

流动改性剂 PSAM/ZrP 的制备及其对 PC 性能的影响^{*}

苏 卓 陈 丹 苏胜培

(湖南师范大学化学化工学院,长沙 410081)

摘要 利用自由基共聚制得(苯乙烯/丙烯酸酯)寡聚体(PSAM),将其与磷酸锆(简称 ZrP)熔融共混制得流动改性剂 PSAM 改性磷酸锆(PSAM/ZrP),再将 PSAM/ZrP 和 ZrP 分别与聚碳酸酯(PC)熔融共混制得 PC/PSAM/ZrP 复合材料和 PC/ZrP 复合材料。利用傅立叶变换红外光谱(FTIR)仪、熔体流动速率(MFR)仪和凝胶色谱(GPC)仪对两种复合材料进行了表征,并考察了其流动性能和力学性能。结果表明,PSAM/ZrP 和 ZrP 均能明显改善 PC 的流动性能,其中 PSAM/ZrP 的改善效果更为明显,并且 ZrP 用量不大于 3 份时,其并未引起 PC 相对分子质量或相对分子质量分布的变化;随着 ZrP 用量的增加,复合材料的拉伸弹性模量和弯曲弹性模量不断升高,弯曲强度和拉伸强度有所提高,冲击性能有所下降。当 ZrP 用量为 1 份时,PC/PSAM/ZrP 复合材料的综合性能较佳。

关键词 (苯乙烯/丙烯酸酯)寡聚体 磷酸锆 聚碳酸酯 流动性能 力学性能

聚碳酸酯(PC)具有突出的冲击性能和尺寸稳定性、优良的力学强度和电绝缘性等优点,在国民经济的各个领域获得了广泛应用。但 PC 的熔体粘度较高,加工困难,使其应用受到限制^[1]。因此需对 PC 进行改性以满足对其成型加工性能、力学性能和耐热性能的多重要求。

目前,一般采用填充、增强或共混等方法将 PC 制成复合材料或共混物来达到改善 PC 性能的目的。以廉价、低熔点、高流动性能的聚丙烯(PP)改性 PC,可以大幅度降低 PC 的熔体粘度,但却使 PC 的拉伸强度和拉伸弹性模量有所降低^[2-3]。(丙烯酸腈/丁二烯/苯乙烯)共聚物(ABS)具有良好的加工流动性能和冲击性能,且价格低于 PC,将其与 PC 共混,能有效改善 PC 的流动性能和加工性能,降低生产成本^[4]。液晶聚合物(LCP)的加入可有效降低 PC 的熔体粘度,改善其成型加工性能;同时,LCP 沿流动方向的取向作用改善了共混物的拉伸强度。但是,目前 LCP 的价格还比较贵,用量过大将增加产品成本^[5-6]。超支化聚合物具有较低的熔体粘度,可以用作 PC 的流动改性剂,但是其合成步骤与分离提纯过程复杂,价格昂贵^[7-9]。 α -磷酸锆[Zr(HPO_4)₂·H₂O,简称 ZrP]是一种结构规整的层状无机物,层表面的羟基可以被其它基团置换,又可与胺发生质子化反应。将 ZrP 表面有机修饰后,可广泛用于制备聚合物/层状无机纳米复合材料^[10-12]。聚苯乙烯(PS)类共聚物寡聚体因其热稳定性好且极性可调,是层状无机物的一类新型改性剂^[13-15]。目前将 PS 类共聚物寡聚体修饰 ZrP 制备纳米复合材料的研究尚未见报道。

笔者采用(苯乙烯/丙烯酸酯)寡聚体(PSAM)与 ZrP 熔融共混制备 PSAM 改性 ZrP(PSAM/ZrP),然后以 PSAM/ZrP 为流动改性剂与 PC 熔融共混制备了 PC/PSAM/ZrP 复合材料,研究了 PSAM/ZrP 和 ZrP 对 PC 流动性能和力学性能的影响。

1 实验部分

1.1 主要原料

PC: 201-10, 韩国 LG DOW Polycarbonate 公司;
苯乙烯(St): 长沙市瑞丰精细化学品有限公司;
丙烯酸酯(Am): 天津市科密欧化学试剂有限公司;

偶氮二异丁腈(AIBN): 上海山浦化工有限公司;

四氢呋(THF): 湖南岳阳市云溪岳化总厂;
ZrP: 自制。

1.2 主要设备、仪器

同向双螺杆挤出机: SHJ-20 型, 南京杰恩特机电有限公司;

注塑机: GEK-80 型, 浙江金鹰塑料机械有限公司;

傅立叶变换红外光谱(FTIR)仪: WQF-200 型, 北京第二光学仪器厂;

熔体流动速率(MFR)仪: XRL-400A/B 型, 承德精密试验机有限公司;

凝胶色谱(GPC)仪: 检测器为 ELSD800 型, 色谱柱为 Jordi Gel DVB 10000A 型, 尺寸为 300 mm × 7.8 mm, 美国 Alltech 公司;

^{*} 2007 年湖南省自然科学基金资助项目(07JJ5073)

收稿日期: 2008-10-27

微控电子万能试验机:WDW3020 型,长春科新实验仪器有限公司;

冲击试验机:XCJ-40 型,河北承德材料试验机厂。

1.3 试样制备

(1) PSAM 的制备

在装有温度计、冷凝管、搅拌棒的 250 mL 三颈瓶中,加入 87.5 g St、5.2 g Am、5.2 g 引发剂 AIBN,100 mL THF,在搅拌状态下升温至 80℃,保温 2 h。然后将溶液倒入 1000 mL 甲醇中析出,重复 3 次,然后在 80℃下真空干燥 24 h,得白色固体状 PSAM。

(2) PSAM/ZrP 的制备

将已干燥的 PSAM 与 ZrP 按一定的配比混合均匀,然后按表 1 的工艺参数在双螺杆挤出机中熔融共混、挤出、造粒,得到流动改性剂 PSAM/ZrP。

表 1 流动改性剂 PSAM/ZrP 的挤出工艺

温度设置/℃					喂料速率/ r·min ⁻¹	螺杆转速/ r·min ⁻¹	切料速率/ r·min ⁻¹
1 区	2 区	3 区	4 区	5 区			
140	195	195	195	195	72	144	336

(3) PC/PSAM/ZrP 复合材料的制备

将 PSAM/ZrP 在 80℃下真空干燥 12 h,然后和已干燥的 PC 按一定的配比混合均匀,再按表 2 的工艺参数在双螺杆挤出机中熔融共混、挤出、造粒,得到 PC/PSAM/ZrP 复合材料。同法制得 PC/ZrP 复合材料。

表 2 PC/PSAM/ZrP 复合材料的挤出工艺

温度设置/℃					喂料速率/ r·min ⁻¹	螺杆转速/ r·min ⁻¹	切料速率/ r·min ⁻¹
1 区	2 区	3 区	4 区	5 区			
180	220	245	250	250	72	144	336

将 PC/PSAM/ZrP 和 PC/ZrP 复合材料在 120℃下鼓风干燥 4 h,然后按表 3 的工艺参数注塑成标准试样。

表 3 PC/PSAM/ZrP 和 PC/ZrP 复合材料的注塑工艺

料筒温度/℃				注塑压力/ MPa	保压时间/ s	模具温度/ ℃
1 区	2 区	3 区	4 区			
240	235	230	225	120	10	室温

1.4 性能测试

FTIR 测试:将试样于 80℃真空干燥 24 h,用溴化钾压片做 FTIR 测试;

MFR 测试条件:测试温度 300℃,载荷 1.2 kg;

相对分子质量及相对分子质量分布测试:采用 GPC 法测试 PC 的重均相对分子质量(M_w)和数均相对分子质量(M_n)及其相对分子质量分布 D ,测试温度 40℃,氮气压力 0.3 MPa,流动相为 THF,流速

1 mL/min,标准样品 PS 由美国 Alltech 公司提供;

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 1043-1993 测试。

2 结果与讨论

2.1 PSAM 和 PSAM/ZrP 的 FTIR 表征

图 1 为 ZrP、PSAM 和 PSAM/ZrP 复合材料的 FTIR 谱图。由图 1 可以看出,在 ZrP 的 FTIR 谱图中,3 593、3 506 cm^{-1} 处分别为 ZrP 中晶格水羟基的对称和不对称伸缩振动吸收峰,1 616 cm^{-1} 处为水分子的弯曲振动峰,3 156、1 247 cm^{-1} 处为 P—OH 基团中羟基的伸缩和变形振动峰,960 ~1 125 cm^{-1} 处的强吸收峰为 PO_4^{3-} 基团的特征峰, PO_4^{3-} 基团的峰分裂成 3 个小峰,反映出 ZrP 表面的磷酸根有多种振动形式^[16]。

在 PSAM 的 FTIR 谱图中,3 103 ~3 000 cm^{-1} 处为苯环 C—H 伸缩振动吸收峰,1 946、1 872、1 805 cm^{-1} 处为 C—H 面外弯曲振动的倍频和组频的吸收峰,1 596 cm^{-1} 处为苯环骨架收缩振动吸收峰,757、699 cm^{-1} 处为单取代苯的特征峰,3 465、3 186 cm^{-1} 处为—NH₂ 的不对称伸缩振动和对称伸缩振动峰,1 685 cm^{-1} 处为 C=O 的伸缩振动峰,1 660 cm^{-1} 处为—NH₂ 的面外弯曲振动峰。

在 PSAM/ZrP 的 FTIR 谱图中,3 156 cm^{-1} 处 P—OH 基团中羟基的振动峰消失,1 247 cm^{-1} 处 P—OH 基团中羟基的振动峰减弱,3 465 cm^{-1} 处的一NH₂ 不对称伸缩振动峰宽化且向低频方向移动,这说明 ZrP 中的羟基与 PSAM 中的酰胺基发生了相互作用^[17],从而得到了 PSAM/ZrP。

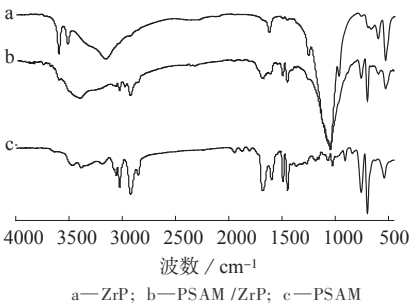


图 1 ZrP、PSAM 和 PSAM/ZrP 复合材料的 FTIR 谱图

2.2 PC/PSAM/ZrP 和 PC/ZrP 复合材料的流动性

能
图 2 所示为 PC/PSAM/ZrP 和 PC/ZrP 复合材料的 MFR 曲线。由图 2 可以看出,随着 ZrP 用量的增加,两种复合材料的 MFR 得到明显提高。纯 PC 的

MFR 为 9.6 g/10 min, 当 ZrP 用量为 1 份、3 份和 5 份时, PC/ZrP 复合材料的 MFR 分别为 11.2、17.3 和 23.3 g/10 min; PC/PSAM/ZrP 复合材料的 MFR 分别为 16.1、19.8 和 26.5 g/10 min。由此可知在 ZrP 用量相同的情况下, PSAM 能够大幅度提高 PC/ZrP 复合材料的 MFR, 尤其当 ZrP 的用量为 1 份时, PSAM 对 PC/ZrP 复合材料 MFR 的提高幅度最大, 为 43.8%, 远高于其余用量时的提高幅度(3 份时的 14.5%, 5 份时的 13.7%)。这是因为在熔融共混制备 PC/PSAM/ZrP 和 PC/ZrP 复合材料的过程中, PSAM/ZrP 和 ZrP 能增大 PC 分子链间的自由体积, 使分子间的距离增大, 相互作用力变小, 分子链活动能力增大, 因此两种复合材料的 MFR 均得到了提高; 而且 PSAM/ZrP 中的 PSAM 能使 PC 分子间的距离进一步增大, 相对于 PC/ZrP 复合材料, PC/PSAM/ZrP 复合材料的 MFR 得到进一步提高, 加工性能得以进一步改善^[18]。

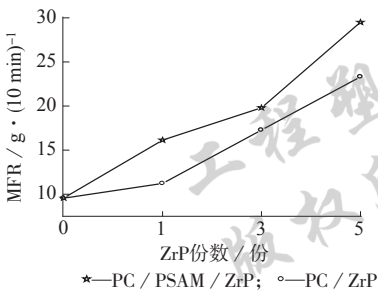


图 2 PC/PSAM/ZrP 和 PC/ZrP 复合材料的 MFR 曲线

2.3 PC 相对分子质量及其相对分子质量分布

表 4 所示为 PC/PSAM/ZrP 和 PC/ZrP 复合材料中 PC 基体的相对分子质量及其相对分子质量分布。

表 4 复合材料的相对分子质量及其相对分子质量分布						
PC/g	PSAM/ZrP/g	ZrP/g	ZrP 份数/份	M_w	M_n	$D = M_w/M_n$
500	0	0	0	42 262	22 815	1.85
500	8.3	0	1	44 447	24 090	1.85
500	25	0	3	40 585	21 654	1.87
500	42	0	5	39 973	19 131	2.09
500	0	5	1	41 346	19 712	2.1
500	0	15	3	39 080	19 220	2.03
500	0	25	5	39 274	19 889	1.97

从表 4 可以看出, 当 ZrP 的用量不大于 3 份时, PC/PSAM/ZrP 复合材料中 PC 基体的相对分子质量和相对分子质量分布基本和纯 PC 相当; 而当 ZrP 的用量为 5 份时, PC 的相对分子质量有所下降, 相对分子质量分布有所变宽。这可能是当 ZrP 的用量为 5 份时, PC/PSAM/ZrP 复合材料的 MFR 增加较大的

原因之一。总之, 当 ZrP 的用量不大于 3 份时, PSAM/ZrP 并没有引起 PC 基体相对分子质量及其相对分子质量分布的变化, 也说明了此时 PC/PSAM/ZrP 复合材料的流动性能的改变并不是由分子链的断裂导致相对分子质量减小或相对分子质量分布变宽引起的。

2.4 PC/PSAM/ZrP 和 PC/ZrP 复合材料的力学性能

图 3 和图 4 分别示出 PC/PSAM/ZrP 和 PC/ZrP 复合材料的拉伸强度和拉伸弹性模量。

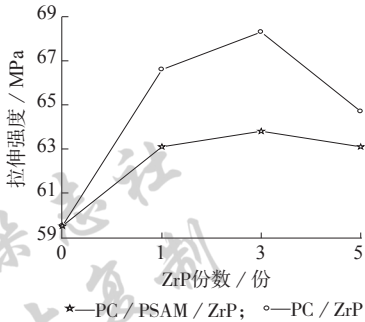


图 3 PC/PSAM/ZrP 和 PC/ZrP 复合材料的拉伸强度

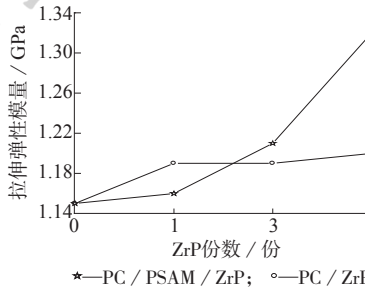


图 4 PC/PSAM/ZrP 和 PC/ZrP 复合材料的拉伸弹性模量

由图 3、图 4 可以看出, 与纯 PC 相比, 两种复合材料的拉伸强度和拉伸弹性模量都得到了提高。当 ZrP 的用量为 3 份时, PC/ZrP 复合材料的拉伸强度达到最高值, 比纯 PC 提高了 14.9%, 拉伸弹性模量亦有提高, 而 PC/PSAM/ZrP 复合材料的拉伸强度也达到了最高值, 比纯 PC 提高了 7.2%, 拉伸弹性模量提高了 5.22%, 且当 ZrP 的用量为 5 份时, PC/PSAM/ZrP 复合材料的拉伸弹性模量提高幅度更大, 比纯 PC 提高了 14.8%。

图 5 和图 6 分别示出 PC/PSAM/ZrP 和 PC/ZrP 复合材料的弯曲强度和弯曲弹性模量。由图 5、图 6 可以看出, 与纯 PC 相比, 两种复合材料的弯曲强度和弯曲弹性模量都得到了提高, 且当 ZrP 的用量为 1 份时, 两种复合材料的弯曲强度均出现了峰值。随 ZrP 用量的增加, 两种复合材料的弯曲弹性模量都在逐渐提高且基本相当, 但当 ZrP 的用量为 3 份

时,PC/PSAM/ZrP 复合材料的弯曲弹性模量要高于 PC/ZrP 复合材料。

从图 3 ~图 6 可知,与纯 PC 相比,PC/PSAM/ZrP 和 PC/ZrP 复合材料的拉伸强度和弯曲强度的变化趋势都是先增大后减小,而拉伸弹性模量和弯曲弹性模量均随着 ZrP 用量增加而得到较大幅度的提高,这是由于复合材料在承受外力作用时,复合材料中的 PSAM/ZrP 和 ZrP 起到了转移应力的作用,从而起到了增强效果^[19]。

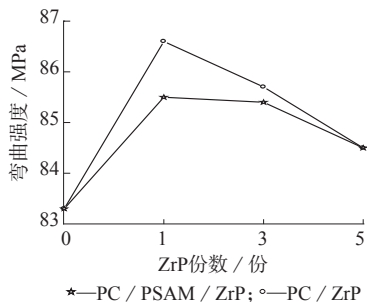


图 5 PC/PSAM/ZrP 和 PC/ZrP 复合材料的弯曲强度

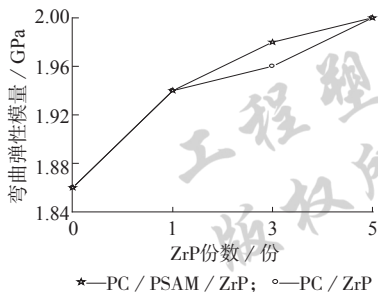


图 6 PC/PSAM/ZrP 和 PC/ZrP 复合材料的弯曲弹性模量

图 7 示出 PC/PSAM/ZrP 和 PC/ZrP 复合材料的缺口冲击强度。由图 7 可知,与纯 PC 相比,随着 ZrP 用量的增加,PC/PSAM/ZrP 和 PC/ZrP 复合材料的缺口冲击强度逐渐降低。当 ZrP 用量为 1 份时,PC/PSAM/ZrP 复合材料缺口冲击强度的下降幅度较小。

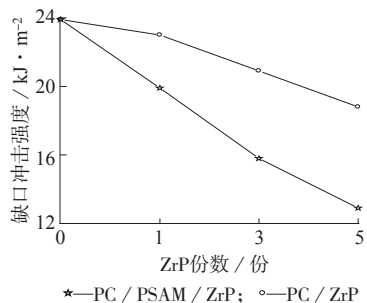


图 7 PC/PSAM/ZrP 和 PC/ZrP 复合材料的缺口冲击强度

综上所述,添加少量的 PSAM/ZrP(其中 ZrP 的用量为 1 份),即可以较大程度地改善 PC/PSAM/ZrP 复合材料的流动性能,并且其对 PC 相对分子质

量和相对分子质量分布几乎无影响,同时 PC/PSAM/ZrP 复合材料比纯 PC 具有较好的综合力学性能。

3 结论

(1) PSAM/ZrP 和 ZrP 均能提高 PC 的 MFR,其中 PSAM/ZrP 的效果更好。当 ZrP 的用量低于 3 份时,PSAM/ZrP 对 PC 相对分子质量和相对分子质量分布的影响较小。

(2) PSAM/ZrP 和 ZrP 的加入均提高了 PC 的拉伸及弯曲强度和相应的弹性模量,缺口冲击强度则有所下降。当 ZrP 用量为 1 份时,PC/PSAM/ZrP 具有较高的 MFR 和较好的综合力学性能。

参考文献

- [1] Yoon P J, Hunter D L, Paul D R. Polycarbonate nanocomposites Part I: Effect of organoclay structure on morphology and properties [J]. Polymer, 2003, 44(18): 5323 - 5339.
- [2] Torres R A, Arellano C J. Effects of the blending sequence and interfacial agent on the morphology and mechanical properties of injection molded PC/PP Blends [J]. Polymer Bulletin, 2007, 59(29): 251 - 260.
- [3] Jiang Zhizhong, Williams H L. Interfacing polypropylene/poly (BPA carbonate) blend phases with graft copolymer: Thermal and dynamic mechanical analyses [J]. J Appl Polym Sci, 1991, 43(2): 379 - 391.
- [4] Sohn J I, Lim S T, Jhon M S. Effect of a reactive-type flame retardant on rheological and mechanical properties of PC/ABS blends [J]. J Mater Sci, 2003, 38(54): 1485 - 1491.
- [5] Nobile M R, Acierio D, Incamato L. Improvement of the processability of advanced polymers [J]. J Appl Polym Sci, 1990, 41(63): 2723 - 2737.
- [6] Nobile M R, Amendola E, Nicolais L. Physical properties of blends of polycarbonate and a liquid crystalline copolyester [J]. Polym Eng Sci, 1989, 29(4): 244 - 257.
- [7] Gao Chao, Yan Deyue. Hyperbranched polymers: From synthesis to application [J]. Progress in Polymer Science, 2004, 29(35): 183 - 225.
- [8] Massa D J, Shriner K A, Turner S R, et al. Novel blends of hyperbranched polyesters and linear polymers [J]. Macromolecules, 1995, 28(9): 3214 - 3220.
- [9] Xu Nai, Shi Wenfang, Gong Ming, et al. Effects of modified hyperbranched polyester as a curing agent on the morphology and properties of dynamically cured polypropylene/polyurethane blends [J]. J Mater Sci, 2006, 41(66): 3707 - 3713.
- [10] Boo W J, Sun Liyuan, Liu Jun, et al. Morphology and mechanical behavior of exfoliated epoxy/α-zirconium phosphate nanocomposites [J]. Composites Sci and Tech, 2007, 67(131): 262 - 269.
- [11] Vivani R, Alberti G, Costantino F, et al. New advances in zirconium phosphate and phosphonate chemistry: Structural archetypes [J]. Microporous and Mesoporous Mater, 2008, 107(55): 58 -

- 70.
- [12] 曾金华, 苏胜培. 聚苯乙烯修饰 α -磷酸锆的合成与表征[J]. 精细化工中间体, 2008, 38(2): 54-57.
- [13] Su Shengpei, Jiang David Dayue, Wilkie C A. Methacrylate modified clays and their polystyrene and poly(methyl methacrylate) nanocomposites[J]. Polym Adv Techn, 2004, 15(90): 215-231.
- [14] Chen Ruyi, Peng Fubing, Su Shengpei. Synthesis and characterization of novel swelling tunable oligomeric poly(styrene-co-acrylamide) modified clays[J]. J Appl Polym Sci, 2008, 108(4): 2712-2717.
- [15] 陈如意, 李跃文, 苏胜培. 聚(苯乙烯-丙烯酰胺)修饰蒙脱土/尼龙 6 纳米复合材料的制备与性能研究[J]. 工程塑料应用, 2008, 36(4): 4-8.
- [16] 杜以波, 李峰, 何静, 等. 层状化合物 α -磷酸锆的制备和表征[J]. 无机化学学报, 1998, 14(22): 79-82.
- [17] Zhang Rui, Hu Yuan, Li Baoguang, et al. Studies on the preparation and Structure of polyacrylamide/ α -zirconium phosphate nanocomposites[J]. J Mater Sci, 2007, 42(18): 5641-5646.
- [18] Cho J W, Paul D R. Nylon 6 nanocomposites by melt compounding[J]. Polymer, 2001, 42(43): 1083-1120.
- [19] Suprakas S R, Masami O. Polymer/layered silicate nanocomposites: A review from preparation to processing[J]. Prog Polym Sci, 2003, 28(78): 1539-1641.

SYNTHESIS OF FLOW MODIFIER PSAM/ZrP AND ITS EFFECT ON PROPERTIES OF PC

Su Zhuo, Chen Dan, Su Shengpei

(College of Chemistry and Chemical Engineering, Hunan Normal University, Changsha 410081, China)

ABSTRACT Oligomeric (styrene/acrylamide) copolymer (PSAM) was synthesized through free-radical polymerization, and flow modifier PSAM/ZrP was prepared by melt blending with PSAM and zirconium phosphate [$\text{Zr}(\text{HPO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, for short ZrP]. Then PC/PSAM/ZrP and PC/ZrP composites were prepared by melt blending. The composites were characterized by FTIR, MFR and GPC, and the mechanical properties of composites were investigated. The results showed that PSAM/ZrP and ZrP could improve the flow property of the composites obviously and the modification effect of PSAM/ZrP was better. When the content of ZrP wasn't more than 3 phr, PSAM/ZrP didn't evoke the relative molecular mass and relative molecular mass distribution of PC changing. When the mass content of ZrP increased, the tensile elastic modulus and the bend elastic modulus of composites increased all along, the tensile strength and the bend strength of composites also increased, the impact strength of the composites decreased gradually. But when the content of ZrP was 1 phr, PC/PSAM/ZrP composite had better comprehensive properties.

KEYWORDS PSAM, zirconium phosphate, PC, flow property, mechanical property

请订阅《山东省材料发展报告(2007-2008)》

《山东省材料发展报告(2007-2008)》是山东省材料领域的第一部发展报告,由我国著名材料科学家、中国科学院院士蒋民华先生担任编委会主任,山东省科协材料学科群组织编写。全书共分行业发展报告、科技发展报告、企业发展报告三部分,共收录各类报告78篇,时间跨度以2007-2008为主,报告山东省材料领域主要行业及重点企业的发展及科技进步情况,分析存在的问题及发展趋势。附录收录了山东农村抗震节能生态住宅示范工程的有关情况。全书共40万字,精装16K本,每册190元。由出版社2008年12月出版。本刊杂志社办理该书征订。

邮局汇款

收款单位: 山东省济南市 108 信箱杂志社

邮 编: 250031

收 款 人: 杂志社

电 话: 0531-85878223 85878278 85878057

传 真: 0531-85947355

银行汇款

户 名: 中国兵器工业集团第五三研究所

开户银行: 中国工商银行济南经十一路支行

帐 号: 1602001229014425546

帝斯曼“中国龙”项目量产尼龙 6

自2008年4月江阴口岸首次进口己内酰胺以来,至11月,江阴地区共进口己内酰胺12批,3000t,货值近千万美元。白色片状己内酰胺是生产尼龙6(PA6)的单体原料。荷兰帝斯曼集团于今年二季度在江阴投资的“中国龙”项目投产,成为在中国唯一一家可以进行PA6一条龙配套生产的制造商,目前,其己内酰胺进口已成常态。

据了解,荷兰帝斯曼集团是世界知名企业,该企业之前已在江阴顺利投产工程塑料项目,此次“中国龙”项目总投资6000万美元,主要生产高粘度等级的PA6。新工厂采用最前沿的高端技术,实施最高等级的安全、健康和环境标准,其产品将面向亚太地区的包装膜生产商。(中塑在线)

荷兰公司开发出防紫外光 PET 包装新颜料

据荷兰消息,荷兰公司 Holland Colours 开发出一种名为 HolcomerUHT 的白色新型颜料。

该新产品专门用于生产超高温牛奶包装用单层 PET 塑料瓶。

这种新型颜料可以保护牛奶等包装成分不受到来自外部或者储存时照明系统产生的紫外光影响。而且 Holcomer 能够使得 PET 塑料瓶产生很好的美学外观以及更好的机械性能。(中塑网)