

文章编号: 1000-5013(2011)01-0005-05

EVA 塑料发泡倍率的影响规律实验

许建文, 顾永华, 刘斌

(华侨大学 模具技术研究中心, 福建 泉州 362021)

摘要: 采用田口实验设计方法, 选取模具温度、模压时间、注射压力和模压压力进行正交实验, 分析工艺参数对 EVA(乙烯-醋酸乙烯酯共聚物)发泡倍率的影响。结果表明, 模具温度对发泡倍率的影响较为显著, 模压时间次之, 注射压力与模压压力的影响较小。随着模具温度的升高, 发泡倍率逐渐增大, 最终趋于稳定值, 随着模压时间的增加, 发泡倍率也逐渐最大并最终趋于一个稳定值。此外, 尺寸大的薄板, 其发泡倍率大; 随着发泡制品边长的增加, 发泡倍率也有一定程度的增加。

关键词: EVA 塑料; 发泡倍率; 田口实验设计方法; 工艺参数

中图分类号: TQ 328.063

文献标识码: A

发泡塑料是以塑料为基本组分并含有大量气泡的聚合物材料。与纯塑料相比, 它具有很多优良的性能, 如质轻、比强度高、可吸收冲击载荷、隔热和隔音性能好等^[1]。近几十年来, 在一些工业发达国家里, 发泡塑料的研究已经成为一个单独的化学工业部门^[2]。EVA 发泡塑料作为发泡塑料的一个分支, 广泛地应用于鞋业中。成型工艺、模型形状与尺寸等对发泡倍率均有影响, 且鞋模形状一般都为复杂的曲面, 形状与尺寸较为复杂, 相应的发泡倍率也就更为复杂^[3]。鞋模不同截面处或相同截面处的不同位置, 其发泡倍率均不相同。目前, 虽然已有鞋模方面的软件, 如 EVA Magician 等软件, 但鞋模形状研究主要还是依靠经验的。本文主要采用田口实验设计方法, 研究工艺参数及发泡制品的形状与尺寸对 EVA 塑料发泡倍率的影响规律。

1 实验部分

1.1 材料与设备

EVA 发泡塑料(A1521, 福建省晋江市中泰鞋材鞋机发展有限公司); E266PS 型中泰制鞋机(福建省晋江市中泰鞋材鞋机发展有限公司)。

1.2 工艺参数的选择

选取模具温度、模压时间、注射压力和模压压力等 4 个主要工艺参数, 以研究 EVA 塑料的发泡倍率变化规律。

1.2.1 模具温度范围的确定 要得到发泡效果较好的发泡制品, 模具温度需要达到一定的值, 才能使发泡塑料里面的发泡剂与交联剂得到分解并释放出足够的气体。实验发现, 当模具温度在 170 °C 以下时, 发泡塑料制品会出现粘模, 质量较差, 故模具温度范围确定为 170~200 °C。

1.2.2 模压时间范围的确定 由于发泡剂与交联剂分解需要一定的时间, 如果时间短, 分解释放出的气体有限, 发泡制品质量差。实验发现, 对于本实验试样, 当发泡时间小于 300 s 时, 制品气孔大, 质量差, 故选取模压时间的范围为 400~700 s。

1.2.3 注射压力范围的确定 注射压力太小, 塑料熔体进入模具时间太长, 生产效率低, 故选取注射压力的范围为 10~13 MPa。

收稿日期: 2009-09-19

通信作者: 刘斌(1972-), 男, 副教授, 主要从事聚合物材料模塑成型的研究。E-mail: mold_bin@hqu.edu.cn.

基金项目: 福建省自然科学基金资助项目(E0810040); 福建省青年创新基金资助项目(2004J033)

1.2.4 模压压力范围的确定 模压压力太小,发泡剂分解释放出的气泡容易从模具中溢出;而模压压力太大,则能源消耗大,故选取模压压力范围为 5.89~8.83 MPa.

2 工艺参数对 EVA 塑料发泡倍率的影响

采用 4 因素 3 水平的正交表($L_{16}(4^5)$)安排试验,选取模具温度 A 、模压时间 B 、注射压力 C 、模压压力 D 为 4 个因素,如表 1 所示.

表 1 工艺参数水平安排表

Tab. 1 Arrangement table of process parameter level

水平	工艺参数			
	$A/^\circ\text{C}$	B/s	C/MPa	D/MPa
1	170	400	10	6
2	180	500	11	7
3	190	600	12	8
4	200	700	13	9

选出一组优化工艺参数组合,并以此工艺参数组合为基准研究单因素对 EVA 塑料发泡倍率的影响规律. 为方便对 EVA 塑料发泡倍率的测量,固定发泡制品试样的模具型腔(长 \times 宽 \times 高=140 mm \times 100 mm \times 15 mm),并在型腔的底部加工一长度为 100 mm 的小槽;

成型后,用游标卡尺量得此槽的长度尺寸,然后将此数值除以 100,即可得 EVA 塑料的发泡倍率(η).

工艺参数对 EVA 塑料发泡倍率影响的实验结果,如表 2 所示. 使用田口实验设计法中的变量分析,可以计算出各个工艺参数对 EVA 塑料发泡倍率的影响次序和优化的工艺参数组合^[4].

表 2 实验结果

Tab. 2 Experimental result

序号	$A/^\circ\text{C}$	B/s	C/MPa	D/MPa	η	序号	$A/^\circ\text{C}$	B/s	C/MPa	D/MPa	η
1	170	400	10	6	1.233	9	190	400	12	9	1.483
2	170	500	11	7	1.363	10	190	500	13	8	1.477
3	170	600	12	8	1.417	11	190	600	10	7	1.492
4	170	700	13	9	1.398	12	190	700	11	6	1.549
5	180	400	11	8	1.439	13	200	400	13	7	1.530
6	180	500	10	9	1.425	14	200	500	12	6	1.568
7	180	600	13	6	1.455	15	200	600	11	9	1.575
8	180	700	12	7	1.437	16	200	700	10	8	1.580

对实验结果进行直观分析,即将各工艺参数在 4 个水平下的发泡倍率平均;然后,由各工艺参数最大平均值和最小平均值之差计算出极差 R ,结果如表 3 所示.

表 3 直观分析表

Tab. 3 Direct analysis table

工艺参数	A	B	C	D
均值 1	1.353	1.421	1.433	1.451
均值 2	1.439	1.458	1.482	1.456
均值 3	1.500	1.485	1.476	1.478
均值 4	1.563	1.491	1.465	1.470
R	0.210	0.070	0.049	0.027
排序	1	2	3	4

由表 3 的极差的大小可得出各工艺参数对发泡倍率的影响次序,由大到小为模具温度、模压时间、注射压力与模压压力. 其中:模具温度对发泡倍率的影响较为显著,模压时间次之,注射压力与模压压力则影响较小,可以忽略不计.

在考察的工艺参数水平上,选择模具温度为 200 $^\circ\text{C}$,模压时间为 500 s,注射压力为 12 MPa,模压压力 7 MPa 作为最优化的工艺参数组合.

3 单因素对 EVA 塑料发泡倍率的影响

以最优化的工艺参数组合为基准,分别考察模具温度(θ)、模压时间(t)、注射压力(p_i)和模压压力(p_m)对 EVA 塑料发泡倍率的影响规律,结果如图 1 所示.

3.1 模具温度

由图 1(a)可知,随着模具温度的升高,发泡倍率逐渐增大,最后趋于稳定. 当模具温度为 160 $^\circ\text{C}$ 时,

由于发泡剂与交联剂没有完全分解,使发泡制品粘模.当模具温度在 $170\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,由于没有达到发泡剂与交联剂的最佳分解温度,发泡剂分解不完全,分解的气体较少,发泡倍率 1.416,相对比较小.当温度超过 $220\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以后,发泡剂分解过快,分解出较多的气泡,发泡倍率比较大;但由于气泡较多,产生较高的气体压力,使得部分泡孔结构发生破裂和粗孔,发泡制品的表面质量较差,变形比较严重.

3.2 模压时间

由图 1(b)可知,随着模压时间的增加,发泡制品的发泡倍率逐渐增大,最后趋于平稳.当发泡时间为 200 s 时,发泡剂分解不完全,分解出的气泡有限,发泡倍率仅为 1.352.此时,可直观发现泡体截面泡孔孔径粗大,表皮层厚,明显分辨出表皮层与泡孔部分,故制品质量较差;并且由于孔径很大,导致发泡制品产生较大的翘曲变形.当发泡时间为 800 s 时,发泡剂分解完全,分解出较多的气泡,发泡倍率达到 1.611.当发泡时间达到 500 s 以后,发泡倍率变化不是很大.

3.3 注射压力

由图 1(c)可知,随着注射压力的升高,其对发泡制品的发泡倍率影响不大,维持在 1.55 左右.

3.4 模压压力

由图 1(d)可知,随着模压压力的升高,EVA 塑料发泡倍率变化不是很大.当模压压力增加到 7 MPa 后,发泡倍率稳定在 1.55 左右.可见,模压压力升高到一定程度后,其对发泡倍率的影响很小.

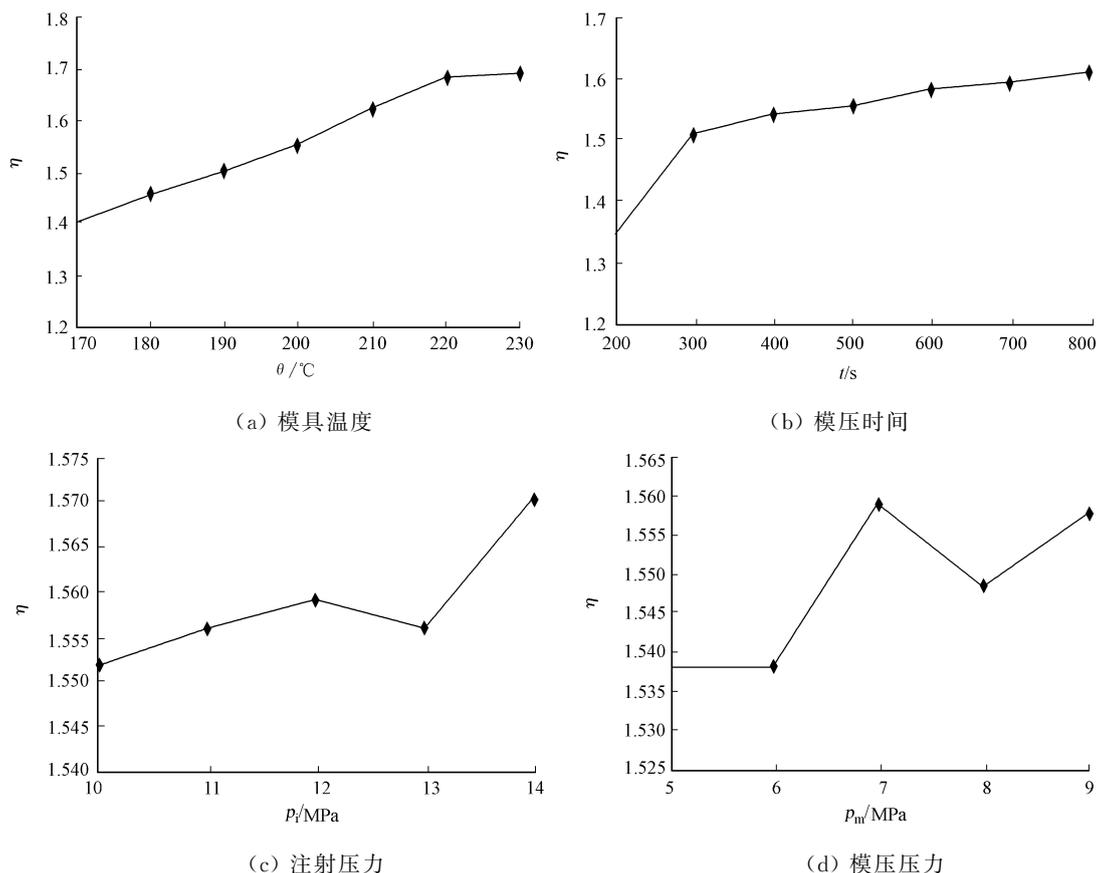


图 1 工艺参数对 EVA 塑料发泡倍率的影响

Fig. 1 Effect of process parameters on EVA plastic's expansion ratio

4 模型形状及尺寸对 EVA 塑料发泡倍率的影响

由于模压压力对发泡倍率的影响比较小,故只考虑模具温度、模压时间与注射压力 3 个因素的影响,而模压压力固定为 9 MPa .成型实验后,将模型的测量尺寸除以设计尺寸即可得发泡倍率.

4.1 不同直径的球体与圆柱体

选择不同直径的球体与圆柱体标准试样,研究模型的形状和直径(d)变化对发泡倍率的影响,如图

2所示. 图2中:圆柱体高度为15 mm.

由图2可知,圆柱体的发泡倍率要大于球体的发泡倍率. 这是由于圆柱体高度在开模时对制品的膨胀约束较小,而直径方向对制品膨胀的约束则与球体的相当. 因此,相比于球体,圆柱体开模瞬间所受到的约束要小于球体所受到的约束,发泡倍率就大.

由图2还可知,对于球体,在相同的工艺参数组合下,随着直径尺寸的增加,发泡制品的发泡倍率增加. 这是因为在相同的工艺参数组合下,尺寸大的球体所分解产生的气泡多,气泡内部的压力大,开模时,气泡膨胀导致球体发泡的力大于尺寸小的球体. 因此,尺寸大的球体的发泡倍率大.

与球体的结果类似,对于圆柱体,在相同的工艺参数组合下,随着直径尺寸的增加,发泡制品的发泡倍率也增加.

4.2 不同边长的三棱柱与四棱柱

选择不同边长的三棱柱与四棱柱标准试样,考察形状及边长(l)的不同对EVA塑料发泡倍率的影响,如图3所示. 图3中:三棱柱与四棱柱的高度为5 mm.

由图3可知,对于三棱柱与四棱柱,四棱柱边长的发泡倍率要大于三棱柱边长的发泡倍率. 分析其原因,可能是三棱柱的三角形截面的锐角引起了形状的突变,对其开模时约束作用大;而四棱柱的四边形截面的直角对其开模时的限制作用则较小. 在三棱柱与四棱柱的上、下平面对其开模时的限制作用相当情况下,四棱柱的发泡倍率就大于三棱柱的发泡倍率.

由图3还可知,对于三棱柱,在相同的工艺参数组合下,随着边长尺寸的增加,发泡制品的发泡倍率呈增加的趋势. 这是因为在相同的工艺参数组合下,尺寸大的三棱柱所分解产生的气泡多,故熔体内部气泡的压力大. 开模时,气泡膨胀导致尺寸大的三棱柱发泡的压力大于尺寸小的三棱柱,故尺寸大的三棱柱的发泡倍率大.

与三棱柱的结果相似,对于四棱柱,在相同的工艺条件下,其边长的发泡倍率也是随着边长的增加而增加的.

4.3 不同厚度的长方体薄板

选择不同厚度的无孔与有孔长方体薄板标准试样,分析形状的变化及厚度(h)的不同对发泡倍率的影响,如图4所示. 图4中:薄板的长和宽分别为30, 20 mm,孔径为8 mm,位置在薄板中心位置.

由图4可知,对于无孔和有孔的长方体薄板,孔的存在对于厚度方向的发泡倍率影响不是很大. 这是由于孔的存在对开模时膨胀的约束较小,对于厚度方向的发泡倍率影响就不是很大了.

由图4还可知,对于无孔薄板,随着厚度尺寸的增加,发泡制品的发泡倍率有一定程度的增加. 在工艺1条件下,当厚度超过6 mm后,虽然发泡倍率

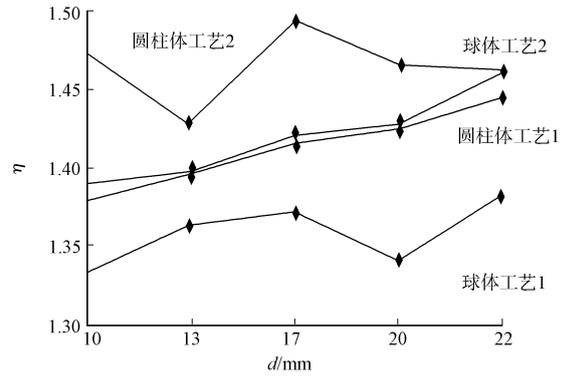


图2 不同直径的球体与圆柱体对发泡倍率的影响

Fig. 2 Effect of sphere and cylinder with different diameters on expansion ratio

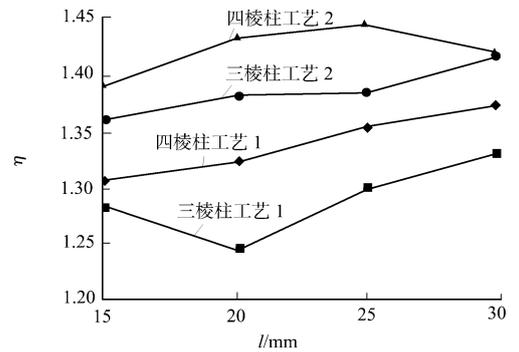


图3 不同边长的三棱柱与四棱柱对发泡倍率的影响

Fig. 3 Effect of the prism and the 4-prism with different side lengths on expansion ratio

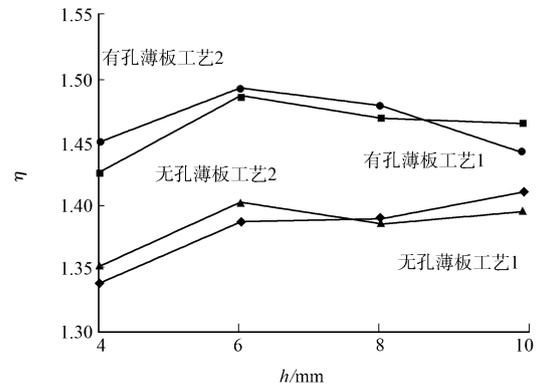


图4 不同厚度薄板对发泡倍率的影响

Fig. 4 Effect of different thickness of sheet on expansion ratio

有一定的增加但却趋于平稳;而在工艺 2 条件下,这种趋势更为明显,甚至发泡倍率还有点下降的趋势.

这是因为在相同的工艺参数组合下,厚度大的长方体薄板所分解产生的气泡多,因此熔体内部气泡的压力大.开模时,气泡膨胀导致尺寸大的薄板发泡的压力大于尺寸小的薄板,因此尺寸大的薄板的发泡倍率大.

与无孔长方体薄板的结果相似,对于有孔长方体薄板,在相同的工艺条件下,其边长的发泡倍率也是随着边长的增加有一定程度的增加.

5 结论

研究了工艺参数、发泡制品的形状和尺寸对 EVA 塑料发泡倍率的影响规律,得到以下 2 点结论.

(1) 模具温度对倍率的影响较为显著,模压时间次之,注射压力与模压压力影响较小.

(2) 圆柱体直径方向发泡倍率大于球体直径的发泡倍率;四棱柱边长的发泡倍率大于三棱柱边长的发泡倍率;无孔薄板与有孔薄板厚度方向发泡倍率相差不多;随着尺寸的增加,发泡倍率有一定程度的增加.

参考文献:

- [1] 刘铁民,张广成,陈挺,等.泡沫塑料高性能化研究进展[J].工程塑料应用,2006,34(1):61-65.
- [2] 吴舜英,徐敬一.泡沫塑料成型[M].北京:化学工业出版社,1992.
- [3] 许建文.EVA 注射发泡成型的实验研究与工艺控制[D].泉州:华侨大学,2009.
- [4] 王利霞,张娜,申长雨,等.应用 Taguchi 实验设计法最小化注塑成型制品沉降斑[J].塑料工业,2004,32(4):26-28.

Experiments of Effect Rule of EVA Plastic's Expansion Ratio

XU Jian-wen, GU Yong-hua, LIU Bin

(College of Mechanical Engineering and Automation, Huaqiao University, Quanzhou 362021, China)

Abstract: Taguchi method of experimental design is adopted, and molding temperature, molding time, injection pressure as well as molding pressure are selected for orthogonal experimental, moreover effects of various process parameters on EVA plastic's expansion ratio are analyzed. It can be concluded from the results that, effect of molding temperature on expansion ratio is much more obvious, that of molding time is followed, and that of injection pressure and molding pressure are smaller; with molding temperature increasing, expansion ratio increases gradually and finally tends towards stabilization; with molding time increasing, expansion ratio also increases gradually and finally tends towards stabilization. In addition, a foam product sheet with a large shape has a large expansion ratio, and with the side length of the product increasing, the expansion ratio will increase to some extent.

Keywords: EVA plastic; expansion ratio; Taguchi experimental design method; process parameters

(责任编辑: 陈志贤 英文审校: 郑亚青)