

塑料成型加工实用技术讲座(第三讲)

注射成型工艺对制品质量的影响^{*}

李海梅 高峰 申长雨

(郑州大学橡塑模具国家工程研究中心, 郑州 450002)

摘要 介绍注射成型工艺对制品质量的影响。指出注塑工艺参数主要有温度、压力、时间三类。对不同的塑料原料、模具结构、工艺参数的选择各不相同,且各工艺参数对制品质量的影响也有较大区别。在塑料原材料、模具结构一定的情况下,注射成型工艺参数的选取、设定对制品质量的作用显著。并指出了注射成型工艺参数的合理选用原则以及如何用PVT关系曲线对工艺参数进行优化。

关键词 注射成型 工艺参数 成型质量 PVT关系曲线

在注塑制品的生产中,制品的质量与原材料及成型设备的选择、成型工艺、模具条件、环境状况等密切相关。但是当塑料原料、模具结构(制品结构、形状)、注塑机确定后,制品的质量主要取决于注塑工艺过程,即注塑生产各工艺参数的确定是否合适。如加工精密小模数齿轮,成型工艺对制品尺寸稳定性的影响高达60%^[1],文献[2~10]用不同方法研究了注塑工艺过程中各个参数对制品质量的影响,得到一致的结论是:合理控制注射成型过程中的各相关参数能明显提高注塑制品的质量。

笔者介绍注射成型工艺过程及其主要的工艺参数,注射成型工艺参数对制品质量的影响,并以PVT关系曲线为例说明确定合理工艺参数的方法和步骤。

1 注射成型工艺及其参数

完整的注射成型工艺过程包括:成型物料准备(预处理)、注塑机成型、成型后制品的热处理和调湿处理(后处理)三个阶段。其中,第二个阶段,即注塑机成型是决定制品质量的关键。这个阶段可分为物理塑化、制品定型两个方面。

1.1 成型装备

注塑模具和注塑机是注射成型的主要装备。

(1) 注塑模具

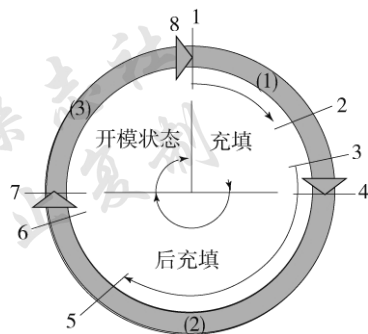
注塑模具是通过装配形成的空腔(一个或多个),用来成型制品所需的形状,生产塑料零件或产品的一种装置。模具安装在注塑机上,并按如下时间顺序充填型腔:合模→注射(热的、近乎流动的)塑料进入型腔→模塑成型(保持合模状态,直到塑料冷却至能被顶出时为止)→开模→顶出塑料制品,见图1。

(2) 注塑机

注射成型所用的注塑机由四个作用不同的基本单元组成:即合模机构、塑化装置、注射装置及控制系统。

1.2 成型周期

在注塑机上成型制品是一周期过程。每成型一个制品,注塑机注射装置、锁模装置的各运动部件按预定的顺序依次动作一次,因此,注射成型过程中各成型步骤的时间顺序、



(1) 充填阶段; (2) 后充填阶段; (3) 开模状态

1—循环开始; 2—浇口开始注射的时刻; 3—充填/保压的控制开关;
4—型腔完全充满; 5—保压压力释放; 6—脱模控制开关;
7—模具打开; 8—模具关闭; 开始下一循环

图1 注射成型的控制循环周期

合模力、注塑压力和物料所经受的温度与压力变化均具有循环重复的周期性特点。为便于对注射成型过程进行分析,可将组成成型周期的各部分时间,按其在成型过程中的作用划分为成型时间和辅助操作时间两大部分。前者是指熔体进入模具、充满型腔赋形和在型腔内冷凝定型所需的全部时间;后者是指在总周期时间内除成型时间外的其余时间,通常包括启、闭模和顶出制品的动作时间,以及安放嵌件、涂脱模剂和取出制品等的辅助操作时间。

1.3 注射成型工艺参数

注射成型工艺参数又称注射成型工艺条件,指注射成型加工时设定的与模具、注塑机控制相关的温度、压力、时间各参数,主要内容见表1。

2 注塑工艺参数对成型制品质量的影响

注塑过程的工艺参数与制品质量直接相关,表2给出了部分制品质量缺陷与注射成型工艺的关系。

^{*} 国家“十五”重点科技攻关项目(2001BA203B16-02)、河南省自然科学基金项目(004060400)、河南省中青年骨干教师项目

收稿日期:2003-01-06

表 1 注射成型工艺参数

项 目	种 类
温度	料筒温度(熔体温度)、喷嘴温度、 模具温度、液压系统的油温
压力(力)	塑化压力(背压)、注塑压力、保压压力、 液压系统的油压、合模力、顶出力
时间(速度)	注射时间(速度)、保压时间、补缩时间、冷却时间、 其它时间(如开模、脱模、涂拭脱模剂、 安放嵌件和闭模等)

表 2 注塑工艺参数对制品质量的影响

制品缺陷	工艺原因
欠注(充填不足)	计量不足, 注塑压力过低, 熔体温度不当, 模具温度不当, 塑化能力小
裂缝	熔体温度过低, 模具温度过低, 保压时间过长, 注射速率过低
翘曲	计量不足, 注塑压力过低, 熔体温度不当, 模具温度不当, 塑化温度低, 冷却时间短, 保压时间不够, 注射速率小
熔接痕和熔合纹	熔体温度不当, 模具温度不当, 保压时间过长, 成型周期太短
凹陷及缩痕	计量过多, 注塑压力过高, 保压不够, 熔体温度过低, 注射速率过高, 合模不当
流痕	注塑压力过低, 熔体温度过低, 模具温度过低, 注射速率过低

要获得高质量的制品, 必须对温度、压力、时间(速度)等关键工艺参数进行控制。

2.1 温度

注射成型需要控制的温度有料筒温度、喷嘴温度、模具温度、油温等, 前两项主要影响塑料的塑化与流动, 而模具温度对塑料的流动与冷却定型起决定性的作用, 注塑机的油温控制是实现工艺参数的重要条件。

(1) 料筒温度(熔体温度)

料筒温度的选择与各种塑料的特性有关, 每种塑料材料都有自己的粘流温度(T_f)和熔点(T_m)。对无定形塑料来说, 料筒末端温度应高于 T_f , 而结晶型塑料应高于 T_m , 但都必须低于分解温度(T_d), 因此料筒最合适的温度范围应在 T_f (T_m)~ T_d 之间。对于 T_f ~ T_d 范围较窄的塑料, 料筒温度应偏低些; 而对 T_f ~ T_d 范围较宽的塑料, 料筒温度可适当提高。如聚氯乙烯受热易分解, 料筒温度应尽可能低一些; 而聚苯乙烯的 T_f ~ T_d 范围宽, 料筒温度可高一些。

料筒温度的选择对制品性能有直接的影响, 见图 2。从图 2 看出, 料筒温度提高后, 制品的表面粗糙度、冲击强度、流动长度增加, 而注塑压力降、制品收缩率、翘曲度、取向度、内应力降低, 从这点看, 料筒温度提高对提高产品质量是有好处的, 所以在允许的情况下可适当提高料筒温度。

(2) 喷嘴温度

喷嘴和浇口的作用一样, 是为了加速熔体的流速, 把势能转变为动能, 并有调整熔体温度和匀化温度的作用。喷嘴对熔体温度是有影响的, 喷嘴细孔附近温度升高则与塑料熔体平均流速成正比。试验证明, 注塑压力对熔体流经喷嘴的温升有很大影响。

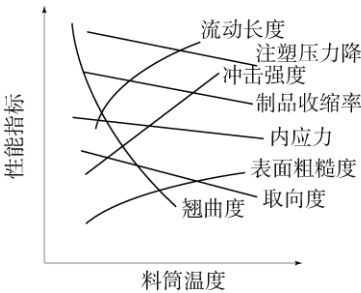


图 2 料筒温度与制品性能的关系

通常, 在注射成型前都通过“对空注射法”或“直观分析法”来调整成型工艺条件, 确定合适的料筒温度和喷嘴温度。近年来, 随着注射成型 CAE 技术、计算机技术等的应用, 可采用计算机模拟设定喷嘴温度。

(3) 模具温度

模具温度对制品的外观和内在质量都有很大影响。模具温度的高低取决于塑料的特性、制品的形状、尺寸及性能的要求等。控制模具温度的方法很多, 可以采用自然散热、水冷却、冷冻水冷却及电热丝、电热棒加热等。

无定形塑料熔体注入型腔后, 随着模温降低而固化, 模具温度主要影响充模速度。对熔体粘度较高的塑料, 如聚碳酸酯、聚苯醚、聚砜、氟塑料、聚酰亚胺等, 模具温度应高一些, 提高模温可以调整制品的冷却速率, 缓慢冷却能使应力得到充分松弛, 防止制品产生凹痕、裂纹等缺陷, 同时, 模温提高后取向应力较小。

注射无定形塑料时, 模温对制品力学性能影响比较小。结晶型塑料注入模具后, 模具温度对结晶度、结晶条件起着决定性的作用。

当制件厚度偏大时, 应使内外冷却速度尽可能一致, 防止因内外温差造成内应力及其它缺陷, 模具温度也应当高一些。表 3 是塑料模具温度设定参考值。

表 3 塑料模具温度设定参考值

塑料名称	模具温度 / °C	塑料名称	模具温度 / °C
ABS	60 ~70	聚酰胺 6	≤110
聚碳酸酯	90 ~110	聚酰胺 66	≤120
聚甲醛	90 ~120	聚酰胺 1010	≤110
聚砜	130 ~150	聚对苯二甲酸丁二酯	70 ~80
聚苯醚	110 ~130	聚甲基丙烯酸甲酯	40 ~65
聚三氟氯乙烯	110 ~130		

适当提高模具温度可增加流动长度, 改善制品粗糙度, 提高密度、结晶度, 减小内应力和取向度。但是由于冷却时间延长, 生产效率降低, 制品的收缩率增大, 见图 3。

(4) 油温

液压系统的油温在注射工艺参数上起着重要的影响, 油温升高粘度变小, 增加了油的泄漏量, 导致液压系统压力和流量的波动, 这样注塑压力和注射速率也会不稳定, 影响产品质量。所以, 在调整注射工艺参数时应注意油温的变化, 对油冷却器的冷却水进行调节, 油温应控制在 55℃以下。

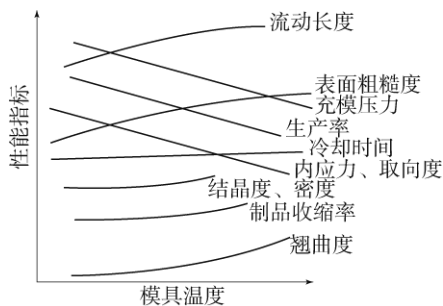


图3 模具温度与制品性能的关系

2.2 压力

(1) 塑化压力(背压)

螺杆头部熔料在螺杆转动后退时所受到的压力称作塑化压力,亦称背压,其大小可以通过液压系统中的溢流阀调节。提高背压有助于压实螺槽中的物料,排除物料的气体,改善塑化质量;但背压过高,会使剪切热过高或剪切应力太大,致使塑料材料发生降解而严重影响制品的质量。

背压对熔体温度的影响明显。注射热敏性材料,如聚氯乙烯、聚甲醛、聚三氟氯乙烯等时,提高背压,熔体温度升高,制品表面质量较好,但有可能引起制品变色、性能变劣,造成降解。一些热稳定性较好、熔体粘度适中的塑料,如聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯等,背压可选择稍高一些。注射熔体粘度较高的塑料,如聚碳酸酯、聚砜、聚苯醚等时,背压、螺杆转速太高,易引起动力过载;注射熔体粘度特别低的塑料,如聚酰胺等时,背压太高,一方面易流延,另一方面塑化能力大大下降,所以在上述情况下选择背压都不宜太高。

背压高低还与喷嘴种类、加料方式有关。选用直通式喷嘴或后加料方式,背压应低,防止因背压提高而造成流延;自锁式喷嘴或前加料、固定加料方式,背压可稍稍提高。通常情况下,背压不超过 2 MPa。

(2) 注塑压力和保压压力

注塑压力是柱塞或者螺杆顶部对塑料所施的压力。其主要作用是:克服塑料熔体从料筒向型腔的流动阻力,给予熔体一定的充模速率。注塑压力不仅与制品的质量、产量有密切的关系,而且还受塑料品种、注塑机类型、模具结构及其它工艺条件的影响。通常情况下,注塑压力的选择范围见表 4。

表 4 注塑压力选择范围参考数据

制件形状要求	注塑压力 /MPa	适用塑料品种
1 熔体粘度较低,形状精度一般,流动性好,形状简单的厚制品	70 ~100	聚乙烯、聚苯乙烯等
2 中等粘度,精度有要求,形状较复杂	100 ~140	聚丙烯、ABS、聚碳酸酯等
3 粘度高、薄壁长流程、精度高且形状复杂	140 ~180	聚砜、聚苯醚、聚甲基丙烯酸甲酯
4 优质、精密、微型	180 ~250	工程塑料

注塑压力在一定程度上决定充模速率,并影响制品的质量。当注塑压力较高而浇口偏小时,熔体流动容易裹入空气,在制品中形成气泡、银纹,严重时还会灼伤制品。充模阶段

注塑压力大小与制品性能关系见图 4。充模阶段适当提高注塑压力,可改善熔体流动性,提高流动长度及充模速率,制品的熔接痕强度、密度提高,收缩率下降,但是制品易单向取向,内应力增大,因此当注塑压力较高时,应对制品进行热处理。

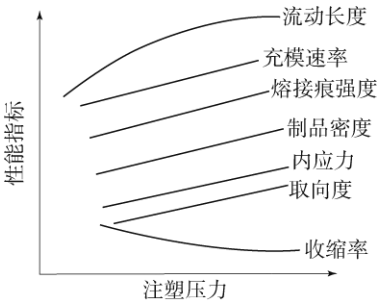


图4 注塑压力与制品性能的关系

在实际生产中,当制件流动长度不够时,应提高注塑压力或者提高料筒温度予以调整。但是厚壁制件和平直浇口的制品,注射速率可低一些。不同塑料品种,注塑压力对制件流动长度的影响是不相同的,凡对剪切速率敏感的塑料,流动长度对注塑压力也敏感。

保压压力用以在型腔充满后对模内熔料的压实、补缩。如果保压压力较高时,往往会使制品的收缩率减小,制品表面光洁、密度增加、熔接痕强度提高、制品尺寸稳定,缺点是脱模时残余压力较大、成型周期延长,为了保证注塑制品的密度,保压压力是一个重要的工艺参数。

(3) 合模力(锁模力)

在注射充模阶段和保压补缩阶段,型腔压力要产生使模具分开的胀模力。为了克服这种胀模作用,合模系统必须对模具施以闭紧力,此为合模力。合模力的调整将直接影响制品的表面质量和尺寸精度,合模力不足会导致模具开缝,发生溢料;合模力太大会使模具变形,制品不合要求,能量消耗也高。

注射制品时所需要的合模力简称工艺合模力,它必须小于注塑机额定合模力,一般为额定合模力的 8/10 ~9/10,以保证可靠的合模。工艺合模力可根据型腔压力和制品投影面积来确定。

工艺合模力与型腔平均压力有关,而型腔压力可根据注射制品来选择。例如:成型容易、壁厚均匀的日用品的型腔压力为 25 MPa,一般民用产品为 30 MPa,工业制品为 35 MPa,精度高、形状较复杂的工业制品为 40 MPa,而型腔流长比小于 50 的为 20 ~30 MPa,大于 50 的为 35 ~40 MPa 较适宜。

(4) 顶出力

当制品从模具上落下时,需要一定的外力来克服制品和模具的附着力,该外力称为顶出力。顶出力过小制品无法脱下;顶出力过大、顶出速度太快会使制品产生翘曲变形,甚至断裂破坏。顶出力的计算与材料的弹性模量、泊松比、线胀系数、模具温度、模具与制品分型的接触面积、塑料材料与钢

的摩擦系数、阳模芯上制品周长、制品厚度等有关。

2.3 成型周期(时间、速度)

完成一次注射模塑过程所需要的时间称为成型周期。成型周期直接影响劳动生产率和设备利用率。因此,在保证生产质量的前提下,应尽量缩短成型周期。

注射中充模时间短,注射速率高,这时熔料密度较高、温差较小,熔料压力传递性好,对多型腔制品尺寸误差小,但是制品容易产生飞边、毛刺、银纹、气泡等缺陷。通常情况下,充模时间为 3~5 s。对熔体粘度高、玻璃化温度高、冷却速度快的大型、薄壁、精密制品以及加工温度范围窄的、玻璃纤维增强的、或低发泡的制品,应采用快速注射,常用的注射速率为 15~20 cm/s,其它情况采用 8~12 cm/s。

保压时间在整个注射时间内所占的比例较大,一般为 20~120 s,特别厚的制品可高达 3~5 min。在浇口处熔料冻结之前,保压时间的多少对制品尺寸的准确性有影响。以聚苯乙烯为例,保压时间与制品尺寸的关系见表 5。

表 5 聚苯乙烯制品保压时间与制品尺寸的关系

项目	保压时间/s				
	5	7	9	13	17
制件重/g	142	144	146	150	153
制品宽度/mm	72.9	73	73.1	73.2	73.7
收缩率/%	0.88	0.64	0.56	0.40	0.20
凝固压力/MPa	7.03	11.2	21.1	35.2	63.5
残余压力为零的时间/s	9	11	15	28	开模时残余压力 14 MPa
外观质量	表面有较大缩孔	缩孔变小	外观质量好	外观质量好	脱模困难

通常以制品收缩率波动范围最小时为保压时间最佳值。若保压时间短,制品密度小,尺寸偏小,易出现缩孔;当保压时间长时,制品内应力大,强度低,脱模困难。在表 5 中,保压时间为 17 s 时,浇口凝固压力高,模内残余应力过大,以致不能开模。

冷却时间主要取决于制品的厚度、塑料的热性能、结晶性质及模温。冷却时间的终点应以保证制品脱模时不变形为原则。通常冷却时间为 30~120 s。一般来说,材料玻璃化温度高或结晶型塑料的冷却时间较短。冷却时间太长不仅会降低生产率,而且对复杂制件会造成脱模困难,强行脱模会产生脱模应力,严重时损坏制品。在保证制品质量的前提下,应寻求最短的冷却时间。

3 合理确定工艺参数

这里介绍一种将人工经验与现代设计手段相结合的方法,并结合 PVT 关系曲线,确定合理的工艺参数。

3.1 合理确定工艺参数的方法

工艺参数的确定准则:最少成本,最短时间,最实际可行的方案为优。确定工艺参数的具体方法如下。

首先,分析制品、成型设备的特点,对于特定的制品和物料组合,参考相关的成型加工范围图,初选一组工艺参数。

其次,对已知的加工条件、初步选定的工艺参数,进行注射成型 CAE 分析,预测可能的成型缺陷;结合 CAE 分析结

果,再利用其它设计理论,如正交试验法、优化方法等,结合人工经验,找出最重要的塑料制品质量参数,如外观质量、制品均匀致密程度等,并找出对成型质量有重大影响的工艺参数。

第三,对选定的(对成型质量有重大影响的)工艺参数,只调整其中的一个,其余不变,再进行 CAE 分析,从中发现问题,并得到相关参数的修改方向(变大、变小),获得对注塑工艺生产实践有指导性的一组可行的工艺参数。如果有必要,重复本过程,以获得较优的一组工艺参数。

最后,经优选后的一组工艺参数用于生产实践,如果仍有问题,依据成型质量缺陷的特点,按照设计变量/参数调整准则进行。需要注意的是,一次只调整一个变量,调整的顺序是注塑机、模具、操作等各参数。

3.2 设计变量/参数的调整准则

最优先者为加工条件(工艺参数)变更。流动的问题以调整料温、注射速率(充填时间)最为有效,其次为模温与压力。冷却的问题以调整冷却时间为最有效,冷却液温度及流量次之。对于短射问题可借调整加工条件而予以解决。

若改变工艺参数仍无法解决,而且允许更换塑料,则可变更所用塑料。对于流动困难(短射、气穴问题)、翘曲问题这不失为一有效解决方法。但加工条件应随之调整,同时应该考虑成本等问题。

再不行只好更改模具,通常为变更进浇位置及浇口数目、流道与浇口尺寸等。对于许多流动问题如熔合纹及流道/流动平衡等,单靠变更加工条件无明显改观,变更浇口数目与尺寸为一好办法。对于翘曲问题有时重新设计流道系统可以获得改善。

最后的选择就是修改制品壁厚。而通过 CAE 分析可有效地提出可能的解决方案。

3.3 应用 PVT 关系确定工艺参数

(1) PVT 状态曲线及状态方程^[6]

注射成型制品的质量取决于成型时型腔内物料的比体积的变化。而这些变化是在高温和高压下进行的。在研究成型过程机理的基础上,认为可用压力(P)、体积(V)和温度(T)三个物理状态参数来描述高聚物熔体的物理状态及其变化规律,这些关系不但可以用图形(称为 PVT 状态曲线图,如图 5),而且还可用数学式,即 PVT 状态方程来表达,见式(1):

(P+a)(V-b)=R* T (1)

式中:a、b、R*——特定聚合物的经验系数;

P——型腔中聚合物所受的外压力;

V——型腔中聚合物的比体积;

T——型腔中聚合物的温度。

注射模塑过程中,有 4 个温度是至关重要的,分别是:①物料的塑化温度(熔体温度) T₄,是指注射充模那一瞬间的熔体温度;②浇口冻结(封闭)温度 T₃,在此温度下,物料不能再流入模具型腔,型腔内高聚物的比体积决定了模塑制品

的收缩率;③模具温度 T_2 , 其上限是高聚物的热变形温度;
④环境温度 T_1 , 可以指室温。

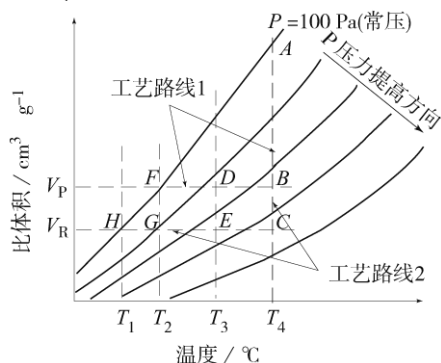


图5 PVT 状态曲线图及加工工艺路线示意图

(2) PVT 最佳保压控制及工艺路线

PVT关系曲线应用目的是:减少制品的收缩,保持制件的成型尺寸。重点关注的是制品收缩率,对应的是各个状态点比体积 V 的变化。制品收缩率 s 可按式(2)计算:

$$s = \frac{{}^3 \text{浇口封闭时的比体积} - {}^3 \text{常压室温下的比体积}}{{}^3 \text{浇口封闭时的比体积}} \times 100\% \quad (2)$$

假设某高聚物在注射成型时的熔体温度 T_4 、浇口冻结温度 T_3 、模具温度和室温分别为 T_2 、 T_1 (见图5)。如选择的第一条注射模塑工艺路线为 $A-B-D-F-H$ (图5路线1);另一条工艺路线为 $A-C-E-G-F-H$ (图5路线2), A 点的状态与路线1相同,即两条工艺路线的起点 A 、终点 H 相同。

对于第一条工艺路线:

$A(P_A, V_A, T_4)$ 点,表示已塑化好,处于熔融温度下的熔体在注射前的状态, $P_A = 100$ Pa(常压);

$B(P_B, V_B, T_4)$ 点,表示注射充模压缩后物料在模腔中的状态;此时的压力为 P_B ;

$D(P_D, V_D, T_3)$ 点,是模腔内物料在一定的压力下冷却到浇口冻结温度 T_3 ;从此时起,不会再有物料进入型腔。因此, V_D 就决定着塑料件的收缩率。

$F(P_F, V_F, T_2)$ 点,是型腔中的制品在一定的压力下继续冷却到常压线,此时的比体积为 V_F , 并且 $V_F = V_D = V_B$, $P_F = P_A = 100$ Pa, 温度为模温 T_2 。

$H(P_H, V_H, T_1)$ 点,表示取出制品在常压下冷却到室温 T_1 , 此时 $P_H = P_F = P_A = 100$ Pa, V_H 为所加工物料在常温下的比体积。

按照公式(2), 工艺路线1的收缩率 s_1 为:

$$s_1 = \frac{{}^3 V_D - {}^3 V_H}{{}^3 V_D} \times 100\% = \frac{{}^3 V_F - {}^3 V_H}{{}^3 V_F} \times 100\% > 0$$

(从图5可知: $V_F > V_H$)

对于第二条工艺路线:

$A(P_A, V_A, T_4)$ 点,状态与路线1相同;

$C(P_C, V_C, T_4)$ 点,即物料经注射充模后在模腔内状态,

其压力为 P_C , 比体积为 V_C ;

$E(P_E, V_E, T_3)$ 点,模腔内的物料在压力下冷却到浇口冻结的温度 T_3 , $V_E = V_C$, 压力为 P_E ;

$G(P_G, V_G, T_2)$ 点,在压力下让物料继续冷却,其压力为 P_G , 比体积 $V_G = V_E = V_C$;

$F(P_F, V_F, T_2)$ 点,达到常压线下的模具温度, $P_F = P_A = 100$ Pa;

$H(P_H, V_H, T_1)$ 点,冷却到常压下的室温, $P_H = P_F = P_A = 100$ Pa, $V_H = V_G = V_E = V_C$;

同样,按式(2)进行计算,则制品的收缩率 s_2 为:

$$s_2 = \frac{{}^3 V_E - {}^3 V_H}{{}^3 V_E} \times 100\% = 0$$

(从图5可知: $V_E = V_H$)

显然,在上述两条路线之间的区域内还可任意选取其它路线。

从上面的论述可知,对于同一种物料,注射成型取的工艺路线不同,其状态也不同,最终的制品收缩情况也不同。选取第一条路线,其收缩率可以达到所要求的范围;但选取第二条路线时,制品却可以达到“零”收缩。采用工艺路线2,在保压时不会有物料进入型腔,除零收缩的优点外,还会抑制高的保压取向。但采用工艺路线2时,要求比较高的注塑压力,如再考虑到其在工作过程中的压力损失,可能使得成型所需的注塑压力及锁模力超过注塑机具有的最大值,使得该工艺路线无法实施。因此,在采用上述路线时必须加以仔细的考虑,利用 PVT 关系图选取合适的线路和参数。

此外,从 PVT 图可知,从注射充模开始到达常压线(100 Pa)的途径很多,即可用不同的工艺路线和条件,使得每一次注射成型都能在相同的点到达常压线,以获得相同体积收缩的制品,达到高的尺寸精度。同时,在保压阶段的等比体积冷却过程中,没有物料进出模腔,从而降低取向,使整个制品致密均匀,这就是所谓 PVT 最佳保压过程控制的基本思想。

4 结语

注射成型按其周期的顺序可由预塑、充模、保压、冷却等几个主要阶段组成。从宏观角度看,成型过程的每个阶段对制品的质量都有影响,但是,影响的因素和程度各不相同。结合 PVT 关系说明了合理地制定工艺路线、设定工艺参数对提高成型制品质量的重要意义;同时也表明了只有将人工经验与科学计算、分析有机地结合起来,才能确定合理的成型工艺。

参考文献

- 1 陈广娟,马建宁.精密小模数塑料齿轮注射模模型腔尺寸计算及成型工艺.中国塑料,2000,14(5):48
- 2 叶力,杨继隆,阮件,等.注射成型工艺参数的专家系统.浙江工业大学学报,2001,29(1):26
- 3 项辉宇,孙胜,赵国群.计算机辅助模具设计和工艺改进.模具技术,2000(1):73
- 4 朱昱,黄国立,王建萍.一种注塑工艺方法的实现.机械工艺师,2002(7):5

5 金新明,朱学峰. 用正交法研究注塑过程参数对产品质量的影响. 华南理工大学学报,2000,28(9):77

6 陈锋. 塑料注射成型的 PVT 状态曲线及其应用. 轻工机械,2000 (4):5

7 张宜生,宋书云,李德群. 临界转换对注塑成型制品质量的影响. 锻压机械,2002(2):21

8 郁滨,Yuen M M F. 基于喷嘴压力曲线的分级注射参数设定的研究. 中国塑料,2002,16(2):60

9 陈曦,高福荣,钱积新. 基于质量的注塑保压过程建模方法研究: 最优保压压力曲线设定. 中国塑料,2002,16(4):51

10 刘跃军,范淑红,瞿金平. 聚合物塑化注射成型过程的研究. 合成材料老化与应用,2001(2):22

INFLUENCE OF THE INJECTION MOLDING TECHNOLOGY ON THE PRODUCT QUALITY

Li Haimei, Gao Feng, Shen Changyu

(APPT NERC, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China)

ABSTRACT The influence of the injection molding technology on the product quality is introduced. It is pointed out that there are three main factors, including temperature, pressure and time. Every processing parameter has its feature according to the different type of resins, injection molds and processing parameters. For a given resin and mold structure, the processing parameters selection and setting have obvious effects on the product quality. The reasonable selection principle of the technological parameters in the injection molding and how to optimize the technological parameters with the PVT curve are pointed out.

KEYWORDS injection molding, processing parameter, processing quality, pressure-volume-temperature relation's curve

医用塑料制品模具制造和生产中应注意的问题

现代医学技术的发展使塑料在医学领域得到了广泛的应用。从一般的药品和药剂包装、一次性医用器械,到多次性精密和高科技含量的医用计量器、外科仪器等,医用塑料在提高医疗技术水平方面发挥了重要的作用。由于医疗器械对卫生安全、表面光洁、耐腐蚀等性能有特殊要求,因而医用塑料制品的模具在其产品的生产过程中起着举足轻重的作用。模具是衡量一个国家医用塑料产品制造水平高低的重要标志,在很大程度上决定着产品的质量、效益和新产品的开发能力。随着我国医疗保健制度逐步完善,一次性医疗器械用品需求量迅速增长。对用于医疗器械,尤其是用于一次性医疗器械的模具制造、产品生产设备及工艺提出了更高的要求。

(1) 模具材料选用要求严格

一次性医疗器械产品大多采用医疗级聚氯乙烯(PVC)与聚碳酸酯(PC)。因为PVC相对于钢材有较好的耐腐蚀性,PC则有较高硬度,所以对模具材料的选用有严格的要求。建议国内模具生产企业选用瑞典-胜佰SI36H或者日本大同NAR-80钢材,这两种材料有较强的抗腐蚀性和较高的抛光性能。

(2) 热处理工艺调控硬度

由于医疗级PVC材料流动性较好,在模具使用过程中由于模具材质软而造成分型面变形,进而导致注塑过程中产生飞边毛刺,因此对此类模具材质的硬度有较高要求。在模具制造过程中采用的热处理工艺是,模板粗加工后进行调质处理,硬度控制在HRC32~36;模具试样样品合格后,再将空型、动模、型芯做真空淬火、硬度控制在HRC58~62。

(3) 结构设计合理精确

透明产品尽量选择热流道,减少并料痕迹;使用冷流道时,软质PVC应尽量缩短流道尺寸;由于一次性医疗器械产品体积小,批量大,因此应采用自动卸料、剪切浇口,以保证

生产效率与质量;一次性医疗器械产品透明管状部件较多,在设计时要注意浇口进料位置与动模型芯固定的方式,避免由于浇口位置与型芯固定方式选择不当,造成注塑时物料流动不均匀,使型芯产生弹性变形、产品不均匀或不能注满的现象;长管形状产品要注意采取适当的排气方式,进料口分流道要视产品成型情况开出溢料井,避免因闭气造成产品成型困难;模具冷却系统应采取多组单独冷却水道,合理控制动定模温度从而控制制品变形。

(4) 模具制造精度要求高

医用塑料制品模具制造过程中要求分型面紧密,尽量通过设备加工手段保证模具精度,分型面间隙应小于0.01mm,顶出系统的推杆与推管的配合间隙应小于0.01mm。采取推板顶出结构,推板应保证有一定硬度。

透明制品的定模与动模型芯要进行精抛光,保证Ra值为0.20以上,如需要可采取液体抛光手段。

(5) 注塑机及零件选用有讲究

注塑机应选用小螺杆,以保证注塑精度,并采用自动卸料装置,模具在顶出时可采用气体辅助卸料;机床安装机械手,实现产品成型到包装的全自动过程,尽量减少污染环节;注塑机送料机构应采取封闭式真空送料,采用密闭式储料罐,布置送料管通到每一台注塑机,注塑机进料口安装自动计量真空送料装置,保证原料在进入注塑机前不受到污染。

(6) 注塑车间要清洁达标

生产车间应为全封闭式,安装大功率空调换气机,及时排除有害气体,保证车间恒温及空气清洁;产品生产过程中,严禁使用脱模剂与除锈剂,确保产品不受到污染;PVC制品的生产过程中要严格控制熔融温度,避免由于料温过高和在料筒中长时间停留使原料分解产生有害气体,停机时要立即清洗螺杆、料筒,避免残留原料对注塑机螺杆造成损害;贯彻实施GMP规范,严格按ISO9000质量管理体系,确保生产流程各点不出现问题。

(王立华)