

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2020.06.005

良外观耐高静压玻纤增强 PA66 复合材料制备及性能

陈光伟, 张强

(上海日之升科技有限公司, 上海 201107)

摘要: 通过双螺杆挤出制备了良外观耐高静压玻纤 (GF) 增强尼龙 66 (PA66) 复合材料, 考察不同尼龙种类、GF 直径、增容剂种类及含量对良外观耐高静压 GF 增强 PA66 复合材料外观及力学性能的影响。结果表明, 中黏度 (2.4~2.7 Pa·s) PA66、数均分子量约为 12 000 的 PA1212、直径为 11 μm 的 GF 及线性低密度聚乙烯接枝马来酸酐 (PE-LLD-g-MAH) 与高密度聚乙烯接枝马来酸酐 (PE-HD-g-MAH) 的质量比 1:1 复配的增容剂制备的 GF 增强 PA66 复合材料有优异的力学性能及良外观; 随着长碳链尼龙含量增加, GF 增强 PA66 复合材料的表面浮纤逐渐减少、拉伸及弯曲强度逐步下降, 耐高静压能力上升; GF 单丝直径越小 (小于 10 μm), GF 增强 PA66 复合材料力学性能上升, 容易出现表面浮纤团聚问题, 反之 GF 单丝直径越大, 材料耐高静压能力下降; 增容剂 PE-LLD-g-MAH 和 PE-HD-g-MAH 复配对 GF 增强 PA66 复合材料增容效果优于 PP-g-MAH 或 EPDM-g-MAH; 当同时加入 2% PE-LLD-g-MAH 和 PE-HD-g-MAH 时, PA66/PA1212/GF 质量比为 51/15/30 时, 制备出的 PA66/PA1212/GF 复合材料有较好的外观及力学性能, 并且加工性能可满足要求, 其中静压强度可达 55.6 MPa。

关键词: 良外观; 静压强度; 玻纤增强 PA66; 线性低密度聚乙烯接枝马来酸酐; 高密度聚乙烯接枝马来酸酐

中图分类号: TQ323.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2020)06-0027-05

Preparation and Properties of Glass Fiber Reinforced PA66 Composite with Good Appearance and High Static Pressure Resistance

Chen Guangwei, Zhang Qiang

(Shanghai Sunny Technology Co., Ltd., Shanghai 201107, China)

Abstract: Glass fiber (GF) reinforced nylon66 (PA66) composite with good appearance and high static pressure resistance was prepared by twin-screw extrusion; the mechanical properties of GF reinforced PA66 composite materials were investigated by influence of different PA, GF monofilament diameter and compatilizer types and contents. The results show that the GF reinforced PA66 composite materials have excellent mechanical properties which prepared by the medium viscosity (2.4-2.7 Pa·s) nylon66 and the PA1212 with a number average molecular weight of 12 000 and the monofilament diameter size are 11 μm of glass fiber and the mass ratio of 1:1 by linear low density polyethylene grafted maleic anhydride (PE-LLD-g-MAH) to high density polyethylene grafted maleic anhydride (PE-HD-g-MAH). With the increase of the content of long carbon chain nylon, the surface floating fiber of the glass fiber reinforced PA66 composite material gradually decreases, the tensile and flexural strength decrease, and the high static pressure resistance increase, the smaller the diameter of the glass fiber monofilament (less than 10 μm). The mechanical properties of glass fiber reinforced PA66 composite materials are increased, and the problem of surface floating fiber agglomeration is easy to occur. On the contrary, the larger the glass fiber monofilament, the lower the high static pressure resistance of the material. The compatibilizers PE-LLD-g-MAH and PE-HD-g-MAH have better compatibilizing effect on glass fiber reinforced PA66 composite than PP-g-MAH or EPDM-g-MAH. When PE-LLD-g-MAH and PE-HD-g-MAH are added at 2% each, and PA66/PA1212/alkali-free glass fiber mass ratio is 51/15/30. The prepared PA66/PA1212/glass fiber composite material has good appearance and mechanical properties, and the processing performance could meet the requirements, among which the static pressure strength can reach 55.6 MPa.

Keywords: good appearance; static pressure strength; glass fiber reinforced PA66; PE-LLD-g-MAH; PE-HD-g-MAH

通讯作者: 陈光伟, 工程师, 主要从事尼龙等工程塑料的改性研究 E-mail: chenguangwei@shsunny.com

收稿日期: 2020-04-07

引用格式: 陈光伟, 张强. 良外观耐高静压玻纤增强 PA66 复合材料制备及性能 [J]. 工程塑料应用, 2020, 48(6):27-31.

Chen Guangwei, Zhang Qiang. Preparation and properties of glass fiber reinforced PA66 composite with good appearance and high static pressure resistance[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(6):27-31.

尼龙 66 (PA66) 含有—CO—NH—基团,具有良好的力学性能、耐化学品性及加工性能,被广泛用于汽车、航天、电器及高压清洗等领域^[1]。但纯 PA66 材料的力学性能相对较低、结晶容易变形及耐热性差等特点使其在高刚性高耐热的场合很难满足要求,因而 PA66 改性材料的开发一直是许多企业开发的热点。玻纤 (GF) 增强 PA66 材料是目前提高 PA66 力学性能比较好的方法,GF 的加入降低 PA66 结晶度,力学性能明显得到提高,耐热性上升也比较明显,复合材料的尺寸稳定性改善^[2]。但 GF 的加入会带来额外的问题,如材料的浮纤严重,表面观变差,材料的黏度变大导致其加工困难,且若 GF 与 PA66 树脂相容性不好,还会出现表面浮纤加剧及力学性能一般等问题。目前改善 GF 增强 PA66 材料表面浮纤的主要手段为矿物复配 GF、降低 GF 保留长度、增加有机成核剂、流动改性剂及 TAF 等^[3-13],这些手段虽可部分改善 GF 增强 PA66 材料的浮纤问题,但在高压水枪领域要求 GF 增强尼龙要求耐高静压的情况很难满足要求。

笔者研究不同尼龙种类、GF 直径、增容剂种类及含量对良外观耐高静压 GF 增强 PA66 复合材料外观及力学性能的影响。

1 实验部分

1.1 主要原材料

PA66 1[#]: 黏度 2.4~2.7 Pa·s, PA66 3[#]: 黏度 3.0~3.5 Pa·s, 奥升德功能材料(上海)有限公司;

PA66 2[#]: 黏度 2.1~2.4 Pa·s, 英威达尼龙化工(中国)有限公司;

PA1212 1[#], PA1212 2[#]: 数均分子量分别为 13 000~15 000, 10 000~12 000, 山东东辰瑞森新材料科技有限公司;

PA612: 数均分子量 10 000~12 000, 巴斯夫(中国)有限公司;

GF 1[#]: 单丝直径 11 μm, 泰山玻璃纤维有限公司;

GF 2[#]: 单丝直径 14 μm, 巨石集团有限公司;

GF 3[#]: 单丝直径 9 μm, 巨石集团有限公司;

线性低密度聚乙烯接枝马来酸酐 (PE-LLD-g-MAH)、高密度聚乙烯接枝马来酸酐 (PE-HD-g-MAH)、三元乙丙橡胶接枝马来酸酐 (EPDM-g-MAH)、聚丙烯接枝马来酸酐 (PP-g-MAH): 佳易容相容剂江苏有限公司。

1.2 主要设备及仪器

双螺杆挤出机: SHJ-36 型, 南京诚盟化工机械有限公司;

注塑机: HTF80X1 型, 宁波海天股份有限公司;

拉力试验机: Z010TN 型, 摆锤冲击试验机: HIT25P 型, 德国 ZwickRoell 集团;

扫描电子显微镜 (SEM): S-4800 型, 日本 HITACHI 公司;

维卡软化点测试仪: IC6+N 型, 德国 Coesfeld 公司;

软管爆破压力检测机: 济南思明特科技有限公司。

1.3 试样制备

将干燥好的 PA66、PA1212、增容剂及助剂等按一定比例混合均匀后, 从主喂料口加入, 玻纤口加入 GF, 在挤出温度 270℃、螺杆转速 280~320 r/min 条件下挤出造粒。所得粒料在 100℃烘箱中烘 4 h 后, 注塑机注塑标准样条。

1.4 SEM 观察

室温下的缺口冲击断面喷金后用 SEM 观察断面形态。

1.5 力学性能测试

拉伸性能: 按照 ISO 527-2012 标准测试, 拉伸速度 5 mm/min;

弯曲性能: 按照 ISO 178-2010 标准测试, 弯曲速度 2 mm/min;

冲击性能: 按照 ISO 179-2010 标准测试;

维卡软化点: 按照 ISO 306-2013 标准测试。

1.6 外观及静压测试

外观测试: 注塑直径 100 mm、厚度 3 mm 的圆片, 目测;

静压测试: 采用软管爆破压力检测机测试。

2 结果与讨论

2.1 PA66 种类及含量对 GF 增强 PA66 复合材料性能影响

表 1 为不同 PA66 含量及种类的 GF 增强 PA66 材料配方。表 2 为不同 PA66 含量及种类的 GF 增强 PA66 材料性能。根据表 1 的配方及表 2 的实验结果可以看出, 随着 PA66 含量的提高, GF 增强 PA66 复合材料拉伸及弯曲强度逐渐上升, 冲击性能逐渐下降, 长碳链 PA1212 的加入对材料韧性及表面浮纤有改善, 增容剂的加入会改善 GF 在 PA66 树脂中的包覆, 减少浮纤迁移到表面的风险, 对 GF

增强 PA66 复合材料的耐静压能力有所帮助,这是因为增容剂中马来酸酐基团与 PA66 中的酰胺基相互作用,在改善界面作用的同时,PE 支链提高分子链间的相互缠结,增加材料的耐静压性能。结果显示,黏度 $2.4 \sim 2.7 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 的 PA66 制备 GF 增强尼龙复合材料性能优于黏度 $3.2 \sim 3.4 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 及 $2.1 \sim 2.4 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 的 PA66 所制备的,因为高黏度 PA66 在加工过程中容易将剪碎,导致 GF 在树脂中的保留长度较短,影响复合材料的性能,且 GF 在高黏度的 PA66 中分散不好,表面容易出现 GF 团聚产生浮纤;低黏度 PA66 在双螺杆挤出加工过程中不容易将 GF 剪断,且低黏度 PA66 自身性能较差,使得复合材料的表观及综合性能较差。

表 1 不同 PA66 含量及种类的 GF 增强 PA66 材料配方 份

材料	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]
PA66 1 [#]	40	50	60			50
PA66 2 [#]				50		
PA66 3 [#]					50	
PA1212 2 [#]	26	16	6	16	16	20
GF 1 [#]	30	30	30	30	30	30
PE-LLD-g-MAH	2	2	2	2	2	
PE-HD-g-MAH	2	2	2	2	2	

表 2 不同 PA66 含量及种类的 GF 增强 PA66 材料性能

性能	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]
拉伸强度 /MPa	146.8	169.1	179.4	151.0	160.4	153.6
弯曲强度 /MPa	192.4	216.5	230.9	202.7	204.9	204.3
弯曲弹性模量 /MPa	7762.5	8121.2	8543.7	7633.5	7946.1	7902.1
简支梁缺口冲击强度 / $(\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2})$	13.9	11.3	9.4	10.8	12.2	10.5
圆片外观	无浮纤	无浮纤	轻微浮纤	无浮纤	浮纤较明显	浮纤明显
静压强度 /MPa	52.4	55.2	53.1	51.8	52.9	49.7

2.2 长碳链尼龙种类及含量对 GF 增强 PA66 复合材料性能影响

表 3 为不同长碳链尼龙种类和含量的 GF 增强 PA66 材料配方。表 4 为不同长碳链尼龙种类和含量的 GF 增强 PA66 材料性能。根据表 3 及表 4 可以看出,不同种类的长碳链尼龙对 GF 增强 PA66 复合材料的力学性能影响很大,加 15% 的数均分子量为 $10\,000 \sim 12\,000$ 的 PA1212 的 GF 增强 PA66 复合材料的力学性能、外观及耐静压性能的较佳。PA1212 的数均分子量越高,PA126612 的分子链越长,相同添加比例的情况下力学性能会好些,这是因为分子链越长越容易产生缠结,抵抗外力变形的能力越强,使力学性能有所上升,但分子链越长,GF 不容易在树脂基体中分散,容易产生团聚,在加工过程导致浮纤的产生,且不利于静压强度的提高。

表 3、表 4 的结果显示:PA1212 的对静压强度的效果及在外观的浮纤方面效果优于 PA612,未添加长碳链尼龙的 GF 增强尼龙材料的外观及耐静压性能都不能满足要求,原因是长碳链尼龙的加入对 PA66 的结晶产生影响,提高 PA66 中无定型区域的比例,使 GF 在 PA66 中分散性及被包覆的更好,不容易产生团聚,且 PA1212 是长碳链尼龙,长分子链的缠结有利于提高材料抵抗外力的作用,使其耐静压强度提高。

表 3 不同长碳链尼龙种类和含量的 GF 增强 PA66 材料配方 份

材料	7 [#]	8 [#]	9 [#]	10 [#]	11 [#]	12 [#]
PA1212 1 [#]	15					
PA1212 2 [#]		10	15	20		
PA612					15	
PA66 1 [#]	51	56	51	46	51	66
GF 1 [#]	30	30	30	30	30	30
PE-LLD-g-MAH	2	2	2	2	2	2
PE-HD-g-MAH	2	2	2	2	2	2

表 4 不同长碳链尼龙种类和含量的 GF 增强 PA66 材料性能

性能	7 [#]	8 [#]	9 [#]	10 [#]	11 [#]	12 [#]
拉伸强度 /MPa	171.4	173.1	169.9	152.5	176.3	185.5
弯曲强度 /MPa	223.5	226.0	218.4	203.6	229.0	235.7
弯曲弹性模量 /MPa	8221.8	8320.7	8167.2	7943.3	8232.9	8465.9
简支梁缺口冲击强度 / $(\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2})$	12.0	10.3	11.2	13.1	10.4	9.6
圆片外观	轻微浮纤	基本无浮纤	无浮纤	无浮纤	轻微浮纤	表面浮纤明显
静压强度 /MPa	53.4	53.7	55.6	53.1	52.8	50.3 (不稳定)

2.3 增容剂种类及含量对 GF 增强 PA66 复合材料性能影响

表 5 为不同增容剂含量及种类的 GF 增强 PA66 复合材料配方。表 6 为不同增容剂含量及种类 GF 增强 PA66 复合材料的性能。由表 5、表 6 可以看出,增容剂含量及种类对 GF 增强 PA66 复合材料性能影响明显。当增容剂 PE-LLD-g-MAH 添加量 2% 增加到 6% 时,GF 增强 PA66 /PA1212 复合材料冲击强度从 9.4 kJ/m^2 提高到 11.5 kJ/m^2 ,拉伸强度从 174.9 MPa 下降至 158.1 MPa ,静压强度从 52.2 MPa 上升至 54.4 MPa ,PE-LLD-g-MAH 的含量在 4% 时外观无浮纤,说明 PE-LLD-g-MAH 的加入有利于静压强度和抗冲击性能的上升,但力学性能处于下降的趋势,且含量高低对外观也会产生明显的影响。这是因为 PE-LLD 中的短支链较多,故其加入会降低 PA66,PA1212 的结晶度,无定型区域的增加会提高尼龙树脂对 GF 的包覆,减少 GF 向树脂表面的迁移,减少浮纤的产生;且短支

表5 不同增容剂种类及含量时 GF 增强 PA66 复合材料配方 份

材料	13 [#]	14 [#]	15 [#]	16 [#]	17 [#]	18 [#]	19 [#]	20 [#]	21 [#]
PA66 1 [#]	53	51	49	51	51	47	51	51	51
PA1212 2 [#]	15	15	15	15	15	15	15	15	15
GF 1 [#]	30	30	30	30	30	30	30	30	30
PE-LLD-g-MAH	2	4	6		2	4			
HDPE-g-MAH				4	2	4			
EPDM-g-MAH							4		2
PP-g-MAH								4	2

表6 不同增容剂种类及含量时 GF 增强 PA66 复合材料的性能

性能	13 [#]	14 [#]	15 [#]	16 [#]	17 [#]	18 [#]	19 [#]	20 [#]	21 [#]
拉伸强度 / MPa	174.9	164.8	158.1	171.5	169.9	166.4	161.5	169.7	166.9
弯曲强度 / MPa	224.9	211.8	203.2	220.5	218.4	213.9	207.6	218.2	214.6
弯曲弹性模量 / GPa	8.41	7.92	7.60	8.25	8.17	8.00	7.76	8.16	8.03
简支梁缺口冲击强度 / (kJ · m ⁻²)	9.4	10.8	11.5	10.7	11.2	10.9	11.3	9.7	10.3
圆片外观	轻微浮纤	无浮纤	轻微浮纤	轻微浮纤	无浮纤	浮纤明显	轻微浮纤	浮纤明显	浮纤明显
静压强度 / MPa	52.2	53.9	54.4	55.3	55.6	54.4	51.7	48.5	51.3

链数量的提高会增加微交联生成的概率,提高复合材料的耐静压性能。表5、表6结果显示:PE-LLD-g-MAH与PE-HD-g-MAH复配效果优于单独加入PE-LLD,PE-HD,EPDM-g-MAH,PP-g-MAH,且PE-LLD-g-MAH与PE-HD-g-MAH添加量各为2%时复配效果最佳,这是因为两者复配可以解决单独添加PE-LLD-g-MAH产生短支链较多易发生微交联而产生的加工性及力学性能下降、PE-HD-g-MAH因线性主链较长易发生缠结而影响加工及GF分散差等问题;三元乙丙橡胶(EPDM)力学性能较佳,EPDM接枝马来酸酐制备的EPDM-g-MAH对GF增强PA66/PA1212合金材料界面相容性有所帮助,但EPDM-g-MAH因自身加工性不好,加入过量的EPDM-g-MAH会导致PA66/PA1212合金材料的流动性下降,影响生产效率;改善PA66复合材料的界面相容性也可以选择增容剂PP-g-MAH,但因PP自身结构支链较少的原因,PP冲击性能比PE-LLD和EPDM差,且EPDM-g-MAH,PP-g-MAH对PA66的结晶影响较小,无法保障GF增强PA66复合材料有较好的外观及耐静压性能。

2.4 GF含量及种类对PA66复合材料性能影响

表7为不同GF种类及含量时GF增强PA66复合材料配方。表8为不同GF种类及含量时GF增强PA66复合材料性能。

表7 不同GF种类及含量时 GF 增强 PA66 复合材料配方 份

材料	22 [#]	23 [#]	24 [#]	25 [#]	26 [#]
PA66 1 [#]	61	41	51	51	51
PA1212 2 [#]	15	15	15	15	15
GF 1 [#]	20	40	30		
GF 2 [#]				30	
GF 3 [#]					30
PE-LLD-g-MAH	2	2	2	2	2
HDPE-g-MAH	2	2	2	2	2

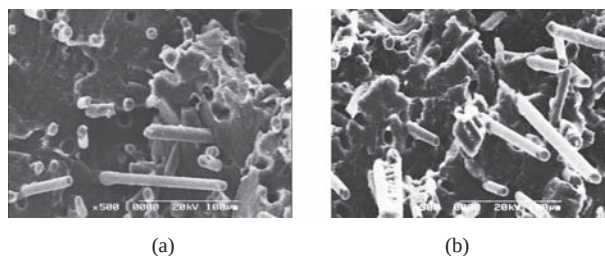
表8 不同GF种类及含量时 GF 增强 PA66 复合材料性能

性能	22 [#]	23 [#]	24 [#]	25 [#]	26 [#]
拉伸强度 / MPa	124.0	193.6	169.9	160.6	180.0
弯曲强度 / MPa	159.4	248.9	218.4	206.5	231.3
弯曲弹性模量 / MPa	5962.0	9310.6	8167.2	7722.9	8652.7
简支梁缺口冲击强度 / (kJ · m ⁻²)	9.4	10.1	11.2	10.5	11.8
圆片外观	无浮纤	轻微浮纤	无浮纤	无浮纤	轻微浮纤
静压强度 / MPa	46.7	53.9	55.6	52.5	52.8

根据表7、表8可以看出,随着GF含量的增加,GF增强PA66/PA1212复合材料的拉伸及弯曲性逐渐上升,缺口冲击强度呈现出先上升再下降趋势,GF填充量达到一定值后,复合材料的耐静压强度却出现降低趋势,这是因为GF含量达到一定时,PA66/PA1212复合材料的基体树脂不能全部包覆住GF,会让GF在尼龙树脂中产生团聚,最终性能出现降低。随着GF单丝直径的上升,复合材料的力学性能逐渐下降,这是因为相同添加比例的情况下,单丝直径越小,单位体积内GF含量越多,性能相对较高,但会导致复合材料外观的浮纤越多,且容易团聚,影响材料的耐静压性能。

2.5 SEM分析

图1a为PA66/PA1212/GF复合材料SEM图。图1b为PA66/PA1212/GF/PE-LLD-g-MAH/PE-HD-g-MAH复合材料SEM图。从图1a和图1b可以看出,增容剂PE-LLD-g-MAH与HDPE-g-MAH同时加入可以很好提高GF增强PA66复合材料的界面相容性能,因为在一样扫描电镜的倍数下,



a—PA66 / PA1212 / GF ;

b—PA66 / PA1212 / GF / LLDPE-g-MAH / HDPE-g-MAH

图1 PA66 / PA1212 / GF 复合材料 SEM 图

从含有增容剂的 GF 增强 PA66 复合材料的断面可以看到 GF 表面不光滑, GF 表面还有树脂粘结,说明有很好的界面相容性能,可有效增加复合材料抵抗外力的作用。从图 1a 可以看到,因为没有增容剂, GF 有一部分没有很好与 PA66 / PA1212 树脂基体产生界面相容,没有与树脂产生粘结,这样容易出现应力集中点,在外力的作用下,很容易断裂,从而影响材料的力学性能。从图 1b 可知,添加 PE-LLD-g-MAH 与 PE-HD-g-MAH 增容剂的 GF 增强 PA66 复合材料有很好的界面相容性,有效的界面相容可以阻碍裂纹的产生和提高材料抵抗外力作用下产生的形变,优异的界面增容效果可以提高 PA66 / PA1212 合金材料对 GF 的包覆性能,故可有效使材料的力学性能及耐静压能力上升。

3 结论

(1) 中黏度 (2.4 ~ 2.7 Pa · s) PA66、数均分子量 10 000 ~ 12 000 的 PA1212、单丝直径为 11 μm 的 GF、增容剂为 PE-LLD-g-MAH 与 PE-HD-g-MAH 复配制备的 GF 增强 PA66 复合材料力学性能较佳。

(2) 同时加入增容剂 PE-LLD-g-MAH 与 PE-HD-g-MAH 对 GF 增强尼龙 66 复合材料界面相容性提高好于单独加入 PE-LLD-g-MAH、PE-HD-g-MAH、PP-g-MAH 或 EPDM-g-MAH。

(3) 当 PE-LLD-g-MAH 和 PE-HD-g-MAH 添加量各为 2%, PA66 / PA1212 / GF 质量比为 51 / 15 / 30 时,制备出的 GF 增强 PA66 复合材料具有较佳的力学性能,并有优异的加工性能,其中耐静压强度可达 55.6 MPa,表面无浮纤、缺口冲击强度可达 11.2 kJ / m²。

参考文献

- [1] 邓如生,魏运生,陈步宁. 聚酰胺树脂及其应用[M]. 北京:化学工业出版社,2002.
Deng Rusheng, Wei Yunsheng, Chen Buning. Polyamide resin and Its application[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2002.
- [2] 牟丹,袁伟忠,盛曼,等. 玻纤增强尼龙 66 的结晶和力学性能[J]. 塑料,2012,41(6):57-59.
Mu Dan, Yuan Weizhong, Sheng Man, et al. Crystallization behavior and mechanical properties of Nylon 66 / GF composite[J]. Plastics, 2012, 41(6):57-59.
- [3] Huang Xiaohua, Li Bin, Shi Baoli, et al. Investigation on interfacial interaction of flame retarded and glass fiber reinforced PA66 composites by IGC / DSC / SEM[J]. Polymer, 2008(4):1 049-1 055.
- [4] 刘相果,彭晓东,刘江,等. 偶联剂对短玻纤增强 PA66 微观结构及性能影响研究[J]. 工程塑料应用,2003,31(7):1-4.
Liu Xiangguo, Peng Xiaodong, Liu Jiang, et al. Study on the influence of the coupling agent on the microstructure and mechanical properties of short glass fiber reinforced PA66[J]. Engineering Plastics Application, 2003, 31(7):1-4.
- [5] 田国锋,王朝进,王召青,等. 高含量玻璃纤维增强 PA66 / PA6I 复合材料的制备及性能研究[J]. 塑料工业,2018,46(12):140-143.
Tian Guofeng, Wang Chaojin, Wang Zhaoqing, et al. Preparation and properties of high content glass fiber reinforced PA66 / PA6I composite material[J]. China Plastics Industry, 2018, 46(12):140-143.
- [6] 石璞,李福枝,刘跃军,等. 阻燃增强尼龙 66 表面质量改善的研究[J]. 塑料工业,2011,39(7):35-38.
Shi Pu, Li Fuzhi, Liu Yuejun, et al. Research on surface quality of reinforced and flame retardant nylon 66[J]. China Plastics Industry, 2011, 39(7):35-38.
- [7] Li Ping, Li Bin, Tang Fei. Influence of maleic anhydride-grafted EPDM and flame retardant on interracial interaction of glass fiber reinforced PA66[J]. European Polymer Journal, 2007, 2 604-2 611.
- [8] 郭恒杰,孙寅. 润滑剂 TAF 在尼龙增强改性加工中的应用[J]. 工程塑料应用,2011,39(2):28-30.
Guo Hengjie, Sun Yin. Application of TAF in process of reinforced nylon[J]. Engineering Plastics Application, 2011, 39(2):28-30.
- [9] 梁文聪,王冲,刘文志,等. 玻璃微珠增强改性聚酰胺 66 的力学性能研究[J]. 合成材料老化与应用,2009(1):9-12.
Liang Wencong, Wang Chong, Liu Wenzhi, et al. Mechanical properties of polyamide66 filled with glass beads[J]. Synthetic Materials Aging and Application, 2009(1):9-12.
- [10] 江翼,谭麟,梁惠强,等. 玻纤增强尼龙 66 流动性及表面光泽度的研究[J]. 塑料工业,2012,40(10):80-83.
Jiang Yi, Tan lin, Liang Huiqiang, et al. The study on the mobility and surface gloss of glass fiber reinforced nylon 66[J]. China Plastics Industry, 2012, 40(10):80-83.
- [11] 刘义,张建国,荣树茂,等. MAH-g-POE 及玻璃纤维对尼龙 66 的改性研究[J]. 石化技术与应用,2007(2):138-141.
Liu Yi, Zhang Jianguo, Rong Shumao, et al. Study on modification of nylon 66 with MAH-g-POE and glassfiber[J]. Petrochemical Technology & Application, 2007(2):138-141.
- [12] 张士华,陈光,崔崇,等. 偶联剂处理对玻璃纤维 / 尼龙复合材料力学性能的影响[J]. 复合材料学报,2006, (3):31-36.
Zhang Shihua, Chen Guang, Cui Chong, et al. Effect of silicon coupling agent treatment of glass fiber on mechanical properties of GFRMCN[J]. Acta Materiae Compositae Sinica, 2006, (3):31-36.
- [13] 王冲,郝源增,郝建鑫,等. 高光泽高玻璃纤维含量增强增韧 PA6 复合材料的开发[J]. 工程塑料应用,2010,38(9):42-44.
Wang Chong, Hao Yuanzeng, Hao Jianxin, et al. The development of a high gloss high glass fiber content strengthening and toughening PA6 composite[J]. Engineering Plastics Application, 2010, 38(9):42-44.