

PA6/PUR-T/GF 复合材料的力学性能研究^{*}

蔡力锋 王缸荣 林志勇

(莆田学院环境与生命科学学院,莆田 351100) (华侨大学材料科学与工程学院,泉州 362021)

摘要 采用熔融挤出法制备了尼龙(PA)6/热塑性聚氨酯(PUR-T)/玻璃纤维(GF)复合材料,研究了复合材料的力学性能及其断面形貌。结果表明,PA6/PUR-T复合材料的拉伸强度和拉伸弹性模量较纯PA6明显降低,PA6/PUR-T/GF复合材料的拉伸强度和拉伸弹性模量明显高于PA6/PUR-T复合材料,当GF质量分数超过30%时,PA6/PUR-T/GF复合材料的拉伸强度和拉伸弹性模量高于纯PA6。PA6/PUR-T/GF复合材料的冲击性能也明显优于纯PA6,体现了GF和PUR-T对PA6的协同增强和增韧。

关键词 尼龙6 热塑性聚氨酯 玻璃纤维 复合材料 力学性能 断面形貌

尼龙(PA)6是一种性能优异的工程塑料,具有强度高、耐磨、自润滑、易于加工成型等特点,但其在干态和低温下冲击韧性差,限制了其应用领域^[1]。选择合适的改性剂对PA6进行改性,使其向高冲击强度、高性能化方向发展成为该领域的研究热点^[2-4]。

聚合物共混改性因其工艺简单,而且能够得到性能连续变化的材料,所以其研究和应用得到很大的发展。热塑性聚氨酯弹性体(PUR-T)兼有塑料和橡胶的特性,其作为弹性体可以在较宽的温度范围内仍能保持较好的弹性,具有良好的耐低温性能,且冲击脆化温度低于-60℃,在某些性能上能够与PA6形成良好的互补。有研究表明,采用PUR-T共混改性聚合物,在提高材料韧性的同时,降低了材料的强度^[5-6]。玻璃纤维(GF)增强是提高聚合物性能的有效方法,笔者采用熔融挤出法制备了PA6/PUR-T/GF复合材料,结合其断面形貌分析研究了GF和PUR-T对复合材料力学性能的影响。

1 实验部分

1.1 原材料

聚酯型PUR-T粒料:注塑级,福建晋江361度体育用品有限公司;

PA6粒料:CM1017,日本东丽公司;

GF:EC14-76×15,北京长城塑料增强材料厂。

1.2 仪器与设备

双螺杆挤出机:SJSH-53/32型,南京橡塑机械厂;

高速搅拌机:SHR-25A型,江苏张家港市轻工机械厂;

电子万能试验机:CMT-6104型,深圳新三思计量技术有限公司;

悬臂梁冲击试验机:XCJ-40型,河北省承德市材料试验机厂;

扫描电子显微镜(SEM):S-3500N型,日本Hitachi公司。

1.3 PA6/PUR-T/GF复合材料的制备

将干燥后的PA6与GF按表1比例经双螺杆挤出机熔融挤出造粒制成母料,然后按一定配比与干燥的PUR-T粒料经高速搅拌机混合均匀,用双螺杆挤出机熔融挤出造粒,干燥后注塑成测试用标准试样。试样配方按质量分数计。

表1 试样配方			%
试样编号	PA6	PUR-T	GF
1 [#]	100		
2 [#]	92	8	
3 [#]	82	8	10
4 [#]	72	8	20
5 [#]	62	8	30
6 [#]	52	8	40

1.4 测试与表征

(1) 力学性能测试

拉伸性能按GB/T 1040-1992测试,每组7条试样,取平均值。

悬臂梁缺口冲击强度按照GB/T 1843-2008测试,试样尺寸为80 mm×10 mm×4 mm,缺口类型为A型,摆锤能量0.5 J,跨距60 mm,缺口正置,每组7条试样,取平均值。

(2) SEM分析

试样拉伸断面与冲击断面直接喷金,在SEM下观察其断面形貌,并拍照。

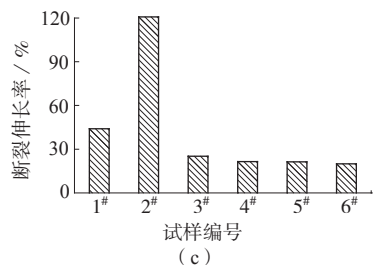
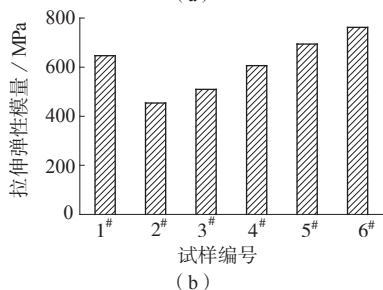
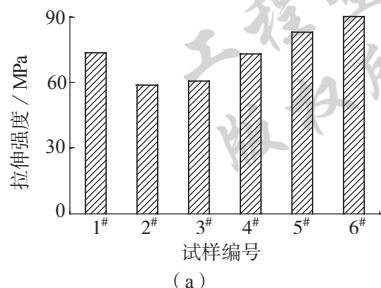
^{*} 国家自然科学基金项目(50673030),教育部科学技术研究重点项目(207146),福建省自然科学基金项目(E0710014)

收稿日期:2009-12-17

2 结果与讨论

2.1 拉伸性能及拉伸试样断面形貌

图 1 示出不同试样的拉伸性能。从图 1 可以看出, PA6/PUR-T 复合材料的拉伸强度和拉伸弹性模量较纯 PA6 明显降低, 而断裂伸长率显著提高。这是因为分散相 PUR-T 的弹性模量低于连续相 PA6 的弹性模量, 复合材料在拉伸作用力下, 产生应力集中效应和热缩应力, 易于使基体树脂在不太大的拉伸应力下引发大量银纹或剪切带, 从而使材料的拉伸强度和拉伸弹性模量下降; 而且, 由于 PA6 和 PUR-T 的相容性较好, PUR-T 在 PA6 基体中分散均匀, 且两相界面结合较好, 从而显著提高了材料的断裂伸长率^[5-6]。PA6/PUR-T/GF 复合材料的拉伸强度和拉伸弹性模量明显高于 PA6/PUR-T 复合材料, 当 GF 质量分数超过 30% 时, 拉伸强度和拉伸弹性模量均优于纯 PA6。这是由于在 PA6/PUR-T/GF 复合材料中, GF 是主要的承力组分^[7-8], 当受到载荷时, 断裂直接通过界面作用, 将基体所承受的载荷传递给纤维, 通过 GF 轴向传递, 应力被迅速扩散, 阻止裂纹的增长, 当载荷累积达到纤维强度以上时,

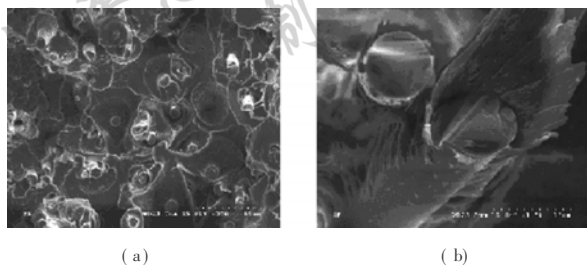


a—拉伸强度; b—拉伸弹性模量; c—断裂伸长率

图 1 不同试样的拉伸性能

纤维断裂, 复合材料也被破坏, 发挥了良好的增强作用; 同时这在一定程度上起到了力的分散作用, 即能量的分散作用, 从而提高了材料承受外力作用的能力, 在宏观上表现为复合材料拉伸强度等力学性能大幅度提高。此外, 从图 1 可以看出, 纤维含量对 PA6/PUR-T/GF 复合材料断裂伸长率的影响不大。

图 2 为 PA6/PUR-T/GF (62/8/30) 复合材料的拉伸断面形貌。由图 2a 可以看出, 在拉伸应力作用下, 断口表面出现大量以 GF 为中心的圆形孔洞, 由图 2b 可以看出, GF 和基体聚合物之间存在一定的界面粘结, 使基体在 GF 拉伸断裂时呈现以 GF 为中心的屈服断裂, 而不是 GF 简单被拔出留下平整的孔洞。同时, 断裂面大多呈平整或钝形, 说明 GF 起到了主要的拉伸承载作用。这与 PA6/PUR-T/GF 复合材料拉伸强度和拉伸弹性模量大幅度提高的结果相一致。



(a) (b)

a—放大 300 倍; b—放大 1500 倍

图 2 PA6/PUR-T/GF 复合材料拉伸断面形貌

2.2 冲击性能及冲击试样断面形貌

图 3 为不同试样的缺口冲击强度。由图 3 可以看出, PA6/PUR-T 复合材料的冲击强度较纯 PA6 显著提高, 说明弹性体 PUR-T 显著改善了 PA6 的韧性。PA6/PUR-T/GF 复合材料较 PA6/PUR-T 复合材料缺口冲击强度的变化不大, 但缺口冲击强度明显优于纯 PA6。

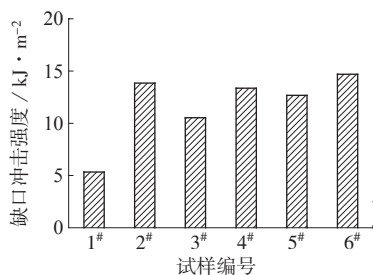


图 3 不同试样的缺口冲击强度

图 4 为 PA6/PUR-T/GF (62/8/30) 复合材料冲击断面形貌。从图 4 可以看出, 从基体拔出的 GF 表面布满基体树脂, 说明 GF 和基体聚合物之间存在一定的界面粘结, 可以缓冲外界作用力对材料的

冲击^[9]。结合拉伸性能结果表明, GF 和 PUR-T 的协同作用可以实现对 PA6 的增强和增韧。

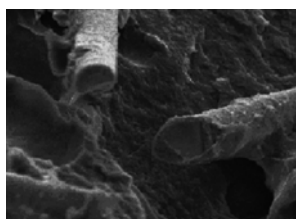


图4 PA6/PUR-T/GF 复合材料冲击断面形貌

3 结论

(1) PA6/PUR-T/GF 复合材料的拉伸强度和拉伸弹性模量明显高于 PA6/PUR-T 复合材料, 当 GF 质量分数超过 30% 时, 拉伸强度和拉伸弹性模量均高于纯 PA6, 体现了高性能纤维的增强效果。

(2) PA6/PUR-T/GF 复合材料的冲击性能明显优于纯 PA6。试样断面形貌与性能测试结果一致。

(3) GF 和 PUR-T 的协同作用可以实现对 PA6 的增强和增韧。

参考文献

- [1] 福本修. 聚酰胺树脂手册[M]. 施祖培, 杨维榕, 唐立春, 译. 北京: 中国石化出版社, 1994.
- [2] 林志勇, 林金清, 曾汉民. 表面处理对 PA6 /CF 复合材料力学性能与破坏形态的影响[J]. 工程塑料应用, 2005, 33(7): 4-6.
- [3] 熊玉竹, 田瑶珠, 涂铭旌. 短切玻纤增强尼龙 6 的缺口拉伸性能[J]. 工程塑料应用, 2009, 37(5): 60-63.
- [4] Filippo S, Sebastiano B, Salvatore B, et al. Reactions occurring during the melt mixing of nylon 6 and oxazoline-cyclophosphazene units, *Macromolecules*, 2009, 42(15): 5 579-5 592.
- [5] 马晓峰, 朱国强, 李新法, 等. PA6/TPU 共混物的力学性能研究[J]. 塑料工业, 2008, 36(5): 19-21.
- [6] 王经武. 塑料改性技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [7] 高志秋, 陶伟, 金文兰. 长玻纤增强尼龙 6 复合材料研究[J]. 工程塑料应用, 2001, 29(7): 2-5.
- [8] 张士华, 陈光, 崔崇, 等. 偶联剂处理对玻璃纤维/尼龙复合材料力学性能的影响[J]. 复合材料学报, 2006, 23(3): 31-36.
- [9] 郭雪娇, 苑会林, 李大鹏. 玻璃纤维增强改性聚苯醚的研究[J]. 工程塑料应用, 2008, 36(9): 8-11.

INVESTIGATIONS ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF PA6/PUR-T/GF TERNARY COMPOSITES

Cai Lifeng

(College of Environment and Life Science, Putian University, Putian 351100, China)

Wang Gangrong, Lin Zhiyong

(College of Materials Science and Engineering, Huaqiao University, Quanzhou 362011, China)

ABSTRACT PA6/PUR-T/GF ternary composites were prepared by melt extrusion and mechanical properties and fracture morphology were investigated. It was found that the introduction of PUR-T greatly reduced the tensile strength and modulus of PA6. However, compared with PA6/PUR-T binary compound, tensile strength and modulus of PA6/PUR-T/GF ternary composites were obviously improved, and such properties were even superior to pure PA6 when the content of GF exceeds 30%. By introducing GF and PUR-T, the impact strength of PA6 was greatly improved. PA6 was simultaneously toughened, strengthened and stiffened.

KEYWORDS PA6, PUR-T, GF, ternary composites, mechanical properties, fracture morphology

吉林碳纤维及汽车电子产业化基地被评为国家级

吉林省申报的长春汽车电子高新技术产业化基地和吉林碳纤维高新技术产业化基地经科技部评审, 被正式认定为国家级高新技术产业化基地。

长春国家汽车电子高新技术产业化基地依托长春软件园, 有大型骨干企业 5 家, 并且拥有国内唯一一家集汽车业管理软件与汽车电子产品于一体的专门从事汽车业 IT 产品及服务的上市公司——启明信息技术股份有限公司。目前, 基地重点建设项目包含 6 大领域, 21 个重点项目。计划用 5 年时间, 使产业规模突破 100 亿元, 在汽车电子市场上形成“中国创造”的商业品牌, 形成以启明公司为龙头企业、300 家骨干配套企业的产业联盟。

吉林国家碳纤维高新技术产业化基地依托吉林市化学工业循环经济示范园区, 拥有骨干企业 6 家, 在建项目 11 项, 计划总投资 40 多亿元, 已完成投资 13 亿元。研制的碳

纤维及系列产品经有关部门评价, 其结构与性能均达到日本东丽公司 T300 碳纤维产品水平。预计到 2012 年, 将建成国内最大、世界领先、安全环保的碳纤维生产应用基地, 实现年产值 50 亿元。

(中聚网)

塑料智能保鲜箱问世

上海心尔新材料科技股份有限公司成功开发了环保智能型蔬菜、水果保鲜集装箱。塑料箱最大的特点是环保、节能, 可实现蔬菜、水果的保鲜、保湿、保质。

该塑料箱的工作原理是将果蔬置于一个完全密封、有一定负压且温度、湿度、臭氧等环境指标可调的环境中, 通过调节、诱导和控制其呼吸, 让果蔬达到休眠状态, 并抑制微生物活性, 使其在成熟的条件下保鲜期延长至 60 d 以上。该产品的问世能够让边防哨所、海岛驻军、荒漠中石油钻井、地质勘探、远洋货轮和军队补给等特殊环境的工作人员每天都能够吃到新鲜的水果和蔬菜。

(中聚网)