

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2022.09.005

车用免喷涂金属质感 ASA 材料的制备及性能

蒋中¹,狄春峰¹,查东东²,李赵波²,黄德勇²,周霆²

(1. 上海汽车集团有限公司乘用车分公司,上海 201804; 2. 上海锦湖日丽塑料有限公司,上海 201107)

摘要:通过双螺杆挤出造粒,采用注射成型工艺制备车用免喷涂金属质感丙烯腈-苯乙烯-丙烯酸酯塑料(ASA)材料,研究了铝粉含量及其粒径、ASA 高胶粉含量对车用免喷涂金属质感 ASA 材料试样外观、力学性能、加工性能、耐刮擦性及表面铅笔硬度的影响。结果表明,铝粉含量的增加可提升试样外观的金属质感,使之更加细腻,铝粉粒径的增加可提高试样的闪烁质感。当 ASA 高胶粉含量为 10 份、粒径 10 μm 铝粉的含量为 2 份时,制备试样具有较好的金属质感,此时弯曲强度、弯曲弹性模量、熔体流动速率(MFR)均达到最大值,分别为 88.2 MPa,3 003.3 MPa,13.5 g/(10 min),弯曲性能和加工性能最好;光泽度变化率达到最小值,为 55%,耐刮擦性最好;表面铅笔硬度最高,为 HB 级,而简支梁缺口冲击强度最小,为 2.6 kJ/m²。而当 ASA 高胶粉含量为 20 份、粒径 40 μm 铝粉含量为 2 份时,制备试样具有最好的闪烁质感,力学性能、加工性能及表面铅笔硬度都较高,弯曲强度、弯曲弹性模量和简支梁缺口冲击强度分别为 68.2 MPa,2 310.0 MPa 和 12.5 kJ/m²,MFR 为 7.9 g/(10 min),光泽度变化率为 86%,表面铅笔硬度为 B 级,此时试样的综合性能最佳。

关键词:免喷涂;金属质感;丙烯腈-苯乙烯-丙烯酸酯塑料;铝粉;力学性能;熔体流动速率;耐刮擦性;铅笔硬度
中图分类号:TQ325.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-3539(2022)09-0027-07

Preparation and Properties of Spray-free Metallic Textured ASA Materials for Vehicles

Jiang Zhong¹, Di Chunfeng¹, Zha Dongdong², Li Zhaobo², Huang Deyong², Zhou Ting²

(1. SAIC Motor Passenger Vehicle Co., Ltd., Shanghai 201804, China;

2. Shanghai Kumho Sunny Plastics Co., Ltd., Shanghai 201107, China)

Abstract : The spray-free metallic acrylonitrile-styrene-acrylate plastic (ASA) materials for vehicles were prepared by twin-screw extrusion granulation and injection molding process. The effects of the content of aluminum powder and its particle size, the content of ASA high rubber powder on the appearance, mechanical properties, processability, scratch resistance and surface pencil hardness of ASA material were studied. The results indicate that the increase of aluminum powder content can improve the metallic texture of the sample appearance and make it more delicate, and the increase of aluminum powder particle size can improve the scintillating texture of the sample. When the content of ASA high rubber powder is 10 phr, the content of aluminum powder with particle size of 10 μm is 2 phr, the prepared sample has good metallic texture, the bending strength, bending elastic modulus and melt flow rate (MFR) reach the maximum values, which are 88.2 MPa and 3 003.3 MPa and 13.5 g/(10 min) respectively, and the bending properties and processability are the best. The change rate of gloss reaches the minimum value of 55%, and the scratch resistance is the best. The surface pencil hardness is the highest, which is HB grade, and the Charpy notched impact strength is the smallest, which is 2.6 kJ/m². However, when the content of ASA high rubber powder is 20 phr, and the particle size of 40 μm aluminum powder is 2 phr, the prepared sample has the best scintillating texture, the mechanical properties, processability and surface pencil hardness are higher, the bending strength, bending elastic modulus and Charpy notched impact strength are 68.2 MPa, 2 310.0 MPa and 12.5 kJ/m² respectively, the MFR is 7.9 g/(10 min), the gloss change rate is 86%, and the surface pencil hardness is B grade, at this time, the comprehensive performance of the sample is the best.

Keywords : free-painting; metallic texture; acrylonitrile-styrene-acrylate plastic; aluminum powder; mechanical property; melt flow rate; scratch resistance; pencil hardness

通信作者: 查东东, 硕士, 主要研究方向为塑料改性

收稿日期: 2022-06-23

引用格式: 蒋中, 狄春峰, 查东东, 等. 车用免喷涂金属质感 ASA 材料的制备及性能[J]. 工程塑料应用, 2022, 50(9):27-33.

Jiang Zhong, Di Chunfeng, Zha Dongdong, et al. Preparation and properties of spray-free metallic textured ASA materials for vehicles[J]. Engineering Plastics Application, 2022, 50(9):27-33.

汽车作为科技文明的重要标志之一,为人类的生活发展和社会进步提供了极大的便利。而在汽车制造过程中,塑料件的使用量逐渐增大。其中,汽车的内外饰是汽车塑料件的重要组成部分,为了达到外观靓丽美观的效果,内外饰塑料部件一般会选择喷漆、电镀或转印等二次加工工艺进行“美化”^[1]。目前,这些美学效果的获得绝大多数都是通过表面喷涂实现的,由此带来的昂贵的喷涂成本、复杂的工序和较低的喷涂合格率导致生产成本大幅度提高。而喷涂工艺也会对环境产生损害。近年来,各国纷纷出台了一些环保政策来限制产品中有害物的排放,喷涂工艺带来的环境污染也饱受质疑^[2]。

免喷涂美学塑料,顾名思义,即通过在树脂中添加效应颜料实现与喷涂接近的外观效果,甚至达到塑料制品喷涂外观的效果^[3]。研究人员聚焦于如何采用特殊效果色粉和颜料结合,实现喷涂甚至是喷涂实现不了的效果。目前已有的外观如金属效果、珠光效果、自然纹理效果、闪烁效果等在家电、计算机、通讯和消费电子产品、数字化办公产品及部分汽车上得到广泛的应用和推广^[4]。

丙烯腈-苯乙烯-丙烯酸酯塑料(ASA)是由丙烯腈、苯乙烯和丙烯酸酯组成的接枝共聚物。相比于丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS),ASA的耐候性提升了10倍以上^[5]。在塑料改性中,ASA一般是苯乙烯-丙烯腈塑料(SAN)和ASA高胶粉的共混物,ASA中的丙烯酸酯橡胶取代了ABS的碳碳双键,因此ASA的耐候性很好^[6-7]。从分子组成上看,ASA中丙烯酸酯橡胶赋予其耐老化性与耐冲击性,苯乙烯赋予其光泽与加工性,丙烯腈赋予其耐化学药品性与刚性,三种物质结构使ASA具备优良的综合性能,在建材、汽车、户外器材等领域都具有广泛的应用^[8-9]。

如果说车灯是汽车的眼,那么格栅就是汽车的脸。如何将格栅靓丽的外观和免喷涂材料结合起来,需要通过格栅结构设计、外观效果设计、材料选材等多个方向入手。格栅要求材料既要有一定的韧性,防止碎石冲击发生断裂,又要求材料具有一定的耐光照特性,便于户外使用^[10-11]。

目前有关金属效果免喷涂材料的研究重心主要在于提高材料的力学性能的同时,最大程度地保留材料外观的仿金属质感,此外提供较优的注塑常见缺陷(流痕和熔接线)的解决方案^[12-14],胡纲^[15]研究了常规ABS中珠光粉和铝粉两种效果粉含量

对材料力学性能的影响,发现效果粉的加入使得材料刚性增加,但极大地降低了韧性,朱秀梅等^[16]从铝粉形态、粒径及径厚比的角度,探讨了铝粉的优选及其对免喷涂塑料产品外观缺陷改善的情况。笔者借鉴了后者的研究,选取合适规格的铝粉,在此基础上通过材料改性分析了不同ASA高胶粉含量、铝粉粒径及其含量对免喷涂材料外观和性能的影响,并通过光学显微镜照片、缺口冲击强度、弯曲强度、弯曲弹性模量、熔体流动速率(MFR)、光泽度变化率和表面铅笔硬度对材料的综合性能进行了评价及表征,为实际生产中免喷涂材料的外观效果呈现提供建议。

1 实验部分

1.1 主要原料

SAN: PN107,台湾奇美实业有限公司;

N-苯基马来酰亚胺: XR-401,宁波LG甬兴化工有限公司;

ASA高胶粉: XC-500A,韩国锦湖化学株式会社;

抗氧剂: 1010, 168, 巴斯夫(中国)公司;

受阻胺光稳定剂: Tinuvin-770, 巴斯夫(中国)公司;

苯并三唑紫外线吸收剂: Tinuvin-P Uvinul 3033, 巴斯夫(中国)公司;

铝粉A、铝粉B、铝粉C: 片状,平均粒径分别为10, 20, 40 μm , 爱卡特殊效果颜料(珠海)有限公司。

1.2 主要仪器与设备

双螺杆挤出机: TE30型, 南京科倍隆机械有限公司;

注塑机: SM-120型, 震雄机械(宁波)有限公司;

拉力试验机: INSTRON 2366型, 美国英斯特朗公司;

缺口冲击强度测试仪: XCZ-5.5型, 承德精密试验机有限公司;

MFR测定仪: RL-11B型, 上海思尔达科学仪器有限公司;

金相显微镜: BX51M型, 日本奥林巴斯株式会社。

1.3 试样制备

首先将干燥后的SAN与ASA高胶粉、耐热剂N-苯基马来酰亚胺抗氧剂、受阻胺光稳定剂、苯并

三唑紫外线吸收剂及铝粉等按照一定的质量比在高速混合机中混合均匀,然后在挤出机上挤出、造粒。挤出机螺杆转速为 300 r/min,各区的温度依次分别为 220,220,230,230,240,240,250,250,250,250℃。共混物造粒、干燥后,由注塑机注塑成 ISO 标准试样,注塑温度为 230~250℃。

表 1 车用免喷涂金属效果 ASA 材料配方 份

原材料	试样编号							
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]	7 [#]	8 [#]
SAN	74	73	72	70	72	72	82	62
ASA 高胶粉	20	20	20	20	20	20	10	30
铝粉 A	0	1	2	4			2	2
铝粉 B					2			
铝粉 C						2		

注:耐热剂 *N*-苯基马来酰亚胺、抗氧剂 1010、抗氧剂 168、受阻胺光稳定剂和苯并三唑紫外线吸收剂分别固定为 6,0.1,0.1,0.2,0.2 份。

1.4 性能测试与表征

光学显微镜分析:用金相显微镜观察样品表面色粉的分散状况;

弯曲性能按照 ISO 178 : 2010 测试,弯曲试验速率为 2 mm/min ;

简支梁缺口冲击性能按照 ISO 179-1 : 2010 测试,A 型缺口,测试温度为 23℃;

MFR 按照 ISO 1133-1 : 2011 测试,测试条件为 220℃ /10 kg ;

耐刮擦性按照 PV3987 : 2016-08 测试,测试角度为 20°;

表面铅笔硬度按照 ISO 15184 : 2012 测试。

2 结果与讨论

2.1 外观分析

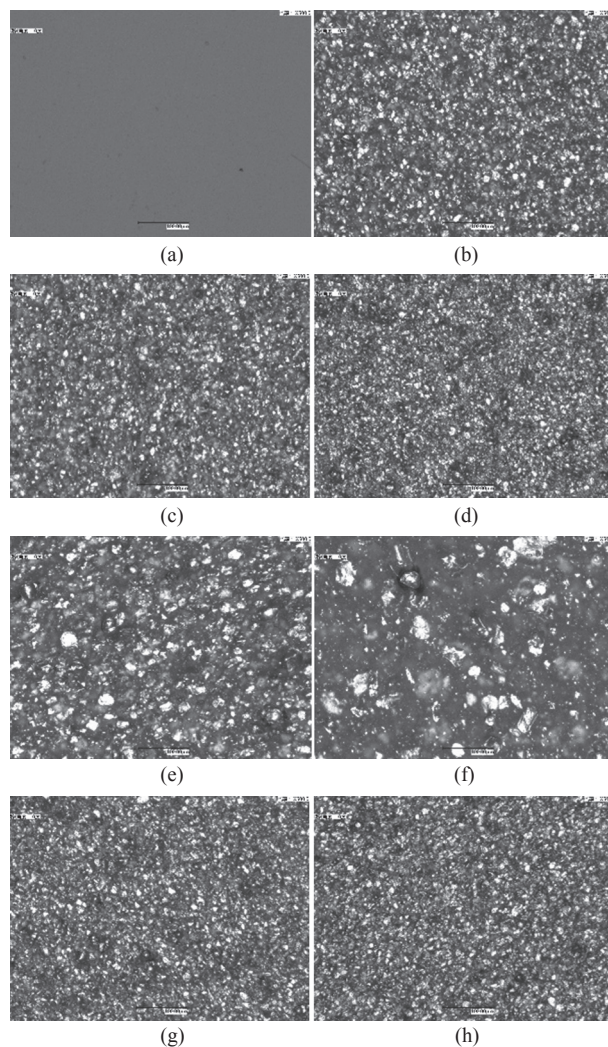
车用免喷涂金属质感 ASA 材料试样表面的光学显微镜照片如图 1 所示。

(1) 铝粉含量对试样外观的影响。

由图 1a~ 图 1d 可以看出,随着铝粉 A 含量的增加,试样表面的金属颗粒密度增大,试样外观的金属质感越来越强。这是因为随着金属色粉含量的增加,色粉密集、整齐排列产生反光作用,并体现出金属铝的质感。随着铝粉含量的增加,试样表面的亮点数量明显增多,亮点密集程度提高。这是因为片状铝粉发生光的反射形成了闪光点,铝粉含量的提高使得闪光点密集、连续,试样外观的金属质感效果更加细腻^[17]。

(2) 铝粉粒径对试样外观的影响。

对比图 1c、图 1e 和图 1f 可以看出,在铝粉含量相同、粒径不同条件下,随着铝粉粒径从 10 μm 增



a—1[#]; b—2[#]; c—3[#]; d—4[#]; e—5[#]; f—6[#]; g—7[#]; h—8[#]

图 1 车用免喷涂金属质感 ASA 材料试样表面的光学显微镜照片加到 40 μm,试样表面的闪光点越来越大。相同含量下,铝粉粒径越小,试样表面的金属质感越细腻;而铝粉粒径越大,铝粉的反光面越大,铝粉的闪光度越高,试样外观呈现的闪烁质感越强。

(3) ASA 胶粉含量对试样外观的影响。

对比图 1c、图 1g 和图 1h 可以看出,随着 ASA 高胶粉含量的增加,试样表面的金属质感并没有明显变化。这是因为铝粉和树脂的相容性没有 ASA 高胶粉和 SAN 的相容性好,铝粉整齐、密集排布在试样表面,试样表面呈现出的金属质感非常接近。

2.2 力学性能分析

车用免喷涂金属质感 ASA 材料试样的力学性能见表 2。

(1) 铝粉含量对试样力学性能的影响。

对比表 2 中的 1[#]~4[#] 试样可知,随着铝粉 A 含量的增加,试样的弯曲强度和弯曲弹性模量均有所

表2 车用免喷涂金属质感ASA材料试样的力学性能

试样编号	弯曲强度 / MPa	弯曲弹性模量 / MPa	简支梁缺口冲击强度 / (kJ·m ⁻²)
1 [#]	64.4	2 186.7	19.5
2 [#]	65.1	2 200.0	14.4
3 [#]	66.3	2 286.7	13.0
4 [#]	67.0	2 376.7	6.8
5 [#]	67.1	2 298.3	13.1
6 [#]	68.2	2 310.0	12.5
7 [#]	88.2	3 003.3	2.6
8 [#]	53.6	1 900.0	20.6

提升。相比未添加铝粉A的1[#]试样,添加4份铝粉A的4[#]试样的弯曲弹性模量提升8.7%。这是因为铝粉在ASA材料中起到桥联加强作用,使材料的刚性有所提升。随着铝粉含量的增加,试样的简支梁缺口冲击强度呈现显著下降趋势。相比未添加铝粉A的1[#]试样,添加4份铝粉A的4[#]试样的简支梁缺口冲击强度降低65%。这是因为铝粉作为一种效果颜料,本身具有一定的尺寸,铝粉分散到树脂相中,两相的界面粘结力相对较弱,在外力作用下,铝粉成为应力集中点,造成缺口冲击韧性下降^[18]。

(2) 铝粉粒径对试样力学性能的影响。

对比表2中3[#]、5[#]和6[#]试样的力学性能可知,在相同铝粉含量下,随着铝粉粒径的增加,试样的弯曲强度和弯曲弹性模量逐渐增大。这是因为大粒径铝粉在树脂相中的桥联作用更强,可以更好传递外界应力,提升材料的弯曲强度和弯曲弹性模量。但粒径对试样力学性能的影响相对较小,相比添加粒径为10 μm铝粉A的3[#]试样,添加粒径为40 μm铝粉C的6[#]试样的弯曲弹性模量仅提升1%。随着铝粉粒径的增加,试样的简支梁的缺口冲击强度变化不明显。相比添加粒径为10 μm铝粉A的3[#]试样,添加粒径为40 μm铝粉C的6[#]试样的简支梁缺口冲击强度仅降低3.8%。主要是因为铝粉本身就是应力集中点,影响试样缺口冲击韧性更多的是应力集中点的分布,而粒径的增加并不增加应力集中点的数量,因此对试样缺口冲击韧性的影响较小。

(3) ASA高胶粉含量对试样力学性能的影响。

对比表2中3[#]、7[#]和8[#]试样的力学性能可知,随着ASA高胶粉含量的增加,试样的弯曲强度和弯曲弹性模量逐渐降低。主要是因为随着ASA高胶粉含量的提升,试样中橡胶的含量增大,橡胶的强度和刚性差,因此降低了试样的弯曲强度和弯曲弹性模量。随着ASA高胶粉含量的增加,试样的简支梁缺口冲击强度有明显提高。主要归因于ASA高胶粉的添加提高了试样中的橡胶含量。

综上所述,当ASA高胶粉含量为10份、粒径10 μm铝粉A的含量为2份时,7[#]试样的弯曲强度、弯曲弹性模量均达到最大值,分别为88.2 MPa, 3 003.3 MPa,而简支梁缺口冲击强度为最小值,为2.6 kJ/m²;当ASA高胶粉含量为20份、粒径40 μm铝粉含量为2份时,6[#]试样的综合力学性能最佳,弯曲强度、弯曲弹性模量及简支梁缺口冲击强度分别为68.2 MPa, 2 310.0 MPa和12.5 kJ/m²。

2.3 加工性能分析

车用免喷涂金属质感ASA材料试样的MFR如图2所示。

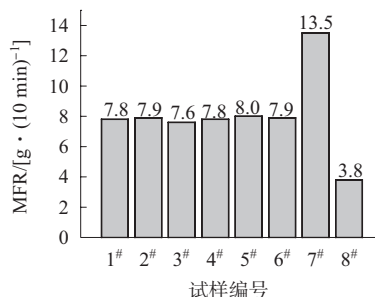


图2 车用免喷涂金属质感ASA材料试样的MFR

(1) 铝粉含量对试样加工性能的影响。

由图2可以看出,添加不同含量的铝粉A对试样的MFR影响不大,添加铝粉A前后,1[#]~4[#]试样的MFR基本在7.8 g/(10 min)左右。主要原因可能是铝粉的粒径小、填充量低,尚未达到改变整个树脂体系黏度的程度。因此铝粉含量对整个加工成型过程中树脂的流动性影响较小。

(2) 铝粉粒径对试样加工性能的影响。

对比图2中3[#]、5[#]和6[#]试样的MFR可知,在相同铝粉含量下,添加不同粒径铝粉对试样的MFR影响甚微。主要原因也是因为铝粉粒径较小、填充量低,对树脂体系的黏度改变较小,因此铝粉粒径不足以影响树脂的流动性。

(3) ASA胶粉含量对试样加工性能的影响。

对比图2中3[#]、7[#]和8[#]试样的MFR可知,不同ASA高胶粉含量对试样MFR的影响比铝粉含量及其粒径的影响大。随着ASA高胶粉含量的增加,试样的MFR减小,在相同的剪切速率下,表现出剪切黏度上升。主要原因是在于ASA高胶粉本身具有一定的黏度,对树脂体系的加工性能有负面影响,所以在实际生产中,在考虑性能的同时,也要注意ASA高胶粉的含量对树脂体系黏度的影响,适当地调整ASA高胶粉含量才有利于材料的加工性能。

综上所述,当ASA高胶粉含量为10份、粒径

10 μm 铝粉 A 的含量为 2 份时,7[#] 试样的 MFR 有最大值,为 13.5 g/(10 min),加工性能最好;当 ASA 高胶粉含量为 20 份、粒径 40 μm 铝粉含量为 2 份时,6[#] 试样的 MFR 为 7.9 g/(10 min),加工性能较好。

2.4 耐刮擦性分析

根据 PV3987:2016-08 测试耐刮擦实验前后的光泽度,计算光泽度变化率,光泽度变化率越大,表明材料的耐刮擦性能越差。在测试角度为 20° 下,车用免喷涂金属质感 ASA 材料试样耐刮擦实验前后的光泽度及其变化率见表 3。

表 3 测试角度 20° 下车用免喷涂金属质感 ASA 材料试样

试样编号	耐刮擦实验前后的光泽度及其变化率		变化率 /%
	实验前	实验后	
1 [#]	92.8	13.5	85
2 [#]	50.8	8.5	83
3 [#]	33.6	7.1	79
4 [#]	19.7	5.6	71
5 [#]	36.8	6.7	82
6 [#]	49.2	6.7	86
7 [#]	19.3	8.7	55
8 [#]	37.3	6.4	83

注:光泽度数据取三个点的平均值。

(1) 铝粉含量对试样耐刮擦性的影响。

由表 3 可以明显看出,随着铝粉 A 含量的增加,1[#]~4[#] 试样的光泽度变化率不断降低,说明试样的耐刮擦性得到提高。主要是由于铝粉含量的增加使得铝粉更易于暴露在树脂表面,而铝金属本身的耐刮擦性优于树脂,所以铝粉会对试样表面的耐刮擦性产生影响,从而对试样表面的光泽产生影响,进而影响试样的外观,所以适当地调节铝粉的含量有利于注塑件外观光泽的改善。

(2) 铝粉粒径对试样耐刮擦性的影响。

对比表 3 中 3[#],5[#] 和 6[#] 试样的光泽度变化率可以看出,随着铝粉粒径的增加,试样的光泽度变化率逐渐增大,说明试样的耐刮擦性逐渐降低,表明小粒径的铝粉在一定程度上有利于改善试样的耐刮擦性。另外,小粒径的铝粉整齐排列比大粒径铝粉更能抵抗外力的破坏。这是因为在铝粉含量相同条件下,铝粉的粒径越小,分散在树脂中越容易形成连续的铝粉层,使得被铝粉覆盖的树脂表面更加接近于铝金属。

(3) ASA 高胶粉含量对试样耐刮擦性的影响。

对比表 3 中 3[#],7[#] 和 8[#] 试样耐刮擦实验前后的光泽度及其变化率可知,随着 ASA 高胶粉含量的增

加,试样耐刮擦实验前的光泽度增大。主要是由于 ASA 高胶粉的粘结作用使得树脂相更为均一,通过一定量 ASA 高胶粉的加入,一定程度上有利于改善试样的外观质感。而经过耐刮擦性实验后,光泽度变化率呈现升高的趋势,7[#] 试样的光泽度变化率有最小值,说明 ASA 高胶粉的增加明显降低了试样表面的耐刮擦性。主要是因为橡胶粒子本身的高韧性、低刚性,ASA 高胶粉含量的增加导致基体的刚性降低,使试样表面的耐刮擦性变差。

综上所述,当 ASA 高胶粉含量为 10 份、粒径 10 μm 铝粉 A 的含量为 2 份时,7[#] 试样的光泽度变化率达到最小值,为 55%,耐刮擦性最好;当 ASA 高胶粉含量为 20 份、粒径 40 μm 铝粉含量为 2 份时,6[#] 试样的光泽度变化率为 86%。

2.5 表面铅笔硬度分析

车用免喷涂金属质感 ASA 材料试样表面的铅笔硬度见表 4。

表 4 车用免喷涂金属质感 ASA 材料试样表面的铅笔硬度

试样编号	等级
1 [#]	B
2 [#]	B
3 [#]	B
4 [#]	B
5 [#]	B
6 [#]	B
7 [#]	HB
8 [#]	3B

(1) 铝粉含量对试样表面铅笔硬度的影响。

由表 4 可以看出,添加不同含量的铝粉 A,1[#]~4[#] 试样的表面铅笔硬度仍然保持在 B 级,说明铝粉被树脂浸润良好,并未浮在树脂表面;铝粉含量对试样表面硬度的影响较小,不足以使试样表面的硬度产生变化。

(2) 铝粉粒径对试样表面铅笔硬度的影响。

对比表 4 中 3[#],5[#] 和 6[#] 试样的表面铅笔硬度可知,3 个试样的表面铅笔硬度均为 B 级,说明不同铝粉粒径对试样表面硬度的影响较小。

(3) ASA 高胶粉含量对试样表面铅笔硬度的影响。

ASA 高胶粉的含量是影响试样表面铅笔硬度的重要因素。对比不同 ASA 高胶粉含量的 3[#],7[#] 和 8[#] 试样可知,当 ASA 高胶粉含量由 10 份增加到 20 份时,试样的表面铅笔硬度由 HB 级(7[#] 试样)降低到 B 级(3[#] 试样),进一步增加 ASA 高胶粉的含量至 30 份,试样的表面铅笔硬度降低到 3B 级(8[#] 试样)。这一结果与弯曲性能的测试结果相

一致,说明 ASA 高胶粉含量的提高降低了试样的刚性,使得抵抗作用于试样表面形变的能力变弱,因而表现出试样的表面铅笔硬度下降。

综上所述,当 ASA 高胶粉含量为 10 份、粒径 10 μm 铝粉 A 的含量为 2 份时,7[#] 试样的表面铅笔硬度最高,为 HB 级;当 ASA 高胶粉含量为 20 份、粒径 40 μm 铝粉含量为 2 份时,6[#] 试样的表面铅笔硬度较高,为 B 级。

3 结论

(1) 铝粉含量和粒径对 ASA 材料试样的外观、弯曲性能、缺口冲击性能、加工性能、耐刮擦性和表面铅笔硬度有不同程度的影响。铝粉含量的增加可使试样的金属质感提升,而粒径增加可使试样的闪烁质感提升,但铝粉含量增加对试样力学性能的影响比粒径增大更明显,相比未添加铝粉 A 的 1[#] 试样,添加 4 份铝粉 A 的 4[#] 试样的弯曲弹性模量提升 8.7%,但简支梁缺口冲击强度降低 65%;相比添加粒径为 10 μm 铝粉 A 的 3[#] 试样,添加粒径为 40 μm 铝粉 C 的 6[#] 试样的弯曲弹性模量仅提升 1%,简支梁缺口冲击强度仅降低 3.8%。铝粉含量增加可提高试样的耐刮擦性,而铝粉粒径增加会降低其耐刮擦性,铝粉含量和粒径对加工性能和表面铅笔硬度的影响不显著。

(2) ASA 高胶粉含量的增加显著改善了试样的简支梁缺口冲击强度,但降低了弯曲性能、加工性能、耐刮擦性和表面铅笔硬度。

(3) 当 ASA 高胶粉含量为 10 份、粒径 10 μm 铝粉 A 的含量为 2 份时,制备的 7[#] 试样具有较好的金属质感,此时弯曲强度、弯曲弹性模量及 MFR 均达到最大值,分别为 88.2 MPa,3 003.3 MPa 和 13.5 g/(10 min),弯曲性能和加工性能最好;光泽度变化率达到最小值,为 55%,耐刮擦性最好;表面铅笔硬度最高,为 HB 级,而简支梁缺口冲击强度最小,为 2.6 kJ/m²。而当 ASA 高胶粉含量为 20 份、粒径 40 μm 铝粉 C 含量为 2 份时,制备的 6[#] 试样具有最好的闪烁质感,力学性能、加工性能及表面铅笔硬度都较高,弯曲强度、弯曲弹性模量和简支梁缺口冲击强度分别为 68.2 MPa,2 310.0 MPa 和 12.5 kJ/m²,MFR 为 7.9 g/(10 min),光泽度变化率为 86%,表面铅笔硬度为 B 级,此时试样的综合性能最佳。

参考文献

[1] 孟征,孙兆懿,贺芳,等.高光免喷涂 ABS/PMMA 合金研究进展

- [J]. 工程塑料应用,2016,44(2):134-139.
- Meng Zheng, Sun Zhaoyi, He Fang, et al. Advance in research of ABS/PMMA alloy with high-gloss and free-spraying[J]. Engineering Plastics Application, 2016, 44(2):134-139.
- [2] 董前年,武立新,徐瞳瞳,等.铝颜料在免喷涂塑料中的应用研究[J].安徽化工,2020,46(4):1-3.
- Dong Qiannian, Wu Lixin, Xu Tongtong, et al. Overview of the application of aluminum pigments in spray-free plastics[J]. Anhui Chemical Industry, 2020, 46(4):1-3.
- [3] 杨北京,杨旭,苏婧颖,等.免喷涂注塑件的成型品质及应用概述[J].中国塑料,2020,34(6):118-125.
- Yang Beijing, Yang Xu, Su Jingying, et al. Processing qualities and applications of injection molded spray-free plastic parts[J]. China Plastics, 2020, 34(6):118-125.
- [4] 陶永亮,王晓光,欧阳婷.免喷涂材料在汽车零件中的应用[J].橡塑技术与装备,2019,45(18):21-24.
- Tao Yongliang, Wang Xiaoguang, Ouyang Ting. Application of non-spraying material in automotive parts[J]. China Rubber/Plastics Technology and Equipment, 2019, 45(18):21-24.
- [5] 王琪,林荣涛,卢朝亮,等.丙烯腈-苯乙烯-丙烯酸酯耐候性能的研究[J].广东化工,2018,45(16):44-47.
- Wang Qi, Lin Rongtao, Lu Chaoliang, et al. Study on the weather-resistance of acrylonitrile-styrene-acrylate[J]. Guangdong Chemical Industry, 2018, 45(16):44-47.
- [6] 王亮,郭涛,付锦锋,等.ASA 耐候性影响因素研究[J].合成材料老化与应用,2019,48(2):1-4.
- Wang Liang, Guo Tao, Fu Jinfeng, et al. Study on the influence factors of weatherability of ASA[J]. Synthetic Materials Aging and Application, 2019, 48(2):1-4.
- [7] 林洁龙,杨波,丁正亚,等.免喷涂外观美学树脂的应用[J].工程塑料应用,2016,44(10):36-40.
- Lin Jielong, Yang Bo, Ding Zhengya, et al. Applied of paint-free resin with aesthetics exterior[J]. Engineering Plastics Application, 2016, 44(10):36-40.
- [8] 邱卫美,田冶.ASA 树脂及其合金的性能与应用[J].塑料工业,2008,36(7):53-55.
- Qiu Weimei, Tian Ye. Characterization and application of asa resin and its alloy[J]. China Plastics Industry, 2008, 36(7):53-55.
- [9] 郭涛,王亮,王林,等.AXS 材料的应用研究[J].合成材料老化与应用,2012,41(3):24-26,29.
- Guo Tao, Wang Liang, Wang Lin, et al. Study of AXS materials applications[J]. Synthetic Materials Aging and Application, 2012, 41(3):24-26, 29.
- [10] 蒋琳,蔡卓琳,黄海.浅谈汽车格栅设计[J].时代汽车,2018(1):49-50,56.
- Jiang Lin, Cai Zhuolin, Huang Hai. Discussion on the design of automobile grille[J]. Auto Time, 2018(1):49-50, 56.
- [11] 代亚君,赵晶琦,刘凯悦.汽车格栅造型设计影响因素研究[J].

- 天津科技, 2021, 48(7):123–126, 129.
- Dai Yajun, Zhao Jingqi, Liu Kaiyue. Research on influencing factors of automobile grille styling design[J]. Tianjin Science & Technology, 2021, 48(7):123–126, 129.
- [12] 及爱强. 免喷涂材料在汽车行业的应用[J]. 时代汽车, 2017(9):70–71.
- Ji Aiqiang. Application of spray-free materials in automobile industry[J]. Auto Time, 2017(9):70–71.
- [13] 俞大象, 刘倩倩. 免喷涂材料在汽车行业的应用[J]. 绿色科技, 2017(2):109–110.
- Yu Daxiang, Liu Qianqian. Application of spray-free material in automotive industry[J]. Journal of Green Science and Technology, 2017(2):109–110.
- [14] 李雄武, 胡天辉, 宋克东, 等. 高光免喷涂 ABS 材料的性能研究[J]. 塑料工业, 2021, 49(11):34–37.
- Li Xiongwu, Hu Tianhui, Song Kedong, et al. Study on properties of high gloss free-painting ABS material[J]. China Plastics Industry, 2021, 49(11):34–37.
- [15] 胡纲. 免喷涂 ABS 的性能研究[J]. 塑料工业, 2015, 43(9):117–120.
- Hu Gang. Study on mechanical properties of free-painting ABS[J]. China Plastics Industry, 2015, 43(9):117–120.
- [16] 朱秀梅, 叶南彪, 黄险波. 从铝粉优选角度谈免喷涂外观缺陷改善[J]. 广东化工, 2021, 48(9):37–39.
- Zhu Xiumei, Ye Nanbiao, Huang Xianbo. Discussion on improvement of appearance defects of spray-free from the perspective of aluminum powder optimization[J]. Guangdong Chemical Industry, 2021, 48(9):37–39.
- [17] 徐瞳瞳, 董前年, 朱雷明, 等. 不同径厚比铝颜料在塑料中应用效果的研究[J]. 安徽化工, 2021, 47(1):76–79.
- Xu Tongtong, Dong Qiannian, Zhu Leiming, et al. Study on application effect of aluminium pigment with different diameter and thickness ratio in plastics[J]. Anhui Chemical Industry, 2021, 47(1):76–79.
- [18] 董前年, 徐瞳瞳, 聂树平, 等. 塑料免喷涂用条状铝颜料的制备与应用研究[J]. 安徽化工, 2019, 45(1):71–73, 75.
- Dong Qiannian, Xu Tongtong, Nie Shuping, et al. Study on the preparation and application of strip aluminum pigments for free spraying of plastics[J]. Anhui Chemical Industry, 2019, 45(1):71–73, 75.
- =====
- (上接第 13 页)
- networks with glass-like fluidity[J]. Chemical Science, 2016, 7(1):30–38.
- [7] Montarnal D, Capelot M, Tournilhac F, et al. Silica-like malleable materials from permanent organic networks[J]. Science, 2011, 334(6058):965–968.
- [8] 张希. 可多次塑型、易修复及耐低温的三维动态高分子结构[J]. 高分子学报, 2016(6):685–687.
- Zhang Xi. Reconfigurable, easy repairable and low-temperature resistant dynamic 3D polymer structures[J]. Acta Polymerica Sinica, 2016(6):685–687.
- [9] Self J L, Dolinski N D, Zayas M S, et al. Brønsted-acid-catalyzed exchange in polyester dynamic covalent networks[J]. ACS Macro Letters, 2018, 7(7):817–821.
- [10] Liu F, Urban M W. Recent advances and challenges in designing stimuli-responsive polymers[J]. Progress in Polymer Science, 2010, 35(1–2):3–23.
- [11] Demongeot A, Mognier S J, Okada S, et al. Coordination and catalysis of Zn^{2+} in epoxy-based vitrimers[J]. Polymer Chemistry, 2016, 7(27):4486–4493.
- [12] Denissen W, Rivero G, Nicolay R, et al. Vinylogous urethane vitrimers[J]. Advanced Functional Materials, 2015, 25(16):2451–2457.
- [13] Denissen W, Driesbeke M, Nicolay R, et al. Chemical control of the viscoelastic properties of vinylogous urethane vitrimers[J]. Nature Communications, 2017, 8. DOI:10.1038/ncomms14857.
- [14] Denissen W, De Baere I, Van Paepegem W, et al. Vinylogous urea vitrimers and their application in fiber reinforced composites[J]. Macromolecules, 2018, 51(5):2054–2064.
- [15] Spiesschaert Y, Guerre M, De Baere I, et al. Dynamic curing agents for amine-hardened epoxy vitrimers with short (re)processing times[J]. Macromolecules, 2020, 53(7):2485–2495.
- [16] Trumbo D L. Michael addition polymers from bisacetoacetates[J]. Polymer Bulletin, 1991, 26:481–485.