

多级注射成型工艺的设计

马懿卿

(陕西纺织器材研究所, 咸阳 712000)

摘要 通过对多级注射成型工艺的研究发现, 多级注射成型工艺的核心是如何进行多级分段和如何选择工艺参数。在介绍塑料熔体充模流动特征的基础上, 通过系统分析理想充模模型, 并联系多级注射原理, 提出了分段设计原则及参数选择方案。

关键词 塑料 多级注射成型工艺 充模模型 设计原则

热塑性塑料件的质量主要体现在内在质量和外表质量两个方面。内在质量也称性能质量, 包括组织结构和形态(结晶与取向等)控制的物理、力学性能与密度、塑料件的收缩特征及尺寸精度等; 外表质量包括表面的状态及表观的缺陷特征^[1]。注塑件的质量特征在注射加工过程主要在注射动作时形成, 这些质量特征虽然与注塑设备、模具结构有关, 但影响其质量的更为重要的可调控因素是注射成型工艺。通过仔细研究和分析注塑加工工艺与质量之间的关系后, 可以合理设计和调整注射成型工艺, 确保满足制品的质量要求。

注塑加工工艺形成制品的参数实质上很复杂, 几乎涉及到注射成型技术所有的理论与实践知识。采用多级注射成型技术突破了传统的注射加保压的注射加工方式; 有机地将高速与低速注射加工的优点结合起来, 在注射过程中实现多级控制, 可以克服注塑件的许多缺陷。

多级注射成型工艺实质上是在塑料熔体向型腔充模的瞬间实现不同注射速度的控制, 使塑料熔体在充模流动中达到一种近似理想的状态。这种理想状态下的充模流程不会给塑料制品带来质量缺陷, 不会产生应力、取向力。一般说来, 注塑加工过程中注射充模的过程仅需在几秒至十几秒内完成, 而多级注射成型工艺技术就是要求在很短的时间内将充模过程转化为不同注射速度控制的多种充模状态的延续。要完成复杂的注射成型工艺需要由注塑加工设备来支持。注塑机为了满足注射成型工艺的要求, 已能完全实现多级注射中压力、速度的控制。一般的注塑机具有五级注射控制及两级保压控制, 从而加快了多级注射成型工艺的推广。

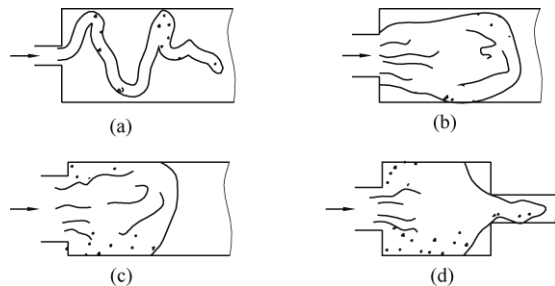
1 塑料熔体充模流动的特征

1.1 充模速度对充模流动的影响

充模指高温塑料熔体在注塑压力的作用下通过

流道及浇口后在低温型腔内的流动及成型过程^[2]。影响充模的因素较多, 从注射成型工艺条件上讲, 充模流动是否平衡、持续与注射速度(浇口处的表现)密切相关。

图1描述了4种注射速度下的熔体流动特征状态。其中图1a显示出采用高速注射充模时产生的蛇形流纹或“喷射”现象; 图1b为使用中速偏高注射速度的流动状态, 熔体通过浇口时产生的“喷射”现象减少, 基本上接近“扩展流”状态; 图1c为采用中速偏低注射速度的流动状态, 熔体一般不会产生“喷射”现象, 熔体能以低速平稳的“扩展流”充模; 图1d为采用低速注射充模, 可能因为充模速度太慢而造成充模困难甚至失败。



a—高速充模; b—中速偏高充模;
c—中速偏低充模; d—低速充模

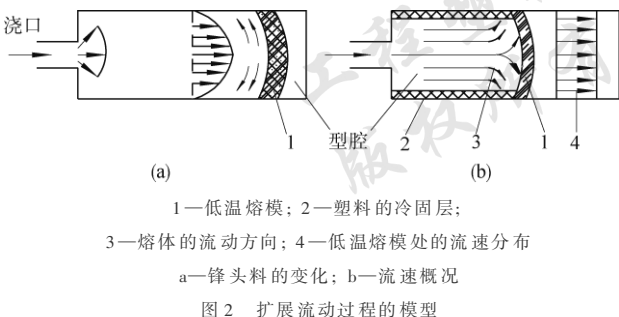
图1 不同流动速度下的充模特征

1.2 匀速流动模型

通常聚合物熔体在扩展流(见图1c)模型下进行的扩展流动^[3]也分三个阶段进行: 熔料刚通过浇口时前锋料头为辐射状流动的初始阶段, 熔体在注塑压力作用下前锋料头呈弧状的中间流动阶段, 以粘弹性熔膜为前锋料头的匀速流动阶段。

初始阶段熔料的流动特征是, 经浇口流出的熔料在注塑压力、注射速度的作用下具有一定的流动动能, 这种动能(这时刚进入型腔, 不受任何流动阻

力的影响) 的大小影响着锋头熔料的辐射状态特征、扩散的体积大小等。当这种作用力特别强时, 可能产生“喷射”现象; 当这种作用力的动能适当时, 从源头出发的熔体各流向分布均匀, 扩散状态较佳。随着初期阶段的发展, 熔体将很快扩散, 与型腔壁接触时会出现两种现象: ①受型腔壁的作用力约束而改变了扩散方向的流向; ②受型腔壁的冷却及摩擦作用而产生流动阻力, 使熔体在各部位的流动产生速度差。这种流动特征表现为熔体各点的流动速度不等, 熔体芯部的流速最大, 前锋头料的流动呈圆弧状; 同时各点的流动形成一个速度不等的拖曳及牵制, 流动阻力随流动行程的增加而呈增大的趋势。最后阶段流动的熔料以粘弹性熔膜为锋头快速充模。在第二、第三阶段充模过程中注塑压力与注射速度形成的动能是影响充模特征的主要因素。图 2 为扩展流动变化过程及速度分布图。注塑件的形状是多种多样的, 图 2 仅为一种模型。充模流动过程中的流动特征、能量损失与制品的形状关系甚大, 而不同的塑料具有不同的流动特征。



2 多级注射成型工艺原理

2.1 熔体在型腔中的理想流动状态

如上所述, 匀速扩展流的特征及塑料熔体从浇口开始流动的阶段不应发生类似于“喷射”及喷射的特征, 要求熔体在流动到浇口的初级阶段不应具有特别大的动能(过大的流动动能会导致喷射及蛇形纹); 在充模中期扩展状态应具有一定的动能用以克服流动阻力, 并使扩展流达到匀速扩展状态; 在充模的最后阶段要求具有粘弹性的熔体快速充模, 突破随着流动距离增加而增大的流动阻力, 达到预定的流速均匀稳态^[4]。从流变学原理判断, 这种理想状态的流动可使注塑制品具有较高的物理、力学性能, 消除制品的内应力及取向, 消除制品的凹陷、缩孔及表面流纹, 增加制品表面光泽的均匀性等。

2.2 理想状态流动的方程

理想状态下的型腔内熔料流动表现为两大特

点: 一是刚从浇口流动时, 避免产生“喷射”及蛇形流动, 熔体此时的动能应较小; 二是型腔内熔体的流动近似于匀速流动。即线速度与注塑模型腔的形状、熔体的流动粘数等有关。要达到在型腔内各不同截面流速 V_s 相同, 即为:

$$V_s = \frac{Q_s}{S_o} \quad (1)$$

式中: V_s ——流速;

Q_s ——不同截面的体积流速;

S_o ——截面的面积。

熔体的总流量为:

$$Q_u = V \cdot L \quad (2)$$

式中: Q_u ——熔体的总流量;

V ——熔体在截面流速;

L ——型腔的理论流程。

因而在注射控制中可以将不同形状的型腔分成多个区域。为了达到在整个型腔中理想的匀速流动, 可以依据截面积的不同进行分段并提供不同的流量及流动动能, 体积流量 Q_{L_n} 为分段后第 n 段的流量, 而 Q_{s_n} 为分段后第 n 段的体积流速。

2.3 注塑机的多级注射模拟

按照实际多段注射状态的 5 级要求实施不同的注射量, 熔体的动能必须由注塑机来实现。在目前的注塑机控制中已经可以实现分段甚至更多段的注射控制, 见图 3。

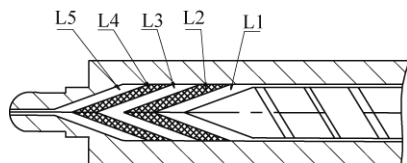


图 3 注塑机螺杆的分段控制示意图

如图 3 所示, 可以实现 5 段注射控制, 每段具有不同的注射量, 通过行程控制的注射量为:

$$Q_{L_n} = \frac{\pi}{4} D^2 L_n \rho \quad (3)$$

式中: Q_{L_n} ——注射量;

L_n ——注射行程;

D ——注塑机螺杆直径;

ρ ——塑料的密度。

因而在 L_n 段可以使用不同的注射速度与注塑压力来实现这一阶段熔料的动能。其中 L_n 段与前面在型腔中分区的 n 区对应。虽然它的流动动能受浇注系统的影响而发生改变, 但要求其体流量的变化要小。

2.4 多级注射成型工艺的曲线^[5]

多级注射成型工艺虽然是对熔料充模状态的描述,但它的控制是由注塑机来实现的。从注塑机的控制原理来看,可以利用注射速度(注塑压力)与螺杆给料行程形成的曲线关系。图4为典型的多级注射成型工艺的曲线。对不同的给料量施加不同的注塑压力与注射速度。

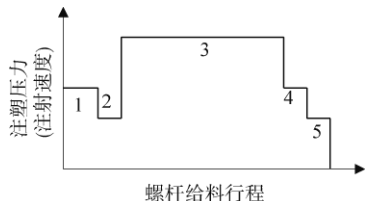


图4 典型的多级注射成型工艺曲线

3 多级注射成型工艺设计原则

多级注射成型工艺的曲线反映的是螺杆给料行程与注塑机提供的注塑压力与注射速度的关系,因而设计多级注射成型工艺时需要确定两个主要因素:其一是螺杆给料行程及分段;其二是需要设置的注塑压力与注射速度。图5给出了典型的制品(分4区)与注塑机分段的对应关系。通常可以依据该对应关系确定出分段的规则,并可根据浇注分流的特征同样确定各段的工艺参数。

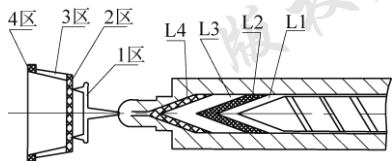


图5 螺杆给料行程与注塑件分区的对应关系

3.1 分级设定

在进行各级注射成型工艺设计初始,首先对制品进行分析,确定各级注射的区域。一般分为3~5区,依据制品的形状特征、壁厚差异特征和熔料流向特征划分,壁厚一致或差异小时近似为1区;以料流换向点或壁厚转折点确定为多级注射的每一区段转折点;浇注系统可以单独设置为一区。如图5中的制品依据外形特征即料流换向处作为一个转折点即2区与3区的转折点;而将壁厚变换点作为另一个转折点即3区与4区的转折点,可以将多级注射分为4区,即制品3区、浇注系统1区。

3.2 注射进程的设置

如图5所示,根据制品的形状特征将制件分区后,反映在注塑机螺杆上分别对应于螺杆的分段,那么螺杆的各分段距离可以依据分区的标准进行预算,首先预算出制品分区后对应的各段要求的注射

量(容积),采用对应方法可以计算出螺杆在分段中的进程,如 n 区的容积为 Q_{vn} ,则注塑机 n 段的行程为:

$$L_n = \frac{Q_{vn}}{\frac{\pi D^2}{4}} \quad (4)$$

3.3 注塑压力与注射速度的设定

(1) 浇注系统的注塑压力与注射速度

一般浇注系统的流道较小,常常使用较高的注射速度及注塑压力(选用范围为60%~70%),使熔料快速充满流道与分流道,并且使流道中的熔体压力上升,形成一定的充模势能。对于分流道截面积较大的模具,注塑压力及注射速度可设置低些,反之,对于分流道截面积较小的模具,可设置高些。

(2) 2段的注射速度与注塑压力

当熔料充满流道、分流道,冲破浇口(小截面积)的阻力开始充模时,所需要的注射速度可偏低些,克服不良的浇注纹及流动状态。在这一段可减小注射速度,而注塑压力减幅较小,对于浇口截面积较大的可以不减小注塑压力。

(3) 3段的注射速度与注塑压力

3段对应注射3区部分,3区是注塑件的主体部分,此时熔体已完全充满型腔。为了实现扩散状态的理想形式,需要增速充模,因而在这一段需要注塑机提供较高的注塑压力与注射速度。同时这一区段也是熔体流向转折点,熔体的流动阻力增大,压力损失较多,也需要补偿。一般说来,多级注射在这一区段均实施高速高压。

(4) 4段的注射速度与注塑压力

从图5的对应关系判断,当熔体到达4区时,制件壁厚可变或不变化。熔体已基本充满型腔。由于熔体在3区获得了高压高速,因而在此阶段可进行缓冲,以实现熔体在型腔内的流动线速度在各部位近似一致。一般的设计原则是,进入4区时,若壁厚增大,可减速减压;若壁厚减小,可减速不减压,或者可不减速而适当减压或不减压。总之,在4段既要使注射体现多级控制特点又要使型腔压力快速增大。

4 结语

多级注射成型工艺是目前注射成型技术中较为先进的注射成型技术。在多级注射成型工艺的研究中,对于注射中螺杆行程分段的确定较为精确,而在各段注塑压力及注射速度的选择上经验性较强。一

般的经验方法是只能确定各段选用的注塑压力及注射速度的段间对应关系,通常的做法是依据各段对应于注塑件各部位的截面积比例,在设计好多级注射成型工艺之后,需要通过多次试验反复修正,使选择的注塑压力与注射速度达到最佳值。

参 考 文 献

1 成都科技大学,北京化工学院,天津轻工业学院. 塑料成型模具.

北京:轻工业出版社,1982.

2 塑料模具设计手册编写组. 塑料模具设计手册. 北京:机械工业出版社,1994. 43
3 曹宏深,赵仲治. 塑料成型工艺与模具设计. 北京:机械工业出版社,1992. 43
4 丁洁. 塑料工业实用手册. 北京:化学工业出版社,1995. 1180
5 王兴天,钟道仙,罗克航,等. 注塑成型技术. 北京:化学工业出版社,1999. 232

DESIGN OF MULTI-STAGE INJECTION MOLDING TECHNOLOGY

Ma Yiqing

(Shanxi Research Institute of Textile Accessories, Xianyang 712000, China)

ABSTRACT The core of multi-stage injection molding technology is found to be how to design subsection and choose technology parameter by practical research. The principle of subsection design and method of choosing technology parameter are put forward by systematically analyzing filling model in connection with multi-stage injection molding principle based on analyzing the flow characteristics of plastic melt at filling stage.

KEYWORDS plastics, multi-stage injection molding technology, filling model, design principle

改性塑料正在成为高新材料发展重点

据介绍,改性塑料正在成为我国高新材料发展的重点,国家已将其作为优先发展的鼓励项目而制定了一系列的扶持政策。专家认为,今后我国改性塑料企业应该在高性能、低成本和绿色环保方面下功夫。在聚合物改性中,纳米材料的应用、液晶材料的原位复合都将给塑料行业带来极大影响和令人惊喜的结果,因此对纳米技术的研究不可轻视。环境因素、可持续发展将成为未来新产品开发的关键,新开发产品必须以节能、省料和有利于环保为前提,因此工程塑料的回收利用将成为热门产业。国内还应提高树脂改性和加工应用的质量和档次,继续加强助剂复配技术、改性与合金化技术、分析与检测技术等现代改性、加工应用、测试技术的研究,并根据不同品种的产业化程度采取不同的策略。例如,对于已基本实现产业化的 PA、PBT,应大力开发和推广应用各种改性、合金化新品种,提高工艺技术和装备水平,实现规模化生产,扩大市场占有率。而对于尚未产业化的工程塑料如 PC 和 POM,则要采取合资、技术引进方式,加速其产业化进程,以尽快扭转长期依赖大量进口的被动局面。

在跨国巨头大举进入的今天,国内企业要加速发展与整合,调整产品结构,提高技术含量,降低成本,以龙头企业带动全行业尽快提升核心竞争力和市场占有率。(阿里巴巴)

降解塑料国家标准 2007 年 1 月 1 日实施

中国塑料加工工业协会降解塑料专业委员会最近透露,《降解塑料的定义、分类、标识和降解性能要求》国家标准已获国家标准化管理委员会和国家质量监督检验检疫总局批准,标准号为 GB/T20197 - 2006,将于 2007 年 1 月 1 日实施。该标准规定了降解塑料的术语和定义、分类和标识、降解性能要求、试验方法、标志、包装、运输和贮存,适用于以下各类降解材料:天然或合成聚合物、共聚物或它们的混合物;含有增塑剂、颜料或其他化合物等添加剂的塑料材料;水溶

性聚合物;用各类降解塑料材料加工而成的制品,详细内容可于 7 月 15 日后在中国塑协降解塑料专委会网站查询。该标准的技术指标参考了国际通用标准,并得到欧洲、美国和日本等国互认。专家认为,该标准的出台将对我国降解塑料产业发展起到推动和规范作用,同时对我国降解塑料产品出口国际市场起到积极作用。(阿里巴巴)

高耐热透明 PP 专用料

九江石化公司技术中心与华东理工大学合作开发的科研新成果——“高耐热透明 PP 专用料 NR-03 技术”开发项目最近通过专家鉴定,总体技术已达到国内领先水平。近年来国内对高耐热、透明 PP 专用料的需求量在悄然增长,已成为国内聚丙烯市场的新卖点,高耐热、透明 PP 专用料是一种优质价廉、极具竞争优势的新产品。目前该产品主要依赖进口,且价格高。历经一年多研究开发的高耐热、透明 PP 专用料的所有技术指标均达到标准。中试产品通过了食品卫生检验及厂家应用评价,产品质量及性能完全满足用户需求。与会专家认为,高耐热、透明 PP 专用料具有开创性,中试产品的耐热温度高,外表光亮、透明性好,各种技术指标和应用性能已达到进口产品水平,在国内属领先地位,可代替进口同类产品,而且经济效益显著,市场前景广阔。(聚合物网)

“十一五”期间塑料管道发展目标

“十一五”期间塑料管道行业的发展目标为:(1) 主要产品要满足市场需求,产品品种齐全,质量、档次和配套水平有显著提高,产业整体水平达到或接近国际先进水平;(2) 塑料管道推广应用达到下列目标:到 2010 年,塑料管道在全国建筑和市政工程领域各类管道中的市场占有率达到 60% 以上,其中建筑电线穿线护套管占 90%,建筑给水、排水管道占 80%,建筑雨水、城镇供水管道占 70%,城镇燃气管道占 60%,城镇排水管道占 50%。到 2010 年我国塑料管道的需求量将达到 300 万 ~400 万 t。(化信息)