

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2018.03.002

增容剂对短切 GF 增强 PP 复合材料性能的影响

李俊杰,张琦,张师军

(北京化工研究院,北京 100013)

摘要:通过熔融共混法制备了短玻璃纤维 (GF) 增强聚丙烯 (PP) 复合材料,加入不同种类和含量的马来酸酐接枝物以改善 PP 和 GF 的相容性,制备出既增强又增韧的 GF 增强 PP 复合材料。利用熔体流动速率 (MFR) 仪、差示扫描量热 (DSC) 仪、热变形温度 (HDT) 仪、扫描电子显微镜 (SEM) 和万能试验机对所制备的材料进行分析测试。结果表明,加入马来酸酐接枝聚烯烃弹性体 (POE-g-MAH) 和马来酸酐接枝 PP (PP-g-MAH) 均能增大复合材料的 MFR,改善加工流动性;相比 PP/GF 复合材料,加入 1 份 POE-g-MAH 的复合材料的 HDT 提高了 5℃,加入 1 份 PP-g-MAH 的复合材料的 HDT 提高了 14℃;而加入 2 份 POE-g-MAH 的复合材料的 HDT 远远高于加入 2 份 PP-g-MAH 的复合材料。加入短 GF 能够提高 PP 的结晶度,加入少量 (1 份或 2 份) PP-g-MAH 和 POE-g-MAH 均能提高复合材料的结晶温度和起始结晶温度,具有异相成核的作用。通过 SEM 观察发现,加入两种接枝物均能增加 GF 表面附着的聚合物,提高 GF 与 PP 的粘附力;加入 2 份 POE-g-MAH 和 PP-g-MAH 的复合材料的拉伸强度、弯曲强度和弯曲弹性模量最佳,相比 PP/GF 复合材料,分别提升 25.1% 和 25.9%,38.0% 和 40.3%,13.9% 和 19.2%;常温 (23℃) 和低温 (-20℃) 简支梁缺口冲击强度分别提升 76.6% 和 55.0%,42.2% 和 30.6%。两种接枝物均能提高 GF 增强 PP 复合材料的力学性能,且加入 2 份 POE-g-MAH 的复合材料不仅表现出与加入 2 份 PP-g-MAH 的复合材料相近的拉伸和弯曲性能,而且具有更优异的冲击性能。

关键词:聚丙烯;短玻璃纤维;马来酸酐接枝聚丙烯;马来酸酐接枝聚烯烃弹性体;力学性能;热性能

中图分类号: TQ325.14 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2018)03-0007-07

Effects of Compatibilizers on Properties of Short GF Reinforced PP

Li Junjie, Zhang Qi, Zhang Shijun

(Beijing Research Institute of Chemical Industry, Beijing 100013, China)

Abstract : The short glass fiber (GF) reinforced polypropylene (PP) composites were prepared by melt process. The influences of contents and types of compatibilizers on the interface adhesion and mechanical properties were investigated by MFR, HDT, DSC, SEM and mechanical test. The high performance material was prepared successfully. The results indicate that the maleic anhydride grafted polyolefin elastomer (POE-g-MAH), as well as the maleic anhydride grafted PP (PP-g-MAH), can enhance the MFR of the composite to improve the flow properties. The HDT of the composite added 1 phr POE-g-MAH shows 5℃ higher than PP/GF, the HDT of the composite added 1 phr PP-g-MAH shows 14℃ higher than PP/GF. The HDT of the composite added 2 phr POE-g-MAH is much higher than the composite added 2 phr PP-g-MAH. The degree of crystallinity of PP can be enhanced by introduced GF, and moderate amounts of compatibilizer (1 phr or 2 phr) can enhance the crystallization temperature of PP due to the heterogeneous nucleation effect. The interfacial adhesion between GF and PP can be obviously improved by introducing compatibilizer, which has been evidenced by SEM. The composites added 2 phr POE-g-MAH or PP-g-MAH show the best tensile strength, flexural strength and flexural modulus of elasticity, which are higher 25.1% and 25.9%, 38.0% and 40.3% and 13.9% and 19.2% than PP/GF respectively. At the room temperature (23℃) or low temperature (-20℃), the impact strengths of the composites added 2 phr POE-g-MAH or PP-g-MAH are higher 76.6% and 55.0%, or 42.2% and 30.6% respectively. Both POE-g-MAH or PP-g-MAH show excellent mechanical properties. Compared with the composite added 2 phr PP-g-MAH, the composite added 2 phr POE-g-MAH shows similar tensile and flexural properties, and exhibits better prominent impact performance.

Keywords : polypropylene ; short glass fiber ; maleic anhydride grafted polypropylene ; maleic anhydride grafted polyolefin elastomer ; mechanical property ; thermal property

通讯作者: 张师军,博士,教授级高工,主要从事聚烯烃及工程塑料牌号的开发、改性及加工应用 E-mail: zhangsj.bjhy@sinopec.com

收稿日期: 2017-12-20

引用格式: 李俊杰,张琦,张师军. 增容剂对短切 GF 增强 PP 复合材料性能的影响 [J]. 工程塑料应用, 2018, 46(3): 7-13.

Li Junjie, Zhang Qi, Zhang Shijun. Effects of compatibilizers on properties of short GF reinforced PP[J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46(3): 7-13.

由于聚丙烯(PP)具有良好的力学性能、化学稳定性以及低廉的价格,因此在目前的热塑性材料市场中占有非常大的份额,广泛应用于医学^[1]、食品包装^[2]、交通^[3]等行业中。但纯PP材料的力学性能与工程塑料相比仍相差很大,且因其结晶度高导致制品成型收缩率大、低温脆性,无法满足高性能领域的需求。而玻璃纤维(GF)增强PP的刚性大、成本低、耐腐蚀等优点广泛应用于汽车、家电、化工等领域。但非极性的PP基体与极性的GF相容性较差,所以在制备GF增强PP复合材料过程中,通常使用硅烷偶联剂等对GF进行表面改性^[4-6]或加入接枝PP^[7-9]作为增容剂以提高PP和GF之间的粘结力,而PP与GF之间良好的粘结力能够促使GF起到限制聚合物基体收缩的作用^[10]。马来酸酐接枝PP(PP-g-MAH)被广泛应用于提高GF与PP之间的相容性^[11-12],使得GF增强PP复合材料的力学性能得到明显改善,但其冲击性能的改善仍有限,甚至还会出现冲击性能下降的情况^[13]。PP/GF/弹性体/偶联剂复合体系虽能够明显提高材料的冲击性能,但往往是以牺牲材料的刚性为代价,且材料不易制备^[14-15]。

改性PP的性能不仅受到接枝物中单体的接枝率和种类的影响,接枝物的基体种类也是影响体系性能的重要因素^[9,16]。笔者通过熔融共混在短GF增强PP复合材料中加入马来酸酐接枝聚烯烃弹性体(POE-g-MAH)和PP-g-MAH,对比研究了接枝物基体的种类及含量对GF增强PP复合材料的相界面和力学性能的影响。通过采用POE-g-MAH增容GF增强PP复合材料,不仅改善了复合材料的拉伸和弯曲性能,而且还大大提高了复合材料的冲击性能。

1 实验部分

1.1 主要原料

PP: PPHT03, 熔体流动速率(MFR)为2.0~4.0 g/(10 min), 中国石油化工股份有限公司镇海炼化分公司;

短切GF: 508A, 中国巨石股份有限公司;

PP-g-MAH: Orevac CA100, 接枝率约为1%, 法国Arkema公司;

POE-g-MAH: CMG9805, 接枝率约为0.8%, 佳易容相容剂江苏有限公司。

1.2 主要仪器与设备

双螺杆挤出机: ZSK-25型, 德国WP公司;

注塑机: HT-125型, 宁波海天塑料机械有限公司;

热变形温度(HDT)试验机: ZWK1302-C型, 美特斯工业系统(中国)有限公司;

MFR仪: MP600M型, 美国Tinius Olsen公司;

差式扫描量热(DSC)仪: Diamond型, 美国Perkin Elmer公司;

拉力试验机: 5966型, 美国Instron公司;

弯曲试验机: CMT-6140型, 深圳新三思计量技术有限公司;

冲击试验机: HIT5.5型, 德国Zwick/Roell公司;

扫描电子显微镜(SEM): S4800型, 日本日立公司。

1.3 复合材料的制备

将干燥好的PP、GF按照质量比为80:20的比例混合, 总质量为100份。然后分别将PP-g-MAH和POE-g-MAH按照0.1, 2, 5, 7, 10份与PP和GF的混合物混合均匀。将混合物加入双螺杆挤出机挤出造粒, 挤出机各段温度依次为185, 190, 190, 190, 190, 190, 185℃, 转速为300 r/min。将制备的粒料在鼓风干燥箱中于85℃烘干4 h, 然后注射成型得到测试试样, 空白试样记作PP-GF; 加入PP-g-MAH的试样依次记作MAPP-1, MAPP-2, MAPP-5, MAPP-7和MAPP-10; 加入POE-g-MAH的试样依次记作MAPOE-1, MAPOE-2, MAPOE-5, MAPOE-7, MAPOE-10。各段注射温度依次为195, 195, 190, 190, 180℃。

1.4 性能测试与表征

MFR测试: 按照GB/T 3682-2000测试, 测试温度为230℃, 负荷为2.16 kg, 预热4 min。

热变形温度(HDT)测试: 按照GB/T 1634.2-2004测试, 负荷为0.45 MPa, 升温速率为2℃/min。

DSC测试: 称取4~8 mg的样品, 在N₂气氛下, 从50℃以10℃/min的速率升温至220℃, 恒温3 min以消除热历史, 然后再以10℃/min的速率降温至50℃, 最后再升温至220℃。由于PP-g-MAH结晶, 而POE-g-MAH几乎不结晶, 所以在计算结晶度时, 忽略POE-g-MAH的熔融焓, 并假设PP-g-MAH的理论熔融焓与PP一致, 复合材料的结晶度(X_c)按照式(1)计算^[17]:

$$X_c = \frac{\Delta H_m}{\Delta H^*} \times \frac{100}{f} \times 100\% \quad (1)$$

式中: ΔH_m ——复合材料的熔融焓;

ΔH^* ——PP 的理论熔融焓值^[18],为 209 J/g;

f ——PP 和 PP-g-MAH 总的质量分数。

SEM 分析:将样品的冲击断面经过喷金处理后,在 SEM 下进行观察,加速电压为 5 kV。

拉伸强度按照 GB/T 1040-2006 测试。

弯曲性能按照 GB/T 9341-2008 测试。

简支梁缺口冲击强度按照 GB/T 1043-2008 测试。

2 结果与讨论

2.1 MFR 分析

GF 增强 PP 复合材料的 DSC, MFR 和 HDT 分析数据列于表 1。

表 1 GF 增强 PP 复合材料的 DSC, MFR 和 HDT 分析数据

样品 编号	T_c / ℃	$T_{c,on}$ / ℃	ΔH_m / (J·g ⁻¹)	X_c / %	MFR/ [g·(10 min) ⁻¹]	HDT/ ℃
PP	119.2	122.1	96.37	46.1	2.9	97
PP-GF	118.6	122.9	81.92	49.9	2.5	119
MAPP-1	122.6	126.3	74.34	44.4	3.6	133
MAPP-2	120.8	124.4	80.05	47.5	4.2	113
MAPP-5	118.2	122.2	79.49	47.0	4.9	110
MAPP-7	117.5	121.6	82.89	48.8	5.7	107
MAPP-10	118.2	121.9	82.24	48.1	7.1	107
MAPOE-1	120.0	124.5	82.26	49.7	3.0	124
MAPOE-2	119.5	123.8	75.87	46.3	3.3	123
MAPOE-5	118.4	122.6	75.18	47.2	3.5	116
MAPOE-7	117.7	121.8	75.02	48	3.5	111
MAPOE-10	117.5	121.2	69.02	45.4	3.5	109

注: T_c 表示结晶温度, $T_{c,on}$ 表示起始结晶温度。

从表 1 中 MFR 数据可以看出,随着 PP-g-MAH 含量的增加,复合材料的 MFR 增大,从加入 1 份 PP-g-MAH 时的 3.6 g/(10 min) 迅速上升到加入 10 份 PP-g-MAH 时的 7.1 g/(10 min)。这是因为在 PP-g-MAH 制备过程中,PP 基体严重降解导致接枝产物分子量骤降,小分子的 PP-g-MAH 在聚合物加工过程中起到了增塑的作用。而接枝物 POE-g-MAH 的基体为 POE,是非线型聚合物,会限制聚合物熔体的流动,所以即使加入 10 份的 POE-g-MAH,复合材料的 MFR 也只有 3.5 g/(10 min),但与空白样品 PP-GF 复合材料相比,加入 2 份 PP-g-MAH 或 POE-g-MAH 后,复合材料的 MFR 由 2.5 g/(10 min) 分别上升到 4.2 g/(10 min) 和 3.3 g/(10 min),复合材料的加工流动性得以改善。

2.2 热性能分析

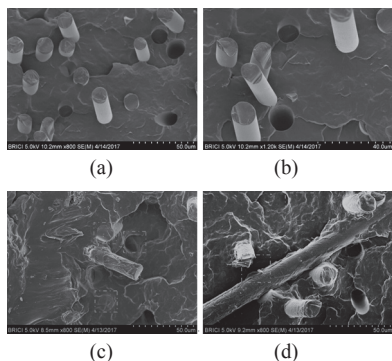
从表 1 中 HTD 数据可以看出,加入 1 份 PP-g-MAH 或 POE-g-MAH 时,复合材料的 HDT 最高。MAPP-1 的 HDT 为 133 ℃,MAPOE-1 的 HDT 为

124 ℃,相比于 PP-GF 的 HDT 为 119 ℃,MAPP-1 和 MAPOE-1 的 HDT 分别提高了 14 ℃ 和 5 ℃。这是因为接枝物提高了基体和 GF 的粘结力,复合材料在变形时基体分子链的运动被 GF 限制,使得 HDT 提高。PP-g-MAH 的基体为塑料,而 POE-g-MAH 的基体 POE 为弹性体,所以当加入 1 份接枝物时,MAPP-1 的 HDT 高于 MAPOE-1。随着接枝物含量的继续增加,复合材料的 HDT 逐渐下降,在接枝物含量相同的情况下,相对于加入 PP-g-MAH 的复合材料,加入 POE-g-MAH 的复合材料的 HDT 下降幅度较小,尤其当加入 2 份接枝物时,MAPOE-2 的 HDT 为 123 ℃,远高于 MAPP-1 的 113 ℃。这可能是由于接枝物含量较高时,多余的线型 PP 分子链活动性在高温时大于交联的 POE 分子链,导致加入 POE-g-MAH 的复合材料的 HDT 更高。

从表 1 中 DSC 数据可以看出,PP-GF 的结晶温度和起始结晶温度分别为 118.6 ℃ 和 122.9 ℃,加入少量(1 份或 2 份) PP-g-MAH 或 POE-g-MAH 可以提高复合材料的结晶温度和起始结晶温度,例如,加入 1 份 PP-g-MAH 或 POE-g-MAH 后,复合材料的结晶温度分别升高到 122.6 ℃ 或 120.0 ℃;起始结晶温度分别升高到 126.3 ℃ 或 124.5 ℃。这说明 PP-g-MAH 和 POE-g-MAH 起到了异相成核的作用。短 GF 的加入能够提高 PP 的结晶度,但加入 1 份 PP-g-MAH 后,复合材料的结晶度明显下降,随着 PP-g-MAH 含量提高到 2 份及以上时,复合材料的结晶度又上升到 47%~48%。这是因为 PP-g-MAH 的加入提高了 PP 与 GF 的粘结力,在结晶过程中 GF 束缚了 PP 分子链的运动,最终导致复合材料的结晶度下降;而过量的 PP-g-MAH 可以提供较多的异相结晶的晶核,所以结晶度又得到提高。加入 1 份 POE-g-MAH 后,复合材料的结晶度基本保持不变,当加入两份 POE-g-MAH 时,复合材料的结晶度下降到 46.3%。这可能是由于 PP 与 GF 的粘结力增强引起的。当 POE-g-MAH 含量增加到 10 份时,复合材料的结晶度最低。这说明过量的 POE-g-MAH 不利于 PP 的结晶,主要是由于 POE 和 PP 碳链结构不同导致的。另外,随着 PP-g-MAH 和 POE-g-MAH 含量的提高,复合材料的起始结晶温度和结晶温度均呈下降趋势。

2.3 SEM 分析

加入接枝物前后 GF 增强 PP 复合材料冲击断面的 SEM 照片如图 1 所示。



a—PP/GF (80/20),放大 800 倍;b—PP/GF (80/20),放大 1200 倍;
c—PP/GF/PP-g-MAH (80/20/2),放大 800 倍;
d—PP/GF/POE-g-MAH (80/20/2),放大 800 倍

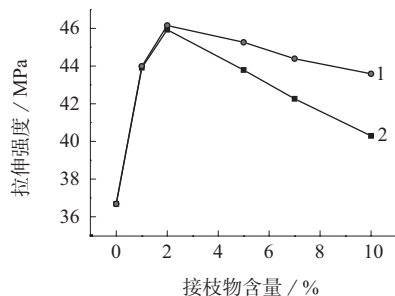
图1 加入接枝物前后 GF 增强 PP 复合材料冲击断面的 SEM 照片

从图 1a 可以观察到,没有加入接枝物的 GF 增强 PP 复合材料中的 GF 分布不够均匀,且复合材料在冲击断裂时,大量 GF 被拔出,几乎没有直接断裂的 GF;从图 1b 可以清楚地看到,GF 表面较为光滑,这说明没有加入接枝物的复合材料,GF 与 PP 基体的相容性较差;从图 1c、图 1d 中可以观察到,有些 GF 的断面与基体平齐,且 GF 的表面有大量附着物,这说明 GF 与基体相容性较好,导致复合材料在冲击断裂时,部分 GF 发生了直接断裂而不是被拔出。POE-g-MAH 和 PP-g-MAH 两者的增容效果从断面形貌上看不出区别。

2.4 力学性能分析

(1) 拉伸强度。

GF 增强 PP 复合材料的拉伸强度随接枝物含量变化的曲线如图 2 所示。



接枝物: 1—PP-g-MAH; 2—POE-g-MAH

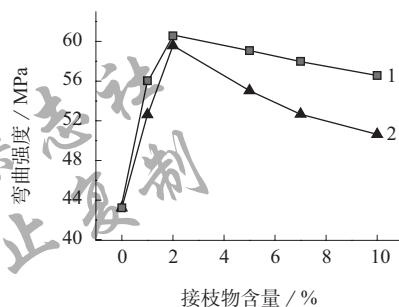
图2 不同接枝物含量下 GF 增强 PP 复合材料的拉伸强度

从图 2 可以看出,随着接枝物含量的增加,GF 增强 PP 复合材料的拉伸强度先升高后逐渐下降。这是由于接枝物中的酸酐基团与 GF 表面的羟基发生化学键合,提高了 GF 和 PP 基体的粘结力,从而提高了其拉伸强度。当接枝物的含量过量时,多余的接枝物会独立形成分散相而不是分布在 GF 和

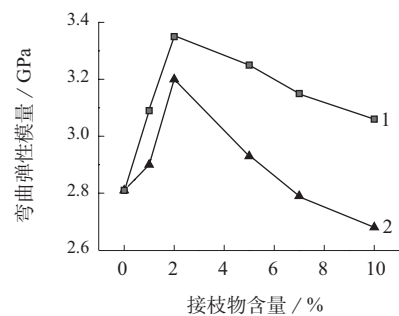
PP 的界面处,导致复合材料的性能下降。当加入 2 份接枝物时,复合材料的拉伸强度达到最大值,此时加入 POE-g-MAH 和 PP-g-MAH 的复合材料拉伸强度分别为 45.9 MPa 和 46.2 MPa,与 PP/GF 的 36.7 MPa 相比,分别提高 25.1% 和 25.9%。另外,加入 PP-g-MAH 的复合材料的拉伸强度更高。这是因为在常温下 POE 为弹性体,本身拉伸强度较低,而 PP 为塑料,本身拉伸强度较高,所以在加入相同接枝物的情况下,加入 PP-g-MAH 的复合材料的拉伸强度更高。

(2) 弯曲性能。

GF 增强 PP 复合材料的弯曲性能随接枝物含量变化的曲线如图 3 所示。



(a)



(b)

接枝物: 1—PP-g-MAH; 2—POE-g-MAH

a—弯曲强度; b—弯曲弹性模量

图3 不同接枝物含量下 GF 增强 PP 复合材料的弯曲性能

从图 3 可以看出,随着接枝物含量的增加,GF 增强 PP 复合材料的弯曲强度和弯曲弹性模量先升高后逐渐下降,在接枝物含量为 2 份时达到最大值,此时,加入 POE-g-MAH 的弯曲强度和弯曲弹性模量分别为 59.6 MPa 和 3.20 GPa,加入 PP-g-MAH 的分别为 60.6 MPa 和 3.35 GPa,与 PP/GF 的弯曲强度 43.2 MPa 和弯曲弹性模量 2.81 GPa 相比,弯曲强度分别提高了 38.0% 和 40.3%,弯曲弹性模量分别提高了 13.9% 和 19.2%。另外,加入 PP-g-MAH 的复合材料的弯曲性能更好,这与复合材料

的拉伸强度变化趋势一致。

(3) 冲击性能。

不同测试温度和接枝物含量下 GF 增强 PP 复合材料的简支梁缺口冲击强度如图 4 所示。

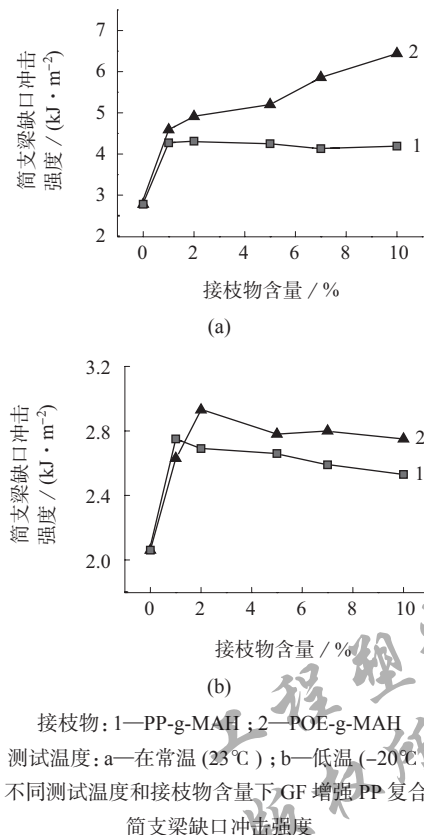


图 4 不同测试温度和接枝物含量下 GF 增强 PP 复合材料的简支梁缺口冲击强度

从图 4a 可以看出,在常温 (23°C) 下,当接枝物含量为 2 份时, MAPOE-2, MAPP-2 简支梁缺口冲击强度分别为 4.91 $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 和 4.31 $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$, 相比于 PP-GF 的简支梁缺口冲击强度 2.78 $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$, 分别提高了 76.6% 和 55.0%; 当接枝物含量添加到 10 份时, MAPOE-10 和 MAPP-10 的简支梁缺口冲击强度分别为 6.44 $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 和 4.19 $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$, 分别提升 131.7% 和 50.7%。POE-g-MAH 和 PP-g-MAH 的增韧效果差距明显增加。随着接枝物含量的增加, 加入 POE-g-MAH 接枝物的复合材料的简支梁缺口冲击强度急剧上升。一方面, POE-g-MAH 的加入提高了 GF 与 PP 之间的粘结力; 另一方面, 当 POE-g-MAH 的含量较多时, 多余的接枝物分散在 PP 基体中, 接枝物中的 POE 组分起到了弹性体增韧的效果, 延长了裂纹扩展路径, 使 PP 基体变形时能够吸收更多的能量, 从而提高复合材料的冲击性能。当接枝物为 PP-g-MAH 时, 虽然接枝物也起到了增容的作用, 但是过多的 PP-g-MAH 并不能起到弹性体增韧效果, 反而因为过量的小分子量接枝物使得复

合材料的性能降低; 另一方面, 随着 PP-g-MAH 含量由 1 份增加到 10 份, 复合材料的 MFR 从 3.6 $\text{g} / 10 \text{ min}$ 迅速增加到 7.1 $\text{g} / 10 \text{ min}$, 这就使得复合材料在加工成型过程中的黏度降低, 这有利于 GF 长度的保持和有序排列, 较长的 GF 能够使复合材料的冲击性能更高, 并且有利于减少 GF 碎块和 GF 末端在冲击时造成的应力集中和缺陷^[12,19-20]。由于上述两点因素的共同作用, 在加入了 2 份及以上 PP-g-MAH 后, GF 增强 PP 复合材料的常温缺口冲击强度呈现基本保持不变的趋势。

从图 4b 可以看出, 在低温 (-20°C) 下, 复合材料的简支梁缺口冲击强度在加入 2 份接枝物时, 复合材料组分间的相容性得到提高, MAPOE-2 和 MAPP-2 的简支梁缺口冲击强度分别为 2.93 $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 和 2.69 $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$, 相比 PP-GF 的简支梁缺口冲击强度 2.06 $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$, 分别提升了 42.2% 和 30.6%。但随着接枝物含量的继续增加, 冲击强度呈现轻微下降的趋势。这是因为低温冲击试验条件为 -20°C, 低于实验所用 PP 的玻璃化转变温度 (约 6°C), 聚合物的分子链处于冻结状态, 基体难以发生塑性形变, 冲击破坏能量的吸收主要依靠裂纹扩展、GF 脱粘和断裂^[20]。当接枝物的含量增加时, 单位体积的材料中的 GF 含量是下降的, 这就降低了 GF 断裂所消耗的能量。而且低温下材料脆性大, 变形区很薄, 微裂纹产生的区域也较小, 耗散能量的能力下降, 所以在低温下加入复合材料的冲击强度呈现出轻微下降的趋势。PP-g-MAH 的分子量相比 PP 较小, 本身力学性能也更差, 随着其含量的增加, 复合材料的力学性能低于加入 POE-g-MAH 的复合材料。

3 结论

(1) 加入 POE-g-MAH 或 PP-g-MAH 后, 复合材料的 MFR 得到升高, 尤其是加入 PP-g-MAH 的复合材料的 MFR 得到明显升高, 加工性能得以改善; POE-g-MAH 和 PP-g-MAH 均能提高 GF 与 PP 的相容性, 从而提高复合材料的 HDT, 加入 1 份 POE-g-MAH 和 1 份 PP-g-MAH 时的复合材料的 HDT 最高, 相比于不含接枝物的复合材料, 其 HDT 分别提高了 5°C 和 14°C; 当加入 2 份接枝物时, MAPOE-2 的 HDT 远远高于 MAPP-2。

(2) 短 GF 的加入能够提高 PP 的结晶度, 加入少量 (1 份或 2 份) PP-g-MAH 或 POE-g-MAH 均能提高复合材料的结晶温度和起始结晶温度, 具有异相成核的作用; 适量的接枝物能够增加 GF 与 PP 的

粘附力,使 PP 在结晶过程中分子链的运动受到 GF 的限制,导致结晶度下降;过量的 POE-g-MAH 会导致材料结晶度下降,而过量的 PP-g-MAH 则不会对 PP 的结晶度产生负面影响。

(3) PP-GF 复合材料的 GF 表面比较光滑,大量 GF 被拔出。两种接枝物的均能使得 GF 表面附着大量聚合物,部分 GF 在冲击过程中直接断裂而不是被拔出,提高了 GF 与 PP 的粘附力。

(4) MAPOE-2 和 MAPP-2 的拉伸强度、弯曲强度和弯曲弹性模量性能最佳,相比 PP-GF,分别提升了 25.1% 和 25.9%,38.0% 和 40.3%,13.9% 和 19.2%,MAPP-2 的拉伸和弯曲性能略高于 MAPOE-2;复合材料的常温简支梁缺口冲击强度随 POE-g-MAH 的含量增加而明显上升,而随着 PP-g-MAH 的含量增加,复合材料的常温简支梁缺口冲击强度却出现了持平趋势。MAPOE-2 和 MAPP-2 的常温简支梁缺口冲击强度相比 PP-GF 分别提升了 76.6% 和 55.0%,MAPOE-10 和 MAPP-10 的常温简支梁缺口冲击强度分别提升了 131.7% 和 50.7%,两种接枝物的增韧效果差距更明显;在低温条件下,MAPOE-2 和 MAPP-2 的低温缺口冲击强度相比于 PP-GF 分别提升了 42.2% 和 30.6%。复合材料的低温简支梁缺口冲击强度在达到最大值后,随着接枝物含量的增加而显示出略微下降的趋势。

(5) 通过对比 MAPOE-2 和 MAPP-2 两种具有最佳综合性能材料,两种接枝物均能提高 GF 增强 PP 的力学性能,且 MAPOE-2 不仅表现出与 MAPP-2 相近的拉伸和弯曲性能,而且具有更优异的冲击性能。

参考文献

- [1] Răpă M, Matei E, Ghioca P N, et al. Structural changes of modified polypropylene with thermoplastic elastomers for medical devices applications[J]. Journal of Adhesion Science & Technology, 2016, 30(16):1 727-1 740.
- [2] Ozcalik O, Tihminlioglu F. Barrier properties of corn zein nanocomposite coated polypropylene films for food packaging applications[J]. Journal of Food Engineering, 2013, 114(4):505-513.
- [3] Hong C H, Lee Y B, Jin W B, et al. Preparation and mechanical properties of polypropylene / clay nanocomposites for automotive parts application[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2005, 98(1):427-433.
- [4] Zisman W A. Surface chemistry of plastics reinforced by strong fibers[J]. Industrial & Engineering Chemistry Product Research & Development, 1969, 8(2):98-111.
- [5] 靳志森. 硅烷偶联剂对玻纤 / 聚丙烯复合材料的影响[J]. 玻璃, 2011, 38(6):23-5.
- [6] 余剑英, 周祖福, 闻获江. 纤维表面处理与基体改性对连续玻纤增强聚丙烯力学性能的影响[J]. 复合材料学报, 2000, 17(3):6-10.
- [7] 张道海, 郭建兵, 张凯舟. PP-g-GMA 对长玻纤增强聚丙烯复合材料性能的影响[J]. 塑料工业, 2013, 41(2):37-39.
- [8] 杨建军, 何亚东, 张志成, 等. 纳米 SiO₂ 和 PP-g-MAH 对玻纤增强 PP 复合材料性能的影响[J]. 玻璃钢 / 复合材料, 2016(9):49-54.
- [9] Zhou Xiaodong, Dai Gance, Guo Wenjun, et al. Influence of functionalized polyolefin on interfacial adhesion of glass fiber-reinforced polypropylene[J]. J Appl Polym Sci, 2015, 76(8):1 359-1 365.
- [10] Cadena-Perez A M, Yañez-Flores I, Sanchez-Valdes S, et al. Shrinkage reduction and morphological characterization of PP reinforced with glass fiber and nanoclay using functionalized PP as compatibilizer[J]. International Journal of Material Forming, 2015, 10(2):1-8.
- [11] 朱春龙, 李怀栋, 付发祥, 等. 基于汽车前端框架用玻纤增强 PP 复合材料力学性能研究[J]. 塑料工业, 2015, 43(7):89-92.
- [12] 段召华, 付祥, 陈弦, 等. 长玻璃纤维增强聚丙烯[J]. 高分子材料科学与工程, 2010, 26(4):124-126, 130.
- [13] 刘太闯, 靳玲, 徐冬梅, 等. 玻璃纤维增强聚丙烯的力学性能研究[J]. 上海塑料, 2014(1):26-29.
- [14] 李之琦, 陶杰, 李杨, 等. 高强高韧 GF/PP 复合材料的研究[J]. 中国塑料, 2005, 19(9):53-56.

- Li Zhiqi, Tao Jie, Li Yang, et al. Development of high toughness and high strength polypropylene[J]. China Plastics, 2005, 19(9):53-56.
- [15] 李敬媛,李又兵,史文,等.聚丙烯/玻璃纤维复合材料增强与增韧改性研究[J].中国塑料,2013,27(12):47-51.
- Li Jingyuan, Li Youbing, Shi Wen, et al. Reinforcement and Toughness of PP / GF composites[J]. China Plastics, 2013, 27(12):47-51.
- [16] Guo Jianbing, Zhang Kaizhou, Zhang Daohai, et al. Mechanical properties and morphology of long glass fiber reinforced PP composites[J]. Advanced Materials Research, 2013, 652-654:93-97.
- [17] Karsli N G, Aytac A. Effects of maleated polypropylene on the morphology, thermal and mechanical properties of short carbon fiber reinforced polypropylene composites[J]. Materials & Design, 2011, 32(7):4 069-4 073.
- [18] Kallel T K, Taktak R, Guermazi N, et al. Mechanical and structural properties of glass fiber - reinforced polypropylene (PPGF) composites[J]. Polymer Composites, 2017, doi:10.1002/pc.24369.
- [19] 杨红梅.玻璃纤维增强聚丙烯复合材料的研究进展[J].合成树脂及塑料,2002,19(3):49-52.
- Yang Hongmei. Advance in glass fiber reinforced polypropylene composite[J]. China Synthetic Resin & Plastics, 2002, 19(3):49-52.
- [20] Thomason J L, Vlug M A. Influence of fibre length and concentration on the properties of glass fibre-reinforced polypropylene:4. Impact properties[J]. Composites Part A: Applied Science & Manufacturing, 1997, 28(3):277-288.

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,本刊将优先刊登。

(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 10 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“工程塑料网”(http://www.epa1973.com),进入杂志社之页,点击“网上投稿”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。