

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2019.12.004

r-PE-HD / r-PET 纤维复合材料的制备与性能

阮文灵,毛亚鹏,李秋影,吴驰飞

(华东理工大学材料科学与工程学院高分子合金研究室,上海 200237)

摘要:以回收高密度聚乙烯(r-PE-HD)和回收聚对苯二甲酸乙二酯(r-PET)纤维为原料制备复合材料。r-PET 纤维通过对回收涤纶织物和回收土工膜进行开松、打碎而制成。为了改善 r-PE-HD 和 r-PET 的相容性,添加相容剂马来酸酐接枝 PE-HD (PE-HD-g-MAH) 改善 r-PE-HD 和 r-PET 纤维之间的界面粘合性。使用差示扫描量热仪、热重分析仪、万能试验机和冲击试验机研究复合材料的热性能和力学性能。结果表明,添加相容剂后, r-PE-HD 与 r-PET 纤维之间的界面结合得到改善。当相容剂含量为 10 份时,以回收涤纶织物制备出的 r-PET (r-PET1) 纤维与 r-PE-HD 进行共混,复合材料界面结合性最好,拉伸强度和冲击强度最高;而当相容剂含量为 7 份时,用土工膜制备的 r-PET (r-PET2) 纤维与 r-PE-HD 进行共混,复合材料界面结合性最好,拉伸强度和冲击强度最高。在 r-PE-HD / r-PET1 体系中,当相容剂含量较高时, r-PE-HD 的熔点和结晶温度均明显下降;而在 r-PE-HD / r-PET2 体系中,未加相容剂时 r-PE-HD 的熔点和结晶温度较纯 r-PE-HD 有明显下降,随后增加相容剂含量,熔点和结晶温度变化不大。

关键词:回收高密度聚乙烯;回收聚对苯二甲酸乙二酯纤维;相容性

中图分类号: TQ322 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2019)12-0021-06

Preparation and Properties of r-PE-HD / r-PET Fiber Composites

Nguyen Van-linh, Mao Yapeng, Li Qiuying, Wu Chifei

(Polymer Alloy Lab, School of Materials Sci. and Tech., East China University of Sci. and Tech., Shanghai 200237, China)

Abstract : Composite materials were prepared with recycled high density polyethylene (r-PE-HD) and recycled poly(ethylene terephthalate) (r-PET) fibers. The PET fibers were obtained by open-loosen and broken on the recycled fabric wastes and the recycled geomembrane. In order to improve the compatibility of r-PE-HD and r-PET fibers, the addition of PE-HD-g-MAH compatibilizer enhanced the interfacial adhesion between r-PE-HD and r-PET fibers. The thermal and mechanical properties of the composites were investigated by using a differential scanning calorimeter, a thermogravimetric analyzer, a universal testing machine and impact testers and so on. The results show that the interface adhesion between r-PE-HD and r-PET fibers is improved after the addition of the compatibilizer. When the content of the compatibilizer is 10 phr, the r-PET (r-PET1) fibers are prepared by recycled fabric wastes and blended with r-PE-HD, the composite has the best interface adhesion, the highest tensile strength and impact strength. When the compatibilizer content is 7 phr, the r-PET (r-PET2) fibers are prepared by recycled geomembrane and blended with r-PE-HD, the composite has the best interface adhesion, the highest tensile strength and impact strength. When the compatibilizer content increases in the r-PE-HD / r-PET1 system, the melting point and crystallization temperature of r-PE-HD are significantly decreased, while in the r-PE-HD / r-PET2 system without adding the compatibilizer, the melting point and crystallization temperature of r-PE-HD are significantly decreased compared with those of pure r-PE-HD, and then increasing the compatibilizer content, the melting point and crystallization temperature don't change much.

Keywords : recycled high density polyethylene ; recycled poly(ethylene terephthalate) fiber ; compatibility

高密度聚乙烯 (PE-HD) 和聚对苯二甲酸乙二酯 (PET) 是使用最广泛的两种包装材料^[1]。另外,

PET 还广泛应用于纺丝和薄膜制造^[2]。然而,聚烯烃和 PET 在广泛使用的同时也产生了大量废物。

通讯作者:李秋影,副教授,主要从事聚合物合金研究 Email : liqy@ecust.edu.cn

收稿日期:2019-10-13

引用格式:阮文灵,毛亚鹏,李秋影,等. r-PE-HD / r-PET 纤维复合材料的制备与性能 [J]. 工程塑料应用,2019,47(12) : 21-26.

Nguyen Van-linh, Mao Yapeng, Li Qiuying, et al. Preparation and properties of r-PE-HD / r-PET fiber composites[J]. Engineering Plastics Application,2019,47(12) : 21-26.

传统的处理方法(如焚化和填埋)造成严重的环境污染。因此,如何处理废旧塑料已成为每个国家迫在眉睫要解决的问题。已有研究表明回收 PE-HD (r-PE-HD) 可用于建筑材料^[3],若将回收 PET (r-PET) 与 r-PE-HD 复合,不仅可以提高 r-PE-HD 的性能,而且有助于保护环境并降低材料的成本。但是,聚烯烃和 PET 的极性差异很大,这导致两者之间的界面粘合性不足,从而使材料的性能下降^[4-6]。所以,提高两者间的界面结合性对改善材料的性能尤为重要。

许多文献对 r-PET 和 r-PE-HD 进行了研究。王志钢等^[7]使用打浆处理 PET 织物并以所获得 r-PET 纤维作为 PE-HD 增强材料,以马来酸酐接枝聚乙烯 (PE-g-MAH) 作为增容剂,采用熔融共混及注射成型法制备了纤维增强 PE-HD 复合材料,结果表明纤维能均匀分散在基体中且力学性能有所提升。R. S. Chen 等^[8]使用双螺杆挤出机制备 r-PE-HD/r-PET 复合材料,以甲基丙烯酸缩水甘油酯接枝聚乙烯 (PE-g-GMA) 为相容剂,研究表明当 r-PE-HD/r-PET 质量比为 75/25 时,添加用量为 5 份的相容剂后,两相的结合性和力学性能有明显的改善。刘冰^[9]研究了 r-PET 与聚烯烃的共混改性,结果表明当 r-PET 与回收聚丙烯 (r-PP) 共混时,PP-g-GMA 为较好的相容剂,且最佳用量为 r-PET 质量的 10%,成核剂提高了 r-PET/r-PP 的冲击强度,且最佳用量为 r-PP 质量的 0.1%;而 r-PET 与 r-PE-HD 共混时,两者的质量比为 3:7 时的综合力学性能最好,马来酸酐接枝 PE-HD (PE-HD-g-MAH) 为较好的相容剂,且最佳用量为共混体系质量的 8%。胡益兴等^[10]讨论了复合增韧剂含量对 r-PE-HD 性能的影响,分析表明随着增韧剂含量的增加 r-PE-HD 的拉伸和弯曲强度下降,冲击强度明显增加,在增韧剂质量分数超过 20% 后,增韧作用减缓。辛闻^[11]用废旧周转筐制备 r-PE-HD,然后用 r-PE-HD 和浴缸破碎料制备管道料,分别比较了三种填充料的增强效果,发现当回收玻璃纤维的添加量为 20 份时材料性价比最高,在体系中加入质量分数为 5% 的 PE-g-MAH 可改善界面性能。Y. Tao 等^[12]指出了聚烯烃接枝 GMA 和 MAH 与 PET 相互作用的机理。

笔者以涤纶织物和 PET 土工膜为研究对象,通过开松和打碎过程将涤纶织物和土工膜制备成 r-PET 纤维,然后将其与 r-PE-HD 通过熔融共混制备 r-PE-HD/r-PET 纤维复合材料。为了使 r-PE-

HD 基体和 r-PET 纤维间的结合更好,选用 PE-HD-g-MAH 为相容剂来改善复合材料的界面粘结性并进一步提高力学性能,从而为废旧 PE-HD 及废旧涤纶织物和 PET 土工膜的回收再利用提供参考。

1 实验部分

1.1 主要原料

涤纶织物和 PET 土工膜:英纳新材料有限公司;

r-PE-HD 再生颗粒:日本 Konica Minolta 公司;

PE-HD-g-MAH:广州圣塑化工有限公司。

相容剂 PE-HD-g-MAH 的性能参数见表 1。

表 1 PE-HD-g-MAH 增容剂的性能参数

项 目	参 数
外观	白色或浅黄色颗粒
接枝率/%	1.5~2.0
熔体流动速率/[g/(10 min) ⁻¹]	1~3
密度/(g·cm ⁻³)	0.94
熔点/℃	135
拉伸强度/MPa	>18

1.2 主要仪器与设备

扭矩流变仪:LB-100 型,上海思尔达科学仪器有限公司;

差示扫描量热 (DSC) 仪:PC 200 型,德国耐弛公司;

热重 (TG) 分析仪:TGA 209 F1 型,德国耐弛公司;

傅立叶变换红外光谱 (FTIR) 仪:iS50 型,美国尼高力仪器公司;

扫描电子显微镜 (SEM):S-4800 型,日本电子公司;

计算机控制电子万能试验机:WSM-20KN 型,长春智能试验机研究所;

冲击试验机:JJ-20 型,长春智能仪器设备有限公司。

1.3 复合材料制备

r-PET 纤维的制备工艺流程分为两个阶段:首先,对涤纶织物或土工膜进行开松,然后采用破碎机对其打碎制备 r-PET 纤维。由涤纶织物、土工膜制出的纤维依次标记为 r-PET1 和 r-PET2。

将 r-PET 纤维浸入 0.01 mol/L 的 NaOH 溶液,在 80℃ 下煮沸 1 h,然后用去离子水洗涤 3~4 次,在 100℃ 烘箱中放置 18 h 进行干燥处理。将 r-PE-HD 在 60℃ 的烘箱中干燥 10 h。将 r-PE-HD 和 r-PET1, r-PET2 分别在扭矩流变仪上进行熔融共混,加工温度均设为 190℃,共混时间为 8~10 min,混

合物的总质量不超过 67 g。具体配方列于表 2,将纯 r-PE-HD 和 r-PE-HD/r-PET1 质量比为 80/20, r-PE-HD/r-PET2 质量比为 80/20 的复合材料配方体系依次标记为 0[#], 1[#], 2[#]。

表 2 PE-HD/r-PET 纤维复合材料各组分含量 份

材料编号	r-PE-HD	r-PET1	r-PET2	PE-HD-g-MAH
0 [#]	100			
1 [#] -0	80	20		0
1 [#] -5	80	20		5
1 [#] -7	80	20		7
1 [#] -10	80	20		10
1 [#] -15	80	20		15
2 [#] -0	80		20	0
2 [#] -5	80		20	5
2 [#] -7	80		20	7
2 [#] -10	80		20	10
2 [#] -15	80		20	15

1.4 测试与表征

DSC 测试: 采用氮气气氛, 首先以 50℃/min 的速率从 25℃加热到 300℃, 恒温 3 min 以消除热历史, 然后以 10℃/min 的速度冷却至 30℃, 以确定结晶温度 (T_c); 最后, 以 10℃/min 的速率加热到 300℃, 以确定熔点 (T_m)。

TG 测试: 采用氮气气氛, 将试样以 10℃/min 的速率从 25℃加热到 600℃, 氮气流速为 40 mL/min, 以确定最大分解速率温度 (T_{cmax}) 和质量损失 5% 时的温度 ($T_{5\%}$), 试样质量约 5 mg。

通过 FTIR 分析相容剂与 r-PET 纤维的化学反应。

SEM 分析: 将试样浸入液氮中约 10 min, 然后迅速取出并淬断, 对断面进行喷金处理 60 s 以提高导电性, 然后使用 SEM 在 15 kV 的加速电压下观察复合材料的微观结构。

拉伸强度按 GB/T 1040-1992 测试, 试样尺寸为 100 mm × 10 mm × 4 mm, 拉伸速率为 10 mm/min。

冲击强度按 GB/T 1043-1993 测试。

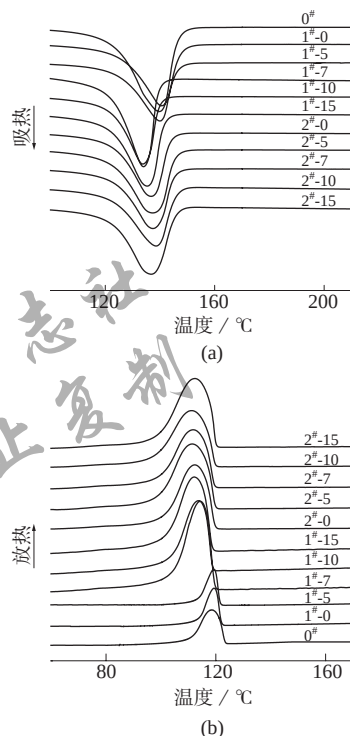
2 结果与讨论

2.1 热性能分析

(1) DSC 分析。

图 1 为各 r-PE-HD/r-PET 纤维复合材料的 DSC 曲线。表 3 列出了 r-PE-HD 在各复合材料中的 T_c 和 T_m 。从表 3 可以看出, 对于 1[#] 系列体系, 1[#]-0 体系中 r-PE-HD 的 T_m 略高于 0[#], 但添加相容剂后, r-PE-HD 的 T_m 呈下降趋势, 其中 1[#]-7, 1[#]-10 和 1[#]-15 体系中 r-PE-HD 的 T_m 降低明显。从结晶曲

线和数据可以看出, 1[#]-0 体系中 r-PE-HD 的 T_c 与 0[#] 相比有所升高, 但是当添加相容剂后, r-PE-HD 的 T_c 呈下降趋势, 1[#]-7, 1[#]-10 和 1[#]-15 体系中 r-PE-HD 的 T_c 下降明显, 其变化趋势与 T_m 基本类似。这可能是由于相容剂的塑化效应引起的^[13]。对于 2[#] 系列体系, 2[#]-0 体系中 r-PE-HD 的 T_m 和 T_c 比 0[#] 有明显降低, 但添加相容剂后, 随着相容剂含量的增加, T_m 和 T_c 变化不大。



a—升温曲线; b—降温曲线

图 1 PE-HD/r-PET 纤维复合材料的 DSC 曲线

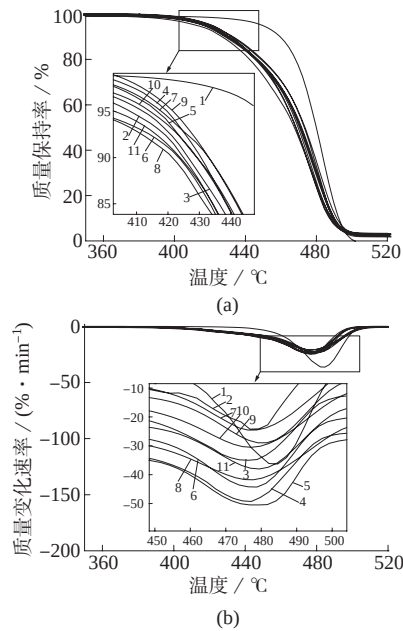
表 3 PE-HD 在复合材料中的 T_c 和 T_m °C

材料编号	T_c	T_m
0 [#]	118.5	139.7
1 [#] -0	119.4	140.6
1 [#] -5	119.2	140.0
1 [#] -7	114.4	134.0
1 [#] -10	113.7	133.8
1 [#] -15	112.2	135.3
2 [#] -0	112.4	136.8
2 [#] -5	111.4	137.2
2 [#] -7	111.7	137.4
2 [#] -10	111.2	138.7
2 [#] -15	112.3	136.7

(2) TG 分析。

图 2 为各 r-PE-HD/r-PET 纤维复合材料的 TG 和 DTG 曲线。表 4 列出了复合材料的 T_{cmax} 和 $T_{5\%}$ 。

由表 4 可以看出, 与 0[#] 体系相比, 1[#]-0 体系的 T_{cmax} 下降明显, 添加相容剂后, 1[#]-5 体系的 T_{cmax} 与



1—0[#]; 2—1[#]-0; 3—1[#]-5; 4—1[#]-7; 5—1[#]-10; 6—1[#]-15;
7—2[#]-0; 8—2[#]-5; 9—2[#]-7; 10—2[#]-10; 11—2[#]-15

a—TG 曲线; b—DTG 曲线

图2 PE-HD/r-PET 纤维复合材料的 TG 和 DTG 曲线

表4 PE-HD/r-PET 纤维复合材料的 T_{cmax} 和 $T_{5\%}$ / °C

材料编号	T_{cmax}	$T_{5\%}$
0 [#]	483.6	453.3
1 [#] -0	478.0	412.1
1 [#] -5	478.2	416.6
1 [#] -7	476.7	419.7
1 [#] -10	480.5	418.8
1 [#] -15	477.2	421.6
2 [#] -0	477.3	418.8
2 [#] -5	476.9	417.8
2 [#] -7	480.3	419.1
2 [#] -10	477.0	417.2
2 [#] -15	479.0	419.5

未添加相容剂的相比没有变化,1[#]-7 体系的 T_{cmax} 下降了 1.3 °C,而当相容剂含量提高至 10 份时,1[#]-10 体系的 T_{cmax} 相比未添加相容剂的提高了 2.5 °C,但当相容剂含量为 15 份时,1[#]-15 体系的 T_{cmax} 又有所下降。在 2[#] 系列体系中, T_{cmax} 的变化趋势与 1[#] 系列体系基本相似,当相容剂含量为 7 份时 T_{cmax} 达到最大值,之后再提高相容剂含量 T_{cmax} 也有所降低。这可能是由于当相容剂含量较低时,其接枝官能团与 PET 端基之间的反应不彻底,导致基体与纤维的粘合性没有明显提高,因此 T_{cmax} 提高不明显;进一步增加相容剂含量则由于反应完整改善了两者的粘附性^[12] 从而提高了 T_{cmax} ;当相容剂含量继续增大时, T_{cmax} 有降低趋势,这可能是由于相容剂过多时,会引起凝聚效应,影响相容剂的流动性,导致其不能

均匀分散在共混体系中从而使相容效果下降^[14-15]。在 DTG 曲线(图 2b)中,出现了峰形不对称现象,这可能是由于不同组分整体分解所引起的^[16]。相比 0[#] 体系,1[#]-0 和 2[#]-0 体系的 $T_{5\%}$ 下降明显,但随着相容剂含量的增加 $T_{5\%}$ 的变化趋势与 T_{cmax} 不相同,其中,1[#] 系列体系的 $T_{5\%}$ 总体呈升高趋势,而 2[#] 系列体系的 $T_{5\%}$ 变化幅度较小,与未加相容剂的体系差异较小。

2.2 FTIR 分析

图 3 为各 r-PE-HD/r-PET 纤维复合材料的 FTIR 谱图。从图 3 可以看出, PE-HD-g-MAH 的羰基吸收峰为 1787.21 cm^{-1} ,但在复合材料中不明显,表明 MAH 与 r-PET 的端基发生反应,图 4 给出了 r-PET 与 PE-HD-g-MAH 发生化学反应的机理^[17]。图 3 中 1[#] 系列体系中相容剂含量为 15 份时,以及 2[#] 系列体系中相容剂含量为 10 份,15 份时,相应谱图在 1787.21 cm^{-1} 附近还存在比较小的吸收峰,这表明在复合材料中可能还残留 MAH。

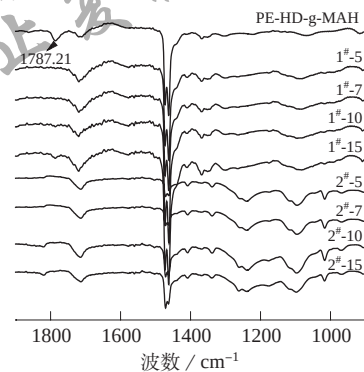


图3 PE-HD/r-PET 纤维复合材料的 FTIR 谱图

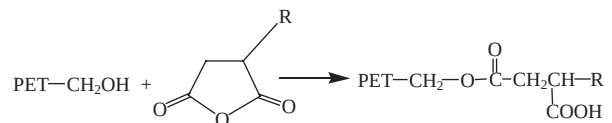


图4 PET 与 PE-HD-g-MAH 的反应机理^[17]

2.3 微观结构分析

图 5 和图 6 分别为 1[#] 和 2[#] 系列体系的 SEM 照片。由图 5 和图 6 可以看出,在没有添加相容剂的情况下, r-PET 纤维和 r-PE-HD 界面之间存在明显缝隙,界面粘合性差。在 1[#] 系列体系中,当相容剂含量较低时,如 1[#]-5,1[#]-7 的界面处还存在较小缝隙,相容剂含量提高到 10 份时,1[#]-10 体系界面粘合性有明显的改善,而 1[#]-15 体系的界面处又出现了缝隙。在 2[#] 系列体系中,也存在类似情况,相容剂含量较低时如 2[#]-5 体系的界面处还存在缝隙,2[#]-7 体系的界面粘合性有明显改善,当进一步增加相容

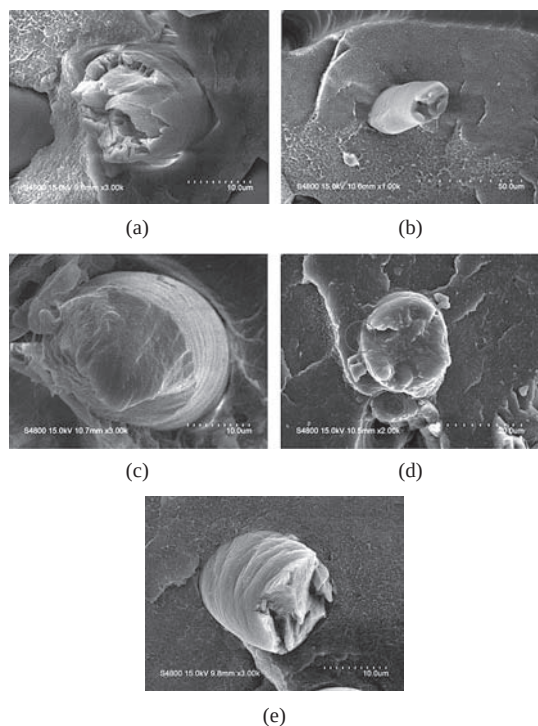
a—1[#]-0; b—1[#]-5; c—1[#]-7; d—1[#]-10; e—1[#]-15

图5 PE-HD/r-PET1 纤维复合材料的 SEM 照片

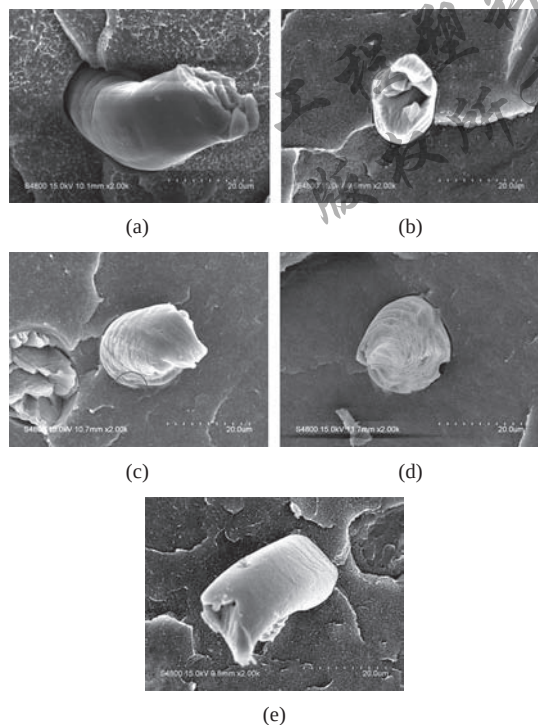
a—2[#]-0; b—2[#]-5; c—2[#]-7; d—2[#]-10; e—2[#]-15

图6 PE-HD/r-PET2 纤维复合材料的 SEM 照片

剂含量时,界面处又出现缝隙。这是由于当相容剂含量较少时,r-PET 与 MAH 反应不完整使得相容剂起到的作用不明显,而如果相容剂含量过多时,由于凝聚效应使相容剂的流动性降低,导致相容剂在

共混体系中不均匀分散,影响了 MAH 与 r-PET 反应的完全性,FTIR 分析结果也表明当相容剂含量较高时,共混后 MAH 还残留在材料中,也证明了高含量相容剂的不均匀分布。

2.4 力学性能分析

图7和图8为各 r-PE-HD/r-PET 纤维复合材料的拉伸强度和冲击强度。由图7可以看出,与纯 r-PE-HD 相比,未加相容剂的 1[#] 和 2[#] 体系的拉伸强度均下降,原因是 r-PET 纤维与 r-PE-HD 的相容性差。添加相容剂后各体系的拉伸强度均随相容剂含量增加呈先升高后降低趋势,在 1[#] 系列体系中,当相容剂含量为 10 份时拉伸强度最大,在 2[#] 系列体系中,当相容剂含量为 7 份时拉伸强度达到最大值,原因是添加相容剂后, r-PET 纤维与 r-PE-HD 在界面处的粘合性得到改善,从而使拉伸性能得到提高。

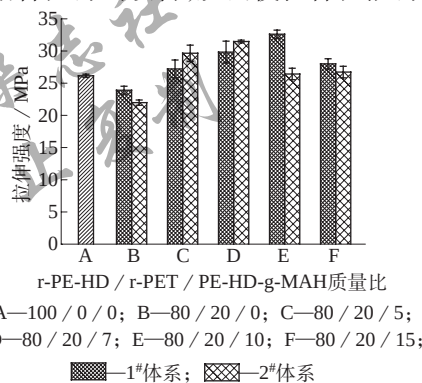


图7 PE-HD/r-PET 纤维复合材料的拉伸强度

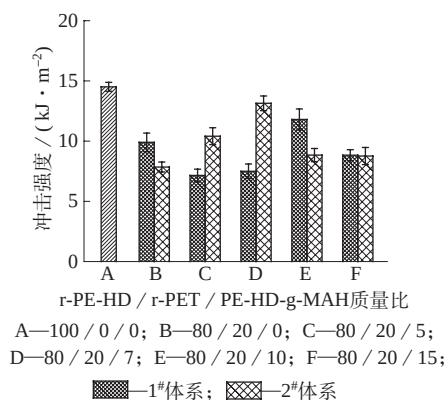


图8 PE-HD/r-PET 纤维复合材料的冲击强度

从图8可以看出,与纯 r-PE-HD 相比,各体系的冲击强度均下降,随相容剂含量增加,冲击强度也基本呈先升后降的趋势,在 1[#] 系列体系中冲击强度达到最大值时的相容剂含量为 10 份,在 2[#] 系列体系达到最大值时的相容剂含量为 7 份,与拉伸强度的最佳相容剂含量一致。这可能因为在各体系中当相容剂以其它含量加入到复合材料中时,基体与纤

维的粘合性不好,之间存在微观间隙,在外力作用下这些间隙容易扩展并连接形成宏观裂纹,从而使复合材料的冲击强度下降。

3 结论

(1) 在未添加相容剂时, r-PET 纤维与 r-PE-HD 基体的界面结合性差导致力学性能和热稳定性下降。采用相容剂 PE-HD-g-MAH 后,在 1[#] 系列体系中,相容剂含量为 10 份时复合材料的力学性能和 T_{cmax} 提高最明显;在 2[#] 系列体系中,相容剂含量为 7 份时复合材料的力学性能和 T_{cmax} 提高最明显。

(2) 在 1[#] 系列体系中,未加相容剂的复合材料体系中 r-PE-HD 的 T_m 和 T_c 略高于纯 r-PE-HD,但当相容剂含量增大时, r-PE-HD 的 T_m 和 T_c 都有明显下降;而在 2[#] 系列体系中,未加相容剂的复合材料体系中 r-PE-HD 的 T_m 和 T_c 较纯 r-PE-HD 都有明显下降,随后增加相容剂含量, r-PE-HD 的 T_m 和 T_c 变化不大。

参考文献

- [1] Pracella M, Pazzagli F, Galeski A. Reactive compatibilization and properties of recycled poly (ethylene terephthalate) / polyethylene blends[J]. Polymer Bulletin, 2002, 48(1):67-74.
- [2] Gupta V B, Bashir Z. PET fibers, films, and bottles: Sections 5-7[M]// Handbook of thermoplastic polyesters: homopolymers, copolymers, blends, and composites. Wiley-Blackwell, 2002:362-388.
- [3] Ingabire D, Ntiemuka F, Mugabo G, et al. Recycling high-density polyethylene (HDPE) into construction materials as a key step in plastic waste reduction: Case of Kigali City[J]. Rwanda Journal of Engineering, Science, Technology and Environment, 2018, 1(1). doi:10.4314/rjeste.v1i1.2S.
- [4] Khonakdar H A, Jafari S H, Mirzadeh S, et al. Rheology-morphology correlation in PET / PP blends: Influence of type of compatibilizer[J]. J Vinyl Addit Technol, 2013, 19:25-30.
- [5] Bettini S H P, De Mello L C, Munoz P A R, et al. Grafting of maleic anhydride onto polypropylene, in the presence and absence of styrene, for compatibilization of poly(ethylene terephthalate) / (ethylene-propylene) blends[J]. J Appl Polym Sci, 2013, 127:1 001-1 009.
- [6] Zhang X, Li B, Wang K, et al. The effect of interfacial adhesion on the impact strength of immiscible PP / PETG blends compatibilized with triblock copolymers[J]. Polymer, 2009, 50:4 737-4 744.
- [7] 王志钢, 奚文灏, 周靖博, 等. 回收 PET 纤维增强 HDPE 复合材料的制备与性能研究 [J]. 塑料工业, 2015, 43(10):35-39.
- [8] Chen R S, Ab Ghani M H, Salleh M N, et al. Influence of blend composition and compatibilizer on mechanical and morphological properties of recycled HDPE / PET blends[J]. Materials Sciences and Applications, 2014, 5(13):943-952.
- [9] 刘冰. 回收 PET / 聚烯烃共混改性研究及其在重包装编织袋中的应用 [D]. 北京: 北京化工大学, 2014.
- [10] 胡益兴, 史军华, 杜亚平, 等. 复合增韧改性剂对废旧聚乙烯性能的影响研究 [J]. 包装学报, 2016, 8(2):1-7.
- [11] 辛闻. 回收 PE 的改性及管道专用料的研究 [D]. 武汉: 武汉大学, 2016.
- [12] Tao Y, Mai K. Non-isothermal crystallization and melting behavior of compatibilized polypropylene / recycled poly(ethylene terephthalate) blends[J]. European Polymer Journal, 2007, 43(8):3 538-3 549.
- [13] Chiu F C, Yen H Z, Lee C E. Characterization of PP / HDPE blend-based nanocomposites using different maleated polyolefins as compatibilizers[J]. Polymer Testing, 2010, 29(3):397-406.
- [14] Hale W, Keskkula H, Paul D R. Compatibilization of PBT / ABS blends by methyl methacrylate-glycidyl methacrylate-ethyl acrylate terpolymers[J]. Polymer, 1999, 40(2):365-377.
- [15] Sanchez S A, Calderas F, Manero O. Influence of maleic anhydride grafting on the rheological properties of polyethylene terephthalate-styrene butadiene blends[J]. Polymer, 2001, 42:7 335-7 342.
- [16] Chen S C, Zhang L H, Zhang G, et al. An Investigation and comparison of the blending of LDPE and PP with different intrinsic viscosities of PET[J]. Polymers, 2018, 10(2):147.
- [17] 王素慧. 基于织物自增强与纤维表面涂覆改性废弃涤纶纺织品的资源化利用 [D]. 上海: 华东理工大学, 2017.
- [18] Wang Zhigang, Xi Wenhao, Zhou Jingbo, et al. Preparation and properties of recycled PET fibers filled high-density polyethylene composites[J]. China Plastics Industry, 2015, 43(10):35-39.
- [19] Liu Bing. Modification of blending recycled PET / polyolefin and its application in the heavy packaging bag[D]. Beijing: Beijing University of Chemical Technology, 2014.
- [20] Xin Wen. Study on the modification of recycled HDPE and the material for pipeline[D]. Wuhan: Wuhan Institute of Technology, 2016.
- [21] Wang Suhui. Resource recovery of waste polyester textile based on fabric autofretage and fiber surface coating modification[D]. Shanghai: East China University of Science and Technology, 2017.