

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2018.06.009

连续长玻纤增强 PP 复合材料

郭建鹏,孔伟

(上海日之升科技有限公司,上海 201109)

摘要:使用自主研发的连续长玻纤浸润模具,同时采用熔融压延浸润、熔融增压浸润两种技术制备了连续长玻纤增强聚丙烯(PP)材料,研究了压延作用力、增压压力对连续长玻纤浸润效果和复合材料性能的影响,以及玻纤含量、增容剂含量、浸润模具温度和注塑模具浇口对连续长玻纤增强PP复合材料力学性能的影响。结果表明,压延作用力和增压压力越大,连续长玻纤浸润效果越好,增强PP的性能越好。玻纤含量越高增强PP的性能越高;增容剂质量分数达到6%时,增强PP的综合性能最高;浸润模具温度越高连续长玻纤的浸润效果越好,当温度为320℃时连续长玻纤PP的综合性能最好,注塑模具浇口的合理设计,能够大幅度提升增强PP的性能。

关键词:浸润模具;压延作用力;增压压力;玻纤;增容剂;浸润模具温度;注塑模具浇口设计

中图分类号: TQ327.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2018)06-0041-04

Continuous Long Glass Fiber Reinforced PP Composite

Guo Jianpeng, Kong Wei

(Shanghai Sunny Technology Co. Ltd., Shanghai 201109, China)

Abstract : Continuous long glass fiber reinforced polypropylene (PP) materials were prepared by self developed continuous long glass fiber infiltrating mold, and two techniques were prepared by melting pressure infiltration and melting pressurization infiltration. The effect of the calendaring force on the infiltration effect of continuous long glass fiber and the properties of the composite material was studied. The effect of calendaring force on continuous long glass fiber infiltration and the effect of supercharging pressure on continuous long glass fiber were studied. The influence of the content of glass fiber, the content of compatibilizer and the temperature of the mold on the mechanical properties of the continuous long glass fiber reinforced PP composites, and the effect of the injection mold gate on the mechanical properties of the continuous long glass fiber reinforced PP were studied. The results show that the larger the calender force and the supercharging pressure, the better the infiltration effect of continuous glass fiber and the higher the performance of PP. The higher the glass fiber content is, the higher the performance of PP is, the higher the mass fraction of the compatibilizer is 6%, the higher the comprehensive performance of the PP, the better the infiltration effect of the continuous long glass fiber with the higher temperature of the impregnating mold. The better comprehensive performance of the long glass fiber PP is achieved at the temperature of 320℃, and the reasonable design of the injection mold flow channel can greatly increased the performance of reinforced PP.

Keywords : infiltrating die ; calendaring force ; supercharging pressure ; glass fiber ; compatibilizer ; infiltration mold temperature ; injection mold gate design

聚丙烯(PP)为无毒、无臭、无味的乳白色高结晶的聚合物,密度只有 $0.90 \sim 0.91 \text{ g/cm}^3$,是塑料中最轻的品种之一,是轻量化的首选材料。PP的结晶度高,结构规整,因而具有优良的力学性能。其化学稳定性很好,几乎不吸水,除能被浓硫酸、浓硝酸侵蚀外,对其它各种化学试剂都比较稳定。它有较

高的介电系数,且随着温度的上升,可以用来制作受热的电器绝缘制品。以PP为基体树脂,通过专用的设备工艺生产的连续长玻纤增强材料也具有以上特性。连续长玻纤增强PP被认为是今后以塑代钢的极佳材料,可用于汽车、家电、工具、家具、电子电气等领域。与传统的短切纤维增强复合材料相比,

通讯作者:郭建鹏,工程师,从事研发工作 E-mail: 13611821568@shsunny.com

收稿日期:2018-03-14

引用格式:郭建鹏,孔伟.连续长玻纤增强PP复合材料[J].工程塑料应用,2018,46(6):41-44.

Guo Jianpeng, Kong Wei. Continuous long glass fiber reinforced PP composite[J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46(6):41-44.

长纤维增强热塑性复合材料具有更好的综合性能。笔者以长玻纤为增强材料,采用本公司自主研发浸润模具制备了连续长玻纤增强 PP 复合材料^[1-3],研究了复合材料的性能,并且将这一复合材料进行了产业化生产,2017 年实现了 2 000 t 的销量。

1 实验部分

1.1 主要原材料

PP: PPBJ368MO, 北欧化工有限公司;

玻纤: TUFROV 4588, PPG 工业公司;

增容剂马来酸酐接枝聚丙烯: CMG5001-T, 自制;

润滑剂硅酮: GM-100, 中蓝晨光化工研究设计院有限公司;

耐高温抗氧剂: S-9228A, 巴斯夫中国有限公司。

1.2 主要仪器与设备

同向双螺杆挤出机: SHJ-85 型, 南京浩特机械设备有限公司;

注塑机: HTF70W1 型, 宁波海天集团股份有限公司;

连续长玻纤浸润模具: Sunny LFT-60 型, 自制;

电子万能力学试验机: WDW-50E 型, 济南试金集团有限公司;

冲击试验机: ZBC-1151-1 型, 深圳市新三思材料检测有限公司。

1.3 试样制备

将 PP、玻纤、增容剂、润滑剂、耐高温抗氧剂按如下比例(质量分数)加入到双螺杆挤出机中混合: PP 65%; 玻纤 30%; 增容剂 4%; 硅酮 0.5%; 耐高温抗氧剂 0.5%。熔融塑化后, 进入浸润模具中, 同时连续的玻纤从模具中穿过, 模具内部具有特殊的结构, 玻纤在模具内受到压延浸润及增压作用, 在这两种力的作用下, 熔融的混合物对玻纤进行了充分浸润, 然后从模口牵出, 再经水冷、风冷, 在牵引机的作用下进入切粒机切粒制成长 15 mm 的粒料, 获得连续长玻纤增强 PP 材料。用注塑机制得标准试样。所述双螺杆挤出机的温度为 260~280℃, 浸润模具的温度为 240~360℃。

1.4 性能测试

悬臂梁缺口冲击强度按 GB/T 1843-2008 测试;

拉伸强度按 GB/T 1040-2006 测试, 测试速率为 50 mm/min;

弯曲强度按 GB/T 9341-2008 测试, 测试速率为 2 mm/min。

2 结果与讨论

2.1 模具内部压延作用力对连续长玻纤浸润效果和材料性能的影响

固定增容剂与玻纤质量分数分别为 4% 和 30%, 设定浸润模具温度为 320℃, 双螺杆挤出机温度为 260~280℃, 牵引速率为 80 m/min, 模具内部熔融增压压力是 1.5 N。模具内部压延作用力对复合材料力学性能和浸润效果如表 1 所示。由表 1 可见, 随着模具内部压延作用力的提高, 树脂对玻纤的浸润效果提高, 但是作用力达到一定程度后若再提高, 会因玻纤破损而导致生产异常, 对材料性能的提高也无作用。所以模具内部压延作用力选为 0.5~1 N。

表 1 模具内部压延作用力对连续长玻纤浸润效果以及复合材料性能的影响

压延作用力 / N	拉伸强度 / MPa	弯曲强度 / MPa	悬臂梁缺口冲击强度 / (J·m ⁻¹)	浸润效果
0.01	70	120	60	极差
0.05	95	135	110	很差
0.1	100	170	150	差
0.5	115	180	200	良好
1	116	180	199	良好
2	112	173	195	生产异常

2.2 模具内部熔融增压压力对连续长玻纤浸润效果和材料性能的影响

按 2.1 配方进行试验, 设定浸润模具温度为 320℃, 双螺杆挤出机的温度为 260~280℃, 牵引速率为 80 m/min, 模具内部压延作用力是 0.5 N。模具内部熔融增压压力对复合材料力学性能和浸润效果如表 2 所示^[4-5]。

表 2 模具内部熔融增压压力对连续长玻纤浸润效果和复合材料性能影响

熔融增压压力 / N	拉伸强度 / MPa	弯曲强度 / MPa	悬臂梁缺口冲击强度 / (J·m ⁻¹)	浸润效果
0.1	72	123	65	极差
0.5	95	137	112	很差
1.0	102	175	152	差
1.5	117	183	205	良好
2.0	117	182	197	良好
2.5	115	172	193	生产异常

由表 2 可见, 随着模具内部熔融增压压力的提高树脂对玻纤的浸润效果会提高, 但是压力达到一定程度后若再提高, 会因玻纤破损而导致生产异常, 对复合材料性能的提高也无作用。所以这套模具内

部熔融增压压力选为 1.5 ~ 2.0 N。

2.3 玻纤含量对复合材料力学性能的影响

设定浸润模具温度为 320℃,双螺杆挤出机的温度为 260 ~ 280℃,牵引速率为 80 m/min,模具内部压延作用力是 0.5 N,模具内部熔融增压压力是 1.5 N,增容剂质量分数为 4%。玻纤含量对复合材料力学性能的影响如表 3 所示。由表 3 可见,复合材料的力学性能随着长玻纤含量的增加而上升,当玻纤质量分数为 60% 时,随着玻纤含量的继续增加,复合材料力学性能的增幅逐渐放缓。这是因为玻纤本身具有比高温尼龙更高的力学性能,玻纤的加入可明显提高复合材料的力学性能。当玻纤含量较高时,在注塑过程中,玻纤之间的摩擦会使其在一定程度上受到折损,导致玻纤的增强作用减弱,而使复合材料的力学性能增幅放缓。

表 3 玻纤含量对复合材料力学性能的影响

玻纤质量 分数 / %	拉伸强度 / MPa	弯曲强度 / MPa	悬臂梁缺口冲击 强度 / (J · m ⁻¹)
15	70	125	150
30	117	183	205
45	135	200	150
60	150	210	255
65	155	217	255
75	156	220	256

2.4 增容剂含量对复合材料力学性能的影响

设定浸润模具温度为 320℃,双螺杆挤出机的温度为 260 ~ 280℃,牵引速率为 80 m/min,模具内部压延作用力是 0.5 N,模具内部熔融增压压力是 1.5 N,玻纤质量分数为 30%。增容剂含量对复合材料力学性能的影响如表 4 所示。

表 4 增容剂含量对复合材料力学性能的影响

增容剂含 量 / %	拉伸强度 / MPa	弯曲强度 / MPa	悬臂梁缺口冲击 强度 / (J · m ⁻¹)
0.2	60	90	100
2	100	160	150
4	117	183	205
6	120	190	200
8	120	190	200
10	121	190	180

由表 4 可见,复合材料的力学性能随着增容剂含量的增加先升高后基本趋于稳定,增容剂的加入改善了玻纤和 PP 树脂的结合力,增容剂可以把玻纤和 PP 树脂牢固地粘接在一起,随着增容剂含量的增加,这种结合力会增强,复合材料的性能会提高,但是增容剂的含量达到一定程度的时候,结合力趋于平稳,同时由于这种增容剂的性能要低于 PP 树脂的性能,所以增容剂达到一定的量以后,复合材

料的性能不会继续提高。增容剂的最佳质量分数是 6%。

2.5 浸润模具温度对复合材料性能的影响

设定双螺杆挤出机的温度为 260 ~ 280℃,牵引速率为 80 m/min,模具内部压延作用力是 0.5 N,模具内部熔融增压压力是 1.5 N,增容剂和玻纤质量分数分别为 4% 和 30%。浸润模具温度^[10-11]对复合材料力学性能和浸润效果的影响如表 5 所示。由表 5 可见,复合材料的力学性能随着模具温度的增加而先升高后降低,温度的升高提高了 PP 的流动性,降低了 PP 的黏度,使 PP 更容易浸润到玻纤中去^[12-13]。所以温度越高浸润效果越好,浸润效果越好复合材料的性能会越高,但是模具温度达到 340℃ 以后,由于高温导致 PP 的降解,材料的性能反而会下降,温度越高性能越低。模具温度为 320℃ 时浸润效果以及复合材料的性能最佳。

表 5 模具温度对复合材料力学性能和浸润效果的影响

模具温 度 / °C	拉伸强度 / MPa	弯曲强度 / MPa	悬臂梁缺口 冲击强度 / (J · m ⁻¹)	浸润 效果
240	95	165	175	较差
270	105	170	180	差
300	112	175	195	较好
320	117	183	205	较好
340	112	170	190	较好
360	90	150	133	较好

2.6 注塑模具浇口设计对复合材料性能影响

设定浸润模具温度为 320℃,双螺杆挤出机的温度为 260 ~ 280℃,牵引速率为 80 m/min,模具内部压延作用力为 0.5 N,模具内部熔融增压压力是 1.5 N,增容剂和玻纤质量分数分别为 4% 和 30%。注塑模具浇口设计^[6]对复合材料力学性能的影响如表 6 所示。由表 6 可见,浇口越大复合材料的各项性能越高,是因为浇口越大^[14-16],玻纤经过浇口过程中损伤越小,玻纤保留长度就越长,材料性能就越高。但是浇口越大,脱模会存在一些问题,所以一般选用中型浇口或热流道浇口。

表 6 注塑样条模具浇口设计对复合材料性能的影响

模具浇口 结构	拉伸强度 / MPa	弯曲强度 / MPa	悬臂梁缺口冲击 强度 / (J · m ⁻¹)
点浇口	95	135	115
中型浇口	117	183	205
大浇口	175	210	275

3 结论

使用自主研发的连续长玻纤浸润模具,同时采用熔融压延浸润、熔融增压浸润两种技术制备了连续长玻纤增强 PP 材料,研究了压延作用力及增压

压力对连续长玻纤浸润效果和材料性能的影响,以及玻纤含量、增容剂含量、浸润模具温度和注塑模具浇口对连续长玻纤增强 PP 复合材料力学性能的影响。得出以下结论:

(1) 随着模具内部压延作用力的提高复合材料中的 PP 对玻纤的浸润效果会提高,模具内部压延作用力为 0.5~1 N 时最佳。

(2) 随着模具内部熔融增压压力的提高复合材料的 PP 对玻纤的浸润效果会提高,模具内部熔融增压压力为 1.5~2.0 N 时最佳。

(3) 复合材料的力学性能随着长玻纤含量的增加而上升,当玻纤质量分数达到 60% 时,随着玻纤含量的继续增加,复合材料力学性能的增幅逐渐放缓。

(4) 复合材料的力学性能随着增容剂含量的增加先升后降,增容剂的最佳质量分数是 6%。

(5) 复合材料的力学性能随着模具温度的增加先升高后基本趋于稳定,模具温度为 320℃ 时,浸润效果和复合材料的性能最佳。

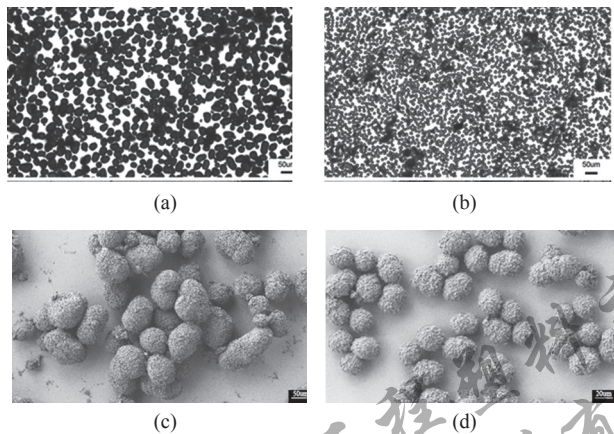
(6) 浇口越大复合材料的各项性能越高,因浇口越大,玻纤经过浇口过程中损伤越小,玻纤保留长度就越长,复合材料性能就越高。但浇口越大,脱模会存在一些问题,故一般选用中型浇口或热流道浇口。

参考文献

- [1] 汪晓鹏. 聚丙烯改性研究进展 [J]. 上海塑料, 2017(1):1-6.
Wang Xiaopeng. Research progress of polypropylene modification. [J]. Shanghai Plastics, 2017(1):1-6.
- [2] 段攀峰, 刘先龙, 白琪俊. 聚丙烯及其复合材料的非等温结晶动力学研究 [J]. 上海塑料, 2017(1):11-17.
Duan Panfeng, Liu Xianlong, Bai Qijun. Non-isothermal crystallization kinetics of polypropylene and its composite materials [J]. Shanghai Plastics, 2017(1):11-17.
- [3] 吴纯, 张伟, Seoyun K. 长玻纤改性聚丙烯在汽车领域的应用与展望 [J]. 上海塑料, 2016(4):23-25.
Wu Chun, Zhang Wei, Seoyun K. The application and prospect of long-glass fiber modified polypropylene in automotive field [J]. Shanghai Plastics, 2016(4):23-25.
- [4] 张宇, 刘恩, 段召华. 相容剂对长玻纤增强尼龙 66 树脂力学性能和流变行为的影响 [J]. 塑料工业, 2011(1):101-104.
Zhang Yu, Liu En, Duan Zhaohua. Effects of compatibilizer on mechanical properties and rheological behavior of long glass fiber reinforced nylon 66 resin [J]. China Plastics Industry, 2011(1):101-104.
- [5] 苏吉英, 郭建鹏, 朱晓龙. 高相比耐漏电起痕指数值、高 GWIT、无卤阻燃连续长玻纤增强 PET 的研究及应用 [J]. 塑料制造, 2015(Z1):77-80.
Su Jiying, Guo Jianpeng, Zhu Xiaolong. The research and application of high GWIT, non-halogen flame retardant continuous long glass fiber reinforced PET with high relative resistance to leakage [J]. Plastic Manufacturing, 2015(Z1):79-82.
- [6] 孟成铭, 郭建鹏, 杨涛. 高 CTI 高 GWIT 无卤阻燃连续长玻纤增强 PC 的研究及应用 [J]. 塑料工业, 2015(3):58-60.
Meng Chengming, Guo Jianpeng, Yang Tao. Research and application of high CTI high GWIT without halogen flame retardant continuous glass fiber reinforced PC [J]. China Plastics Industry, 2015(3):58-60.
- [7] 范潇潇, 郭建鹏, 孔伟. 无卤阻燃长玻纤增强 PBT 的研究及应用 [J]. 工程塑料应用, 2015, 43(2):113-116.
Fan Xiaoxiao, Guo Jianpeng, Kong Wei. Research and application of non-halogen flame retardant glass fiber reinforced PBT [J]. Engineering Plastics Application, 2015, 43(2):113-116.
- [8] 游华燕, 张宇, 匡俊杰. 高分子相容剂对玻璃纤维增强 PA66 性能的影响 [J]. 塑料科技, 2013(5):66-69.
Yu Huayan, Zhang Yu, Kuang Junjie. Effects of polymer compatibilizers on the performance of glass fiber reinforced PA66 [J]. Plastics Science and Technology, 2013(5):66-69.
- [9] 李春艳. 高速铁路用玻纤增强尼龙 66 材料性能研究 [D]. 北京: 北京化工大学, 2012.
Li Chunyan. Study on the properties of fiberglass reinforced nylon 66 materials for high-speed railway [D]. Beijing: Beijing University of Chemical Technology, 2012.
- [10] 赵朋, 颜浩, 马诗雯. PA66 / GF / PPO 共混材料的动态流变性能 [J]. 工程塑料应用, 2014, 42(10):71-75.
Zhao Peng, Yan Hao, Ma Shiwen. Dynamic rheological properties of PA66 / GF / PPO blend materials [J]. Engineering Plastics Application, 2014, 42(10):71-75.
- [11] 何颖, 龚维, 张道海. 增容剂对 GF 增强 SAN 复合材料性能的影响 [J]. 工程塑料应用, 2014, 42(11):129-133.
He Ying, Gong Wei, Zhang Daohai. Effects of compatibilizer on the performance of GF-enhanced SAN composites [J]. Engineering Plastics Application, 2014, 42(11):129-133.
- [12] 张伟, 李旭武, 张适龄. 长玻纤增强尼龙 6 复合材料油老化寿命的评价 [J]. 塑料工业, 2014(10):50-52, 60.
Zhang Wei, Li Xuwu, Zhang Shiling. Evaluation on the aging life of long-glass fiber reinforced nylon 6 composite materials [J]. China Plastics Industry, 2014(10):50-52, 60.
- [13] 孟成铭, 郭建鹏, 杨涛. 连续长碳纤维增强 PPA 的制备及性能的研究 [J]. 塑料工业, 2013(9):37-39.
Meng Chengming, Guo Jianpeng, Yang Tao. Research on the preparation and performance of continuous carbon fiber reinforced PPA [J]. China Plastics Industry, 2013(9):37-39.
- [14] 徐园园. 玻纤增强的不饱和聚酯的增韧改性及稀土 / 不饱和聚酯的发光研究 [D]. 上海: 上海交通大学, 2012.

核阶段保温时间至 20 min,获得了如图 3 中样品 j,其粒径检测数据见表 1,平均粒径只有 12.21 μm ,而同等条件下乙醇为溶剂时获得颗粒的 D_{50} 为 30.38 μm ,这进一步证明了 DMF 中可获得粒径更小的球形微粉。

虽然在显微镜下,样品 h 和样品 i 都是类似的球状颗粒,但进一步用 SEM 观察样品 h 和样品 i 时,却发现两者的球形晶体的表面是不同的。由图 3 可见样品 h 的颗粒表面较平滑,而样品 i 的颗粒表面比较粗糙,笔者认为可能是由于 PA12 在两种溶剂中的结晶速度不同或是形成了不同的晶型造成的。



a—样品 i 的显微照片; b—样品 j 的显微照片;

c—样品 h 的 SEM 照片; d—样品 i 的 SEM 照片

图 3 PA12 在 DMF 中的结晶颗粒的显微照片及与乙醇中结晶颗粒对比的 SEM 照片

3 结论

PA12 在乙醇中形成球状结晶的必要条件是降温速度不能超过 0.5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$,在成核阶段的保温使获得微粉粒径分布更为集中,并且通过延长保温时间,获得了 30~60 μm 左右的不同粒径大小的球形微粉。还对比了 PA12 在乙醇与 DMF 两种不同溶剂中获得微粉颗粒的异同,结果表明,在 DMF 中更易获得更细的球形微粉。

参考文献

- [1] 李馥梅. 长碳链尼龙的研究开发与应用[J]. 化工新型材料, 2006, 36(12):6-9.
- [2] Zhang Xikui, Yang Guisheng, Lin Jiaping. Crystallization behavior of nylon 11 / montmorillonite nanocomposites under annealing[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2006, 102(6):5 483-5 489.
- [3] Beal V E, Paggi R A, Salmoria G V, et al. Statistical evaluation of laser energy density effect on mechanical properties of polyamide parts manufactured by selective lasersintering[J]. Applied Polymer Science, 2009, 113:2 910-2 919.
- [4] 许小曙, 谭锐, 范小寒, 等. 一种激光烧结用聚酰胺粉末及其制备方法:CN104385608A[P]. 2015-03-04.
Xu Xiaojun, Tan Rui, Fan Xiaohan et al. A kind of polyamide powder for laser sintering and its preparation method:CN104385608A[P]. 2015-03-04.
- [5] Baumann F E, Monsheimer S, Grebk M, et al. Laser-sintered powder with titanium dioxide particle, its preparation method and moulded parts produced by the laser sintered powder:US2004138363(A)[P]. 2004-07-15.
- [6] 闫春泽, 陈鹏, 史玉升, 等. 一种 SLS 用尼龙粉末的蒸馏冷却装置及降温方法:CN106671416A[P]. 2017-05-17.
Yan Chunze, Chen Peng, Shi Yusheng, et al. Distillation cooling device and method for nylon powder for SLS:CN106671416A[P]. 2017-05-17.
- [7] Baumann F E, Wilczok N. Preparation of precipitated polyamide powders with a narrow grain size distribution and low porosity:EP0863174 (A)[P]. 1998-09-09.
- [8] 许小曙, 边宏, 范小寒, 等. 一种用于选择性激光烧结聚酰胺粉末制备方法:CN102399371A [P]. 2012-04-04.
Xu Xiaoshu, Bian Hong, Fan Xiaohan, et al. Preparation method for selective laser sintering of polyamide powder:CN102399371A [P]. 2012-04-04.
- [9] 张建斌, 张全福, 徐春艳, 等. 溶剂法制备尼龙 1212 粉末工艺研究[J]. 工程塑料应用, 2004, 32(1):22-24.
Zhang Jianbin, Zhang Quanfu, Xu Chunyan, et al. Technological research of nylon 1212 powder with solvent method[J]. Engineering Plastics Application, 2004, 32(1):22-24.
- [10] 李中原, 何素芹, 刘文涛, 等. 用 DMF 制备尼龙粉末的工艺研究[J]. 塑料工业, 2007, 35(10):8-10.
Li Zhongyuan, He Suqin, Liu Wentao, et al. Research on preparation process of nylon powder with DMF[J]. China Plastics Industry, 2007, 35(10):8-10.
- [11] long glass fiber reinforced nylon 66 composites[J]. China Plastics Industry, 2012(5):87-90, 105.
- [16] 杨涛, 郭建鹏, 孟成铭. 连续长铝纤维增强高温尼龙复合材料的力学性能[J]. 工程塑料应用, 2013, 41(8):40-42.
Yang Tao, Guo Jianpeng, Meng Chengming. Mechanical properties of continuous long aluminum fiber reinforced high-temperature nylon composites[J]. Engineering Plastics Application, 2013, 41(8):40-42.

(上接第 44 页)

Xu Yuanyuan. Study on the toughening modification of fiberglass reinforced unsaturated polyester and the luminescence of rare earth / unsaturated polyester[D]. Shanghai:Shanghai Jiaotong University, 2012.

[15] 孙红玲, 牛景新, 刘文涛. 长玻纤增强尼龙 66 复合材料性能的研究[J]. 塑料工业, 2012(5):87-90, 105.

Sun Hongling, Niu Jingxin, Liu Wentao. Study on the properties of