

doi:10.3969/j.issn.1672-4348.2014.03.009

# 基于监测技术的注塑工艺参数研究

李栋<sup>1</sup>, 陈良波<sup>2</sup>

(1. 集美大学 计算机工程学院, 福建 厦门 361021; 2. 泉州理工职业学院 车辆工程系, 福建 泉州 362268)

**摘要:** 模腔温度对塑料制品的表面质量具有很大的影响。借助奇石乐模腔温度测量传感器, 直接测量注塑成型过程中, 塑料模具型腔中的温度最大值, 然后采用正交实验的方法, 分析工艺参数对模腔温度最大值的影响次序, 根据效应关系图详细分析工艺参数对模腔温度最大值的影响规律。

**关键词:** 模腔温度; 正交实验; 注塑工艺参数

**中图分类号:** TQ320.66

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1672-4348(2014)03-0246-04

## Study on injection moulding process parameters based on monitoring technology

Li Dong<sup>1</sup>, Chen Liangbo<sup>2</sup>

(1. College of Computer Engineering, Jimei University, Xiamen 361021, China;

2. Vehicle Engineering Department, Quanzhou Institute of Technology, Quanzhou 361021, China)

**Abstract:** Cavity temperature exerts a great influence on plastic product surface quality. The maximum injection mould temperature during the injection process was measured via a Kistler cavity temperature sensor. Orthogonal experiment was adopted to analyse the influence order of process parameters affecting the maximum cavity temperature. The law of the process parameters affecting the maximum cavity temperature was analysed based on the effect diagram.

**Keywords:** cavity temperature; orthogonal experiment; injection moulding process parameter

模腔温度对塑料制品的光泽度、表面质量和重量都有很大的关系<sup>[1]</sup>。当模腔温度太高时, 塑料制品的表面会变十分暗淡。而当模具温度太低时, 玻璃纤维改性的塑料制品的表面容易出现玻璃纤维, 严重影响到塑料制品的表面质量。另外, 实验研究结果表明, 通过控制注塑成型过程中的模腔温度能够有效的控制塑料制品重量的重复度, 从而提高注塑成型的稳定性。文献[2-3]以模腔熔体温度作为控制对象研制了聚合物 PVT 在线控制系统, 同时控制注射成型过程中的模腔压力熔体温度和熔体压力进行 V/P 切换来提高塑料制品质量的重复度。文献[4-7]通过不同方法对模腔温度进行控制来提高塑料制品的重复精度, 说明塑料制品质量同模腔温度有很大的关

联性。以上研究表明, 在高光注射成型中, 模具温度对制品表面沉降有重要影响。

本文选取注射压力、注射时间、保压压力、熔体温度、模具温度作为研究对象, 模腔温度最大值作为试验指标。借助奇石乐温度传感器, 采用  $L_{16}(4^5)$  正交实验表研究上述 5 个注塑工艺参数对模腔温度最大值的影响情况。

## 1 实验内容

### 1.1 实验设备及方法

所需的设备主要如下:

注塑模: 一模四腔的两板模;

注塑机: 海德公司卧式螺杆注射成型机, 其型号为 XS-ZY-100;

收稿日期: 2014-03-07

第一作者简介: 李栋(1981-), 男(汉), 福建厦门人, 讲师, 工程师, 硕士, 研究方向: 注塑成型、信息处理。

模温机:模具温度控制机;传感器:瑞士奇石乐公司 6190CA 型模腔压力温度传感器;

数据采集系统:瑞士奇石乐公司 2269 型 Co-mo Injection 模腔压力温度数据采集系统。

本文选择大庆石化公司的 LDPE 作为注塑材料,其牌号为 2426 H。实验采用角度为  $2^\circ$  的浇口套,注塑工艺参数的范围如表 1 所示,具体的工艺参数组合按照  $L_{16}(4^5)$  正交实验安排。具体的实验步骤如下:

(1)先注射 50 模,等注塑机工作稳定之后再

进行正式的实验。  
(2)根据正交试验表调整各个注塑工艺参数组合。待工艺参数均达到设定值之后,先注射 10 模,等注塑机工作稳定后,连续注射 10 模,并记录实验数据。

(3)最后对模腔温度最大值取平均值,得到实验结果数据。

## 2 正交实验及分析

根据上述实验方法,在浇口套角度为  $2^\circ$  的模具中进行实验。得到的模腔温度平均值如表 2 所示。其中 A 为注射压力(kPa)、B 为注射时间(s)、C 为保压压力(kPa)、D 为料筒温度( $^\circ\text{C}$ )、E 为模具温度( $^\circ\text{C}$ )和 Z 为模腔压力温度最大值( $^\circ\text{C}$ )。

### 2.1 极差分析

根据上述实验结果进行极差分析,如表 3 所示,注塑工艺参数对模腔温度最大值的影响次序依次为:E(模具温度) > D(料筒温度) > C(保压压力) > B(注射时间) > A(注射压力)。

### 2.2 方差分析

通过变量分析,进一步地分析各工艺参数对模腔温度最大值的影响程度<sup>[8]</sup>。由表 4 可以看出,模具温度对模腔温度最大值的影响最大,占到了 90.975%;其次是料筒温度,占到了 7.815%,而注射时间、保压压力和注射压力对模腔温度最大值的影响程度均很小,分别只有 0.434%、0.401% 和 0.375%。根据计算所得的  $F$  值可知,对于因素 E(模具温度): $F > F_{0.05(3,15)} = 3.290$ ,说明模具温度对模腔温度最大值的影响显著。

表 1 工艺参数水平安排表

**Tab.1 Arrangement of process parameter levels**

水平	注射压/ kPa	注射时间/ s	保压压力/ kPa	料筒温度/ $^\circ\text{C}$	模具温度/ $^\circ\text{C}$
1	6 500	0.6	5 000	200	30
2	7 000	0.8	5 500	205	35
3	7 500	1.0	6 000	210	40
4	8 000	1.2	6 500	215	45

表 2 正交实验表

**Tab.2 Orthogonal experiments**

序号	A	B	C	D	E	Z
1	6 500	0.6	5 000	200	30	64.62
2	6 500	0.8	5 500	205	35	69.40
3	6 500	1.0	6 000	210	40	73.66
4	6 500	1.2	6 500	215	45	77.04
5	7 000	0.6	5 500	210	45	76.45
6	7 000	0.8	5 000	215	40	72.97
7	7 000	1.0	6 500	210	35	67.31
8	7 000	1.2	6 000	215	30	65.56
9	7 500	0.6	6 000	215	35	70.10
10	7 500	0.8	6 500	210	30	67.31
11	7 500	1.0	5 000	205	45	75.68
12	7 500	1.2	5 500	200	40	70.82
13	8 000	0.6	6 500	205	40	71.98
14	8 000	0.8	6 000	200	45	74.78
15	8 000	1.0	5 500	215	30	68.39
16	8 000	1.2	5 000	210	35	69.15

表 3 极差分析表

**Tab.3 Range analysis**

水平	A	B	C	D	E
$K_1$	71.18	70.79	70.60	69.38	66.47
$K_2$	70.57	71.12	71.27	70.66	68.99
$K_3$	70.98	71.27	71.03	71.64	72.36
$K_4$	71.08	70.66	70.91	72.13	75.99
R	0.61	68.99	0.66	2.75	9.52
次序	5	4	3	2	1

表 4 方差分析表

**Tab.4 Square root deviation (variance) analysis**

因素	$SS_d$	f	$V_f$	F	$F_f$
A	0.847	3	0.282	0.019	0.375
B	0.977	3	0.326	0.022	0.434
C	0.902	3	0.301	0.020	0.401
D	17.617	3	5.872	0.391	7.815
E	205.078	3	68.359	4.549	90.975

### 3 实验结果分析

本文主要根据各工艺参数与实验指标的效应关系图做进一步的分析。

图 1 为在不同浇口套角度模具中的注射压力和模腔温度最大值之间的曲线关系。由图 1 中的曲线可以看出,随着注射压力的不断增大,模腔温度最大值先是大幅度减小,后再逐渐上升。随着注射压力的增大,注塑熔体的填充速度加快,在填充过程中产生更多的热量。因此,当注射压力达到一定值之后,模腔压力平均温度不断升高。

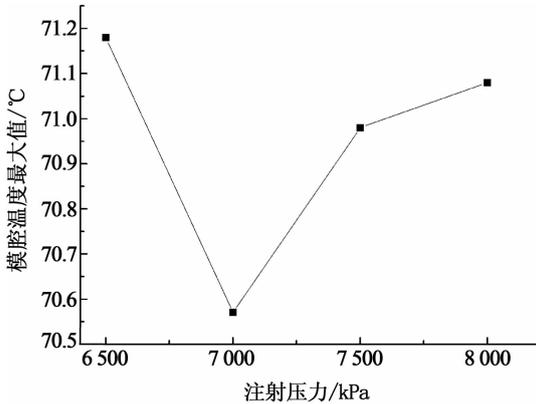


图 1 注射压力和模腔温度最大值关系图

Fig. 1 Diagram of injection pressure vs the maximum cavity temperature

图 2 为在不同浇口套角度模具中的注射时间和模腔温度最大值之间的曲线关系。由图 2 中曲线可以看出,随着注射时间的不断延长,模腔温度最大值先是不断上升,后大幅地降低。塑料熔体

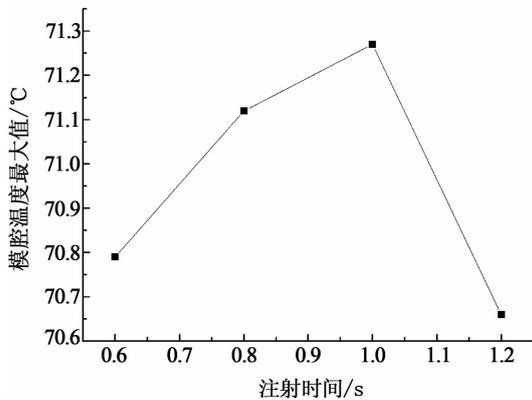


图 2 注射时间和模腔温度最大值关系图

Fig. 2 Diagram of injection time vs the maximum cavity temperature

的流动阻力较大,且注射时间改变时,塑料熔体的流动速度变化较大,产生的摩擦热变化较大,因此注射时间对模腔温度最大值的影响较大。且当注射时间增大到一定程度时,模腔温度最大值呈现出较大幅度地降低。

图 3 为在不同浇口套角度模具中的保压压力和模腔温度最大值之间的曲线关系。由图中的曲线可以看出,随着保压压力的不断增大,模腔温度最大值先是大幅度地上升,后再不断地降低。由图 3 可知,保压压力对模腔温度最大值的影响较小,主要是由于在保压阶段塑料熔体难以进入模具型腔,温度损失无法得到弥补。

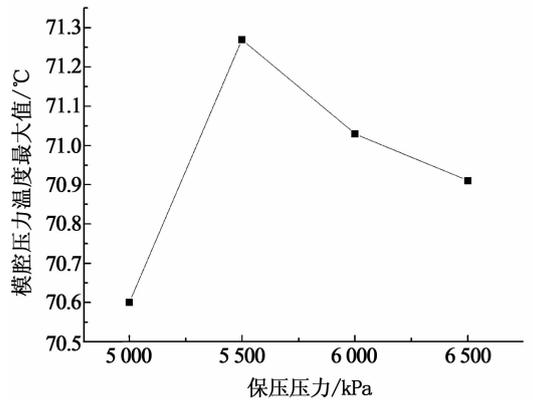


图 3 保压压力和模腔温度最大值关系图

Fig. 3 Diagram of maintaining ( packing ) pressure vs the maximum cavity temperature

图 4 为在不同浇口套角度模具中的料筒温度和模腔温度最大值之间的曲线关系。由图 4

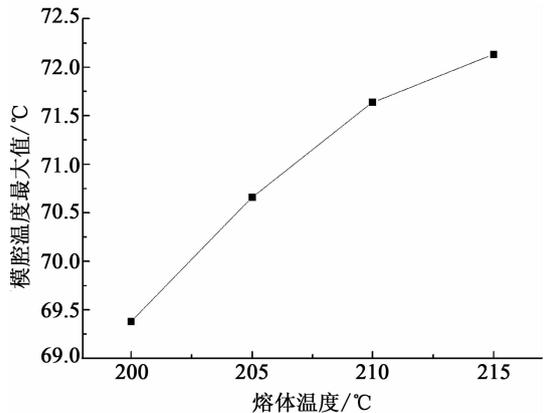


图 4 料筒温度和模腔温度最大值关系图

Fig. 4 Diagram of melt temperature vs the maximum cavity temperature

中的曲线可以看出,随着料筒温度的不断升高,模腔温度最大值也不断升高,且几乎呈线性关系。在实际测量中,模腔压力温度传感器跟塑料熔体接触。因此,温度传感器测量到的模腔温度值会随着塑料料筒温度的不断升高而升高。

图5为在不同浇口套角度模具中的模具温度和模腔温度最大值之间的曲线关系。由图5

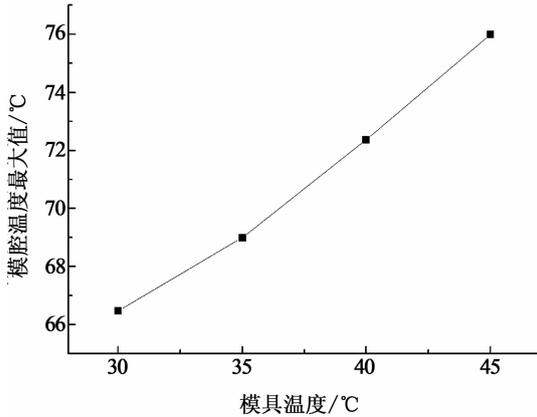


图5 模具温度和模腔温度最大值关系图

Fig.5 Diagram of mould temperature vs the maximum cavity temperature

中的曲线可以看出,随着模具温度的不断升高,模腔温度最大值也不断升高,且几乎呈线性关系。模具温度控制机的效果直接作用在模具模仁上,随着模具温度的增大,模腔温度最大值显然也不断地增大。因此,模具温度是模腔压力温度最大值的显著影响因素。

## 4 结论

借助模腔温度传感器,研究了注塑工艺参数对模腔温度最大值的影响情况。得到了以下结论:

(1)通过极差分析得到各工艺参数对模腔温度最大值的影响次序:注塑工艺参数对模腔温度最大值的影响次序依次为:模具温度 > 料筒温度 > 保压压力 > 注射时间 > 注射压力。

(2)通过方差分析可知,模腔温度对模腔温度最大值的影响很大,且模具温度对模腔温度最大值具有显著性影响

(3)通过工艺参数与模腔温度最大值的关系效应图分析了各工艺参数对模腔温度最大值的影响规律,为实际生产提供了借鉴。

## 参考文献:

- [1] 刘东雷. 模具温度对高光注射成型制品表面沉降的影响[J]. 高分子材料科学与工程, 2012, 28(1): 168 - 171.
- [2] 王建. 基于注塑设备的聚合物 PVT 关系测控技术的研究[D]. 北京: 北京化工大学, 2010.
- [3] 王建, 杨卫民, 谢鹏程, 等. 利用聚合物 PVT 关系在线控制技术的实验研究[J]. 材料科学与工艺, 2011, 19(3): 114 - 148.
- [4] 吴廷, 丁玉梅, 杨卫民. 基于 PT 保压的不同转压方式的研究[J]. 工程塑料应用, 2010, 38(1): 43 - 45.
- [5] 吴廷, 安琪, 谢鹏程, 等. 温度控制保压过程对制件质量重复精度的影响[J]. 中国塑料, 2010, 24(5): 94 - 96.
- [6] 王建. V/P 转压方式对注塑制品质量重复精度的影响[J]. 高分子材料科学与工程, 2011, 27(6): 110 - 113.
- [7] 王建. 利用模腔熔体温度进行注射成型 v/p 转压实验[J]. 高分子材料科学与工程, 2011, 27(10): 125 - 133.
- [8] 吴真繁, 孙宝寿, 张勇. 基于 Taguchi 实验设计方法的注塑成型翘曲优化[J]. 宁波大学学报: 理工版, 2011, 24(3): 108 - 112.

(责任编辑: 肖锡湘)