

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2013.01.012

注塑工艺参数对 PP 塑料件拉伸强度的影响研究

路书芬^{1,2}, 王利霞¹, 申长雨^{1,3}

(1. 郑州大学橡塑模具国家工程研究中心, 郑州 450002; 2. 郑州电力高等专科学校机电工程系, 郑州 450004;

3. 大连理工大学, 大连 116024)

摘要: 基于正交实验, 研究了采用聚丙烯材料时, 模具温度、保压压力、保压时间、熔体温度、注塑压力及模具温度与保压压力、模具温度与保压时间的交互作用对平板塑料件不同流动方向上拉伸强度的影响, 通过方差分析对工艺参数的影响度进行排序。拉伸试验结果表明, 平板塑料件沿分子取向方向上的强度要高于垂直取向方向上的强度, 工艺参数对试样不同流动方向上拉伸强度的影响规律基本一致; 方差分析结果表明, 熔体温度对平板塑料件两个方向上拉伸强度的影响均高度显著, 拉伸强度随熔体温度的升高而降低。

关键词: 注射成型; 流动方向; 工艺参数; 拉伸强度

中图分类号: TQ320.66

文献标识码: A

文章编号: 1001-3539(2013)01-0051-03

Research on Influence of Process Parameters on Tensile Strength of PP Plastic Parts

Lu Shufen^{1,2}, Wang Lixia¹, Shen Changyu^{1,3}

(1. National Engineering Research Center for Advanced Polymer Process Technology, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China;

2. Department of Mechanical and Electrical Engineering, Zhengzhou Electric Power College, Zhengzhou 450004, China;

3. Dalian University of Technology, Dalian 116024, China)

Abstract : Based on orthogonal experiment, the influences of process parameters on the tensile strength of the flat plastic pieces with PP material in different flow directions are studied. The process parameters included mold temperature, packing pressure, packing time, melt temperature, injection pressure, the interaction of mold temperature and packing pressure, and the interaction of mold temperature and packing time. Process parameters effect was sorted by the analysis of variance. Tensile test results show that the tensile strength of the flat plastic pieces along the molecular orientation is higher than vertical orientation, the influences of process parameters on tensile strength of the specimen with different flow direction are basically the same; the results of variance analysis show, the influence of melt temperature on the tensile strength of the two direction is highly prominent, the tensile strength is reduced with the increasing of the melt temperature.

Keywords : injection molding; flow direction; process parameter; tensile strength

工程塑料以其较高的强度和耐热性, 在有承载要求的结构件中应用日益广泛。塑料件的强度不仅依赖于材料本身, 也与零件几何形状、注射成型缺陷、注射成型过程等有关。至今已有不少关于工艺参数对塑料件熔接痕强度影响的研究^[1-5], 但工艺设置对不同流动方向上塑料件拉伸强度影响的研究较少。采用正交实验设计可以分析主要工艺参数及交互作用对不同流动方向上拉伸强度的影响规律, 通过方差分析 F 值检验可以对工艺参数的影响度进行排序。

1 方差分析理论

正交设计的方差分析是将实验结果分别进行偏差平方和统计, 进而通过显著性检验, 进行各因素对指标的影响度排序。以 L_{27} 正交表因素 A 为例,

其方差计算^[6]如公式(1)所示:

$$S_A = \sum_{i=1}^{n_a} \sum_{j=1}^a (\bar{x}_i - \bar{x})^2 \quad (1)$$

$$\bar{x}_i = \frac{1}{a} \sum_{j=1}^{n_a} x_{ij} \quad (2)$$

$$V_A = \frac{S_A}{f_a} \quad (3)$$

式中: S_A ——因素 A 的方差;

x_{ij} ——A 因素的第 i 个水平第 j 个实验结果,

$i=1, 2, \dots, n_a; j=1, 2, \dots, a$;

n_a ——每个因素的水平数, $n_a=3$;

联系人: 路书芬, 博士研究生, 主要研究方向为高分子材料加工工程

收稿日期: 2012-10-12

a ——每个水平做的实验次数, $a = 9$;

V_A ——因素 A 的方差均值;

f_a ——因素 A 的自由度。

方差越大,该因素对结果的影响也就越大。

因素水平变化引起的平均偏差平方和与误差的平均偏差平方和的比值称为因素的检验值 (F 值),即^[5]

$$F_j = \frac{S_j f_j}{S_e f_e} \quad j = 1, 2, 3 \dots N \quad (4)$$

将计算得的 F_j 与从 F 分布表查出的相应临界值比较,可以判断出各因素的显著性大小。

2 实验部分

2.1 实验方法

本研究材料选用的聚丙烯 (PP) 为燕山石化生产的 K8303。研究所用试样均是在顺德震德塑料机械有限公司 CJ80E II 型注塑机上注射成型。工艺窗口是预先在注塑机上调试出合理的成型范围,在注射工艺条件稳定之后,每组实验成型 5 个试样以供实验分析用。研究选取平板的垂直流动方向及平行流动方向上的拉伸强度作为考察指标,拉伸强度采用 Instron5585 万能材料试验机测量。

制品采用薄膜式浇口以保证一维流动。为考察工艺参数对垂直和平行流动方向上拉伸强度的影响,沿一维流动平板的垂直、平行流动方向分别加工拉伸试样,试样标准采用 ASTM D638 IV 型,制品及拉伸试样尺寸如图 1 所示。

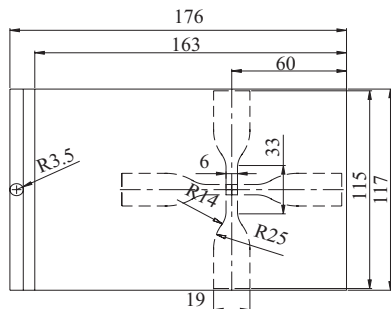


图1 产品尺寸及拉伸试样

2.2 实验设计

由于工艺参数的交互作用对塑料件质量的影响不可忽略,研究中考虑以下 5 个主要工艺参数及其中两对较重要的交互作用对收缩的影响: 模具温度 (A)、保压压力 (B)、保压时间 (C)、熔体温度 (D)、注塑压力 (E) 及模具温度与保压压力 ($A \times B$)、模具温度与保压时间 ($A \times C$) 的交互作用。工艺参数的水平设置如表 1 所示。正交实验采用 $L27(3^3)$ 正交

矩阵^[7]。

表1 因素水平表

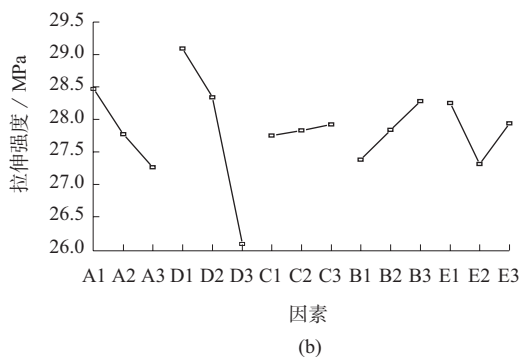
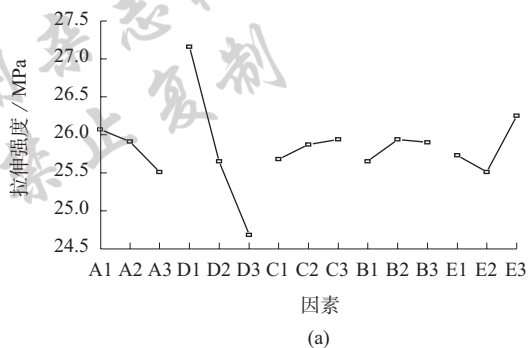
水平	A / °C	B / MPa	C / s	D / °C	E / MPa
1	35	25	1	180	60
2	50	40	3	200	70
3	65	55	5	220	80

3 结果与讨论

3.1 工艺条件对平板拉伸强度的影响规律

在实验工艺范围内,平行流动方向拉伸强度的平均值为 27.83 MPa,高于垂直流动方向拉伸强度的平均值 25.83 MPa。平行流动方向拉伸强度最大值为 34.39 MPa,在该水平下垂直方向拉伸强度大小为 30.318 MPa。由于分子链沿流动方向取向,因此实验结果表明沿分子取向方向上的拉伸强度高于垂直取向方向上的拉伸强度。

基于实验结果,可以得到工艺参数对试样拉伸强度的影响关系如图 2 所示。



a—垂直流动方向;b—平行流动方向

图2 工艺参数对拉伸强度的影响

由图 2a 可以看出,垂直流动方向拉伸强度随模具温度、熔体温度的增加而减小;随保压时间、保压压力的增加而增加;随注塑压力的增加出现先降低后增加的趋势。

由图 2b 可以看出,平行流动方向拉伸强度随模具温度、熔体温度的增加而减小;随保压时间、保压压力的增加而增加;随注塑压力的增加出现先降低后增加的趋势。

由于模具温度、熔体温度较高时,脱模温度升高,导致制品残余应力增加从而降低了拉伸强度;保压时间、保压压力的增加可使补料充分,制品密实,从而拉伸强度增加;增加注塑压力使塑料件内应力增加,有使拉伸强度降低的趋势,但有助于熔体充模增加塑料件密度减少收缩,从而增强其强度,实验结果为两种作用的综合效应。

3.2 平板拉伸强度的方差

应用方差分析将拉伸强度实验结果分别进行偏差平方和统计,进而通过显著性检验,进行各因素对指标的影响度排序。根据式(1),(2),(4)分别计算得出方差、方差均值以及 F 值,结果见表2,表3。

表2 平行流动方向方差分析表

方差源	方差	自由度	方差均值	F	贡献率/%
A	0.745	2	0.373	0.84	6.45
B	0.408	2	0.204	0.46	3.53
C	0.015	2	0.008	0.02	0.13
D	4.899	2	2.450	5.54	42.41
E	0.452	2	0.226	0.51	3.91
A×B	0.629	4	0.157	0.36	5.44
A×C	0.864	4	0.216	0.49	7.48
误差	3.540	8	0.443		30.64
总计	11.552	26	4.068		100
$F_{0.01}(2,8)=8.65, F_{0.05}(2,8)=4.46, F_{0.1}(2,8)=3.11, F_{0.25}(2,8)=1.66$ $F_{0.01}(4,8)=7.01, F_{0.05}(4,8)=3.84, F_{0.1}(4,8)=2.81, F_{0.25}(4,8)=1.66$					

表3 垂直流动方向方差分析表

方差源	方差	自由度	方差均值	F	贡献率/%
A	0.163	2	0.082	0.79	2.95
B	0.051	2	0.026	0.25	0.92
C	0.034	2	0.017	0.16	0.62
D	3.121	2	1.561	15.11	56.52
E	0.290	2	0.145	1.40	5.25
A×B	0.267	4	0.067	0.65	4.84
A×C	0.770	4	0.193	1.86	13.94
误差	0.826	8	0.103	1.00	14.96
总计	5.522	26	2.175		100%
$F_{0.01}(2,12)=6.93, F_{0.05}(2,12)=3.88, F_{0.1}(2,12)=2.81, F_{0.25}(2,12)=1.56$ $F_{0.01}(4,12)=5.41, F_{0.05}(4,12)=3.26, F_{0.1}(4,12)=2.48, F_{0.25}(4,12)=1.55$					

表2结果表明,各因素对平行流动方向上拉伸强度的影响顺序为 $D > A \times C > A > A \times B > E > B > C$,熔体温度的影响高度显著,其贡献率达到42.41%,其它的因素影响都不够明显。

表3结果表明,各因素对垂直流动方向上拉伸强度的影响顺序为 $D > A \times C > E > A \times B > A > B > C$ 。熔体温度的影响高度显著,其贡献率达到56.52%,对于本实验所考虑的影响因素水平范围内,保压时间的影响可以忽略不计,这是由于对于薄膜浇口,凝固比较快,设置时间偏长以至于保压未结束时浇口已经凝固,浇口凝固后延长保压时间不起

作用。

4 结论

(1) 对于PP平板试样,基于平行流动方向上试样的拉伸强度平均值为27.83 MPa,垂直流动方向上试样的拉伸强度平均值为25.83 MPa。总的来说,沿分子取向方向上的强度要高于垂直取向方向上的强度。

(2) 工艺参数对试样不同流动方向上拉伸强度的影响规律基本一致。

(3) 各因素对平行流动方向拉伸强度的影响顺序为 $D > A \times C > A > A \times B > E > B > C$,熔体温度的影响高度显著,其贡献率达到42.41%;各因素对垂直流动方向上拉伸强度的影响顺序为 $D > A \times C > E > A \times B > A > B > C$,熔体温度的影响高度显著,其贡献率达到56.52%;对于本实验所考虑的影响因素水平范围内,保压时间的影响可以忽略不计。

参考文献

- [1] Ozcelik B.Optimization of injection parameters for mechanical properties of specimens with weldline of polypropylene using Taguchi method[J].International Communications in Heat and Mass Transfer, 2011, 38(8):1 067-1 072.
- [2] Wu Chenghsien, Liang Wanjung.Effects of geometry and injection-molding parameters on weld-line strength[J].Polymer Engineering & Science, 2005, 45(7):1 021-1 030.
- [3] Hashemi S.Influence of temperature on weldline strength of injection moulded short glass fibre styrene anhydride polymer composites[J].Plastics, Rubber and Composites, 2002, 31(7):318-324.
- [4] Malguarnera S C.Weld lines in polymer processing[J].Polymer Plastics Technology and Engineering, 1982, 18(1):1-45.
- [5] Malguarnera S C, Manisali A, Riggs D C. The effects of processing parameters on the tensile properties of weld lines in injection molded thermoplastics[J]. Polymer Engineering and Science, 1981, 21(10):586-593.
- [6] 栾军.现代实验设计优化方法[M].上海:上海交通大学出版社, 1995:45-50.
- [7] Luan Jun.Modern experimental design optimization method[M]. Shanghai:Shanghai Jiao Tong University Press, 1995:45-50.
- [8] 路书芬,金长虹,李富波,等.工艺参数对塑件收缩影响的试验研究[J].模具工业, 2010, 36(11):20-23.
- [9] Lu Shufen, Jin Changhong, Li Fubo, et al.Experiment research on influence of processing parameters on shrinkage of injection molded parts[J].Die & Mould Industry, 2010, 36(11):20-23.