

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2018.04.002

碱式硫酸镁晶须和滑石粉复合增强改性聚丙烯

苏昱^{1,2}, 陈婧^{1,2}, 孟征^{1,2}, 黄兴宇^{1,2}, 安峻莹^{1,2}, 舒帮建^{1,2}

(1. 北京航天试验技术研究所, 北京 100074; 2. 北京航天凯恩化工科技有限公司, 北京 100074)

摘要:以聚丙烯(PP)树脂为基体,加入不同质量比的碱式硫酸镁晶须(MOSw)和滑石粉(Talc)填料,通过双螺杆挤出机熔融共混制得MOSw/Talc复合增强PP基复合材料。考查MOSw/Talc质量比对复合材料力学性能、微观形貌、线膨胀系数和成型收缩率等性能的影响。结果表明,MOSw和Talc质量比为15/5时,复合材料具有较好的综合物理力学性能和最好的尺寸稳定性,在填料质量分数均为20%的条件下,与纯Talc填充PP基复合材料相比,其熔体流动速率提高8.8%,密度降低2.0%,拉伸强度、弯曲强度、弯曲弹性模量、缺口冲击强度和硬度分别提高8.2%, 7.5%, 34.5%, 22.3%和13.5%,其线膨胀系数和成型收缩率数值分别为 $35.97 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ 和0.48%,接近或低于部分工程塑料。从微观形貌分析,MOSw和Talc几乎与基体流动方向相平行,取向排列较整齐,同时MOSw与PP基体间的界面没有产生相分离,表现出较好的界面相容性能。

关键词:聚丙烯;碱式硫酸镁晶须;滑石粉;复合材料;力学性能;线膨胀系数;成型收缩率

中图分类号: TQ325.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2018)04-0006-06

Properties of MOSw/Talc Reinforced Polypropylene

Su Yu^{1,2}, Chen Jing^{1,2}, Meng Zheng^{1,2}, Huang Xingyu^{1,2}, An Junying^{1,2}, Shu Bangjian^{1,2}

(1. Beijing Institute of Aerospace Testing Technology, Beijing 100074, China; 2. Beijing Aerospace Chemical Engineering Co. Ltd., Beijing 100074, China)

Abstract: By adding basic magnesium sulfate whisker (MOSw) and talcum (Talc) filler to the polypropylene (PP) resin matrix, the MOSw/Talc reinforced PP composites were prepared by melt blending in a twin-screw extruder. The effects of MOSw/Talc mass ratio on the mechanical properties, microstructure, coefficient of linear expansion and molding shrinkage of the composites were investigated. The results indicate that, when MOSw/Talc mass ratio is 15/5, the composite has the better comprehensive physical and mechanical properties and best dimensional stability, under that the mass fraction of fillers is 20%, compared with the pure Talc filled PP composite, the melt flow rate increases by 8.8%, the density decreases by 2.0%, the tensile strength, flexural strength, flexural modulus, notched impact strength and hardness increase by 8.2%, 7.5%, 34.5%, 22.3% and 13.5% respectively, while its coefficient of linear expansion and molding shrinkage are $35.97 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ and 0.48% respectively, close to or lower than those of some engineering plastics. From the microscopic morphological analysis, MOSw and Talc are almost parallel to the flow direction of the PP matrix, and are aligned neatly. Meanwhile, there is no phase separation between the MOSw and the PP matrix, which shows good interface compatibility.

Keywords: polypropylene; basic magnesium sulfate whisker; talcum; composite; mechanical property; coefficient of linear expansion; molding shrinkage

聚丙烯(PP)是一种半结晶性的聚合物,具有良好的综合性能,但其在应用中存在强度低、尺寸稳定性差等缺陷,在一些领域的应用受到了限制^[1],尤其是在对于一些尺寸稳定性要求非常严格的领域,特别是在温度变化较大(如-30~100℃)的环

境下,PP因其尺寸稳定性差,不仅会影响制件的脱模、装配,而且也会使制件在后期使用过程中出现形变等问题,因而需要通过各种方法对PP进行改性。采用填料填充改善PP的性能是一种常用的方法^[2]。在众多填料中,碱式硫酸镁晶须(MOSw)呈

通讯作者: 苏昱,研发工程师,主要从事改性塑料的研究 E-mail: suyu4401@126.com

收稿日期: 2018-02-10

引用格式: 苏昱,陈婧,孟征,等. 碱式硫酸镁晶须和滑石粉复合增强改性聚丙烯[J]. 工程塑料应用,2018,46(4):6-11.

Su Yu, Chen Jing, Meng Zheng, et al. Properties of MOSw/Talc reinforced polypropylene[J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46(4):6-11.

单晶结构,针状或纤维状,长径比大于 30,直径小于 $1\ \mu\text{m}$,晶须尺寸很小,晶体结构比较完整,作为填充材料与 PP 共混改性时,可改变 PP 结晶行为,有明显的增强、增刚作用,同时 PP/MOSw 复合材料具有密度低、环保无毒、耐刮伤等性能,非常符合当下轻量化和环保化的发展要求^[3-5]。而在实际应用中,滑石粉(Talc)是 PP 材料最通用的一种填料,滑石粉的加入可起到增强材料和降低生产成本的作用。将两种填料复合并对 PP 进行增强改性可获得两种填料改性 PP 的优点,从而扩大 PP 的应用范围。

目前国内外主要研究了 MOSw 或 Talc 对 PP 材料力学性能的影响^[6]、MOSw 对 PP 阻燃性能的影响^[7]、MOSw 或 Talc 的表面改性^[8]、MOSw 对 PP 线性膨胀系数的影响^[9]、MOSw 或 Talc 对 PP 结晶行为的影响^[10]等,但在 MOSw 和 Talc 复配增强改性 PP 材料方面的研究报道较少。笔者主要考查不同配比的 MOSw 和 Talc 对 PP 力学性能的影响,同时对 MOSw 和 Talc 在 PP 基体中的分散和分布形态进行了观察,并以能够反映材料尺寸稳定性的线膨胀系数和成型收缩率为指标,对不同 MOSw/Talc 配比下 PP 的尺寸稳定性进行了考察,以获得最佳 MOSw/Talc 配比,从而获得同时具有高尺寸稳定性和高力学性能的 PP 复合材料。

1 实验部分

1.1 主要原料

PP: 7726H,燕山石化有限公司;

PP: SP179,华锦化工有限公司;

乙烯-辛烯共聚物(POE): 8150,美国陶氏公司;

Talc: RS-7800, $4\sim 5\ \mu\text{m}$,昆山润石化工程有限公司;

MOSw: 153 型,营口威斯克化学有限公司;

抗氧剂 1010,抗氧剂 168: 德国巴斯夫公司;

乙撑双硬脂酰胺(EBS)、硬脂酸钙: 常州可赛成功橡胶有限公司。

1.2 主要仪器及设备

电热鼓风干燥箱: DHG-9145A 型,上海一恒实业有限公司;

高速混合机: SHR-50 型,张家港亿利机械有限公司;

双螺杆挤出机: SHJ-50 型,螺杆长径比为 40/1,江苏诚盟装备股份有限公司;

注塑机: MA900/260 型,浙江宁波海天塑机集

团有限公司;

万能试验机: UTM-1422 型,承德金建检测仪器有限公司;

冲击试验机: HIT-2492 型,承德承德金建检测仪器有限公司;

硬度仪: HR-150A 型,上海光学精密机械研究所;

线膨胀系数测试仪: PCY-D 型,湘潭湘仪仪器有限公司;

熔体流动速率(MFR)测试仪: MFI-1221 型,承德金建检测仪器有限公司;

密度测试仪: SQP,德国赛多利斯集团;

扫描电子显微镜(SEM): QUANTA450 型,美国 FEI 公司。

1.3 试样制备

先将 PP、POE、Talc、抗氧剂及润滑剂 EBS 和硬脂酸钙按表 1 配方(配方中的 PP SP179 为高抗冲共聚 PP,辅助 POE 以进一步提高复合材料韧性)在高速混合机中混合搅拌 5 min,之后在挤出机主喂料口加入,为保证 MOSw 长径比,从挤出机侧喂料口加入进行造粒,挤出机从主喂料口到机头的温度为 $180\sim 210\text{ }^{\circ}\text{C}$,主机电流控制在 $190\sim 200\text{ A}$ 。在 $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下将制得的粒料干燥 4 h,用注塑机制备标准试样,注塑机各段温度为 $190\sim 220\text{ }^{\circ}\text{C}$,注射压力 50 MPa,保压压力 50 MPa,保压时间 4 s,冷却时间 15 s。

表 1 MOSw/Talc 复合增强 PP 各组分的质量分数 %

组 分	试样编号				
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]
PP 7726H	64	64	64	64	64
PP SP179	10	10	10	10	10
POE	5	5	5	5	5
Talc	20	15	10	5	0
MOSW	0	5	10	15	20
抗氧剂 1010	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
抗氧剂 168	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
EBS	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
硬脂酸钙	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

1.4 测试与表征

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

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

MFR 按 GB/T 3682-2000 测试,测试条件为温度 $230\text{ }^{\circ}\text{C}$,负载 2.16 kg ;

悬臂梁缺口冲击强度按 GB/T 1843-2008 测试,测试速率为 50 mm/min ;

硬度按 GB/T 3398.2-2008 测试,测试条件为球压头直径 12.7 mm,试验力 588.4 N;

SEM 分析:取国标 A 型缺口冲击试样,在常温冲击试验后,采用 SEM 观察其垂直于熔体流动方向的断面,设置测试电压为 20 kV,分别放大 1 000 倍、4 000 倍和 40 000 倍,观察 MOSw 和 Talc 在基体树脂内的分散状态;

成型收缩率按 GB/T 15585-1995 测试;

线膨胀系数按 GB/T 1036-2008 测试,测试温度为 -30 ~ 100℃。

2 结果与讨论

2.1 复合材料物理力学性能分析

表 2 为 1[#]~5[#] 试样的物理力学性能。如表 2 所示,随着 MOSw/Talc 中 MOSw 用量的增加,复合材料的 MFR 逐渐上升。这是因为 MOSw 直径较小,长径比较大,经过挤出加工, MOSw 会沿着熔体流动方向排列,同时使得 PP 基体材料分子链段形成一定的取向^[11],分子链段间摩擦减少,流动阻力降低,复合材料 MFR 提高,有利于薄壁注塑件成型。

表 2 1[#]~5[#] 试样的物理力学性能

项 目	试样编号				
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]
MFR/[g·(10 min) ⁻¹]	27.0	27.3	27.5	29.4	30.0
密度/(g·cm ⁻³)	1.031	1.020	1.014	1.010	1.008
拉伸强度/MPa	21.9	23.1	23.9	23.7	22.7
弯曲强度/MPa	29.2	30.2	31.3	31.4	29.4
弯曲弹性模量/MPa	1914	2231	2405	2576	2477
缺口冲击强度/(kJ·m ⁻²)	23.3	27.2	28.6	28.5	33.4
硬度	59	63	65	68	66

由于采用的 MOSw 密度为 2.3 g/cm³,而 Talc 密度为 2.7 g/cm³,故填料用量相同的前提下,同一试样 MOSw 相对 Talc 含量越高,制件密度越小,当 MOSw/Talc 质量比为 15/5 时,对应的 4[#] 试样密度较只添加滑石粉的 1[#] 试样(相当于现市场上常用 Talc 填充 PP 类产品)降低 2%,为 1.01 g/cm³,符合国内材料轻量化的趋势。

从表 2 可以看出,随 MOSw 用量增加,复合材料的拉伸、弯曲强度以及弯曲弹性模量均先升高后降低。MOSw 是单晶纤维类材料,具有较高的强度,对 PP 的增强机理类似于纤维类增强复合材料,而且 MOSw 的强度和刚性大于 Talc 和 PP,因此在一定用量下能够提高复合材料的强度和刚性。另一方面,在 PP 能较好包覆 MOSw 情况下,复合材料受到外力作用, MOSw 会很好地传递应力,并分散所受应力,起到增强作用^[12]。随 Talc 含量减少, MOSw 含量增加,挤出机熔融段复合材料熔体黏度变高,所

受剪切强度升高, MOSw 在挤出机双螺杆剪切下,会使其变短,同时可能是晶须含量较高会导致复合材料中界面缺陷增多,反而引起 5[#] 试样的强度和刚性有所降低。综合来看,4[#] 试样的强度和刚性相对最优。

从表 2 缺口冲击强度数据分析,随 MOSw 用量增加以及 Talc 用量减少,复合材料缺口冲击强度总体呈升高趋势。只添加滑石粉的 1[#] 试样缺口冲击强度为 23.3 kJ/m², MOSw/Talc 质量比为 15/5 的 4[#] 试样缺口冲击强度为 28.5 kJ/m²,较 1[#] 试样提高 22.3%,只加 MOSw 的 5[#] 试样缺口冲击强度最高,其值为 33.4 kJ/m²。在受到外力作用时 MOSw 会发生一定的形变,因而能够吸收一定的冲击能量,而且 MOSw 还可抑制冲击产生的微裂纹在基体树脂中的扩展,阻止裂纹进一步变大^[4]。另一方面,可能是因为 MOSw 呈纤维状结构,有较长的长度,一般为 30 μm, Talc 片状最大长度为 4~6 μm,在 PP 基体中同样用量下 MOSw 较 Talc 更容易搭接在一起,受到外界作用力时,便于沿刚性材料传导分散,从而增韧效果明显提高。

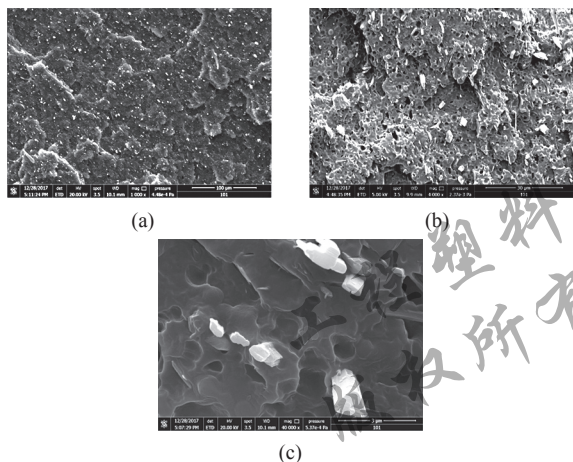
从表 2 的硬度数据可以看出,随着 MOSw 用量增加,复合材料硬度明显提高,但只加 MOSw 的 5[#] 试样硬度有所下降。一方面是由于 MOSw 的原子排列高度有序,界面近似规整,不含通常材料中存在的孔洞、位错和颗粒界面等内部缺陷,其强度和模量很高^[13],力学性能强于 Talc,故硬度明显提高;另一方面,当 MOSw 用量高出一定的临界值时,在挤出加工时晶须会变短,强度和模量降低,故复合材料硬度随之下降。

通过表 2 数据对比可以发现,当 MOSw/Talc 质量比为 15/5 时,对应的 4[#] 试样具有较好的综合物理力学性能,其中 MFR 较只添加滑石粉的 1[#] 试样提高 8.8%,密度降低 2.0%,拉伸强度提高 8.2%,弯曲强度提高 7.5%,弯曲弹性模量提高 34.5%,缺口冲击强度提高 22.3%,硬度提高 13.5%。与只添加 MOSw 的 5[#] 试样相比,4[#] 试样虽然在缺口冲击强度上有所降低,但在强度、模量和硬度方面较高,且 MFR 和密度相差不大。以上说明 MOSw 和 Talc 在一定的配比下会有一定的协同作用,可提高 PP 基复合材料的强度、刚性和硬度等性能。

2.2 复合材料微观形貌分析

采用 SEM 对综合物理力学性能较好的 4[#] 冲击试样缺口断面进行观察,如图 1 所示。从图 1a 可

以看出, MOSw 和 Talc 在基体中分散均匀, 纤维状 MOSw 和片状 Talc 几乎与基体流动方向相平行, 取向排列较整齐。为符合实际生产应用, 笔者没有对填料进行表面处理, 但填料分散很均匀, 很可能是因为加入 POE 可有效提高填料在基体中的分散性和取向性的原因^[14]。由图 1b 和图 1c 可以看出, 树脂基体对 MOSw 和 Talc 进行了有效地包埋, 尽管有少量的聚集体生成和部分 Talc 平铺于断面上, 但 MOSw 在树脂基体中的分散仍非常有序。从图 1c 中还可以看出 PP 基体对 MOSw 包覆效果较好, 放大 40 000 倍的情况下, 可以清楚看出 MOSw 与 PP 基体间的界面没有发生相分离, 两者间粘接较好, 界面间相容性较好, 受到外力作用时, MOSw 不容易与基体树脂脱粘, 从而起到有效增强作用^[15]。



a—放大 1 000 倍; b—放大 4 000 倍; c—放大 40 000 倍

图 1 4[#] 试样缺口冲击断面的 SEM 照片

2.3 复合材料线膨胀系数分析

材料的线膨胀系数对其尺寸有很大影响, 线膨胀系数越小, 制件在一定温度范围内的尺寸形变越小, 即可减少与其它装配件之间的错配及装配间隙, 也可减小因热膨胀产生的装配件之间的应力, 从而提高制件的安全性及使用寿命^[16]。

图 2 为纯 PP 和 1[#]~5[#] 试样的线膨胀系数。从图 2 可以看出, 加入 MOSw 和 Talc 后, 不论两者配比如何, 复合材料的线膨胀系数均明显降低。纯 PP 的线膨胀系数为 $97.39 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, 4[#] 试样的线膨胀系数为 $35.97 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, 相比纯 PP 下降了 63.1%, 复合材料尺寸稳定性大幅提升。而复合材料线膨胀系数的降低主要取决于材料结晶性的提高和分子链的取向^[1]。一方面, Talc 与 PP 之间存在强的界面作用, Talc 的加入降低了 PP 的结晶活化能, 使 PP 在结晶运动中链段排列所需的能量降低, 从而

使 PP 链段易于吸附成核相对更容易结晶^[17]; 对于 MOSw, 由于高长径比的 MOSw 与树脂间的界面结合面积很大^[9], 另外 MOSw 在 PP 基体中分散良好, 这同样有助于 PP 链结晶, 进而提高复合材料的结晶程度^[10]。另一方面, MOSw 作为具有一定长径比的无机材料, 自身线膨胀系数很小, 当 MOSw 填充到 PP 中, 其会沿着熔体流动的方向进行排列, 这也会使 PP 的链段按照 MOSw 排列方向产生一定的取向^[18], 因此有利于 PP 复合材料线膨胀系数降低。

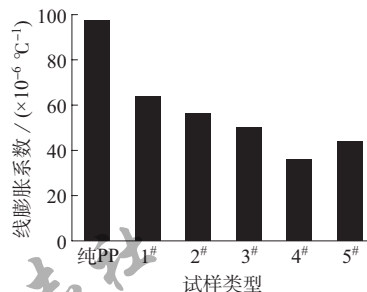


图 2 纯 PP 和 1[#]~5[#] 试样的线膨胀系数

由图 2 还可看出, 随 MOSw/Talc 中 MOSw 用量增加, 复合材料试样的线膨胀系数先下降后升高, 当 MOSw/Talc 质量比为 15/5 时, 对应的 4[#] 试样线膨胀系数最小。这说明 MOSw 和 Talc 在一定配比下对提高 PP 尺寸稳定性具有协同作用。随 MOSw 用量增多以及 Talc 用量降低, 复合材料整体线膨胀系数变小, 说明 MOSw 较 Talc 异相成核作用更强, 更能促使 PP 结晶, MOSw 较高的长径比使得其比片状的 Talc 更容易使 PP 链段取向; 但只加 MOSw 的 5[#] 试样线膨胀系数有所升高, 可能是由于 MOSw 用量太高, 自身沿流动方向取向不一致, 导致 PP 链取向不同引起。

图 3 为 1[#]~5[#] 试样相对形变量随温度升高的变化曲线。相对形变量是指以 $-30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 下的试样尺寸 (80 mm) 为基准尺寸, 不同温度下试样相应膨胀的尺寸与基准尺寸的差值。从图 3 可以看出, 低温下各复合材料相对形变量非常接近, 随温度升高各复合材料相对形变量均逐渐变大, 但在 $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上, 各复合材料相对形变量的变化趋势开始不一致, 相对形变量从大到小排序分别为 1[#], 2[#], 3[#], 5[#] 和 4[#] 试样。在 $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 时 1[#] 试样相对形变量为 $682 \text{ } \mu\text{m}$, 较 $-30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 基准尺寸形变幅度约为 0.85%, 而 4[#] 试样相对形变量为 $421 \text{ } \mu\text{m}$, 形变幅度约 0.52%, 尺寸稳定性更高。同时从图 3 还可以看出, 不同 MOSw/Talc 质量比的试样在 $-30 \sim 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 下形变接近一致, 没有太大区别, 即在这个温度范围内不同 MOSw/

Talc 质量比对 PP 复合材料试样尺寸变化影响相差并不大。

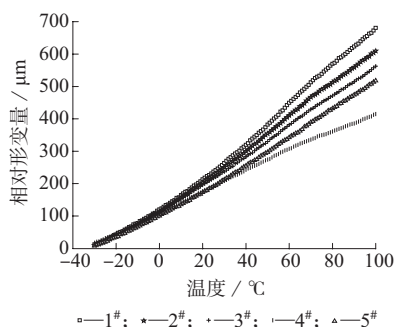


图3 1[#]~5[#] 试样相对形变量随温度升高的变化曲线

2.4 复合材料成型收缩率分析

填充增强类 PP 复合材料的成型收缩率主要与材料的结晶度和所加填料形状尺寸相关。当注塑后, MOSw 以纤维束的形态分布在 PP 中,起到了骨架作用,从而限制 PP 分子链的收缩^[18],降低材料成型收缩率,而 Talc 的加入在一定情况下可以促进 PP 结晶,导致制品出模后的后收缩增大,因而成型收缩率增大^[19]。图4为1[#]~5[#]试样的成型收缩率。从图4可以看出,随 MOSw/Talc 中 MOSw 用量增加,复合材料试样成型收缩率变化趋势和线膨胀系数趋势一致。1[#]~4[#]试样的成型收缩率逐渐降低,主要是 MOSw 的存在限制了 PP 大分子链的收缩。而5[#]试样收缩率提高,这可能是由于分子链取向减弱,PP 结晶度提高而引起。

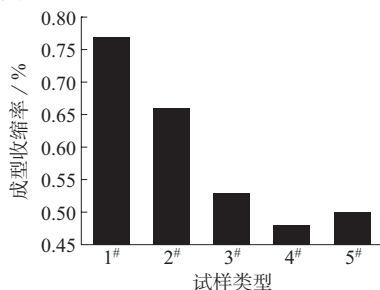


图4 1[#]~5[#] 试样的成型收缩率

实验中测得的 PP 基体材料收缩率为 1.49%,而 5 种试样中 4[#] 试样的成型收缩率最低,为 0.48%,明显低于 PP 基体材料的收缩率,接近或低于部分工程塑料(如聚酰胺 6 收缩率为 0.6%~0.8%,聚碳酸酯收缩率为 0.5%~0.7%),可显著改善注塑制件翘曲、脱模困难或装配困难等问题。

3 结论

(1) 当 MOSw/Talc 质量比为 15/5 时, PP 基复合材料的综合物理力学性能较高,在填料质量分数均为 20% 的情况下,与纯滑石粉填充增强 PP 基

复合材料相比,其 MFR 提高 8.8%,密度降低 2.0%,拉伸强度提高 8.2%,弯曲强度提高 7.5%,弯曲弹性模量提高 34.5%,缺口冲击强度提高 22.3%,硬度提高 13.5%,特别适合薄壁轻量化制件。

(2) SEM 分析表明, MOSw 和 Talc 几乎与基体流动方向平行,取向排列较整齐,同时 MOSw 与 PP 基体间的界面没有发生相分离,两者间粘结较好,表现出界面间相容性较好。

(3) 当 MOSw/Talc 质量比为 15/5 时, PP 基复合材料的线膨胀系数最低,为 $35.97 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$,较纯 PP 下降了 63.1%,大幅提高了复合材料的尺寸稳定性,另外在 -30~0 $^\circ\text{C}$ 温度范围内不同 MOSw/Talc 质量比下的复合材料相对形变量几乎相同,高于 0 $^\circ\text{C}$ 后,则相差越来越大,其中 MOSw/Talc 质量比为 15/5 的复合材料相对形变量最小。

(4) MOSw/Talc 质量比为 15/5 的复合材料成型收缩率最低,为 0.48%,接近或低于部分工程塑料,可显著改善注塑制件翘曲、脱模困难或装配困难等问题。

参考文献

- [1] 吴国峰,雷亮,杨波,等. 车用聚丙烯材料线性膨胀系数的影响因素分析[J]. 工程塑料应用,2017,45(3):134-137.
Wu Guofeng, Lei Liang, Yang Bo, et al. Analysis on influence factors of linear expansion coefficient of automotive polypropylene materials[J]. Engineering Plastics Application, 2017, 45(3):134-137.
- [2] 常恩泽,刘涌,李靖,等. 微球膨胀材料改性聚丙烯收缩率的研究[J]. 现代塑料加工应用,2011,23(5):9-12.
Chang Enze, Liu Yong, Li Jing, et al. Mold shrinkage of modified PP with microsphere expansive material[J]. Modern Plastic Processing and Applications, 2011, 23(5):9-12.
- [3] 郭如新. 碱式硫酸镁晶须及其在高聚物中的应用[J]. 塑料助剂, 2012(6):16-19.
Guo Ruxin. The application of magnesium oxysulfate whiskers in high-molecular polymers[J]. Plastic Additives, 2012(6):16-19.
- [4] 韩跃新,陈旭,印万忠. 碱式硫酸镁晶须填充聚丙烯的研究[J]. 有色矿冶,2007,23(5):42-45.
Han Yuexin, Chen Xu, Yin Wanzhong. The research of basic magnesium sulfate whisker filled up polypropylene[J]. Non-Ferrous Mining and Metallurgy, 2007, 23(5):42-45.
- [5] Wen B Y, Ji B B. Crystallization behaviors and mechanical performance of polypropylene/tetrapod-shaped zinc oxide whisker composites[J]. J Appl Polym Sci, 2012, 124:138-144.
- [6] 姜玉芝,张丽丽,张忠阳,等. 碱式硫酸镁晶须/聚丙烯复合材料力学性能的研究[J]. 沈阳理工大学学报,2012,31(4):60-63.
Jiang Yuzhi, Zhang Lili, Zhang Zhongyang, et al. Study on

- the mechanical properties of magnesium oxysulfate whiskers and polypropylene composites[J]. Journal of Shenyang Ligong University, 2012, 31(4):60–63.
- [7] 吕通建, 于洋, 范平, 等. 碱式硫酸镁晶须增强阻燃聚丙烯的研究[J]. 中国塑料, 2001, 15(9):66–68.
Lyu Tongjian, Yu Yang, Fan Ping, et al. Study on magnesium sulfate whisker reinforced flame retardant polypropylene[J]. China Plastics, 2001, 15(9):66–68.
- [8] 高传慧, 王婷, 徐磊, 等. 碱式硫酸镁晶须的表面改性及在聚丙烯中的应用机理[J]. 高校化学工程学报, 2014, 28(1):143–149.
Gao Chuanhui, Wang Ting, Xu Lei, et al. Surface modification of magnesium hydroxide sulfate hydrate whiskers and its application mechanism in polypropylene[J]. Journal of Chemical Engineering of Chinese Universities, 2014, 28(1):143–149.
- [9] 罗忠富, 陈锐, 李永华, 等. 车用聚丙烯复合材料线性膨胀系数的研究[J]. 现代塑料加工应用, 2013, 25(2):26–28.
Luo Zhongfu, Chen Rui, Li Yonghua, et al. Research on coefficient of linear thermal expansion of polypropylene composites for automobile[J]. Modern Plastics Processing and Applications, 2013, 25(2):26–28.
- [10] 党力, 乃学瑛, 朱东海, 等. 聚丙烯 / 碱式硫酸镁晶须复合材料等温结晶动力学研究[J]. 塑料科技, 2017, 45(4):41–46.
Dang Li, Nai Xueying, Zhu Donghai, et al. Study on isothermal crystallization kinetics of PP / MOSW composites[J]. Plastics Science and Technology, 2017, 45(4):41–46.
- [11] 黄兆阁, 李方舟, 刘树俊. 碱式硫酸镁晶须增强聚丙烯性能研究[J]. 现代塑料加工应用, 2016, 28(4):34–37.
Huang Zhaoge, Li Fangzhou, Liu Shujun. Study on performance of magnesium hydroxide sulfate hydrate whisker reinforced polypropylene[J]. Modern Plastics Processing and Applications, 2016, 28(4):34–37.
- [12] 贾巍. 聚丙烯 / 碱式硫酸镁晶须共混物的相容性研究[D]. 保定: 河北大学, 2011.
Jia Wei. Study of compatibility in polypropylene / basic magnesium sulfated whisker system[D]. Baoding: Hebei University, 2011.
- [13] 何峰, 张莘, 王晓菲, 等. 硫酸钙和硫酸镁晶须对复合树脂维氏硬度的影响[J]. 口腔医学, 2011, 31(3):154–156.
He Feng, Zhang Xin, Wang Xiaofei, et al. Effects of calcium sulfate and magnesium sulfate whiskers on Vickers Hardness of dental composite resin[J]. Stomatology, 2011, 31(3):154–156.
- [14] 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.
- [15] 吴承然, 韩领, 黎敏, 等. 硫酸镁晶须与不同形状填料复合增强聚丙烯[J]. 现代塑料加工应用, 2017, 29(4):49–51.
Wu Chengran, Han Ling, Li Min, et al. Magnesium sulfate whiskers and fillers of different shapes composite reinforced polypropylene[J]. Modern Plastics Processing and Applications, 2017, 29(4):49–51.
- [16] 吴银财, 郑嘉玮, 宁冲冲, 等. 降低热塑性塑料热膨胀系数的研究进展[J]. 工程塑料应用, 2012, 40(12):112–115.
Wu Yincai, Zheng Jiawei, Ning Chongchong, et al. Research progress of lowering thermal expansion coefficient of thermoplastic plastics[J]. Engineering Plastics Application, 2012, 40(12):112–115.
- [17] 曹建红. 微细滑石粉 / 聚丙烯复合材料的制备及结晶行为[D]. 长沙: 中南大学, 2003:72–83.
Cao Jianhong. Preparation and crystallization behavior of fine talc / polypropylene composites[D]. Changsha: Central South University, 2003:72–83.
- [18] 王浩江, 杨欣华, 杨育农, 等. 低模塑收缩率聚丙烯的研究[J]. 塑料工业, 2007, 35(5):20–22.
Wang Haojiang, Yang Xinhua, Yang Yunong, et al. Research of polypropylene with low mould shrinkage ratio[J]. China Plastics Industry, 2007, 35(5):20–22.
- [19] 韩领, 王雄刚, 孟凡地, 等. GF 增强 PP 复合材料的尺寸稳定性与力学性能[J]. 工程塑料应用, 2017, 45(5):24–28.
Han Ling, Wang Xionggang, Meng Fandi, et al. Dimension stability and mechanical properties of GF reinforced PP composites[J]. Engineering Plastics Application, 2017, 45(5):24–28.

巴斯夫将推出多款基于 PUR-T 开发的高性能应用

在 CHINAPLAS 2018 国际橡塑展上, 巴斯夫将展示一批 Elastollan® 热塑性聚氨酯弹性体 (PUR-T) 的全新应用, 满足高性能与耐用性的需求。Elastollan 突出的回弹性, 可用于满足矿石筛网、电动汽车充电线缆与医疗器械所需的功能要求。

巴斯夫将展示由 Elastollan 制备的达到电动汽车充电线缆国家标准 (GB/T 33594–2017) 要求的线缆。凭借出众的耐磨性、机械强度、灵活性及耐化学性, Elastollan 帮助延长电动汽车充电线缆使用寿命, 确保电动汽车充电稳定安全。

在医疗领域, Elastollan 为更多病患增强安全与健康保

障。例如, 在用于心脏手术的氧合器中, 应用 Elastollan 薄膜制成的中空纤维借助小型聚氨酯系统末端相连, 构建起一个牢固的支架, 确保血液得到精准供氧。巴斯夫的热塑性聚氨酯材料几乎不产生静电, 不会对手术造成阻碍。得益于 Elastollan 材料的特性, 安全构建厚度仅为 70 μm 的超高精度纤维成为可能。

此外, 巴斯夫还将展示由 Elastollan 制成的矿石筛网。这种矿石筛网比传统材料制品更耐磨、耐切割、耐撕扯。由于需要长期处理岩石、金属与砂砾, 矿石筛网对耐用性的要求极高。凭借出众的耐久性, Elastollan 帮助优化筛网性能, 从而提升工艺效率。

(慧聪塑料网)