

滑石粉 / 聚硅氧烷 / 聚丙烯的制备及耐刮擦性能研究

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2020.02.005

罗林园¹ 冯建湘¹
刘跃军¹ 陈艺锋¹
雷鑫¹ 彭思梅¹
毛龙²

1. 湖南工业大学

先进包装材料与技术

湖南省重点实验室

湖南 株洲 412007

2. 厦门理工学院

聚合物加工原理与应用

厦门市重点实验室

福建 厦门 361024

摘要:以聚丙烯(PP)为基材,滑石粉和聚硅氧烷为添加剂,通过熔融共混制备滑石粉/聚硅氧烷/PP,研究了滑石粉/聚硅氧烷和不同比例滑石粉对PP物理力学性能和耐刮擦性能的影响。结果表明:与纯PP相比,添加滑石粉的试样弯曲和冲击强度都得到提高,拉伸强度均有所下降。添加聚硅氧烷对PP的冲击强度和断裂伸长率有一定的改善,拉伸强度略下降。经滑石粉改性后PP的结晶形态和形貌均被破坏,而聚硅氧烷不影响PP的结晶;添加滑石粉和聚硅氧烷会改善PP的结晶性能,在其基体中仍存在完整的球晶结构,结晶峰面积也明显减小,有利于晶体形成。对于添加滑石粉/聚硅氧烷的PP,一方面滑石粉增加PP的硬度从而改善PP的耐刮擦性能,另一方面聚硅氧烷在PP中既充当相容剂使得PP与滑石粉相容性好,又包覆在滑石粉表面充当耐刮擦剂降低材料表面的摩擦系数,从而两者协同进一步提高了PP的耐刮擦性能。

关键词:滑石粉;聚硅氧烷;聚丙烯;抗划伤

中图分类号: TB332 **文献标志码:** A

文章编号: 1674-7100(2020)02-0030-09

引文格式: 罗林园,冯建湘,刘跃军,等.滑石粉/聚硅氧烷/聚丙烯的制备及耐刮擦性能研究[J].包装学报,2020,12(2):30-38.

1 研究背景

为了实现汽车轻量化,提升乘客的安全感和舒适感,人们普遍用塑料来替代传统的钢铁和合金材料^[1]。相关数据统计表明,一辆汽车的质量每减轻10%,燃油的消耗量会减少6~8%,这对缓解石油能源危机和环境污染具有重要意义^[2]。目前汽车材料应用较多的有聚丙烯(polypropylene, PP)、聚氯乙烯

(polyvinyl chloride, PVC)、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯(acrylonitrile-butadiene-styrene, ABS)、聚氨酯(polyurethane, PU)等^[3-5]。PP由于具有成本低、质轻、强度高、耐化学性能好、加工工艺性好、易回收等优点,被广泛应用于汽车制造和家电行业^[6]。PP薄膜因其质轻、无毒、无味、力学强度高、透明性好等特性,被广泛应用于糖果、香烟、纺织、食品包装,有“包装皇后”的美称。基于在汽车制造、

收稿日期:2020-01-20

基金项目:国家自然科学基金资助项目(11872179, 51805524),福建省科技计划基金资助项目(2018H6024),湖南省自然科学基金资助项目(2018JJ4072),石化新材料与资源精细利用国家地方联合工程实验室开放基金资助项目(KF201806)

作者简介:罗林园(1994-),男,湖南衡阳人,湖南工业大学硕士生,主要研究方向为高分子改性加工,

E-mail: luolinyuan@163.com

通信作者:刘跃军(1970-),男,湖南攸县人,湖南工业大学教授,主要从事包装新材料与技术方面的研究,

E-mail: liuyuejun@hut.edu.cn

家电和包装材料等领域的优越性, PP 已成为目前发展最快的塑料品种之一。但 PP 成型收缩率较高, 耐低温性、韧性、抗划伤较差等不足之处, 从而严重制约了其在包装领域中的应用^[7]。

目前, 熔融共混改性是 PP 最简单有效的改性方法。利用无机填充剂、玻璃纤维等与 PP 熔融共混制备复合材料, 一方面可以改善材料的性能, 另一方面可以降低生产成本^[8]。滑石粉为片状结构, 主要成分是滑石含水的硅酸镁。滑石粉的加入可改善复合材料的多种性能, 如成型收缩率、表面硬度、弯曲模量、热变形温度、成型工艺及产品尺寸稳定性等^[9-10]。聚硅氧烷是目前半无机 / 有机高分子中工业化较早、发展规模最大的一类, 其化学性质稳定, 并具有良好的耐候性和疏水性, 是最常见的耐刮擦剂之一, 已在纤维和塑料中得到广泛应用。

申欣等^[11]以 PP 为基材, 滑石粉为增强剂, 乙烯-辛烯共聚物 (ethylene-octene copolymer, POE) 为增韧剂制备复合材料。研究发现, 滑石粉作为无机粒子与 PP 共混, 能起到提高材料弯曲强度和断裂强度、降低脆性的作用; 当 POE、滑石粉质量分数分别为 20%、15% 时复合材料的综合性能最佳。Chen Q. 等^[12]以 PP 为基材, 滑石粉为添加剂制备滑石粉 / PP 复合材料。研究表明, 滑石粉可以有效提高 PP 复合材料的加工稳定性和耐热性, 当滑石粉质量分数为 20% 时复合材料的分解温度提高了 25 °C。黄晓明等^[13]研究表明, 滑石粉和聚硅氧烷都可有效地降低材料的色差值 ΔL , 提高材料的耐刮擦性能。王靖^[14]采用溶胶-凝胶法, 以硅烷偶联剂 (KH550)、仲丁醇铝 (aluminum tri-sec-butoxide, ASB) 和正硅酸乙酯 (tetraethyl orthosilicate, TEOS) 为前躯体, 合成了一种具有良好透明性能和耐磨性能的助剂, 制备改性聚丙烯薄膜。结果表明, 硅溶胶和铝溶胶质量比为 15 : 9 时薄膜综合性能最佳, 此时磨损量下降 79.51%, 摩擦系数下降 68%, 拉伸强度提高 131.37%, 对其热稳定性和透光率没有影响。

但是目前的研究都是将单一耐刮擦剂添加到 PP 中, 而没有将具有不同作用机理的刮擦剂加入到 PP 中研究其对 PP 的耐刮擦性能及其综合性能的影响。因此, 本研究主要探索不同含量滑石粉 / 聚硅氧烷对 PP 刮擦性能、力学性能和热性能的影响, 进而分析 PP 的耐刮擦机理和影响因素, 为进一步拓展车用耐刮擦 PP 的应用提供理论和实践参考。

2 实验部分

2.1 实验材料与仪器设备

1) 实验材料。聚硅氧烷, Tegomer V-Si 4042, 赢创德固赛 (中国) 投资有限公司生产; 均聚聚丙烯 (homopolymer polypropylene, PPH), T03, 注塑级、拉丝级, 中国石油化工股份有限公司生产; 滑石粉, 2500 目, 市售。

2) 实验仪器设备。挤出机, CTE 35 PLUS 型, 科倍隆 (南京) 机械有限公司; 切料机, LQ-100 型, 泰州市科飞橡塑机械有限公司; 注塑机, MA860/260G 型, 海天塑机集团有限公司; 鼓风干燥箱, 无锡康贝电子设备有限公司; 万能试验机, CMT4104 型, 深圳新三思材料检测公司; 冲击试验机, PIT550J-2 型, 深圳新三思材料检测公司; 十字刮擦仪, Model 430P 型, 德国 Erichsen 公司; 色差仪, C17800 型, 美国 X-rite 公司; 扫描电子显微镜 (scanning electron microscope, SEM), Phenom G2 pro 型, 美国 FEI 公司; 偏光显微镜, DM2500P 型, Leica 公司; 差示扫描量热仪 (differential scanning calorimeter, DSC), Q20 型, 美国 TA 公司; 摩擦 / 剥离实验测定仪, FPT-F1 型, 济南兰光机电技术有限公司。

2.2 滑石粉 / PP 和聚硅氧烷 / PP 复合材料的制备

将干燥后的 PP、滑石粉和聚硅氧烷按表 1 的配比称取物料, 并对不同配比制得的样品编号。将 PP 置于高速混合机中, 分次加入滑石粉和聚硅氧烷混合均匀后, 经双螺杆挤出机造粒 (主机螺杆转速 200 r/min, 螺杆段温度范围 170~205 °C, 机头温度为 205 °C); 造粒后依次用物料盘盛好放在烘箱中 (80 °C, 8 h), 并做好标记。将烘干后的粒料注塑得到一系列样条, 放置 24 h 后进行力学性能测试。

表 1 各样品物料配比

Table 1 Material ratio of each sample

样品编号	物料的质量配比		
	聚丙烯	滑石粉	聚硅氧烷
1#	100	0	0
2#	100	10	0
3#	100	20	0
4#	100	30	0
5#	100	20	0.25
6#	100	0	0.25

2.3 性能测试和表征

2.3.1 力学性能测试

1) 拉伸性能。制备哑铃型拉伸试样, 并按 GB/T

1040—2018《塑料拉伸性能的测定》测试材料样品的拉伸性能, 拉伸速率为 50 mm/min, 测量 5 次, 最终结果取平均值。

2) Izod 缺口冲击强度。采用悬臂梁冲击试验机, 并按 GB/T 1043—2008《硬质塑料简支梁冲击试验方法》测试材料样品的冲击强度, 测量 5 次, 最终结果取平均值。

3) 弯曲性能。采用万能试验机并按 GB/T 9341—2008《塑料弯曲性能试验方法》测试材料样品的弯曲性能, 测量 10 次, 最终结果取平均值。

4) 摩擦系数。采用摩擦/剥离实验测定仪, 并按 ISO 8295—1995《塑料薄膜和薄板摩擦系数的测定》测定材料样品的表面摩擦系数, 测量 3 次, 最终结果取平均值。

5) 耐刮擦性能。采用十字刮擦仪并参考德国大众汽车内饰件耐划伤标准 PV3952 测试材料样品的耐刮擦性能。刮擦头直径为 1.0 mm, 刮擦负荷为 10 N, 刮擦速度为 100 mm/min, 划痕间距为 2 mm, 划痕长度为 40 mm, 纵、横各刮擦 20 道划痕, 用色差仪测定试样刮擦前后的色差值 ΔL 。

2.3.2 热性能测试

采用差示扫描量热仪测试材料样品的热性能。测试时, 在 N_2 气氛下以 10 $^{\circ}C/min$ 的速率从 -55 $^{\circ}C$ 升到 250 $^{\circ}C$, 恒温 5 min 消除热历史; 再以 10 $^{\circ}C/min$ 的速率降温至 -55 $^{\circ}C$, 恒温 15 min; 然后以 10 $^{\circ}C/min$ 升温至 250 $^{\circ}C$ 得到升温 and 降温曲线。

2.3.3 偏光测试

采用偏光显微镜测试材料样品的偏光性能。测试时, 以 40 $^{\circ}C/min$ 升温至 200 $^{\circ}C$, 恒温 5 min 消除热历史; 再以 20 $^{\circ}C/min$ 降温到 130 $^{\circ}C$, 恒温 4 min。

3 结果与讨论

3.1 材料的力学性能分析

以 PP 为基材, 滑石粉和聚硅氧烷为添加剂制备复合材料的力学性能如表 2 所示。

由表 2 中的数据可知, 在 PP 中加入滑石粉 (2#、3#、4#) 会降低材料的拉伸强度, 且随着滑石粉含量的增加拉伸强度降低越明显; 而弯曲强度和冲击强度都明显提高, 弯曲强度总体呈现先升后降的趋势。这是因为片状结构的滑石粉加到 PP 中可以提高 PP 的刚性使得弯曲模量提高^[12], 滑石粉为刚性粒子, 在受到外力时产生应力集中引起周围基体产生微裂纹

吸收变形功, 从而冲击强度提高; 当滑石粉含量大于临界值时, 在基体中的分散性降低, 团聚产生的效应大过于增强作用, 导致性能下降。总体来说, 综合性能最好的是 2# 样品, 此时弯曲强度和冲击强度与 1# 相比分别提高了 13.87% 和 20.62%, 拉伸强度的降低了 1.00%。在 PP 中添加聚硅氧烷会提高材料的韧性、冲击强度, 对弯曲强度影响不太明显, 但会降低拉伸强度。

与 1# 相比 3# 和 5# 的冲击强度分别提高了 1.67% 和 15.83%; 添加了聚硅氧烷的 5# 比未添加聚硅氧烷的 3# 冲击强度提升效果更显著, 这表明加入聚硅氧烷可显著提高滑石粉/PP 的冲击强度。与 1# 相比 5# 和 6# 的弯曲强度分别提高了 12.42% 和 1.66%, 添加滑石粉的 5# 比未加滑石粉的 6# 弯曲强度提高更多, 这表明在聚硅氧烷/PP 中加入滑石粉可大幅度提高材料的弯曲强度。以上两组试样的性能对比体现了滑石粉和聚硅氧烷的协同增强作用。一方面聚硅氧烷能改善材料的力学性能, 另一方面聚硅氧烷包覆在滑石粉上减小其极性, 阻止了其团聚的同时也提高了滑石粉在基体中的分散性, 起到相容剂的作用。

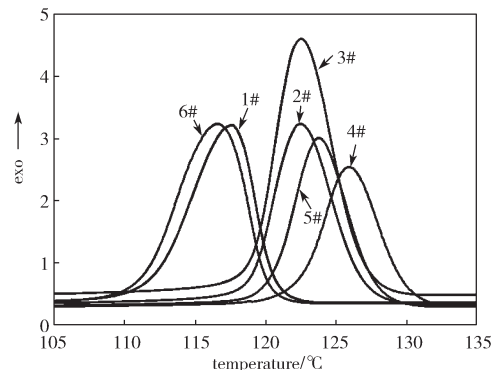
表 2 试样的力学性能

Table 2 Mechanical properties of the samples

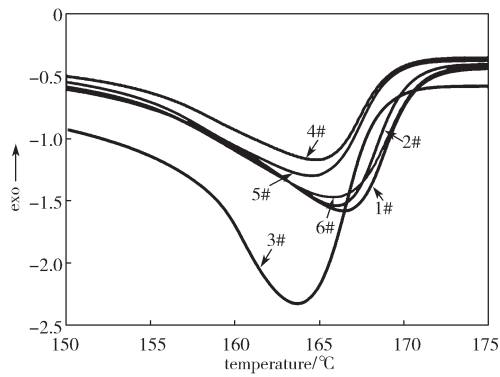
材料/样品	拉伸强度 / MPa	断裂伸长率 / %	冲击强度 / MPa	弯曲强度 / MPa
1#	40.2 ± 0.90	232.5 ± 17.12	48.0 ± 0.83	48.3 ± 1.01
2#	39.8 ± 0.54	142.2 ± 18.85	57.9 ± 0.33	55.0 ± 0.60
3#	38.3 ± 1.27	127.8 ± 8.62	48.8 ± 0.37	57.4 ± 1.03
4#	36.4 ± 0.33	89.3 ± 13.30	58.2 ± 0.37	55.1 ± 1.27
5#	37.0 ± 0.24	127.6 ± 5.24	55.6 ± 0.62	54.3 ± 0.59
6#	38.4 ± 0.56	250.2 ± 24.81	56.1 ± 0.43	49.1 ± 0.60

3.2 材料的结晶性能分析

对材料样品进行 DSC 分析, 得到其 DSC 曲线如图 1 所示。



a) 降温曲线



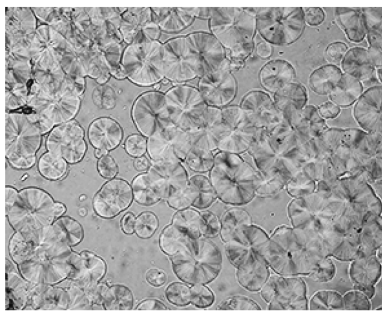
b) 第二次升温曲线

图 1 PP 及复合材料的 DSC 曲线

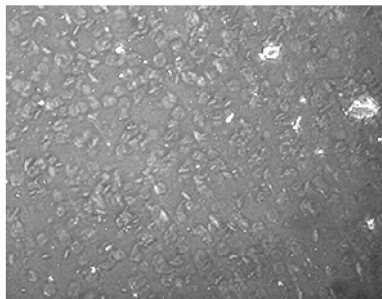
Fig. 1 DSC curve of PP and composite materials

由图 1 可知, 滑石粉 /PP 复合材料 (2#、3#、4#) 的结晶峰与纯 PP (1#) 相比向高温方向偏移^[13], 随着滑石粉含量的提高, 其移动的幅度越大, 当滑石粉的质量为 PP 的 20% (3#) 时, 材料的结晶峰值变化最大。而聚硅氧烷 /PP (6#) 与纯 PP 的 DSC 曲线重合, 说明聚硅氧烷不会影响 PP 的结晶和熔融。对比滑石粉 / 聚硅氧烷 /PP (5#) 和滑石粉 /PP (2#、3#、4#) 复合材料, 其结晶峰出现的温度相近, 但 5# 结晶峰面积较小。滑石粉 /PP 复合材料结晶温度高说明其耐热性能好, 制品使用温度提高。聚硅氧烷 /PP (6#) 复合材料结晶峰面积小说明其结晶所需的能量少, 更易结晶。

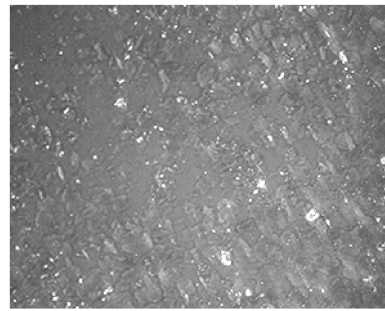
采用偏光显微镜进一步观察材料样品结晶过程, 结果如图 2 所示。



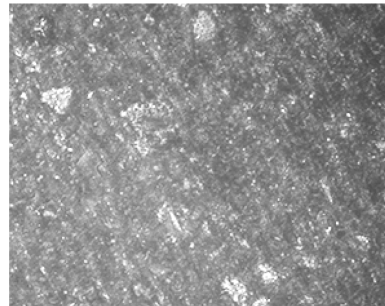
a) 1# 样品



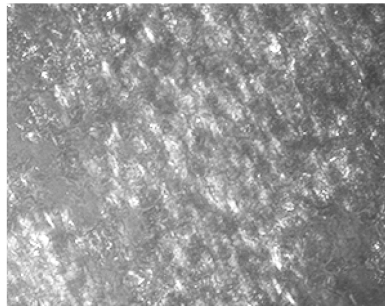
b) 2# 样品



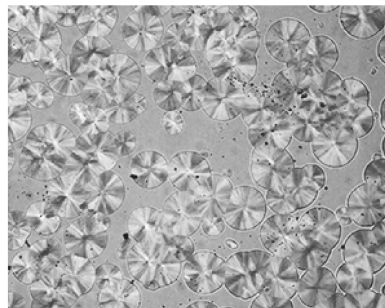
c) 3# 样品



d) 4# 样品



e) 5# 样品



f) 6# 样品

图 2 PP 及复合材料的偏光显微镜图片

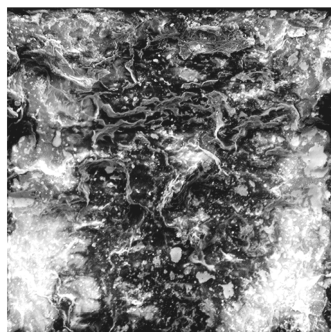
Fig. 2 Polarized microscope images of PP and composite materials

由图 2 可知, 当滑石粉的质量为 PP 的 10% 时 (图 2b), 滑石粉分布均匀, PP 晶体尺寸变小, 晶体规整度下降, 部分较小的滑石粉粒子位于 PP 的成核中心, 较大的粒子未参与结晶过程。当滑石粉的质量为

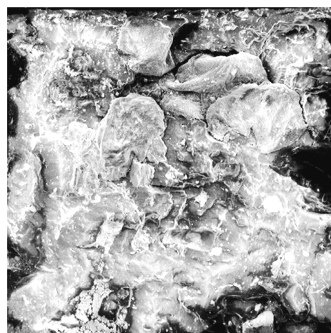
PP的20%时(图2c、2e),视野中可见较多的滑石粉,PP的结晶变得不太明显,球晶受到破坏,形状更加无规则。当滑石粉的质量达到PP的30%时(图2d),视野中存在大块的团聚滑石粉,滑石粉与PP基体相容极差,视野中已看不到完整的球晶,通过视野亮度及区域内基体的变化能勉强观察到材料进行结晶过程。总的来说,由于滑石粉的质量为PP的10%已是较高值,滑石粉对PP基体的异相成核作用变得不明显;随着滑石粉含量的增加,其与PP基体间的相容性变差,从而影响了PP基体的结晶过程。当PP中只加聚硅氧烷时(图2f),能明显看到完整的晶体,说明聚硅氧烷对PP的结晶过程影响较小。

3.3 材料的微观形态分析

对材料样品进行SEM分析,得到其微观形貌,如图3所示。



a) 1# 样品



b) 2# 样品



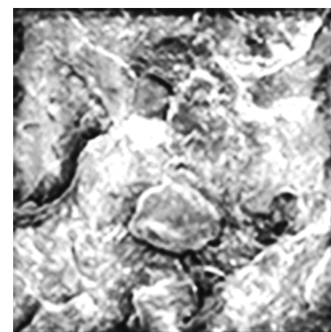
c) 3# 样品



d) 4# 样品



e) 5# 样品



f) 6# 样品

图3 PP及复合材料的断面SEM图片

Fig. 3 SEM pictures of PP and composite materials

从图3可以看出,纯PP和滑石粉/PP复合材料断面都较为粗糙,表现为韧性断裂。滑石粉/PP复合材料中,随着滑石粉含量的增大其与PP相容性越差^[15]。当滑石粉的质量为PP的10%时(图3b),并无明显团聚,PP和滑石粉分散较均匀,此时滑石粉对PP起着增强增韧的作用。当滑石粉的质量为PP的20%时(图3c),可明显看到滑石粉团聚,此时滑石粉和PP界面已经暴露出来,分散性降低,此时可以看到小块状滑石粉。当滑石粉的质量为PP的30%时(图3d),可观察到滑石粉层状界面,此时滑石粉大量团聚成块,分布无序,部分团聚后镶嵌在基体中,并且孔洞较多,材料受冲击后呈脆性断裂。

只添加聚硅氧烷的复合材料其断面连续(图 3f), 说明聚硅氧烷和 PP 基体相容较好, 并且聚硅氧烷作为一种大分子润滑剂, 在一定程度上提高了 PP 分子链的规整度。对比 3# 和 5#(图 3c、3e), 发现聚硅氧烷对滑石粉与 PP 分散性和相容性都有改善, 这说明滑石粉和聚硅氧烷间存在协同作用, 改善了滑石粉在 PP 中的相容性, 并减少了滑石粉颗粒团聚。

3.4 材料的耐刮擦性能

PP 及复合材料的表面摩擦系数如表 3 所示。从表中数据可知, PP 基体中加入滑石粉能有效减小复合材料的摩擦系数。当滑石粉的质量为 PP 的 10% 时(2#), 由于滑石粉在 PP 基体中分散均匀, 作为填料起到了补强的作用, 增加了材料表面硬度, 表层更难被破坏, 从而提高了材料的耐刮擦性能。当滑石粉含量增加时, 滑石粉粒子在基体中难以分散导致应力集中, 使得材料的表面摩擦系数增加, 其中滑石粉的质量为 PP 的 30% 时(4#), 摩擦系数最大, 但仍略低于纯 PP(1#)。

表 3 PP 及复合材料的表面摩擦系数

Table 3 Surface friction coefficient of PP and composites

样品	1#	2#	3#	4#	5#	6#
摩擦系数	0.107	0.054	0.084	0.102	0.065	0.091

PP 及其复合材料刮擦后的色差值(ΔL)如表 4 所示。由表 4 可知, 当滑石粉的质量为 PP 的 10% 时(2#), 比 3#、4# 材料的 ΔL 都小, 可能是少量的滑石粉在 PP 基体中分散均匀, 作为刚性填料的滑石粉起到了补强的作用, 再加上片状滑石粉的加入会使得材料表面硬度明显提高。随着滑石粉含量的增加, 滑石粉在 PP 中的分散下降, 从而导致划痕深度又变大。

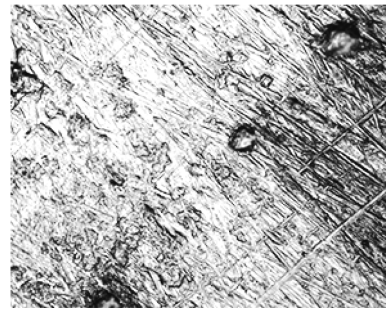
表 4 PP 及复合材料刮擦后的色差值

Table 4 Color difference value of PP and composite materials

样品	1#	2#	3#	4#	5#	6#
色差值	4.44	1.88	2.51	2.42	0.77	0.49

由表 3 和表 4 可知, 5# 材料的摩擦系数和 ΔL 都大幅度降低, 一方面是因为聚硅氧烷作为一种润滑剂, 其分子链能迁移到材料的表面, 形成一层保护膜, 完善其表面缺陷, 并带动滑石粉分散; 另一方面是滑石粉使得材料表面硬度提高, 难以划出痕迹。这表明滑石粉和聚硅氧烷存在协同作用。

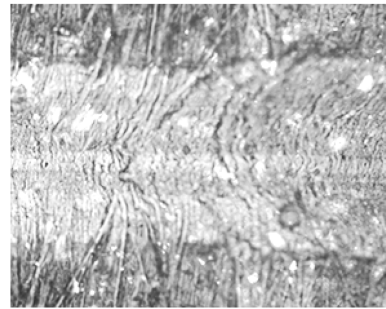
进一步采用偏光显微镜观察 PP 及复合材料的刮擦痕迹, 结果如图 4 所示。从图 4 可以看出, 1# 划痕较深且划痕粗糙, 其余试样划痕深度和粗糙度相对的减小, 其中 5# 划痕深度和粗糙度都较小。这说明 PP 中添加滑石粉和聚硅氧烷都能提高材料的耐刮擦性能, 而同时添加滑石粉和聚硅氧烷的试样性能更佳, 进一步证实了两者的协同作用。



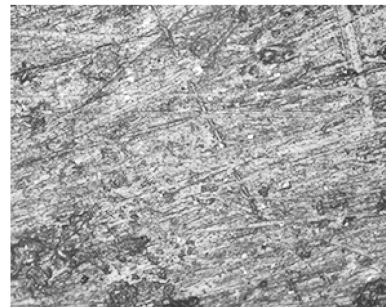
a) 1# 样品



b) 2# 样品



c) 3# 样品



d) 4# 样品



e) 5# 样品



e) 6# 样品

图4 PP及复合材料刮擦后的偏光显微镜图片
Fig. 4 Polarized microscope picture of PP and composite materials after scratching

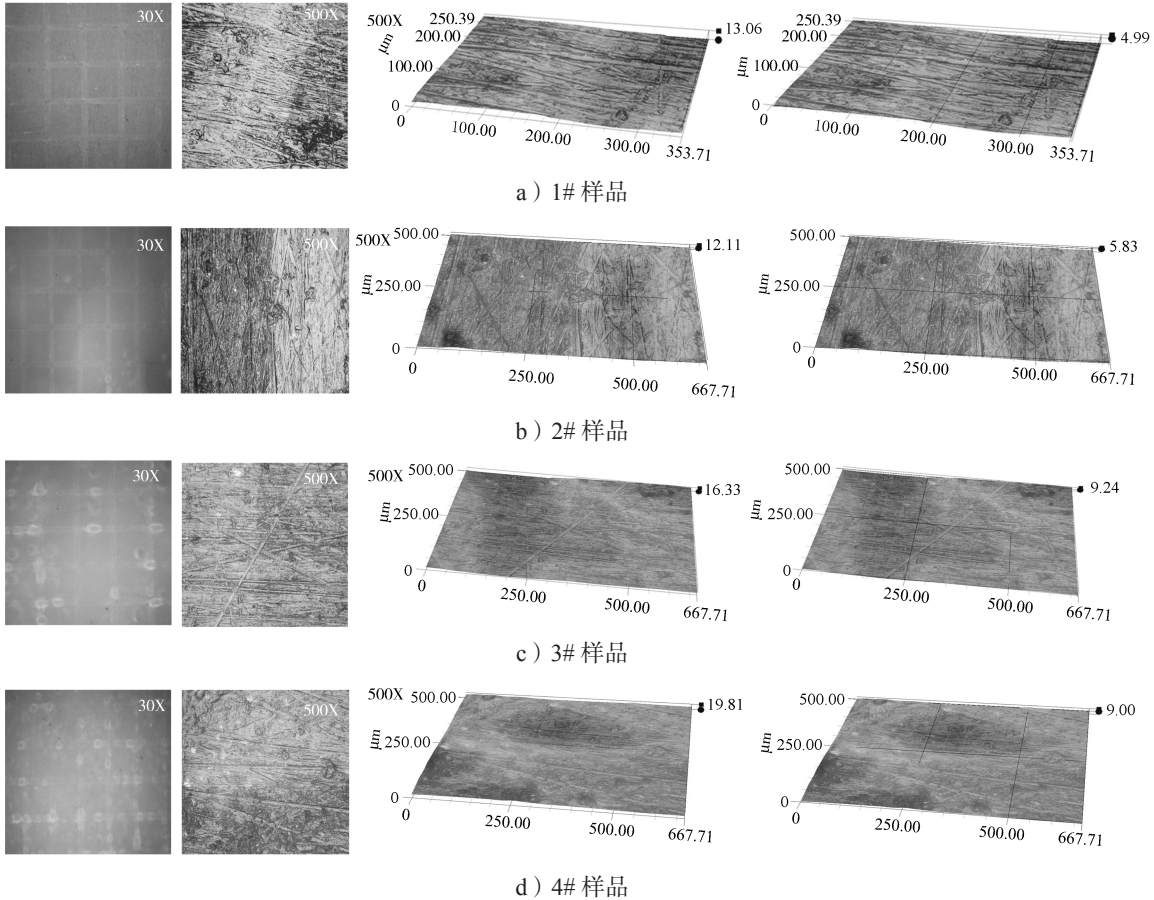
3.5 材料刮痕的超景深三维形貌

PP及其复合材料刮擦后的波谷深度以及刮痕的超景深三维显微镜照片,分别如表5和图5所示。

表5 PP及复合材料刮擦后波谷深度
Table 5 Wave trough depth after scratching by PP and composites

样品	1#	2#	3#	4#	5#	6#
波谷深度/ μm	10.37	6.28	7.09	10.81	5.83	3.39

从表5和图5可以看出:1#样品的刮擦区和未刮擦区色差明显,刮擦后波谷深,有明显泛白现象(图5a)。滑石粉/PP(2#、3#、5#)相比于纯PP(1#)其波谷深度明显减小,但泛白现象更加明显,这可能是因为其表面硬度以及摩擦系数相对较大,在外界负荷的滑动下,与刮擦头之间摩擦力大,负载受到的阻力大导致的发白。4#样品中滑石粉含量太大导致团聚,材料性能降低。5#、6#样品分别与3#、1#比较,其波谷深度以及泛白程度明显降低(图5e、5f),这表明聚硅氧烷能有效降低材料表面的摩擦系数,并能改善由刮擦引起的应力发白现象。



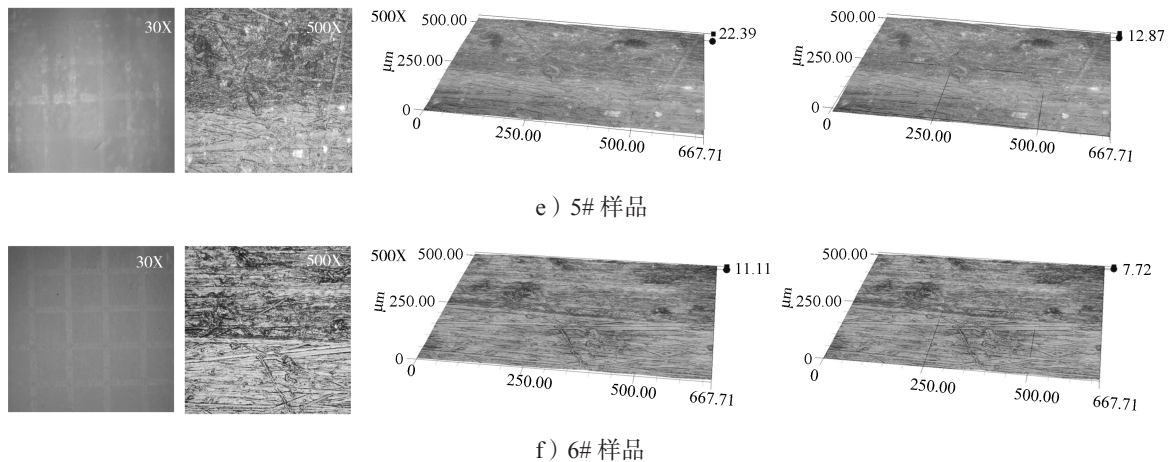


图 5 PP 及复合材料刮擦后刮痕的超景深三维显微镜照片

Fig. 5 Ultra-depth 3D micrograph of scratches on PP and composite materials after scratching

4 结论

综上所述, 可得如下结论:

1) 在聚丙烯 (PP) 中添加滑石粉能改善材料的冲击强度和弯曲强度, 但会在一定程度上损害材料的拉伸强度和断裂伸长率, 使得材料韧性降低。滑石粉在基体中起到了成核剂的作用, PP 结晶度提高, 增加了材料的硬度, 减少了划伤。在 PP 中加入聚硅氧烷对材料的冲击强度和韧性都有一定的提高, 但是会减小材料的拉伸强度。

2) 在 PP 中加入滑石粉会使得其结晶峰向高温方向移动, 提高了材料的使用温度。而加入聚硅氧烷对材料的热力学性能影响不大。

3) 在 PP 中同时加入滑石粉和聚硅氧烷会表现出协同作用, 在机械性能方面能提高材料的冲击强度; 对于热性能, 一方面能提高材料的结晶温度, 使得其使用温度提高, 另一方面使材料的结晶峰面积减小, 更容易成核。

4) 在 PP 中加入滑石粉和聚硅氧烷都会不同程度地减小材料摩擦系数和划痕深度。当在 PP 中同时加入滑石粉和聚硅氧烷时效果最佳。

5) 从超景深三维形貌中可以看出, 聚硅氧烷可明显降低材料的表面摩擦系数, 降低表面泛白现象。

参考文献:

[1] 李书鹏, 王伟健, 李波, 等. 低密度聚丙烯材料在门饰板上的应用研究 [J]. 汽车零部件, 2019(9): 47-50.

LI Shupeng, WANG Weijian, LI Bo, et al. Application Research of Low Density Polypropylene Material for Door Trim Panel[J]. Automobile Parts, 2019(9): 47-50.

[2] 刘淑芳. 我国汽车材料的应用及未来发展趋势 [J]. 科技风, 2020(1): 20.

LIU Shufang. Application and Future Development Trend of Automobile Materials in China[J]. Technology Wind, 2020(1): 20.

[3] 张立娟, 戴婷, 张超. 车用塑料耐刮擦测试方法概述 [J]. 广州化学, 2014, 39(3): 68-72.

ZHANG Lijuan, DAI Ting, ZHANG Chao. Summarize Scratch Resistance Methods of Plastic for Automobile[J]. Guangzhou Chemistry, 2014, 39(3): 68-72.

[4] 王茜. 汽车内饰用改性聚丙烯复合材料耐刮擦性和散发特性研究 [D]. 上海: 复旦大学, 2011.

WANG Qian. Study on Scratch Resistance and Emission Characteristics of Modified Polypropylene Composite Materials for Automotive Interiors [D]. Shanghai: Fudan University, 2011.

[5] 郑学森. 国内汽车复合材料应用现状与未来展望 [J]. 玻璃纤维, 2010(3): 35-42.

ZHENG Xuesen. Applications and Prospects of Automotive Composites in China[J]. Fiber Glass, 2010(3): 35-42.

[6] 郭甜甜, 丁雪佳, 张雨, 等. 滑石粉对聚丙烯微观形态和性能影响 [J]. 中国塑料, 2011, 25(12): 39-42.

GUO Tiantian, DING Xuejia, ZHANG Yu, et al. Influence of Talc on Morphology and Properties of PP[J]. China Plastics, 2011, 25(12): 39-42.

[7] 杨波, 李永华, 庞承焕, 等. 硅酮耐划伤剂对车用聚丙烯内饰材料性能的影响 [J]. 塑料工业, 2011, 39(11): 111-114.

YANG Bo, LI Yonghua, PANG Chenghuan, et al. Effect of Silicone Anti-Scratch Agent on PP Interior

- Performance for Automobile[J]. China Plastics Industry, 2011, 39(11): 111-114.
- [8] 杨秀琴, 宋子豪, 陈兰芳, 等. 聚丙烯/滑石粉复合材料的制备与性能研究[J]. 塑料科技, 2019, 47(5): 6-9.
YANG Xiuqin, SONG Zihao, CHEN Lanfang, et al. Study on Preparation and Properties of PP/Talc Powder Composites[J]. Plastics Science and Technology, 2019, 47(5): 6-9.
- [9] 殷代武, 谭卉文. 滑石粉的应用特性及表面改性[J]. 广东化工, 2013, 40(18): 75-77.
YIN Daiwu, TAN Huiwen. Application Characteristics and Surface Modification of Talcum[J]. Guangdong Chemical Industry, 2013, 40(18): 75-77.
- [10] 贺丽丽, 高翔, 盛超, 等. 低光泽度聚丙烯材料的研究[J]. 汽车工艺与材料, 2019(10): 68-72.
HE Lili, GAO Xiang, SHENG Chao, et al. Research on Low Gloss Polypropylene[J]. Automobile Technology & Material, 2019(10): 68-72.
- [11] 申欣, 王卫, 孙道兴. PP/POE/滑石粉汽车保险杠专用料[J]. 塑料工业, 2005, 33(4): 61-63.
SHEN Xin, WANG Wei, SUN Daoxing. Development of PP/POE/Talc Special Compound for Automobile Bumper[J]. China Plastics Industry, 2005, 33(4): 61-63.
- [12] CHEN Q, YU R B. Effect of Talc on High-Temperature Exothermic Peak and Properties of Polypropylene[J]. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2018, 359: 012031.
- [13] 黄晓明, 孟成铭, 范潇潇, 等. 耐刮擦聚丙烯共混物的制备和性能研究[J]. 塑料工业, 2011, 39(11): 101-103, 117.
HUANG Xiaoming, MENG Chengming, FAN Xiaoxiao, et al. Preparation and Performance Research on Scratch Resistant PP Blend[J]. China Plastics Industry, 2011, 39(11): 101-103, 117.
- [14] 王靖. 双向拉伸聚丙烯膜的表面改性及其耐磨性能研究[D]. 杭州: 浙江理工大学, 2013.
WANG Jing. Surface Modification of Biaxially Oriented Polypropylene Films and Its Abrasion Resistance[D]. Hangzhou: Zhejiang Sci-Tech University, 2013.
- [15] 程丽珍, 南剑凌, 汤建新, 等. 富康汽车仪表盘PP专用料的研究[J]. 塑料科技, 2004(3): 10-13.
CHENG Lizhen, NAN Jianling, TANG Jianxin, et al. Study on Special Purpose PP for Fukang Automobile Dash Board[J]. Plastics Science and Technology, 2004(3): 10-13.

(责任编辑: 邓光辉)

Preparation and Scratch Resistance of Talc/Polysiloxane/Polypropylene

LUO Linyuan¹, FENG Jianxiang¹, LIU Yuejun¹, CHEN Yifeng¹, LEI Xin¹, PENG Simei¹, MAO Long²

(1. Key Laboratory of Advanced Packaging Materials and Technology of Hunan Province, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China; 2. Key Laboratory of Polymer Processing Principles and Application of Xiamen City, Xiamen University of Technology, Xiamen Fujian 361024, China)

Abstract: Using polypropylene (PP) as the substrate, talc and polysiloxane as additives, talc / polysiloxane / PP was prepared by melt blending. The effects of talc / polysiloxane and talc of different proportions on the PP physical and mechanical properties and scratch resistance were studied. The results showed that compared with pure PP, the bending strength and impact strength of the samples with talc powder were improved, while the tensile strength was reduced. The addition of polysiloxane led to certain improvements in PP's bending strength, impact strength and elongation at break, and the tensile strength decreased slightly. The crystal morphology and morphology of PP modified by talc were destroyed, and polysiloxane did not affect the crystallization of PP. However, the addition of talc and polysiloxane would improve the crystallization performance of PP. There was a complete spherulite structure in its matrix, and the crystalline peak area was also significantly reduced, which was conducive to crystal formation. By adding talc powder and polysiloxane PP at the same time, on one hand, talc powder increased the hardness of PP to improve the scratch resistance of PP, on the other hand, polysiloxane acted as a compatibilizer in PP, resulting in the good compatibility of PP and talc powder by coating on the surface of talc powder to act as a scratch-resistant agent to reduce the friction coefficient of the material surface, so that the two cooperated to further improve the scratch resistance of PP.

Keywords: talc; polysiloxane; polypropylene; scratch resistance