

注射压缩工艺参数对制品收缩率及其均匀度的影响

谭 宇 黄汉雄

(华南理工大学机械与汽车工程学院, 塑料橡胶装备及智能化研究中心, 广州 510640)

摘要 采用顺序注射压缩工艺, 研究熔体温度、注射速度、压缩速度、压缩距离和冷却时间 5 个工艺参数对成型的聚苯乙烯长方形制品收缩率及其均匀度的影响规律。结果表明, 熔体温度、注射速度和压缩距离的影响较大, 压缩速度和冷却时间的影响较小, 同一制品靠近浇口处的收缩率变化梯度比远离浇口处大。

关键词 注射压缩 聚苯乙烯 工艺参数 收缩率 均匀度

注塑是主要的塑料成型方法之一, 但传统注塑制品存在翘曲、收缩率不均匀、有较大残余应力等缺点。注射压缩是为降低传统注塑制品的缺陷而产生的成型方法, 该方法在模具没有完全闭合的情况下开始注射, 注射完成后模具进一步闭合, 对型腔内的熔体施加均匀的压缩力, 然后保持压缩力, 冷却直至取出制品。注射压缩不通过螺杆对熔体施加压力进行保压, 而是直接采用压缩力保压, 因此压实的制品收缩均匀、尺寸精度高、稳定性好、变形小, 不仅如此, 注塑压缩甚至可消除由螺杆保压引起的浇口处应力集中、塑料分子取向和制品内应力大等一系列问题。由于注射压缩是在模具没有完全闭合的情况下注入熔体, 因此注塑压力低, 锁模力也降低, 能显著降低材料成型能耗^[1-2]。

影响注塑制品收缩的因素很多, 包括成型材料、制品结构、工艺条件和模具设计等^[3]。笔者以顺序注射压缩成型长方形聚苯乙烯 (PS) 制品为例, 分析熔体温度、注射速度、压缩速度、压缩距离和冷却时间 5 个工艺参数对制品收缩率及其均匀度的影响规律。

1 实验部分

1.1 原材料

PS: PG-33, 熔体流动速率为 7.9 g/10 min (5 kg/200℃), 镇江奇美化工有限公司。

1.2 设备

精密注塑机: KM80SP180CX 型, 德国 Krauss-Maffei 公司。

电子数显千分尺: 01120028 型, 量程 0~25 mm, 精度 0.001 mm, 上海台海工量具有限公司。

1.3 制品制备

注射压缩基准参数设定为: 熔体温度 210℃、注射速度 90 mm/s、注塑压力 50 MPa、压缩速度 20 mm/s、压缩距离 2 mm、压缩力 80 kN、冷却时间 30

s, 按表 1 改变工艺参数对 PS 进行注射压缩, 所制备的试样尺寸为 150 mm × 20 mm × 2 mm。

表 1 实验参数设置

参 数	水平				
	1	2	3	4	5
熔体温度/℃	190	200	210	220	230
注射速度/mm·s ⁻¹	30	60	90	120	150
压缩速度/mm·s ⁻¹	10	15	20	25	30
压缩距离/mm	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
冷却时间/s	10	20	30	40	50

1.4 测量与表征

收缩率表征: 按图 1 在试样上沿流动方向选取均布的 8 个位置, 在试样脱模 24 h 后^[4] (制品收缩趋于稳定) 测量各位置的厚度 b_i ($i = 1, 2, \dots, 8$), 按 (1) 式计算各位置的收缩率 S_i :

$$S_i = \frac{b_0 - b_i}{b_0} \times 100\% \tag{1}$$

式中: b_0 为模腔厚度。每组实验选取 5 个试样, 计算得到平均收缩率 $\bar{S}$ 。

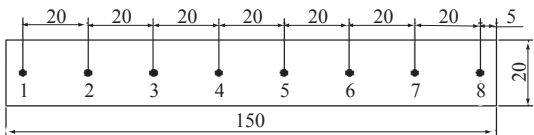


图 1 试样上的 8 个测量位置

收缩率均匀度表征: 采用收缩率标准偏差来表征试样的收缩率均匀度, 标准偏差越小, 表示收缩率均匀度越好。其计算公式^[5]为:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2}{n - 1} \tag{2}$$

2 结果与讨论

2.1 熔体温度的影响

熔体温度对注射压缩制品收缩率及其标准偏差

的影响如图2所示。由图2可以看出,随着熔体温度的提高,制品收缩率有增大的趋势,且近浇口端增大的趋势要比远浇口端大,但温度为190℃时其收缩率变化率是最大的;温度为200℃时,制品平均收缩率最小(为1.33%)。制品收缩率均匀度随熔体温度增加而变化的趋势总体上与收缩率一致,在200℃时出现最小值。很多学者也报道了熔体温度对注塑制品的收缩率有显著影响^[6-8]。

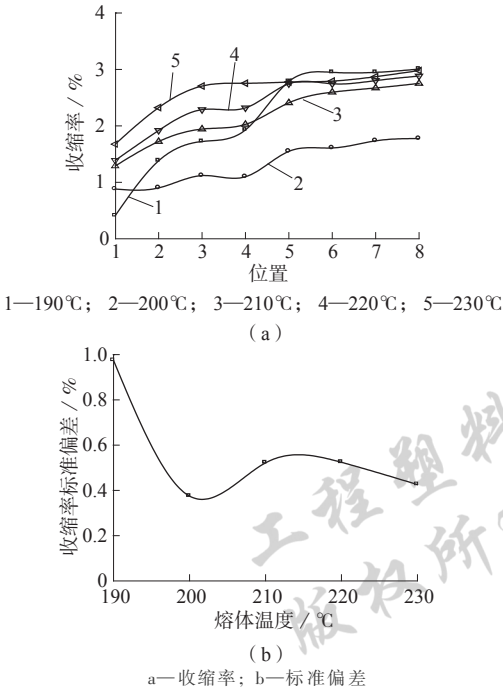


图2 熔体温度对制品收缩率及其标准偏差的影响

制品收缩率随熔体温度升高而增大,主要是由于温度提高导致分子链在高温下容易产生收缩,且熔体比容增大,密度较小,在相同注射量下制品的收缩率增大。熔体温度为190℃时,熔体粘度较大,流动能力相对较差,压缩过程中靠近浇口处的熔体量较多,受到压缩力作用而较密实,远离浇口处制品则不够密实,因此收缩率较大,其均匀度较差。随着熔体温度升高,熔体流动性增强,在压缩力作用下近浇口处的熔体向远浇口处流动,密实程度降低,因此收缩率有增大的趋势;远离浇口处熔体较低温时密实,因此收缩率增大的趋势较低,其均匀性增加。熔体温度为200℃时,收缩率最小可能是由于熔体较密实且分子链的收缩程度较小所致。

2.2 注射速度的影响

图3示出注射速度对制品收缩率及其标准偏差的影响。由图3可以看出,随着注射速度的提高,制品收缩率先减小后增大,注射速度为120 mm/s时

收缩率达到最小值;而制品的收缩均匀度则不断提高。在注射压缩中,注射速度对收缩率的影响包括两个方面:一方面,提高注射速度,经过喷嘴时产生较高的剪切速率,提高了熔体进入模腔时的温度,导致收缩率增加;另一方面,温度提高,增加了熔体的流动性,使不同位置的熔体都能受到较均匀的压缩,制品更加密实,收缩率减小。在注射速度低于120 mm/s时,第二方面的影响起主导作用,即提高速度主要使制品更加均匀密实,同时比容减小,收缩率减小,收缩率均匀度增加;高于120 mm/s时,第一方面的影响起主导作用,收缩率反而增大,但收缩率均匀度较好。

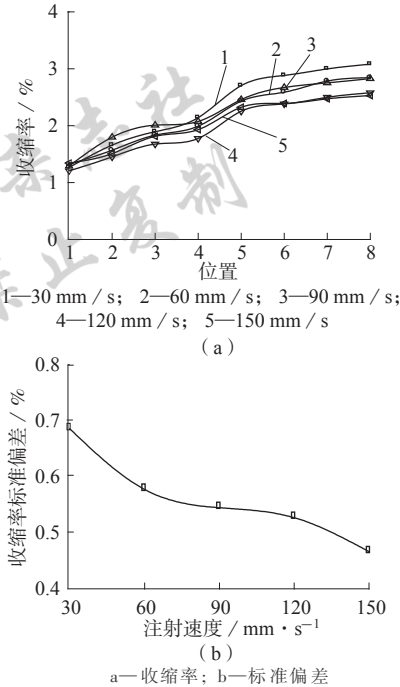


图3 注射速度对制品收缩率及其标准偏差的影响

2.3 压缩距离的影响

压缩距离是压缩前模腔打开的间距。图4示出压缩距离对熔体二次流动长度的影响。由图4可看出,随着压缩距离增加,熔体二次流动长度增大。

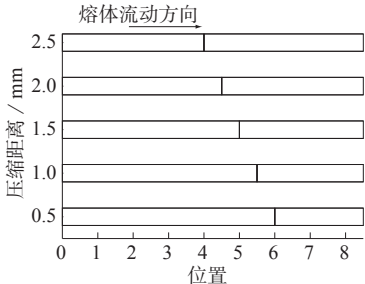


图4 压缩距离对熔体二次流动长度的影响
(左侧为一次流动长度,右侧为二次流动长度)

图 5 示出压缩距离对制品收缩率及其标准偏差的影响。对比图 4 和图 5a 可以发现, 在二次流动开始时, 都存在收缩率急剧增大的现象。压缩距离在 0.5 ~2.0 mm 时, 随压缩距离增大, 收缩率及其均匀度减小; 压缩距离大于 2.0 mm 时, 收缩率及其均匀度增加。

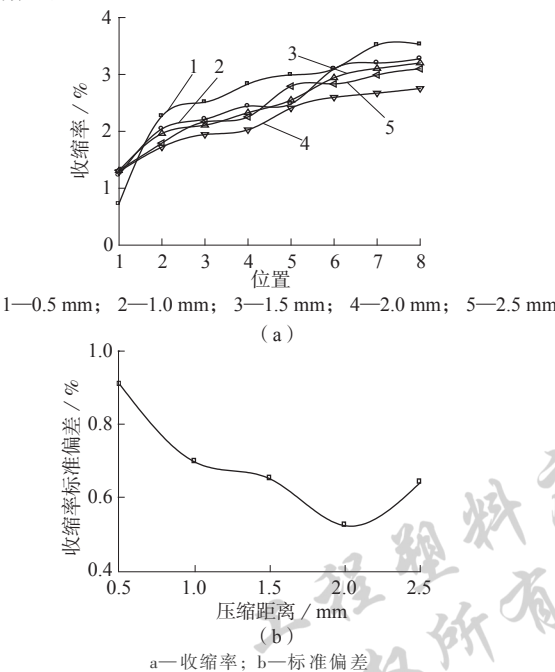


图 5 压缩距离对制品收缩率及其标准偏差的影响

Y. C. Chen 等^[9]认为, 压缩距离的增加使分子取向减小。收缩率减小的主要原因是分子链取向导致, 随压缩距离增大, 分子链取向程度降低, 因此制品收缩率减小。有学者认为, 压缩距离越小, 熔体比容越大, 这也是导致收缩率增大的原因之一^[10]。收缩率增大主要是由于压缩距离过大(压缩距离为 2.5 mm), 熔体温度沿流动方向逐渐降低, 加上流动距离较长, 取向程度反而较大, 同时引起收缩不均, 导致均匀性变差。

2.4 压缩速度的影响

压缩速度主要影响熔体在模腔中二次流动的速度和时间。图 6 示出压缩速度对制品收缩率及其标准偏差的影响。由图 6 可以看出, 当压缩速度为 10 mm/s 时, 制品近浇口端收缩率最小, 而远浇口端收缩率最大, 收缩率均匀度最差。随着压缩速度的提高, 制品收缩率变化较小, 压缩速度为 15 mm/s 时, 平均收缩率为 2.13%; 压缩速度为 30 mm/s 时, 平均收缩率为 2.11%, 可以看出压缩速度的进一步增加对制品收缩率的影响有限。当压缩速度超过 20

mm/s 时, 其收缩率均匀度随着压缩速度的提高变化较小。主要原因是压缩速度较低, 近浇口端熔体量相对较多, 熔体较密实, 收缩较小, 而远浇口端正好相反。随着速度的增加, 熔体从浇口端流入末端的量变化不大, 因此对收缩率影响较小。

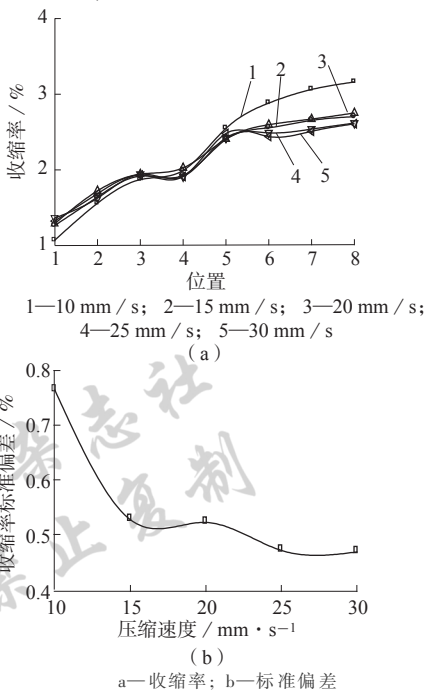


图 6 压缩速度对制品收缩率及其标准偏差的影响

2.5 冷却时间的影响

成型制品在模腔内的冷却时间主要取决于制品的厚度、塑料的热性能等, 其应以保证制品脱模时不引起变形为原则^[10]。本次实验中, 压缩力持续作用到模具开模, 因此冷却时间越长, 熔体受到的压缩力作用时间越长。图 7 示出冷却时间对制品收缩率及其标准偏差的影响。从图 7 可以看出, 随着冷却时间的增加, 制品收缩率有减小的趋势, 但是冷却时间为 10 s 时, 平均收缩率为 2.15%, 而冷却时间为 50 s, 平均收缩率为 2.04%, 可以看出冷却时间对制品的收缩率影响并不大, 收缩率均匀度的变化也较小。由于制品在模具中快速冷却, 因此持续长时间的压缩力对冷却后的制品几乎没有太大的作用。

仔细观察各工艺参数对制品收缩率的影响, 发现同一制品靠近浇口处的收缩率变化梯度大于远离浇口处, 其原因一是注射形成的分子取向远远大于压缩形成的分子取向; 二是制品远离浇口处熔体始终是由近浇口处熔体受到压缩流动所致, 所以密实程度越靠近浇口处越高, 熔体二次流动填充部分其密实程度相差较小。制品的收缩率取决于两者的综

合作用,靠近浇口处时,熔体较密实起主要作用,当靠近熔体压缩前的停留位置时,取向起主要作用。

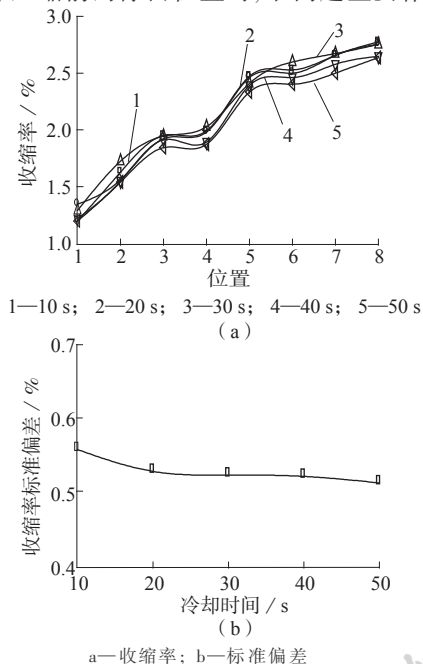


图7 冷却时间对制品收缩率及其标准偏差的影响

3 结论

研究了注射压缩工艺参数对 PS 长方形制品收缩率及其均匀度的影响,发现熔体温度、注射速度和压缩距离的影响较大,随着熔体温度、注射速度和压缩距离的增加,制品收缩率先减小后增大,熔体温度为 200℃、注射速度为 120 mm/s、压缩距离为 2 mm 时,制品收缩率最小,收缩率均匀度较高,继续增大熔体温度和注射速度虽然有增加收缩率均匀度的趋势,但是收缩率增加。压缩速度和冷却时间对制品

收缩率均匀度影响较小。同一制品靠近浇口处的收缩率变化梯度始终大于远离浇口处。

参考文献

- [1] 李沙,黄汉雄.注射压缩精密成型制品收缩率均匀度的研究[J].塑料,2006,26(5):54-58.
- [2] Kang S, Kim J S, Kim H. Birefringence distribution in magneto optical disk substrate fabricated by injection compression molding[J]. Optical Engineering, 2000, 39: 689-694.
- [3] Michaeli W, Hener S, Klaiber F, et al. Geometrical accuracy and optical performance of injection moulded and injection-compression mulded plastic parts[J]. Annals of the CIRP, 2007, 56: 545-548.
- [4] 《塑料模设计手册》编写组.塑料模设计手册[M].北京:机械工业出版社,2002.
- [5] Huang H X, Li K, Li S. Effect of processing parameters on shrinkage uniformity of injection-compression molded part[C]//An experimatal study on micro injection paramaters, ANTEC Conference. Chicago: Society of Plastics Engineers, 2008: 400-404.
- [6] Wu C H, Su Y L. Optimization of wedgeshaped parts for injection molding and injection compression molding[J]. International Communications in Heat and Mass Transfer, 2003, 30: 215-224.
- [7] Fan B F, Kazmer D O. Simulation of injection-compression molding for optical media[J]. Polymer Engineering and Science, 2003, 43(3): 596-606.
- [8] 徐亚君,杨伟,宫蕾,等.注射成型工艺条件对共聚聚丙烯成型收缩率的影响[J].塑料工业,2008,12: 32-34.
- [9] Yang S Y, Chen Y C. Experimental study of injection-charged compression molding of thermoplastics[J]. Advances in Polymer Technology, 1998, 17(4): 353-360.
- [10] Chen S C, Chen Y C, Peng H S. Simulation of injection-compression-molding process. II. Influence of process characteristics on part shrinkage[J]. Journal of Applied Polymer Science, 1999, 75(13): 1640-1654.

EFFECTS OF PROCESSING PARAMETERS ON SHRINKAGE AND ITS UNIFORMITY OF PRODUCT BY INJECTION COMPRESSING MOLDING

Tan Yu, Huang Hanxiong

(Center of Polymer Processing Equipment and Intellectualization, School of Mechanical and Automotive Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

ABSTRACT Effects of processing parameters, including melt temperature, injector velocity, compressing viscosity, compression distance and cooling temperature on the shrinkage and its uniformity of polystyrene parts by injection compression molding were investigated. The results indicated that the melt temperature, injection velocity and compression distance significantly affected the shrinkage and its uniformity. In contrast, the compression velocity and cooling temperature slightly affected the shrinkage. The change gradient of shrinkage near the gate was larger compared with that at the end of the same part.

KEYWORDS injection compression molding, polystyrene, processing parameter, shrinkage, uniformity

杜邦工程塑料部宣布多项产品全球范围内提价

杜邦工程塑料部近日宣布于全球调高售价,涉及的产品包括杜邦™ Zytel 尼龙、杜邦™ Minlon;矿物增强尼龙和杜邦™ Zytel;HTN 高性能聚酰胺的标准级别材料。亚太地区

的涨幅为 0.35 美元/kg。新价格由 2009 年 11 月 9 日起生效,或根据合同约定。这些产品的特殊级别材料价格升幅将较大。杜邦公司表示,原材料和能源价格重现上涨趋势,全球对原材料的需求已增加,因此有必要调整售价。(中色)