

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2020.06.003

低收缩、低线性膨胀系数聚丙烯材料研究

俞飞, 赖昂, 聂鑫, 孙刚, 吴国峰, 杨波, 丁正亚, 罗忠富, 叶南彪, 黄险波

(金发科技股份有限公司企业技术中心, 广州 510663)

摘要: 针对乘用车的轻量化、以塑代钢的需求进行聚丙烯 (PP) 研究, 以满足主机厂技术要求。先后分别从不同种类填料、不同填料含量、不同种类 PP、不同黏度增韧剂、不同增韧剂含量进行系统研究。结果表明, 不同种类的填料对材料的收缩率和线性膨胀系数 (CLTE) 影响差异比较大, 其中高径厚比的滑石粉 Talc-3 降低收缩率比滑石粉 Talc-1, Talc-2 明显, 而硅灰石和碱式硫酸镁晶须对收缩率和 CLTE 的影响比滑石粉大。不同熔体流动速率的 PP 对复合材料的收缩率和 CLTE 影响不同, 均聚 PP 的 CLTE 普遍比嵌段共聚 PP 低很多。最终通过使用 PP-1, PP-2, POE-3, Talc-3 原材料复配且 Talc-3 含量在 35% 时开发出的 PP 复合材料在外观和性能上满足客户要求, 收缩率低至 2‰, CLTE 低至 $3 \times 10^{-5} 1/K$ 以下, 与金属铝 ($2.3 \times 10^{-5} 1/K$) 的水平相当, 且质量比铝轻 50% 以上。另外, 从扫描电子显微镜照片可以看出, 不同黏度增韧剂在复合材料中的分散性是不同的, 增韧剂黏度越低其分散性越好。开发的 PP 复合材料收缩率低、CLTE 低, 对于汽车轻量化有着重要的意义。

关键词: 聚丙烯; 低收缩; 低线性膨胀系数; 轻量化

中图分类号: TQ325.14 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2020)06-0014-06

Research on Polypropylene Material of Low Gloss and Low Density Blasting Instrument Panel

Yu Fei, Lai Ang, Nie Xin, Sun Gang, Wu Guofeng, Yang Bo, Ding Zhengya, Luo Zhongfu, Ye Nanbiao, Huang Xianbo
(Technology Center of Kingfa Sci & Tech. Co., Ltd., Guangzhou 510663, China)

Abstract : Focusing on the lightweight and demand for plastic-made steel for passenger cars, polypropylene (PP) was studied to meet the technical requirements of the original equipment manufacturer. Systematic research has been carried out from different types of fillers, different filler contents, different types of polypropylene, different viscosity toughening agents and different toughening agents. The results show that the effects of different fillers on the shrinkage and coefficient of linear expansion (CLTE) are different. Talc-3 with high aspect ratio reduces the shrinkage more obviously than Talc-1 and Talc-2 with high aspect ratio, while wollastonite and whisker have more effects on the shrinkage and CLTE than talc. PP with different melt flow rate has different effects on the shrinkage and CLTE of PP composite. The CLTE of homopolymer PP is generally much lower than that of block copolymerized PP. Finally, the composite material by using PP-1, PP-2, POE-3, Talc-3 raw materials and the Talc-3 content at 35% meets customer requirements in appearance and performance, the shrinkage rate is as low as 2‰, the CLTE as low as $3 \times 10^{-5} 1/K$ is equivalent to the level of metal aluminum ($2.3 \times 10^{-5} 1/K$), and the weight is more than 50% lighter than aluminum. In addition, it can be seen from scanning electron microscope photos, the dispersion of toughening agents with different viscosity in the composite material is different, the lower the viscosity of the toughening agents the better the dispersion. The polypropylene composite material developed has low shrinkage and low CLTE, which is of great significance for automobile lightweight.

Keywords : polypropylene ; low shrinkage ; low linear expansion ; lightweight

通讯作者: 俞飞, 工程师, 主要从事汽车内外饰聚烯烃产品研究 E-mail : yufei@kingfa.com.cn

收稿日期: 2020-04-06

引用格式: 俞飞, 赖昂, 聂鑫, 等. 低收缩、低线性膨胀系数聚丙烯材料研究 [J]. 工程塑料应用, 2020, 48(6):14-19.

Yu Fei, Lai Ang, Nie Xin, et al. Research on polypropylene material of low gloss and low density blasting instrument panel[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(6):14-19.

随着社会的高速发展,汽车行业也在蓬勃起航,人们对生活质量的要求越来越高,汽车轻量化、智能化日新月异。以塑代钢是轻量化的重要方式,塑料尾门、塑料翼板得到高度关注和研究^[1-14]。

笔者主要针对乘用车的轻量化、以塑代钢的需求进行研究,且满足主机厂技术要求。先后分别从不同种类填料、不同填料含量、不同种类聚丙烯(PP)、不同黏度乙烯-辛烯共聚物(POE)增韧剂、不同增韧剂含量进行系统研究。最终开发出外观和性能满足客户要求材料,收缩率低至2‰,线性膨胀系数(CLTE)低至 $3 \times 10^{-5} 1/K$ 以下,与金属铝($2.3 \times 10^{-5} 1/K$)的水平相当,且质量比铝轻50%以上。笔者开发的这种PP复合材料收缩率低、CLTE低,对于汽车轻量化有着重要的意义。

1 实验部分

1.1 主要原材料

PP-1:嵌段共聚,熔体流动速率(MFR)为90~110 g/10 min,韩国爱思开集团;

PP-2:嵌段共聚,MFR=40~60 g/10 min,韩国爱思开集团;

PP-3:嵌段共聚,MFR=25~35 g/10 min,韩国爱思开集团;

PP-4:均聚,MFR=50~60 g/10 min,中石油兰州石化分公司;

PP-5:均聚,MFR=25~30 g/10 min,中石化茂名石化分公司;

PP-6:均聚,MFR=10~15 g/10 min,中海壳牌石油化工有限公司;

滑石粉 Talc-1:6 μm ,径厚比15,意大利依米法比有限公司;

滑石粉 Talc-2:6.5 μm ,径厚比15,辽宁海城添源化工有限公司;

滑石粉 Talc-3:10 μm ,径厚比30,益瑞石(上海)投资管理有限公司;

CaCO_3 :6.6 μm ,立达超微工业(苏州)有限公司;

硅灰石:长径比20,美国NYCO矿物有限公司;

碱式硫酸镁晶须:长径比25,营口康如科技有限公司;

POE-1:ASTM D1646 ML1+4@121℃,门尼黏度54,陶氏化学(中国)投资有限公司;

POE-2:ASTM D1646 ML1+4@121℃,门尼黏度45,陶氏化学(中国)投资有限公司;

POE-3:ASTM D1646 ML1+4@121℃,门尼黏度25,陶氏化学(中国)投资有限公司;

POE-4:ASTM D1646 ML1+4@121℃,门尼黏度8,陶氏化学(中国)投资有限公司;

POE-5:ASTM D1646 ML1+4@121℃,门尼黏度4,陶氏化学(中国)投资有限公司;

POE-6:ASTM D1646 ML1+4@121℃,门尼黏度2,陶氏化学(中国)投资有限公司。

1.2 主要设备及仪器

双螺杆挤出机:SHJ-30型,南京瑞亚高聚物装备有限公司;

注塑机:BS80-III型,广州博创机械有限公司;

拉伸试验机:UTM4104型(20 kN),深圳市新三思材料检测有限公司;

弯曲试验机:BT1-FB005TN.D14型,德国Zwick/Roell公司;

冲击试验机:HIT5.5P型,德国Zwick/Roell公司;

热变形试验机:Vicat/HDT-Tester IC6+型,德国Coesfeld公司;

热机械分析仪:Q400型,美国TA公司;

密度仪:XS104型,德国METTLER TOLEDO公司;

MFR测试仪:Mflow型,德国Zwick/Roell公司;

扫描电子显微镜:JSM-IT100型,日本日立公司。

1.3 试样制备

按一定质量比例称取配方原料进行混合均匀,接着加入挤出机进行造粒,温度范围200~220℃,最后通过注塑机注塑样条,注塑样条放在标准环境(23℃、50% RH)中调节48 h后安排力学测试。

加工助剂添加量按如下比例:主抗氧剂:辅抗氧剂:润滑剂:光稳剂=0.2%:0.2%:0.1%:0.2%。

1.4 性能测试

MFR按ISO 1133-1/2-2011测试,2.16 kg载荷、温度230℃;

拉伸性能按ISO 527-1/2-2018测试,拉伸速率为50 mm/min;

弯曲性能按ISO 178-2018测试,弯曲速率为2 mm/min;

热变形温度按ISO 75-1/2-2013测试,载荷为0.45 MPa,样条放置方式为平放;

悬臂梁缺口冲击性能按 ISO 180-2000 测试;
密度按照 ISO 1183-1-2019 测试;

收缩率按照企业标准 KFB101.01.03 / A3-2014 测试, MD 是指流动方向的收缩率, TD 是指垂直流动方向的收缩率, AVG 是指 MD 与 TD 的平均值;

CLTE 按 ISO 11359-2014 测试, 温度范围 23 ~ 85 °C, 150 mm × 150 mm × 3 mm 方板中间位置截取 10 mm × 10 mm × 3 mm 尺寸样片进行测试, MD 是指流动方向的 CLTE, TD 是指垂直流动方向的 CLTE, AVG 是指 MD 与 TD 的平均值。

2 结果与讨论

2.1 不同填料对 PP 复合材料性能的影响

表 1 为加入不同填料及其含量时 PP 复合材料配方。图 1 为不同填料对 PP 复合材料收缩率与 CLTE 的影响。

表 1 不同填料及其含量时 PP 复合材料配方

原材料	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]
PP-1	30	30	30	30	30	30
PP-2	20	20	20	20	20	20
POE-3	20	20	20	20	20	20
Talc-1	30	/	/	/	/	/
Talc-2	/	30	/	/	/	/
Talc-3	/	/	30	/	/	/
CaCO ₃	/	/	/	30	/	/
硅灰石	/	/	/	/	30	/
碱式硫酸镁晶须	/	/	/	/	/	30
加工助剂	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7

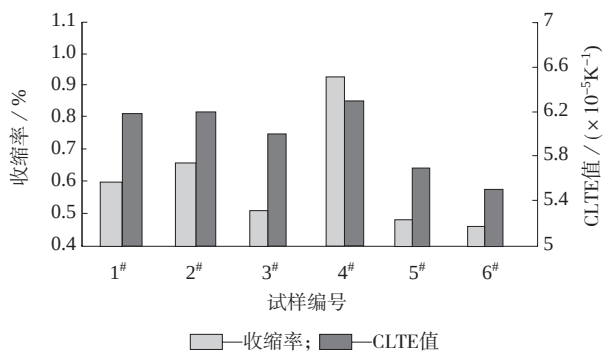


图 1 不同填料时 PP 复合材料的收缩率与 CLTE 值

从表 1、图 1 可以看出,不同种类的填料对材料的收缩率和 CLTE 影响差异比较大,其中高径厚比的 Talc-3 降低收缩率比 Talc-1 和 Talc-2 明显,而硅灰石和硫酸镁晶须对收缩率和 CLTE 的影响比滑石粉大,主要是因为硅灰石和晶须都是针状结构比片状结构滑石粉对 PP 收缩率和 CLTE 的影响作用大。

2.2 不同填料含量对 PP 复合材料性能的影响

表 2 为加入滑石粉 Talc-3 时 PP 复合材料配方。

图 2 为滑石粉含量对 PP 复合材料收缩率和 CLTE 的影响。

表 2 滑石粉 Talc-3 不同含量时 PP 复合材料配方

原材料	7 [#]	8 [#]	9 [#]	10 [#]	11 [#]	12 [#]
PP-1	35	30	30	30	30	25
PP-2	30	30	25	20	15	15
POE-3	20	20	20	20	20	20
Talc-3	15	20	25	30	35	40
加工助剂	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7

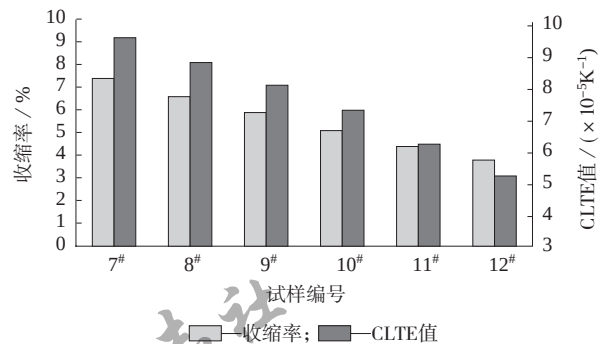


图 2 不同滑石粉含量时 PP 复合材料收缩率和 CLTE 值

从表 2、图 2 可以看出,随着滑石粉 Talc-3 的含量增加 PP 复合材料的收缩率和 CLTE 不断下降,其中当滑石粉 Talc-3 含量达到 40% 时复合材料的 CLTE 可以达到 $3 \times 10^{-5} 1/K$ 级别,主要是因为滑石粉作为无机填料加入到结晶高聚物 PP 中可有效阻碍分子链的运动和结晶,加入量越大,这种影响也就越大。

表 3 为不同晶须含量时 PP 复合材料配方。图 3 为不同晶须含量时 PP 复合材料收缩率和 CLTE 值。

表 3 不同晶须含量时 PP 复合材料配方

原材料	13 [#]	14 [#]	15 [#]	16 [#]	17 [#]	18 [#]
PP-1	35	30	30	30	30	25
PP-2	30	30	25	20	15	15
POE-3	20	20	20	20	20	20
碱式硫酸镁晶须	15	20	25	30	35	40
加工助剂	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7

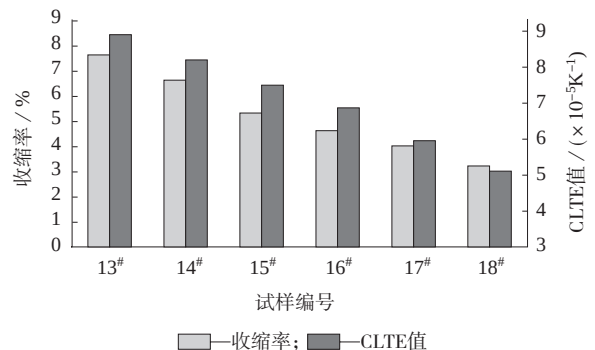


图 3 不同晶须含量时 PP 复合材料的收缩率和 CLTE 值

从表 3、图 3 可以看出,随着碱式硫酸镁晶须含量增加 PP 复合材料的收缩率和 CLTE 不断下降,其中当碱式硫酸镁晶须含量达到 40% 时复合材料的 CLTE 值可以达到 $3 \times 10^{-5} 1/K$ 级别,主要是因为晶须作为无机填料加入到结晶高聚物 PP 中可有效阻碍分子链的运动和结晶,加入量越大这种影响也就越大。

2.3 不同 MFR 的 PP 对复合材料性能的影响

表 4 为采用不同 MFR 的 PP 时复合材料配方。图 4 为采用不同 MFR 的 PP 时复合材料收缩率与 CLTE 值。

表 4 采用不同 MFR PP 时 PP 复合材料配方

原材料	19 [#]	20 [#]	21 [#]	22 [#]	23 [#]	24 [#]
PP-1	50	/	/	/	/	/
PP-2	/	50	/	/	/	/
PP-3	/	/	50	/	/	/
PP-4	/	/	/	50	/	/
PP-5	/	/	/	/	50	/
PP-6	/	/	/	/	/	50
POE-3	20	20	20	20	20	20
Talc-3	30	30	30	30	30	30
加工助剂	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7

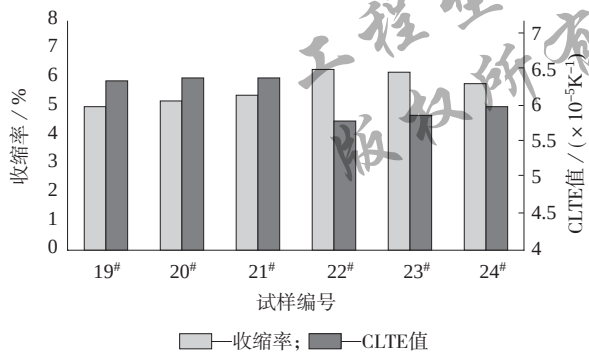


图 4 采用不同 MFR PP 时复合材料收缩率与 CLTE 值

从表 4、图 4 可以看出,不同 MFR 的 PP 对复合材料的收缩率和 CLTE 影响不同,主要表现为均聚 PP 和嵌段共聚 PP 对复合材料性能的影响不同,其中均聚 PP 的 CLTE 普遍比嵌段共聚 PP 低很多,主要是因为均聚 PP 的分子结晶度比嵌段共聚高从而使得分子量堆积的更加密实,继而导致均聚 PP 的 CLTE 比嵌段共聚低。而收缩率恰恰相反,均聚 PP 的结晶度高于嵌段共聚 PP,所以收缩率均聚 PP 高于嵌段共聚。

2.4 不同黏度增韧剂对复合材料性能的影响

表 5 为采用不同黏度增韧剂时 PP 复合材料配方。图 5 为不同黏度增韧剂时 PP 复合材料收缩率

和 CLTE 值。从表 5、图 5 可以看出,随着增韧剂黏度的降低,PP 复合材料的收缩率不断减小,复合材料的 CLTE 不断增加,主要是因为增韧剂粘度越低其分散效果越好对材料的结晶性能影响越大,从而导致收缩率的减小和 CLTE 的增加。

表 5 采用不同黏度增韧剂时 PP 复合材料配方

原材料	25 [#]	26 [#]	27 [#]	28 [#]	29 [#]	30 [#]
PP-1	30	30	30	30	30	30
PP-2	15	15	15	15	15	15
POE-1	20	/	/	/	/	/
POE-2	/	20	/	/	/	/
POE-3	/	/	20	/	/	/
POE-4	/	/	/	20	/	/
POE-5	/	/	/	/	20	/
POE-6	/	/	/	/	/	20
Talc-3	35	35	35	35	35	35
加工助剂	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7

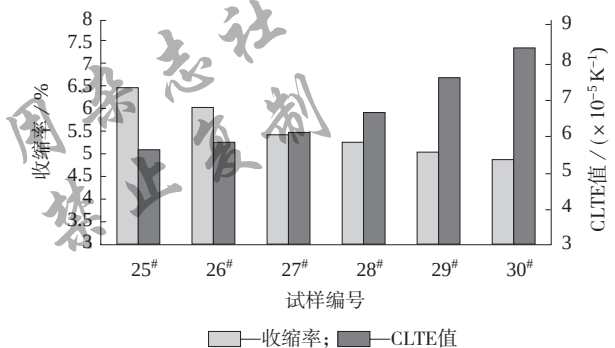


图 5 不同黏度增韧剂时 PP 复合材料收缩率和 CLTE 值

2.5 不同增韧剂含量对复合材料性能的影响

表 6 为采用 POE-3 增韧剂,在其不同含量时 PP 复合材料配方。图 6 为增韧剂 POE-3 不同含量时 PP 复合材料收缩率和 CLTE 值。

表 6 增韧剂 POE-3 不同含量时 PP 复合材料配方

原材料	31 [#]	32 [#]	33 [#]	34 [#]	35 [#]	36 [#]
PP-1	30	30	30	25	20	15
PP-2	25	20	15	15	15	15
POE-3	10	15	20	25	30	35
Talc-3	35	35	35	35	35	35
加工助剂	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7

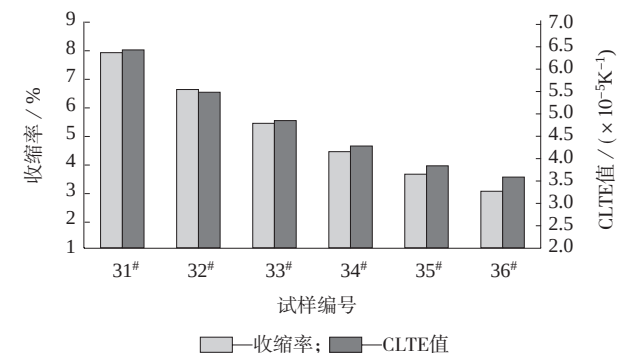
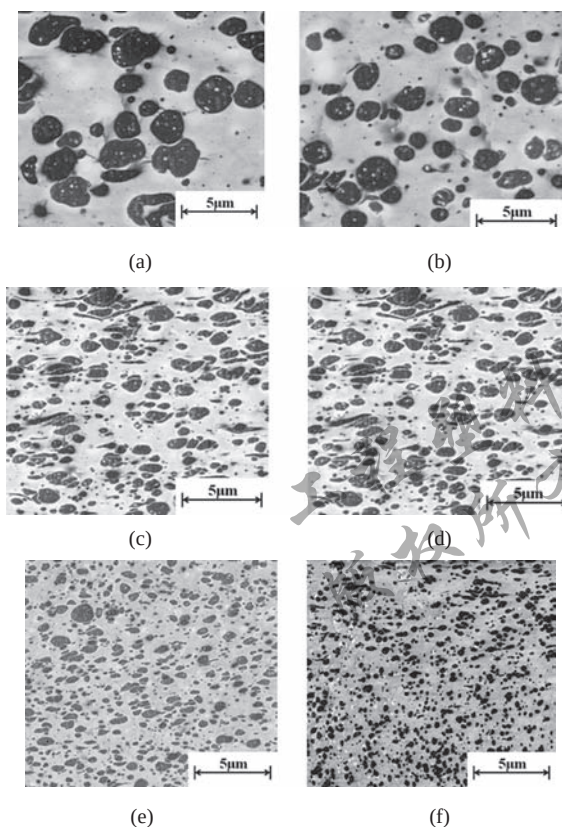


图 6 增韧剂 POE-3 不同含量时 PP 复合材料收缩率和 CLTE 值

从表6、图6可以看出,随着增韧剂含量的不断增加,PP复合材料的收缩率和CLTE值不断下降,增韧剂含量达到30%以上时,复合材料的CLTE可以达到 $3.0 \times 10^{-5} 1/K$ 以下,主要因为增韧剂影响PP分子结晶从而导致收缩率下降。另一方面,随着增韧剂的增多,PP/无机填料的比例在下降,即无机填料占比增加从而导致CLTE值的下降。

3 不同黏度增韧剂在复合材料中的分散性能

图7为不同黏度增韧剂POE-1~POE-6在PP复合材料中的分散性能。



试样编号: a—25[#]; b—26[#]; c—27[#]; d—28[#]; e—29[#]; f—30[#]

图7 不同黏度增韧剂在PP复合材料中的分散性能

从图7可以看出,增韧剂黏度越小,其在PP复合材料中的分散也就越好。

4 结论

(1) 不同种类的填料对材料的收缩率和CLTE影响差异比较大,其中高径厚比的滑石粉Talc-3降低收缩率比滑石粉Talc-1, Talc-2明显,而硅灰石和碱式硫酸镁晶须对收缩率和CLTE的影响比滑石粉大。另外,随着滑石粉和晶须含量增加PP复合材料的收缩率和CLTE不断下降,其中当滑石粉和晶须含量达到40%时复合材料的CLTE可以达到 $3 \times 10^{-5} 1/K$ 级别。

(2) 不同MFR的PP对复合材料的收缩率和CLTE影响不同,主要表现为均聚PP和嵌段共聚PP对复合材料性能的影响不同,其中均聚PP的CLTE普遍比嵌段共聚PP低很多。

(3) 随着增韧剂黏度的降低,PP复合材料的收缩率不断减小,复合材料的CLTE不断增加。另外,随着增韧剂含量的不断增加PP复合材料的收缩率和CLTE不断下降,增韧剂含量达到30%以上时,复合材料的CLTE可以达到 $3.0 \times 10^{-5} 1/K$ 以下。

参考文献

- [1] 贺丽丽,高翔,盛超,等.低光泽聚丙烯材料的研究[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 materials[J]. Automobile Technology & Material, 2019(10):68-72.
- [2] 胡友良,乔金梁,吕立新,等.聚烯烃功能化及改性[M].北京:化学工业出版社,2008.
Hu Youliang, Qiao Jinliang, Lyu Lixin, et al. Polyolefin functionalization and modification[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2008.
- [3] 代玉堂,杨汐.低密度聚丙烯材料在商用车轻量化应用开发[J].汽车实用技术,2018(12):53-56.
Dai Yutang, Yang Xi. Lightweight application development of low-density polypropylene in commercial vehicle[J]. Automobile Applied Technology, 2018(12):53-56.
- [4] 洪定一主编.聚丙烯—原理、工艺与技术[M].北京:中国石化出版社,2007.
Hong Dingyi. Polypropylene principles, processes and technologies[M]. Beijing: China Petrochemical Press Co. Ltd, 2007.
- [5] 苏娟霞,杨波,孙刚,等.共混聚丙烯及其共混物表面光泽的研究[J].合成材料老化与应用,2017,46(4):6-11.
Su Juanxia, Yang Bo, Sun Gang, et al. Study on the surface gloss of polypropylene and their blends[J]. Synthetic Materials Aging and Application, 2017, 46(4):6-11.
- [6] 周楠婷,张楷,蔡青.基于麻纤维板回收再利用的汽车内饰用短纤维增强复合材料性能[J].塑料工业,2019,47(8):156-159.
Zhou Nanting, Zhang Kai, Cai Qing. Study on properties of short fiber reinforced composites based on recycled jute fiber plates applied in automobile interior part[J]. China Plastics Industry, 2019, 47(8):156-159.
- [7] 陈锐,袁强,杨波,等.工艺参数对车用聚丙烯复合材料红外激光打标性能的影响[J].工程塑料应用,2014,42(8):56-58.
Chen Rui, Yuan Qiang, Yang Bo, et al. Effect of technological parameter on infrared laser marking property of polypropylene composite for automobile[J]. Engineering Plastics Application, 2014, 42(8):56-58.
- [8] 胡智清,周全,熊建武.国内车用改性聚丙烯的研究现状及进展[J].工程塑料应用,2017,45(6):145-148.

- Hu Zhiqing, Zhou Quan, Xiong Jianwu. Research status and development of modified polypropylene for vehicle at home[J]. Engineering Plastics Application, 2017, 45(6):145-148.
- [9] 赵文聘,徐长旭,张斌,等. 夏利威志轿车中立柱下护板聚丙烯专用料的研究[J]. 塑料科技, 2008, 36(1):58-61.
- Zhao Wenpin, Xu Changxu, Zhang Bin, et al. Study on special pp material for lower guard plate of middle pillar of xiali weizhi car[J]. Plastics Science and Technology, 2008, 36(1):58-61.
- [10] 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.
- [11] 李晟,雷亮,李振华,等. 车用聚丙烯材料收缩率的研究[J]. 塑料工业, 2018, 46(10):30-33.
- Li Sheng, Lei Liang, Li Zhenhua, et al. research on the shrinkage of automotive PP materials[J]. China Plastics Industry, 2018, 46(10):30-33.
- [12] 庄卫国,王博,查光成. 玻璃纤维增强聚丙烯收缩行为的研究及优化[J]. 现代塑料加工应用, 2019, 31(2):48-51.
- Zhuang Weiguo, Wang Bo, Zha Guangcheng. Research on shrinkage behavior and optimization of glass fiber reinforced polypropylene[J]. Modern Plastics Processing and Application, 2019, 31(2):48-51.
- [13] 刘熙. 碱式硫酸镁晶须添加量对聚丙烯材料力学及膨胀性能的影响[J]. 塑料工业, 2019, 47(2):126-129.
- Liu Xu. Effects of alkali magnesium sulfate whiskers on the mechanical properties and expansion properties of polypropylene[J]. China Plastics Industry, 2019, 47(2):126-129.
- [14] 左立增,孙刚. 成核剂对聚丙烯复合材料线性膨胀系数的影响[J]. 合成材料老化与应用, 2020, 49(1):22-24.
- Zuo Lizeng, Sun Gang. The effects of nucleating agents on coefficient of linear thermal expansion of polypropylene based composites[J]. Synthetic materials aging and application, 2020, 49(1):22-24.

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 15 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.net),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。