

玻璃纤维增强聚丙烯制品翘曲变形的研究

倪晓燕 陶 杰 钱惠慧

(南京航空航天大学材料科学与技术学院, 南京 210016)

摘要 针对玻璃纤维增强聚丙烯 (PP/GF) 注射成型制品存在的翘曲变形缺陷, 研究了注射工艺参数如模具温度、喷嘴温度、注射速率、保压压力和保压时间对制品成型收缩率及翘曲的影响。结果表明, 随着模具温度、喷嘴温度和保压压力的降低, 制品的翘曲减小; 适当提高注射速率和减少保压时间也可减小制品翘曲。

关键词 玻璃纤维增强聚丙烯 注射成型 收缩率 翘曲

聚丙烯 (PP) 具有密度小、耐化学药品性好、力学性能高等优点, 但存在成型收缩率大、低温脆性、热变形温度低等缺点。而玻璃纤维 (GF) 的加入则可以降低 PP 的成型收缩率, 提高其热变形温度^[1], 同时能改善其力学性能。

在实际生产中, 采用注射成型工艺制备 GF 增强 PP (PP/GF) 薄壁制品时常存在翘曲变形缺陷。对于注射制品翘曲的研究, 目前采用最多的方法是借助计算机进行 CAE 模拟分析^[2~5], 而该方法虽然可以节省人力、物力, 但缺点是数值模拟本身带有很多不可避免的误差。已有研究^[6]表明, 材料收缩不均匀是导致注射制品产生翘曲的主要原因。PP 在注射成型过程中的收缩率一般为 1.8%~2.5%, 加入质量分数为 30% 的 GF 后可使收缩率降低到 0.7% 左右。笔者从制品成型收缩率不均的角度, 探讨了主要注射工艺参数对制品翘曲变形的影响。

1 实验部分

1.1 原材料

PP/GF: GF 质量分数为 30%, 南京聚隆工程塑料有限公司。

1.2 设备

注塑机: SZ-120 型, 扬州通扬机械有限公司。

1.3 试样制备

将 PP/GF 在 80℃ 烘干 1~2 h, 然后用注塑机成型为圆片试样。试样直径 102 mm, 厚 4 mm; 侧浇口。

1.4 成型收缩率的测试

成型收缩率按 ASTM D955-89 测试。试样注射成型后, 存放 40~48 h, 测量标准成型收缩率。成型收缩率为试样与所用型腔相应尺寸的差同型腔相应尺寸之比, 用式 (1) 表示。

$$S = \frac{L_0 - L_1}{L_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中: S ——成型收缩率, %;

L_0 ——型腔尺寸, mm;

L_1 ——试样尺寸, mm。

为尽量减少试验中的误差, 对于同一组工艺条件, 每个试样尺寸测两次取平均值, 结果以 5 个试样的算术平均值表示。流动方向的收缩率记为 S_f ; 垂直于流动方向的收缩率记为 S_t ; 流动方向与垂直于流动方向的收缩率的差值为 ΔS 。

2 结果与分析

2.1 模具温度

图 1 示出在保持喷嘴温度 205℃、注射速率 $15 \text{ cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 、保压压力 6 MPa、保压时间 10 s 不变的条件下, 模具温度对成型收缩率的影响。由图 1 可以看出, 当模具温度为 80℃ 时, 试样的成型收缩率最大, 其中 S_f 、 S_t 分别为 0.631%、0.886%。模具温度为 60℃ 时, 试样成型收缩率最小, S_f 、 S_t 分别为 0.478% 和 0.698%。

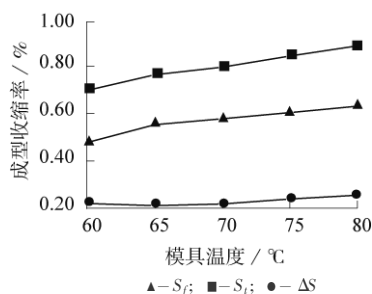


图1 模具温度对成型收缩率的影响

从图1还可以看出, S_f 、 S_t 均随着模具温度的升高而增大。这是因为模具温度对成型收缩率的影响主要是在浇口冻结后至制品脱模之前这段过程。随着模具温度的升高, 制品冷却速率变慢, 停留在高结晶速率的温度区间内的时间更长, 分子有充分的松弛时间, 结晶趋于更完全, 结晶度高。所以随着模具

温度的不断升高,成型收缩率变大。 ΔS 在 65°C 附近时出现最小值,说明模具温度为 65°C 时,制品在两个方向上的成型收缩率差异最小,由此产生的内应力不均也最小,不易发生翘曲。随着模具温度的不断升高,制品的翘曲有增大趋势。

2.2 喷嘴温度

喷嘴位于注塑机料筒的前端,直接决定了注入型腔的熔体温度的高低。图 2 示出在保持模具温度 70°C 、注射速率 $15\text{ cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 、保压压力 6 MPa、保压时间 10 s 不变的条件下,喷嘴温度对成型收缩率的影响。由图 2 可以看出,喷嘴温度为 190°C 时, S_f 和 S_t 最大,分别为 0.667% 和 0.908%。喷嘴温度为 220°C 时, S_f 和 S_t 最小,分别为 0.478% 和 0.839%。随着喷嘴温度的升高,成型收缩率有下降趋势,而两个方向上收缩率的差值却在不断增大,上升趋势比较明显,即喷嘴温度越高,制品越易发生翘曲变形。

因此,为减小制品的翘曲变形,应适当降低喷嘴温度。但过低的温度也会导致熔体流动性变差、粘度增大。由图 2 可知,喷嘴温度设定为 200°C 左右时可达到较好效果。

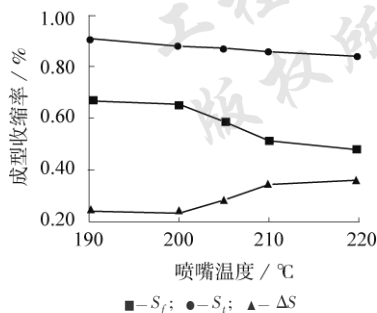


图2 喷嘴温度对成型收缩率的影响

2.3 注射速率

注射速率决定着充模时间的长短,充模时间越长,熔体流动阻力将随着前沿熔体的冷却而增大,所以必须保证在浇口被封之前,熔体能完全充满型腔。图 3 示出在保持模具温度 70°C 、喷嘴温度 205°C 、保

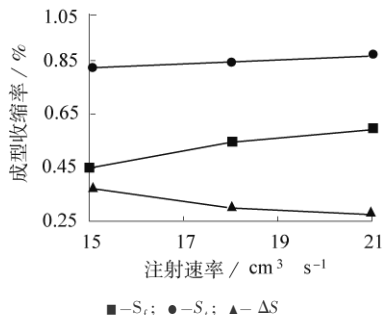


图3 注射速率对成型收缩率的影响

压压力 6 MPa、保压时间 10 s 不变的条件下,注射速率对成型收缩率的影响。由图 3 可以看出, S_f 、 S_t 均随着注射速率的增大而增大, ΔS 则呈减小趋势,即随着注射速率的增大,制品翘曲变形趋势减小。这是因为提高注射速率后,料流速度快,剪切作用加剧,分子定向作用增大,引起收缩率增大。但另一方面,由于注射速率增大后,在相同注塑压力下,充模时间大大缩短,这有助于提高熔体在浇口封闭前的充模,相对地延长了补料时间,使制品更密实,不易发生翘曲。

2.4 保压压力

在保压阶段,熔体已充满型腔,但在浇口冻结之前必须继续保持压力,以使熔体补偿由于温度下降而引起的体积收缩。图 4 示出在保持模具温度 70°C 、喷嘴温度 205°C 、注射速率 $15\text{ cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 、保压时间 10 s 不变的条件下,保压压力对成型收缩率的影响。由图 4 可以看出,随着保压压力的不断增大,成型收缩率呈明显下降趋势。这可解释为熔融树脂在成型压力作用下受到压缩,压力越高压缩量越大,压力解除后的弹性回复也越大,使得制品尺寸更加接近型腔尺寸,因此成型收缩率越小。

尽管两个方向上的成型收缩率都在减小,但两者的差值 ΔS 却随保压压力的增大而增大,保压压力为 8 MPa 时, ΔS 达到了 0.349%,即垂直流向的收缩率几乎为流向收缩率的两倍,此时制品的翘曲变形非常大。这是因为熔体在高压下冷凝会在制品中产生较大的内应力和大分子取向,从而导致制品外观上的翘曲变形。

因此,虽然较高的保压压力能使型腔内制品密实,收缩率减小。但是过高的保压压力对制品的质量不起正面作用,只会加大制品脱模后的翘曲。本试验中保压压力设定为 5 MPa 时翘曲最小。

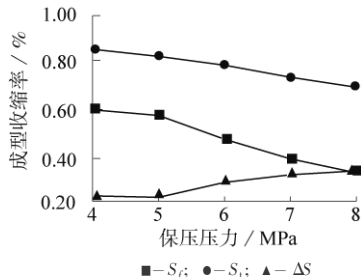


图4 保压压力对成型收缩率的影响

2.5 保压时间

图 5 示出在保持模具温度 70°C 、喷嘴温度 205°C 、注射速率 $15\text{ cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 、保压压力 6 MPa 不变

的条件下, 保压时间对成型收缩率的影响。由图 5 可以看出, 随着保压时间的延长, 制品的成型收缩率有减小趋势。 ΔS 则随保压时间的延长而增加。因为延长保压时间有利于减少熔体向浇口倒流, 增强补缩作用, 使制品越密实、成型收缩率越小。但在浇口冻结以后再延长保压时间, 只会延长成型周期, 起不到补缩作用。

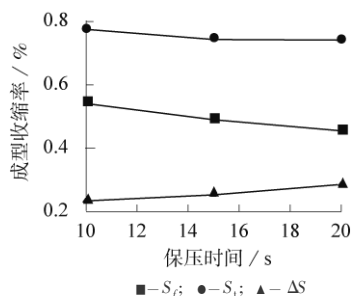


图 5 保压时间对成型收缩率的影响

3 结论

(1) PP/GF 制品的成型收缩率随着模具温度升高、喷嘴温度降低、注射速率增大、保压压力降低和

保压时间的减少而增大。

(2) 在模具结构不变的情况下, 快速充模, 适当降低喷嘴温度和模具温度, 避免过高的保压压力和过长的保压时间, 皆可减小制品的翘曲, 提高 PP/GF 制品的质量。

参考文献

- 1 许小东, 董祥中, 董毅, 等. 玻璃纤维增强聚丙烯复合材料研究进展. 合成树脂及塑料, 2004, 24(1): 66
- 2 郭志英, 李德群. 注塑制品翘曲变形有限元数值模拟的误差分析. 华中理工大学学报, 2000, 28(8): 63
- 3 李海梅, 刘永志, 申长雨, 等. 注塑件翘曲变形的 CAE 研究. 中国塑料, 2003, 17(3): 53
- 4 Nardin B, Kuzman K, Kampus Z. Injection moulding simulation results as an input to the injection moulding process. Journal of Materials Processing Technology, 2002 (130/131): 310
- 5 Imihezri S S S, Sapuan S M, Sulaiman S, et al. Moldflow and component design analysis of polymeric based composite automotive clutch pedals. Journal of Materials Processing Technology, 2006 (171): 358
- 6 赵文聘, 黄海清, 杨健, 等. 聚丙烯改性料的收缩率探讨. 工程塑料应用, 2000, 28(11): 8

WARPAGE OF GLASS FIBER REINFORCED POLYPROPYLENE PRODUCTS

Ni Xiaoyan, Tao Jie, Qian Huihui

(College of Material Science and Technology, Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, Nanjing 210016, China)

ABSTRACT To reduce the warpage of glass fiber reinforced polypropylene (PP/GF) products, the effects of five injection molding parameters including mold temperature, nozzle temperature, injection speed, hold pressure and hold time on the mold shrinkage and the warpage of PP/GF products were investigated. The results showed that the warpage decreased with the decrease of mold temperature, nozzle temperature and hold pressure. Moreover, fast filling and less time for holding were also dedicated to reduce the warpage of products.

KEYWORDS glass fiber reinforced polypropylene, injection molding, shrinkage, warpage

北京星贝达化工材料有限公司

美国大湖化学公司指定经销商: 十溴联苯醚、十溴二苯乙烷(环保阻燃剂)、四溴双酚 A(适于 ABS)、聚溴化苯乙烯(PBS-64HW)(适于尼龙、聚酯,热稳定性好,不析出)、苯氧基四溴双酚 A 碳酸酯齐聚物(BC-58、BC-52)(适于 PC、PBT、PET、PC/ABS 合金,且热稳定性好)、磷酸酯(无卤阻燃 PC 用)系列阻燃剂; 抗氧剂: 1010、168、DSTP、330、GP-45(245)、TBM6(300)。

湖南嘉星铋业公司专售商: 三氧化二铋、铋酸钠(塑料用)、硫化铋(粉/块)、铋锭。

阿托菲纳(阿科玛)指定经销商: 核-壳增韧剂 MBS(E-920, C223)/ACR(D440, D320)和三元共聚增韧剂(聚酯或尼龙专用)(AX8900, LOTADER4700, LOTADER3210), EMA, EBA 等。

本公司还销售: POE、乙丙胶、SBS、SEBS、EAA、超韧尼龙增韧剂、PC/ABS 合金相容剂、接枝 PP、接枝 PE。

常年招聘销售人员

总公司地址: 北京上地信息路 1 号国科创业园 1-802(100085)

电话: 010-82895069 82895074

http://www.starbetter.com

E-mail: sales@starbetter.com, info@starbetter.com

广州办事处: 东圃商业大厦 A-802(510660)

电话: 020-82580538 82580439

上海湖盟化工公司: 中山北路 2918 号 1-1415(200063)

电话: 021-62164991 51272622