

浇注系统对注塑制品质量的影响及其优化设计

杨风霞 陶建中

(河南科技学院化工系, 新乡 453003)

摘要 从注塑模浇注系统出发,分析了由于其设计不合理而引起填充不足、凹陷与缩痕、熔接痕、内应力等质量缺陷的原因,并针对这些原因从流道和浇口位置、数目、大小方面提出了相应的优化设计方案来提高注塑制品的外观质量和力学性能,解决某些靠调节注塑工艺或其它通用方法无法解决的问题,对指导注塑模浇注系统设计有很大帮助,提高了一次试模的成功率。

关键词 浇注系统 注塑制品 质量 优化设计

注射成型是热塑性塑料和一部分热固性塑料最主要的成型加工方法之一。注塑制品质量在很大程度上取决于模具设计,而浇注系统设计又是模具设计的最重要组成部分,浇注系统是指模具中从注塑机喷嘴开始到型腔为止的塑料流动通道,浇注系统设计好坏对制品性能、外观和成型难易程度影响颇大。不合理的设计常常造成填充不足、凹陷与缩痕、熔接痕、内应力等缺陷,因此,充分了解浇注系统设计对制品质量的影响,并对浇注系统进行优化设计具有重要的应用价值。

1 浇注系统设计对注塑制品质量的影响及其优化

1.1 填充不足

填充不足指料流末端出现不完整现象或一模多腔时一部分型腔填充不满。

1.1.1 原因分析

(1) 浇口位置不合理,浇口尺寸、流道尺寸过小使熔体流动不畅,都会造成料流不能充满型腔。

(2) 喷嘴头半径与主流道口半球形凹坑半径不匹配,使熔体有效量及有效压力下降,造成填充不足。

(3) 料流前锋冷却的物料阻塞浇口、流道和注料口,致使制品填充不足,这时应扩大冷料井尺寸。

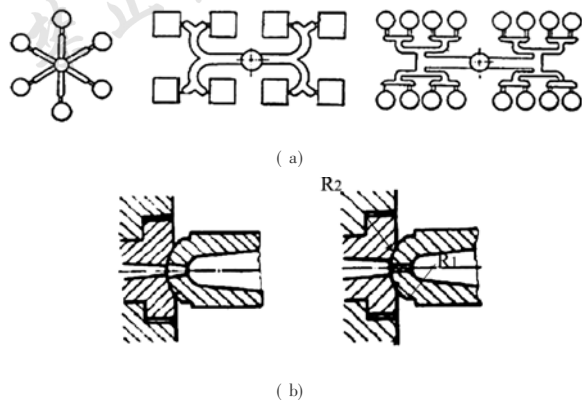
(4) 多腔模中,浇注系统排布不平衡,致使远离主浇道的型腔无法充满。

1.1.2 优化设计

(1) 改善浇口和流道设计,增大浇口和流道尺寸。但对于非牛顿行为明显的塑料熔体,浇口尺寸增大时,在一定剪切速率范围内不能明显提高充模速率,要改善充模流动必须大幅度地增大浇口尺寸,在特殊情况下,小而短的浇口由于摩擦生热引起物料粘度进一步降低,甚至比尺寸较大的浇口更容易充满薄壁型腔^[1]。

(2) 分流道的布置采用平衡式,即从主流道到各个型腔的分流道,其长度、形状、断面尺寸都是对应相等的,这种设计可达到各个型腔均衡地进料。如图1a所示。

(3) 主流道与喷嘴接触处作成半球形的凹坑,凹坑的半径 R_2 应比喷嘴头半径 R_1 大 1 ~ 2 mm。如图1b所示。



a—分流道的平衡式布置; b—喷嘴与模具的正确接触

图1 针对填充不足的浇注系统优化设计示意图

(4) 对于壁厚相差较大的制品,应在避免喷射的前提下,把浇口开在接近截面最厚处,如果浇口开在截面最薄的地方,则物料进入型腔后,流动阻力大,容易冷却,造成填充不足的缺陷。

1.2 凹陷与缩痕

凹陷与缩痕是指制品壁厚不均匀引起表面收缩不均匀造成的缺陷。它可能出现在外部尖角附近或者壁厚突变处,如凸起、加强筋或者支座的背后,有时也会出现在一些不常见的部位。

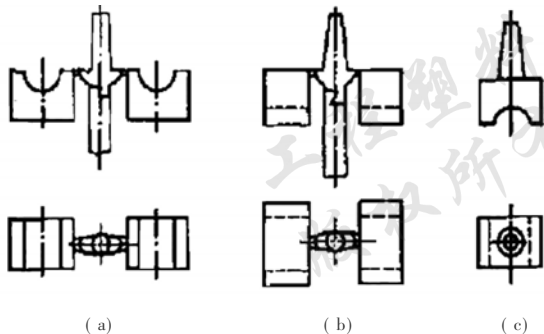
1.2.1 原因分析

模具浇注系统设计不合理,如浇口位置设计不

当, 流道、浇口尺寸太小, 过早冻结, 无法完成保压补料过程, 会使制品表面出现凹陷与缩痕; 但浇口尺寸过大, 补料时间过长也是不利的, 因为随着时间的推移, 熔体与模具接触处的冻结层越来越厚, 熔融塑料层的温度逐渐降低, 其粘度逐渐增高, 在高粘度下由于补料引起的剪切流动特别容易使链状的分子沿剪切流动的方向取向, 聚合物在此状态下冷却至软化点以下, 取向即被冻结。这种在一定深度范围内的高度取向造成了制品的内应力, 甚至引起制品的应力开裂或翘曲变形。

1.2.2 优化设计

(1) 在合适位置设计浇口, 如图 2 所示^[2]。选择图 2a 的浇口位置时, 由于熔体过早冷却而无法完成补料过程, 使制品因严重收缩而出现凹痕。浇口设计在制品壁厚处, 可以获得最佳充模效果, 如图 2b 所示, 可克服上述缺陷。图 2c 选用直浇口则大大改善了填充条件, 提高了制品质量。



a—浇口位置不合适, 产生凹痕; b—改变浇口位置, 避免凹痕出现;
c—改变浇口形式, 避免凹痕出现

图2 浇口位置对凹痕的影响示意图

(2) 根据塑料流变学计算流道和浇口的尺寸大小, 以获得最佳流动和充模。

1.3 熔接痕

熔接痕指对有孔穴的注塑制品或多点进料的塑料制品, 在注塑过程中塑料熔体在型腔中汇合时不能完全熔合而在汇合处形成的线形凹槽。

1.3.1 原因分析

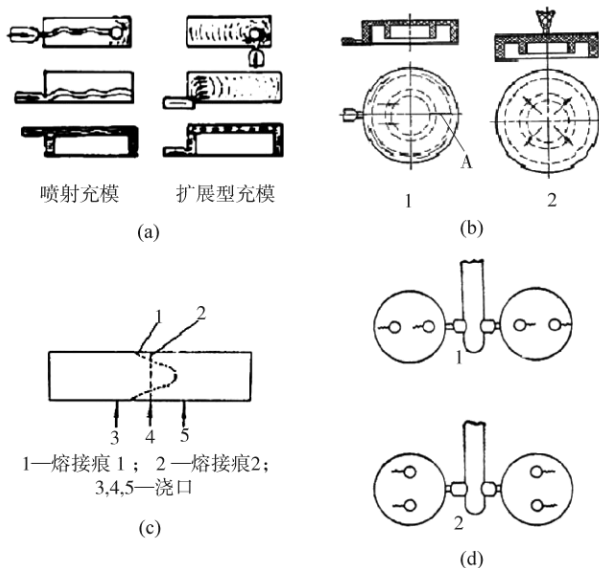
由于熔接痕的位置、大小及程度与浇口位置密切相关, 因此模具浇口设计对制品的熔接痕有重要影响。多浇口充模时, 若浇口数量为 n , 则熔接痕的数量为 $n-1$, 熔接痕数量与浇口数目成正比。来自各浇口的料流前锋熔体若不能很好地熔合, 将会使熔接痕加重, 但对尺寸较大的制品, 若采用多浇口, 则比单浇口时熔体充模流程与时间大大缩短, 流动中的熔体温度与压力损失减少, 从而有利于料流前

锋熔体的相互熔合, 提高熔接质量, 减轻熔接痕的外观明显程度。浇口位置不当或过多, 流程过长, 会加重熔接痕的明显程度, 甚至造成汇合处的熔体不能熔合, 或使熔接痕处于制品外观不允许的位置。另外如果冷料使熔体流动受阻, 也会使熔体前锋不能很好汇合而产生熔接痕。

1.3.2 优化设计

(1) 浇口数量应该以不使制品产生多而明显的熔接痕, 又能顺利充满型腔为基本依据, 如可以减少浇口数量, 在流程不太长的时候, 最好不要开设一个以上的浇口, 另外, 圆环式浇口无熔接痕, 而轮辐式则有。

(2) 浇口位置应该使进入型腔的高速熔体首先改变方向或遇到障碍, 减少部分动能, 使弹性变形有松弛时间, 这就可以避免喷射现象而使熔体变为由近及远的扩展型充模, 从而避免注塑制品表面形成波纹状痕迹和折叠状接缝^[3], 如图 3a 所示。另外浇口位置应有利于排气, 如当制品壁厚不一致时, 塑料熔体往往最后充满的地方是在制品最薄处, 如图 3b 的 1 图所示, 在 A 处会留下明显的熔接痕, 若浇口位置开设在制品最薄处, 这样可以避免熔接痕和气囊的出现, 如图 3b 的 2 图所示, 也可以将制品顶部增厚, 仍采用侧浇口。



a—改变浇口位置避免喷射充模; b—改变浇口位置避免熔接痕出现;
c—合理布置浇口位置增加熔接牢度;
d—熔接痕在注塑制品上的方位

图3 浇口对熔接痕的影响及优化示意图

(3) 若适当增大浇口, 可以减小对熔体流动的限制, 避免喷射充模, 也有利于改善熔接痕强度。

(4) 冷料使熔体流动受阻,为了增加熔接的牢度,可以在熔接处外侧开一冷料井,使前锋冷料溢出;对于大型框型制品,易造成熔接处料温过低,熔接不牢,形成明显的熔接痕,可采用多个点浇口和过渡浇口来增加熔接牢度。

(5) 对于多浇口模具,应该合理布置浇口位置,如图3c所示。如果将两个浇口对称布置在3及5的位置上,成型制品将在中间形成平面状的熔接痕2;如将两个浇口布置在4和5的位置上,则将形成曲面状的熔接痕1。实践证明,熔接痕1的强度明显高于熔接痕2。因此,对于多浇口模具,浇口的布置最好不要对称,以得到曲面状熔接痕^[4]。

(6) 为了增加注塑制品的强度,浇口开设的位置应该避免使熔接痕与孔成一条直线,如图3d所示,图3d中的2图浇口位置较合理。

1.4 内应力

注塑制品的内应力是指无载荷条件下存在于制品内部的应力。具体表现是翘曲、变形、开裂等。

1.4.1 原因分析

(1) 浇注系统不平衡,使多型腔模具中各型腔的熔体流变行为不同,造成制品的应力大小与尺寸精度不一致。浇口位置不合理会影响熔体的充模流动性,引起内应力,如对于壁厚相差较大的制品在薄断面处开浇口会造成较高的内应力而引起翘曲。

(2) 浇口尺寸大小对内应力也有影响。浇口尺寸过大,流入型腔的熔体有效压力增加,易使长链分子拉长,如冷却时松弛不完全,则会产生内应力;同时,浇口尺寸过大,还会使补料时间延长,保压压力促使大分子链进一步拉伸取向,结果导致制品在浇口附近产生较大内应力。浇口尺寸过小,会使熔体流动阻力增大,延长充模时间,造成浇口附近与型腔末端熔体产生较大温差,使冷却收缩不一致;同时浇口过小,也会造成充模过程中压力损失太大,使制品内应力增加。

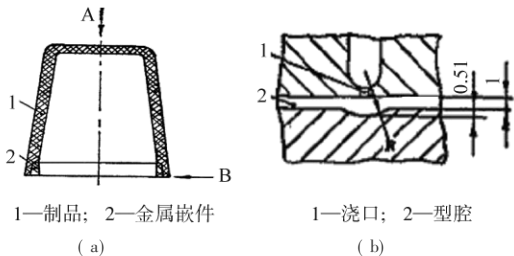
1.4.2 优化设计

(1) 浇注系统设计应针对不同的材料和制品结构合理设计,对结构复杂的制品和流动性差的材料,流道截面尺寸应大些,多型腔模具的浇注系统应采取平衡式设计,如图1a所示。单型腔多浇口模具也应使浇口平衡设置。

(2) 浇口开设位置对制品应力开裂影响很大,图4a是一带有金属嵌件的PS制品,由于塑料收缩而使金属嵌件周围的塑料层有很大的周向应力,浇

口开在A的位置取向应力与周向应力方向垂直,制品容易开裂,浇口开在B的位置取向应力顺着周向应力的方向使应力开裂现象大为减少。

(3) 对于壁厚相差较大的制品应该把浇口开设在厚截面处,这样有利于物料完全充满型腔。



a—取向方位对应力开裂的影响;b—薄壁制品浇口对面增厚

图4 针对制品内应力的浇注系统优化设计示意图

(4) 对于大型平板型制品,如果只用一个浇口,制品会出现翘曲变形,若采用多点进料,则可有效地防止翘曲变形。

(5) 对薄壁制品,由于点浇口附近的剪切速率过高,会造成分子的高度定向,增大局部应力,甚至引起开裂。在不影响使用的情况下,可将浇口对面的壁厚增加并加圆弧过渡,同时圆弧部分还有储存冷料的作用,如图4b所示。

1.5 浇口形式对制品质量的影响

浇口有很多种,不同形式的浇口对制品质量有不同的影响,可以根据制品的不同要求,选用不同的浇口。浇口形式对制品质量的影响见表1。

表1 各种形式浇口的适用范围及其对制品质量的影响

浇口形式	适用范围	优点	缺点
点浇口	PE、PP、PA、PS、ABS等低粘度和粘度对剪切速率敏感的塑料	开模时可自动切断,多点进料可防翘曲变形	浇口附近应力大,甚至开裂
边缘浇口	适用范围广	可灵活选择位置改善充模,浇口去除方便,痕迹小	易形成熔接痕、凹陷、缩痕等缺陷
扇形浇口	宽度较大的薄片状制品	可降低内应力,减小翘曲变形和气泡出现	不适用于厚度较大的制品
圆环形浇口	圆筒形或中间带有孔的制品	制品壁厚均匀	浇口去除困难
轮辐式浇口	圆筒形或中间带有孔的制品	制品壁厚均匀,浇口去除方便	制品强度低
护耳式浇口	流动性差的塑料如PC、PMMA	避免喷射和浇口附近的应力集中	浇口去除困难,痕迹明显
直浇口	各种塑料	保压补缩作用强	浇口去除困难,痕迹明显
薄片式浇口	面积较大的平板形制品	可降低内应力,减小翘曲	浇口去除困难

2 结语

在注射成型加工中, 浇注系统设计对注塑制品的质量有决定性的影响, 浇注系统设计不合理, 会使制品出现填充不足、凹陷与缩痕、熔接痕、内应力等缺陷。浇口位置、数目和大小的设计尤其重要。生产中可以根据制品的不同要求, 通过选择合适的浇口, 并对其进行优化设计来改善制品质量, 从而达到

工艺调整无法达到的效果。

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: 中国轻工业出版社, 1990.

2 卜建新. 塑料模具设计. 北京: 中国轻工业出版社, 1999.

3 张克惠. 减小熔接缝对注塑件损害的方法. 工程塑料应用, 1995, 23(5): 15

4 曾海泉. 提高注塑件熔接痕强度的新方法. 现代塑料加工应用, 1997, 9(4): 48

EFFECT OF THE POURING SYSTEM ON INJECTION-MOLDED PRODUCTS
AND ITS OPTIMAL DESIGN

Yang Fengxia, Tao Jianzhong

(Department of Chemical Engineering, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang 453003, China)

ABSTRACT The defects of injection products such as underfeeding, sunken and shrunk, weldline, internal stress resulting from the fallacious design of pouring system are analysed. The corresponding troubleshootings are given according to different causes to improve apparent quality and mechanical properties of injection products by optimal design in the fields of runner and the gate location, amount, size of pouring system. It can be used to solve some problems which are unable to be solved with traditional method, and it is helpful to the design of the injection mould pouring systems. The rate of success by one-time test on the moulds can be increased.

KEYWORDS pouring system, injection-molded products, quality, optimal design

四川成塑科技有限公司

四川成塑科技有限公司是一家民营的股份制企业, 主要从事 GTM 系列硅酮塑料添加剂、无卤化环保型系列红磷阻燃剂母料以及各种改性工程塑料的研究开发和生产。

GTM 系列硅酮塑料加工助剂

特点和功能:

我公司开发的 GTM 系列硅酮塑料添加剂由超高分子量聚硅氧烷制成, GTMF 系列为 GTM 系列添加有机氟, 赋予材料更加优异的润滑性, 外观为白色颗粒或粉末。混合方便、性能稳定、使用安全, 在树脂中容易分散, 主要具有以下功能:

- ★明显降低摩擦系数, 改进制品表面光泽;
- ★提高塑料加工流动性和脱膜性, 降低扭距, 减少设备磨损;
- ★对玻纤增强塑料起包覆作用, 能显著改善制品外观;
- ★稳定性好, 迁移小。

主要牌号及应用

牌 号	GTM50	GTMF50	GTM100	GTMF100
外 观	白色颗粒	白色颗粒	白色粉末	白色粉末
有效成份 / %	50	50	100	100
用 量	1% ~5%	1% ~4%	0.5% ~2.0%	0.5% ~1.5%
应用领域	PP、PE、E/VAC、ABS、PA、PC、POM、PBT、PPO、PPS			
产品举例	改性塑料、BOPP 膜、硅芯管、无卤阻燃电缆料、大型注塑件、薄壁复杂制件			

产品包装为 15 kg/袋, 按非危险品运输。

* 本公司还提供系列红磷阻燃剂母料和 GTM 系列硅酮塑料添加剂的成套技术转让。

四川成塑科技有限公司

地址: 成都市高新区芳草街 6 号王府花园 8-22 号

邮编: 610041

联系人: 王先生 魏先生

电话: 028-85137707 13908187062

传真: 028-85137707

E-mail: wxh@bioyd.com