuzhi. The study of high impact-resistant polypropylene resin[J]. China Synthetic Resin and Plastics, 1991(2):1-3.
- [4] 胡帅领,白时兵,王琪,等.玻纤增强共聚丙烯高性能化的研究[J].塑料工业,2011,39(3):56-59.
- Hu Shuailing, Bai Shibing, Wang Qi, et al. Study of glass fiber reinforcing PPR copolymer with high performance[J]. China Plastics Industry, 2011, 39(3):56-59.
- [5] 王少会,刘佩珍,徐卫兵,等.超分散剂改性滑石粉填充 PP 复合材料的性能研究[J].塑料工业,2008,36(1):53-56.
- Wang Shaohui, Liu Peizhen, Xu Weibing, et al. Study on mechanical and rheological behavior of PP compsite filled with hyper-dispersant modified talc[J]. China Plastics Industry, 2008, 36(1):53-56.
- [6] 黄伯芬,邹修文,王樱.PTW 反应型增容剂对 PA6/PP 合金性能的影响[J].塑料工业,2006,34(12):49-52.
- Huang Bofen, Zou Xiuwen, Wang Ying. Effect of PTW reactive compatibilizer on property of PA6/PP alloy[J]. China Plastics Industry, 2006, 34(12):49-52.
- [7] 杨旭宇,王治国.增容剂对 PA6/PP 合金性能的影响[J].现代塑料加工应用,2013,25(3):43-45.
- Yang Xuyu, Wang Zhiguo. Effect of compatibilizer on properties of PA6/PP alloy[J]. Modern Plastics Processing and Applications, 2013, 25(3):43-45.
- [8] Ide F, Hasegawa A. Studies on polymer blend of nylon 6 and polypropylene or nylon 6 and polystyrene using the reaction of polymer[J]. Journal of Applied Polymer Science, 1974, 18(4):963-974.
- [9] Mazidi M M, Aghjeh M K R. Effects of blend composition and compatibilization on the melt rheology and phase morphology of binary and ternary PP/PA6/EPDM blends[J]. Polymer Bulletin, 2015, 72(8):1975-2000.
- [10] 唐恩柱,杨国兴.用于 PA6/PP 共混体系的改性聚丙烯增容剂研究进展[J].辽宁化工,2011,40(7):720-722.
- Tang Enzhu, Yang Guoxing. Research progress in modified polypropylene compatibilizer for PA6/PP blend system[J]. Liaoning Chemical Industry, 2011, 40(7):720-722.
- [11] 王力,凌学良,郭朝霞,等.滑石粉及混炼顺序对 PA6/PP/MAPP 合金相形态及力学性能的影响[J].高等学校化学学报,2012,33(12):2789-2794.
- Wang li, Ling Xueliang, Guo Zhaoxia, et al. Effects of talcum powder(talc) and compounding sequence on the morphology and mechanical properties of PA6/PP/MAPP Blend[J]. Chemical Journal of Chinese Universities, 2012, 33(12):2789-2794.
- [12] 蒙日亮,伍玉娇,何辉,等.PP/PA6/OMMT 复合材料力学性能与结晶性能的研究[J].塑料科技,2010,38(3):65-69.
- Meng Riliang, Wu Yujiao, He Hui, et al. Research on mechanical properties and crystalline properties of PP/PA6/OMMT composites[J]. China Plastic Technology, 2010, 38(3):65-69.
- [13] 孙莉,钟明强,徐斌.PA6/PP 复合材料吸水性及摩擦磨损性能研究[J].材料工程,2006(z1):95-97.
- Sun Li, Zhong Mingqiang, Xu Bin. Study on the water-absorption and tribological properties of PA6/PP blends[J]. China Materials Engineering, 2006(z1):95-97.
- [14] 孙文奎,周松,马俊辉,等.EVAC-g-MAH 对 CaSO_4 晶须/尼龙 6 复合材料性能的影响[J].复合材料学报,2017(8):1645-1652.
- Sun Wenkui, Zhou Song, Ma Junhui, et al. Effects of EVAC-g-MAH on the properties of CaSO_4 whiskers/nylon6 composites[J]. Acta Materiae Compositae Sinica, 2017, 34(8):1645-1652.
- [15] 魏莉霞.PP/PA11/EPDM-g-MAH 三元复合材料的研究[D].太原:中北大学,2007.
- Wei Lixia. Study of PP/PA11/EPDM-g-MAH composites[D]. Taiyuan: North University of China, 2007.

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.com,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,不要给个人账号汇款,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)