

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2015.02.018

基于压电动态成型的厚壁塑件注射模结构设计

沈洪雷,江昌勇,栗慧

(常州工学院机电工程学院,江苏常州 213002)

摘要: 为避免厚壁塑件在注射成型中出现内部缩孔、表面凹陷等缺陷,以某塑件为例,根据动态成型的原理设计了一副基于压电动态成型的注射模具。利用压电陶瓷的逆压电效应具有高频、振幅精确可调、振动能量大等特点,将叠堆式压电陶瓷致动器引入到该模具结构中,通过电场控制和弹簧的共同作用驱动振动型芯往复运动,以实现对接腔熔体的充填、保压和冷却过程进行动态控制。同时,结合前期充填模拟分析的结果,优化了该副模具的设计。

关键词: 压电陶瓷;动态成型;厚壁;模具设计

中图分类号: TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2015)02-0074-04

Injection Mould Structure Design of Thick Wall Product Based on Piezoelectric Dynamic Molding

Shen Honglei, Jiang Changyong, Li Hui

(School of Mechanical and Electrical Engineering, Changzhou Institute of Technology, Changzhou 213002, China)

Abstract : To avoid the defects such as inner shrinkage and surface depression of the thick wall products molded by injection molding, with a thick wall part as an example, the injection mold based on the piezoelectric dynamic molding was designed according to the principle of dynamic molding. Because of the inverse piezoelectric effect, the piezoelectric ceramic has a series of advantages such as high frequency, adjustable amplitude, large vibration energy, etc. Using the characteristics mentioned above, the piezoelectric stack was introduced into the mould structure, controlled by electric field, combination of the spring, the core is driven with reciprocating movement, so as to achieve the dynamic control in melt filling, packing and cooling. At the same time, with the results of the early filling simulation, the mold design was optimized.

Keywords : piezoelectric ceramic ; dynamic molding ; thick wall ; mold design

普通注射工艺成型厚壁塑件过程中,容易因物料补缩不足或内部冷却不均等原因而导致塑件内部出现缩孔或表面凹陷等缺陷。已有研究结果^[1-2]证明,动态成型工艺可以消除塑件中如缩孔、裂纹、表面凹陷等的常见缺陷,也可提高熔接线强度和塑件的物理力学性能。官青等^[3]应用动态保压注射成型技术原理及设备成功地制备了表面无凹陷,内部无缩孔,尺寸偏差小的高密度聚乙烯厚壁长条样件。因此,动态注射成型成为生产精密厚壁塑件的一种重要技术和方法。

在目前动态注塑加工中,施加振动的方式有机械振动、超声波振动和气体振动等几种。其中超声波振动主要通过电磁装置产生,虽然频率高,但振动能量太小,多适用于微注射成型;气动振动也因其控制精度等原因而使其适用范围有所限制;机械振动由于其控制方便、形式多样而成为研究振动注射成型的常用方式,但机械振动普遍表现为振动的频率较低、振幅较大^[4]。

笔者涉及的压电陶瓷致动器具有位移分辨率高、频响高、承载力大、控制简单、没有发热、不易受外界电磁场干扰等优点,被广泛应用于精密位移驱动装置中^[5]。笔者以美国 Enviro Tech 模塑制品公司生产的某厚壁塑件为例,利用压电陶瓷的逆压电效应,将叠堆式压电陶瓷致动器引入到模具结构设计中,实现对成型过程的动态控制,以尝试消除复杂厚壁塑件的缩孔和凹陷等缺陷,提高塑件的整体质量。

1 注射模具总体方案

图1是某厚壁塑件结构图。外形尺寸为220 mm×204 mm×102 mm,最小壁厚为5 mm,最大壁厚为26 mm,材料选择 Targor 公司生产牌号为 PPU 1752 S1 的聚丙烯,要求内部无明显缩孔,表面无明显缩痕。采用普通注射工艺成型,由于先前模拟分析会不可避免产生局部缩孔或凹陷等缺陷,

联系人: 沈洪雷,硕士,副教授,主要从事机械/模具 CAD/CAE

收稿日期: 2014-11-16

因此,在本模具设计中引入了振动机构,以实现动态控制来消除上述缺陷。本塑件模具结构示意图如图2所示。下面分别对其浇注系统、侧抽机构、推出机构和振动控制机构的设计作简要的介绍。

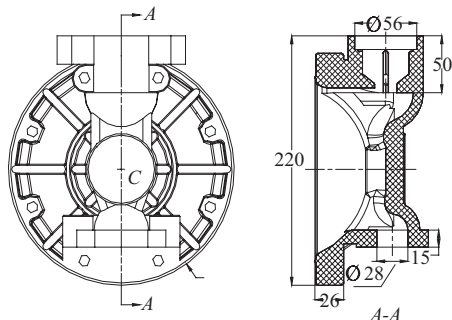
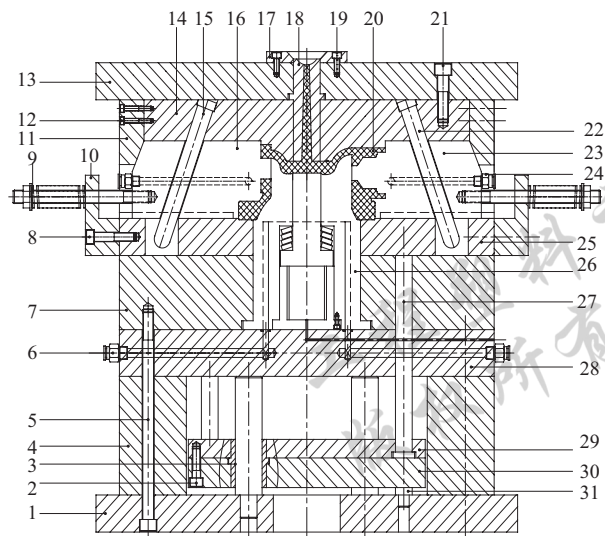


图1 某厚壁塑件结构图



1—动模底板; 2,5,8,12,19,21—内六角螺栓; 3—推出导柱导套;
4—垫块; 6,24—水嘴; 7—动模固定板; 9—定位装置(包括螺栓、垫圈、弹簧); 10—挡板; 11—锁紧楔; 13—定模底板; 14—定模板; 15, 22—斜导柱; 16,23—斜滑块; 17—定位圈; 18—主流道衬套; 20—塑件; 25—推件板; 26—型芯体; 27—推杆; 28—动模垫板; 29—推出固定板; 30—推出垫板; 31—限位钉

图2 模具结构示意图

1.1 浇注系统设计

由先前普通注射成型工艺参数优化结果可知:保压时间的延长对厚壁件内部缩孔、表面凹陷的消除作用最明显。而保压时间由浇口冻结时间所决定,所以可以通过适当加大浇口尺寸以延长保压补缩作用的时间,从而减小体积收缩。结合本制件结构特点和要求,模具采用一模一腔的形式,在图1C处设置直接浇口进浇,小端尺寸与注塑机喷嘴直径相匹配,大端直径可以适当放大,这里主流道衬套18的大、小端直径分别设为 $\varnothing 16$ mm和 $\varnothing 8$ mm。

1.2 侧抽芯和推出机构设计

按照厚壁件脱模力公式(1)^[6]对两个侧抽型芯和型芯体的脱模力 F_d 进行大致估算,为合理设计侧抽和推出机构提供理论依据。

$$F_d = \frac{2\pi \cdot r_m (k_m^2 - 1) E \cdot \varepsilon \cdot l}{[(1 - \mu) + (1 + \mu) k_m^2]} \cdot \frac{f - \tan \alpha}{1 + f \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha} + 10A \quad (1)$$

式中: r_m ——型芯平均半径;

k_m ——即塑件平均外壁曲率半径与型芯曲率半径之比;

E ——塑料弹性模量,取1340 MPa;

ε ——塑料平均收缩率,取1.17%;

l ——型芯长度;

μ ——塑料泊松比,取0.392;

f ——塑料与模具钢之间摩擦系数,取0.35;

α ——平均脱模斜度,侧抽型芯取 1° ,型芯体取 10° ;

A ——垂直于抽芯方向型芯的投影面积, cm^2 。

将塑件的相应尺寸值代入式(1),即可得到两个侧抽芯的脱模力分别为: $F_{d1}=3800.6$ N; $F_{d2}=9956.8$ N;型芯体上的脱模力 $F_{d3}=14626$ N。依此结果进行以下相关设计。

侧抽芯机构主要包括驱动元件、滑块与导滑、锁紧与限位机构。

(1) 驱动元件:塑件两侧孔直径分别为 $\varnothing 28$ mm和 $\varnothing 56$ mm,对应侧抽芯由上述计算所需抽拔力分别为3800.6 N和9956.8 N,而所需抽拔距分别为20 mm和55 mm,由此可见,抽拔力和抽拔距均不太大,两侧斜滑块采用单根斜导柱15,22驱动的结构,通过计算结合斜滑块的宽度、高度和模具的紧凑性,斜导柱的斜角取 20° ,直径取 $\varnothing 25$ mm。

(2) 滑块与导滑:考虑到塑件的冷却效果,方便开设冷却管道,斜滑块16,23采用整体式的设计,导滑结构采用T型台阶形式,对应导滑槽开设在推件板25上,也为T型结构。

(3) 锁紧与限位机构:由图2可见,两个斜面角度为 23° 的锁紧楔11通过内六角螺栓12分别固定在定模板14两侧面,在合模状态对两斜滑块起到锁紧作用;限位机构由定位装置9和挡板10通过内六角螺栓8固定在推件板25两侧面,在开模至斜导柱脱离斜滑块孔的瞬间,将斜滑块定位在挡板10处,保证合模时斜导柱能准确导入斜导柱孔以顺利完成斜滑块的复位。

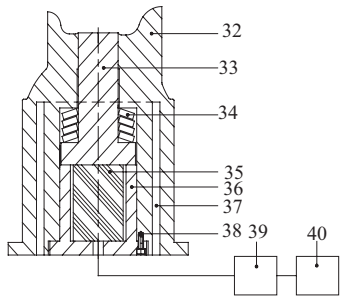
对于推出机构,由于本塑件底表面作为与其它

零件装配的配合面,有一定平整度的要求;同时经上述计算型芯体的脱模力较大(14 626 N)。为保证塑件平稳顺利脱模,本模具采用推件板 25 的形式卸料,上述两斜滑块的 T 型导滑槽也均开设在该推件板的相应位置。

1.3 振动控制机构设计

振动控制机构是本模具的主要设计内容,这里采用压电陶瓷致动器作为振动的动力源。压电陶瓷具有逆压电效应,即在压电陶瓷的两个相对表面施加电场后会发生形变,从而可推动相接触的零件产生微量位移,但单片的压电陶瓷变形产生的位移非常小,因而可以根据需要将多片压电陶瓷采用一定的工艺将它们粘结在一起制成叠堆式压电陶瓷致动器;同时可以采用相应功率的压电陶瓷驱动电源,驱动压电陶瓷致动器^[5,7-8]使其获得所需的行程和推力。

设计的振动控制机构示意图如图 3 所示。主型芯 32 固定在动模固定板 7 中,振动型芯 33 与主型芯 32 之间滑动配合;弹簧 34 套于振动型芯 33 上,置于主型芯 32 底部圆孔内,压着振动型芯 33 下端台阶紧紧贴着垫圈 36 的上端面;压电陶瓷致动器 35 已完成叠堆粘结并封装,置于垫圈 36 内部圆孔内,通过引线与驱动电源 39、控制器 40 相连接;垫圈 36 通过螺栓 38 固定于主型芯 32 的底端台阶孔内。



32—主型芯; 33—振动型芯; 34—弹簧; 35—压电陶瓷致动器;
36—垫圈; 37—水槽; 38—螺栓; 39—驱动电源; 40—控制器

图 3 型芯体结构及其控制示意图

图 3 中的压电陶瓷控制系统,可以通过控制器 40 编制驱动程序,驱动程序通过驱动电源 39 驱动压电陶瓷致动器 35 按照设定的频率和振幅产生轴向振动。驱动程序中有参数化的驱动频率、施加电压、驱动波形等,可以根据不同的要求进行调整。

2 工艺过程

当物料经注塑机料筒和螺杆塑化后填充进入模腔时,控制器 40 即根据设定的振幅和频率将信号

输送给驱动电源 39,驱动电源即可驱动压电陶瓷致动器 35 周期性产生变形,和弹簧 34 共同作用,推动振动型芯 33 实现轴向往复振动,这个振动可以持续到后面的保压和冷却过程。当腔中料温降到一定程度后,即可解除振动。当塑件冷却到热变形温度以下时即可打开模具,分模过程中,斜导柱 15、22 分别带动各自的斜滑块完成侧抽动作,斜导柱抽离斜滑块孔时,斜滑块分别由该侧的限位机构定位。分型结束后,注塑机的推出元件向前推动推出固定板 29 和推出垫板 30,从而带动推杆 27、推件板 25 将塑件从主型芯 32 上脱卸下来。接着合模复位,进行下一周期的成型。工艺流程如图 4 所示。

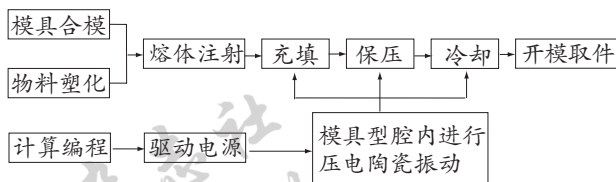


图 4 工艺流程示意图

3 结语

成型厚壁塑件过程中,由于塑料的热阻较大,塑件中心处的温度较高,冷却缓慢,收缩较大,且与表层的温度差异较大,造成厚度方向的收缩不均^[9]。当塑件表层强度不足以克服塑件心部物料的收缩力时,会在塑件表面形成缩痕或凹陷;而当塑件表层冷却固化到一定厚度具备足够强度,塑件心部物料收缩力无法拉动表层料时,会在塑件内部形成缩孔。因此,要获得无内外缺陷、高质量的厚壁注塑件,一方面通过增加保压补缩量以克服熔体收缩而产生的缺料现象;另一方面通过加快并平衡塑件内外冷却速率,以减小塑件整体收缩,避免因收缩不均产生的收缩补偿。

通过上述模具结构的设计,可以对型腔中的熔体实现全程的动态控制。而振动场的存在,对各阶段起到不同的作用。

(1) 在熔体填充阶段,可以增加对熔体的流动剪切,提高分子链的解缠和取向,降低熔体的黏度,改善其流动性。

(2) 保压阶段,高频振动产生大量的耗散热,延长模内熔体和浇口(本模具的振动就在浇口的对应位置)部位熔体的凝固时间,这样可以使厚壁部位在收缩过程中及时并更多的得到补缩。

(3) 冷却阶段,振动场可以加快热量的传输,有利于塑件内外的快速均匀冷却,因而可以最大限度

地避免塑件内部缩孔、疏松和表面凹陷等缺陷的出现,同时有效控制晶粒的生长和取向,并把分子链取向与压力诱导结晶固定下来获得晶体结构完善、综合力学性能高的制品^[12]。

振动属性会随着与振动源距离的增大而逐渐衰减,而将振动源直接引入模具,可以更好地发挥对模腔中熔体动态控制的效果。该设计为实现动态成型厚壁塑件提供一种新的思路和有益尝试。

参考文献

- [1] Wang Zhongwu, Hu Juan, An Fangzheng, et al. Mechanical properties and morphology of polypropylene / nano-montmorillonite composites prepared by dynamic packing injection molding[J]. Polymer Plastics Technology & Engineering, 2013, 52(12):1 242-1 249.
- [2] Cao Wen, Wang Ke, Zhang Qin, et al. The hierarchy structure and orientation of high density polyethylene obtained via dynamic packing injection molding[J]. Polymer, 2006, 47(19):6 857-6 867.
- [3] 官青,申开智,吉继亮. 动态保压注射成型技术研究[J]. 成都科技大学学报, 1995, 86(5):20-25.
Guan Qing, Shen Kaizhi, Ji Jiliang. The study of oscillating packing injection molding[J]. Journal of Chengdu University of Science and Technology, 1995, 86(5):20-25.
- [4] 孟兵,孙建丽,刘志学. 新型注射成型技术及其特点[J]. 成都航空职业技术学院学报, 2013, 29(1):42-44.
Meng Bing, Sun Jianli, Liu Zhixue. Technologies and features of new injection molding[J]. Journal of Chengdu Aeronautic Polytechnic, 2013, 29(1):42-44.
- [5] 李江龙. 压电陶瓷驱动电源及其控制系统的研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2012.
Li Jianglong. Research of piezoelectric ceramics power and control system[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2012.
- [6] 申开智. 塑料成型模具[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2002.
Shen Kaizhi. Plastic Molding Mold[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2002.
- [7] 常州工学院. 压电动态塑化成型装置及其注塑方法: 中国, 102310517B[P]. 2014-04-09.
Changzhou Institute of Technology. The equipment and injection molding method of piezoelectric dynamic plasticizing molding: CN, 102310517B[P]. 2014-04-09.
- [8] 赵碧杉,尹达一,曾攀,等. 高精度大功率压电陶瓷驱动关键技术[J]. 压电与声光, 2013, 35(6):853-857.
Zhao Bishan, Yin Dayi, Zeng Pan, et al. Key technology of high-precision and high-power piezoelectric ceramic drive[J]. Piezoelectrics & Acoustooptics, 2013, 35(6):853-857.
- [9] Wang Xiaoxin, Zhao Guoqun, Wang Guilong. Research on the reduction of sink mark and warpage of the molded part in rapid heat cycle molding process[J]. Materials & Design, 2013, 47:779-792.

Plasti Comp 长纤维增强尼龙复合材料 提高表面性能

长纤维热塑性塑料(LFT)制造商 Plasti Comp 通过 Velocity 高流动性长纤维增强尼龙复合材料展示其美学能力的提升。该系列产品简化了高纤维含量 LFT 零部件的注射成型过程,可以更简单地生产出平滑无纤维的外表面。

Plasti Comp 开发 Velocity 系列高流动性尼龙(PA)6 和 PA66 / 玻璃纤维复合材料,是为了使玻璃纤维或碳纤维含量较高的材料的成型变得更加简单快捷。标准型 LFT 材料的纤维质量分数为 50% 或以上,具备高黏度特性,在成型时易出现问题,尤其是在薄壁领域。

Plasti Comp 业务开发经理说道,提高流动性原本只是 Velocity 长纤维产品的一个附带利益,但却成为了一个非常重要的需求特性, LFT 在不断发展,随着这类材料在工业性产品、内部结构元素乃至消费性产品和暴露外壳中应用的加大,这些产品的外观和表面已经成为一项更加重要的选择标准。

对于标准型高纤维含量材料,为了获得富树脂层厚度,需要较高的成型温度,进而导致生产周期较长,运营成本增加。使用 Plasti Comp 的 Velocity 长纤维级材料时,在较低加工温度下,就能形成无纤维表面。触感光滑、富树脂层厚度的表面使色彩更具活力,且能处理更好的轧花细节——在

消费者中想要建立高端产品质量的认知,这些视觉特征非常重要。

Velocity LFT 产品优越的表面光洁度在实质上去除了任何二次喷涂操作的需要,通过抛光模具可能实现接近 A 级的表面,将这些美学优势与 Velocity 生产薄壁产品的能力相结合,可以采用更少的材料完成更复杂的设计。Plasti Comp 的长纤维增强材料已准备好服务于新一代应用。

(中塑在线)

齐鲁石化塑料厂推出 11 个优化项目

新年伊始,齐鲁石化塑料厂注重围绕经济效益做好优化工作,推出了包括“增产增效”、“优化产品结构”、“新产品开发优化”等 11 个公司级优化项目,更好开动“优化大船”应对市场挑战。

2014 年塑料厂完成产品产量 91 万 t, 创出历史最高纪录,新一年该厂继续将“高产创效”作为重点的优化项目,制订了更高远目标,计划实现产量 93.8 万 t。依据市场形势及时优化产品结构增效是该厂优化创效“重头戏”,2015 年该厂将加大抗冲共聚、耐热聚乙烯管材料等新产品和专用料的生产力度,这些产品附加值高、市场热销,可更好地创效益。目前该厂正加紧研讨制定 11 个优化项目的具体落实措施,据悉包括节能降耗、优化三剂使用等,确保每个项目“落地开花、个个收效”。

(慧聪塑料网)