

# 高光泽 GF 增强 POM 的研制

叶淑英

(煤炭科学研究总院重庆研究院矿用新材料研究所,重庆 401332; 重庆科聚孚工程塑料有限责任公司,重庆 401332)

**摘要** 研究了聚甲醛(POM)的粘度和防玻纤(GF)外露剂的种类、含量、注塑成型工艺对 GF 增强 POM 复合材料表面光泽度的影响,测试了添加不同含量防 GF 外露剂复合材料的力学性能。结果表明,随着 POM 粘度的降低、防 GF 外露剂含量的增加、注射速度和压力及模温的提高,GF 增强 POM 复合材料制品的表面光泽度逐渐提高;随着防 GF 外露剂含量的增加,POM 复合材料的力学性能逐渐提高,当含量为 1.5% 时,复合材料的拉伸强度和缺口冲击强度达到最大值。利用高光泽 GF 增强 POM 注塑成型的燃油泵外壳的综合性能符合技术指标要求,表面无浮纤、光泽度高,达到了客户的预期目标。

**关键词** POM 高光泽 防玻纤外露剂 玻璃纤维

聚甲醛(POM)是性能优良的工程塑料,它原料单一、来源丰富;具有极高的刚度、良好的尺寸稳定性;具有优良的耐腐、耐磨、自润滑和抗蠕变性能,特别是具有突出的耐疲劳性。POM 能在众多领域取代钢、铝、铜等金属材料,在长期经受滑动摩擦的部位使用,有自润滑效果,且不会带来污染。POM 电气性能优良,绝缘电阻和介电强度较高,耐电弧性好,不产生炭化膜,能保持原有的绝缘电阻。但 POM 的冲击韧性低、缺口敏感性大、耐热性差,这些缺点限制了 POM 在各个领域中的应用。人们常采用填充、共混和增强等方法对 POM 进行改性。

玻纤(GF)增强 POM 是一种能满足特殊力学性能要求的工程塑料,是制作结构零件的理想材料。除具备 POM 的力学性能高、耐疲劳、耐腐蚀等特点外,由于 GF 的加入使材料的强度和刚性大大提高,热变形温度高达 150℃,并具有成型收缩率低,尺寸稳定性好等优点。但 GF 增强 POM 中 GF 外露的缺点限制了其广泛应用。

目前已有有人对高光泽 GF 增强尼龙、PBT 等进行研究<sup>[1-2]</sup>,而对高光泽 GF 增强 POM 则鲜有报道。笔者对 GF 增强 POM 复合材料的制品表面光泽度进行了探索,研究了 POM 的粘度、防 GF 外露剂种类及含量、注射成型工艺对制品表面光泽度的影响,以及防 GF 外露剂的含量对复合材料力学性能的影响。开发出了一种高光泽 GF 增强 POM 复合材料,其力学性能接近国外进口材料,价格却大幅降低。

## 1 实验部分

### 1.1 实验材料

POM: M90、M270、M450,云南云天化股份有

限公司,各牌号的具体参数见表 1。

表 1 各种 POM 的参数

| 牌号                                                 | POM (M90) | POM (M270) | POM (M450) |
|----------------------------------------------------|-----------|------------|------------|
| 熔体流动速率 /<br>$\text{g} \cdot (10 \text{ min})^{-1}$ | 9         | 27         | 45         |

短切 GF: 重庆国际复合材料有限公司;

偶联剂、防 GF 外露剂 A、防 GF 外露剂 B、其它助剂: 市售。

### 1.2 仪器与设备

电子万能实验机: CMT4204, 深圳新三思材料检测有限公司;

悬臂梁冲击实验机: ZBC1400-B, 深圳新三思材料检测有限公司;

同向双螺杆挤出机: TE-65 型, 江苏科亚化工装备有限公司;

高速混合机: SHR-200 型, 张家港亿利机械有限公司;

干燥机: SD-9 型, 广州佳银塑机公司;

注塑机: SZ-90 型, 广东东华塑料机械公司。

### 1.3 试样制备

先将除 GF 外的组分加入到高速混合机中混合均匀, 然后从双螺杆挤出机的主加料口加入经高速混合机混合的物料, 将短切 GF 在双螺杆挤出机的第二加料口加入, 使所有物料在双螺杆挤出机中熔融共混, 挤出造粒。挤出机温度控制在 170~190℃, 螺杆转速 300 r/min。将所得粒料在 80℃干燥 6 h, 经注塑机注射成标准试样, 进行性能测试。

### 1.4 性能测试

拉伸强度按 GB/T 1040-2006 测试, 拉伸速率

50 mm/min。

缺口冲击强度按 GB/T 1043-2008 测试。

弯曲强度按 GB/T 9341-2006 测试, 速率 2 mm/min。

2 结果与讨论

2.1 POM 对复合材料表面光泽度的影响

POM 树脂根据其粘度分为高粘度、中粘度和低粘度三大类。选择云天化的 POM M90、POM M270、POM M450 为基体树脂, 按 1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup>、3<sup>#</sup> 配方(见表 2)分别制得复合材料, 其表面外观见图 1。

表 2 GF 增强不同粘度 POM 复合材料配方

| 组分       | 1 <sup>#</sup> | 2 <sup>#</sup> | 3 <sup>#</sup> |
|----------|----------------|----------------|----------------|
| POM M90  | 84.2           |                |                |
| POM M270 |                | 84.2           |                |
| POM M450 |                |                | 84.2           |
| 短切 GF    | 15             | 15             | 15             |
| 偶联剂      | 0.3            | 0.3            | 0.3            |
| 抗氧剂      | 0.5            | 0.5            | 0.5            |

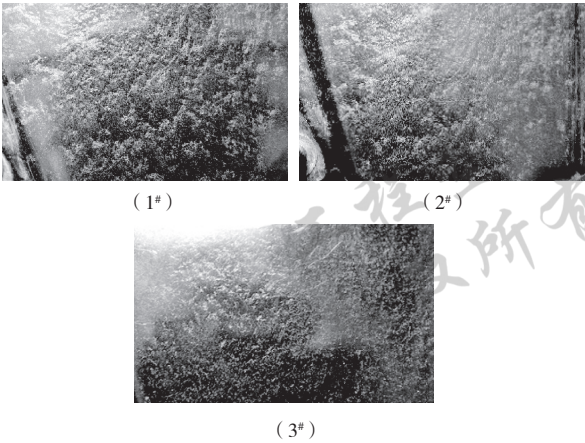


图 1 POM 复合材料的表面外观

由图 1 可见, 1<sup>#</sup> 的表面粗糙度最高, 浮纤现象最严重, 3<sup>#</sup> 的表面粗糙度最低, 浮纤现象相对较轻微。随着 POM 粘度的降低, 复合材料的表面浮纤现象逐渐减少, 光泽度逐渐提高。这是因为 POM 粘度降低, 流动性提高, 有利于加大 GF 分散性和减小取向性, 增强树脂熔体对 GF 的包覆效果。

2.2 防 GF 外露剂对材料性能及表面光泽度的影响

以 POM M450 为基体树脂, 选择两种防 GF 外露剂来改善 GF 增强 POM 的注塑制品的表面外观。按 4<sup>#</sup>~11<sup>#</sup> 配方(见表 3)分别制得复合材料, 考察防 GF 外露剂 A、B 的用量对复合材料表面外观(见图 2)和力学性能(见图 3)的影响。

表 3 添加防 GF 外露剂 A、B 的 GF 增强 POM 复合材料配方

| 组分         | 4 <sup>#</sup> | 5 <sup>#</sup> | 6 <sup>#</sup> | 7 <sup>#</sup> | 8 <sup>#</sup> | 9 <sup>#</sup> | 10 <sup>#</sup> | 11 <sup>#</sup> |
|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| POM M450   | 83.7           | 83.2           | 82.7           | 82.2           | 83.7           | 83.2           | 82.7            | 82.2            |
| 短切 GF      | 15             | 15             | 15             | 15             | 15             | 15             | 15              | 15              |
| 偶联剂        | 0.3            | 0.3            | 0.3            | 0.3            | 0.3            | 0.3            | 0.3             | 0.3             |
| 抗氧剂        | 0.5            | 0.5            | 0.5            | 0.5            | 0.5            | 0.5            | 0.5             | 0.5             |
| 防 GF 外露剂 A | 0.5            | 1.0            | 1.5            | 2.0            |                |                |                 |                 |
| 防 GF 外露剂 B |                |                |                |                | 0.5            | 1.0            | 1.5             | 2.0             |

由图 2 可见, 随防 GF 外露剂 A 和 B 含量的增加, 注塑制品的表面浮纤现象逐渐降低, 表面光泽度逐渐提高, 且两者对表面质量的改善效果相同, 当含量为 1% 时, 制品表面均无浮纤, 光泽很好。

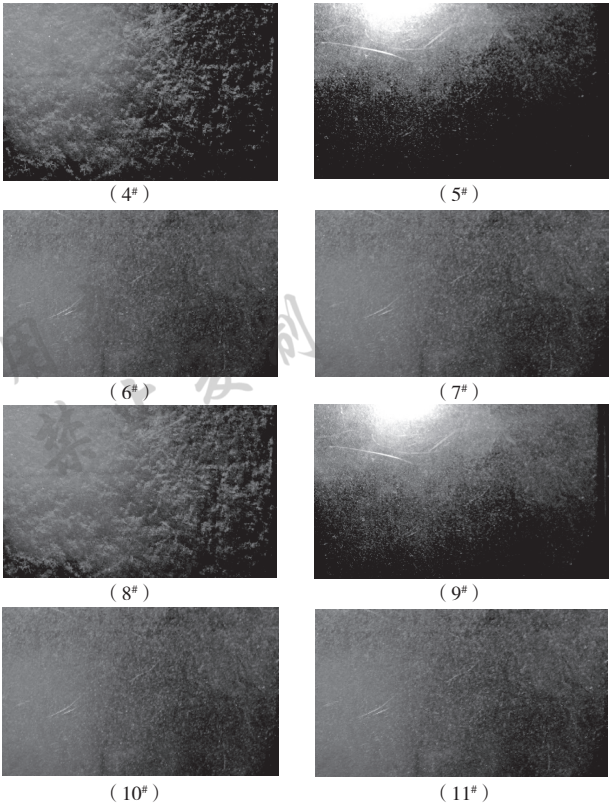


图 2 添加防 GF 外露剂 A、B 的复合材料的表面外观

由图 3 可看出, 用防 GF 外露剂 A 的复合材料的力学性能均比用 B 的好。随着防 GF 外露剂 A 和 B 用量的增加, GF 增强 POM 复合材料的力学性能总体呈上升趋势, 当防 GF 外露剂的添加量达到 1.5% 时出现最大值, 在加入量大于 1.5% 时略有下降。这是由于防 GF 外露剂中的极性基团与 GF 表面的硅烷偶联剂的长链末端通过范德华力产生很强的吸引力, 该吸引力足以使其相界面消失, 从而形成一相; 防 GF 外露剂中的溶剂化链段与基体树脂 POM 有一定的相容性, 在 GF、基体树脂 POM 之间形成了类似锚固结点, 即交联点, 增强了 GF 与 POM 之间的粘结强度, 从而提高了 GF 增强 POM 复合材料的拉伸强度和冲击强度。但是随着防 GF

外露剂含量的进一步增加,作为低分子物质的防 GF 外露剂就会进入 POM 分子链之间,破坏 POM 分子间作用力,导致 GF 增强 POM 复合材料的拉伸强度和冲击强度出现下降现象。

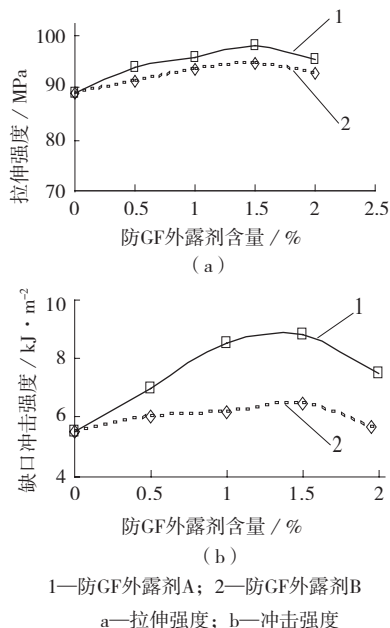


图3 防 GF 外露剂 A、B 对复合材料力学性能的影响

### 2.3 加工工艺对制品表面光泽度的影响

浮纤现象的形成,不仅与材料组成和特性有关,还与成型加工工艺有关,合适的加工条件,对改善浮纤现象有非常重要的作用。选择 5<sup>#</sup> 配方制得的高光泽复合材料,加工温度为 170~210℃,从注射速度、注射压力和模温三个因素(见表 4)来考察其对制品表面光泽度的影响。

表 4 增强 POM 复合材料注塑成型工艺

| 工艺                      | A  | B  | C  | D  | E  | F  |
|-------------------------|----|----|----|----|----|----|
| 速度 / mm·s <sup>-1</sup> | 30 | 60 | 90 | 30 | 60 | 90 |
| 压力 / MPa                | 30 | 60 | 90 | 30 | 60 | 90 |
| 模温 / °C                 |    |    |    | 85 | 85 | 85 |

图 4 示出不同注塑成型工艺的制品表面外观,由图 4 可看出,当未加模温时,随着注射速度和压力的提高,注塑制品的表面浮纤现象逐渐减少;当模温为 85℃、注射速度为 60 mm/s、注射压力为 60 MPa 时,注塑制品的表面即无浮纤现象。在注塑填充过程中,由于凝固层的存在,型腔壁界面处 GF 将很难被熔体包覆,从而产生浮纤现象。提高注射速度和压力有利于材料充填,提高 GF 分散性,减少取向性,提高制品表面质量;增加模具温度,缩小模具与熔体之间的温差,防止熔体充填时 GF 遇冷在表面凝固,可使型腔界面处 GF 完全被塑料熔体包覆,改善制品的表面光泽度,消除浮纤现象。

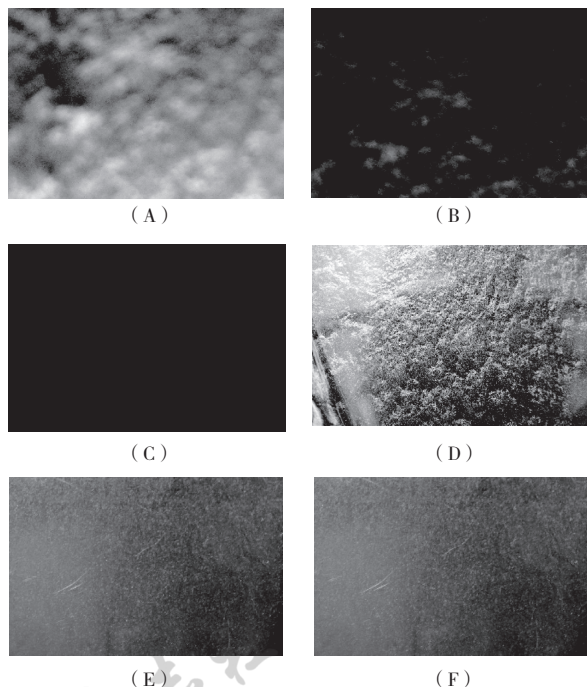


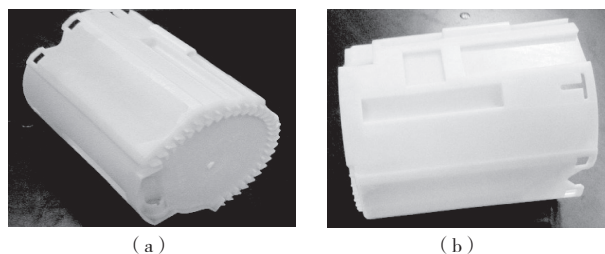
图 4 不同注塑成型工艺的制品表面外观

### 2.4 应用情况

根据试验结果,确定高光泽 GF 增强 POM 复合材料的配方组成为 83.2% POM M450、15% 短切 GF、0.3% 偶联剂、0.5% 抗氧剂、1.0% 防 GF 外露剂,其性能与我公司某客户使用的进口 POM 相当(见表 5)。将该 POM 复合材料注塑成燃油泵外壳(见图 5),采用的注塑成型工艺:加工温度 170~210℃、模温 85℃、注射速度 60 mm/s、注射压力 60 MPa,其表面光泽度高、无浮纤。由图 5 可见,该 POM 复合材料注塑制品表面外观可达到客户原用的进口 POM 的效果,达到了客户的预期目标,得到了客户的认可。该 POM 复合材料也可推广应用于其他要求表面光泽度高、无浮纤的增强 POM 产品中。

表 5 高光泽 GF 增强 POM 与进口同类材料的比较

| 项目                          | 进口 POM | 自制 POM |
|-----------------------------|--------|--------|
| 拉伸强度 / MPa                  | 100    | 96     |
| 缺口冲击强度 / kJ·m <sup>-2</sup> | 10     | 8.5    |
| 弯曲强度 / MPa                  | 115    | 110    |



a—自制 POM ; b—进口 POM

图 5 自制 POM 与进口 POM 制品表面外观比较

### 3 结论

(1) GF 增强 POM M450 (GF 含量为 15%) 的表面质量较好。

(2) 随防 GF 外露剂 A、B 含量的增加, GF 增强 POM 复合材料的注塑制品的表面浮纤现象逐渐改善, 光泽度逐渐提高。当防 GF 外露剂的含量为 1% 时, GF 增强 POM 制品表面无浮纤现象, 光泽很好。

(3) 随防 GF 外露剂 A 和 B 含量的增加, GF 增强 POM 复合材料的力学性能呈现先略微上升而后下降的趋势, 当 A 和 B 质量分数为 1.5% 时, 复合材料的力学性能达到最大值。

(4) 当模温控制在 85℃, 注射速度为 60 mm/s、注射压力 60 MPa 时, GF 增强 POM 复合材料的表面质量效果最好。

(5) 采用高光泽 GF 增强 POM 注塑的燃油泵外壳表面无浮纤、光泽度高, 力学性能与进口同类材料相当, 得到客户的认可。

### 参考文献

- [1] 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.
- [2] 翁永华, 张祥福, 周文. 一种低翘曲、高表面光泽度玻璃纤维增强 PBT 复合材料: 中国, CN1563186[P]. 2005-01-12.
- [3] 邓如生. 共混改性工程塑料[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
- [4] 曲敏杰, 索子君, 张桂霞, 等. 偶联剂对玻璃纤维增强 POM 性能的影响[J]. 塑料科技, 2008, 36(3): 36-39.
- [5] 张志坚, 章建忠, 叶凤林, 等. 玻璃纤维增强聚甲醛复合材料性能与结构的研究[J]. 工程塑料应用, 2009, 37(4): 6-9.
- [6] 程晔华, 李云勇, 刘莹, 等. 国内外聚甲醛产品的开发及应用[J]. 工程塑料应用, 2009, 37(9): 59-64.

## THE DEVELOPMENT OF A HIGH GLOSS FIBER CONTENT POM COMPOSITE

Ye Shuying

(Mining New Materials Research Institute, Chongqing Branch of China Coal Research Institute, Chongqing 401332, China;  
Chongqing Copolyforce Engineering Plastics Co. Ltd., Chongqing 401332, China)

**ABSTRACT** The effect of viscosity of POM, types and content of lubricants, injection molding on the surface glossiness of glass fiber reinforced POM composites was investigated, and the mechanical properties of the composites with different content of lubricants were also measured. The results showed that decreasing viscosity of POM, increasing the content of lubricant, increasing injection speed, pressure and mold temperature could improve the surface glossiness of POM composites. On the other hand, mechanical properties of the composites gradually increased with the lubricants, the tensile strength and notched impact strength increased to maximum when the lubricants content was 1.5%. The shell of fuel pump made from the surface glossiness of glass fiber reinforced POM could meet the application requirements perfectly, which achieved customer's expected goal.

**KEYWORD** POM, high gloss, lubricants, glass fiber

### 中国塑机如何才能更好的“走出去”

近年来中国塑胶机械工业的年增长率都在 30% 左右, 利润率增长也远高于工业总产值的增长, 我国成为世界塑胶机械生产大国和消费大国, 但多年来出口值一直只占全部销售值的 5%~10%, 这与塑胶机械大国如意大利出口额占其总产值 50% 左右相比, 是十分不相称的。

#### 一、走出国门, 增加出口硬道理

作为重要的技术装备, 塑胶加工机械广泛应用于建筑材料工业、包装工业、电器电子信息工业、农业、汽车及交通业、轻工业、石油化学工业、机械工业、国防工业等国民经济各个部门及人们生活的各个领域, 在国民经济中日益显示出极为重要的作用。中国塑胶机械产量以台数计连续 9 年位居世界第一, 年均占世界总台数的一半以上。中国已成为当之无愧的塑机大国, 但绝非塑机强国。中国塑胶加工机械在质量稳定性、自动化程度等方面还有一定差距。过去十年中, 中国塑胶机械行业最高年份销售额为 280 亿元人民币, 年均不到世界的 14%, 在出口市场上只占 6%。国内市场份额的 50% 以上被进口设备占领。根据我国目前塑胶机械的生产能力及出口潜力, 增加出口应当是我们进一步发展的基本出路之一。我们必须充分利用入世所带来的机遇, 努力创造条

件, 走出国门, 拓展我国塑胶机械工业发展的国际市场。

#### 二、提升附加值, 增强国际竞争力

在大型、精密和高速设备方面, 中国塑机国际竞争力依然不足, 近年来中国进口的塑胶机械的数量也在迅速增长, 每年进口各种塑机数万台套, 进口的塑胶加工设备价值约为国内塑胶机械总产值的两倍, 国外先进的塑胶机械制造商在技术上具有比较明显的竞争优势。

对比 2001~2009 塑机进出口价格指数不难看出: 进口设备价格一路攀升, 去年进口的平均价格达到 16.06 万美元, 而出口设备价格却一直处于低位, 去年平均价格仅为 2.44 万美元。除产品附加值低外, 国产塑机与世界水平的差距还表现在: 设备效率低、制品精度低、单位能耗高、测量和控制技术落后以及设备寿命短。

#### 三、改变发展理念关注用户行业需求

中国塑机行业为几乎所有工业领域提供装备, 这些行业对塑胶机械都有不同程度的现实需求和潜在需求, 但这些行业大都对塑胶机械了解不多。什么样的需求, 尤其是潜在的需求可以用塑胶机械提供解决方案, 这些行业并不清楚。因此, 改变塑胶机械开发理念就成了塑机业冲破数十年来低位模仿瓶颈而设法使产业提高的重要前提之一。(中聚网)