

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2017.07.001

弹性体及填料对退役汽车保险杠回收料性能的影响^{*}

尚搏宁¹, 郭巍^{1,2,3}, 石添文^{1,2}, 郑丽嫦¹, 苑铁强^{1,2}

(1. 武汉理工大学, 武汉 430070; 2. 现代汽车零部件技术湖北省重点实验室, 武汉 430070;

3. 汽车零部件技术湖北省协同创新中心, 武汉 430070)

摘要: 针对退役汽车保险杠老化后的性能提升问题, 采用熔融共混改性法研究了三元乙丙橡胶 (EPDM)、乙烯-辛烯共聚物 (POE) 两种弹性体, 碳酸钙、滑石粉和纳米蒙脱土 (nano-MMT) 三种无机填料对退役汽车保险杠回收料性能的影响。结果表明: 弹性体的加入能够显著增强回收料的韧性, 对回收料的刚度有一定程度的影响, 也能一定程度提高回收料的流动性; POE 改性回收料的综合性能优于 EPDM 改性的回收料, 在 POE 含量为 10% 时回收料的综合性能最优, 拉伸强度为 21.2 MPa, 断裂伸长率为 201.5%, 弯曲强度为 17.6 MPa, 缺口冲击强度为 56.3 kJ/m², 熔体流动速率为 12.4 g/10 min; 无机填料改性回收料的综合性能表现较差, 加入相容剂能够显著提升无机填料共混体系的综合性能, nano-MMT 对回收料的改性效果优于另外两种无机填料。

关键词: 汽车保险杠; 回收利用; 弹性体; 改性

中图分类号: X734.2 文献标识码: A 文章编号: 1001-3539(2017)07-0001-07

Properties of Retired Automobile Bumper Material Modified by Using Elastomer and Inorganic Fillers

Shang Boning¹, Guo Wei^{1,2,3}, Shi Tianwen^{1,2}, Zheng Lichang¹, Yuan Tieqiang^{1,2}

(1. Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China;

2. Hubei Key Laboratory of Advanced Technology for Automotive Components, Wuhan 430070, China;

3. Hubei Collaborative Innovation Center for Automotive Components Technology, Wuhan 430070, China)

Abstract: To solve the problem of performance improvement of the retired automobile bumper, the effects of two kinds of elastomer, such as ethylene propylene terpolymer (EPDM) and ethylene-1-octene copolymer (POE), and three kinds of inorganic fillers, such as CaCO₃, talc and nano-MMT on the performance of retired automobile bumper were studied by melt blending modification method. The results show that the addition of elastomer can significantly enhance the toughness of the recycled material, and have a certain degree of negative influence on stiffness, also can improve the liquidity. The performance of POE modified recycled material is better than that of EPDM modified recycled material. When the content of POE is 10%, the comprehensive performance of the recycled material is the best. Its tensile strength is 21.2 MPa, the elongation at break is 201.5%, the bending strength is 17.6 MPa, the notch impact strength is 56.3 kJ/m², and melt flow rate is 12.4 g/10 min. The performance of the inorganic filler modified recycled material is poorer, the addition of compatilizer can significantly enhance the comprehensive performance of inorganic fillers modified recycled material, and the performance of nano-MMT modified recycled material is better than the other two kinds of inorganic filler.

Keywords: bumper; recycling; elastomer; modifying

汽车工业的发展带来了退役汽车数量增长, 引发了国家和人民对于退役汽车回收利用的关注, 我国于 2006 年 2 月 6 日颁布的《汽车产品回收利用技术政策》, 对汽车回收利用率提出了较高的要求。汽车轻量化及“以塑代钢”概念的提出, 增大了塑料在汽车上的应用数量和比例, 目前国内轿车平均塑料用量已经达到 110~150 kg^[1-2]。有研究表明^[3], 塑料回收利用是提高报废汽车回收利用率的关键。退役汽车塑料回收利用技术的研究, 不仅有利于节能环保, 满足国家和社会对于提高汽车回收利用率

的要求, 还有利于汽车工业的可持续发展。

汽车保险杠是汽车上的大型塑料零部件之一, 以某国产轿车为例, 其前后保险杠总质量为 11.4 kg, 占整车质量的 0.8%。目前汽车保险杠的生产材料大多为改性聚丙烯 (PP) 材料, 而 PP 是目前

^{*} 国家自然科学基金青年基金项目 (51605356), 中央高校基本科研业务费专项资金项目 (2011VB035, 2017-QC-B1-15)

联系人: 郭巍, 讲师, 硕士生导师, 主要从事汽车循环利用与塑料成型研究

收稿日期: 2017-05-01

汽车上使用量最大的塑料品种,在国内中级轿车上的使用比例已经达到 46.8%^[4]。汽车保险杠位于汽车上使用环境较为恶劣的位置,长期经历阳光暴晒、雨淋、冷热环境交替等自然老化和发动机的热辐射,保险杠材料老化程度严重,力学性能下降较为明显,通常不能满足同级再利用的要求,无法实现其利用价值最大化。因此,材料性能的提升是实现退役汽车塑料高价值回收利用的关键。

现行的塑料回收利用方法中^[5-6],物理改性是实现材料性能提升的有效方式^[7-8]。退役汽车保险杠材料经过长期服役,材料的韧性下降较为明显,刚性也有一定程度的下降^[9],因此需要采取合理方式来重点提升其韧性和刚性,对于 PP 材料通常采取的方式是在其中加入弹性体或无机填料对其进行熔融共混改性,以提高其力学性能,常用弹性体有三元乙丙橡胶 (EPDM) 和 乙 烯 - 辛 烯 共 聚 物 (POE), 常用的无机填料有碳酸钙、滑石粉、纳米蒙脱土等,常用的相容剂是马来酸酐接枝聚丙烯 (PP-g-MAH)^[10]。

笔者选取 EPDM 和 POE 两种弹性体,碳酸钙、滑石粉和纳米蒙脱土三种无机填料,以及 PP-g-MAH 作为相容剂,对退役汽车保险杠回收料进行改性再生,研究弹性体和无机填料对退役汽车保险杠回收料性能的影响规律,为退役汽车塑料的回收利用相关研究奠定基础。

1 实验部分

1.1 主要原材料

退役汽车保险杠回收料:来自某款使用十年的国产轿车,保险杠基体主要成分是 PP 和 EPDM;

EPDM: 2060M, 日本三井化学公司;

POE: 8150, 美国陶氏化学工业有限公司;

CaCO₃: 6.5 μm, 江西上高县蒙峰重质碳酸钙厂;

滑石粉: 6.5 μm, 苏州名匠精细化工有限公司;

纳米蒙脱土 (nano-MMT): DK4, 浙江丰虹新材料股份有限公司;

PP-g-MAH: 接枝率 1.1%, 南京塑泰高分子科技有限公司。

1.2 主要设备及仪器

恒温干燥箱: 101A-1 型, 上海光地仪器设备有限公司;

塑料混合机: SHR-10 型, 武汉怡杨塑料机械有限公司;

双螺杆挤出机: SHJ-20 型, 南京杰恩特机电有限公司;

切料机: LQ-20 型, 南京杰恩特机电有限公司;

注塑机: HDX50 型, 宁波海达塑料机械有限公司;

电子万能试验机: CMT6104 型, 美斯特工业系统 (中国) 有限公司;

电子悬臂梁冲击试验机: XJUD-5.5 型, 承德金建检测仪器有限公司;

熔体流动速率 (MFR) 仪: MFI-1211 型, 承德金建检测仪器有限公司。

1.3 试样制备

去除退役汽车保险杠上的金属连接件, 经过切割成块、除漆、清洗、破碎、二次清洗、干燥等工序, 得到退役汽车保险杠除漆回收料。将保险杠除漆回收料和不同类型添加剂在 80℃ 恒温干燥箱中干燥 6 h 以除去物料中的水分, 然后按照一定的比例将除漆回收料和添加剂置于塑料混合机中混合均匀, 再通过双螺杆挤出机进行熔融共混并挤出造粒。双螺杆挤出机挤出工艺参数: 一区温度 190℃, 二区温度 180℃, 三区温度 190℃, 四区温度 210℃, 五区温度 210℃, 机头温度 220℃, 熔体温度 220℃, 螺杆转速 140 r/min。将干燥的粒料分别通过注塑机在注塑温度 220℃、注塑压力 50 MPa, 冷却时间 30 s 的工艺条件下注塑得到性能测试标准样条。

1.4 性能测试

拉伸性能按 GB/T 1040-2006 测试, 拉伸速率为 50 mm/min;

弯曲性能按 GB/T 9341-2008 测试, 测试速率为 2 mm/min;

悬臂梁缺口冲击性能按 GB/T 1843-2008 测试;

MFR 按 GB/T 3682-2000 测试, 测试负荷为 2.16 kg, 温度 230℃。

2 结果与讨论

2.1 弹性体种类和含量对回收料性能的影响

(1) 弹性体含量对回收料刚性的影响。

图 1 和图 2 分别为不同含量的弹性体改性保险杠回收料的拉伸强度和弯曲强度。从图 1 可以看出, 随着弹性体含量的增大, 回收料的拉伸强度缓慢增大, POE 含量为 10% 时, 材料拉伸强度为 21.2 MPa, 弹性体含量超过 10% 后, 拉伸强度大幅下降。说明弹性体的加入对回收料的拉伸性能改善不大, 超过一定含量后, 反而对拉伸性能有较大损害。从图 2 可以看出, 随着弹性体含量的提高, 回收料的弯曲强度持续下降, 这表明弹性体的加入会降低回收料的弯曲性能。POE 含量为 10% 时, 材料弯曲强度

为 17.6 MPa。因此,总体来说,弹性体对回收料刚性具有不利影响。宁凯军等^[11]认为加入的弹性体会破坏 PP 的结晶,且其本身弹性模量较低,与塑料基体共混后降低了材料刚性。

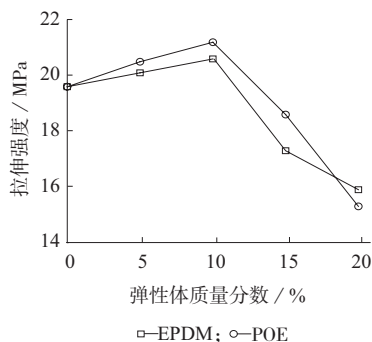


图1 不同弹性体含量下回收料的拉伸强度

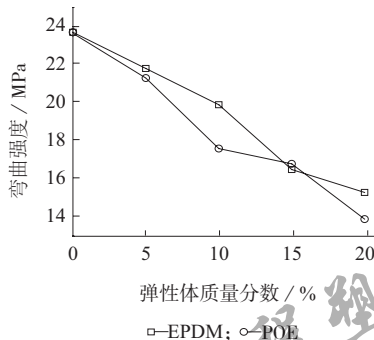


图2 不同弹性体含量下回收料的弯曲强度

(2) 弹性体含量对回收料韧性的影响

图3和图4分别为不同含量的弹性体改性保险杠回收料的缺口冲击强度和断裂伸长率。

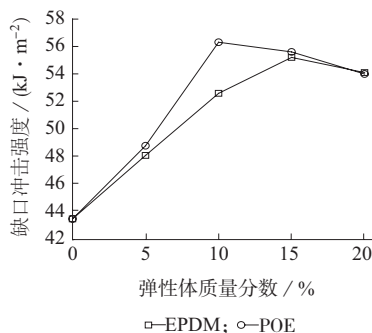


图3 不同弹性体含量下回收料的缺口冲击强度

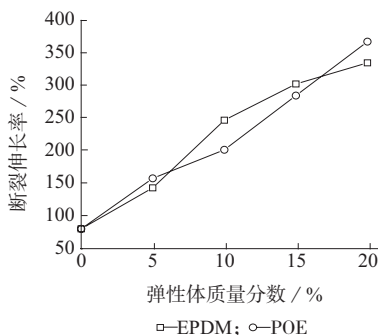


图4 不同弹性体含量下回收料的断裂伸长率

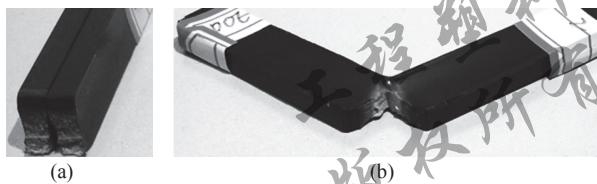
从图3可以看出,弹性体含量的提高能够显著增强回收料的冲击性能,POE含量为10%时回收料的缺口冲击强度达到最大,为56.3 kJ/m²,对比100%除漆回收料提升了29.4%;EPDM含量为15%时,其缺口冲击强度也达到最大值,对比100%除漆回收料提升了26.9%。从图4可以看出,回收料的断裂伸长率随着弹性体含量的增大而不断增大,当加入的弹性体含量为20%时,EPDM改性回收料体系下的断裂伸长率提高了317%,POE改性回收料体系下的断裂伸长率提高了357.4%,可见弹性体的加入可以显著提高回收料的断裂伸长率。两种弹性体的加入对回收料的缺口冲击强度和断裂伸长率都有较大提升,说明弹性体的加入可以有效提升回收料的韧性。

弹性体的加入可以提升回收料的韧性,其冲击过程符合银纹-剪切带理论^[12]。在回收料和弹性体POE或EPDM的共混体系中,POE或EPDM是分散相,保险杠回收料是连续相。当回收料/弹性体共混体系的试样在受到外力冲击时,POE或EPDM作为应力集中体诱发大量的银纹和剪切带,保险杠回收料产生剪切屈服,外力冲击能量可以通过银纹和剪切带的形成而消散掉。其具体过程是:POE或EPDM引发的银纹和剪切带继续发展并将终止于另一POE或EPDM或其引发的剪切带;同时,银纹与银纹、银纹与剪切带、剪切带与剪切带之间相互作用;当银纹和银纹相遇时,银纹支化或转向,使得银纹数目增加,增加了冲击能量的吸收;银纹前峰处的应力集中,可以诱发新的剪切带,也可增加冲击能量的吸收^[13]。这些相互作用都会吸收冲击破坏过程中的大部分能量,极大程度地缓解改性回收料的冲击破坏程度,因而使改性回收料试样的抗冲击能得到大幅度提高。

以回收料/POE共混体系为例,当POE含量小于10%时,拉伸强度和冲击强度随着POE含量的增大而提高,当其含量超过10%时,拉伸强度和冲击强度反而会下降。这是因为在回收料/POE增韧体系中,主要是通过弹性体产生银纹来吸收能量。当POE在共混体系中的质量分数较小时,一方面增韧体系中没有足够数量的POE颗粒,致使其受到冲击时产生的银纹数量不足,吸收冲击能量的能力有限。另一方面,分散在回收料中的POE颗粒的间距较大,POE颗粒被银纹淹没,起不到终止银纹的作用,因而其增韧效果也不明显。随着POE质量分数

的增大,一方面分散在回收料中的 POE 颗粒逐渐增多,可在受到冲击时诱发大量的银纹,吸收较多的冲击能量。另一方面, POE 颗粒数目的增多增加了其与银纹相遇的概率,容易终止银纹致使其只形成短银纹,因此在一定含量范围内, POE 含量的增大能够提高回收料 / POE 共混体系的抗冲性能。然而,当 POE 质量分数超过 10% 时,回收料中 POE 颗粒数目过多,相邻的 POE 颗粒之间距离很小,容易导致多个 POE 颗粒聚集形成裂纹的起始点。裂纹的产生妨碍了回收料基体中银纹的产生,导致回收料受到冲击时其体内银纹数目较少,使回收料 / POE 共混体系的冲击强度略有下降。而且当回收料基体内的裂纹超过临界点,回收料 POE 试样材料就会产生破裂,降低回收料 / POE 试样的拉伸强度和弯曲强度。因此,10% 的 POE 对回收料的增韧效果最佳。

图 5 为 100% 除漆回收料和 10% POE 含量下的回收料缺口冲击断面形貌图,可以看出,10% POE 含量下的回收料抗冲性能表现优秀,缺口冲击处并未断裂,表现“发白”,与银纹-剪切带理论的冲击特点相符。



a—100% 除漆回收料; b—10% POE 含量的回收料

图 5 回收料试样缺口冲击断面形貌图

(3) 弹性体含量对回收料流动性的影响。

图 6 为不同含量的弹性体改性保险杠回收料的 MFR。从图 6 可以看出,回收料 MFR 随着弹性体含量的提升而增大,这表明弹性体的加入可以提高回收料的流动性,当 POE 含量为 10% 时回收料的 MFR 为 12.4 g / 10 min。回收料 / POE 体系的 MFR 增长幅度较大,回收料 / EPDM 体系的 MFR 增长幅度较小。

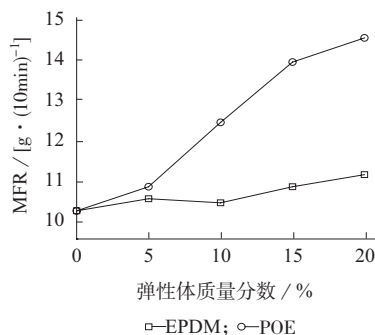


图 6 不同弹性体含量下回收料的 MFR

(4) 弹性体种类对回收料性能的影响。

在 POE 和 EPDM 这两种弹性体与回收料共混体系中,多数情况下,相同含量的 POE 对回收料性能提升效果优于 EPDM。这是因为,根据橡塑共混理论,弹性体与回收料共混体系中,弹性体数目、粒径大小及粒径分布对其增韧效果有很大影响,弹性体含量一定情况下,其数量越多、粒径越小、粒径分布越窄,其对回收料的增韧效果越好。与 EPDM 相比, POE 拥有更高的稳定性、更高的剪切敏感性,其表观剪切黏度对温度的依赖性与 PP 较为接近,与回收料相容性更好,在 PP 中有更好的混合分散效果。用 POE 来改性保险杠回收料,在含量一致的情况下,容易获得更多的弹性体颗粒、更小粒径和更窄的粒径分布。因此,与 EPDM 相比, POE 可更大幅度地提高回收料的各项性能。

2.2 无机填料种类和含量对回收料性能的影响

(1) 无机填料含量对回收料刚性的影响。

图 7 和图 8 分别为不同含量的无机填料改性保险杠回收料的拉伸强度和弯曲强度。

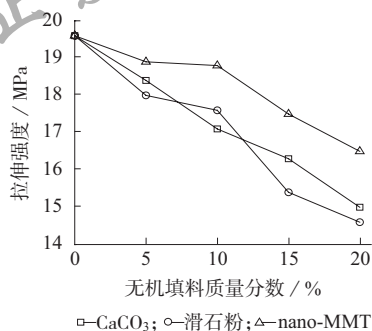


图 7 不同无机填料含量下回收料的拉伸强度

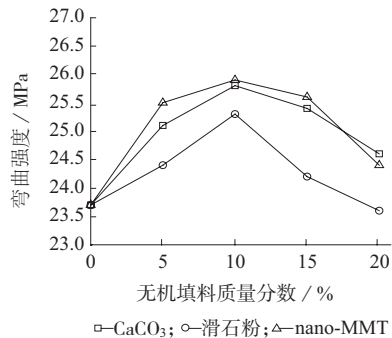


图 8 不同无机填料含量下回收料的弯曲强度

从图 7 可以看出,回收料的拉伸强度随无机粒子质量分数增加而降低。从图 8 可以看出,回收料的弯曲强度随无机填料含量的增加先增加后减小,在无机填料含量为 10% 时,共混体系的弯曲强度都达到最大,但是与 100% 回收料的弯曲强度相比,弯曲强度的增长幅度都不超过 10%。总体来看,无机

填料对回收料刚性具有不利影响。

这是由于无机填料粒子与 PP 的相容性较差,导致无机填料粒子在聚合物中易发生团聚,无机粒子增多后,其在聚合物中的分散更加困难。团聚的无机填料粒子的表面缺陷,会引起基体树脂损伤而产生应力集中,在对试样进行拉伸时,团聚粒子之间发生滑移,从而导致材料拉伸性能降低。无机填料的加入还会增大 PP 分子链间距,减少其分子链的缠绕,降低分子链之间的作用力,进一步导致回收料刚性的下降。

无机粒子与 PP 的相容性较差,导致其对回收料性能提升效果不理想,因此在无机粒子与回收料共混体系中加入 10% 的 PP-g-MAH 相容剂,以改善无机粒子与回收料的相容性。加入 10% 的 PP-g-MAH 后的不同含量下无机填料改性保险杠回收料的拉伸强度和弯曲强度如图 9 和图 10 所示。从图 9 和图 10 可以看出,加入 10% 的 PP-g-MAH 后,拉伸强度和弯曲强度随着无机填料含量的增大几乎都呈现先增大后减小的趋势,共混材料的拉伸强度和弯曲强度均比未加入相容剂时都有所增强。这是由于 PP-g-MAH 是在 PP 大分子链上接枝 MAH,赋予了 PP 极性,对 PP 原有性能改变极小^[14]。在回收料/无机填料共混体系中加入 PP-g-MAH,可以大大改善无机填料粒子与 PP 的相容性,从而提高改性材料的综合性能。

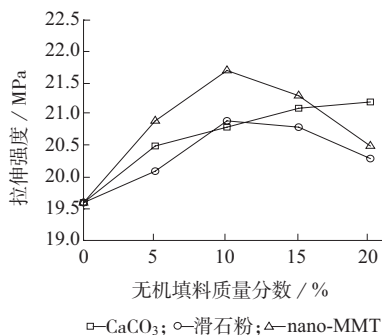


图9 加入相容剂后不同无机填料含量下回收料的拉伸强度

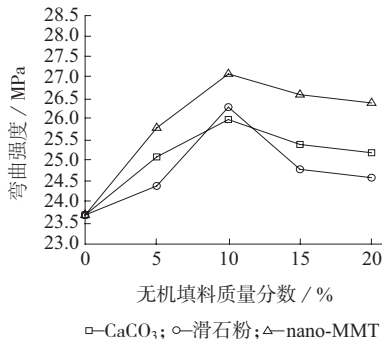


图10 加入相容剂后不同无机填料含量下回收料的弯曲强度

(2) 无机填料含量对回收料韧性的影响。

图 11 和图 12 分别为不同含量的无机填料改性保险杠回收料的缺口冲击强度和断裂伸长率。从图可以看出,回收料的缺口冲击强度随无机粒子含量增加而表现出先快速提高后小幅降低的趋势。而断裂伸长率随无机粒子含量增加而降低。图 13 和图 14 分别为加入 10% PP-g-MAH 后不同含量无机填料改性保险杠回收料的缺口冲击强度和断裂伸长率。

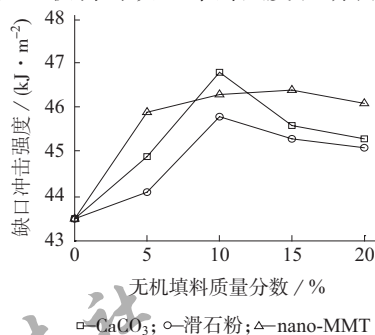


图11 不同无机填料含量下的回收料缺口冲击强度

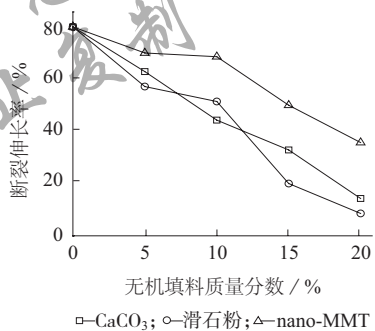


图12 不同无机填料含量下的回收料断裂伸长率

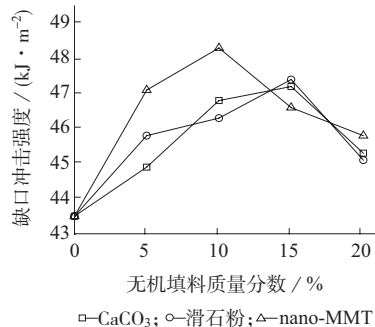


图13 加入相容剂后不同无机填料含量下回收料的缺口冲击强度

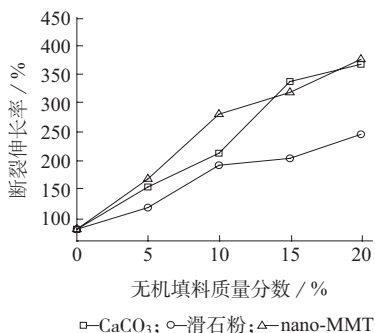


图14 加入相容剂后不同无机填料含量下回收料的断裂伸长率

从图 13 可以看出,回收料的缺口冲击强度随无机粒子含量增加而表现出先增大后减小的趋势。从图 14 可以看出,回收料的断裂伸长率随无机粒子含量的增加而增大。说明在一定含量范围内的无机填料下,相容剂的加入能够较好地增强回收料/无机填料共混体系的韧性。

(3) 无机填料含量对回收料流动性的影响。

图 15 为不同含量的无机填料改性保险杠回收料的 MFR。从图 15 可以看出,回收料 MFR 随着弹性体含量的增大而减小,这表明无机填料的加入能够降低回收料的流动性。这是因为无机填料自身的熔融性能以及与回收料的相容性较差,导致回收料的流动性变差。

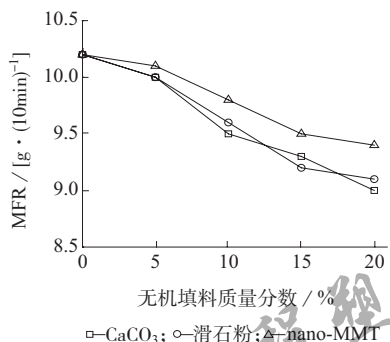


图 15 不同无机填料含量下回收料的 MFR

图 16 为加入 10% PP-g-MAH 后不同含量的无机填料改性保险杠回收料的 MFR。从图 16 可以看出,回收料 MFR 随着弹性体含量的增大而表现先增大后减小,这表明在一定含量范围内的无机填料下,相容剂的加入能够较好增强回收料/无机填料共混体系的流动性。这是因为在无机填料含量较低时,相容剂改善了无机填料与回收料相容性,增强了回收料流动性;但当无机填料含量较高时,无机填料与回收料的相容性变差,导致回收料流动性下降。

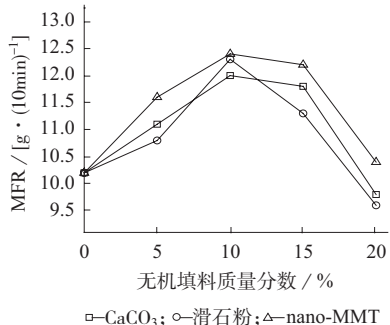


图 16 加入相容剂后不同无机填料含量下回收料的 MFR

(4) 无机填料种类对回收料性能的影响。

对比三种无机填料对回收料性能的影响规律,可以发现,无论相容剂添加与否,在相同比例的改性

体系下, nano-MMT 与回收料的共混体系的综合性能普遍优于另外两种无机填料与回收料的共混体系下的综合性能。这是由于 nano-MMT 粒径小、表面积大,在基体中的分散性较好,相邻 nano-MMT 粒子之间的间距较小,粒子间的应力作用较强,其产生的银纹和剪切带尺寸小、数量多,在一定含量范围内能够较大程度的提升回收料的综合性能。

3 结论

(1) 弹性体的加入能够显著增强回收料的韧性,但会一定程度的影响回收料的刚度,同时,也会一定程度的提高回收料的流动性。

(2) 两种弹性体改性回收料体系中, POE 改性回收料的综合性能优于 EPDM 改性回收料体系;在 POE 含量为 10% 时,回收料的综合性能最优。

(3) 无机填料的加入对回收料的拉伸强度、断裂伸长率、MFR 都具有不利影响,对弯曲性能提升较小,对缺口冲击强度有小幅提升,回收料的综合性能表现较差。

(4) 相容剂的加入能够显著提升无机填料与回收料共混体系的综合性能, nano-MMT 对回收料的改性效果优于另外两种无机填料, 10% nano-MMT+10% PP-g-MAH 与回收料共混体系综合性能最优。

(5) 单一添加剂对回收料的性能提升效果存在局限性,但实验结果对回收料的材料性能优化具有一定的指导意义。

参考文献

- [1] 高春雨,杨桂英. 车用塑料的现状与发展趋势[J]. 当代石油石化, 2015(4):1-6, 15.
Gao Chunyu, Yang Guiying. The present situation and development trend of automotive plastics[J]. Petroleum & Petrochemical Today, 2015(4):1-6, 15.
- [2] 齐姝婧,冯晓彤,刘庆龙,等. 汽车保险杠用 TPO 增韧级改性聚丙烯的市场分析及研发进展[J]. 弹性体, 2014, 24(6):87-91.
Qi Shujing, Feng Xiaotong, Liu Qinglong, et al. Market analysis & research progress of TPO level toughening modification of polypropylene used in cars bumper[J]. China Elastomerics, 2014, 24(6):87-91.
- [3] 龙苏华,魏长庆,孙怀珍. 整车回收利用影响因素研究[J]. 汽车零部件, 2015(1):25-28.
Long Suhua, Wei Changqing, Sun Huaizhen. Study on the Effective factors about the vehicle recycling[J]. Automotive Parts, 2015(1):25-28.
- [4] 智研咨询集团. 2017-2022 年中国汽车塑料件市场专项调研及投资前景分析报告[EB/OL]. [2017-03-30]. <http://www.chyxx.com>.

- com/research/201702/496482.html.
- Zhiyan Consulting Group. Analysis on the special research and investment prospects of china's automobile plastic parts market in 2017-2022[EB/OL].[2017-03-30].http://www.chyxx.com/research/201702/496482.html.
- [5] 陈丹,黄兴元,汪朋,等.废旧塑料回收利用的有效途径[J].工程塑料应用,2012,40(9):92-94.
- Chen Dan, Huang Xingyuan, Wang Peng, et al. Recycling effective ways of waste plastics[J]. Engineering Plastics Application, 2012, 40(9):92-94.
- [6] 熊秋亮,黄兴元,陈丹.废旧塑料回收利用技术及研究进展[J].工程塑料应用,2013,41(11):111-115.
- Xiong Qiuliang, Huang Xingyuan, Chen Dan. Technology and research progress on recycling use of waste plastic[J]. Engineering Plastics Application, 2013, 41(11):111-115.
- [7] 魏长庆,龙苏华,张素莲.报废汽车非金属材料回收利用技术综述[J].汽车与配件,2016(2):74-77.
- Wei Changqing, Long Suhua, Zhang Sulian. Review of automobiles nonmetallic material recycling technology[J]. Automobile & Parts Technology, 2016(2):74-77.
- [8] 杨忠敏.车用废旧塑料的再生处理技术[J].上海塑料,2011(2):12-17.
- Yang Zhongmin. Recycling of waste vehicle plastics[J]. Shanghai Plastics, 2011(2):12-17.
- [9] 石添文,郭巍,陆朝晖,等.退役汽车保险杠的同级回收利用[J].工程塑料应用,2017,45(1):1-6.
- Shi Tianwen, Guo Wei, Lu Zhaohui, et al. Research on equivalent recycling technologies of retired automobile bumpers[J]. Engineering Plastics Application, 2017, 45(1):1-6.
- [10] 黄险波,罗忠富,杨波.车用聚丙烯改性材料技术及应用[M].北京:科学出版社,2016.
- Huang Xianbo, Luo Zhongfu, Yang Bo. Technology and application of modified polypropylene material for automobiles[M]. Beijing: Science Press, 2016.
- [11] 宁凯军,阳范文,肖鹏,等.聚丙烯/弹性体/滑石粉三元共混体系的尺寸收缩与性能研究[J].工程塑料应用,2011,39(7):8-11.
- Ning Kaijun, Yang Fanwen, Xiao Peng, et al. Research on shrinkage and properties of PP/TPO/Talc blend[J]. Engineering Plastics Application, 2011, 39(7):8-11.
- [12] 杨明山,郭正虹.高分子材料改性[M].北京:化学工业出版社,2013.
- Yang Mingshan, Guo Zhenghong. Modification of polymer materials[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2013.
- [13] 戴珊珊,叶林,胡国华.聚丙烯/PC/POE blends[J].Polymers for Advanced Technologies, 2010, 21(4):279-289.
- [14] 赵敏.改性聚丙烯新材料[M].北京:化学工业出版社,2010.
- Zhao Min. Modified polypropylene and new materials[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2010.

欢迎订阅 2017 年《工程塑料应用》、《化学分析计量》及合订本光盘

邮发代号 24-42, 24-138 全国各地邮局均可订阅

也可直接通过邮局或银行汇款向《工程塑料应用》杂志社订阅《工程塑料应用》、《化学分析计量》及合订本光盘,请注明订阅期刊/光盘的名称、收件人、邮编及地址。

《工程塑料应用》国内外公开发行的全国性塑料专业技术类刊物,月刊,大 16 开本,每月 10 日出版。本刊为中文核心期刊,是中国合成树脂供销协会会刊,荣获首届、第二届、第三届国家期刊奖等多项国家、省部级优秀期刊奖,入选美国化学文摘(CA)千种表。2017 年定价 15 元/期,全年 180 元。目前杂志社尚有部分 2000 年以来的单册和合订本库存,如需订阅,请联系杂志社。

《化学分析计量》国内外公开发行的全国性分析、计量专业技术类刊物,双月刊,大 16 开本,单月 20 日出版。本刊为中国科技核心期刊,荣获多项省部级优秀期刊奖,入选美国化学文摘(CA)千种表。2017 年定价 15 元/期,全年 90 元。目前杂志社尚有部分 2000 年以来的单册和合订本库存,如需订阅,请联系杂志社。

《工程塑料应用》、《化学分析计量》合订本光盘 杂志社已将《工程塑料应用》自创刊号(1973 年)至 2016 年底共 44 卷 326 期的期刊电子化,并制成合订本光盘,现公开发售;同时也将《化学分析计量》自创刊号(1992 年)至 2016 年底

共 25 卷 115 期的期刊电子化,并制成合订本光盘,现公开发售。合订本光盘既可按作者、文题、关键词、年、期等分类查阅各期刊已发表的所有科技文章和科技信息的全文,又可根据读者自定义的关键词进行全文检索,非常方便、实用。《工程塑料应用》合订本光盘优惠售价 550 元;《化学分析计量》合订本光盘优惠售价 250 元。

邮局汇款:

收款地址: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

账号:1602001229014425546

网上订阅: <http://www.epa1973.com>