

注塑件的应力变形分析及解决对策

程晓宇 王晓梅

(陕西国防工业职业技术学院,西安 710302)

摘要 对注塑件产生应力变形的原因进行分析,指出了注塑件应力变形的内在因素主要是不同注塑件原料对注塑工艺参数的敏感度不同所致;外在因素是模具结构设计对注塑件应力变形的影响;从模具设计方法和注塑工艺上给出了解决注塑件应力变形的几个有效对策,并通过实际例子证明这几个对策是简单有效的。

关键词 注塑件 应力变形 注塑工艺 模具设计 后处理

注塑件的应力变形是指注塑制品的形状因其内在和外在因素而导致内应力不平衡,使其偏离了模具型腔的原来形状,它是塑料制品常见的缺陷之一。

随着塑料工业的发展,人们对塑料制品的外观和使用性能的要求越来越高,应力变形造成外观的变形程度作为评定制品质量的重要指标之一也越来越多地受到模具设计者的关注与重视。模具设计者希望在设计阶段预测出注塑件可能产生内应力不平衡的原因,以便加以优化设计和后期采用热处理工艺加以校正,从而提高注塑生产的效率和质量,缩短模具的设计周期,降低成本。

笔者主要从注塑工艺和模具设计方面分析、讨论了大型薄壁注塑件消除内应力变形的内在因素和外在因素,并给出相应的几个解决对策。

1 注塑工艺对制品应力变形的影响^[1]

塑料在塑化阶段即由玻璃态的料粒转化为粘流态,提供充模所需的熔体。在此过程中熔体在轴向、径向(相对螺杆而言)的温度差会使制品产生应力;另外,注塑机的注塑压力、注射速率等参数也会极大地影响充填时塑料分子的取向程度,进而引起内应力不平衡而导致制品变形。

熔融态的塑料在注塑压力的作用下充入模具型腔并在型腔内冷却、凝固的过程是注射成型的关键环节。在这个过程中温度、压力、速度三者的相互耦合作用对注塑件的质量和生产效率均有极大的影响。较高的压力和流速会产生高剪切速率,从而引起平行于流动方向和垂直于流动方向的塑料分子取向有所差异,同时产生“冻结效应”。这种“冻结效应”将产生冻结应力而形成注塑件的内应力。

温度对注塑件变形的影响体现在3个方面:

(1)注塑件上、下表面温度差会引起热应力和热变形;(2)注塑件不同区域之间的温度差将引起不同区域间的不均匀收缩;(3)不同的温度状态会影响

注塑件的收缩率。

另一方面,注塑件在脱离型腔并冷却至室温的过程中多处于聚合物的玻璃态。脱模力不平衡,推出机构运动不平稳,或脱模顶出面积不当等均易使制品变形。同时在充模阶段和冷却阶段塑料分子产生的“冻结”会使注塑件脱模后的内应力因失去外界约束而以变形的形式释放出来,导致制品翘曲。

消除制品应力变形缺陷,首先在模具设计阶段就必须考虑到填充过程中收缩的影响,特别是收缩不均衡的影响。熔融的塑料在注射充模阶段由于其分子沿流动方向取向而使得熔料在流动方向的收缩率比垂直方向的收缩率大,使注塑件产生收缩应力而发生变形。结晶性塑料在流动方向与垂直方向的收缩率之差较非结晶性塑料大,而且其收缩率也较非结晶性塑料大。结晶性塑料的较大的收缩率与其收缩的异向性叠加后导致注塑件变形的倾向较非结晶性塑料大得多。所以在设计注塑件和计算模具的成型尺寸时,必须优先考虑到收缩引起应力不均衡的因素,收缩率的选取应根据注塑件原料的性质、制品形状不同而给出合适的数值。

在注射成型过程中,残余热应力是引起制品翘曲变形的另一个重要因素,对注塑制品的质量具有较大的影响。由于残余热应力对制品翘曲变形的影响非常复杂,模具设计者可以借助于注塑CAE软件进行分析和预测。从而在模具结构设计中加以修正,从而平衡内应力,避免制品翘曲变形缺陷的发生。

2 模具结构对制品应力变形的影响^[1,2]

在模具结构设计方面,影响注塑制品应力变形的因素主要有浇注系统、冷却系统与顶出系统等。

收稿日期:2006-06-15

2.1 浇注系统的设计

注塑模具浇口的位置、形式和浇口的数量将影响塑料熔体在模具型腔内的填充状态,从而导致注塑件由于内应力不平衡而产生变形。流动距离越长,由冻结层与中心流动层之间流动和补缩引起的内应力越大;反之,流动距离越短,从浇口到制品流动末端的流动时间越短,充模时冻结层厚度减薄,内应力越小,翘曲变形也会大为减少。

图1为平板形手机塑料外壳座,如果只设置一个中心浇口或侧浇口,因直径方向上的收缩率大于圆周方向上的收缩率,成型后的注塑件会产生扭曲变形;若改用多个点浇口(如图2所示),浇道采用平衡式布置,则可有效地防止制品翘曲变形。

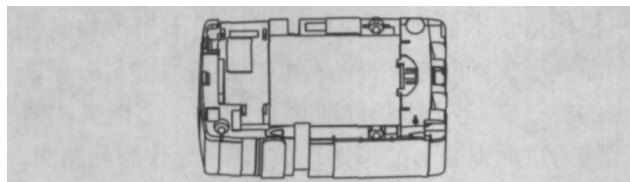


图1 手机外壳座

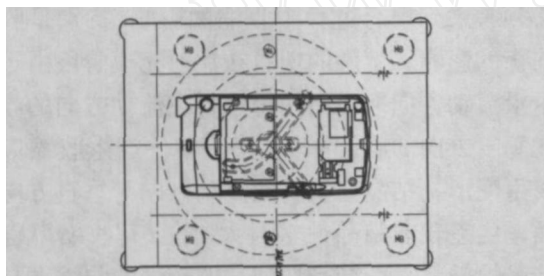


图2 浇口与流道的设计

采用点浇口进行成型时,由于塑料收缩的异向性,浇口的位置、数量都对注塑件的变形程度有很大的影响。但是由于采用多点进浇的点浇口,且点浇口开设在分型面上,容易调整尺寸,方便排气,从而可减小因原料成型时挥发出来的气体而造成的内应力。

另外,采用多点进浇的点浇口还能缩短塑料的流动比(L/t),从而使型腔内物料的密度更趋于均匀,收缩更均匀。同时熔料能在较小的注塑压力下充满型腔,而较小的注塑压力可减少塑料分子的取向倾向,降低其内应力,因而可减少注塑件的变形。

2.2 冷却系统的设计

在注射过程中注塑件冷却速度的不均匀也将造成收缩的不均匀,这种收缩差别导致弯曲力矩产生内应力而使注塑件产生翘曲。

在注射成型平板形注塑制品时,如果所用的模具型腔、型芯的温度相差过大,贴近冷型腔面的熔体

很快得到冷却,而贴近热型腔面的熔体则会继续收缩,收缩的不均匀产生的内应力将使注塑件翘曲变形。因此注塑模的冷却系统应当控制型腔、型芯的温度趋于平衡,两者的温差不能太大。模具中冷却水孔的布置至关重要,在管壁至型腔表面的距离确定之后应尽可能使冷却水孔之间的距离短些,以保证型腔壁的温度均匀一致。同时由于冷却介质的温度随冷却水道长度的增加而上升,使模具的型腔、型芯沿水道产生温度差,因此要求每个冷却回路的水道长度小于2 m。在大型模具中应设置数条冷却回路,一条回路的进口位于另一条回路的出口附近。

图3为手机塑料外壳座定模板中设置的冷却水道。图3中冷却水孔的直径为6 mm,距定模板的顶面17 mm,A、B处是需要用铜料堵住的,冷却水孔的接口处为PT 1/8的英制内螺纹,用来接水咀(一种标准件,用来连接外界冷却水的像螺母一样的东西),冷却水流的路径如图3中的箭头所示。这样可以有效地均衡温度,减小内应力,防止注塑件产生翘曲变形。

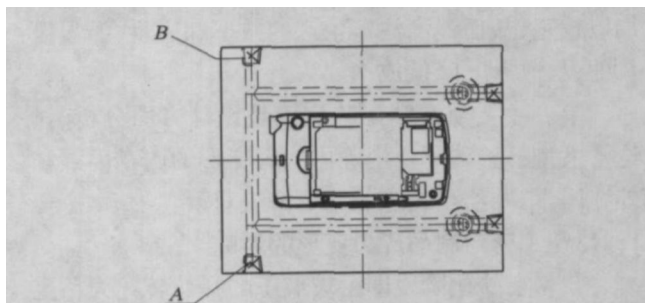


图3 冷却流道设计

2.3 顶出系统的设计

模具顶出系统的设计也直接影响注塑件的变形。如果顶出系统布置不平衡,将造成顶出力的不平衡而产生内应力,使注塑件变形。因此在设计模具顶出系统时应力求与脱模阻力相平衡。另外,顶出杆的截面积不能太小,以防注塑件单位面积受力过大(尤其在脱模温度太高时)而产生变形。顶杆的布置应尽量靠近脱模阻力大的部位,在不影响注塑件质量(包括使用要求、尺寸精度与外观等)的前提下,应尽可能多设置顶杆以减少注塑件的总体变形。

考虑到以上因素,为了防止型芯包紧力过大,一次推出时注塑件变形太大,该手机塑料外壳座模具的推出机构宜采用二次机动推出,即采用一次推出使型芯与注塑件分离,二次推出使注塑件与凹模分离的方式,这样就可以分散顶出力,以防止顶出力过

大,使注塑件产生应力变形。顶出制品时的布置形式见图 4,顶出的距离为 10 ~ 15 mm 即可。

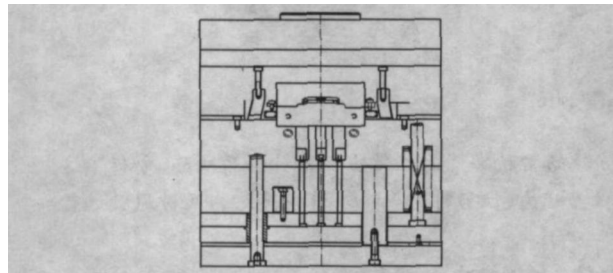


图 4 推出机构设计

3 后处理对制品翘曲变形的影响^[2]

对于有翘曲变形倾向的注塑件,或者为了尽快稳定注塑件的尺寸,可在成型工艺上设置注塑件的后处理。注塑制品的后处理主要有退火处理、调湿处理两种。

由于塑料在机筒塑化不均或在型腔内冷却速度不一致,经常会使注塑件产生不均匀结晶、定向和收缩而形成内应力,这种现象在生产厚壁或带有金属嵌件的制品时更为突出。存有内应力的注塑件在贮存和使用中经常会发生力学性能下降、光学性能变差甚至发生应力开裂。解决此问题的最好的方法是退火处理。

退火处理方法是使制品在定温的加热液体介质(热水、油)中或热空气循环烘箱中静置一段时间。处理时间可根据塑料品种、加热介质温度、制品形状

与注塑工艺而定,以达到消除内应力为宜。退火温度一般应控制在注塑件使用温度以上 10 ~ 20 或者低于注塑件的热变形温度 10 ~ 20 为宜。退火的实质是:(1)迫使“冻结”的塑料分子链松弛,消除内应力;(2)提高结晶度,稳定结晶结构,增强注塑件强度与刚度以抵抗变形。

调湿处理也是一种后处理方法。比如,聚酰胺(PA)类注塑件在高温下与空气接触时经常会氧化变色,同时又易吸收水分而膨胀变形。调湿处理就是将 PA 类刚脱模的注塑件放置在热水中浸泡一段时间,达到吸湿平衡,稳定尺寸,以防止翘曲变形。在调湿处理中吸收适量的水分起着增塑剂的作用,可以改善注塑制品的韧性,提高冲击强度和拉伸强度。可以说调湿处理也是消除注塑件内应力的有效方法之一。

3 结语

影响注塑件应力变形的因素很多,塑料材料的热物理性能、模具的结构及注塑工艺参数均对制品的应力变形有着不同程度的影响。因此,对注塑制品翘曲变形机理的研究必须综合考虑材料性能和整个成型过程等多方面的因素。

参考文献

- 1 李金良,龙玲. 注塑制品的翘曲变形分析. CAD/CAM 与制造业信息化, 2003 (7): 43
- 2 成都科技大学. 塑料成型工艺学. 北京:轻工业出版社, 1993.

ANALYSIS AND SOLVING COUNTERMEASURE OF STRESS DEFORMATION OF PLASTICS PARTS

Cheng Xiaoyu, Wang Xiaomei

(Shanxi Defence Industrial Professional Institute, Xi'an 710302, China)

ABSTRACT The reasons why plastics parts produced stress deformation were analyzed. It was pointed out that the main internal factor was the different sensitive degree of different raw material on process parameter; the external factor was the effects of mould structure, several countermeasures to solve the stress deformation by improving mould design and adjusting molding technology were given. The practice proved that these countermeasures were simple and effective.

KEYWORDS plastics part, stress deformation, molding technology, mould design, after treatment

《工程塑料应用》增刊征集广告

由中国机械工程学会、中国机械工程学会特种加工分会、全国快速成形技术学术委员会等单位主办,华南理工大学等单位承办的“第四届全国快速成形与快速制造学术会议”将于 2006 年 11 月 22 日至 25 日在华南理工大学召开。此次会议的召开对快速成形技术的研究和推广应用具有较大的影响力。目前已有众多境外专家和企业领导确定参会。

应华南理工大学等承办单位的委托,《工程塑料应用》将以 2006 年增刊形式编辑、出版本次会议的应征优选论文

作为本次会议的论文专辑。为满足各单位的要求,《工程塑料应用》增刊将以成本价为相关企事业单位刊登广告。希望各有关单位抓住此次会议的良好机遇,进行产品、企业形象宣传。增刊中的广告价目为:封面 3000 元;封底 1800 元;封二、前插一、目次前页均为 1500 元;封三 1350 元;彩色插页 1200 元/版;黑白插页 450 元/版;内文黑白半版为 260 元。机不可失,望欲刊登广告的单位尽快与《工程塑料应用》杂志社联系。