

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2014.02.012

滚塑制品表面气孔的影响因素研究

温原, 郭强

(浙江瑞堂塑料科技有限公司, 浙江慈溪 315323)

摘要: 利用双螺杆挤出机和磨粉机将线型低密度聚乙烯加工成滚塑用粉体, 然后采用模拟滚塑加工的方式, 研究了粉体粒径、加工温度和时间等 3 个因素对滚塑制品表面气孔数量的影响, 并进行了正交实验分析。结果表明, 粉体粒径越小, 越容易通过提高加工温度来消除表面气孔, 但粒径较小的粉体不利于滚塑成型; 粉体粒径越小, 加工时间对表面气孔数量的影响越大, 延长加工时间可在一定程度上减少表面气孔数量, 但效果不明显; 加工温度对表面气孔数量的影响最为显著, 提高加工温度可完全消除表面气孔, 是首选的消除滚塑制品表面气孔的方法。

关键词: 滚塑; 表面气孔; 粉体粒径; 加工温度; 加工时间

中图分类号: TQ32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2014)02-0052-03

Influencing Factors of Rotomolding Plastic Parts Surface Pore

Wen Yuan, Guo Qiang

(Zhejiang Rotoun Plastic Technology Co. Ltd., Cixi 315323, China)

Abstract : The linear low density polyethylene powder used for rotomolding was prepared by using twin-screw extruder and pulverizer, then the way of simulating rotomolding was adopted and the effects of powder particle size, processing temperature and time on the surface pore amount of rotomolding plastic parts were studied, and an orthogonal test analysis was done. The results show that the smaller the particle size is, the more easily the surface pore is eliminated through improving the processing temperature, but the powder with the small size is not conducive for rotomolding. The smaller the particle size is, the greater the effects of the processing on the surface pore amount is, to some extent, extending the processing time can reduce the surface pore amount as well, but not remarkable. The effects of the processing temperature is most remarkable and improving it can eliminate the surface pore totally, which is a first choice method for eliminating the surface pore of rotomolding plastic parts.

Keywords : rotomolding ; surface pore ; powder particle size ; processing temperature ; processing time

在聚乙烯 (PE) 滚塑成型中, 表面气孔问题是引起制品不合格的重要因素^[1]。研究表明, 在滚塑成型中, 表面气孔的产生是工艺过程中的一个必经阶段, 需在合适的工艺条件下进行消除。PE 的熔体流动速率、PE 粉体的粒径、添加的色粉种类、脱模剂的使用量及加工工艺等因素都对表面气孔的消除产生影响^[2]。行业内大部分研究集中在探讨滚塑过程中气泡形成的机制和滚塑制品内部气泡如何消除等方面, 而对表面气孔的问题, 尤其是在工艺过程中如何消除表面气孔的问题很少涉及^[3]。

为此, 笔者采用模拟滚塑加工的方式, 研究了线型低密度 PE(PE-LLD) 粉体粒径、加工温度和时间等因素对滚塑制品表面气孔的影响, 并通过正交试验得出这些因素的影响程度。

1 实验部分

1.1 主要原材料

PE-LLD : 8446.21, 埃克森美孚化工有限公司;

抗氧剂 AT10 和 168 : 宁波金海雅宝化工有限公司;

色粉: 市售。

1.2 主要仪器及设备

双螺杆挤出机: T65 型, 南京诚盟机械有限公司;

磨粉机: T750 型, 嵊州恒力设备有限公司;

电热鼓风烘箱: DHG-101-1A 型, 上海沪越仪器设备厂;

电子显微镜: XDS-10A 型, 深圳市金基泰电子科技有限公司;

标准筛: 市售。

1.3 试样制备

按一定配比将 PE-LLD 和抗氧剂 AT10, 168 及色粉混合, 通过双螺杆挤出机在 120~190℃ 下造粒,

联系人: 温原, 高级工程师, 主要从事滚塑专用料的研究

收稿日期: 2013-12-09

然后使用磨粉机在 3 200 r/min 转速下研磨成粉体,再用标准筛筛分出不同粒径的粉体备用,粉体的粒径如表 1 所示。

表 1 筛分出的粉体粒径

项目	编 号						μm
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]	
粒径	500~590	420~500	297~420	212~298	150~212	74~150	

将不同粒径的粉体平铺在 30 mm×30 mm 的铝制盒子内,然后将其放在电热鼓风烘箱内,设置不同温度和时间来模拟滚塑加工的方式,得到相应的滚塑模拟试样。

1.4 性能测试

粉体的干粉流动时间和堆积密度按国际滚塑协会制定的关于 PE 干粉流动性的标准测试;

将试样作 3×3 等分划格,取中间 10 mm×10 mm 的格子,在 300 倍的电子显微镜下拍照并打印,计算中间格子的气孔数量。

2 结果和讨论

2.1 不同粒径的滚塑用粉体成型性能

表 2 为不同粒径的滚塑用粉体干粉流动时间和堆积密度。由于滚塑工艺的特殊性,滚塑粉体的堆积密度越大越好,干粉流动时间则越小越好。从表 2 可以看出,未筛分粉体的堆积密度最大,干粉流动时间有一较小的值;而对于筛分的不同粒径的粉体来说,粉体太粗或太细,干粉流动时间均会增加,而同时堆积密度也会有所下降,这不利于滚塑生产。从表 2 还可看出,粒径为 74~150 μm 的粉体未发生流动,这表明较小的粒径不利于粉体滚塑成型。

表 2 不同粒径的滚塑用粉体干粉流动时间和堆积密度

粉体种类	干粉流动时间 / [s·(100 g) ⁻¹]	堆积密度 / [g·(100 mL) ⁻¹]
未筛分	20.9	0.348
1 [#]	26.3	0.318
2 [#]	24.0	0.323
3 [#]	20.3	0.334
4 [#]	22.6	0.334
5 [#]	22.6	0.333
6 [#]		0.312

注: 6[#] 粉体未发生流动。

2.2 粉体粒径对初始气孔数量的影响

不同加工温度下,选取加工时间 10 min 作为观察初始气孔的工艺条件。此时,粉体刚好融化完毕,但还没有开始流平,此时产生的气孔可称为初始气孔。图 1 为不同加工温度下粉体粒径对初始气孔数量的影响。从图 1 可看出,在加工温度低于 190℃时,随着粒径的减小,粉体产生的初始气孔数量逐渐增多;当加工温度为 190 和 210℃时,随着粒

径的减小,初始气孔数量先增多后减少,当加工温度高于 210℃时,随着粒径减小,初始气孔数量逐渐减少直至消除。

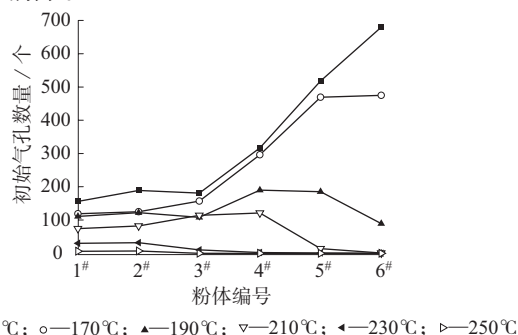


图 1 不同加工温度下粉体粒径对初始气孔数量的影响

2.3 加工温度对表面气孔数量的影响

滚塑加工的常规加工时间约为 20 min,因此选择加工时间 20 min 作为模拟的滚塑加工时间,在不同加工温度下计算不同粉体粒径的试样表面气孔数量,如图 2 所示。

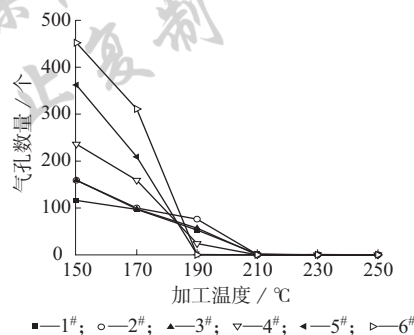


图 2 不同加工温度对不同粉体粒径的试样表面气孔数量的影响

从图 2 可以看出,无论粉体粒径为多少,在合适的加工温度下气孔都可以完全被消除,粉体粒径较小的试样表面气孔在 190℃ 左右基本被消除,粉体粒径较大的试样表面气孔在 210℃ 左右基本被消除。从图 2 还可以看出,粉体粒径越小,在较低加工温度下产生的表面气孔数量就越多,但完全消除气孔所需的加工温度也越低,结合 2.2 的分析,说明粉体粒径越小,其对加工温度的变化越敏感。由此可以得出,粉体粒径越小,越容易通过调节加工温度来消除表面气孔,但由 2.1 的分析可知,较小粒径的粉体不利于滚塑成型,因此通过减小粉体粒径来消除表面气孔并不是一种合适的方法。

2.4 加工时间对表面气孔数量的影响

图 3 为在 170℃ 的加工温度下,加工时间对不同粉体粒径的试样表面气孔数量的影响。从图 3 可以发现,粉体粒径越小,加工时间对表面气孔数量的影响越大。对于粉体粒径较大的试样,延长加工时

间几乎不会减少其表面气孔数量,而对于粉体粒径较小的试样,延长加工时间可在一定程度上减少其表面气孔数量,但效果不明显。

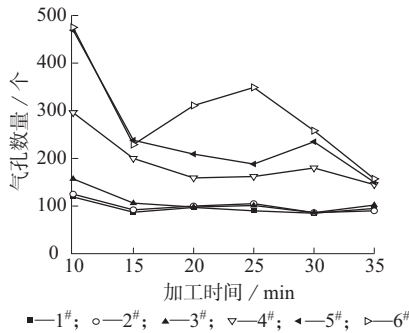


图3 不同加工时间对不同粉体粒径的试样表面气孔数量的影响

2.5 加工温度与时间对表面气孔数量的综合影响

以由3#粉体制备的试样为例,在不同的加工温度和时间下计算其表面气孔数量,如图4所示。从图4可知,在加工温度低于190℃时,随着加工时间的延长,气孔数量总体上减少,但减少的幅度并不大;在加工温度为210℃的状态下,随加工时间的延长,气孔会迅速消除。而在加工温度高于210℃的状态下,加工时间为10 min时,表面气孔就已基本消失。这表明,在滚塑生产过程中,加工温度在消除表面气孔方面要优于加工时间。当加工温度较高时,基本不会产生表面气孔,而在较低的加工温度下,延长加工时间并不能完全消除表面气孔。

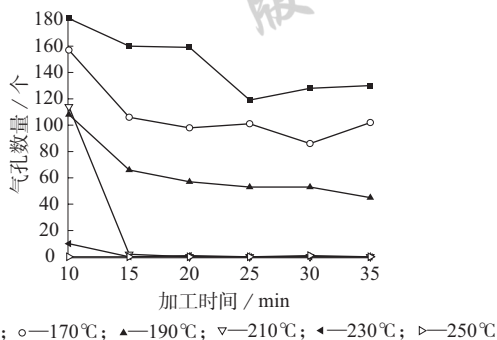


图4 加工温度和时间对表面气孔数量的综合影响

2.6 3种因素的影响程度比较

选用 $L_9(3^3)$ 正交实验表,以加工温度、加工时间和粉体粒径为因素进行正交实验,各个因素选用的水平及试验结果见表3,然后进行方差分析,结果如表4所示。由表4可知,加工温度是影响表面气孔数量的显著影响因素,加工时间和粉体粒径均为非显著影响因素。这说明,在滚塑成型加工过程中,如

果遇到表面气孔问题,最有效的手段还是提高加工温度。

表3 正交实验的因素水平及结果

试验编号	加工温度/℃	粉体编号	加工时间/min	气孔数量/个
1	170	1#	25	90
2	190	1#	15	73
3	210	1#	20	2
4	170	3#	20	98
5	190	3#	25	53
6	210	3#	15	2
7	170	4#	15	200
8	190	4#	20	24
9	210	4#	25	0

表4 正交实验结果的方差分析

因素	偏差平方和	自由度	方差	方差比 ¹⁾	显著性
加工温度	25 046.2	2	12 523.1	26.01	显著
粉体粒径	962.9	2	481.4	1.00	非显著
加工时间	4 509.6	2	2 254.8	4.68	非显著
误差	962.9	2	481.4		

注:1) 方差比 ≥ 99 时为高度显著因素,方差比在19~99之间时为显著因素,方差比 <19 时为非显著因素。

3 结论

(1) 当加工温度较低时,粉体粒径越小,相应试样表面产生的气孔数量越多,但完全消除表面气孔所需的温度也越低。这表明粉体粒径越小,越容易通过调节加工温度来消除表面气孔,但粉体粒径越小越不利于滚塑成型。

(2) 粉体粒径越小,加工时间对表面气孔数量的影响越大,延长加工时间可在一定程度上减少表面气孔数量,但效果不明显。

(3) 加工温度对表面气孔数量的影响最显著,提高加工温度可完全消除表面气孔数量。因此如果滚塑制品表面出现气孔,首选的改良措施是提高加工温度。

参考文献

- [1] 徐洪波. 塑料滚塑制品缺陷分析及解决方案[J]. 工程塑料应用, 2007, 35(10):40-44.
Xu Hongbo. Plastic rotomolding products and solutions for defect analysis[J]. Engineering Plastics Application, 2007, 35(10):40-44.
- [2] Nugent P. Rotational molding practical guide[M]. Glen Ellyn, Illinois USA: Association of Rotational Molders, 2001.
- [3] 李维维. 滚塑中气泡的消除// 2005中国国际滚塑论坛论文集[C]. 上海: 中塑协滚塑专委会, 2005:190-198.
Li Weiwei. Bubble removal in rotational molding//symposium of 2005 China international rotational molding forum[C]. Shanghai: RPC-CPPIA, 2005:190-198.

欢迎投稿

欢迎订阅

欢迎刊登广告