

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2013.08.006

POE-g-MAH 对聚丙烯 / 竹纤维复合材料性能的影响^{*}

周松¹, 朱小龙¹, 王刚毅², 梁斌², 夏世福², 蒋辰杰¹

(1. 西南石油大学材料科学与工程学院, 成都 610500; 2. 四川正蓉实业有限公司, 四川德阳 618000)

摘要: 将聚丙烯(PP)、竹纤维(BF)与马来酸酐接枝乙烯-辛烯共聚物(POE-g-MAH)共混,通过双螺杆挤出机制备 PP/POE-g-MAH/BF 复合材料,用扫描电子显微镜、X 射线衍射仪和差示扫描量热仪观察和表征了其形貌、结构和结晶参数,测试了其力学性能。研究表明,加入 POE-g-MAH,降低了 BF 质量分数为 30% 的 PP/BF 复合材料中 PP 晶相的完整程度,明显提高了复合材料的冲击强度,改善了 PP 基体中 BF 的分散均匀性。添加质量分数 2.5% 的 POE-g-MAH,能进一步提高 PP/BF 复合材料的强度和韧性,PP/POE-g-MAH/BF (62.5/7.5/30) 复合材料的冲击强度高于纯 PP。冲击强度的提高主要源于 POE-g-MAH 所产生的能量耗散、改善应力的有效传递、增强 BF 和 PP 的界面粘附。

关键词: 聚丙烯; 竹纤维; 马来酸酐接枝乙烯-辛烯共聚物; 性能

中图分类号: TQ327.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2013)08-0030-05

Effect of POE-g-MAH on the Properties of Polypropylene / Bamboo Fiber Composites

Zhou Song¹, Zhu Xiaolong¹, Wang Gangyi², Liang Bin², Xia Shifu², Jiang Chenjie¹

(1. School of Materials Science and Engineering, Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, China;

2. Sichuan Zhengrong Industrial Co. Ltd., Deyang 618000, China)

Abstract: Polypropylene(PP)/poly(ethylene-octene) copolymer-grafted-maleic anhydride(POE-g-MAH)/bamboo fiber(BF) composites were prepared through blending PP and BF with POE-g-MAH by a twin screw extruder, and the morphologies, structures, crystallization parameters and mechanical properties of composites were analyzed by SEM, XRD, DSC and mechanical testing. The results demonstrate that the presence of POE-g-MAH in the PP/BF composites with 30% of BF mass fraction results in more crystal imperfection of the PP component, the significant improvement of impact strength for PP/BF composites, and the improvement of uniform dispersion of BF in the PP matrix. The addition of 2.5% of POE-g-MAH mass fraction can improve both strength and toughness of PP/BF composite, and the impact strength of PP/POE-g-MAH/BF (62.5/7.5/30) composites are better than that of pure polypropylene. The improvement of impact strength of the composites mainly results from energy-absorption process, better stress transfer and the increase in interfacial adhesion between PP and BF in the presence of POE-g-MAH.

Keywords: polypropylene; bamboo fiber; poly(ethylene-octene) copolymer-grafted-maleic anhydride; property

在各种天然植物纤维中,竹子是世界上生长最快的植物之一,成本低廉,竹子中的木质素和纤维素含量较高,纤维素沿纤维轴有序排列,微纤维旋转角较小,使竹纤维具有较高的综合力学性能,可以用作树脂基复合材料的增强改性剂^[1]。通常,填充天然植物纤维可提高聚合物的硬度、热变形温度、刚性、尺寸稳定性,降低成本,但该类复合材料存在脆性较大等缺点,同时植物纤维与聚合物基体之间的界面结合较差,会导致聚合物/植物纤维复合材料的力学性能下降,限制了其在工业领域的潜在应用^[2-3]。

植物纤维增强树脂基复合材料的性能不仅与聚合物基体的性能,纤维的种类、长短、表面形貌和添加量有关,也受植物纤维与聚合物之间界面结合

状况的影响。近年来,国内外学者趋向于在聚合物/植物纤维复合材料中添加各种相容性接枝聚合物,以增强亲水性植物纤维和疏水性聚合物的界面键合,改善植物纤维与聚合物的相容性,提高复合材料的综合力学性能^[1,3-8]。N. Sombatsompop 等^[6]在木纤维质量分数为 30% 的聚丙烯(PP)/木纤维复合材料中加入质量分数为 2.0%~11.7% 的马来酸酐接枝聚丙烯(PP-g-MAH),植物纤维与 PP 之间可形成较强的界面结合,使复合材料的拉伸和弯曲性能

^{*} 四川省高等学校油气田材料重点实验室资助项目(12YQT001)

联系人: 周松,工学博士,副研究员,主要从事聚合物结构与性能研究

收稿日期: 2013-05-21

提高。S. K. Chattopadhyay 等^[1]采用双辊塑炼和平板硫化机热压法,将体积分数为 5% 的 PP-g-MAH 加入到竹纤维 (BF) 体积分数为 50% 的 PP/BF 共混体系中,使共混物的冲击强度、弯曲强度、弯曲弹性模量、拉伸强度、拉伸弹性模量和热变形温度等较加入前分别提高 37%, 81%, 150%, 105%, 191% 和 5℃。

为提高 PP/植物纤维复合材料的综合性能,目前,主要采用增容改性方法(添加 PP-g-MAH^[1,6,9]、马来酸酐及硅烷偶联剂处理植物纤维等^[9-10])和添加各种抗冲改性剂(乙烯-辛烯共聚物、乙烯-甲基丙烯酸共聚物、苯乙烯-丁二烯橡胶等^[6,11])。增容改性可提高复合材料的刚性和强度,但对其韧性提高并不明显,加入传统抗冲改性剂能提高材料韧性,但使刚性和强度降低^[6,11-12]。笔者以兼具增容和增韧作用的马来酸酐接枝乙烯-辛烯共聚物(POE-g-MAH)改善 BF 质量分数为 30% 的 PP/BF 复合材料的性能,探讨复合材料组成-结构-形貌-性能的关系,有利于实际应用。

1 实验部分

1.1 主要原材料

PP: T30S, 中国石油兰州石化公司;
POE-g-MAH: DF610, 沈阳四维塑胶有限公司;
BF: 四川升达竹业有限公司。

1.2 主要设备与仪器

高速混合机: SHR-5A 型, 张家港市日新机电有限公司;

双螺杆挤出机: TSSJ-25/36 型, 成都科强高分子工程公司;

注塑机: FT-90 型, 浙江申达机器制造有限公司;

万能材料试验机: CMT6104 型, 美特斯工业系统有限公司;

冲击试验机: ZBC-1151-1 型, 深圳市新三思材料检测有限公司;

扫描电子显微镜 (SEM): Quanta450 型, 美国 FEI 公司;

差示扫描量热 (DSC) 仪: DSC823e 型, 瑞士梅特勒公司;

X 射线衍射 (XRD) 仪: DX-2000 型, 丹东方圆仪器有限公司。

1.3 BF 的预处理

将干燥后的 BF 在高速混合机内粉碎, 经孔径

为 149 μm 的滤筛过筛。用质量分数为 10% 的 NaOH 溶液浸泡粉碎的 BF 10 h, 用清水反复清洗 BF, 至洗液为中性 ($\text{pH}=7.0$)。将处理的 BF 在电热鼓风干燥箱中干燥 (105°C , 24 h), 用小型高速粉碎机将烘干团聚的 BF 剪切、分散均匀后, 放入干燥器内备用。

1.4 试样制备

按不同质量比将 PP、POE-g-MAH 和 BF 均匀混合, 用双螺杆挤出机熔融共混 (温度为 $165 \sim 195^\circ\text{C}$, 螺杆转速为 130 r/min), 经水冷却造粒。粒料在 80°C 下真空干燥 2 h 后, 由注塑机制成标准试样。

1.5 性能测试和结构表征

拉伸性能按 GB/T 1040-2006 测试, 拉伸速率为 5.0 mm/min;

弯曲性能按 GB/T 9341-2008 测试, 速率为 2.0 mm/min, 跨距为 100 mm;

简支梁缺口冲击强度按 GB/T 1043-2008 测试, 缺口深度为 1.5 mm;

用涂有碳粉的双面胶将含冲击断面的裁剪试样贴在样品座上, 真空喷金后, 用 SEM 观察其断面形貌;

用 DSC 仪测试试样的熔融和结晶参数, 在氮气气氛下, 由室温升至 195°C , 以消除热应力, 以 $10^\circ\text{C}/\text{min}$ 降温, 冷却到 30°C , 保温 1 min, 再以 $10^\circ\text{C}/\text{min}$ 升温;

用 XRD 表征试样的结晶结构, 扫描速度为 $0.05^\circ/\text{min}$ 。

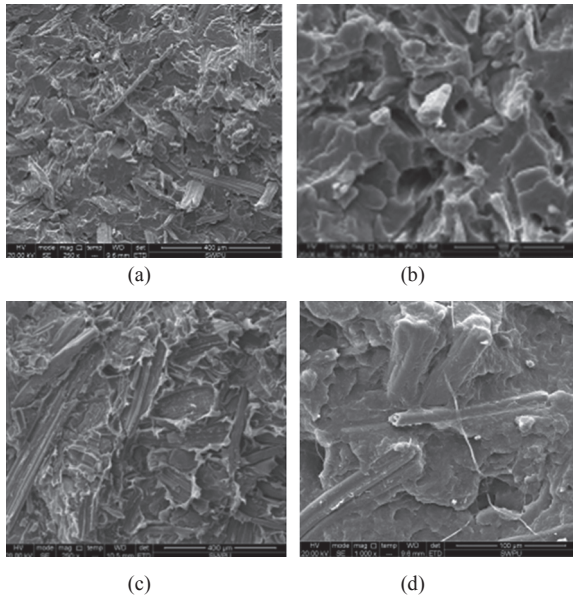
2 结果与讨论

2.1 复合材料冲击断面的形貌观察

PP/BF, PP/POE-g-MAH/BF 复合材料的冲击断面形貌如图 1 所示。

由图 1a 可以看出, PP/BF(70/30) 复合材料的断面较平坦和光滑, 为脆性断裂面。这是因为 PP 本身的低温冲击强度较差, 添加高含量填料后, 其韧性会进一步降低。由图 1b 可以看出, PP/BF(70/30) 断面上的竹纤维分布不均匀, 基体未充分包裹竹纤维, 断面上的光滑孔洞较多。这是复合材料受到冲击后, BF 从 PP 基体脱附或拔出而形成的, 光滑的孔洞和 BF 的拔出表明, BF 和 PP 基体之间的界面结合较弱, 影响复合材料的性能。

由图 1c 可以看出, 添加 POE-g-MAH 后, PP/POE-g-MAH/BF(67.5/2.5/30) 复合材料断面上



a—PP/BF(70 / 30,放大 250 倍) ;b—PP/BF(70 / 30,放大 1 000 倍) ;
c—PP/POE-g-MAH/BF(67.5 / 2.5 / 30,放大 250 倍) ;
d—PP/POE-g-MAH/BF(62.5 / 7.5 / 30,放大 1 000 倍)
图 1 PP/BF 和 PP/POE-g-MAH/BF 复合材料的
缺口冲击断面 SEM 照片

有较多的舌状凹坑,断面形貌呈纤维状,为韧性断裂,表明复合材料断裂前有一定的塑性变形,其冲击断裂具有塑性或韧性的特点。由图 1d 可以看出,在 PP/POE-g-MAH/BF (62.5 / 7.5 / 30) 的断面上,PP 基体中的 BF 分散较均匀,BF 基本嵌入或包裹于 PP 基体中,未观察到 BF 的脱附。结果表明,POE-g-MAH 促进了 BF 与 PP 的界面粘附,可以推测,BF 与 POE-g-MAH/PP 共混物之间存在一定物理或化学键合。相关研究^[1,7-8]也表明,PP-g-MAH 或马来酸酐接枝聚乙烯 (PE-g-MAH) 的极性酸酐基团与植物纤维的羟基能形成共价键合 (酯键),另外,马来酸酐接枝聚合物的非极性部分与聚烯烃树脂基体也相容,二者共同作用可降低植物纤维的表面能,增加植物纤维的润湿性和分散性,使植物纤维与聚烯烃基体的界面结合增强。

2.2 复合材料的力学性能

(1) BF 对 PP/BF 复合材料力学性能的影响。

表 1 为纯 PP 及 PP/BF 和 PP/POE-g-MAH/BF 复合材料的力学性能。

由表 1 可看出,随 BF 质量分数的增加,PP/BF 复合材料的拉伸和弯曲弹性模量增大,这主要源于 BF 本身的刚性较高,同时对 PP 分子链段运动具有阻碍作用。随着 BF 质量分数的增加,PP/BF 复合材料的拉伸、弯曲和缺口冲击强度均降低。PP/BF

复合材料力学强度的降低与以下因素相关^[6]:植物纤维之间的氢键使其趋于聚集,导致其在聚合物中的分散性降低;亲水性植物纤维的吸湿会减弱植物纤维和聚合物之间的物理键合;随着植物纤维含量的增加,植物纤维和聚合物之间会产生更多的界面缺陷,材料受拉伸或冲击时,外力会集中于这些缺陷处。

表 1 纯 PP 及 PP/BF 和 PP/POE-g-MAH/BF

复合材料的力学性能						
材料	质量比	拉伸强度 / MPa	拉伸弹性模量 / MPa	弯曲强度 / MPa	弯曲弹性模量 / MPa	缺口冲击强度 / (kJ · m ⁻²)
A		28.5	375.6	45.8	978.3	6.1
	95 / 5	26.9	391.3	43.5	1 208.3	5.5
	90 / 10	23.9	405.6	41.6	1 495.2	4.8
A / B	80 / 20	18.6	414.4	38.1	1 606.4	4.5
	70 / 30	17.6	457.8	34.9	1 718.3	4.2
	60 / 40	13.7	506.4	27.9	1 877.3	3.9
	67.5 / 2.5 / 30	19.6	352.3	36.1	1 862.3	5.2
A / C / B	65 / 5 / 30	16.6	319.9	29.8	1 697.4	5.8
	62.5 / 7.5 / 30	15.7	291.4	28.6	1 624.4	6.5
	60 / 10 / 30	15.4	218.1	27.7	1 440.7	6.5

注: A 代表纯 PP, B 代表 BF, C 代表 POE-g-MAH。

(2) POE-g-MAH 对 PP/BF(70 / 30) 力学性能的影响。

由表 1 可知,PP/BF(70 / 30) 的拉伸强度、弯曲强度、缺口冲击强度和弯曲弹性模量分别为 17.6 MPa,34.9 MPa,4.2 kJ / m² 和 1 718.3 MPa,添加质量分数 2.5% 的 POE-g-MAH 后,PP/POE-g-MAH/BF(67.5 / 2.5 / 30) 的上述性能分别增至 19.6 MPa,36.1 MPa,5.2 kJ / m² 和 1 862.3 MPa。由图 1 可知,添加 POE-g-MAH 可增加 BF 和 PP 基体之间的界面结合,有利于 BF 和 PP 基体之间的应力传递,使复合材料的强度和韧性提高。随着 POE-g-MAH 质量分数的增加,PP/POE-g-MAH/BF 复合材料的拉伸、弯曲强度和弯曲弹性模量降低。这与 POE-g-MAH 本身的模量和强度较低有关。POE-g-MAH 能明显提高 PP/BF 的缺口冲击强度,PP/POE-g-MAH/BF(62.5 / 7.5 / 30) 的缺口冲击强度达到 6.5 kJ / m²,高于纯 PP 的缺口冲击强度 (6.1 kJ / m²)。当复合材料受到外力冲击时,POE-g-MAH 可通过能量吸收参与整个变形过程。另外,POE-g-MAH 可促进 BF 的均匀分散,改善 BF 与 PP 基体的相容性。以上因素导致 PP/POE-g-MAH/BF 复合材料能更有效地传递应力,耗散能量,提高冲击韧性。

2.3 DSC 分析

通常,聚合物中的少量杂质或异物作为成核剂,产生异相成核,加快聚合物结晶;但添加高含量的填料会阻碍聚合物晶体的生长^[13-14]。纯 PP 及 PP/BF 和 PP/POE-g-MAH/BF 复合材料的 DSC 结晶参数和曲线如表 2、图 2 和图 3 所示。

表 2 纯 PP 及 PP/BF 和 PP/POE-g-MAH/BF

复合材料的 DSC 结晶参数					
材料	质量比	熔点 / ℃	结晶温 度 / °C	熔融焓 / (J·g ⁻¹)	结晶焓 / (J·g ⁻¹)
A		166.0	114.1	57.03	76.77
A/B	80 / 20	165.3	114.5	55.32	65.43
	70 / 30	165.3	114.7	46.47	56.76
	60 / 40	164.3	114.7	43.35	49.05
A/C/B	67.5 / 2.5 / 30	161.1	110.1	45.02	55.76
	62.5 / 7.5 / 30	162.2	112.4	41.27	54.29
	60 / 10 / 30	164.0	110.3	45.30	51.75

注: A 代表纯 PP, B 代表 BF, C 代表 POE-g-MAH。

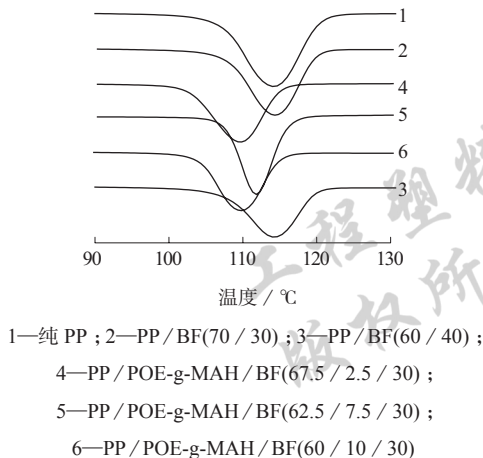


图 2 纯 PP 及 PP/BF 和 PP/POE-g-MAH/BF 复合材料的 DSC 冷却结晶曲线

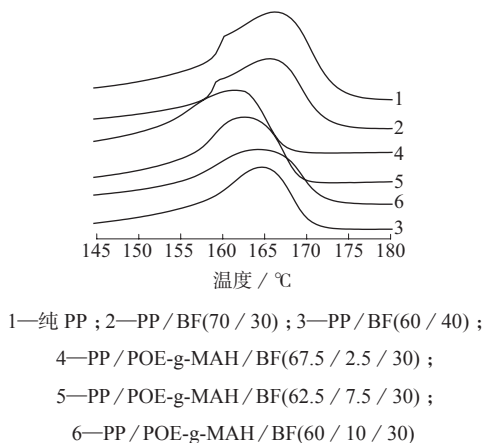


图 3 纯 PP 及 PP/BF 和 PP/POE-g-MAH/BF 复合材料的 DSC 熔融曲线

由表 2、图 2 可以看出,添加 BF 后,PP/BF 复合材料的结晶温度略有增加,表明 BF 能诱导 PP 异

相成核,加快其结晶,类似现象在 PP / 木纤维复合材料中也有报道^[7,12]。随着 BF 质量分数的增加,PP/BF 复合材料的熔点和熔融焓均下降,表明 BF 使 PP 的晶体尺寸减小,晶体缺陷增多。

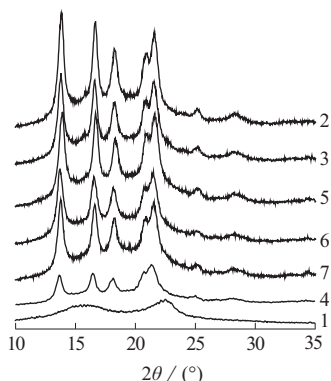
由表 2、图 2 和图 3 可以看出,与 PP/BF(70 / 30) 复合材料的熔点 (165.3 °C)、结晶温度 (114.7 °C)、熔融焓 (46.47 J/g) 和结晶焓 (56.76 J/g) 相比较,分别添加质量分数为 2.5%、7.5% 和 10% 的 POE-g-MAH 后,PP/POE-g-MAH/BF 复合材料的熔点、结晶温度、熔融焓和结晶焓均降低,这与 POE-g-MAH 的稀释效应有关。另外,POE-g-MAH 的非极性部分与 PP 的相容性较好,使其可均匀分散在 PP 基体中,与 PP 的非晶部分形成相容性共混物,可干扰 PP 的结晶过程,抑制 PP 分子链段的运动,降低其结晶性能,使 PP 晶体缺陷增多。

然而,由表 2 和图 3 可以看出,与添加 POE-g-MAH 含量较少 (质量分数分别为 2.5%、7.5%) 的 BF/POE-g-MAH/PP 复合材料比较,当 POE-g-MAH 的质量分数为 10% 时,BF/POE-g-MAH/PP (60 / 10 / 30) 的熔点 (164.0 °C) 和熔融焓 (45.30 J/g) 有所增加。这可能缘于 POE-g-MAH 的固化温度较低,当 PP 结晶固化时,POE-g-MAH 会降低复合材料的冷却速度,有利于结晶过程中 PP 链段的运动,形成较完善的晶粒。上述结果表明,POE-g-MAH 对复合材料中 PP 的结晶过程的影响较为复杂,总体而言,加入 POE-g-MAH 不利于复合材料中 PP 的结晶。

2.4 XRD 分析

图 4 为碱处理后的 BF 及 PP/BF 和 BF/POE-g-MAH/PP 复合材料的 XRD 曲线。

通常,PP 晶体呈现 5 个主要 α -晶型特征衍射峰^[15],在图 4 中,分别位于 $2\theta=13.8^\circ, 16.7^\circ, 18.2^\circ, 20.9^\circ$ 和 21.6° 。当 BF 的质量分数从 20% 增至 40% 时,PP 的 α -晶型衍射峰强度减弱,衍射峰锐利程度下降,表明 PP/BF 复合材料中 PP 的晶相完整程度降低。PP 中的高含量 BF 会阻碍 PP 分子间的有序排列和晶体生长,使晶体产生更多缺陷。PP/POE-g-MAH/BF (62.5 / 7.5 / 30) 中 PP 的 α -晶型衍射峰强度略低于 PP/BF (70 / 30) 中 PP 的 α -晶型衍射峰强度,尤其在 $2\theta=20.9^\circ$ 。这可能是 POE-g-MAH 和 PP 的相互作用减弱了 PP 分子链段的运动能力,干扰了 PP 的结晶。当 POE-g-MAH 含量较高时,PP/POE-g-MAH/BF (60 / 10 / 30) 复合



1—BF; 2—PP/BF(80/20); 3—PP/BF(70/30);
4—PP/BF(60/40); 5—PP/POE-g-MAH/BF(67.5/2.5/30);
6—PP/POE-g-MAH/BF(62.5/7.5/30);
7—PP/POE-g-MAH/BF(60/10/30)

图4 BF及PP/BF, PP/POE-g-MAH/BF复合材料的XRD图
材料中PP的 α -晶型衍射峰强度略有增加。上述原因基本与前面的DSC分析相一致。

3 结论

(1)BF能提高PP的模量(刚性),但使拉伸、弯曲强度和冲击强度降低。

(2)添加POE-g-MAH可增强BF与PP基体之间的界面粘附,使复合材料的冲击断面呈现塑性或韧性断裂的特点。当BF的质量分数为30%时,添加质量分数为2.5%的POE-g-MAH,可进一步提高PP/BF复合材料的拉伸、弯曲强度和冲击韧性。随着POE-g-MAH用量进一步增大,PP/BF的拉伸强度和弯曲性能下降,冲击强度明显提高。PP/POE-g-MAH/BF(62.5/7.5/30)复合材料的冲击强度高于纯PP。冲击强度的改善主要源于POE-g-MAH链段的柔顺性及其对PP/BF复合材料的增容作用,有利于耗散冲击能量和有效传递应力。

(3)DSC和XRD分析表明,BF对PP有异相成核作用,加入BF使PP晶体的缺陷增多。POE-g-MAH对PP结晶过程的影响较为复杂,总体而言,加入POE-g-MAH不利于PP/BF复合材料中PP的结晶,导致PP晶体缺陷增多。

参考文献

- [1] Chattopadhyay S K., Khandal R K., Uppaluri R., et al. Bamboo fiber reinforced polypropylene composites and their mechanical, thermal, and morphological properties[J]. J Appl Polym Sci, 2011, 119(3):1619-1626.
- [2] Cui Yihua, Tao Jie. Fabrication and mechanical properties of glass fiber-reinforced wood plastic hybrid composites[J]. J Appl Polym Sci, 2009, 112(3):1250-1257.
- [3] Mishra S, Verma J. Studies on the thermal and mechanical

properties of foamed wood-polymer composites[J]. Polymer-Plastics Technology and Engineering, 2006, 45(11):1199-1205.

- [4] Ishak Z A M, Aminullah A, Ismail H, et al. Effect of silane-based coupling agents and acrylic acid based compatibilizers on mechanical properties of oil palm empty fruit bunch filled high-density polyethylene composites[J]. J Appl Polym Sci, 1998, 68(13):2189-2203.
- [5] Dikobe D G, Luyt A S. Effect of poly(ethylene-co-glycidyl methacrylate) compatibilizer content on the morphology and physical properties of ethylene vinyl acetate-wood fiber composites[J]. J Appl Polym Sci, 2007, 104(5):3206-3213.
- [6] Sombatsompop N, Yotinwattanakumtorn C, Thongpin C. Influence of type and concentration of maleic anhydride grafted polypropylene and impact modifiers on mechanical properties of PP/wood sawdust composites[J]. J Appl Polym Sci, 2005, 97(2):475-484.
- [7] Bouza R, Marco C, Martin Z, et al. Dynamic crystallization of polypropylene and wood-based composites[J]. J Appl Polym Sci, 2006, 102(6):6028-6036.
- [8] Adhikary K B, Pang Shusheng, Staiger M P. Dimensional stability and mechanical behaviour of wood-plastic composites based on recycled and virgin high-density polyethylene (HDPE)[J]. Composites: Part B, 2008, 39(5):807-815.
- [9] Nunez A J, Kenny J, Reboredo M M, et al. Thermal and dynamic mechanical characterization of polypropylene-wood flour composites[J]. Polym Eng Sci, 2002, 42(4):733-742.
- [10] Biagotti J, Puglia D, Torre L, et al. A systematic investigation on the influence of the chemical treatment of natural fibers on the properties of their polymer matrix composites[J]. Polymer Composites, 2004, 25(5):470-479.
- [11] Hristov V N, Vasileva S T. Deformation mechanisms and mechanical Properties of modified polypropylene/wood fiber composites[J]. Polymer composites, 2004, 25(5):521-526.
- [12] 李思远, 杨伟, 史伟, 等. 木粉/聚丙烯复合材料力学性能及结晶行为研究[J]. 塑料工业, 2005, 33(5):146-149.
Li Siyuan, Yang Wei, Shi Wei, et al. Mechanical properties and crystallization behavior of PP/wood flour composites[J]. China Plastics Industry, 2005, 33(5):146-149.
- [13] Dasari A, Yu Zhongzhen, Yang Mingshu, et al. Micro- and nano-scale deformation behavior of nylon66-based binary and ternary nanocomposites[J]. Compos Sci Technol, 2006, 66(16):3097-3114.
- [14] Liu Xiahui, Wu Qiuju, Berglund L A. Polymorphism in polyamide 66/clay nanocomposites[J]. Polymer, 2002, 43(18):4967-4972.
- [15] Bao S P, Tjong S C. Impact essential work of fracture of polypropylene/montmorillonite nanocomposites toughened with SEBS-g-MA elastomer[J]. Composites: Part A, 2007, 38(2):378-387.

更正

第六期和氏璧化工专访中,杨向宏职务应为江苏和氏璧环保科技有限公司董事总经理。