

薄壳注射成型技术

韩 健 陈静波 申长雨

(郑州大学橡塑模具国家工程研究中心, 郑州 450002)

摘要 介绍塑料薄壳注射成型技术的特点, 通过与常规注射成型技术的对比, 将薄壳注射成型对设备、模具、塑料及成型工艺条件的要求进行了重点阐述, 并分析了薄壳注射成型中的常见问题和相应对策。

关键词 塑料 薄壳 注射成型 CAE 分析

薄壳注射成型是在常规注射成型基础上发展起来的成型技术。随着消费产品市场对塑料薄壳制件的需求越来越多, 尤其是成长迅速的信息电子及通讯产业, 其产品不断向小型化、精密化、轻量化发展, 薄壳注射成型技术得到了越来越广泛的应用。通过减少塑料制件壁厚, 薄壳制件可以减轻件重、节省塑料、缩短制件成型周期、降低成本等; 通过减小制件自身尺寸, 也利于安装功率更大的电子装置^[1,2]。

为满足日益增长的产品小型化趋势, 如何应用薄壳注射成型技术生产高性能的塑料薄壳制件变得非常重要。目前, 国内有关薄壳注射成型的系统研究较少, 为了加快薄壳产品的开发, 有关薄壳成型的注塑设备、模具设计、产品设计、成型特点、CAE 分析等应被系统地了解和研究。因此, 薄壳注射成型技术受到了越来越多的制造商的关注和重视, 也成为当前塑料成型加工领域中新的研究热点之一。

1 薄壳注射成型技术简介

薄壳注射通常用来成型壁厚在 1 mm 以下的塑料制件, 薄壳的概念是相对的, 注射流长厚度比大于 100 : 1 甚至 150 : 1 的制件也可以称为薄壳制件^[3]。相对常规注射成型来说, 成型薄壳制件需要更快的注射速率, 更高的注塑压力。典型的薄壳制件包括手机外壳、笔记本电脑外壳等。薄壳注射在成型上有以下优点^[4]。

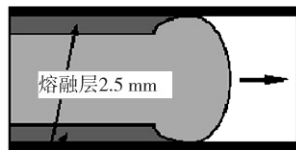
(1) 因快速充填型腔, 所以可应用于流动长度较长而壁厚较薄的制件, 达到快速成型的目的。

(2) 由于熔体流动均匀, 所以可降低制件肋部和流动末端处的不均匀收缩, 提高制件的精密度。

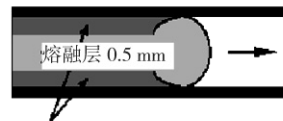
(3) 可缩短循环时间。当制件较薄时, 所需冷却时间大大减少, 从而缩短整个注射成型周期。

相对常规注射成型来说, 由于制件壁厚变薄, 薄壳注射成型过程变得更为复杂, 成型难度加大。在薄壳注射成型中, 最重要的影响因素是充填时间^[5]。

当壁厚变薄时, 使塑料熔体达到较长的流动距离变得更为困难。如图 1 所示, 薄壳充填时熔融层与冷凝层相对厚度之比更小, 常规注塑制件冷凝层与熔融层厚度之比小于 10%, 而厚度为 1 mm 的薄壳制件, 冷凝层可以是 0.25 mm 厚。由于在型腔中塑料熔体更少, 散热更快, 流道关闭得更快, 导致塑料熔体易“冻结”。因此, 为了使塑料熔体顺利充满型腔, 薄壳注射相对常规注射应该使用更少的充填时间。例如对于手机外壳来说, 标准的充填时间小于 0.5 s。



冷凝层 0.25 mm
(a)



冷凝层 0.25 mm
(b)

a—常规注塑制件(厚 3 mm); b—薄壳注塑制件(厚 1 mm)

图 1 薄壳注射与常规注射充填过程

薄壳注射成型制件的流长壁厚比较大, 所需注塑压力较高。由于注塑压力与塑料熔体的流动长度具有正比关系, 为了增加流动长度则需要适当增加入口处的压力, 以产生相同的压力梯度来保持熔体的充填速度。但是薄壳注射和常规注射一样, 其可成型性受多个工艺条件相互制约的影响, 在调整成型工艺参数时需注意以下问题。

(1) 一般认为单独提高注塑压力可使充填完全, 但实际上更短的充填时间是更为关键的因素, 单独提高压力并不能保证优化的工艺, 还易导致制件

内产生较大的内应力, 造成不一致的收缩及翘曲^[5]。

(2) 为使塑料熔体更容易充填, 通常会提高塑料熔体温度、料筒温度来降低熔体粘度, 增加熔体流动性, 然而, 提高温度往往会导致制件抗撞击性等性能下降。

为了避免过高的充填压力, 通常推荐在合理范围内适当提高塑料熔体温度、料筒温度来降低熔体粘度, 使充填更容易。表 1 为常规注射与薄壳注射工艺比较。表 2 为不同壁厚制件的实际工艺参数比较。

表 1 常规注射与薄壳注射工艺比较

项 目	常规注射成型	薄壳注射成型
流长壁厚比	< 100 : 1	> 100 : 1
充填时间 / s	> 1	0.2 ~ 0.5
注塑压力 / MPa	30 ~ 100	> 150
成型周期 / s	> 30	< 20

表 2 不同壁厚制件工艺参数比较

项 目	笔记本电脑外壳	手机外壳
壁厚 / mm	1 ~ 2	0.5 ~ 1.5
冷却时间 / s	1.5 ~ 3	0.1 ~ 1.5
流长壁厚比	100 ~ 120 : 1	120 ~ 140 : 1
注塑压力 / MPa	100 ~ 140	140 ~ 200

总之, 薄壳注射在成型的各个环节上都发生了很大变化, 常规的注射成型方法已不能满足薄壳成型的需要。薄壳制件要求改变成型工艺, 需要更高的注塑压力、更快的注射速率、更短的冷却时间, 以及改变制件的顶出和浇口排列等。而成型工艺的改变同时促进了设备、模具和制件设计的发展, 相应也对设备、模具、制件设计、塑料选择提出了更高的要求。

2 薄壳注射成型技术要求

2.1 对设备的要求

薄壳注射成型一般需要专用的薄壳注塑机或高速注塑机。常规注塑机的注射速率在 300 mm/s 以下, 而成型薄壳塑料制件时注射速率一般在 600 ~ 800 mm/s 或更快。典型薄壳注塑制件的流长壁厚比为 100 : 1 ~ 150 : 1 或者更大, 要达到这么高的比值而不增加浇口的数目, 就必须采用较快的注射速率和较高的注塑压力。

因此, 薄壳注塑机和常规注塑机的最主要不同点在于机台一般附加了蓄压器和反应快速的油压阀。使用蓄压器可提供所需注射速率要求, 搭配控制射出动作的伺服油压阀或比例阀, 可达到 800

mm/s 的注射速率, 在极短的时间内高速注射以充填型腔, 并提供足够的注塑压力, 使得瞬间充填时可以使塑料熔体保持流动和温度的一致。

对于薄壳注塑机的选择, 需要考虑的因素还包括: 具有高的塑化能力、良好的塑化效果、低的注射量、较小的螺杆直径及具备较高锁模力的锁模机构等。这对于提供较高的注塑压力、缩短熔体驻留时间和防止制件出现飞边是有利的。

薄壳注射成型时注塑压力超过 210 MPa 是很常见的, 为了能经受住如此高压, 锁模压力必须在 80 ~ 100 MPa(投影面积) 或更高。另外, 当壁厚减薄, 注塑压力增加时, 使用大型模板有助于减少弯曲。注塑机要求其拉杆厚度对模板厚度的比为 2 : 1 或更低。另外, 薄壳制件总成型周期的缩短有可能将最小注射量减少到料筒容量的 20% ~ 30%。建议注射量为料筒容量的 40% ~ 70%。

2.2 对模具设计的要求

薄壳注塑制件所需模具必须具备极好的排气性, 良好的刚度、强度和定位精度, 需考虑改变模具用钢材。P20 钢被广泛用于制作常规制件的模具, 但由于薄壳注射成型的压力更高, 模具必须制造得十分坚固。采用 H - 13 钢和其它硬质钢制作模具增加了额外的安全系数, 可使用较重的模板和模柱。模具的联锁装置有时应合并模具上, 以防出现弯曲、不对中或模具产生位移等问题。使用可伸缩至型腔的型芯有助于减少型芯位移和损坏。当然, 坚固模具的成本可能比标准模具高 30% ~ 40%。但增加的成本通常会被提高的生产效率所抵消。

成型薄壳制件时模具浇注系统经常采用热流道技术, 热流道能使塑料熔体经过较长的流动路径后还能在浇口处提供较高的注塑压力, 有效地减小了压力降又避免了熔接痕, 降低了成型压力。总之, 薄壳成型模具从模具结构、浇注系统、冷却系统、排气系统、脱模系统都发生了较大变化, 成本也相应增加。

2.3 对制件设计的要求

薄壳制件的设计受到成型局限及塑料选择的影响, 要求制件要有良好的外观质量、高的冲击强度和尺寸稳定性。薄壳制件最好能设计成一致的厚度, 这样可以有较低的体积收缩差异。设计过程要重点考虑制件的刚性, 随着制件厚度的减薄, 特别是厚度接近 1 mm 甚至更薄时, 制件的刚度要求呈非线性迅速提高。刚度的提高一般通过制件几何形状设

计,如增设加强筋、中空截面等结构,并结合塑料选择和装配技术来实现。

提高薄壳制件的冲击强度可有两种方法,一是在外壳设计上考虑,把外壳设计成能通过变形来吸收冲击力的形状。二是将冲击负荷转移到元件内部结构上,采用此方法时应考虑消除或避免应力集中点。另外由于较高的充填压力并且为了使制件收缩最小化,薄壳制件肋壁厚比可以从常规的 1.2 降到 1.1,这样可以同时改善制件脱模。设计时还可将若干个零件装配成一个较大的元件,相对于单个零件而言,整个元件的刚性就会提高。

2.4 对塑料选择的要求

薄壳成型所需塑料流动性要好,要具有大的流动长度、高的冲击强度、高的热变形温度及良好的尺寸稳定性。使用玻璃纤维增强塑料可以弥补由于壁厚变薄而降低的刚性,与非增强塑料比较,玻璃纤维增强塑料的弹性模量是其 2~6 倍。使用玻璃纤维增强塑料对于良好的制件外观是个挑战,可通过对工艺参数和制件设计进行调整,如加快注射速率、提高模具温度、加深表面纹理等方法来改善外观。塑料选择是一个排除的过程,可先定义重要的应用需求,再将这些需求转换为物理、力学性能以选择合适的塑料。

3 薄壳注射成型的常见问题

薄壳注射成型相对常规注射成型虽然有很多优点,但由于成型过程较为复杂,成型难度加大,成型工艺窗口也相对狭窄。一些工艺参数如模温、充填时间、注射/保压切换点等变得更为重要,若工艺条件选取不佳或模具、制件设计不良,容易产生以下问题^[3]。

(1) 充填不足和过度充填。主要是由于注射/保压切换点的设定不准确造成充填不足或过度充填,而过度充填易产生飞边并且残余应力增大。

(2) 塑料变质。高的塑料熔体温度、快的注射速率和高压下塑料容易劣化变质,此外背压高、料筒内停留时间长,塑料也容易变质。

(3) 制件烧焦、顶穿。模具内排气不良易造成塑料烧焦现象,制件较薄时顶出机构的设计应合理,否则容易顶穿或制件变形。

(4) 制件粘模、溢料。高压和高的温度易使浇口和流道卡住、制件粘模,锁模力不足时容易产生溢料。

(5) 排气问题。由于用高速注射,气体只能在

更短的时间内跑出型腔,容易造成模具排气不畅,热气体的聚集还使充填变得困难。解决的方法是在流动前沿汇聚和产生气穴的地方增加排气孔,排气孔尺寸并不需要大,但需要数目多并合理设置。采用真空排气^[6]也是顺利实现高速注射的可行办法。其它还有冷却排气和顶杆排气等方式。

此外,薄壳注射成型的浇注系统对成型也很重要,塑料的成型工艺窗口很大程度依赖于浇口类型、位置和尺寸。增加浇口可以减少对塑料流动长度的要求,但这样可能产生熔接痕等外观问题,可通过增加纹理来掩盖熔接痕。当制件壁厚小于 1 mm 时,要使用大浇口,流道设计也要比传统的大 25%~40%。尽可能减小压力降以保证有足够压力使塑料熔体充填较薄型腔。另外,顶出杆设置应避免薄壳被顶穿而破坏制件,顶杆直径或者与制件的接触面积应尽可能大,顶杆数目尽可能多,且应均匀布置。

薄壳注射成型的工艺窗口比常规注射成型更窄,合理的注塑压力、温度等工艺参数设置对于得到良好的制件质量有着重要意义。薄壳注射成型容易遭遇到的问题和产生的缺陷,若在产品设计和模具设计、成型工艺参数设置时能预先评估并提出相关对策,则成型成功的机率也较高,如等产生问题再去找解决办法就会更困难。因此,应用塑料模具计算机辅助工程软件(CAE)模拟成型过程、预测成型缺陷,并优化工艺参数是缩短设计周期、提高成型制件质量的一个有效途径。这里需要指出的是,常规的注塑 CAE 软件用于薄壳注射成型时由于未考虑高压下粘度受压力的影响等因素^[7],在模拟精确性上还需进一步验证,相关的研究工作和应用还需要进一步开展。

4 结语

薄壳注射成型技术的新颖性和高技术含量,在国内的电脑、光电、通信等产业已逐步得到重视和应用。目前,薄壳注射成型技术已能使注射成型生产周期缩减 50%,节约塑料 60%。薄壳化已是塑料制件生产的一大趋势,需大力加快相关技术的研究开发与应用,为我国塑料加工企业增加市场竞争力开创新局面。

参考文献

- 1 Cha S, Tseng H H, Lai F S. Analytical study of thin-wall molding in injection molding process. ANTEC '95, SPE Conference, Boston, 1995. 765
- 2 Chen Shichung, Peng Hsinshu, Huang Leiti, et al. Investigations of the tensile properties on polycarbonate thin-wall injection molded

- parts. Journal of Reinforced Plastics and Composites, 2003, 22(5) : 479
- 3 Xu Guojun. Study of thin-wall molding: [D]. Columbus: The Ohio State University, 2004
- 4 钟明修. ABS 薄壳射出成型件缝合线之探讨: [学位论文]. 中坜: 台湾私立中原大学, 2001
- 5 Cosma Larry. Thin wall processing of engineering resins: Issues and

- answers. Proceedings of the Conference on Plastics for Portable and Wireless Electronics, Phoenix, 1996. 108
- 6 吴世见, 陈利民, 申开智. 塑料与金属薄壳注射成型新技术. 中国塑料, 2001, 15(9) : 7
- 7 Maloney R P, Poslinski A J. Viscosity pressure dependence and material degradation effects on thin wall mold filling simulation. ANTEC '98, SPE Conference, Atlanta, 1998. 542

THIN-WALL INJECTION MOLDING TECHNOLOGY

Han Jian, Chen Jingbo, Shen Changyu

(National Engineering Research Center of Advanced Polymer Processing Technology, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China)

ABSTRACT The characteristics of thin-wall injection molding are presented. The requirements of machine, mold, plastics and process condition for thin-wall injection molding are expounded emphatically by comparing with those for conventional injection molding. Common processing problem and countermeasure for thin-wall molding are analyzed.

KEYWORDS plastics, thin-wall, injection molding, CAE analysis

环保型水性环氧浆料研制成功

前不久,中科院广州化学研究所研制成功一种水溶性环氧树脂类灌浆材料,这种产品作为环保型灌浆材料,其前景令业内人士看好。

据介绍,该单位采用环氧树脂和衣康酸进行酯化反应的方法,合成了一种分子链两端为活泼不饱和双键的水溶性环氧树脂,进而制备成一种新型水性环氧树脂灌浆材料。中国环氧树脂行业协会专家介绍,水溶性环氧灌浆材料的配制使用亚甲基双丙烯酰胺(交联剂)、过硫酸铵(引发剂)、乙醇胺(促进剂)、铁氰化钾(缓凝剂)、水(溶剂)、苄基三乙基氯化铵(催化剂)、对苯二酚(阻聚剂)、环己酮和正丁醇(助溶剂)作为助剂,在最优条件下合成。该产品具有很好的水溶性和水分散稳定性。

该产品以水为溶剂,制备浆料的各种原料(除去交联剂)大都属于微毒或低毒物质,具有环氧树脂、水性树脂和不饱和树脂的优异性能,可用作防渗堵漏材料。与传统的防渗堵漏灌浆材料丙烯酸酯、丙烯酸盐相比,优势明显,具有良好的发展和应用前景。

(王雄伟)

今夏西欧 ABS 和 PC 价格下跌

今年夏季,西欧市场 ABS 价格出现下跌。今年 5 月以来,由于原料供应充足,苯乙烯和苯价格下跌,西欧市场 ABS 的平均价格下跌了 7%。同时,供应商库存充足,也加剧了 ABS 价格的下跌。但 8 月中旬亚洲市场的 ABS 需求开始恢复,造成西欧的 ABS 进口量减少,缓解了价格下跌的局面。8 月底,西欧市场的 ABS 价格开始走稳。

与此同时,由于货源供应充足,而需求疲软,西欧市场聚碳酸酯的价格也微跌了 1%~2%。

(孟晶)

日本研发尼龙纳米复合材料新技术

日本宇部兴产(UBE)公司与丰田汽车公司合作,不久前研发出尼龙纳米复合材料新技术。UBE 是日本最早的尼龙纳米复合材料生产商。

该技术使纳米级无机化合物(蒙脱土)分散在尼龙树脂中,其生产的尼龙纳米复合材料具有如下优点:少量无机填料能大幅改善材料的力学性能,并适用于各种制品;对氧及水气的阻隔性比尼龙强 1 倍;对汽车燃油具有高阻隔性,可作为燃油管的阻隔层。UBE 公司现已开始生产 2 个尼龙纳米复合材料新牌号:1015C₁ 和 1015C₂。

(伟家)

通用汽车推出 PPO 合金新材料

美国通用汽车高新材料公司最近开发出软系列 PPO 合金材料 Flexible Noryl,通用的另一家电子子公司用其生产出超薄电线电缆绝缘涂层,质量减轻 25%,并缩小了占用空间。

据通用汽车介绍,目前的汽车电线涂层材料中 PVC 约占 60%。Flexible Noryl 的性能优于 PVC 和交联 PE,可以回收,无卤,能长期承受温度上限 110℃,预计进一步改进后耐热温度可提高至 125℃,而 PVC 仅为 85℃。用 Flexible Noryl 制备的 0.2 mm 电缆绝缘涂层厚度小于现有标准交联 PE 涂层(0.4 mm),而且其优异的耐化学性、耐磨性也超过交联 PE。另外,该新材料的相对密度比 PVC 和交联 PE 都低,耐热老化性能达到 A 级和 B 级电线的要求,价格上也能与交联 PE 竞争。

(唐广)

道恩成功开发出 MPPO 及增强 MPPO

山东道恩集团所属工程塑料研究中心不久前研制出 HIPS 改性的 MPPO(聚苯醚与苯乙烯聚合物合成的塑料合金)及增强 MPPO,性能达到或超过同类进口产品,解决了熔体流动性差、加工成型困难等技术难题。其 20% 玻纤增强 MPPO 目前已送客户试用,下一步将进行 PPO/PA、PPO/ABS 等的开发。

MPPO 的物理、力学及阻燃性能优异,相对密度低,尺寸稳定,在打印机、复印机、传真机、商用电脑等的壳体材料中大量使用。今后,随着 MPPO 应用技术的发展和社会环保意识的增强,其市场发展前景将更加广阔。

(张忠辉)