

PA610/PC 合金的制备及其力学性能研究^{*}

罗楠 赵清香 刘民英 王玉东 胡雪梅 汪永伟

(郑州大学材料科学与工程学院, 郑州 450052)

摘要 分别选用环氧树脂(EP)及(乙烯/马来酸酐/甲基丙烯酸缩水甘油酯)三元共聚物(EMG)为增容剂,采用熔融挤出法制备了 PA610/PC/EP 合金和 PA610/PC/EMG 合金,并研究了这两种合金的力学性能。结果表明,在保持合金其它力学性能基本不变的情况下,当 PA610/PC/EP 的质量比为 75/25/2 时,合金的缺口冲击强度比未加入 EP 时提高了 83.7%,比纯 PA610 提高了 84.1%;而且在 PA610/PC(75/25)体系中加入 EMG 增容时,合金的缺口冲击强度也随其含量的增加而明显提高;在加入 9 份 EMC 的 PA610/PC/EMG 体系中再加入 2 份 EP 协同增容时,合金的缺口冲击强度比未增容时提高了 142.0%。

关键词 尼龙 610 聚碳酸酯 环氧树脂 (乙烯/马来酸酐/甲基丙烯酸缩水甘油酯)三元共聚物 合金 力学性能

尼龙 610(PA610)是一种重要的工程塑料,由己二胺和癸二酸通过熔融聚合或界面缩聚制得。PA610 的力学强度高,相对密度小,尺寸稳定,耐候性较好,吸水性优于 PA6 和 PA66,耐强碱,成型加工性能好,因此被广泛应用于制备精密机械零部件、仪表器件、家用电器部件、航空部件等^[1]。但是它的冲击强度较低、韧性较差,因而极大地限制了它的应用。而聚碳酸酯(PC)是具有突出冲击韧性、透明性和尺寸稳定性的无定形聚合物,具有优良的力学强度、电绝缘性,良好的耐蠕变性、耐候性,低吸水性、无毒性、自熄性,使用温度范围宽,是一种性能优良的工程塑料^[2]。但它也具有不耐溶剂及成型加工性能差的缺点。如果能通过熔融共混的方法制备 PA610/PC 合金,将改善 PA610 的冲击性能,拓宽其应用范围。但是 PA 和 PC 的共混物是热力学不相容体系,两相间因界面张力大、界面粘接力弱而导致分散状况不好,合金的力学性能差^[3]。多年来人们一直在探索能改善 PA 与 PC 共混物界面状况、控制相形态、提高共混物力学性能的方法,发现采用反应性增容剂增容不失为一种切实可行的办法,因此采用反应性增容剂增容不相容体系成为近年来研究的热点。这种反应性增容剂能在熔融共混过程中与组分物质发生化学反应而原位生成嵌段或接枝共聚物,增容效果较好^[4]。

因此,笔者选用双酚 A 型环氧树脂(EP)和(乙烯/马来酸酐/甲基丙烯酸缩水甘油酯)三元共聚物(EMG)为增容剂对 PA610/PC 体系进行了增韧改性,并采用熔融挤出法制备了 PA610/PC/EP 合金和 PA610/PC/EMG 合金,提高了 PA610 的冲击强度,

拓宽了其应用领域。

1 实验部分

1.1 主要原料

PA610: II 级,宜兴市化学试剂厂;

PC: L-1250Y,上海帝人化工有限公司;

双酚 A 型 EP: DYD-909,大连齐化化工有限公司;

EMG: KTJ-7A 型,沈阳科通塑胶科技有限公司。

1.2 设备、仪器

双螺杆挤出机: TE34 型,南京科亚公司;

电脑控制精密注塑机: F80WZ 型,宁波海天塑机有限公司;

万能制样机: HYW 型,河北承德试验机总厂;

电子万能试验机: CMT5104 型,深圳新三思试验设备有限公司;

悬臂梁冲击试验机: XCJ 型,吉林大学科教仪器厂。

1.3 试样制备

将 PA610 在鼓风烘箱中于 85℃ 烘 12 h, PC 于 120℃ 烘 12 h, EMG 于 55℃ 烘 6 h。按照配比在烘干的 PA610、PC 中分别或同时加入 EP 和 EMG 进行预混合,再按照表 1 的工艺条件用双螺杆挤出机进行熔融挤出、造粒。分别将所得的 PA610/PC/EP 粒料、PA610/PC/EMG 粒料和 PA610/PC/EMG/EP 粒料按照表 2 的注塑工艺条件注射成型,再用万能制样机制成标准试样。

^{*} 河南省杰出人才创新基金项目(0521001300)

收稿日期: 2007-03-16

表 1 PA610/PC 合金挤出工艺条件

机筒温度 /℃				机头温度 /℃
1 区	2 区	3 ~4 区	5 区	
210	230	235	230	218

表 2 PA610/PC 合金注塑工艺条件

机筒温度 /℃				模温 /℃	注塑压力 /MPa	保压压力 /MPa
1 区	2 区	3 区	4 区			
210	230	235	240	85	60	60

1.4 性能测试

拉伸性能按 GB/T 1040 - 1992 测试;
弯曲性能按 GB/T 9341 - 2000 测试;
冲击性能按 GB/T 1843 - 1996 测试。

2 结果与讨论

2.1 PC 含量对 PA610/PC 合金力学性能的影响

图 1 示出在 100 份 PA610/PC 体系中加入 2 份 EP 时, PC 含量对 PA610/PC 合金缺口冲击强度和拉伸强度的影响。

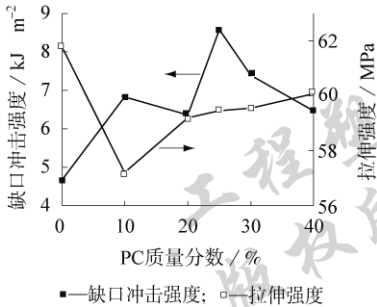


图 1 PC 含量对 PA610/PC 合金缺口冲击强度和拉伸强度的影响

从图 1 可以看出, 在 PC 的质量分数为 10% 时, PA610/PC 合金的缺口冲击强度有较大的提高, 明显高于 PC 的质量分数为 20% 时的缺口冲击强度。这可能是由于在熔融共混条件下 PA610 与 PC 发生了分子链间的化学反应^[5], 形成了 (PA/PC) 共聚物, 从而提高了合金的相容性所致。当 PC 的质量分数达到 25% 时, 合金的缺口冲击强度达到最大值, 比未加入 EP 时提高了 83.7%, 比纯 PA610 提高了 84.1%。这是由于 EP 的环氧基能够与 PA610 的 -NH₂ 和 PC 的 -COOH 发生反应, 从而增强了 PA610 与 PC 相容性的缘故。但是而后其缺口冲击强度又随 PC 含量的增加而开始降低, 这可能是由于 EP 在熔融共混的过程中先与 PA610 的 -NH₂ 发生反应 (PA610 的熔点比 PC 的粘流温度低), 且环氧基与酰胺基的反应速度比与羧基的反应速度快^[6], 因此在共混初期, PA610 已经消耗掉大量的环氧基; 随着 PC 含量的增加, 导致与 PC 反应的环氧基的比例减少, 从而使合金的相容性变差, 降低了合

金的缺口冲击强度。

从图 1 还可看出, PA610/PC 合金的拉伸强度随着 PC 含量的增加先降低后增加, 当 PC 的质量分数大于 20% 之后, 拉伸强度的增加趋于平缓。这是因为界面特征在多相共混物的拉伸过程中起到很重要的作用, 分散相与基体间的界面应力传递得不连续会导致界面的应力集中, 并导致共混物拉伸性能的降低^[7]; 加之 PA610 与 PC 是通过与 EP 的端基反应而连接在一起的, 化学连接非常牢固, 因此随着 PC 含量的增加, 合金的拉伸强度有所提高, 但由于 EP 含量不变, 当 PC 的含量增加很多时, 参与反应的 PC 有限, 对促进界面应力传递的作用不大, 因此拉伸性能的增加趋势较为平缓。

图 2 示出在 100 份 PA610/PC 体系中加入 2 份 EP 时, PC 含量对 PA610/PC 合金断裂伸长率和断裂强度的影响。由图 2 可知, PA610/PC 合金的断裂伸长率先增加后降低, 基本表现出与缺口冲击强度一致的情况。当 PC 的质量分数为 25% 时其断裂伸长率达到最大值, 比未加入 EP 时提高了 354.5%, 比纯 PA610 提高了 66.8%。而 PA610/PC 合金的断裂强度随着 PC 含量的增加而提高, 在 PC 的质量分数超过 25% 后基本趋于稳定。这说明 EP 的加入确实改善了 PA610 与 PC 之间的相容性, 提高了其界面粘接强度, 从而使多项性能提高。

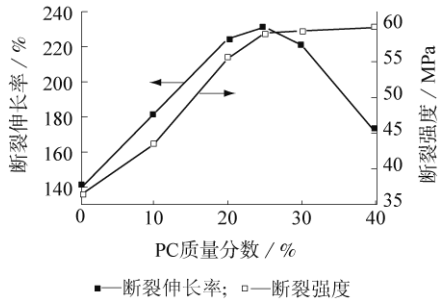


图 2 PC 含量对 PA610/PC 合金断裂伸长率和断裂强度的影响

2.2 EMG 含量对 PA610/PC 合金力学性能的影响

表 3 列出在 100 份 PA610/PC (75/25) 体系中分别加入 1、3、5、7、9 份 EMG 时的 PA6/PC 合金的力学性能。从表 3 可以看出, 随着 EMG 含量的增加, PA610/PC 合金的缺口冲击强度逐渐提高, 当加入 9 份 EMG 时, 合金的缺口冲击强度比未加入 EMG 时提高了 73.9%, 较纯 PA610 提高了 74.2%。但是, PA610/PC 合金的拉伸强度、拉伸屈服强度则随着 EMG 含量的增加而逐渐降低, 而其断裂强度随 EMG 含量的增加而先增加后降低, 总的来说都比未

表3 PA610/PC 合金的力学性能

配 比	拉伸强度 /MPa	断裂强度 /MPa	拉伸屈服强度 /MPa	断裂伸长率 /%	弯曲强度 /MPa	缺口冲击强度 /kJ · m ⁻²
PA610/PC(75/25)	56.52	42.90	56.41	50.87	39.20	4.67
PA610/PC/EMG(75/25/1)	68.47	48.83	68.46	61.99	45.84	4.03
PA610/PC/EMG(75/25/3)	65.46	49.42	65.45	111.02	43.89	4.73
PA610/PC/EMG(75/25/5)	63.37	49.65	63.36	121.25	42.30	6.26
PA610/PC/EMG(75/25/7)	60.57	48.00	60.56	126.90	41.38	7.54
PA610/PC/EMG(75/25/9)	57.78	47.29	57.78	135.70	39.25	8.12
PA610/PC/EMG/EP(75/25/9/2)	57.05	50.83	56.99	171.00	38.97	11.30

加入 EMG 的合金有一定的提高;合金的断裂伸长率随着 EMG 含量的增加而增大,尤其是在 EMG 的含量为 3 份以上时,断裂伸长率的变化非常明显,加入 9 份 EMG 时的断裂伸长率比未加入 EMG 时提高了 166.8%。这是因为 PC 容易与带环氧基团的 EMG 反应,而环氧基团和 EMG 中马来酸酐上的酸酐基团又容易与 PA610 分子链上的酰胺基、羧基和胺基反应,使得 EMG 起到了良好的增容作用,有利于 PC 与 PA610 界面的结合,从而有利于能量的传递,使得合金的韧性得到很大的提高。

考虑到 EMG 中的环氧基含量问题,在加入 9 份 EMG 的 PA610/PC 体系中又加入 2 份 EP 来协同增容。此种 PA610/PC 合金的力学性能也列于表 3。由表 3 可见,加入 2 份 EP 后,PA610/PC 合金的缺口冲击强度又有大幅度的提高,比未增容时提高了 142.0%,断裂伸长率比未增容时提高了 236.2%,断裂强度也有很大的提高,拉伸强度与拉伸屈服强度稍有提高,只有弯曲强度稍有降低。由此可见,EP 的加入进一步改善了 PA610 与 PC 的界面粘接性,使两者的界面应力传递更充分,分散相在基体中的分散更均匀,故合金材料的韧性得到大幅度提高。

3 结论

采用 EP 和 EMG 作为增容剂,分别对 PA610/PC 合金进行增容,使 PA610 与 PC 间的相容性得到了改善,提高了合金的缺口冲击强度。在加入 9 份

EMG 的 PA610/PC(75/25) 体系中再加入 2 份 EP 协同增容时,PA6/PC 合金的缺口冲击强度达到最大值。因此采用 EMG 和 EP 来共同增容 PA610/PC 合金是一种更为有效的方法。

参 考 文 献

[1] 王国明,颜德岳,卜海山.热历史对尼龙 610 熔融的影响[J]. 建筑材料学报,1998,1(1):77-81.

[2] 马之庚,陈开来.工程塑料手册(材料卷)[M].北京:机械工业出版社,2004:160-172.

[3] Chang Hyung Lee, Yong Moo Lee, Hyeong Ki Choi, et al. Effect of a functional triblock elastomer on morphology in polyamide 6/poly-carbonate blend. Polymer, 1999, 40: 6321-6327.

[4] oriuchi S, Matchariyakul N, Yase K, et al. Compatibilizing effect of a maleic anhydride functionalized SEBS triblock elastomer through a reaction induced phase formation in the blends of polyamide 6 and polycarbonate: 1. Morphology and interfacial situation. Polymer, 1996, 37(14): 3065-3078.

[5] Gattiglia E, Turturro A, Lamantia F P, et al. Blends of polyamide 6 and bisphenol-A polycarbonate: Effects of interchange reactions on morphology and mechanical properties[J]. J Appl Polym Sci, 1992, 46(11): 1887-1897.

[6] Tjong S C, Meng Y Z. Structural-mechanical relationship of epoxy compatibilized polyamide 6/polycarbonate blends[J]. Materials Research Bulletin, 2004, 39: 1791-1801.

[7] oriuchi S, Matchariyakul N, Yase K, et al. Compatibilizing effect of a maleic anhydride functionalized SEBS triblock elastomer through a reaction induced phase formation in the blends of polyamide 6 and polycarbonate: 2. Mechanical properties[J]. Polymer, 1997, 38(1): 59-78.

STUDY ON PREPARATION AND MECHANICAL PROPERTIES OF PA610/PC ALLOYS

Luo Nan, Zhao Qingxiang, Liu Mingying, Wang Yudong, Hu Xuemei, Wang Yongwei
(School of Materials Science and Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, China)

ABSTRACT Polyamide 610(PA610)/polycarbonate(PC) blends compatibilized with epoxy resin(bisphenol type-A) and EMG(a ternary copolymer of high molecular weight polyethylene, maleic anhydride and glycidyl methacrylate) were prepared by extrusion followed by injection molding. The mechanical properties of the prepared alloys were studied. The results showed that the notched izod impact strength was 183.7% higher than that of alloy without epoxy resin and was 184.1% higher than that of pure PA610 when the ratio of PA610/PC/EP was 75/25/2; the notched izod impact strength increased obviously with the content of EMG; when the mass fraction of EMG was 9phr in the PA610/PC(75/25) blend with 2 phr epoxy resin, the notched izod impact strength was 242.0% higher than that of alloy without any compatibilizer.

KEYWORDS nylon 610, polycarbonate, epoxy resin, EMG, alloy, mechanical property