

聚丙烯/改性 SiO₂ 复合材料的制备与性能研究

罗建新, 张春燕*, 刘 勇, 黄亚奥, 陈 维

(湖南工学院材料与化学工程学院, 湖南 衡阳 421002)

摘 要: 用溶胶-凝胶法结合原位反应法制备二氧化硅(SiO₂)、 γ -甲基丙烯酰氧基丙基三甲氧基硅烷(KH570)和油酸(OA)改性 SiO₂ (KH570-SiO₂ 和 OA-SiO₂); 并以 SiO₂ 和改性 SiO₂ 作为填料, 与聚丙烯(PP)共混制备 PP 复合材料。分别研究改性剂类型和 KH570-SiO₂ 用量对 PP 复合材料拉伸性能、弯曲性能、冲击性能、耐热性和结晶性的影响。结果表明, KH570-SiO₂ 对 PP 的填充改性效果相对较好; 当 KH570-SiO₂ 的用量为 4 % 时, PP 复合材料的综合性能最佳; 相比于纯 PP, 其拉伸强度保持不变, 而弹性模量、弯曲强度、弯曲模量和冲击强度分别提高了 46 %、15 %、23 % 和 14 %, 热分解温度和结晶温度均有所提高。

关 键 词: 聚丙烯; 复合材料; 二氧化硅; 表面改性

中图分类号: TQ325.1⁺4

文献标识码: B

文章编号: 1001-9278(2017)10-0049-06

DOI: 10.19491/j.issn.1001-9278.2017.10.009

Preparation and Properties of Polypropylene/Modified SiO₂ Composites

LUO Jianxin, ZHANG Chunyan*, LIU Yong, HUANG Yaao, CHEN Wei

(Department of Materials and Chemical Engineering, Hunan Institute of Technology, Hengyang 421002, China)

Abstract: Surface-modified SiO₂ particles with γ -methacryloxyethyl-propyl trimethoxy silane, a silane coupling agent (KH570), and oleic acid (OA) were in-situ synthesized in a sol-gel process and then were used to prepare polypropylene (PP) composites to enhance their impact toughness. Effects of types of surface modifiers and contents of KH570-modified SiO₂ particles on tensile, flexural and impact properties, as well as heat resistance and crystallization behavior of the composites were investigated. The results indicated that the modification effect of KH570-modified SiO₂ particles on PP is better than that of OA-modified ones. The composites achieved the optimum comprehensive properties with the addition of 4 wt % KH570-modified SiO₂ particles. Their tensile strength kept a stable value in comparison with pure PP, whereas their elastic modulus, flexural strength, flexural modulus and impact strength increased by 46 %, 15 %, 23 % and 14 %, respectively.

Key words: polypropylene; composite; silicon dioxide; surface modification

0 前言

PP 是世界上最广泛使用的热塑性塑料之一, 具有

力学性能优异、易于成型加工、良好的电绝缘性等一系列优点, 但因其存在着冲击性能和制品尺寸稳定性较差等缺陷, 限制了它在汽车工业和电子产品等领域的广泛应用^[1-2]。因此, 常需要对 PP 进行改性; 其中, 填充改性操作简单、成本较低。李兰等^[3]利用硅灰石/三元乙丙橡胶(EPDM)对 PP 进行填充改性, 发现硅灰石的加入使得橡胶相粒子细化, 平均粒径变小, 并形成部分橡胶包覆硅灰石的结构, 改善了复合材料的冲击性能。郑玉婴等^[4]制备了 PP/高岭土复合材料, 研究发

收稿日期: 2017-05-05

湖南省教育厅科学研究项目(16C0430)、湖南工学院大学生研究性学习和创新性实验计划项目和湖南省重点建设学科(湘教发[2011]76号)

* 联系人, chinachunyan@126.com

现当马来酸酐接枝聚丙烯和改性高岭土的用量分别为 PP 的 6 % 和 10 % 时,复合材料的热变形温度增加了 18 ℃,拉伸强度提高了 10.6 %。

SiO₂ 的价格便宜、性能优越,被广泛应用在塑料和复合材料等诸多行业中。但由于 SiO₂ 的比表面积大,表面能高,凝聚力强,且粒子表面富含羟基,亲水性强,极易团聚形成比较大的颗粒。当其作为填充材料加到聚合物基体中,与聚合物的相容性差,分散不均,影响复合材料的综合性能。因此常用硅烷偶联剂、醇酯法及聚合物接枝法对 SiO₂ 粒子进行表面改性。石璞等^[5] 采用实验室合成的表面处理剂处理 SiO₂ 增强增韧 PP。研究表明,用表面处理剂处理过的 SiO₂ 填充到 PP 中缺口冲击强度提高了 90 %,拉伸强度增强了约 5 %,弯曲强度增强了约 25 %,实现了 SiO₂ 增强增韧的目标。王东波等^[6] 采用乳液聚合方法在 SiO₂ 表面接枝苯乙烯,制备具有核壳结构的 PS-g-SiO₂; 接枝改性后的 SiO₂ 粒子能够在 PP 基体中分散均匀,明显提高了复合材料的综合性能。

本文利用硅烷偶联剂、表面活性剂等对 SiO₂ 进行表面处理,再填充到 PP 基体中,制备 PP/改性 SiO₂ 复合材料。系统研究了改性剂的类型、改性 SiO₂ 的用量、复合加工工艺以及相容剂对 PP/改性 SiO₂ 复合材料性能的影响,为高性能 PP 基复合材料的制备与应用奠定了基础。

1 实验部分

1.1 主要原料

正硅酸四乙酯,分析纯,西陇化工股份有限公司;

无水乙醇,分析纯,湖南汇虹试剂有限公司;

盐酸,分析纯,湖南省株洲市化学工业研究所;

γ -甲基丙烯酰氧基丙基三甲氧基硅烷(KH570),分析纯,南京辰工有机硅材料有限公司;

油酸(OA),分析纯,天津市大茂化学试剂厂;

PP 树脂,T30S,中国石油天然气股份有限公司大连石化分公司;

马来酸酐接枝聚丙烯(PP-g-MAH),J401T,长沙达联塑料有限公司。

1.2 主要设备及仪器

傅里叶红外光谱仪(FTIR),Spectrum One,美国 Perkin Elmer 公司;

双螺杆挤出机,SHJ-36,张家港市雨沫机械有限公司;

注塑机,WY-1000,宁波银泽机械制造有限公司;

微控万能试验机,UTM4103,深圳三思纵横科技股份有限公司;

摆锤式冲击试验机,PTM1501-C,深圳三思纵横科

技股份有限公司;

热重分析仪(TG),TGA-Q500,美国 TA 公司;

差示扫描量热分析仪(DSC),DSC-Q20,美国 TA 公司。

1.3 样品制备

KH570-SiO₂ 的制备:将 10.4 g 正硅酸四乙酯和 4.6 g 无水乙醇溶于 250 mL 的三口烧瓶中,滴加一定量盐酸,调节 pH 值为 2;在 50 ℃ 下搅拌 20 min,然后用恒压滴液漏斗向三口烧瓶中缓慢滴加 1.8 g 蒸馏水,反应 0.5 h;加入 1.248 g KH570,反应 1.5 h;升温至 70 ℃,继续反应 2 h;将反应液冷却至室温,经过离心分离、乙醇洗涤,反复 3 次,在 60 ℃ 下真空干燥 24 h,得到 KH570-SiO₂;

OA-SiO₂ 的制备:将 4.6 g 无水乙醇和 10.4 g 正硅酸四乙酯溶于 250 mL 的三口烧瓶中,滴加一定量盐酸,调节 pH 值为 2;在 50 ℃ 下搅拌 20 min,然后用恒压滴液漏斗向三口烧瓶中缓慢滴加 1.8 g 蒸馏水,反应 0.5 h;加入 0.624 g 油酸,反应 1.5 h;升温至 70 ℃,继续反应 2 h;将反应液冷却至室温,经过离心分离、乙醇洗涤,反复 3 次,在 60 ℃ 下真空干燥 24 h,得到 OA-SiO₂;

PP/改性 SiO₂ 复合材料的制备:(1)制备母料:将一定量的 SiO₂ (或改性 SiO₂) 分别与一定量的 PP 充分混合,通过双螺杆挤出机挤出造粒制备含 10 % SiO₂ (KH570-SiO₂ 或 OA-SiO₂) 的 PP 母料,挤出机机筒一区温度为 180 ℃,机筒二区温度为 185 ℃,机筒三区温度为 185 ℃,模头一区温度为 185 ℃,模头二区温度为 170 ℃;切粒机转速设定为 100 r/min,切粒长度为 2~3 mm;(2)制备复合材料:按照表 1 中配方,将上述(1)所制备的母料与 PP 和 PP-g-MAH 进行混合,并用双螺杆挤出机挤出造粒,得到 PP/改性 SiO₂ 复合材料颗粒;

表 1 PP/改性 SiO₂ 复合材料的制备配方

Tab 1 Experimental formulations of the modified SiO₂/polypropylene composites

样品 编号	组分含量/份				
	SiO ₂ 母料	KH570-SiO ₂ 母料	OA-SiO ₂ 母料	PP	PP-g-MAH
1 [#]	0	0	0	200	0
2 [#]	40	0	0	160	0
3 [#]	0	40	0	160	0
4 [#]	0	0	40	160	0
5 [#]	0	20	0	180	0
6 [#]	0	60	0	140	0
7 [#]	0	80	0	120	0
8 [#]	0	100	0	100	0
9 [#]	0	40	0	154	6 ^[7]

(3)注塑样条:将上述(2)所制备的 PP/改性 SiO_2 复合材料颗粒通过注射成型,制备得到标准样条,可用于冲击性能、拉伸性能的检测,注塑机一段温度为 $190\text{ }^{\circ}\text{C}$,二段温度为 $180\text{ }^{\circ}\text{C}$,三段温度为 $160\text{ }^{\circ}\text{C}$,注射压力为 7 MPa 。

1.4 性能测试与结构表征

FTIR 分析:采用溴化钾压片,测定波长范围为 $400\sim 4000\text{ cm}^{-1}$;

拉伸性能按 GB/T 1040.2—2006 进行测试,拉伸速率为 5 mm/min ;

弯曲性能按 GB/T 9341—2008 进行测试,弯曲速率为 2 mm/min ;

冲击性能按 GB/T 1043.1—2008 进行测试,V 形缺口,摆锤能量为 50 J ;

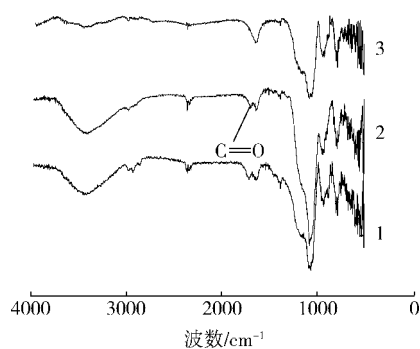
TG 分析:测试样品质量约为 5 mg ,测试温度范围为 $20\sim 600\text{ }^{\circ}\text{C}$,升温速率为 $20\text{ }^{\circ}\text{C/min}$,流动介质为氮气;

熔融及结晶测试:测试样品质量约为 5 mg ,测试温度范围为 $-20\sim 220\text{ }^{\circ}\text{C}$,其使用气氛为氮气;将试样以 $20\text{ }^{\circ}\text{C/min}$ 的升温速率快速从室温升到 $220\text{ }^{\circ}\text{C}$,并在 $220\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保持 5 min 以消除热历史,然后以 $10\text{ }^{\circ}\text{C/min}$ 的速率降温,进行结晶性能测试。

2 结果与讨论

2.1 FTIR 分析

从图 1 可知, SiO_2 的红外光谱在 3441 cm^{-1} 处的宽峰为 O—H 伸缩振动吸收峰;在 1648 cm^{-1} 处有一个弯曲振动吸收峰,这是由于 SiO_2 的亲水性所致; 1066 cm^{-1} 处宽而强的吸收峰是 Si—O—Si 伸缩振动吸收峰。而 KH570- SiO_2 和 OA- SiO_2 的 FTIR 谱图中则出现了一些新的吸收峰,其中在 1703 cm^{-1} 处出现了羰基的伸缩振动峰^[8];另外,在 1648 cm^{-1} 处的羟基的弯曲振动吸收峰明显减弱,而 1066 cm^{-1} 处的 Si—O—Si 伸缩振动吸收峰明显增强,表明改性剂 KH570 和 OA 以化学键的方式键合到 SiO_2 的表面形成了新的 Si—O—Si 键。



1—OA- SiO_2 2—KH570- SiO_2 3— SiO_2

图 1 改性和未改性 SiO_2 的 FTIR 谱图

Fig 1 FTIR spectra of the modified and unmodified SiO_2

2.2 SiO_2 改性剂对复合材料性能的影响

2.2.1 力学性能

分别用 OA 和硅烷偶联剂 KH570 对 SiO_2 进行表面改性,并将其和未改性 SiO_2 作为填料(含量均为 2%)与 PP 复合,制备 PP 复合材料;同时,制备纯 PP 作为对照。含不同改性 SiO_2 的 PP 复合材料的力学性能如表 2 所示,改性 SiO_2 对 PP 复合材料的拉伸强度、弯曲强度和弯曲模量影响较小;而对弹性模量影响较大,这是因为 SiO_2 本身的刚性比较大,从而在整体上提高了复合材料的刚性;其中,PP/KH570- SiO_2 复合材料的弹性模量最大,这可能是由于 KH570- SiO_2 表面接枝有机物含量高,与 PP 相容性好,不易发生团聚,从而使复合材料在受力时能够及时传递应力,因此表现出高弹性模量。由表还可见,含有 SiO_2 及其改性物的 PP 复合材料的冲击性能比纯 PP 的冲击性能好;其中,PP/KH570- SiO_2 复合材料的冲击性能最佳。这是因为 SiO_2 粒子能在裂纹处吸收部分冲击能,并能及时阻止试样在受到冲击时裂纹扩展,从而提高复合材料的冲击性能。而 KH570- SiO_2 改善了 SiO_2 的亲水性、易团聚等性能缺陷,提高了 SiO_2 与 PP 的界面相容性,从而使 PP/KH570- SiO_2 复合材料有更好的冲击性能。

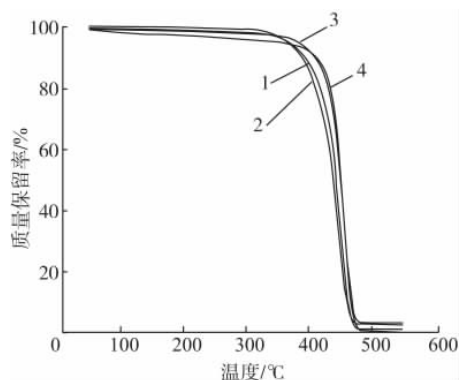
表 2 含不同改性 SiO_2 的 PP 复合材料的力学性能

Tab 2 Mechanical properties of PP composites containing different modified SiO_2

样品	拉伸强度/MPa	弹性模量/MPa	弯曲强度/MPa	弯曲模量/MPa	冲击强度/ $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$	吸收功/ $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$
PP	2.99	115.61	30.13	1095.83	3.878	0.147
PP/ SiO_2	2.97	116.90	31.17	1061.04	3.947	0.150
PP/OA- SiO_2	2.97	122.83	29.88	1056.24	3.915	0.149
PP/KH570- SiO_2	2.98	138.10	29.27	1064.64	4.021	0.153

2.2.2 热稳定性

由图 2 可见,纯 PP、PP/SiO₂ 复合材料、PP/OA-SiO₂ 复合材料和 PP/KH570-SiO₂ 复合材料的 5 % 失重温度分别为 368、370、362、384 °C,最大分解速率时温度分别为 444、450、448、451 °C。SiO₂ 或其改性物的加入,提高了 PP 复合材料的耐热性能;其中,KH570-SiO₂ 对 PP 填充改性复合材料的热性能提高效率最高,而 OA-SiO₂ 对复合材料热性能的改性效果较差。这是因为 OA 易吸水,导致热失重相对较快。



1—PP 2—PP/SiO₂ 3—PP/KH570-SiO₂ 4—PP/OA-SiO₂

图 2 PP 复合材料的 TG 曲线

Fig. 2 TG curves of the PP composites

2.3 KH570-SiO₂ 用量对复合材料性能的影响

2.3.1 拉伸性能

由图 3 可见,PP 复合材料的拉伸强度和弹性模量均随着 KH570-SiO₂ 用量的增加而先增加后降低。当 KH570-SiO₂ 的用量为 4 % 时,PP 复合材料的弹性模量达到最大值 169.53 MPa,相比于纯 PP 提高了 46 %;而 KH570-SiO₂ 的用量为 1 % 时,复合材料的拉

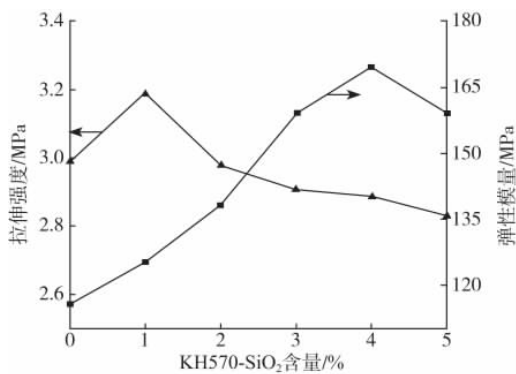


图 3 KH570-SiO₂ 用量对 PP 复合材料
拉伸强度和弹性模量的影响

Fig. 3 Effects of the content of KH570-SiO₂ on tensile strength and elastic modulus of the PP composites

伸强度达到最大值 3.19 MPa。这是因为在有机基体中加入无机粒子,会使得复合材料的力学性能得到增强,但如果无机粒子添加过多,则会影响复合材料的拉伸性能。

2.3.2 弯曲性能

由图 4 可见,当 KH570-SiO₂ 用量为 4 % 时,PP 复合材料的弯曲强度和弯曲模量均最大,分别为 34.7 MPa 和 1347.61 MPa。相比于纯 PP 的弯曲强度和弯曲模量提高了约 15 % 和 23 %。这是因为在聚合物基体中加入无机粒子,会使得复合材料的力学性能得到增强。

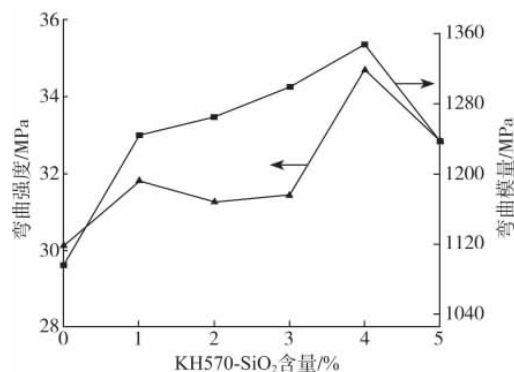


图 4 KH570-SiO₂ 用量对 PP 复合材料弯曲强度和
弯曲模量的影响

Fig. 4 Effects of the content of KH570-SiO₂ on bending strength and flexural modulus of the PP composites

2.3.3 冲击性能

由图 5 可知,PP 复合材料的冲击性能随着 KH570-SiO₂ 用量的增加而先增加而后下降;当 KH570-SiO₂ 用量为 4 % 时,PP 复合材料的冲击性能相比于纯 PP 提升了 14.3 %;而当 KH570-SiO₂

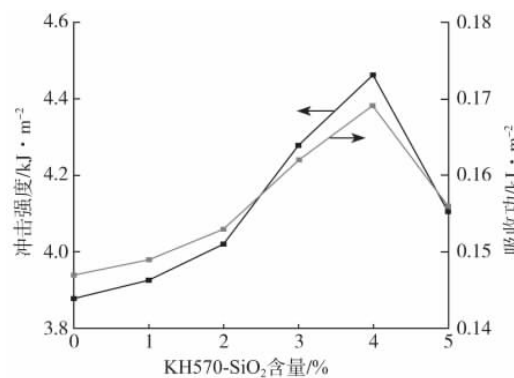


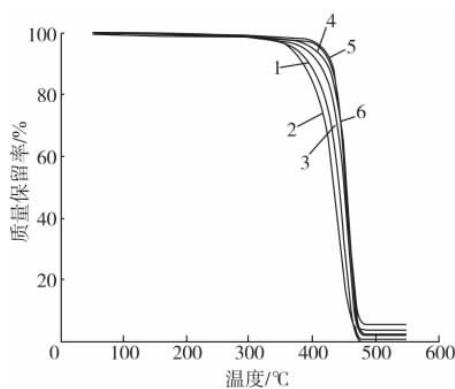
图 5 KH570-SiO₂ 用量对 PP 复合材料冲击性能的影响

Fig. 5 Effects of the content of KH570-SiO₂ on impact properties of the PP composites

用量超过 4 % 时, PP 复合材料的冲击性能则有所下降。这是由于基体在受到冲击时, KH570-SiO₂ 粒子周围产生微裂纹, 吸收一定的冲击能; 同时 KH570-SiO₂ 之间的基体也产生了屈服和塑性变形, 吸收冲击能, 另外, KH570-SiO₂ 的存在使基体树脂裂纹扩展受阻和钝化, 不会发展成破坏性开裂, 从而产生增韧效果^[9]。但是, 当 KH570-SiO₂ 用量过多时, 容易聚集成团, 造成分布不均, 产生缺陷, 使复合材料在受到外力冲击时产生更大的塑性形变, 并发展为宏观开裂。

2.3.4 热稳定性

由图 6 可见, KH570-SiO₂ 的加入, 提高了 PP 复合材料的热稳定性。纯 PP 的 5 % 热失重温度和最大分解速率时的温度分别为 368 °C 和 444 °C, 含 1 %、2 %、3 %、4 % 和 5 % KH570-SiO₂ 的 PP 复合材料的 5 % 热失重温度分别为 366、384、416、414、402 °C。这说明 KH570-SiO₂ 的加入能提高 PP 的耐热性; 但加入过多, 也会影响其热稳定性。这可能是由于少量的 KH570-SiO₂ 能在基体中分布均匀, 起着良好的协同作用, 而一旦加入过多, KH570-SiO₂ 易集聚成团, 形成缺陷, 使复合材料的热稳定性下降。



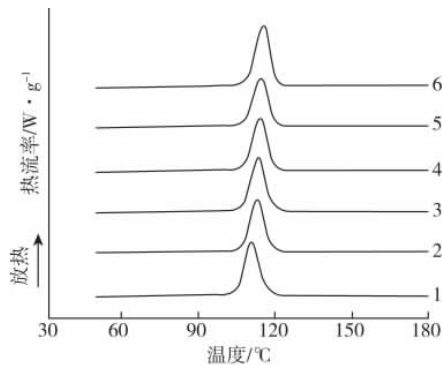
KH570-SiO₂ 含量/%: 1—0 2—1 3—2 4—3 5—4 6—5

图 6 不同 KH570-SiO₂ 含量的 PP 复合材料的 TG 曲线

Fig. 6 TG curves of the PP composites with different contents of KH570-SiO₂

2.3.5 结晶性能

由图 7 可见, 纯 PP 的结晶温度约为 110 °C, 含 1 %、2 %、3 %、4 % 和 5 % KH570-SiO₂ 的 PP 复合材料结晶温度分别为 112、113、114、114.4、115 °C。随着 KH570-SiO₂ 用量的增加, PP 复合材料的结晶温度逐渐提高, 这可能是因为 KH570-SiO₂ 具有异相成核作用, 作为成核剂使结晶在相对较高的温度下进行。



KH570-SiO₂ 含量/%: 1—0 2—1 3—2 4—3 5—4 6—5

图 7 不同 KH570-SiO₂ 含量的 PP 复合材料的 DSC 曲线

Fig. 7 DSC curves of PP composites with different contents of KH570-SiO₂

3 结论

- (1) KH570-SiO₂ 对 PP 的填充改性效果相对较好;
- (2) 当 KH570-SiO₂ 的用量为 4 % 时, PP 复合材料的综合性能最佳。

参考文献:

- [1] 吴磊, 何雪莲, 刘柏平. 纳米 CaCO₃ 增强增韧 PP/弹性体复合材料的研究[J]. 工程塑料应用, 2016, 44(4): 1-6.
Wu Lei, He Xuelian, Liu Boping. Investigations on Nano-CaCO₃ Reinforced and Toughening Polypropylene/Elastomer Composites [J]. Engineering Plastics Application, 2016, 44: 1-6.
- [2] 钱俊. PP/SiO₂ 纳米复合材料的制备与表征[D]. 天津: 天津大学化工学院, 2011.
- [3] 李兰, 朱晓光, 王德喜. PP/硅灰石/EPDM 体系形态结构对冲击韧性的影响[J]. 工程塑料应用, 1995, 23(5): 31-35.
Li Lan, Zhu Xiaoguang, Liang Hanyuan, Wang Dexi. Effect of Component and Morphology on Impact Strength of PP/Wollastonite/EPDM Composites [J]. Engineering Plastics Application, 1995, 23(5): 31-35.
- [4] 郑玉婴, 李峰, 葛亮, 等. 改性高岭土填充 PP 的光谱分析[J]. 光谱学与光谱分析, 2011, 31(11): 3036-3039.
Zheng Yuying, Li Feng, Ge Liang, et al. Spectral Analysis of Modified Kaolinite Filled with Polypropylene [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2011, 31(11): 3036-3039.
- [5] 石璞, 罗卫华, 吴宏武, 等. 纳米 SiO₂ 增强增韧 PP 界面模型的研究[J]. 塑料科技, 2002, 26(5): 34-36.
Shi Pu, Luo Weihua, Wu Hongwu, et al. Interfacial Model of Nano-SiO₂ Reinforced and Toughened PP [J].

- Plastics Sci & Technology, 2002, 26(5): 34-36.
- [6] 王东波,田 言,韩利伟,等. 纳米 SiO₂ 表面接枝聚合改性及在 PP 中的分散[J]. 合成树脂及塑料, 2008, 25(1): 32-39.
- Wang Dongbo, Tian Yan, Han Liwei, et al. Surface Modification by Grafting Polymerization and Dispersion in PP Matrix of Nano-silica[J]. China Synthetic Resin and Plastics, 2008, 25(1): 32-39.
- [7] 刘 涛,周 琦. PP/纳米 SiO₂ 复合材料性能研究[J]. 现代塑料加工应用, 2008, 20(3): 13-16.
- Liu Tao Zhou Qi. Research on Properties of PP/Nano-SiO₂ Composites[J]. Modern Plastics Processing and Applications, 2008, 20(3): 13-16.
- [8] 阙永生,杨 辉,汪海凤,等. 溶胶-凝胶法制备纳米 SiO₂ 及原位改性[J]. 无机盐工业, 2015, 47(9): 13-17.
- Que Yongsheng, Yang Hui, Wang Haifeng, et al. Preparation and in Situ Modification of Nano-SiO₂ by Sol-gel Method[J]. Inorganic Chemicals Industry, 2015, 47(9): 13-17.
- [9] 杨伏生,周安宁,葛岭梅,等. 聚合物增强增韧机理研究进展[J]. 中国塑料, 2001, 15(8): 6-10.
- Yang Fusheng, Zhou Anning, Ge Lingmei, et al. Research Progress in Toughening and Reinforcing Mechanism of Polymers[J]. China Plastics, 2001, 15(8): 6-10.

《中国塑料》正文格式要求

文章以实验为主要内容的,应说明实验设备、实验条件、对实验误差的估计等。文章的撰写应便于同行重复再现所报道的内容,由于保密原因不便公开某些内容的,应在附信中向编辑说明情况。

文章以数值计算为主要内容的,应给出所求解的方程、重要的计算参数、初始或边界条件、难点问题的处理等,应对方法的适用性和计算精度估计有所说明,全文统一计算精度。

引言应说明课题的背景,引述该领域的国内外同行已经取得的进展,以说明本文的选题意义和创新点所在。

正文采用二级及以下标题。二级标题下需要分类的,可在新的段落中进行讨论,一个段落讨论说明一个问题。举例:

0 前言

1 实验部分

1.1 主要原料

此节给出所用原料和药品的具体参数,每一种原料占一行,以“;”结束此项;最后用“。”结束此段。

格式:药品或原料名称,药品或原料规格、牌号及参数,生产厂家;例:

十八烷基三甲基氯化铵,分析纯,山东淄博化学有限公司;

高密度聚乙烯(PE-HD),5502,雪佛龙-菲利普斯新加坡化工有限公司;

1.2 主要设备及仪器

此节给出设备参数,每一设备占一行。

格式:设备名称,型号,生产厂家;例:

平板硫化机,SQLB-350×350,上海第一橡胶机械厂;

热失重分析仪,TA2950,美国 TA 公司。

1.3 试样(或样品)制备

此节主要介绍制备工艺过程。例:

所用的聚甲基乙烯基硅氧烷为 BPO 硫化 PMVS 得到的片状料,其配方、工艺参数、厚度相同,溶胀之前在真空烘箱中于 150 ℃ 干燥 4 h, 180 ℃ 干燥 2 h,除去小分子残留物。硅橡胶片尺寸约 45 mm×24 mm×2 mm,质量约 2.5 g。在玻璃瓶中加入丙烯酸酯单体(60 g)、过氧化苯甲酰引发剂 BPO(102 mg),室温下放置 2 h,观察不到固体 BPO 存在时,将硅橡胶片完全浸没在丙烯酸酯与 BPO 组成的溶液中,溶胀不同时间后,取出硅橡胶片,记录溶胀后的质量。溶胀度用溶胀吸收的丙烯酸酯溶液的质量与原硅橡胶片的质量之比表示。将溶胀一定时间的橡胶片置于玻璃瓶中,置于真空干燥箱中,在 80 ℃,真空度 0.01 MPa 下聚合 2 h。

1.4 性能测试与结构表征

此节要列出所采用的标准和试验条件等。例:

按 GB/T 1843—2008 测试材料悬臂梁缺口冲击性能,使用缺口制样机 $r=0.1$ mm 的铣刀制得“V”形缺口,缺口深度为 2 mm,摆锤速度为 3.5 m/s。

2 结果与讨论

2.1 蒙脱土对 PP 力学性能的影响

2.1.1 对冲击强度的影响

2.1.2 对拉伸强度的影响

2.2

3 结论

(1)

(2)

(注:对全文工作的总结,最好分段给出。结论与摘要不能完全重复。)

参考文献:

[1]

[2]