

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2014.09.017

热氧老化对红磷阻燃 LGFPP 复合材料性能的影响^{*}

慈书亭¹, 魏涛¹, 郭建兵², 何敏¹, 张景中¹, 张道海²

(1. 贵州大学材料与冶金学院, 贵阳 550025; 2. 国家复合改性聚合物材料工程技术研究中心, 贵阳 550014)

摘要: 用熔融共混法制备了长玻纤增强聚丙烯/红磷 (LGFPP/RP) 复合材料, 并采用热烘箱老化法, 研究了 140℃ 条件下不同热氧老化时间对复合材料热氧老化性能的影响。结果表明, 随着老化时间的延长, 复合材料的结晶度减小, 力学性能显著下降。说明分子量降低, 发生了显著的热氧化降解。扫描电子显微镜显示, LGFPP/RP 复合材料表面出现了明显的网状裂纹, 局部范围还出现了较大的裂纹。PP 基体分子链的断裂以及长玻纤与 PP 基体间发生界面脱粘是导致 LGFPP/RP 复合材料宏观力学性能下降的主要原因。红外光谱表明, 随着热氧老化时间的延长, 试样表面会产生更多的生色基团使材料发生黄变, 说明 PP 基体分子链发生了老化断裂。

关键词: 长玻纤增强聚丙烯; 无卤阻燃; 红磷; 热氧老化; 复合材料

中图分类号: TQ325.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2014)09-0068-05

The Effect of Thermal-Oxidative Aging on the Properties of LGFPP/RP Flame Retardant System

Ci Shuting¹, Wei Tao¹, Guo Jianbing², He Min¹, Zhang Jingzhong¹, Zhang Daohai²

(1. College of Materials Science and Metallurgy Engineering, Guizhou University, Guiyang 550025, China;

2. National Engineering Research Center for Compounding and Modification of Polymeric Materials, Guiyang 550014, China)

Abstract: The composites based on long glass fiber reinforced polypropylene (LGFPP) and red phosphorus (RP) were prepared by melt blending. The thermal-oxidative aging properties of the composite with different thermal exposure time at 140℃ were studied by means of oven heating. The results show that the crystallinity decreases and the mechanical properties decrease significantly as the aging time lasted, which indicate the molecular weight of PP matrix decreases and significant thermal-oxidative degradation happens. It is seen by SEM obvious reticular crack appears on the surface of LGFPP/RP composite and larger cracks appeared in local scope. The results indicate that the fracture of the molecular chain of PP matrix and debonding of the interface between LGF and PP matrix are the main reason for the decline in the mechanical properties. The results of FTIR show that the sample surface produces more chromophore leading to material yellowing, which confirms the fracture of the molecular chain of PP matrix as the aging time lasted.

Keywords: long glass fiber reinforced PP; halogen-free flame retardant; red phosphorus; thermal-oxidative aging; composite

长玻璃纤维增强聚丙烯 (LGFPP) 复合材料是倍受人们关注的新品种之一, 且因其具有力学性能优良、质轻和尺寸稳定性好等优点, 被广泛应用于汽车、建筑、航空航天等领域^[1-4]。但由于 GF 的“烛芯效应”, 复合材料极易燃烧, 因此 LGFPP 的阻燃改性已成为研究热点。与卤素阻燃剂相比, 红磷阻燃体系具有无卤、环保, 阻燃效率持久, 热稳定性高、价格低等一系列优点^[5-6], 在工程塑料中的应用领域正逐渐扩大。由于 PP 基体主链上带有大量不稳定的叔碳原子, 其 α -氢原子容易被氧夺取, 所以热氧老化是 LGFPP 复合材料最主要的致老化破坏因素, 极大地影响其使用寿命^[7-8]。提高 PP 基复合材料的抗老化性能、准确预测复合材料的使用寿命是 PP 材

料研究的一个重要课题^[9]。笔者通过熔融共混法制备 LGFPP/红磷 (RP) 复合材料, 利用力学性能、差示扫描量热 (DSC) 法、扫描电子显微镜 (SEM) 和傅立叶变换红外光谱 (FTIR) 实验对经不同热氧老化时间处理的材料进行系统的研究, 旨在提高 LGFPP 制品的耐候性, 促进 LGFPP 的改性技术进步。

1 实验部分

1.1 主要原材料

PP: 熔体流动速率 (MFR) 100 g/10 min, 韩国

^{*} 国家科技支撑计划项目 (2013BAF07B00), 贵州省科技计划项目 (黔科合 GY 字 [2013]3026)

联系人: 张道海, 助理研究员, 主要从事聚合物结构与性能研究

收稿日期: 2014-07-12

SK 公司;

LGFPP:长度 11 mm,贵州凯科特材料有限公司;

RP:无卤环保 PP 专用,东莞市名品塑胶有限公司。

1.2 仪器及设备

注塑机:CJ80MZ2 NC II 型,震德塑料机械厂;
数字鼓风干燥箱:GZX-9240 ME 型,上海博迅实业有限公司;

万能试验机:WdW2 10C 型,上海华龙测试仪器公司;

冲击试验机:WTD-0.5 型,江都市新真威试验机械有限公司;

DSC 仪:Q10 型,美国 TA 公司;

FTIR 仪:6700 型,美国 Nicolet 公司;

SEM:KYKY-2800B 型,北京中科科仪技术发展有限责任公司。

1.3 试样制备

将红磷阻燃剂母粒 RP 与 PP 按质量比 7:3 放于 80℃ 的干燥箱里烘干 6 h,干燥后与 LGF 质量分数为 50% 的 LGFPP 均匀混合,使混合体系的 LGF 质量分数为 20%,并注塑成标准试样,各组分质量比为 PP:LGF:RP=70.2:20:9.8。

将上述制备的 LGFPP/RP 试样放置在鼓风干燥箱内,温度控制在 $(140 \pm 1)^\circ\text{C}$ 范围内,并保证空气流通,每隔 10 d 取一次试样。

1.4 性能测试

拉伸性能按 GB/T 1040-1992 测试,试样尺寸为 110 mm×10 mm×4 mm。

弯曲性能按 GB/T 9341-1988 测试,试样尺寸为 100 mm×8 mm×4 mm。

缺口冲击性能按 GB/T 1043-1979 测试,试样尺寸为 100 mm×8 mm×4 mm,缺口深度为 2 mm。

DSC 分析:称取约 7 mg 试样,在氮气氛围下,将试样从室温升温至 260℃,恒温 5 min,以消除热历史影响;以 10℃/min 降温至 40℃,再以相同的升温速率升温至 260℃并记录 DSC 曲线。

FTIR 分析:对未老化试样及不同老化天数的试样进行 ATR 测试,光谱范围 4000~400 cm^{-1} ,分辨率优于 0.5 cm^{-1} (可达 0.2 cm^{-1}),波数精度优于 0.01 cm^{-1} 。

SEM 分析:对试样表面和冲击断面进行喷金处

理,利用 SEM 观察试样的表面形貌及其断面微观形貌,并拍照。

2 结果与讨论

2.1 热氧老化对 LGFPP/RP 力学性能和结晶度的影响

拉伸强度的变化常用于考察高聚物复合材料的老化行为^[10]。表 1 是经不同热氧老化时间后 LGFPP/RP 复合材料的力学性能。

表 1 不同热氧老化时间下 LGFPP/RP 复合材料的力学性能

项 目	热氧老化时间/d					
	0	10	20	30	40	50
拉伸强度/MPa	86.3	59.2	54.2	48.3	45.6	36.4
弯曲强度/MPa	120.9	83.8	73.8	67.6	56.3	55.4
缺口冲击强度/ ($\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$)	15.6	12.5	10.6	9	6.7	5.4

从表 1 可以看出,随着热氧老化时间的增加,LGFPP/RP 复合材料的拉伸强度、弯曲强度和缺口冲击强度均下降。在经热氧老化 10 d 后,复合材料的拉伸强度降至 59.2 MPa,保持率为 69%;弯曲强度降至 83.8 MPa,保持率为 69%;缺口冲击强度降至 12.5 kJ/m^2 ,保持率为 80%。在经热氧老化 50 d 后,复合材料的拉伸强度为 36.4 MPa,保持率为 42%;弯曲强度为 55.4 MPa,保持率为 46%;缺口冲击强度为 5.4 kJ/m^2 ,保持率为 35%。这主要是由于 PP 链上存在着大量不稳定的叔碳原子和 α -氢,叔碳原子上的 α -氢极易受到氧的攻击,脱掉氢后叔碳自由基成为起始的活性中心,从而使分子发生断链^[11-12],分子量下降,分子链的规整度下降,结晶度减小,无定形区增大,氧气与热量向复合材料内部扩散加剧,力学性能急剧下降^[13]。另一方面,随着热氧老化时间的延长,试样表面层的 RP 吸潮氧化,试样表面被腐蚀并逐渐向内层深化,使试样的力学性能下降。

图 1 示出热氧老化后 LGFPP/RP 复合材料的 DSC 曲线。熔融温度(T_m)、结晶度(X_c)的相关结果列于表 2。结果表明,延长热氧老化时间对 LGFPP/RP 复合材料的 T_m 影响不大,但对 X_c 影响较大。50 d 热氧老化后,试样的 T_m 相对未老化试样降低

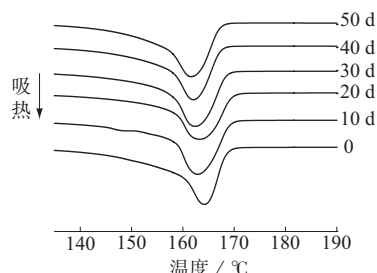


图 1 LGFPP/RP 复合材料经热氧老化后的 DSC 曲线

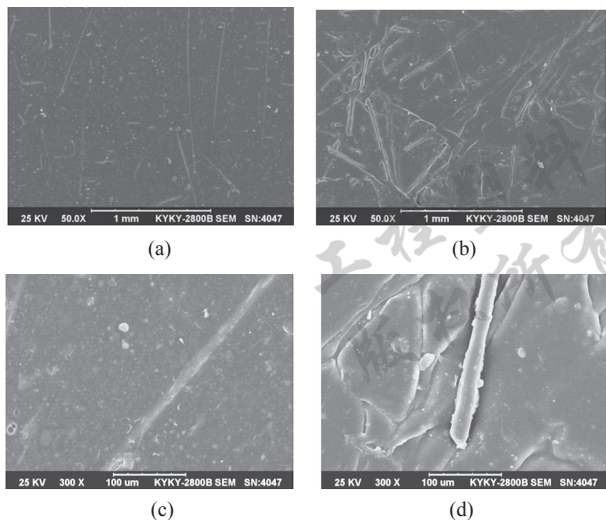
2.6℃, X_c 减小 9.4%。随着热氧老化时间的延长,大量自由基、过氧化物的产生加速链的断裂,老化向试样内部扩大,晶粒被破坏,结晶度减小,试样的宏观力学性能下降^[14]。

表2 不同热氧老化时间下 LGFP/PP 复合材料的 DSC 数据

项 目	热氧老化时间 / d					
	0	10	20	30	40	50
$T_m / ^\circ\text{C}$	164.2	162.9	163.3	162.4	162.1	161.6
$X_c / \%$	44.0	39.9	36.6	38.0	37.7	34.6

2.2 热氧老化对 LGFP/PP 表面形貌的影响

图2是 LGFP/PP 复合材料热氧老化前后其表面形貌的 SEM 照片。研究发现,材料的破坏有两种方式,一种是由边缘开始破裂,呈规则的梳齿状排列;另一种是由内部沿某个点开裂,逐渐向周围发散,呈树枝状扩展。复合材料沿边缘的破坏形式已通过实验证明,为制作试样时产生的应力所导致的^[15]。



a—未老化 (放大 50 倍); b—老化 50 d (放大 50 倍);
c—未老化 (放大 300 倍); d—老化 50 d (放大 300 倍)

图2 热氧老化对复合材料表面形貌的 SEM 照片

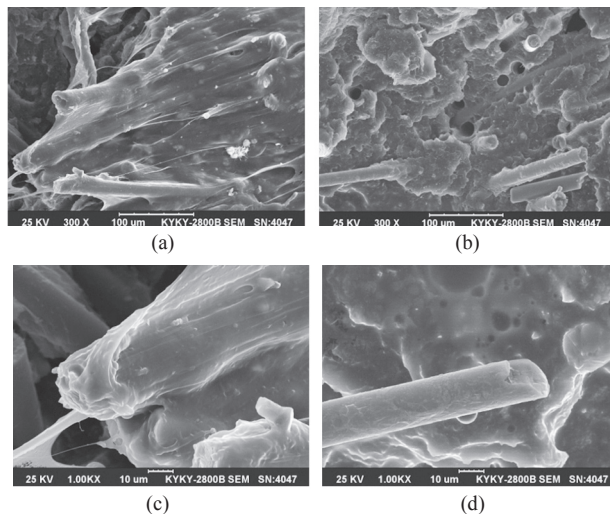
从图2可以看出,经热氧老化后, LGFP/PP 复合材料的表面比未老化试样的表面粗糙得多,并且试样表面存在着许多微裂纹和表面缺陷。从图2a和图2c可以看出,未经热氧老化的 LGFP/PP 复合材料试样表面有因成型流动而产生的流痕,表面比较光滑,存在少许白色条状物为分布在 PP 基体中的 LGF。从图2b和图2d可以看出, LGFP/PP 试样表面出现了明显的网状裂纹(龟裂),局部还出现了较大的裂纹, LGF 与 PP 基体发生脱粘,这减小了 PP 基体断裂和 LGF 拔出所需的能量。说明 LGFP/PP 复合材料的抗热氧老化性能较差。由于 LGF 与 PP 的热物理性质的差异,在受热和冷却

过程中很容易在界面处产生内应力,造成界面脱粘,或在应力作用下基体中产生裂纹,最终导致材料破坏,力学性能降低。这些表面行为意味着热氧老化是从表面开始的,表面发生氧化降解、分子链断裂,然后发展到基体内部,极大地破坏了材料本体的力学性能等^[16]。

2.3 热氧老化对 LGFP/PP 冲击断面形貌的影响

玻璃纤维增强复合材料拉伸时吸收能量的3种途经为:玻璃纤维断裂、玻璃纤维被拔出以及基体断裂^[17]。当应力作用于复合材料时,材料内部会产生剪切应力将外力从基体转移至纤维^[18]。未老化试样的冲击断面比较粗糙,立体感强,发白区域多,显示出更多的韧性。老化试样的冲击断面比较平整,表面表现更多的空洞化和银纹损伤,发白区域少,显示出更多的脆性。

图3为热氧老化对 LGFP/PP 复合材料冲击断面形貌的 SEM 照片。图3a和图3c中的断裂方式主要为玻璃纤维断裂和 PP 基体断裂,且 LGF 四周还包裹着一定量的 PP 基体,说明未热氧老化的 LGFP/PP 复合材料的 LGF 和基体间有较好的粘结性能。而图3b和图3d中的断裂方式还包括玻璃纤维的拔出。从图中可明显看到 LGF 被拔出后留下的孔洞以及 LGF 与基体间存在的缝隙,且玻璃纤维表面光滑,很少有基体粘附。随着热氧老化时间的延长,由于玻璃纤维与基体间热物理性质的差异,容易在界面处产生内应力,造成界面脱粘。这与力学性能测试结果相互验证。



a—未老化 (放大 300 倍); b—老化 50 d (放大 300 倍);
c—未老化 (放大 1000 倍); d—老化 50 d (放大 1000 倍)

图3 热氧老化对 LGFP/PP 复合材料冲击断面形貌的 SEM 照片

2.4 热氧老化对 LGFP/RPFTIR 的影响

图 4 是不同老化时间下 LGFP/RP 复合材料的 FTIR 谱图。未老化和老化试样在 $900 \sim 1300$, $1500 \sim 1800$, $3000 \sim 3800 \text{ cm}^{-1}$ 出现的吸收峰分别对应的是热氧老化过程中形成的醚/酯、羰基化合物和羟基的特征吸收峰^[19]。随着热氧老化时间的延长,3 个特征吸收峰的强度不断增强,表明样品表面老化愈加严重。

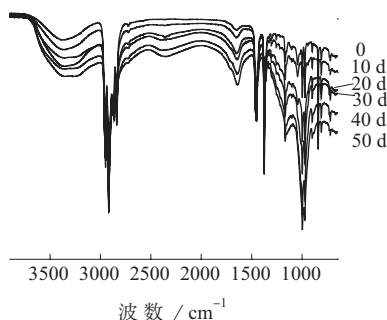


图 4 不同老化时间下 LGFP/RP 复合材料的 FTIR 谱图

波数 $(1715 \pm 10) \text{ cm}^{-1}$ 处是脂肪族羰基 $\text{C}=\text{O}$ 的典型吸收峰。经热氧老化后,聚合物极易生成 $\text{C}=\text{O}$ 吸收峰^[20]。热氧降解反应过程中基体 PP 会产生羰基,其含量变化是基体 PP 降解程度的重要参考依据^[21]。LGFP/RP 复合材料随着老化时间的延长,羰基吸收峰强度逐渐增强。这说明随着老化时间的延长,聚合物会产生更多含羰基的酮、羧基等基团,这些基团都是生色基团,使试样黄变,试样表面失去光泽,颜色逐步加深^[22],这意味着基体 PP 分子链的断裂加剧,这也是材料力学性能下降的主要原因之一。

3 结论

(1) 试样经热氧老化后,力学性能显著下降,表明基体 PP 大分子链已发生断裂,分子量下降,老化现象显著。DSC 分析表明,随着热氧老化时间的延长,老化向试样内部扩大,晶粒被破坏,结晶度减小,试样的宏观力学性能下降。

(2) 140°C , 50 d 热氧老化后 LGFP/RP 试样表面出现微裂纹和凹坑,局部还出现了明显的沟槽。说明热氧老化是从表面开始的,分子链断裂, LGF 与 PP 基体脱粘。

(3) LGFP 在热氧老化过程中, PP 基体分子链断裂以及 LGF 与 PP 基体间发生界面脱粘是导致 LGFP/RP 复合材料宏观力学性能下降的主要原因。

(4) 随着老化时间的延长, LGFP/RP 复合材

料的表面会产生更多含羰基的酮、羧基等生色基团,使试样黄变,这也意味着基体 PP 分子链的断裂加剧。

参考文献

- [1] 张宁,李忠恒,陶宇,等.长玻纤增强聚丙烯复合材料的研究[J].塑料工业,2007,34(12):29-32.
Zhang Ning, Li Zhongheng, Tao Yu, et al. Study on PP composite reinforced by long glass fibre[J]. China Plastics Industry, 2006, 34(12):29-32.
- [2] 罗兴,何敏,郭建兵,等. IFR/OMMT 协同阻燃长玻纤增强聚丙烯的阻燃性能和热稳定性研究[J].塑料工业,2013,41(8):31-34.
Luo Xing, He Min, Guo Jianbing, et al. Study on flame retardancy and thermal stability of LGFP synergistic flame retarded by IFR/OMMT[J]. China Plastics Industry, 2013, 41(8):31-34.
- [3] 左晓玲,张道海,罗兴,等.长玻纤增强复合材料老化研究进展及防老化研究[J].塑料工业,2013,41(1):18-21.
Zuo Xiaoling, Zhang Daohai, Luo Xing, et al. Advances in the study of aging and anti-aging of long glass fiber reinforced composites[J]. China Plastics Industry, 2013, 41(1):18-21.
- [4] 胡朝晖,姜勇,郭飞飞.玻纤增强 PP 复合材料的制备及其性能研究[J].塑料工业,2011,39(11):35-36.
Hu Zhaohui, Jiang Yong, Guo Feifei. Preparation and research on properties of the GF reinforced PP composites[J]. China Plastics Industry, 2011, 39(11):35-36.
- [5] Joua W S, Chenb K N, Chaoc D Y, et al. Flame retardant and dielectric properties of glass fibre reinforced nylon-66 filled with red phosphorous[J]. Polym Degrad Stab, 2001, 74:239-245.
- [6] 张建均,卢震宇,黄剑,等.氢氧化镁包覆红磷阻燃玻纤增强 PA66 的性能研究[J].塑料工业,2011,39(8):41-44.
Zhang Jianjun, Lu Zhengyu, Huang Jian, et al. Properties of encapsulated red phosphorous with $\text{Mg}(\text{OH})_2$ flame-retardant glass fiber reinforced nylon 66[J]. China Plastics Industry, 2011, 39(8):41-44.
- [7] Qin Huali, Zhang Shimin, Liu Hujun, et al. Photo-oxidative degradation of polypropylene / montmorillonite nanocomposites[J]. Polymer, 2005, 46(9):3 149-3 156.
- [8] 左晓玲,邵会菊,黄安荣,等.热氧老化对长玻璃纤维增强聚酰胺 6 复合材料的影响[J].合成树脂及塑料,2013,30(5):66-70.
Zuo Xiaoling, Shao Huiju, Huang Anrong, et al. Effect of thermal-oxidative aging on long glass fiber reinforced PA6 composites[J]. China Synthetic Resin and Plastics, 2013, 30(5):66-70.
- [9] 钟磊.动态注射成型聚丙烯制品性能与工艺优化[D].广州:华南理工大学,2004:2.
Zhong Lei. The performance and process optimization of polypropylene products molded by dynamic injection[D]. Guangzhou:South China University of Technology, 2004:2.
- [10] Diagne M, Gueye M, Vidal L, et al. Thermal stability and

- fire retardant performance of photo-oxidized nanocomposites of polypropylene-graft-maleic anhydride / clay[J]. Polymer Degradation and Stability, 2005, 89(3):418-426.
- [11] 周大纲, 谢鸽成. 塑料老化与防老化技术 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1998: 11.
- Zhou Dagang, Xie Gecheng. Plastic aging and anti-aging technology[M]. Beijing: China Light Industry Press, 1998: 11.
- [12] Tidjani A. Photo oxidation of polypropylene under natural and accelerated weathering conditions[J]. Journal of Applied Polymer Science, 1997, 64(13):2497-2503.
- [13] 王爱东, 于海鸥, 杨霄云, 等. 填充聚丙烯的热氧老化性能研究 [J]. 塑料工业, 2013, 41(7):68-72.
- Wang Aidong, Yu Haiou, Yang Xiaoyun, et al. Study on thermal-oxidative aging properties of filled polypropylene[J]. China Plastics Industry, 2013, 41(7):68-72.
- [14] 费正东, 钟明强, 杨晋涛. 无机纳米粒子改性 PP 热氧老化性能的研究 [J]. 塑料工业, 2006, 34(10):42-44.
- Fei Zhengdong, Zhong Mingqiang, Yang Jintao. Study on thermal-oxidative property of PP modified by inorganic nano-meter particle[J]. China Plastics Industry, 2006, 34(10):42-44.
- [15] 李吉芳, 杨睿, 于建, 等. 聚丙烯纳米复合材料的热老化 [J]. 高分子材料科学与工程, 2008, 24(10):103-106.
- Li Jifang, Yang Rui, Yu Jian, et al. Thermal aging of polypropylene nanocomposites[J]. Polymer Materials Science and Engineering, 2008, 24(10):103-106.
- [16] 杨瑞成, 马建忠, 陈奎, 等. 聚丙烯 / 蒙脱土复合材料的热氧老化性能 [J]. 兰州理工大学学报, 2007, 33(3):8-11.
- Yang Ruicheng, Ma Jianzhong, Chen Kui, et al. Thermal-oxidative aging performance of polypropylene / montmorillonite composites[J]. Journal of Lanzhou University of Technology, 2007, 33(3):8-11.
- [17] Han K, Liu Z, Yu M. Preparation and mechanical properties of long glass fiber reinforced PA6 composites prepared by a novel process[J]. Macromolecular Materials and Engineering, 2005, 290(7):688-694.
- [18] Kennedy M T, Cuellar E, Roberts D R. Stress-free aging of optical fibers in liquid water and humid environments[C] // Proc Soc Photo-Opt Instrum Eng. Paul M. Kopera: Published in SPIE Proceedings, 1991, 1580:152-162.
- [19] 王玉海, 章自寿, 陶友季, 等. PP / 纳米 CaCO_3 复合材料的紫外光老化行为 [J]. 高分子材料科学与工程, 2011, 27(5):96-99.
- Wang Yuhai, Zhang Zishou, Tao Youji, et al. UV Photo-oxidative degradation of PP / Nano- CaCO_3 composites[J]. Polymer Materials Science and Engineering, 2011, 27(5):96-99.
- [20] Halina K, Dagmara O, Przemyslaw M, et al. Effect of short wavelength UV-irradiation on aging of polypropylene / cellulose compositions[J]. Polymer Degradation and Stability, 2005, 88(2):189-198.
- [21] 沈德言. 红外光谱法在聚合物研究中的应用 [M]. 北京: 科学出版社, 1982:33-35.
- Shen Deyan. The application of infrared spectroscopy in polymer research[M]. Beijing: Science Press, 1982:33-35.
- [22] Sanshuo W. The aging of plastic[M]. Beijing: Defense Industry Press, 1977.

汽车动力系统为高性能塑料提供发展新机遇

据美国汽车研究年度管理研讨会上的一份调查报告显示, 当前汽车制造业最倾向于为汽车减重的部位是动力系统。

这份由杜邦和 Wards Auto 公司联合发起的调查报告表明: 24% 的受访者称发动机引擎及传动系统是他们在汽车制造过程中首要考虑的减重部位; 12% 的受访者认为汽车底盘采用轻量化设计势在必行; 而赞同将车身及汽车内外饰进行“瘦身”的受访者所占比例分别为 11% 和 9%。

杜邦汽车技术业务部经理 Jeff Sternberg 表示, 汽车其它部位减重的成功案例促使零部件生产商们将目光转向动力系统。而该部位零部件材料消耗十分巨大。这对于质量轻便的车用塑料正是一次大好机遇。

研讨会上, 通用汽车材料工程师表示, 在选用车用塑料时, 他们更为关注的是材料的耐高温及耐腐蚀性能。当前, 塑料及其复合材料在通用汽车动力系统中应用已十分普遍。雪弗莱科鲁兹发动机零部件中就有高性能工程塑料的身影。

通用汽车传动装置业务单元工程师 Derek Ewing 说道, 为减轻车重, 近年来他们已开始使用各种不同的塑料如尼龙, 聚苯硫醚, 聚醚醚酮来取代金属材料。这些塑料耐高温

及耐腐蚀性能优异。材料的供应商也在不断改善产品性能, 积极开发一些新型环境友好型塑料。 (中聚网)

光扩散 PC 改善 LED 照明效果

近日, 南通星辰合成材料有限公司与广州合成材料研究院联合开发出一款光扩散聚碳酸酯 (PC)。该材料面向 LED 照明领域, 具有高透光率、高雾度、易加工、质轻等特点, 并有极佳表面外观品质、较高的韧性、较强的耐黄变能力和良好的阻燃特性, 是 LED 照明球泡灯具领域理想的工程塑料材料。目前, 该 LED 球泡灯罩用光扩散 PC 已通过小试、中试, 并获得下游某知名照明灯具客户试料认可, 进入批量试产和市场推广阶段。

LED 是绿色环保光源, 但其发光特性为方向性较强的射光, 较为刺眼。采用光扩散 PC 材料制成球泡灯罩后, 可使光线变得均匀柔和, 进而显著改善 LED 照明效果。PC 是一类综合性能十分优异的非晶态工程塑料, 注射成型后产品表面高光、高亮, 外观品质出众, 是 LED 照明领域理想的外观材料。尤其在光扩散组分均匀分散后, 产品保持了 PC 本身较高的透光率, 另一方面, 光扩散组分使得入射光发生均匀散射, 使产品又具有较高的雾度, 视觉体验更加柔和舒适。

(色母粒网)