

超细滑石粉的粒径对于滑石粉/聚丙烯复合材料力学性能及加工性能的影响

摘要：使用了相同矿石原料粉碎成不同粒径的滑石粉填充聚丙烯，经过混合、挤出造粒、注塑，制成分散均匀的滑石粉/聚丙烯复合材料，测试了滑石粉的粒径以及复合材料的力学性能和加工性能，探讨了滑石粉粒径对于复合材料力学性能和加工性能影响的机理。结果表明：相同条件下，滑石粉碎的越细，粒径越小，滑石粉/聚丙烯复合材料的刚性和韧性同时增强，收缩率减小，熔融指数减小。

关键词：聚丙烯超细滑石粉复合材料力学性能加工性能

前言

滑石是一种含水的层状硅酸盐矿物，其化学式为 $3\text{MgO}\cdot 4\text{SiO}_2\cdot \text{H}_2\text{O}$ 。滑石是典型的非极性 2:1 型的层状构造硅酸盐矿物。在滑石的晶体结构中，硅氧四面体连结成层，形成连续的六方网状层，活性氧朝向一边，每 6 个网状层的活性氧相向，通过 1 层“氢氧镁石”层而连结，构成双层。层与层之间靠弱的范德华力连接。因此，滑石的化学稳定性良好，耐强酸及强碱，还具有良好的电绝缘性能和耐热性。由于滑石的易解离，硬度小，亲油疏水性，其同时具有良好的加工性能^[1-2]。

滑石作为功能性填料主要用于聚丙烯改性，生产汽车工业和家电业的塑料。也有少量滑石用于聚苯乙烯、尼龙、聚乙烯和 PVC。聚丙烯具有优良的耐腐蚀性、电绝缘性和良好的力学性能等，是一种综合性能优良的通用高分子材料。但聚丙烯也存在一些不足，其缺点是耐寒性差、抗冲性能差、抗蠕变性能差、成型收缩率大、易发生翘曲变形、热变形温度低等缺点。滑石作为填料不但能节省树脂的使用量，还能显著地提高产品物理性能和加工性能，起到增强作用，弥补其缺点。足够细度的滑石粉，可显著提高产品的刚度、冲击强度、抗蠕变性、硬度、抗表面划伤、耐热性和提高热变形温度。同时可以显著降低其成型收缩率，提高结晶速度、结晶温度。对于应用于汽车和家电的聚丙烯塑料改性，滑石的性价比是其他任何非金属矿材料所无法比拟的^[3-5]。

本文采用了不同粒径的滑石粉填充聚丙烯，在相同原料矿石和树脂，相同加工工艺，做到分散均匀的条件下，制备复合材料。通过复合材料力学性能、加工性能测试，研究了滑石粉粒径对滑石粉聚丙烯复合材料的性能的影响。

1 实验部分

1.1 主要原料

聚丙烯 (PP), T30S, 独山子石化公司; 滑石粉 (Talc), 怒江辽宁鑫达滑石集团; 硬脂酸钙, BS3818, 华明泰化工股份有限公司。

1.2 主要设备

试验机, UTM-1423, 承德市金建检测仪器有限公司; 简支梁冲击试验机, XJJ-5, 承德市金建检测仪器有限公司; 悬臂梁冲击试验机, XJU-5.5, 承德市金建检测仪器有限公司; 熔体流动速率仪, XRL-400, 承德市精密试验机有限公司; 双螺杆挤出机, LNSD-51, 江苏鸿云翔橡塑机械有限公司; 塑料注塑成型机, SA900II/260, 海天塑机集团有限公司; 高速混合器, GRN-20, 阜新鑫克机械制造有限公司; 熔体流动速率仪, MFI-1221, 承德市金建检测仪器有限公司; 激光颗粒分布测量仪, GSL-101BI, 辽宁仪表研究所责任有限公司。

1.3 工艺流程与测试方法

将滑石粉、树脂、硬脂酸钙按 20:79:1 比例, 使用高速混合器混合均匀, 再用双螺杆挤出机造粒、烘干, 利用注塑机和模具进行注塑成型, 得到标准尺寸的试验样条。样条在恒温恒湿箱中保存 24 小时后进行测试。注塑过程采用多级注射成型控制工艺, 主要工艺参数: 塑化温度, 200°C; 螺杆转速, $50\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$; 注射压力, 45%; 注射时间, 前 30%, 中 50%, 后 30%; 保压压力, 30%; 保压时间, 8s; 冷却时间, 10s。

样条制作标准: GBT 17037.1-2019 塑料热塑性塑料材料注塑试样的制备第 1 部分: 一般原理及多用途试样和长条形试样的制备

试验中测试标准为: GB/T 1040-2006 塑料拉伸性能的测定; GB/T 1043.1-2008 简支梁冲击性能的测定; GB/T 1843-2008 悬臂梁冲击强度的测定; GB/T 9341-2008 塑料弯曲性能的测定; GB/T 17037.4-2003 热塑性塑料材料注塑试样的制备第 4 部分: 模塑收缩率的测定; GB/T 3682.1-2018 热塑性塑料熔体质量流动速率(MFR)和熔体体积流动速率(MVR)的测定。

2 结果与讨论

2.1 滑石粉粒径对于滑石粉/聚丙烯复合材料力学性能的影响

编号	粒径 (DV50) / μm	简支梁 冲击强 度/(KJ/ m^2)	悬臂梁 冲击强 度/(KJ/ m^2)	弯曲模 量/Mpa	弯曲强 度/Mpa	拉伸强 度/Mpa	断裂伸 长率/%
滑石 粉-1	10.86	5.1	5.9	2624	46.7	32.3	22
滑石 粉-2	8.57	5.2	6.2	2689	46.8	32.5	23
滑石 粉-3	5.91	5.3	6.8	2758	48.7	33.1	25
滑石 粉-4	4.03	5.5	7.0	2910	49.4	33.5	26

表 1 不同粒径滑石粉填充聚丙烯复合材料的力学性能

由于采用相同的矿物原料，相同的设备工艺，做到了排除其他因素的干扰。并且经过混合、造粒、注塑等多道工艺，做到滑石粉填充聚丙烯均匀分散，排除了由于粉体颗粒尺寸小而可能造成团聚，影响复合材料的性能的因素。

不同粒径滑石粉填充聚丙烯复合材料的各项力学性能如表 1 所示，可以看出，在滑石粉粒径位于 $10\ \mu\text{m}$ - $4\ \mu\text{m}$ 的范围内，滑石粉粒径越小，其复合材料的弯曲强度、弯曲模量、拉伸强度越大，刚性越好。主要由于相同填充量下，粒径越小，比表面积越大，滑石粉与树脂界面的相互作用越强，抗变形能力就越强。因此，冲击强度，弯曲强度，拉伸强度就越大。从表 1 中还可以看出，滑石粉粒径越小，复合材料的冲击强度，断裂伸长率越大。一般来说，无机刚性粒子填充树脂复合材料，刚性越好，韧性往往越差，然而滑石粉填充聚丙烯复合材料，粒径越小，其刚性和韧性同时提高。其韧性提高原因可能有两方面，一方面，滑石粉粒径越小，滑石粉粒子越容易移动。另一方面，由于滑石粉的片状结构和其表面的活性点较少，树脂与滑石粉粒子之间易产生的空隙。滑石粉粒径越小，比表面积越大，空隙越多，分子链和滑石粉粒子更容易移动，可以吸收更多的能量，所以断裂伸长率和冲击强度就越大。表 1 中，简支梁冲击强度变化较小，悬臂梁冲击强度变化较大，这只是由于测量方法的不同造成的区别，对结论没有影响。所以，粒径越小，刚性和韧性越好^[6-8]。

2.2 滑石粉粒径对于滑石粉/聚丙烯复合材料加工性能的影响

编号	粒径 (DV50) / μm	收缩 率%	熔指 g/10min
滑石粉-1	10.86	1.37	3.9
滑石粉-2	8.57	1.36	3.8
滑石粉-3	5.91	1.31	3.6
滑石粉-4	4.03	1.29	3.5

表 2 不同粒径滑石粉填充聚丙烯复合材料的加工性能

不同粒径滑石粉填充聚丙烯复合材料的收缩率和熔融指数如表 2 所示，可以看出，滑石粉粒径越小，复合材料的收缩率越小。聚丙烯复合材料的收缩是由于聚丙烯在冷却时塑料要结晶，从而造成收缩。滑石粉粒径越小，比表面积越大，相同含量与滑石粉表面接触越多，相较于粒径较大的滑石粉，粒径较小滑石粉可以有效阻止塑料材料的应力收缩，降低收缩率。另一方面，滑石粉填充聚丙烯中，可以起到异相成核的作用，促进形成细而小的球晶，阻止较大的球晶产生，从而降低收缩率和后收缩。粒径越小，比表面积越大，异相成核作用越好。

从表 2 中还可以看出，滑石粉粒径越小，复合材料的熔指越小。粘流态的树脂中滑石粉的粒径越小，颗粒越多，比表面积越大，与分子链运动的相互阻碍作用越强，熔指就越小。

3 结论

(1)超细滑石粉填充聚丙烯复合材料，滑石粉粒径越小，冲击强度，弯曲强度，拉伸强度，断裂伸长率越大，刚性与韧性越好。

(2)超细滑石粉填充聚丙烯复合材料，滑石粉粒径越小，复合材料收缩率越小，熔指越小。

邓祥辉，符显达，于祥民

(怒江辽宁鑫达滑石集团，辽宁海城 114200)