

注塑机充填压力与产品件重的相关性分析及压力控制应用

蔡文远¹ 赵世杰² 张锋杰¹ 罗 飞²

(1.震雄集团设计部,深圳 518122; 2.华南理工大学自动化学院,广州 510640)

摘要 通过实验和分析揭示了注塑机产品的件重和充填过程的压力之间有很强的相关性。注塑机注出产品的最重要的评价指标是产品件重的重复性,这一强相关性的发现为新的注塑机控制方法的提出提供了极为重要的依据。依此,在充填过程实施了全程压力控制,取得了很好的控制效果。

关键词 注塑机 备料过程 充填过程 密度分布 产品件重重复性 压力控制

利用注塑机生产塑料产品,产品件重的重复性是评价其产品的最重要的指标^[1]。影响产品件重的主要是3个过程:锁模过程、备料过程和充填过程。在锁模稳定且能达到要求的情况下,备料过程决定着每次被充填熔融塑料密度分布的重复性,而充填过程决定着每次被充填塑料体积的重复性。显然,密度分布的重复性和充填体积的重复性决定了件重的重复性。目前人们普遍通过3个方面来控制产品件重:①控制溶胶马达的转速和背压马达(或比例压力阀)的力矩(或压力)来确保备料的密度;②控制充填过程的速度和距离(或时间)来确保射胶的体积;③控制保压的压力和时间来弥补由于冷却而产生的塑料产品的表面收缩。

进一步说,备料过程通过控制压力和距离确保实现密度分布的重复性;充填过程通过控制速度-距离、压力-时间确保实现充填体积的重复性。显然,二者的控制内容存在着不一致性,这种控制内容的不一致性可能是提高产品件重重复性的障碍。因此,通过实验测量分析了充填过程压力和产品件重的相关性,并以此为依据提出了更加简洁、有效的提高产品件重重复性的控制方案,即充填过程全程压力控制,取得了很好的控制效果。

1 实验部分

1.1 方案设计

实验的目的是采集数据,进行充填压力和产品件重的相关性分析。因此,实验中需要同时记录两类数据,一类为每次充填过程的压力曲线,另一类为与之对应的产品件重。其中压力通过压力传感器检测,经过A/D转换由控制器记录输出,每2 ms采样一次,所得的充填压力曲线见图1。而产品件重由精密电子秤测得。

图1中横坐标为以时间为序的采样点,纵坐标为载荷传感器输出的经过A/D转换的压力值。

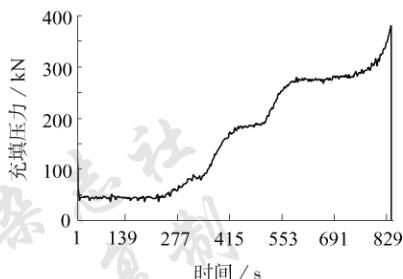


图1 充填压力曲线

1.2 原料、检测仪表与参数

原料:ABS,台湾奇美公司;

设备:震雄 JM55EA 诱导式全电动注塑机;

模具:一模八个相机用精密齿轮模具,用该模具生产的制品见图2;

工艺参数:充填速率 50 mm/s,充填距离 39 mm,溶胶马达转速 525 r/min;

检测元件:载荷传感器(200 kN,0~10 V);

数据获取:12位A/D转换;

测量仪器:精密电子秤(精度0.01 g),日本新光公司。



图2 相机用精密齿轮

1.3 数据整理

依照上述方法记录实验数据,连续生产2次,分别得到22组数据,如表1所示。用压力曲线与横轴之间的面积表示每次充填过程的压力,与每次的产品件重一一对应。两次生产之间有一定间隔,因此

分为表 1 两组数据。

表 1 实验数据列表				
编号	第 1 组		第 2 组	
	件重 /g	积分面积	件重 /g	积分面积
01	13.37	139 778	13.31	1390 858
02	13.26	134 474	13.28	1369 34
03	13.22	132 481	13.35	141 507
04	13.30	134 452	13.32	139 118
05	13.31	138 359	13.30	138 637
06	13.26	135 842	13.34	142 957
07	13.33	137 326	13.25	136 082
08	13.30	135 202	13.26	138 238
09	13.25	131 656	13.33	139 598
10	13.32	135 694	13.29	137 803
11	13.31	135 320	13.30	138 976
12	13.32	137 068	13.32	139 730
13	13.32	138 122	13.31	138 544
14	13.32	138 490	13.34	141 412
15	13.31	139 125	13.32	139 895
16	13.37	143 040	13.27	137 256
17	13.31	137 000	13.33	140 564
18	13.34	139 514	13.28	138 243
19	13.35	143 757	13.33	139 312
20	13.38	143 946	13.34	142 021
21	13.32	136 619	13.31	140 325
22	13.32	139 917	13.29	137 486

2 分析

2.1 相关性分析方法^[2]

相关关系反映变量之间的非确定性关系。一般对于取定的变量 x 分别进行 n 次独立试验得到 $x_1, x_2, \cdots, x_n$, 同时得到与 x 对应的 y 的 n 个值 $y_1, y_2, \cdots, y_n$; 样本相关系数 r 的计算公式^[3] 为:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

式中:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

2.2 相关性分析结果

采用上述相关性分析方法对实验数据进行分析,第 1 组实验数据的相关系数为 0.859,第 2 组实验数据的相关系数为 0.882。显然,注塑机充填压力与产品件重的相关性是很高的。说明充填压力与产品件重密切相关,精确控制充填过程的压力,提高它的重复性,就能够提高产品件重的重复性。

3 压力控制应用

注塑机产品的最重要的评价指标是件重的重复性,通过实验和分析笔者揭示了注塑机产品的件重和充填过程的压力之间有很强的相关性。因此,笔

者改变目前普遍采用的速度控制的充填控制方法,在充填过程的全程实施压力控制。控制原理如图 3 所示。图 3 中内环为变频器速度控制,外环为基于运动控制卡的压力控制。常用的速度控制方法充填过程分成两个阶段:在目标距离内实施多段速度控制,既速度-距离控制;之后在一定的时间内实施多段压力控制,既压力-时间控制。速度控制方法只有图 3 中的内环,没有外面的压力反馈。即以距离为横坐标,编码器作为充填过程速度的检测元件,与速度设定值进行比较,在变频器内部进行运算,对充填过程的速度进行控制,使实际速度很好的拟和设定值。而压力控制方法以时间为横坐标,在充填全程实施压力控制,它应用载荷传感器作为充填过程压力的检测元件,其反馈输出值与参考压力曲线比较,应用先进的 PID 算法,对充填过程进行全程压力控制,使输出很好的追踪参考压力曲线,从而获得了很好的控制效果。其中,参考压力曲线是机器调试运行几次后认为满意的曲线,由控制器自动记录下来。

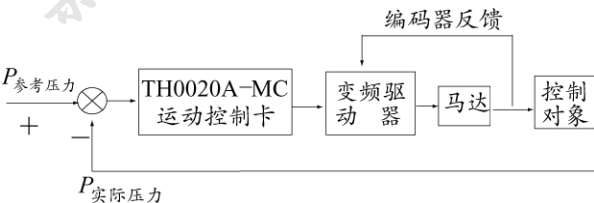


图 3 全电动注塑机压力控制原理图

采用上述压力控制方法和速度控制方法作产品件重重复精度实验,结果如表 2 所示。

表 2 产品件重实验数据 g

编号	速度控制		压力控制	
	第 1 组	第 2 组	第 1 组	第 2 组
01	13.54	13.47	13.21	13.31
02	13.48	13.46	13.22	13.31
03	13.56	13.47	13.21	13.31
04	13.48	13.46	13.21	13.28
05	13.52	13.47	13.22	13.31
06	13.51	13.42	13.20	13.28
07	13.51	13.45	13.22	13.31
08	13.53	13.47	13.20	13.29
09	13.53	13.45	13.20	13.30
10	13.56	13.42	13.20	13.32
11	13.54	13.46	13.21	13.32
12	13.54	13.46	13.22	13.28
13	13.50	13.42	13.19	13.32
14	13.51	13.40	13.22	13.32
15	13.54	13.47	13.22	13.31
16	13.52	13.47	13.23	13.30
17	13.58	13.48	13.22	13.30
18	13.59	13.47	13.22	13.30

续表 2

编号	速度控制		压力控制	
	第 1 组	第 2 组	第 1 组	第 2 组
19	13.55	13.48	13.23	13.28
20	13.58	13.47	13.22	13.31
21	13.58	13.46	13.22	13.30
22	13.64	13.47	13.22	13.31
23	13.59	13.43	13.22	13.31
24	13.67	13.45	13.23	13.30
25	13.65	13.42	13.21	13.31
26	13.60	13.46	13.22	13.30
27	13.50	13.47	13.21	13.30
28	13.54	13.43	13.20	13.30
29	13.54	13.46	13.23	13.31
30	13.56	13.48	13.21	13.31
31	13.52	13.46	13.21	13.31
32	13.46	13.42	13.22	13.31
33	13.57	13.48	13.23	13.30
34	13.60	13.43	13.23	13.31
35	13.53	13.46	13.22	13.31
36	13.58	13.44	13.20	13.32
37	13.57	13.44	13.22	13.31
38	13.56	13.45	13.21	13.31
39	13.53	13.47	13.19	13.30
40	13.56	13.46	13.18	13.27
41	13.56	13.44	13.20	13.28
42	13.50	13.47	13.21	13.29
43	13.54	13.44	13.22	13.29
44	13.56	13.49	13.20	13.29
45	13.54	13.42	13.20	13.30
46	13.53	13.45	13.19	13.29
47	13.52	13.44	13.21	13.28
48	13.53	13.47	13.22	13.28
49	13.51	13.43	13.23	13.29
50	13.58	13.44	13.20	13.29

速度控制包括两组数据,第 1 组对应高充填速度(60 mm/s),件重重复误差为 1.5%;第 2 组对应低充填速度(30 mm/s),件重重复误差为 0.7%。压力控制也包括两组数据,第 1 组对应低充填压力参考曲线,件重重复误差为 0.4%;第 2 组对应高充填

压力参考曲线,件重重复误差为 0.38%。

因此,通过这种方法有效提高了注塑机注出产品的件重重复精度,同时,在不同参考压力曲线下,都可以获得 0.4% 左右的重复误差,明显优于速度控制时的件重重复精度。产品的件重重复误差 p 可由式(2) 计算得到^[3]。

$$p = \frac{w_{\max} - w_{\min}}{n} \times 1000 \quad (2)$$
$$\sum_{i=1}^n w_i / n$$

式中: w_i ——正常生产条件下称得的件重值;
 n ——正常生产条件下生产的产品件数,约 50 件;

$w_{\max}、w_{\min}$ ——产品件重的最大、最小值。

4 结语

注塑机注出产品的最重要的评价指标是件重的重复精度,笔者通过实验和分析揭示了注塑机注出产品的件重和充填过程的压力之间有很强的相关性,并将其应用到实际控制中去,对充填过程进行了全程压力控制,得到了明显优于速度控制的产品件重重复精度。同时,笔者也注意到日本 FANUC 公司生产的部分全电动注塑机也采用了全程压力控制方案^[4]。这些都说明对注塑机充填过程进行全程压力控制是一种适合注塑产品的控制方法,值得推广。

参 考 文 献

1 蔡文远,张峰杰,陈明,等. 诱导式全电动注塑机的研究与开发. 中国塑料,2004,18(6): 84

2 李汉军,肖红淑,李玉琮. 相关分析在自动检测中的应用. 湘潭师范学院学报,2000(10): 37

3 夏爱生,杨胜友. 工程数学: 概率论与数理统计. 北京: 朝华出版社,2003.

4 稻叶善治. 电动伺服射出成形机及精密成形. 日本东京: 日刊工业新闻,1999.

ANALYSIS OF PERTINENCE BETWEEN INJECTION MOLDING PRESSURE AND PRODUCT WEIGHT AND APPLICATION OF PRESSURE CONTROL

Cai Wenyan¹, Zhao Shijie², Zhang Fengjie¹, Luo Fei²

(1. Design Department, CHEN HSONG Group, Shenzhen 518122, China;

2. Automation College, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

ABSTRACT The high pertinence between the weight of injection molding products and injection pressure is unveiled by experiments and analyses. The most important evaluation criterion of injection molding products is the weight repetitiveness. Consequently the discovery of the high pertinence provides very important foundation for the new control solution of injection molding machines. On the result, a new method of pressure control is implemented in the whole injection process, and pretty good control result is obtained.

KEYWORDS injection molding machine, melting process, injecting process, density distributing, weight repetitiveness, pressure control