

热塑性塑料注塑工艺参数优化设计*

刘 铨 陈利民

(四川大学高分子科学与工程学院,成都 610065)

摘要 从温度设定和锁模力、开合模、顶出、抽芯、注射、保压参数设计等方面讨论了热塑性塑料注塑工艺参数优化设计的方法,阐述了原材料、模具、设备、制品结构和环境对注塑工艺参数设计的影响。这对正确优化生产中的注塑工艺参数、提高试模成功率、缩短模具的调试时间和减少废品具有实际的指导意义。在优化工艺设计一般原则的指导下,再考虑影响工艺参数设计的因素,就能迅速、容易地生产出合格的制品。

关键词 热塑性塑料 注塑 工艺参数 优化设计

随着社会竞争的加剧,产品微利时代的到来,注塑制品的质量和成本控制已成为注塑制品企业竞争的焦点。注射成型是一种技术含量高的塑料成型方法,如何从工艺参数的大量调试中脱离出来,提高试模成功率,实现注塑工艺参数的优化设计,已经成为企业亟需解决的问题。通过对工艺参数的优化设计,可以缩短模具的调试时间,减少废品数量,顺利完成生产任务。由此可见,工艺参数设计对企业顺利生产和降低成本是非常重要的。

笔者从热塑性塑料注塑工艺出发,讨论了注塑工艺参数的优化设计原则和影响注塑工艺参数优化设计的因素。

1 工艺参数优化设计的一般原则

1.1 温度设定

一般情况下,由于塑料原材料的种类不同,注塑加工温度的设定范围有很大差别。表1列出常用塑料原料注塑加工温度参数。通常螺杆加料段靠近料斗座的部分温度设定要低一些,应比表1中的熔体温度推荐最低值低40~50℃,以防止物料“架桥”,保证较高的输送效率;螺杆压缩段温度应比加料段高20~25℃,螺杆计量段温度应比压缩段高20~25℃。热流道温度设定一般与螺杆计量段温度保持一致。

不论成型哪一类塑料,螺杆压缩段末端与计量

表1 常用塑料原料注塑加工温度参数

塑料原料	流动性能			熔体温度/℃			模具温度/℃		
	熔体流动速率/ g·(10min) ⁻¹	测试时的 负荷/N	测试 温度/℃	最低	推荐值	最高	最低	推荐值	最高
HDPE	15	21.6	190	180	220	280	20	40	95
LDPE	10	21.6	190	180	220	280	20	40	70
PP	20	21.6	230	200	230	280	20	50	80
PVC	50	100	200	160	190	220	20	40	70
PS	15	50	200	180	230	280	20	50	70
ABS	35	100	220	200	230	280	25	50	80
PA 6	110	50	275	230	255	300	70	85	110
PMMA	10	38	230	240	250	280	35	60	80
POM	20	21.6	190	180	225	235	50	70	105
PET	27	50	290	265	270	290	80	100	120
PBT	35	21.6	250	220	250	280	15	60	80
PC	20	12	300	260	305	340	70	95	120

注:HDPE—高密度聚乙烯;LDPE—低密度聚乙烯;PP—聚丙烯;PVC—聚氯乙烯;PS—聚苯乙烯;ABS—(丙烯腈/丁二烯/苯乙烯)共聚物;PA6—尼龙6;PMMA—聚甲基丙烯酸甲酯;POM—聚甲醛;PET—聚对苯二甲酸乙二酯;PBT—聚对苯二甲酸丁二酯;PC—聚碳酸酯。

段的温度都应高于物料的熔融温度,低于其分解温度。对于成型温度区间较宽且热稳定性好的塑料,料筒各段温度可适当提高,以利于物料充模,否则,料筒各段温度应降低^[1]。如果料筒温度设定偏低,

则制品易出现充填不足、颤纹(制品表面垂直于流

* 国家自然科学基金(20304008);四川大学青年科学基金(4320405)

收稿日期:2005-02-16

动方向的波纹)、表面光泽不良、起层、变形等缺陷;如果料筒温度设定偏高则制品易出现飞边、缩孔、烧焦等缺陷^[2~11]。

1.2 锁模力参数设计

锁模力参数的设计对成型高精度的制品、保护模具和延长模具的使用寿命、降低模具返修成本有重要的意义。如果设定的锁模力过低则会造成制品稳定性差^[3],使制品产生飞边^[4];如果设定的锁模力过高则会增加模具的预压力,不仅使模具在注射、保压、冷却过程中产生较大的压缩变形,影响制品的精度^[12],而且在成型过程中还会出现排气不良而造成制品烧焦或因充填不足而缺料等现象。只有锁模力与胀模力相平衡,使模具不产生变形,才能有利于提高注射成型过程中型腔尺寸的稳定性,从而提高制品精度。

(1) 普通注射成型 一般制品的锁模压力为 25 ~40 MPa,形状简单的制品选用较低的锁模压力;形状复杂且精度要求高的制品取较高的锁模压力。

(2) 热流道注射成型 浇注系统压力损失小,因此采用较低的锁模压力即可,一般以 25 ~30 MPa 为宜。

(3) 气体辅助注射成型 制品保压压力大幅度降低,模内压力较小,压力分布均匀,所以锁模压力可以降低,一般为 22 ~28 MPa。

(4) 气体辅助和热流道注射成型 该成型方法综合了热流道和气体辅助注射成型的优点,所以锁模压力最低,可以降低至 15 ~25 MPa 甚至更低。

1.3 开合模参数设计

合理的开合模参数设计可以降低噪音,提高制品质量,使模具运行平稳,达到保护设备和模具的作用。

根据模具结构合理地设计开模行程,若开模行程过大会增加开合模的时间而影响成型周期;而开模行程过小会不利于制品的顶出和取出。开合模的行程设计准则是,在能满足制品顶出和取出要求的情况下行程越小越好。

开模速度的设定原则是慢-快-慢,行程分别占 5% ~15% (克服制品和模具的静摩擦力,防止开模过快而造成制品破裂)、60% ~80% (节约开模时间,缩短成型周期) 和 5% ~15% (使模具运动平稳停止,防止噪音)。合模速度的设定原则也是慢-快-慢,行程分别占 5% ~15% (克服设备和模具的静摩擦力,防止合模过快而造成设备运行不稳)、

60% ~80% (节约合模时间,缩短成型周期) 和 5% ~15% (使模具运动平稳停止,防止因模具快速运行而造成设备低压保护功能失效,从而有效防止型腔内异物对模具造成的损伤)。

1.4 顶出参数设计

顶出参数包括顶出速度、顶出压力和顶杆终止位置。顶出速度和顶出压力过大会造成制品顶白、开裂和变形^[2~6];顶出速度和顶出压力过小则不能顶出制品或造成顶出时间过长,从而造成成型周期延长。同样,顶杆终止位置过大会延长成型周期;而顶杆终止位置过小会造成制品不能完全顶出或取出制品困难。

为了顺利地顶出制品而不产生不良缺陷,缩短成型周期,设计顶出参数的原则是,顶进时由慢到快,顶退时由快到慢。

顶出开始时顶出速度和顶出压力不宜过高,否则制品易发生顶白、变形等缺陷;在顶出力克服静摩擦力后可以增加顶出速度和顶出压力,以便缩短顶出时间;顶杆终止位置以顺利取出制品为限,不宜太大,否则会延长成型周期。顶杆后退速度开始应快速以缩短成型周期,顶杆复位前应减小顶出速度以降低噪音。

1.5 抽芯参数设计

有的塑料制品成型时需要模具设有液压抽芯机构。液压抽芯机构具有传动平稳、抽拔力大、抽芯距长等优点^[13]。对于液压抽芯机构运行参数的设计应引起足够重视,否则容易造成模具损坏。其中中子的设定最为关键。中子在合模完成后注射之前到位,在冷却完成后开模前后退到位。

1.6 注射参数设计

注射参数包括注塑压力、注射速率和螺杆位置设计。注塑压力是指注射到螺杆头部的熔体压力,其作用是克服熔体从料筒流向型腔的阻力^[1]。注射速率是使熔体具有一定的充模速率。如果注塑压力和注射速率过低会导致制品出现充填不足、缩痕、熔接痕等缺陷;如果注塑压力和注射速率过高会导致制品出现飞边、烧焦、表面乱流纹等缺陷^[2~11]。螺杆位置设计是指设计螺杆注射速度发生变化的位置,以满足出模的需要。

注射参数的设计一般可以分三步来设计:第一步是设计成型浇口部分的注射参数。对于冲击型浇口模具,可以采用高速高压的参数设计来达到快速充模;对于非冲击型浇口模具,在注射充模主流道部

分时采用快速,在浇口处进料时采用慢速,待浇口处形成扩展流后再提高注射速率和注塑压力以防止浇口处出现蛇痕。第二步是设计成型塑料制品主体部分(80%~90%体积)的注射参数;为了减小塑料熔体在模具内的温差,改善压力传递效果,可以提高充模速度,若制品较复杂则要根据实际情况再细分为几段速度来设定。第三步是设计成型塑料制品最后部分(10%~20%体积)的注射参数;当充填完成制品的80%~90%时必须降低注射速率以防止飞边的产生。上述三步又可分别根据塑料制品的大小和种类的实际情况再进一步细分,这样就能将一个很大的注塑制品分成若干个小部分的组合,以便于迅速生产出优良的注塑制品。

1.7 保压切换的选择

充模阶段的注射控制以速度为主,而保压阶段则以压力控制为主^[1]。充填切换到保压,控制方式有位置选择、时间选择、压力选择3种。位置选择是,当螺杆推进到指定位置时切换为保压控制。时间选择是,当注射时间到达指定时间时切换为保压控制。压力选择是,当型腔压力到达设定值时切换为保压控制。通常,对于简单的制品采用时间选择方式;对于较复杂的制品采用位置选择方式;对于较先进的注塑机可以提供压力选择方式。

1.8 保压参数设计

保压参数的设计包括保压压力、保压时间和保压梯度。

保压压力是指为补偿模具中物料收缩需要继续维持熔体流动的压力,保压压力对成型制品的质量有很大的影响^[1]。保压压力不足时会造成制品出现缩痕等缺陷;保压压力过大则会使制品出现顶白、脱模困难等缺陷^[2~11]。保压压力可采用由高到低或由低到高再到低的方式设计。当保压压力由高到低时,可以避免塑料制品浇口处的过度充填以减小残余应力;当保压压力由低到高再到低时,可以避免由高的保压压力造成的制品飞边,待制品表层基本固化时可以先升高保压压力以补偿收缩,然后再降低保压压力以降低制品内应力。

保压时间的设定由浇口凝固时间决定^[1]。成型大浇口、厚壁制品时补缩时间长,保压时间可长达10~20 s甚至更长;成型小浇口、薄壁制品时补缩时间短,保压时间则很短,一般2~5 s足够。

1.9 冷却时间的设计

冷却时间主要取决于塑料的热物理性能和制品

的壁厚。对薄壁制品而言,一般将其中心层温度降低到玻璃化转变温度或热变形温度以下所需的时间称为冷却时间^[1]。而对厚壁制品有时则不必达到上述要求,冷却时间的终点以保证制品脱模时不顶白、不变形为原则。在保证制品质量的前提下,优化出最短的冷却时间,根据制品大小和壁厚的变化,冷却时间一般为5~120 s。

为了达到制品的均匀冷却,冷却水路的接通方法要采用对称接法。

1.10 塑化参数设计

塑化终止位置应根据制品件重与浇口凝料料重之和及设备的情况来确定,以注射保压完成后预塑之前螺杆终止位置在0~5 mm为宜。过小的塑化量会造成塑料制品出现充填不足、缩痕等缺陷;而过大的塑化量会导致塑料在料筒前端停留时间过长,加重物料的分解。

螺杆转速是决定物料剪切速率大小和剪切热多少的重要参数^[1],直接影响塑化能力、塑化质量和成型周期。若提高螺杆转速则塑化能力提高,塑化时间缩短,熔体温度升高。一般情况下,塑化时间要小于冷却时间。如果冷却时间已结束而塑化尚未完成,将会因塑化能力不足而导致成型周期延长。因此,螺杆转速宜采用先高速后低速设计,高速时可以提高塑化能力,缩短塑化时间,低速时可以确保塑化终止位置的准确性。

1.11 塑化背压的设定

塑化过程中螺杆的旋转运动将熔体从计量段的螺槽中向前挤出,使之汇集到螺杆头部的计量室中,并在室中形成一定的熔体压力即塑化背压^[1]。背压的提高有利于压实螺槽中的物料,驱除物料中的低分子气体,提高塑化质量。但是背压的提高会增大螺杆与料筒间的漏流和逆流,使注塑机的塑化能力降低。

塑化背压一般不宜过高,否则会大大降低塑化效率,甚至会产生过大的剪切力和剪切热,使物料分解。因此在能满足注塑使用要求的情况下,塑化背压越低越好,一般采用0.8~1.0 MPa。

1.12 气体辅助注塑参数设计

气体辅助注射成型技术具有缩短成型周期、节省原材料、增加制品设计的灵活性、降低制品内应力、减小翘曲与变形、降低锁模力、改进制品表面光洁程度等优点^[14~17]。

气体延迟时间的设计颇为重要^[18~20],延时太长

会造成制品出现滞留痕、表面泛白缺陷^[19], 而延时长会造成制品出现气体吹穿现象^[18], 一般延时时时间为注射完成后 1 s 左右。保压压力不宜过高, 以满足要求为准, 否则可能会出现“手指”效应^[18]。气体保压时间要足够长, 保证熔体最厚处固化完全。气体充模阶段宜采用低压, 以防止气体在熔体中溶解, 保压补缩阶段再逐步提高气体压力, 在开模之前气体压力要逐步撤消而不能一下子都撤去, 否则会造成制品出现局部膨胀的缺陷^[18~19]。

2 影响注塑工艺参数设计的因素

2.1 原材料对注塑工艺参数设计的影响

(1) 材料的干燥 原材料干燥程度、干燥时间和干燥温度不足会带来制品表面银丝等缺陷, 可以通过增加塑化背压的方法来排除原料中的少量水分。

(2) 色母料 色母料的分散性及载体对注塑工艺参数设计影响很大。如果色母料的分散性较差, 载体与基体树脂的相容性较差, 在注塑工艺参数设计时需要增加背压和提高螺杆转速以提高塑化程度, 或者更换色母料载体。

(3) 不同材料牌号之间的差异 同一种原材料, 由于生产厂家和牌号不同, 成型性能有很大差异, 对精密和大型制品的成型工艺影响很大。

2.2 模具对注塑工艺参数设计的影响

(1) 模具设计的影响 大浇口制品成型压力小, 小浇口制品成型压力则较大。长流道压力损失大, 短流道压力损失就小。

(2) 模具的制造精度 模具制造精度高, 间隙控制恰当, 成型工艺范围相对较宽, 否则成型工艺范围可能很窄。

(3) 模具的使用寿命 新模具精度高, 成型工艺范围相对较宽; 旧模具精度降低, 成型工艺范围可能很窄。

(4) 模具钢的种类 模具钢材硬度高、耐磨损, 成型工艺范围相对较宽; 否则成型工艺范围可能很窄。

(5) 模具的排气 模具排气良好、设计合理, 成型工艺范围相对较宽; 否则成型工艺范围可能很窄。

2.3 设备对注塑工艺参数设计的影响

(1) 注塑设备的稳定性 设备的电器和液压系统性能稳定, 每模制品重复率高, 否则无论如何调整成型工艺也难以成型出精密制品。

(2) 注塑设备的注射量选择 设备的选择要合

理, 如果制品与浇口凝料料重之和小于最大注射量的 20% 或大于最大注射量的 80% 都难以成型精密制品。

(3) 注塑设备系统的老化 由于设备的磨损和老化造成锁模力下降和不稳定, 则很难成型高精密度的制品。

(4) 注塑螺杆的种类对注塑工艺参数的影响 螺杆设计合理, 与所加工的塑料种类匹配, 成型工艺范围相对较宽; 否则成型工艺范围可能很窄甚至不能成型制品。

2.4 产品结构对注塑工艺参数设计的影响

(1) 产品结构复杂性的影响 复杂制品流程长, 要精心设计各段的注射速率和位置参数。

(2) 产品壁厚的影响 壁厚均匀, 加强筋设计合理, 成型容易; 壁厚不均匀, 加强筋设计不合理, 则很难成型质量良好的制品。

2.5 环境对注塑工艺参数设计的影响

环境温度的变化, 如白天和夜间大气温度的变化都会引起设备液压系统和模具温度变化, 造成成型制品质量的波动。如果要成型精密制品, 控制环境温度就显得非常重要。

3 结语

如上所述, 在注塑工艺参数优化设计原则的指导下, 再考虑具体制品结构、模具、设备和原材料的影响情况, 只有这样才能有效地优化注塑工艺, 降低生产成本, 较容易、迅速地生产出合格的制品。

参考文献

- 1 申长雨, 陈静波, 刘春太, 等. 塑料成型加工工艺. 工程塑料应用, 1999, 27(7): 28
- 2 李海梅. 注射模成型缺陷探讨. 模具工业, 1997(2): 42
- 3 奚东. 注塑成型中制品的缺陷原因及其对策. 塑料科技, 2000(3): 34
- 4 李海梅, 高峰, 申长雨. 注塑制品常见的缺陷及对策. 工程塑料应用, 2003, 31(4): 48
- 5 余冬蓉. 注塑制品常见的质量缺陷分析. 黄石高等专科学校学报, 2001, 17(1): 21
- 6 申长雨, 李海梅, 高峰, 等. 注塑制品的翘曲变形分析. 中国塑料, 1993, 7(2): 60
- 7 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
- 8 董钜潮, 周颖南. PC 注塑制品常见缺陷分析及解决方法. 工程塑料应用. 2003, 31(9): 23
- 9 李刚. 聚丙烯制品外观缺陷及解决措施. 工程塑料应用, 2002, 30(9): 26
- 10 于建. 聚甲醛的成型加工. 工程塑料应用, 2001, 29(10): 20
- 11 杨太德. 注射成型制品的表观缺陷及其预防措施. 连云港职业大

- 学学报, 1998, 11(1): 39
- 12 邹志明, 吴舜英. 提高注塑制品尺寸精度的有效途径. 塑料科技, 2000(5): 44
- 13 李海梅, 申长雨. 注塑成型及模具设计实用技术. 北京: 化学工业出版社, 2002.
- 14 Andeas Von Rrwel, Peter Eyerev, Knoblauch. Avoidance of surface defects in gas-assisted injection moulding. Kunststoffe Plast Europe, 1999, 89(7): 44
- 15 Tung L S. Development and application of CAE technology for the gas-assisted injection moulding process. Advances in Poly Tech, 1995, 14(1): 1
- 16 Eckardt H, Melnerzhagen. Gas-assisted injection moulding. Kunststoffe Plast Europe, 1999, 89(9): 33
- 17 Christopher L, Clark, Williams R. Overcoming process control challenges of gas-assisted injection molding. Plastics Engineering, 1991(2): 35
- 18 郭建明, 申开智. 气体辅助注射成型制品常见缺陷及其改进措施. 现代塑料加工应用, 2001, 13(5): 22
- 19 祝铁丽, 王敏杰. 气体辅助注塑制品的常见缺陷及防治. 塑料科技, 1999(6): 14
- 20 蔡永洪. 工艺参数与气肋设计对气辅注塑成型的影响. 塑料科技, 2002(4): 9

THE OPTIMAL DESIGN OF THERMAL PLASTICS INJECTION MOLDING PARAMETER

Liu Bo, Chen Limin

(College of Polymer Science and Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

ABSTRACT The optimal design of injection molding parameter on temperature, locking force, mold open and close, ejection, slide, injection and holding pressure etc was discussed. The effects of material, mold, equipment, product structure, and environment on the technical parameter design were stated in order to optimize the injection molding parameter, improve the success rate of die setting, reduce the adjusting time and decrease the amount of wasters, the results was a good guidance for production. The right products could be gain quickly. Under the guidance of the principles of the optimal design of injection molding parameter.

KEYWORDS thermal plastics, injection molding, technical parameter, optimal design

新一代钢塑共挤胶粘剂——钢衬胶

由中国兵器工业集团第五三研究所控股的济南泰和树脂有限公司隆重推出新一代钢塑共挤胶粘剂——钢衬胶。该胶属溶剂型, 单组分, 适用于极性材料粘接, 具有热收缩率低、抗蠕变、粘接强度高、不粘模口、工艺简单等优点。

本公司同时推出 J-628 聚氨酯胶粘剂, 专用于金属与 PET 膜复合。该胶属溶剂型, 单组分, 具有高的初粘力和结晶速度, 无需熟化, 工艺简单, 是替代进口胶粘剂的理想产品。

济南泰和树脂有限公司

地址: 济南市天桥区新黄路 16 号 邮编: 250033 电话: 0531-85936134(传真), 85954227

北京普利宏斌化工材料有限责任公司

本公司为中科院化学所关系企业, 技术力量雄厚; 是美国大湖化学公司(世界上产量领先的溴系阻燃剂生产厂)在中国(港澳台地区除外)的经销商。在北京、上海、广州设有仓库, 常年提供现货服务!

1. 阻燃剂: 十溴联苯醚(DE-83R)、十溴二苯乙烷(环保阻燃剂)、四溴苯酐、四溴双酚 A(适于 ABS)、聚溴化苯乙烯(PBS-64HW)(适于尼龙, 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)、磷酸酯系列(无卤阻燃 PC 用)阻燃剂、三氧化二锑(闪星牌)、偏锑酸钠。

2. 抗氧化剂和光稳定剂: 1010、168、DLTP、UV531、UV944、UV770、UV328。

3. 弹性体及界面相容剂(进口): 乙丙胶、POE、SBS、EMA、EAA、ACR、聚酯弹性体 TPEE、超韧尼龙增韧剂、PC/ABS 合金相容剂、接枝 PP、接枝 PE。

4. 其它各种工程塑料及化工材料。

地址: 北京市海淀区上地信息路 1 号国际科技创业园 1 号楼 802 室 邮编: 100085

电话: (010) 82895069 82895070 82895071 82895072 传真: (010) 82895068

http://www.polyadd.com E-mail: ustczh@sina.com sales@polyadd.com