

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2012.07.008

工艺参数对 ABS / 铝粉共混制件力学性能的影响^{*}

闵成勇, 肖小亭, 陈真, 章柱衡, 张婧婧

(广东工业大学材料与能源学院, 广州 510006)

摘要: 对影响丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料 / 铝粉制件力学性能的熔体温度、保压时间、保压压力、注塑压力和高闪光铝含量等工艺参数采用正交实验方案进行试验研究。根据试验结果, 利用正交试验综合法分析不同工艺参数对共混制件拉伸强度和冲击强度的影响水平, 得出了一组较优的工艺参数组合。结果表明, 熔体温度和铝粉含量是影响共混制件力学性能的主要因素。

关键词: 共混物; 正交实验; 力学性能; 工艺参数

中图分类号: TQ320.66

文献标识码: A

文章编号: 1001-3539(2012)07-0032-04

Influences of Process Parameters on Mechanical Properties of ABS / Aluminum Powder Blending Products

Min Chengyong, Xiao Xiaoting, Chen Zhen, Zhang Zhuheng, Zhang Jingjing

(Faculty of Materials and Energy, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract: The process parameters influencing mechanical properties of ABS / aluminum injection products were researched by orthogonal experiment. The parameters included melt temperature, holding time, packing pressure, injection pressure and high flash aluminum content, etc. According to the experimental results, influences of tensile strength and impact strength were analyzed by orthogonal multi-index comprehensive analytic, and the better process parameter was obtained. The results showed that melt temperature and aluminum powder content were the main influence factors to the mechanical properties.

Keywords: blend; orthogonal experiment; mechanical property; process parameter

近年来, 对塑料制品的要求不仅是数量上与日俱增, 对其质量的要求也是越来越高。对一些塑料外饰件, 不但要求其性能满足使用要求, 而且还要求其表面具有珠光及闪光效果。为实现这样的效果, 传统的加工工艺一般采用在注塑后对产品进行喷涂, 但是喷涂加工工艺一方面工序复杂, 生产成本低, 且产品容易出现表层掉漆; 另一方面喷涂加工过程容易对环境产生污染, 危害健康^[1]。因此, 采用金属粉末与塑料共混注射成型直接获得具有金属光泽的塑料制品将成为一种势在必行的方法。

铝粉是目前应用比较广泛的金属颜料, 在涂料、油墨、塑料中有着广泛的应用。闪光铝粉颜料具有片状的几何结构, 高闪光铝粉颜料对可见光、红外光及紫外光都有很高的反射率, 且制件可起到一定的隔热作用^[1-4]。目前国内关于铝粉与塑料共混注射成型方面的研究成果未见报道, 国外虽然有金属颜料配色与塑料共混注塑工艺的研究和应用, 但由于技术保密原因也是很少有这方面的成果报道。不过在对金属与塑料复合材料特性、铝粉表面改性、熔接痕消除方法等方面的研究还是比较多的。骆

志高等^[5]对金属塑料复合材料的减震、耐磨性能进行了研究, 结果表明, 复合材料在相同阶模态条件下, 振幅降低 17%~28%, 固有频率下降, 阻尼比显著提高, 减振效果明显, 复合材料的综合性能明显提高。P. M. Karlsson 等^[6-7]采用甲基丙烯酸甲酯、丙烯酸酯包覆铝粉以提高其与塑料基材的相容性与分散性, 而 Liu H 等^[8]则采用 20% 的(苯乙烯 / 马来酸酐)共聚物包覆的方法提高铝粉的抗腐蚀性。K. W. Rawson 等^[9]采用了新成型工艺, 通过控制铝粉在聚丙烯中的取向来实现消除熔接痕的目的。B. Solymosy 等^[10]研究了不同纤维含量的聚合物标准件的力学性能情况。

笔者以应用较广的丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS)为基材, 通过正交实验研究熔体温度、保压时间、保压压力、注塑压力和高闪光铝含量等多项工艺参数对 ABS / 铝粉共混注塑件力学性能的影响。

^{*} 粤港关键领域招标项目(2008Z51)

联系人: 肖小亭, 教授, 主要从事材料成型加工理论与工艺及模具 CAD / CAM / CAE 技术的研究与开发

收稿日期: 2012-04-18

响。

1 实验部分

1.1 原材料

ABS:PA-757K,镇江奇美化工有限公司;

铝颜料:ZP7140,平均粒径 $50\mu\text{m}$,族兴铝颜料公司;

偶联剂:铝酸酯-411,南京曙光化工集团有限公司。

1.2 仪器及设备

双螺杆挤出机:TE-34 型,江苏科亚化工装备公司;

注塑机:CJ80TB 型,震德塑料机械有限公司;

微机控制电子万能(拉力)试验机:CMT 系列,深圳市新三思材料检测有限公司;

悬臂梁冲击试验机:XJU-22 型,承德市开发区德盛检测设备有限公司;

扫描电子显微镜(SEM):S-3400 型,日本日立公司。

1.3 试样制备

将不同配比的高闪光铝与 ABS 共混造粒,然后注塑成型出标准试样。

1.4 性能测试

拉伸和冲击的标准试样分别按 GB/T 1040-1992, GB/T 1943-2007 制备,拉伸强度标准件哑铃形的原始标距 80 mm,试样宽度 10 mm,试样厚度 4 mm,拉伸速度 5 mm/min。悬臂梁冲击强度标准件的试样宽度 10 mm,试样厚度 4 mm。按照 L_{16} 的正交实验表进行实验,为了减少因模具温度差异和原料成分不同而引起的误差,每种不同原料的前 10 次标准件不采用,相同工艺条件下的实验重复 4 次,以减少误差。

2 结果与讨论

正交实验设计方法是应用正交矩阵执行最少的实验次数而获得足够实验信息的统计学工具,是一种同时研究不同的工艺参数对制品质量影响的有效方法^[11]。通过正交实验的极差分析可得出较优的工艺参数组合,达到工艺参数优化配置的目的。本实验根据影响制品力学性能的因素个数选定的试验因素与水平如表 1 所示,设定正交实验设计方案如表 2 所示。

2.1 标准样件力学性能的测定与分析

表 3、表 4 分别示出按照正交表进行实验的标准件的拉伸强度和冲击强度。

表 1 正交实验因素与水平

因素	水平			
	1	2	3	4
熔体温度(A)/℃	200	215	230	245
保压时间(B)/s	2	4	6	8
保压压力(C)/MPa	3	5	7	9
注塑压力(D)/MPa	2	4	6	8
高闪光铝含量(E)/%	2	3	4	5

表 2 正交实验设计方案

序号	因素				
	A	B	C	D	E
1	1	1	1	1	1
2	1	2	2	2	2
3	1	3	3	3	3
4	1	4	4	4	4
5	2	1	2	3	4
6	2	2	1	4	3
7	2	3	4	1	2
8	2	4	3	2	1
9	3	1	3	4	2
10	3	2	4	3	1
11	3	3	1	2	4
12	3	4	2	1	3
13	4	1	4	2	3
14	4	2	3	1	4
15	4	3	2	4	1
16	4	4	1	3	2

表 3 拉伸强度的测试结果及平均值

序号	试样 1	试样 2	试样 3	试样 4	平均值
1	40.21	39.63	40.33	39.46	39.90
2	37.03	36.95	36.98	36.77	36.93
3	41.35	42.83	41.16	41.14	41.62
4	36.22	36.58	36.24	37.15	36.55
5	38.85	38.74	38.85	39.32	38.94
6	41.40	40.32	39.41	36.33	39.32
7	41.94	42.46	43.43	43.17	42.75
8	43.48	42.81	41.82	37.07	41.30
9	39.32	37.68	36.66	38.41	38.02
10	40.47	40.79	40.07	40.17	40.38
11	37.37	33.67	33.59	39.21	35.86
12	40.03	41.46	40.47	41.55	40.88
13	36.79	37.41	37.66	37.59	37.36
14	37.74	38.65	37.34	38.70	38.11
15	39.12	38.54	38.14	38.30	38.53
16	34.11	38.71	34.29	33.93	35.26

根据实际测量结果,加入铝粉后共混物的各项力学性能相比纯 ABS 有所下降,应该是共混物中铝粉与 ABS 熔融结合得不够完全,破坏了聚合物的分子链结构,需要加入一些添加剂和改善注塑工艺参数来提高共混物的综合力学性能。

为了直观表示各工艺参数与标准件力学性能的关系,可利用极差分析法直观获得各因素对指标的影响程度,寻求各工艺参数的最佳搭配。极差分析法是指计算出各因素在各水平的平均值和极差,

表4 悬臂梁冲击实验的测试结果及平均值

序号	试样 1	试样 2	试样 3	试样 4	平均值
1	45.78	39.10	44.53	44.30	43.30
2	35.88	38.50	45.45	42.70	40.63
3	47.31	47.88	44.53	45.78	46.38
4	40.58	39.09	39.17	42.08	40.23
5	35.88	40.68	36.45	39.68	38.17
6	44.83	49.55	40.58	40.28	43.81
7	43.78	44.28	44.08	41.78	43.48
8	43.30	56.05	43.83	49.88	48.27
9	43.30	39.68	44.53	41.48	42.25
10	54.40	55.40	51.80	49.23	52.70
11	30.53	19.65	24.68	28.38	31.76
12	44.53	44.88	49.23	49.55	47.05
13	45.19	45.88	44.58	40.28	43.98
14	30.53	19.65	24.68	28.38	25.81
15	57.73	61.78	53.43	59.55	58.13
16	42.40	45.32	43.05	40.58	42.95

极差是一组数据中最大值和最小值之差,差值越大,表示该因素对指标的影响程度越大,该因素越关键;差值越小,表示影响程度越不显著,因素对指标的影响不大^[12-13]。拉伸强度与冲击强度的极差分析结果分别如表5和表6所示。拉伸强度和冲击强度的水平因素与指标关系分别如图1、图2所示。

表5 拉伸强度的极差分析结果¹⁾

项目	因素				
	熔体温度	保压时间	保压压力	注塑压力	铝粉含量
K_{11}	38.750	38.555	37.585	40.410	40.027
K_{21}	40.578	38.685	38.820	37.862	38.240
K_{31}	38.785	39.690	39.763	39.050	39.795
K_{41}	37.315	38.497	39.260	38.105	37.365
极差 R	3.263	1.193	2.178	2.548	2.662

注:1) K_{ij} 为均值; i 为水平; $j=1$ 代表拉伸强度, $j=12$ 代表冲击强度,下同。

表6 冲击强度的极差分析结果

项目	因素				
	熔体温度	保压时间	保压压力	注塑压力	铝粉含量
K_{12}	42.635	41.925	40.455	39.910	50.600
K_{22}	43.433	40.737	45.995	41.160	42.328
K_{32}	43.440	44.938	40.678	45.050	45.305
K_{42}	42.718	44.625	45.097	46.105	33.992
极差 R	0.805	4.201	5.540	6.195	16.608

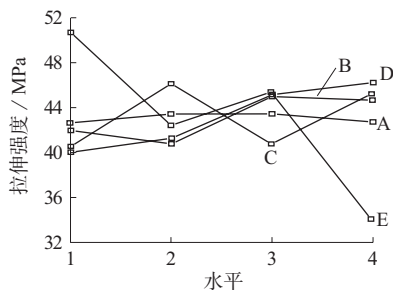


图1 拉伸强度的水平因素趋势图

从表3、表4可以看出,工艺参数在不同的水平

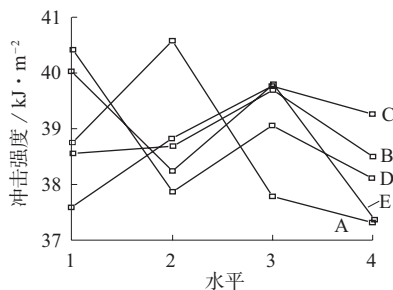


图2 冲击强度的水平因素趋势图

条件下,其对标准件的拉伸强度和冲击强度的影响是有区别的。由表5的拉伸强度极差值可知,熔体温度的极差值最大,保压时间的极差值最小,所以影响标准件拉伸强度最主要的影响因素是熔体温度,拉伸强度最佳的工艺参数组合是熔体温度 215℃、保压时间 6 s、保压压力 7 MPa、注塑压力 8 MPa、铝粉含量 2%。从图1的拉伸强度水平因素趋势图也可以得出最佳工艺。

由表6和图2可知,影响冲击强度最主要的影响因素是铝粉含量,其次是注塑压力,冲击强度的最佳工艺参数组合是熔体温度 230℃、保压时间 6 s、保压压力 5 MPa、注塑压力 8 MPa、铝粉含量 2%。经过极差分析得出的拉伸强度和冲击强度的最佳工艺组合都不在正交表 L_{16} 的实验范围内,所以必须进行实验验证。

2.2 标准样件力学性能的综合分析及验证

由于本实验是利用拉伸强度和冲击强度两个指标来衡量共混物标准件的力学性能,可用正交实验的综合平衡法分析,将两个指标的最优生产条件综合平衡,找出兼顾两个指标的工艺组合。综合平衡法的一般原则是:当各指标的重要性不一样时,选取水平应保证重要的指标;当各指标的重要性相仿时,选取水平应该优先照顾主要因素或看多数的倾向。

本实验中,熔体温度对拉伸强度是主要因素,对冲击强度是最次要因素,故熔体温度为 215℃;铝粉含量对于拉伸强度是较主要因素,对于冲击强度是主要因素,且都是 2%,故铝粉含量为 2%;保压时间对拉伸强度是次要因素,对于冲击强度也是较次要因素,故保压时间为 6 s;保压压力对于拉伸强度为较次要因素,对于冲击强度为较主要因素,故保压压力为 5 MPa;注塑压力对于拉伸强度是较次要因素,对于冲击强度是较主要因素,故注塑压力为 8 MPa。根据得到的最佳工艺组合再进行实验验证,

测得拉伸强度的平均值是 39.89 MPa,冲击强度是 50.75 kJ/m²,虽然利用平衡分析法得到的最佳工艺制得样件的拉伸和冲击的指标值都不是正交表中的最佳指标,但都是较优的指标,所以经综合平衡分析及实验验证,此工艺参数组合的综合性最优。

2.3 标准样件断面的 SEM 检测

利用 SEM 检测可以获得高闪光铝粉在试样断面的形貌特征,为更好地分析高闪光铝粉与 ABS 共混制件的混合规律提供参考依据。对表 3 和表 4 中最好拉伸强度样件、最好冲击强度样件、最差拉伸强度和最差冲击强度样件断面分别用 SEM 进行形貌特征观察,结果如图 3、图 4 所示。

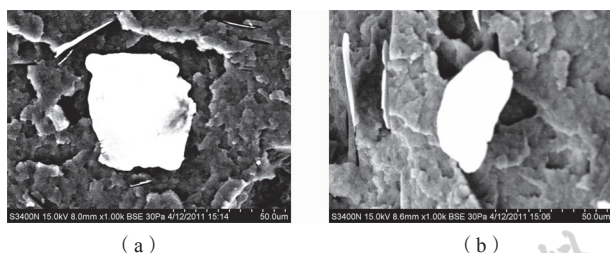


图 3 不同拉伸强度样件的断面形貌(放大 1000 倍)

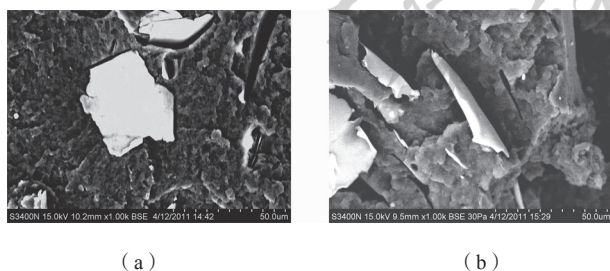


图 4 不同冲击强度样件的断面形貌(放大 1000 倍)

图中的白色亮点是高闪光铝粉,拉伸强度和冲击强度最好的标准件的断面形貌中,高闪光铝粉在 ABS 中的分布均匀,密集程度不高,而且大部分铝粉与 ABS 熔接较好,截面积大的那个面垂直于熔体流动的方向,且受剪切力作用力大,有利于闪光铝粉与 ABS 基体的熔合,提高共混物制件的力学性能。反映出了铝粉颗粒的大小以及工艺参数对铝粉在共混物中的分布情况都有一定的影响。

3 结论

(1)随着铝粉含量的增加,样件的冲击强度和

拉伸强度都在下降,其中冲击强度下降更明显。

(2)熔体温度 215℃、保压时间 6 s、保压压力 5 MPa、注塑压力 8 MPa、铝粉含量 2% 是一组综合性最优的工艺参数组合,可以得到较优的冲击强度和拉伸强度。熔体温度和铝粉含量是影响共混物标准件力学性能的主要因素。

(3)铝粉在共混物中分布得越均匀,共混物的力学性能越好。同时工艺参数及铝粉粒径对铝粉在共混物中的分布情况有较大的影响。

参考文献

- [1] 王斌,周霆,董建廷,等.不同加工工艺对 ABS 金属闪光效果影响的研究[J].工程塑料应用,2010,38(10):40-42.
- [2] 黎明庆.浅谈闪光铝涂料用颜料——闪光铝粉及云母钛颜料[J].广州化工,2001,29(1):19-22.
- [3] 刘鹏,徐霞明.云母基珠光颜料的研究进展[J].材料导报,2005,19(6):36-38.
- [4] 刘小杰,黄婉霞,张月,等.珠光颜料的最新研究进展[J].材料导报,2006,22(6):280-282.
- [5] 骆志高,陈保磊,庞朝利.金属塑料复合材料减振耐磨性能的试验研究[J].塑料工业,2009,37(5):60-63.
- [6] Karlsson P M, Esbjomsson N B, Holmberg K. Admicellar polymerization of methyl methacrylate on aluminum pigments[J].Journal of Colloid and Interface Science,2009,337(2):364-368.
- [7] Muller B, Paulus A, Lettmann B, et al. Amphiphilic maleic acid copolymers as corrosion inhibitors for aluminum pigment[J].Journal of Applied Polymer Science,1998,69(2):2169-2174.
- [8] Liu H, Ye H, Tang X. Aluminum pigment encapsulated by in situ copolymerization of styrene and maleic acid[J].Applied Surface Science,2007,254(2):616-620.
- [9] Rawson K W, Allan P S, Bevis M J. Controlled orientation of reflective pigment and optical property characterization of injection mold polypropylene[J].Polymer Engineering and Science,1999,39(1):177-189.
- [10] Solymossy B, Kovacs J G. The examination of weld line properties in injection molded PP composites[J].Materials Science, Testing and Informatics,2008,58(9):263-267.
- [11] 张宇,段召华,何波兵,等.注塑工艺参数对长玻纤维增强 PA66 复合材料力学性能的影响[J].塑料科技,2011(2):65-70.
- [12] 赵选民.试验设计方法[M].北京:科学出版社,2006.
- [13] 杨合,詹梅.材料加工过程实验建模方法[M].西安:西北工业大学出版社,2008.

Polyplex 将建 60 万 t PET 树脂装置

印度聚酯薄膜生产商 Polyplex 公司近日宣布,计划在土耳其 Corlu 投资 1.5 亿美元建设聚对苯二甲酸乙二酯(PET)树脂装置,该装置将拥有 60 万 t/a 的生产能力。项目分两期

建成,第一阶段将在 2013 年第一季度完成,第二阶段将在 2016 年完成。其生产的 PET 树脂近 70%~80% 将出口到欧洲、俄罗斯和美国。目前 Polyplex 公司在 Corlu 已拥有聚酯薄膜装置。(工程塑料网)