

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2017.01.001

退役汽车保险杠的同级回收利用^{*}

石添文^{1,2}, 郭巍^{2,3}, 陆朝晖⁴, 尚搏宁¹

(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; 4. 武汉东风鸿泰汽车资源循环利用有限公司, 武汉 430056)

摘要: 针对退役汽车保险杠塑料回收利用问题, 提出了塑料喷丸表面除漆与回收料改性再生的技术方法。通过有限元仿真和实际除漆实验研究了保险杠表面塑料喷丸除漆的过程, 仿真与实际实验结果说明了在 80 m/s 的垂直喷丸速度下, 可以有效去除保险杠表面油漆, 并且基体材料不受到破坏。在保险杠除漆回收料中添加聚丙烯 (PP) 新料、纳米蒙脱土 (nano-MMT)、PP 接枝马来酸酐 (PP-g-MAH), 通过双螺杆挤出机制备改性保险杠回收料, 并测试了其拉伸与弯曲性能、缺口冲击强度、洛氏硬度和熔体流动速率, 发现在除漆回收料 / PP 新料 / nano-MMT / PP-g-MAH 质量比为 7 / 3 / 1 / 1 的改性再生配方下, 改性回收料的各项性能基本达到同级利用的标准要求, 退役汽车保险杠材料的价值利用梯度得到提高。

关键词: 保险杠; 塑料喷丸; 除漆; 回收; 改性; 同级利用

中图分类号: X734.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2017)01-0001-06

Research on Equivalent Recycling Technologies of Retired Automobile Bumpers

Shi Tianwen^{1,2}, Guo Wei^{2,3}, Lu Zhaohui⁴, Shang Boning¹

(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; 4. Wuhan Dongfeng Hongtai Vehicle Resources Recycling Co. Ltd., Wuhan 430056, China)

Abstract : To solve the problems of retired automobile bumpers recycling, technical methods of plastic shot peening for surface paint removal and properties modifying of the recycling plastic were proposed. Finite element simulation and practical paint removal experiment were used to study the process of plastic shot peening for paint removal of bumper surface, the results show that the paint on bumper surface can be effectively removed when the shot peening speed is 80 m/s in the vertical direction, and the substrate material can't be affected during the shot peening process. By adding new polypropylene (PP) material, nano montmorillonite (nano-MMT) and PP grafted maleic anhydride (PP-g-MAH) into the recycling bumper materials with paint removal, the modified recycling bumper materials were prepared through twin screw extruder, the tensile and bending properties, notched impact strength, rockwell hardness and melt flow rate were tested. The results show that these properties of the modified recycling bumper materials can achieve the standard requirements of equivalent recycling when the mass ratio of the recycling bumper material with paint removal / new PP material / nano-MMT / PP-g-MAH is 7 / 3 / 1 / 1, the value utilization gradient of retired automotive bumper materials is improved significantly.

Keywords : bumper; plastic shot peening; paint removal; recycling; property modifying; equivalent recycling

随着我国汽车保有量的快速增加, 汽车报废量也在逐年上升, 目前每年的报废汽车数量已接近约 700 万辆。由于塑料具有质轻、力学性能好、化学稳定性好、减震和消音性能良好等优势, 其在汽车中的用量逐年增大。据测算, 国内轿车平均塑料用量为 110 ~ 150 kg^[1-2]。塑料的降解性差, 庞大数量的退役汽车用塑料若得不到妥善回收利用, 既浪费资源, 又会对环境带来很大压力。2006 年 2 月 6 日, 我国颁布了《汽车产品回收利用技术政策》, 对汽车回收

利用率提出了一系列要求。有研究表明, 塑料的回收利用是提高报废汽车回收利用率的关键^[3]。为节约资源, 提升回收经济效益, 减少环境污染, 满足国家政策要求, 迫切需要对退役汽车用塑料的回收利

^{*} 国家自然科学基金青年基金项目 (51605356), 国家 863 计划项目 (2013AA040201)

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的研究

收稿日期: 2016-09-29

用技术进行研究。

汽车保险杠作为汽车上大型塑料零部件之一,都是采用质量上乘、性能优良的塑料材料,目前,大多数采用聚丙烯(PP)/弹性体共混材料生产,具有很高的回收价值。李诚等^[4]的研究表明油漆能够降低退役汽车保险杠回收料中三元乙丙橡胶(EPDM)与PP基体的相容性,使得回收料的力学性能有所下降。因此在保险杠材料回收利用过程中,需要采取合理的方法去除表面油漆。保险杠表面漆层与基体材料性质相差不大,一些用于金属制品表面除漆的方法并不适用。传统的化学除漆法除漆效率较低,不适合大规模生产;除漆过程容易产生有毒性的废液,对环境危害较大;除漆后在基体表面附着的残余成分对材料的回收利用也会有一定影响^[5]。机械除漆法中,塑料介质喷丸除漆法具有除漆效率高、对基体损伤小、清洁无污染、控制方便等优点,可用于保险杠等软基体表面除漆。

退役汽车保险杠经过室外长时间的暴晒、雨淋等环境老化以及发动机的热辐射后,材料的物化性能都会下降,特别是力学性能下降,不能满足同级利用要求,无法实现其利用价值最大化。现行的塑料回收利用方法^[6-7]中,改性利用是实现材料同级利用的合理方式^[8-9],如张洪申^[10]在保险杠新料中添加30%的再生料,使得再生塑料混合料的性能满足保险杠的生产要求。K. H. Ha^[11-13]等对电器PP回收料在冰箱上的应用展开了一系列研究。M. P. Luda等^[14]对不同成分的废旧保险杠的回收性能进行了研究,并分析了其机理。

笔者以拆解自东风汽车公司某款车型的退役汽车保险杠(保险杠基体主要成分是PP和EPDM)回收过程为例,对塑料喷丸表面除漆过程和退役汽车保险杠回收料改性再生技术进行研究,以期能找到实现退役汽车保险杠同级利用的途径,提高材料的价值利用梯度。

1 实验部分

1.1 主要原材料

喷丸材料:聚酰胺磨料,平均直径0.2 mm,市售;

PP新料:EPS30R,熔体流动速率(MFR)为2.5 g/10 min,拉伸屈服应力为26 MPa,悬臂梁缺口冲击强度为45 kJ/m²,中石化天然气有限公司;

PP接枝马来酸酐(PP-g-MAH):接枝率1.2%,自制;

纳米蒙脱土(nano-MMT):DK4,浙江丰虹新材

料股份有限公司。

1.2 主要仪器及设备

干式喷砂机:DB-1型,北京多特喷砂设备有限公司;

塑料破碎机:HG-3C型,东莞木川实业公司;

真空干燥箱:202型,天津泰斯特仪器公司;

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;

切粒机: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;

全洛氏硬度计:TH320型,北京时代之峰科技有限公司;

MFR仪:MFI-1211型,承德金建检测仪器有限公司;

扫描电子显微镜(SEM):JSM-5610LV型,日本电子株式会社。

1.3 试样制备

(1) 保险杠表面除漆。

塑料喷丸除漆技术示意图如图1所示。

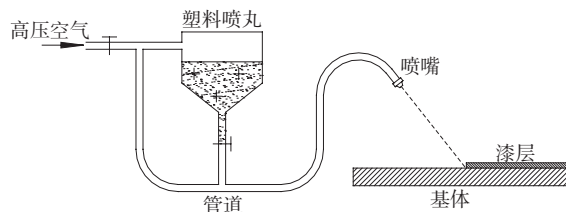


图1 塑料喷丸除漆技术示意图

将拆解得到的退役汽车保险杠上的金属连接件去除,并将其切割成块,使用塑料喷丸除漆技术去除表面漆层。对于保险杠边角处或曲率较大的区域,喷丸设备去除后有少量油漆残余,采用手工方式去除,最终得到除漆完成的块状保险杠。

(2) 改性回收料及其试样制备。

将除漆后的保险杠破碎并清洗干净,在真空干燥箱中干燥后得到保险杠除漆回收料。将干燥好的除漆回收料和其它添加剂按一定比例置于塑料混合机中充分混匀,投入双螺杆挤出机中进行熔融挤出,经牵条、冷却、切粒后即得到改性回收料颗粒。双

螺杆挤出机工艺参数为:一区温度 180℃,二区温度 190℃,三区温度 200℃,四区温度 200℃,五区温度 190℃,机头温度 180℃,熔体温度 185℃,螺杆转速 140 r/min。将除漆回收料和改性回收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标准试样。

1.4 测试与表征

(1) 力学性能测试。

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;

悬臂梁缺口冲击强度按 GB/T 1843-2008 测试;

洛氏硬度按 GB/T 3398.2-2008 测试;

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

(2) 微观形貌表征。

缺口冲击断面表征:对试样缺口冲击断面进行表面喷金,利用 SEM 观察微观形貌并拍照。

低温淬断面表征:将冲击试样置于液氮中冷却 10 min,将试样取出淬断,并对断面进行表面喷金,利用 SEM 观察微观形貌并拍照。

2 结果与讨论

2.1 保险杠表面塑料喷丸除漆技术分析

在塑料喷丸除漆过程中发现,喷丸速度对除漆效果的影响较大,较小的喷丸速度下,除漆效率较低,除漆效果较差;较大的喷丸速度则会对基体材料造成较大损伤。为获得较为理想的除漆效果和除漆效率,首先利用有限元仿真展开退役汽车保险杠表面塑料喷丸除漆过程的研究,以选取合适的喷丸速度,然后再通过实际除漆实验进行验证。

(1) 有限元仿真。

退役汽车保险杠表面塑料喷丸除漆过程的基本原理是高速喷丸对漆层表面的冲击造成漆层被破坏去除,采用有限元软件 ANSYS/LS-DYNA 模拟单个喷丸颗粒冲击保险杠表面漆层的过程。

有限元模型:汽车保险杠形状不规则,但单个喷丸颗粒冲击表面漆层的局部区域可简化为圆柱模型,将喷丸颗粒简化为球体,根据喷丸表面清理工艺常用喷丸颗粒大小,以及保险杠漆层厚度、保险杠基体被破坏厚度范围,建立如图 2a 所示的模型。漆层和基体是轴对称体,为减少计算量,喷丸颗粒和靶材

都采用 1/4 模型。喷丸对漆层的冲蚀作用主要发生在漆层法向方向,故仿真分析仅针对喷丸颗粒垂直冲击漆层的过程进行研究,采用网格扫掠方式划分如图 2b 所示网格,网格密度从中心处往四周逐渐变稀疏。

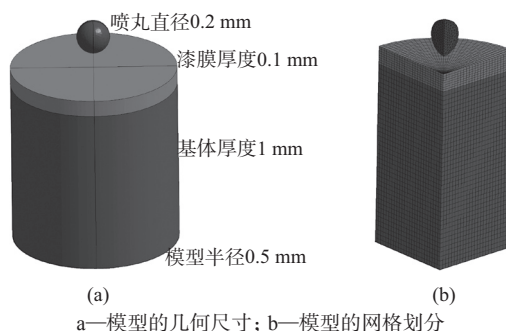
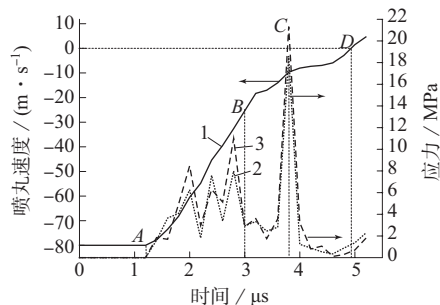


图 2 单个喷丸颗粒冲击漆膜几何模型

失效准则:通过关键字 *MAT_ADD_EROSION 控制单元应力阈值,以模拟单元失效。

由于漆层与基体材料的相互渗透作用,漆层与基体并不是完全分离的,而是具有一层较薄的力学性能介于漆层和基体之间的中间层。为保证回收料中较低的油漆残余量,需要适当去除一定厚度的中间层。由于中间层的力学性能参数无法得到,因此在选择喷射速度时,需要使该速度下的基体最大应力接近于基体极限强度,但不超过该极限强度,这样即可认为在保证基体不受到破坏的情况下将中间层去除。基于此要求最终选定的喷丸速度为 80 m/s,此速度下的除漆效率较高,且不会对基体材料造成损伤。设置喷丸速度为 80 m/s 时的有限元仿真结果如图 3 和图 4 所示(图 3 中 A、B、C、D 4 个点分别代表喷丸即将接触漆层、喷丸即将接触基体、基体出现最大应力和除漆结束的时刻)。喷丸速度为 80 m/s 时,喷丸颗粒的速度变化曲线如图 3 中的曲线 1 所示。以基体表面垂直向上方向为 Z 轴正向,喷丸速度中的负号表示速度沿 Z 轴负方向,该曲线表明,喷丸颗粒在 A 时刻接触到漆层表面,在极短时间内,漆层吸收喷丸能量,满足漆层失效准则,漆层受到破坏,喷丸颗粒速度也在迅速衰减,能量冲击使得漆层单元失效并从模型中删除。在 B 时刻,喷丸颗粒接触到基体表面后仍具有向下的速度,到 C 时刻基体达到最大应力状态(如图 4a 所示),在 D 时刻之后,喷丸速度方向变为沿 Z 轴正方向,表明此时喷丸颗粒已经反弹,除漆过程结束。在喷丸冲击过程中,基体中心处的应力最为集中,为了查看基体中心应力最集中部分的应力变化,选取基体中心

附近的 M 、 N 两个单元作为观测单元, M 、 N 两点位置如图 4b 所示, 绘制其应力变化曲线如图 3 中的曲线 2 和曲线 3 所示。可以看出, 在喷丸颗粒作用于漆层的过程中, 基体的 Von Mises 应力最大值发生在时间为 $3.8 \mu\text{s}$ 的单元 N 处, 约为 21 MPa , 小于基体极限拉伸强度 22 MPa , 不会造成基体被冲蚀。



1—喷丸速度变化曲线; 2—单元 M 的应力变化曲线;
3—单元 N 的应力变化曲线

图 3 有限元仿真结果曲线

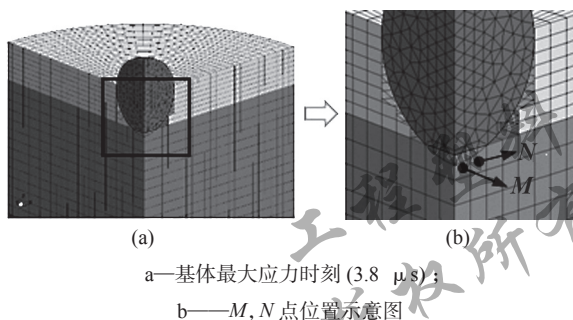


图 4 基体最大应力时刻与 M 、 N 点位置示意图

(2) 实际除漆实验。

在喷丸除漆实际操作过程中, 适当的角度有利于喷丸将破碎的漆层冲刷, 一般取喷丸射流与工件表面法向夹角 60° 左右。因此, 为保证喷丸射流在垂直工件表面方向的速度为 80 m/s 左右, 调整喷丸设备喷射速度为 92 m/s 左右, 对保险杠切块进行塑料喷丸除漆处理, 图 5、图 6 示出退役汽车保险杠外观及切割成块后的形态, 图 7 示出实际塑料喷丸除漆的效果图。

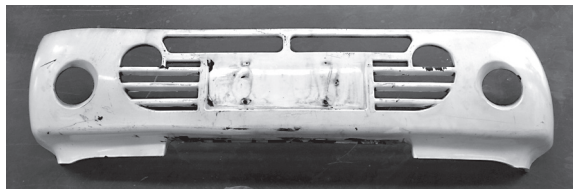


图 5 某退役汽车保险杠外观图

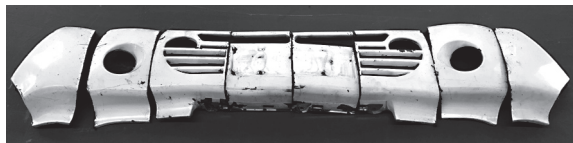
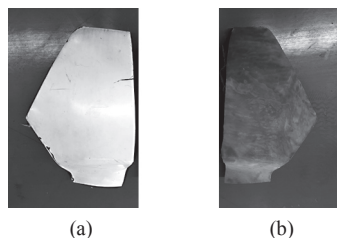


图 6 切割成块的保险杠



a—除漆前; b—除漆后

图 7 喷丸除漆前后的退役汽车保险杠表面对比

从图 7 可以看出, 80 m/s 的垂直喷丸速度下, 可以有效去除保险杠表面油漆, 并且基体材料不受到破坏。有限元仿真和喷丸除漆实验都验证了塑料喷丸除漆技术的可行性, 为其它塑料零部件表面漆层的去除提供了技术参考。

2.2 退役汽车保险杠材料改性再生研究

采用的退役汽车保险杠由于长时间的老化, 其各项力学性能均有所下降, 加入一定量的 PP 新料可以有效增强回收料的整体性能; nano-MMT 由于粒径小、表面积大, 对改性 PP 的强度提升较好; 加入 PP-g-MAH 可以提高 nano-MMT 与 PP 的相容性。经过多次改性实验, 分析得到合理的改性回收料配方, 即保险杠除漆回收料 / PP 新料 / nano-MMT / PP-g-MAH 质量比为 $7/3/1/1$ 。在这种配方下的改性回收料各方面性能比较均衡, 并且基本能够达到生产性能指标, 满足材料同级利用的要求。

(1) 力学性能分析。

除漆回收料、改性回收料的各项性能由实验测得, 保险杠材料性能要求指标和新料性能参数由保险杠生产厂商提供, 表 1 示出保险杠新料、除漆回收料和改性回收料的各项性能参数对比。

表 1 保险杠新料、除漆回收料、改性回收料的性能对比

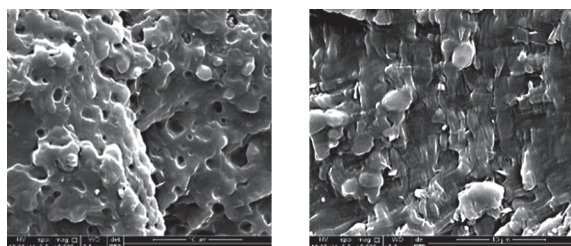
项 目	指标值	保险杠新料	除漆回收料	改性回收料
拉伸强度 / MPa	≥ 23	26.4	22.3	24.9
断裂伸长率 / %	300~500	352	66.3	298
弯曲强度 / MPa	≥ 34	38.5	32.1	36.9
缺口冲击强度 / $(\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2})$	≥ 25	30.6	14.7	27.1
洛氏硬度	≥ 65	75	81	83
MFR / $[\text{g} \cdot (10 \text{ min})^{-1}]$	5~10	9.7	6.5	8.2

由表 1 可以看出, 除漆回收料的性能下降较为明显, 尤其韧性下降幅度较大, 不能满足同级零部件生产要求; 通过对除漆汽车保险杠回收料的改性, 能够使其性能得到提升, 其中断裂伸长率提高了 349% , 弯曲强度提高了 15% , 缺口冲击强度提高了 84% 。可以发现, 除了断裂伸长率比指标值略低之外, 除漆并改性后的回收料性能基本达到新料的指标要求, 证明改性后的回收料可用于同级零部件的

生产,退役汽车保险杠的材料价值利用梯度得到提高。

(2) 微观形貌分析。

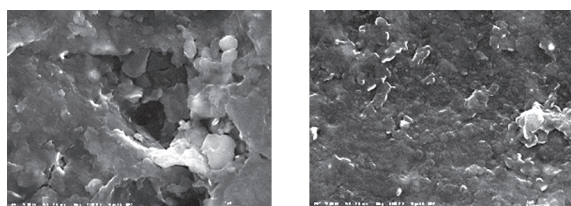
图 8 为除漆回收料、改性回收料试样的缺口冲击断面 SEM 照片。由图 8 可以看出,未改性的除漆回收料缺口冲击断面中, EPDM 粒子周围区域较少有裂纹产生,存在大量的空穴,其冲击断裂前没有发生明显的塑性变形,因此呈现较低的韧性。改性后的除漆回收料缺口冲击断面中, EPDM 与 nano-MMT 的团聚体粒子周围区域产生了大量银纹和剪切带。



(a) 除漆回收料; (b) 改性回收料

图 8 除漆回收料和改性回收料试样缺口冲击断面 SEM 照片

图 9 为除漆回收料、改性回收料试样经液氮冷却淬断的断面 SEM 照片。由图 9 可以看出,相比未改性的除漆回收料,改性后的回收料淬断面中, PP 基体致密, EPDM 和 nano-MMT 分散均匀,呈现明显的“海-岛结构”;而未改性的除漆回收料淬断面中,由于材料老化, EPDM 粒子在 PP 相中的分布不均,结合不紧密。



(a) 除漆回收料; (b) 改性回收料

图 9 除漆回收料和改性回收料试样液氮淬断面 SEM 照片

根据银纹-剪切带理论,未改性的除漆回收料中,由于保险杠材料的老化, EPDM 粒子在 PP 基体中的附着力下降,相容性变差,分散不均,导致受外力冲击时不能吸收较多的冲击能量,材料呈现较低的韧性。加入 PP 新料、nano-MMT 和 PP-g-MAH 后, EPDM 与 nano-MMT 形成的团聚体粒子在 PP 基体中均匀分布,分散相粒子受外力冲击时,吸收和分散了大量的应力集中点和冲击能,在粒子周围引发了

大量的银纹和剪切带而消耗能量,同时,银纹、橡胶粒子和剪切带又可以终止银纹或剪切带进一步转化为破坏性裂纹,从而起到了增韧作用。

3 结论

(1) 有限元仿真和实际除漆实验都验证了退役汽车保险杠表面塑料喷丸除漆的可行性,在 80 m/s 的垂直喷丸速度下,可以有效去除保险杠表面油漆,并且基体材料不受到破坏。

(2) 在退役保险杠除漆回收料/PP 新料/nano-MMT/PP-g-MAH 质量比为 7/3/1/1 的改性再生配方下,改性回收料的各项力学性能得到有效恢复,基本达到同级利用的标准要求,退役汽车保险杠材料的价值利用梯度得到提高。

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 Elastomers, 2014, 24(6):87-91.
- [3] 龙苏华,魏长庆,孙怀珍. 整车回收利用率影响因素研究 [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] 李诚,郭巍,华林,等. 油漆对退役汽车保险杠回收再利用影响分析 [J]. 工程塑料应用, 2014, 42(10):41-46.
Li Cheng, Guo Wei, Hua Lin, et al. Effects of paints on retired automobile bumper recycling[J]. Engineering Plastics Application, 2014, 42(10):41-46.
- [5] 徐光. 汽车保险杠用增韧聚丙烯 (PP) 复合材料的研究 [D]. 武汉: 武汉理工大学, 2008.
Xu Guang. The study of modified polypropylene (PP) composite for auto bumper[D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2008.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 张洪申. 退役乘用车塑料同等性能再利用关键技术研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2014.
- Zhang Hongshen. Research on the key recycling technologies of end of life passenger vehicle plastics reuse with equivalent performance[D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2014.
- [11] Ha K H, Kim M S. Application to refrigerator plastics by mechanical recycling from polypropylene in waste appliances[J]. Materials & Design, 2012, 34:252-257.
- [12] Ha K H. Open-loop recycling to apply refrigerator plastics from post-consumer waste polypropylene[J]. Materials & Design, 2012, 35:310-317.
- [13] Ha K H. Identification by thermal analysis for open-loop recycling of post-consumer waste polypropylene to apply refrigerator plastics[J]. Materials & Design, 2012, 36:359-365.
- [14] Luda M P, Brunella V, Guaratto D. Characterisation of used PP-based car bumpers and their recycling properties[J / OL]. International Scholarly Research Notices, 2013. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/531093>.

投稿须知

1 稿件内容

稿件应注重科学性、实用性及时效性,要求技术新颖,论点明确,论据可靠,数据准确,文字通顺、简练。稿件内容必须真实,避免抄袭,请作者文责自负。引用他人成果时,请按《著作权法》有关规定说明出处。内容应未曾发表过或被其他出版物刊载过,且无一稿多投。

2 稿件要求

凡属于重大科技获奖的论文和重点项目资助的论文,请在来稿第一页注明名称及批准号,本刊将优先刊登。

(1) 题目、作者署名及单位。题目力求简明、醒目,反映出文章的主题,一般不超过20个汉字。作者姓名在题目下按序排列,不同工作单位的作者,应在姓名右上角加注阿拉伯数字序号。作者单位须写全称并注明省份、城市和邮政编码。联系人信息(包括姓名,学历或职称,主要研究方向)注在第一页下方。

(2) 摘要及关键词。论文需要同时提供中文和英文摘要,摘要以提供论文的内容梗概为目的,不加评论和补充解释,应简明、确切地论述研究目的、原理和结论,具有相对独立性。中文和英文摘要均要求采用报道性摘要类型。具体要求:中英文摘要均为一段式,内容比较具体,一般需要列举关键数据。中英文摘要内容基本一致,中文摘要以200~300字为宜,英文摘要可略详。关键词要求3~8个。

(3) 正文。正文各部分都应简洁明了。层次标题一律用阿拉伯数字连续编号,尽量减少层次;不同层次的数字之间用小圆点相隔,末位数字不加标点符号。如“1”,“1.1”等。文中量、单位及符号的使用应符合国际标准和国家标准。

(4) 图表。图表要设计合理,简单自明。每一幅图都应有图序和简短确切的图名,横纵坐标均要注明物理量及其单位,线条图要用矢量格式的图,或将*.opg, *.dwg, *.eps等格式的图打包压缩随投稿一起上传。表格请使用三线表,每一表格都应有表序和简短确切的表题。图表标题一律用中文表达。

(5) 参考文献。以作者亲自阅读过的主要原始文献为限,不可引用非公开出版或发表的文献,不能引用其他文章中引用的但未经核对原文的文献,要注意引用最新的文献。参考文献要有一定的数量,研究性论文至少10篇。参考文献的著录按文章中引用的顺序依次排列,中文参考文献要有对照英文部分(英文部分不编号)。无论中外文的作者,一律采用姓前名后的形式著录;作者不超过3人时可全部著录,超过3人时,只著录前3位,其后加“等”或“et al”。综述类论文的参考文献著录项目适当简化,可参见本刊相关栏目文章样式。作者对所引文献的准确性和完整性负责。

3 投稿方式

请作者登陆“工程塑料网”(<http://www.epa1973.com>),进入杂志社之页,点击“网上投稿”后投稿。来稿请注明详细地址、电话、邮箱等信息,便于通知联系。一般一个月左右可以查询稿件审理意见,超过3个月未收到修改意见或回复的可自行处理。

4 注意事项

为适应我国信息化建设需要,扩大学术交流渠道,本刊已编入国内外著名数据库。稿件一经录用,将同时被数据库收录,作者著作权使用费与本刊稿酬一次性给付。如作者不同意收录,请在投稿时声明,否则将视为同意。