

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2017.05.006

低气味、低 VOC 聚丙烯 / 滑石粉共混物的研究

刘小林^{1,2}

(1. 中煤科工集团重庆研究院科聚孚工程塑料有限责任公司, 重庆 400037; 2. 四川大学高分子科学与工程学院, 成都 610065)

摘要: 采用熔融共混法制备聚丙烯 (PP) / 滑石粉共混物, 利用力学性能测试和热脱附 - 气相 / 质谱 (TDS-GC / MS) 分析手段考察了滑石粉、吸附剂和萃取剂对 PP / 滑石粉共混物力学性能、熔体流动速率、气味和挥发性有机物 (VOC) 挥发量的影响。实验结果表明, 随着滑石粉、吸附剂和萃取剂含量的增加, PP / 滑石粉共混物的气味和总挥发性有机物 (TVOC) 降低; 而吸附剂和萃取剂含量对力学性能几乎没有影响, 对熔体流动速率略有影响; 另外, 随着吸附剂含量的增加, PP / 滑石粉共混物的吸湿性会增大, 当吸附剂质量分数达到 5% 时, 放置 480 h 后, 其吸水量提高 2.7 倍; 在滑石粉质量分数为 20% 的 PP / 滑石粉共混物中, 当吸附剂和萃取剂质量分数分别为 0.5%, 1.0% 时, 共混物的气味强度和舒适度可分别达到 2.5 级和 0 级, TVOC 挥发量较挤出后的纯 PP 下降 51%。

关键词: 聚丙烯; 滑石粉; 低气味; 低挥发性有机物; 共混物

中图分类号: TQ322.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2017)05-0029-06

Study on Polypropylene / Talcum Powder Blend with Low Odor and Low VOC

Liu Xiaolin^{1,2}

(1. Copolyforce Engineering Plastics Co., Ltd., Chongqing Institute of Coal Science Research Institute, Chongqing 400037, China;

2. College of Polymer Science and Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: Polypropylene (PP) / talc blend was prepared by melt blending. The effects of talcum powder, adsorbent and extracting agent on mechanical properties, melt flow rate, odor and volatile organic compounds (VOC) of the blend were studied by mechanical property test, thermal desorption-gas chromatography / mass spectrometry (TDS-GC / MS) analysis. The results show that, with the increasing of talcum powder, adsorbent, and extracting agent, the odor and total volatile organic compounds (TVOC) decrease. However, the increase in adsorbent and extracting agent content doesn't have any effect on the mechanical properties and has an effect on the melt flow rate. In addition, with increasing of the adsorbent content, the moisture absorption ability of PP / talcum powder blend improves, when the mass fraction of adsorbent reaches 5.0%, the water absorption increases by 2.7 times after placing for 480 h. When the mass fraction of adsorbent and extracting agent is 0.5%, 1.0%, the odor intensity and comfort achieve grade 2.5 and grade 0 respectively, TVOC is 51% lower than that of extruded PP.

Keywords: polypropylene; talcum powder; low odor; low volatile organic compounds; blend

聚丙烯 (PP) 具有较为优异的性能和较低的价格而得到广泛应用, 由于在强度、模量、耐温等方面的不足, 常需对其进行改性以提高性能。与滑石粉进行共混改性是改进 PP 不足的一种常用方法。PP / 滑石粉共混物广泛应用于汽车、家电、通用机电等领域, 由于 PP 在高温加工和使用过程中, 不同程度地会释放出有害的挥发性有机物 (VOC)^[1], 会给在相对封闭环境中使用此类材料的人们带来伤害, 如汽车内饰塑料件中的仪表板、手套箱、门内板、A / B / C 柱等, 材质一般都采用 PP / 滑石粉共混物, 使其成为汽车内饰制品排放污染的一个重要来源。该问题已经引起政府、国内外各大汽车公司和 PP 树脂生产厂家的关注, 并于 2011 年发布了《乘用车内

空气质量评价指南》(GB / T 27630-2011), 此指南对整车 VOC 检测值进行了限定。

目前, 国内外学者已开始针对 PP 树脂及其共混物中 VOC 的释放问题进行了大量研究^[2-6], 并对如何降低 PP 共混物气味和 VOC 做了许多研究工作^[7-18], 但以上降低 PP 共混物气味和 VOC 的研究工作基本上都是通过添加屏蔽剂或吸附剂来实现, 没有从根本上解决 PP 共混物中易挥发物总量大幅降低的目标。笔者通过共混的方法制备 PP / 滑石粉共混物, 选择两种不同类型的除味剂 (吸附剂和萃取剂), 探讨其对 PP 共混物气味、VOC 和吸湿性

联系人: 刘小林, 博士, 副研究员, 主要从事聚合物高性能化研究
收稿日期: 2017-02-17

的影响,以期大幅降低 PP 共混物中的易挥发物总量。

1 实验部分

1.1 主要原材料

PP: 7032E3,埃克森美孚公司;

滑石粉: 10 μm ,市售;

吸附剂: 具有螯合分解反应活性的化学吸附剂,白色,市售;

萃取剂: 以多孔聚合物为载体并富含低沸点易挥发组分的母料,白色,市售;

抗氧化剂: 1010,168,瑞士汽巴公司。

1.2 主要设备及仪器

同向双螺杆挤出机: SHJ-36B 型,南京鸿铭挤出设备有限公司;

注塑机: HDX50 型,宁波市海达塑料机械有限公司;

万能试验机: CMT4204 型,美特斯工业系统(中国)有限公司;

摆锤冲击试验机: ZBC1400-B 型,美特斯工业系统(中国)有限公司;

熔体流动速率(MFR)仪: ZRZ400 型,美特斯工业系统(中国)有限公司;

高低温湿热三气试验箱: HUT-705P 型,重庆哈丁科技有限公司;

高效液相色谱(HPLC)仪: LC-20A 型,日本岛津公司;

热脱附系统: TDS3 型,德国 Gerstel 公司;

气相色谱/质谱(GC/MS)联用仪: TRACE DSQ II 型,美国 Thermo Fisher 公司。

1.3 试样制备

将 PP、滑石粉、吸附剂(或萃取剂)和抗氧化剂加入高速捏合机中混合均匀,然后在双螺杆挤出机上熔融共混、挤出、造粒,其中抗氧化剂 1010 和 168 均为 0.2 份。从挤出机加料口到机头各段的温度依次为 180(60),190(80),190,200,210,210,220,220,210,210 $^{\circ}\text{C}$,其中括号中的温度为使用萃取剂时的加工温度,螺杆转速为 300 r/min,真空度为 -0.08 MPa。将所得粒料在 90 $^{\circ}\text{C}$ 下干燥 4 h,注塑成标准待测试样,其中注塑机喷嘴温度为 220 $^{\circ}\text{C}$,注塑压力为 70 MPa,成型周期为 50 s。

1.4 性能测试与表征

对于车内材料气味和 VOC 的测试方法,由于目前没有国家标准,只有相应的企业标准,故笔

者采用参与《乘用车内空气质量评价指南》(GB/T 27630-2011)标准制定的重庆长安汽车股份有限公司的企业标准(VS-01.00-T-14004-A3-2016)对车内材料气味和 VOC 进行评定。

气味性测试: 按 VS-01.00-T-14004-A3-2016 标准进行测试,试样按 C 类取 50 g,容器为 1 L;时效处理条件为: 温度为 (80 $\pm$ 2) $^{\circ}\text{C}$,时间为 (120 $\pm$ 10) min。气味强度评判标准分为 1~6 级,舒适度评判标准分为 3~-3 级,具体评定标准见表 1。

表 1 气味评判标准

强度		舒适度	
评分级别	描述	评分级别	描述
1 级	不易感觉到	3 级	非常舒适
2 级	可感觉到(轻微),但不刺鼻	2 级	舒适
3 级	可明显感觉到(强烈),但不刺鼻	1 级	有点舒适
4 级	刺鼻	0 级	既不舒适,也非不舒适
5 级	非常刺鼻	-1 级	有点不舒适
6 级	不可忍受	-2 级	不舒适
		-3 级	非常不舒适

TVOC 挥发量测试: 按 VS-01.00-T-14012-A1-2014 标准的环境试验袋法检测,采用热脱附-气相/质谱(TDS-GC/MS)测试总挥发性有机物(TVOC)的挥发量。样品尺寸为 100 mm $\times$ 100 mm,试样袋容积为 10 L,填充氮气 5 L,在 65 $^{\circ}\text{C}$ 加热 2 h。TENAX 捕集管以 100 mL/min 捕集采样测试。

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

冲击强度按照 GB/T 1843-2008 测试。

自然吸水率测试: 按照 GB/T 1034-2008,将 PP 共混物粒料在 100 $^{\circ}\text{C}$ 下进行干燥至恒重,然后放入高低温湿热三气试验箱中,温度为 (23 $\pm$ 2) $^{\circ}\text{C}$,相对湿度为 (50 $\pm$ 10)%,自然放置一段时间后进行质量测定,通过与初始的质量差异计算自然吸水率。

MFR 按照 GB/T 3682-2000 测试,其中温度为 230 $^{\circ}\text{C}$,压力为 2.16 kg。

2 结果与讨论

2.1 滑石粉含量对共混物气味等级和 VOC 挥发量的影响

表 2 为不同滑石粉含量下 PP/滑石粉共混物的气味等级和 TVOC 挥发量。

从表 2 可发现,随着滑石粉含量的增加,PP/滑石粉共混物的 TVOC 挥发量降低,当滑石粉质量

表 2 不同滑石粉含量下 PP / 滑石粉共混物的
气味等级和 TVOC 挥发量

项目	滑石粉质量分数 / %					
	0	10	20	30	40	50
TVOC 挥发量 / ($\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$)	2 860*	2 583	2 256	1 980	1 650	1 250
气味等级	强度	3.0*	3.0	3.0	3.0	2.5
	舒适度	-1*	-1	-1	-1	0

注: * 为在真空度为 -0.08 MPa 下挤出造粒后注塑制样所得测试数据。
分数达到 50% 时, 共混物的 TVOC 挥发量由未添加滑石粉时的 2 860 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ 下降到 1 250 $\mu\text{g} / \text{m}^3$, 下降 56.3%; 在气味方面, 当滑石粉质量分数达到 50% 时, 共混物气味强度从 3.0 级下降到 2.5 级, 舒适度从 -1 级改善达到 0 级。

出现以上现象的原因是, 滑石粉是一种白色、无味的微细无机粉末, 作为填料填充到 PP 中, 可降低 PP / 滑石粉共混物中单位体积的 TVOC 挥发量, 因此会适当改善气味的强度和舒适度; 随着滑石粉含量的增加, 这一现象更为明显。

另外, 滑石粉的主要成分为硅酸镁, 结晶构造呈层状, 具有较强的物理吸附力, 作为填料加入到 PP 中后, 会降低其低分子物挥发能力, 起到类似吸附剂的作用, 能在一定程度上降低其低分子物的挥发能力, 改善其气味的强度和舒适度。

为了更深入地研究吸附剂和萃取剂对 PP / 滑石粉共混物性能的影响, 以下实验选用工业上最常用的滑石粉 (质量分数为 20%) 与 PP 的共混物进行深入研究。

2.2 吸附剂含量对 PP / 滑石粉共混物性能的影响

(1) 吸附剂含量对共混物气味等级和 VOC 的影响。

表 3 为不同吸附剂含量下 PP / 滑石粉共混物的气味等级和 TVOC 挥发量。

表 3 不同吸附剂含量下 PP / 滑石粉共混物的
气味等级和 TVOC 挥发量

项目	吸附剂质量分数 / %					
	0	0.5	1.0	2.0	3.0	5.0
TVOC 挥发量 / ($\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$)	2 256	2 080	1 803	1 650	1 450	1 330
气味等级	强度	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5
	舒适度	-1	-1	-1	0	0

从表 3 可发现, 随着吸附剂含量的增加, PP / 滑石粉共混物的气味强度和舒适度都得到改善, TVOC 的挥发量也降低, 当吸附剂质量分数达到 5.0% 时, 共混物的 TVOC 挥发量由未添加吸附剂时的 2 256 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ 下降到 1 330 $\mu\text{g} / \text{m}^3$, 下降 41.0%; 在气味等级方面, 当吸附剂质量分数达到

2% 时, 共混物的气味强度从未添加吸附剂时的 3.0 级下降到 2.5 级, 舒适度也从 -1 级提高到 0 级, 而当进一步添加吸附剂的质量分数达到 5% 时, 气味的强度和舒适度没有明显的变化。

出现以上现象的原因是, 吸附剂是一种具有强物理吸附能力, 并具有对气味小分子有螯合分解反应活性的无味助剂, 能够分解或螯合氮氢化物、硫化物、碳氧化物以及其它气味小分子。当加入到 PP 中后, 由于其具有强物理吸附能力和螯合分解反应活性, 不仅会降低其低分子物挥发能力, 还会降低其低分子物的挥发总量, 从而能在一定程度上改善共混物的气味强度和舒适度。

当添加吸附剂的质量分数超过 2% 时, 对气味等级的进一步改善并不明显, 气味强度和舒适度仍为 2.5 级和 0 级。这是由于添加的吸附剂达到一定量后, 吸附和解吸附达到一定的平衡所致。

(2) 吸附剂含量对共混物力学性能和 MFR 的影响。

表 4 为不同吸附剂含量下 PP / 滑石粉共混物的力学性能和 MFR。

表 4 不同吸附剂含量下 PP / 滑石粉共混物的力学性能和 MFR

项目	吸附剂质量分数 / %					
	0	0.5	1.0	2.0	3.0	5.0
拉伸强度 / MPa	27.5	27.4	28.0	28.2	28.5	29.3
断裂伸长率 / %	41	40	40	36	34	33
悬臂梁缺口冲击 强度 / ($\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$)	16.8	16.5	15.6	14.8	13.6	13.2
弯曲强度 / MPa	38.0	38.3	38.6	39.5	39.8	40.7
MFR / [$\text{g} \cdot (10 \text{ min})^{-1}$]	3.0	3.0	2.8	2.9	2.8	2.6

从表 4 可以发现, 随着吸附剂含量的增加, PP / 滑石粉共混物的力学性能和 MFR 没有明显的变化, 例如, 随着吸附剂含量的增加, 共混物的拉伸强度从未添加吸附剂时的 27.5 MPa 变化到 29.3 MPa, 而 MFR 从未添加吸附剂时的 3.0 $\text{g} / (10 \text{ min})$ 变化到 2.6 $\text{g} / (10 \text{ min})$ 。这主要是由于吸附剂是一种经特殊化学处理的白色固体微细粉末, 由于添加量少, 所以对共混物的力学性能和加工流动性影响很小。

(3) 吸附剂含量对共混物吸湿性能的影响。

图 1 为不同吸附剂含量下 PP / 滑石粉共混物的自然吸湿性能。

从图 1 可发现, 随着吸附剂含量的增加, PP / 滑石粉共混物的吸湿能力得到不断的提高。当吸附剂质量分数为 0.5% 时, 放置 48 h 后, 共混物的吸水率是未添加吸附剂时纯 PP / 滑石粉共混物的近 1.5 倍, 当时间达到 480 h 时, 吸水率是未添加吸附

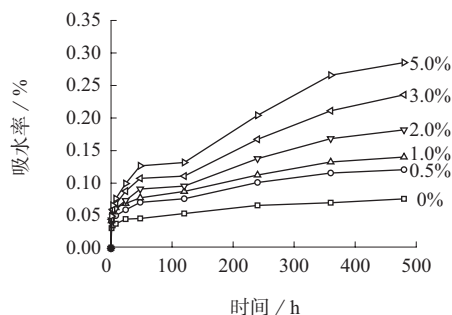


图1 不同吸附剂含量下PP/滑石粉共混物的自然吸湿性能

剂时纯PP/滑石粉的1.6倍;当吸附剂质量分数为2%时,放置1 h后,共混物的吸水率是未添加吸附剂时纯PP/滑石粉共混物的近1.5倍;当时间达到48 h时,吸水率是未添加吸附剂时纯PP/滑石粉共混物的近2倍;随着时间的进一步增加,自然放置时间达到480 h时,吸水率是未添加吸附剂时纯PP/滑石粉共混物的近2.5倍;而吸附剂质量分数达到5%时,自然放置480 h后,吸水率是未添加吸附剂时纯PP/滑石粉共混物的近3.7倍。

出现以上现象的原因是:吸附剂由于具有强物理吸附能力,因此对小分子物质具有强的作用力,随着吸附剂含量的不断增加,PP/滑石粉共混物的吸湿能力也随之不断提高,最终导致其自然吸湿能力大幅度提升。当然这会导致在使用该产品时必须进行合理的密封保存或烘干处理,从而加大了使用时的工作量。若处理不当,则会严重影响产品的外观,甚至性能。因此,在粒料改性过程中,建议添加量为0.5%较为适宜。

2.3 萃取剂含量对PP/滑石粉共混物性能的影响

(1) 萃取剂含量对共混物气味等级和VOC挥发量的影响。

表5为不同萃取剂含量下PP/滑石粉共混物气味等级和TVOC挥发量。

表5 不同萃取剂含量下PP/滑石粉共混物的气味等级和TVOC挥发量

项目	萃取剂质量分数/%				
	0	0.5	1.0	1.5	2.0
TVOC挥发量/ ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	2256	1932	1512	1320	1210
强度	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
舒适度	-1	-1	0	0	0

从表5可发现,随着萃取剂含量的增加,PP/滑石粉共混物的气味强度和舒适度都得到改善,TVOC的挥发量也降低。当萃取剂质量分数达到2%时,TVOC挥发量由未添加萃取剂时的 $2256\mu\text{g}/\text{m}^3$ 下降到 $1210\mu\text{g}/\text{m}^3$,下降46.4%;

在气味等级方面,当萃取剂质量分数达到1.0%时,共混物的气味强度由未添加萃取剂时的3.0级下降到2.5级,舒适度从-1级提高到0级,当萃取剂质量分数进一步提高到2.0%时,气味强度和舒适度没有进一步改善,共混物的气味强度和舒适度仍分别为2.5级和0级,TVOC挥发量的下降速率也有所减缓,下降速率由最初的14.36%变化到21.74%,12.70%,最后下降到8.33%。

出现以上现象的原因是:萃取剂是一种以多孔聚合物为载体而富含低沸点易挥发组分的母料,在PP/滑石粉共混物加工过程中,萃取剂母粒受热后载体软化,释放出低沸点的萃取剂,萃取剂在热和剪切力的作用下形成大量微泡,该微泡与材料中的挥发性VOC,如烷烃、烯烃、醛、酮等互溶萃取,在后端真空负压的作用下被抽离,进而有效去除材料的气味和VOC。

(2) 萃取剂含量对共混物力学性能和MFR的影响。

表6为不同萃取剂含量下PP/滑石粉共混物的力学性能和MFR。

表6 不同萃取剂含量下对PP/滑石粉共混物力学性能和MFR

项目	萃取剂质量分数/%				
	0	0.5	1.0	1.5	2.0
拉伸强度/MPa	27.5	27.8	27.2	27.7	27.5
断裂伸长率/%	41	40	43	45	41
悬臂梁缺口冲击 强度/($\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}$)	16.8	16.3	16.2	17.0	17.2
弯曲强度/MPa	38.0	37.6	38.3	38.5	37.5
MFR/[$\text{g}\cdot(10\text{ min})^{-1}$]	3.0	3.2	3.3	3.5	3.5

从表6可发现,随着萃取剂含量的增加,PP/滑石粉共混物的力学性能没有明显变化,而MFR略有提升,MFR从未添加萃取剂时的 $3.0\text{ g}/(10\text{ min})$ 增加到 $3.5\text{ g}/(10\text{ min})$ 。

这主要是在PP/滑石粉共混物加工过程中,萃取剂与材料中的挥发性VOC互溶萃取完成后,在后端真空负压的作用下被抽离,在共混物中残留的萃取剂很少,因此对共混物的力学性能和MFR影响较小。

(3) 萃取剂对共混物吸湿性能的影响。

图2为不同萃取剂含量下PP/滑石粉共混物的吸湿性能。

从图2可发现,随着萃取剂含量的增加,PP/滑石粉共混物的自然吸湿能力没有明显变化,几乎和未添加萃取剂的纯PP/滑石粉共混物的吸湿能力相同,在放置480 h后,共混物的最大和最小吸水

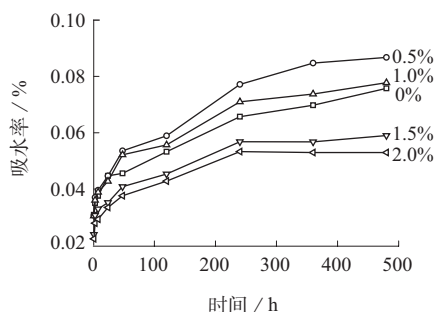


图2 不同萃取剂含量下对 PP/滑石粉共混物的自然吸湿性能率差不到 0.04%。

出现以上现象的原因是由于萃取后萃取剂在共混物中的残留很少,因此对共混物的吸湿性能影响很小。

2.4 萃取剂和吸附剂复配对 PP/滑石粉共混物气味等级和 VOC 挥发量的影响。

考虑到吸附剂吸湿的影响,选择吸附剂的质量分数为 0.5%,选用 4 个不同含量的萃取剂与之复配进行实验,结果列于表 7。

表 7 不同萃取剂和吸附剂配比下 PP/滑石粉共混物的气味等级和 TVOC 挥发量

编号	吸附剂质量 分数/%	萃取剂质量 分数/%	TVOC 挥发量/ ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	气味等级 强度	舒适度
1 [#]	0.5	0.5	1806	3.0	-1
2 [#]	0.5	1.0	1410	2.5	0
3 [#]	0.5	1.5	1230	2.5	0
4 [#]	0.5	2.0	1060	2.5	0

从表 7 可发现,随着萃取剂含量的增加,PP/滑石粉共混物的气味强度和舒适度都有改善,而 TVOC 挥发量下降,当萃取剂质量分数达到 2% 时,共混物 TVOC 的挥发量由未添加萃取剂时的 $2256\mu\text{g}/\text{m}^3$ 下降到 $1060\mu\text{g}/\text{m}^3$,下降 53.0%;在滑石粉、萃取剂和吸附剂共同作用下,TVOC 挥发量由未添加滑石粉、萃取剂和吸附剂时的 $2860\mu\text{g}/\text{m}^3$ 下降到 $1060\mu\text{g}/\text{m}^3$ 下降 62.9%。在气味方面,当萃取剂质量分数达到 1.0% 时,气味强度从挤出后的纯 PP 的 3.0 级改善到 2.5 级,舒适度从 -1 级改善到 0 级,随着萃取剂含量的进一步增加,气味强度和舒适度没有明显改善。

出现以上现象的原因是,使用萃取剂萃取后,萃取剂能在较大程度上除去 PP/滑石粉共混物中的 VOC,即使有小量的残留,由于吸附剂的强物理吸附力作用,使残留 VOC 的挥发能力被削弱,从而有效地改善气味和降低 TVOC 的含量。综上所述,吸附剂和萃取剂质量分数分别为 0.5%,1.0% 时,低气味、低 VOC 共混物的综合性能最佳,其气味强度

和舒适度可分别达到 2.5 级和 0 级,TVOC 挥发量较挤出纯 PP 的 $2860\mu\text{g}/\text{m}^3$ 下降到 $1410\mu\text{g}/\text{m}^3$,下降 50.7%,力学性能、吸湿性能和加工性能较纯 PP/滑石粉共混物没有大的变化。

3 结论

(1) 随着滑石粉、吸附剂和萃取剂含量的增加,共混物的气味和 TVOC 挥发量降低,气味强度和舒适度可分别达到 2.5 级和 0 级,TVOC 挥发量下降 63%;而吸附剂和萃取剂的增加对力学性能影响不大,对 MFR 略有影响;另外,随着吸附剂含量的增加,共混物的吸湿性会增大。

(2) 在滑石粉质量分数为 20% 的 PP/滑石粉共混物中,吸附剂和萃取剂质量分数分别为 0.5%,1.0% 时,其综合性能最佳,气味强度和舒适度可分别达到 2.5 级和 0 级,TVOC 挥发量较挤出后的纯 PP 下降 50.7%,吸湿性能、力学性能和加工性能较纯 PP/滑石粉共混物变化不大。

参考文献

- [1] Lattuat-Derieux A, Egasse C, S Thao-Heu, et al. What do plastics emit? HS-SPME-GC/MS analyses of new standard plastics and plastic objects in museum collections[J]. Journal of Cultural Heritage, 2013, 14(3):238-247.
- [2] Reingruber E, Reussner J, Sauer C, et al. Studies on the emission behavior of polypropylene by gas chromatography/mass spectrometry with static headspace or thermodesorption[J]. Journal of Chromatography A, 2011, 1218(21):3326-3331.
- [3] 康鹏,金滢,蔡涛,等.聚丙烯中挥发性有机物释放行为的研究[J].合成树脂及塑料,2010,27(1):60-63.
Kang Peng, Jing Yan, Cai Tao, et al. Study on release behavior of VOC from polypropylene[J]. China Synthetic Resin and Plastics, 2010, 27(1):60-63.
- [4] 康鹏,金滢,蔡涛,等.聚丙烯树脂中挥发性有机物控制技术的研究进展[J].石油化工,2014,43(8):966-970.
Kang Peng, Jing Yan, Cai Tao, et al. Progresses in control technology for volatile organic compounds in polypropylene resin[J]. Petrochemical Technology, 2014, 43(8):966-970.
- [5] 李峰,康鹏,金滢.加工技术对聚丙烯中 VOC 含量的影响[J].合成树脂及塑料,2013,30(3):55-57.
Li Feng, Kang Peng, Jing Yan. Effect of processing technology on VOC content in polypropylene[J]. China Synthetic Resin and Plastics, 2013, 30(3):55-57.
- [6] 潘瑞琦,金滢,康鹏,等.助剂对聚丙烯气味及挥发性有机物影响的研究进展[J].合成树脂及塑料,2016,33(2):88-91.
Pan Ruiqi, Jing Yan, Kang Peng, et al. Effects of additives on polypropylene odors and volatile organic compounds[J]. China Synthetic Resin and Plastics, 2016, 33(2):88-91.

- [7] 徐国平. 低气味聚丙烯改性料的研制[J]. 工程塑料应用, 2011, 39(1):58-60.
Xu Guoping. Preparation and properties of low odour modified polypropylene[J]. Engineering Plastics Application, 2011, 39(1):58-60.
- [8] 范潇潇, 项军, 孟成铭, 等. 汽车内饰件用低气味耐刮擦聚丙烯的研制[J]. 塑料工业, 2010, 38(1):80-83.
Fan Xiaoxiao, Xiang Jun, Meng Chengming, et al. Study of low odor scratch-resistant polypropylene applied in automobile interior parts[J]. China Plastics Industry, 2010, 38(1):80-83.
- [9] 罗忠富, 李永华, 杨燕, 等. 车用聚丙烯复合材料气味分析研究[J]. 工程塑料应用, 2010, 38(7):51-53.
Luo Zhongfu, Li Yonghua, Yang Yan, et al. Study on analysis of odour in polypropylene composites for automobile[J]. Engineering Plastics Application, 2010, 38(7):51-53.
- [10] 黄险波, 李建军, 杨波, 等. 车用低TVOC聚丙烯材料的制备[J]. 塑料工业, 2011, 39(12):113-115.
Huang Xianbo, Li Jianjun, Yang Bo, et al. Preparation of low TVOC PP blend for automobile[J]. China Plastics Industry, 2011, 39(12):113-115.
- [11] 宋文波, 毕福勇, 郭梅芳, 等. 一种低气味、低VOC含量的抗冲聚丙烯的制备方法: 中国, 201410602797.2[P]. 2016-05-11.
Song Wenbo, Bi Fuyong, Guo Meifang, et al. A impact resistant polypropylene with low odor and low VOC, and its preparation method:CN, 201410602797.2[P]. 2016-05-11.
- [12] 杨桂生, 俞飞. 一种低气味低挥发耐刮擦汽车用内饰聚丙烯复合材料及制备方法: 中国, 201410627501.2[P]. 2016-06-08.
Yang Guisheng, Yu Fei. A scratch-resistant polypropylene composites with low odor and low volatile applied in automobile interior parts, and its preparation method:CN, 201410627501.2[P]. 2016-06-08.
- [13] 汪理文, 李庆贵, 孙兆才, 等. 一种低气味、低VOC改性聚丙烯及其制备方法: 中国, 201610124303.3[P]. 2016-07-13.
Wang Liwen, Li Qinggui, Sun Zhaocai, et al. A modified polypropylene with low odor and low VOC, and its preparation method:CN, 201610124303.3[P]. 2016-07-13.
- [14] 裘洪成, 娄小安, 路海冰, 等. 一种低气味矿物增强聚丙烯复合材料及其制备方法: 中国, 201410476227.3[P]. 2015-01-07.
Qiu Haocheng, Lou Xiaolan, Lu Haibing, et al. A mineral reinforced polypropylene composites with low odor, and its preparation method:CN, 201410476227.3[P]. 2015-01-07.
- [15] 郭洪涛, 瞿锡娟, 张电海, 等. 一种高流动、低气味、耐划伤的汽车内饰用聚丙烯材料及其制备方法: 中国, 201610832020.4[P]. 2017-01-11.
Guo Hongtao, Qu Xijuan, Zhang Dianhai, et al. A scratch-resistant polypropylene with high flow and low odor applied in automobile interior parts, and its preparation method:CN, 201610832020.4[P]. 2017-01-11.
- [16] 黎敏, 王雄刚, 龙光宝, 等. 一种低VOC低气味的聚丙烯组合物及其制备方法: 中国, 201610818043.X[P]. 2017-02-08.
Li Min, Wang Xionggang, Long Guangbao, et al. A polypropylene blends with low odor and low VOC, and its preparation method:CN, 201610818043.X[P]. 2017-02-08.
- [17] 吕博, 王刚, 李婷婷, 等. 一种低气味天然纤维改性聚丙烯复合材料及其制备方法: 中国, 201610788680.7[P]. 2016-12-14.
Yan Pu, Wang Gang, Li Tingting, et al. A low odor of natural fiber modified polypropylene composite material, and its preparation method:CN, 201610788680.7[P]. 2016-12-14.
- [18] 孙建林, 王哲伟. 一种低气味耐刮擦聚丙烯材料的仪表板: 中国, 201610366784.9[P]. 2016-09-21.
Sun Jianlin, Wang Zhewei. A scratch-resistant polypropylene with low odor for dashboards:CN, 201610366784.9[P]. 2016-09-21.

优惠销售中国工程塑料复合材料技术研讨会《论文集》及论文集光盘

中国合成树脂供销协会加工与应用分会为了配合2000~2016年先后召开的中国工程塑料复合材料技术研讨会, 共编辑、出版了17本《论文集》。其内容涉及工程塑料及通用塑料的合成与改性、加工、应用、测试、模具、设备新技术, 以及文献综述、评论等, 突出了我国工程塑料行业发展规划、热点分析。现尚有部分《论文集》, 以及应广大读者要求加工制作的论文集光盘, 现以优惠价格(含邮费)销售, 欢迎订阅。

1. 2004~2016年中国工程塑料复合材料技术研讨会《论文集》, 优惠价400元/套。

2. 2000~2016年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集光盘, 优惠价300元/盘。本光盘除收录2000~2016年17本《论文集》的全部内容外, 还包括约3300人次的会议代表通讯录。

邮局汇款

收款地址: 山东济南市天桥区田庄东路3号

收款单位: 《工程塑料应用》杂志社

邮编: 250031

电话: (0531)85878223 85878057 85878278

传真: (0531)85947355

银行汇款

户名: 山东非金属材料研究所

开户银行: 济南市工商银行经十一路支行

帐号: 1602001229014425546

网上订购: <http://www.epa1973.com>