

气体辅助注塑成型技术及其模具 CAE

吴清文

(中国科学院长春光学精密机械研究所 长春 130022)

摘要 全面介绍了气体辅助注塑成型技术的概念、先进性和该项技术的适用范围,对气体辅助成型的设计原理及气体填充方法作了阐述,介绍了气体辅助注塑模具的计算机辅助工程分析。

关键词 气体辅助注射 气阻 气道 计算机辅助工程分析

1 引言

气体辅助注塑成型工艺是从80年代在结构发泡成型工艺基础上发展起来的,是对传统注塑成型技术的更新,在欧洲应用较多,而在我国仅1994年以后在为数不多的几个企业中得到了一点应用,所以本文全面介绍该项技术的情况,旨在促进该项技术在我国推广应用。气体辅助注塑成型使用压缩气体(通常是氮气)以辅助成型过程中填充、保压、冷却^[1]。塑料原料被射入模具内,通常是短射,压缩气体经由压力控制系统直接注射入模腔内的塑化塑料里,将它所占据的空间内原有的原料置换掉并用它完成制品最后阶段的填充从而造成塑料中空,气体压力在冷却阶段依然维持,这个动作的功能,类似保压。气体的排放发生在冷却结束、开模之前。气体辅助注塑成型能够保持产品表面和外形完整无缺。

气体辅助注塑使成型过程增加了产品多样性并允许更大的设计弹性,常见的利益有:^[1-2]

- 解决和消除产品表面缩痕问题,厚壁部分没有缩水痕迹;
- 节省塑胶原料及重量减轻率可高达百分之五十;
- 因为较低的内应力和较少的翘曲使尺寸稳定性较佳;
- 较短的冷却时间可缩短生产制造周期时间;
- 因为注塑通常使用较低的压力并因为通常原料的短射,使锁模力可以大幅度降低,可高达百分之六十,典型的气体射出压力大约介于 17~ 20MPa。
- 因为较低的射出压力使制品内应力较低,从而提高产品的强度和刚度;

- 简化产品繁杂的设计, 简化浇注系统的结构;
 - 降低注射机的耗电量, 降低注塑机和开发模具的投资成本, 降低生产成本;
- 对某些塑胶产品, 模具可采用铝质金属材料;
- 提高注塑机的工作寿命; 降低模腔内的压力, 使模具的损耗减小并提高模具的工作寿命。

命。

2 气体辅助注塑成型技术

2.1 哪些制品适用于气体辅助注塑成型?

气体辅助注塑技术, 可应用于各种塑料产品上, 如电视机或音箱外壳、汽车塑料产品、家具、浴室、厨具、家庭电器和日常用品、各类型塑胶盒和玩具等等, 主要体现为以下几大类:

- 管状制品门把和汽车握把、办公楼和公共建筑的室外门把等管状制品是自然的选择, 因为管状设计使现存的厚截面适于产生气体管道;

- 平板状有筋面板制品因品质的提高很受欢迎, 此外, 这类制品可以大幅度降低锁模力, 如: 大型桌面、机器外壳、有大底座和大投影面积的玩具;

- 局部厚截面产品采用传统注射技术通常会有缩痕和污点, 采用气辅注射技术可以克服这种缺陷。1996 年得奖的克莱斯勒 Minivan 车外门把组件, 采用气体辅助注塑成型使镶边和手把可以一体成型, 其中固定用突柱和手把截面的局部厚壁区可分别存在。

大部分热塑性塑料可以使用气体辅助注射成型技术, 在某些情况下也可以用于热固性塑料。

2.2 气体辅助注射成型的设计原理

气体辅助注塑成型为制品和模具设计提供了很大的弹性, 它允许设计者改善制品的设计, 然而它必需遵循一些基本的设计原理:

- 气体的流动方向必须与熔融塑料的流动方向相同;
- 厚壁区不可以是充填的最后区域, 否则会使得气体因原料尚未射到而无法开始注射;
- 由于气体的流动会找寻阻力最小的路径, 尖锐的转角和激烈的壁厚改变会造成壁厚明显改变, 逐渐的转变和圆角可以得到较平均的壁厚;

- 中空和实心部分的壁厚比例必需足够大, 以确保气体正确地流动于中空通道, 而不会进入邻近的实心区域; 从前筋因成型难度高而尽量除去, 而采用气体辅助成型技术可以再度被自由地用于模具设计, 不再担心厚壁和筋所造成的难看的凹陷。把筋放回设计中, 以允许产生气体通道, 通常它们被制成比传统方案中更大的筋以产生合适的气体通道, 筋的使用通常不会增加制品的重量, 因为在筋之中有大量气体产生的中空;

- 模具的充填过程评估在选择气体注塑点之前, 目前一般使用短射, 以提供原料流动路径和平衡的决定;

- 当设计、使用新的模具时, 建议使用商品化的模具分析软件, 以评估并模拟填充速率和流动路径等。C mold 和 Moldflow 是二个最常见的软件组件商品, 已经用在数个气体辅助注塑成型应用的评估中, 并取得了预期效果。它们除了预测填充速率外, 还将提供有关冷却时间、射出速率、射出压力和所需锁模力等信息, 借此信息可作精确的机器选择和模具设计。

· 慎重考虑制品的壁厚大小, 这对处理平板状有局部厚壁区和筋的面板制品尤为重要。对平板状的面板而言, 建议壁厚以不超过 4 5 至 4mm 为原则。较大的壁厚将使气体穿透到平板状的面板区, 这种现象称为手指效应。这种壁厚区将难以控制气体的穿透和内部的压力。手指效应经常可见, 它将造成令人困扰的现象。

· 气道设计注意事项: 1 使聚合物的理想的最后填充点为气道的终点。这有助于气体以最低压力前进而维持在气道中。如果将注塑点和气体入射点分开, 聚合物的注射点应尽量使最后填充点靠近气道终点。2 气道相对于浇口的位置应是对称或单一方向; 3 气道必须是连续的, 但不应自己形成回路; 4 一般情况下气道体积应小于制品整体体积的 10%。

2.3 气体辅助注塑成型过程

气体辅助注塑系统的原理如图 1 所示。塑料溶体的填充与普通注塑成型过程一样, 由注塑机来完成。使用压缩空气把氮气加压, 然后注入到型腔中, 使塑料形成中空并起到保压作用。

气体辅助注塑成型过程大致分为注塑期、充气期、气体保压期和脱模期四大部分(如图 2 所示):

注塑期——以定量塑化塑料充填入模腔内, 所需塑料份量要通过实验或注塑工程分析找出来, 以保证在充填气体期间, 气体不会把成品表层冲破及能有一理想的充气体积;

充气期——可于注射期中后的不同时间注入气体。气体注入的压力必需大于当时注塑压力, 以使产品形成中空状态;

气体保压期——当成品内部被气体充填后, 气体作用于成品中空部分的压力就成为保压压力, 可大大降低成品的缩水及变形率;

脱模期——随着冷却的完成, 模具内的气体压力降至大气压力, 成品由模腔内顶出。

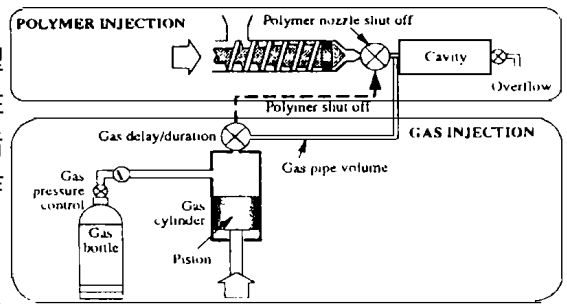


Fig 1 Principle diagram of gas assisted injection molding system

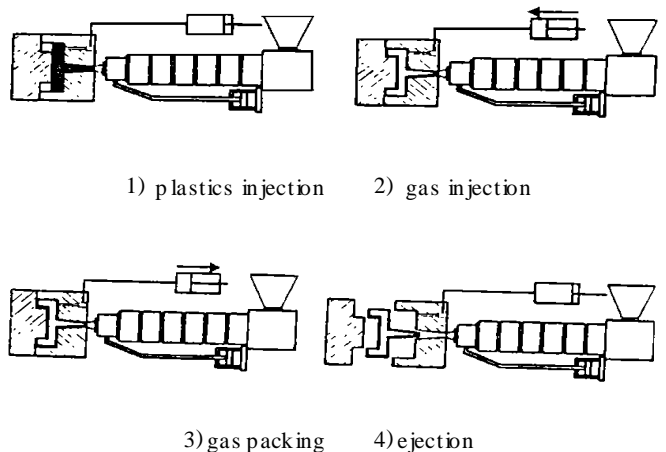


Fig 2 M manufacture cycle of gas assisted injection mold

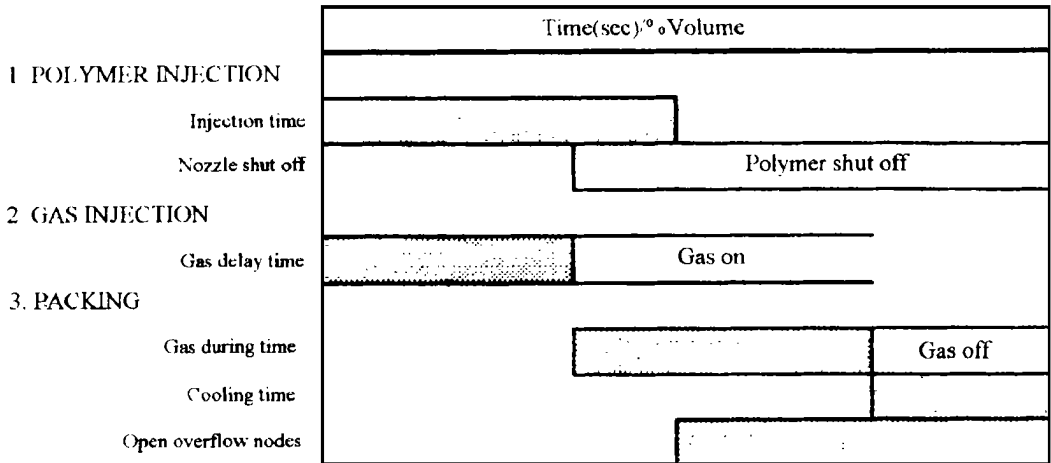


Fig 3 Time series of gas assisted injection mold

气体辅助注塑周期的时序如图 3 所示。停止注塑, 开始充气之前的那段时间为熔融塑料膨胀阶段, 这个时间很重要, 是一个重要的工艺参数, 根据不同情况可设定为零到几秒之间, 并且需要精确控制。^[1]另外不同的压力将带来不同的产品质量。图 4 是典型的气体分段压力控制时序曲线。一般地, 延长常压段时间, 降低流动末端区域的体收缩; 降低卸压速度, 减小浇口区域的体收缩; 先慢后快地分步卸压, 降低中间区域的体收缩。

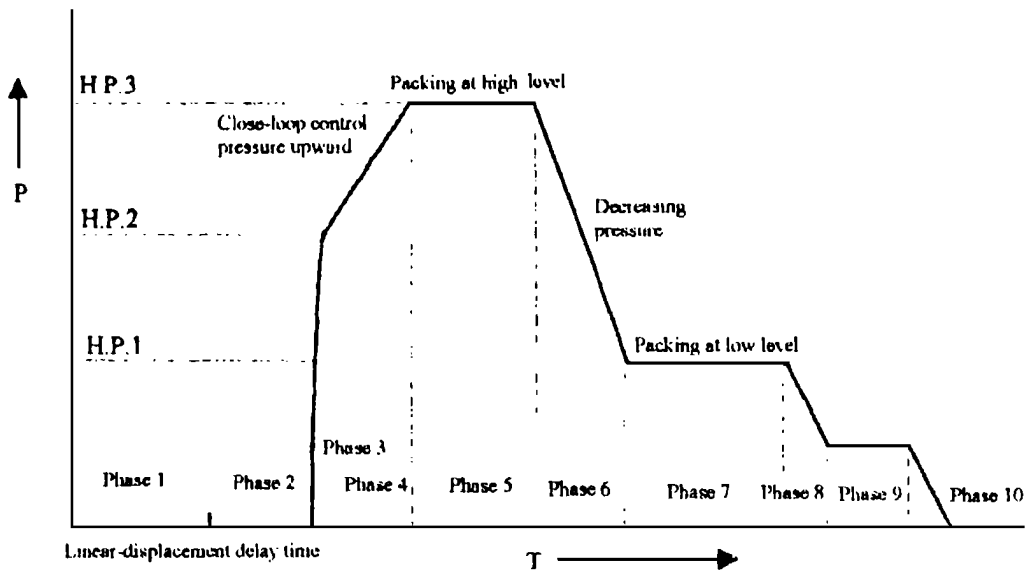


Fig 4 Phased pressure control

2.4 如何使气体进入成型制品?

气体辅助注塑成型有两种气体注射方法: 封闭式气体注射和表面气体成型。前者是把气体直接注入模腔内, 使塑料成品中空的方法, 它无需采用活阀、空心针, 只是通过简单模具加工, 把气辅气咀装在模具中。在制品中不同的部位注入气体, 应选用不同类型的气咀。后者是在模具内塑料产品底面的特别封闭处中注入高压氮气, 令产品表面没有缩痕。这些特别封闭处也可称为加压区, 每一加压区由连接成串的密封件包围, 以防止气体泻漏, 密封件的横切面可以是成方形或三角形的横切面, 也可以是根或连接处。这样, 使成品之刚性会被加强。从产品的横切图可以看出, 每一加压区的塑化塑料也会受到高压气体的排挤, 气体停留在制品表面, 会在加压区留下明显痕迹, 但不会影响产品的表面。当成品塑料缩水率十分高的时候, 当成品内柱状物体背面出现凹痕时, 当流程十分长的时候, 当制品有限制流动的部位时, 可采用表面气体辅助成型方法。电视机外壳、音响器材外壳、办公室及电脑产品、家庭用品、汽车零件、所有使用空心柱、螺丝等组装配件较适用于表面气体成型方法。

用较多的是封闭式注气方法, 根据气咀安放部位的不同, 把气体导入制品中的方法分为二种: 第一种方法是经由喷嘴把气体从主流道系统引导至成型制品内; 第二种方法是使用气针直接把气体导入成型制品内, 通常气针置于模具上将气体直接射入模穴内。目前的气针分为两类: 固定式气针, 它镶在模穴内有如一心梢; 可缩式气针, 它需要液压缸在成型周期中动作。必须注意的是除了少数的例外, 所有制品在气体进入的地方将有一小孔。

- 气体的射出可以和塑料的射出分开, 使气体和塑胶可以射出在最佳位置;
- 气体和塑胶分开控制;
- 气针使多穴模具的设计和制造成为可能, 并使每一模穴使用各自的气针。使各模穴内的气压可以分别作独立的控制, 因而可修正各模穴的轻微差异, 以提供不同的气体压力、配置和时间等, 多个保压程序同时发生使成型过程更具弹性;
- 使用气针, 设计者可以要求放置气体出点, 当气体由喷嘴射出时, 常常需要建立“虚通道”或“流动引导”以便把气体导向制品中需要的区域;
- 固定式气针很容易装入现有的模具;
- 使用气针时, 注塑成型机不需要作射座后退的动作, 由喷嘴射出气体时, 通常需要在开模之前先退射座, 以便释放气压;
- 在有些成型过程中, 控制气体通道的位置是严格的, 这可能是因为强度或平衡上的需要, 使用气针可以让气体直接进入特定区域, 控制气体通道的位置和大小。

3 气体辅助注塑成型模具的计算机辅助工程分析

注塑成型模具的计算机辅助工程分析(CAE)是在模具设计阶段对所要成型的产品及其生产模具进行模拟的一种数值计算方法。它采用有限元法或边界元法对整个生产周期进行分析计算, 模拟其熔融塑料的流动、保压、冷却等过程, 以实现模具的优化设计。气体辅助注塑模具的CAE工作不仅模拟塑料熔体及模具的状态变化, 而且模拟气体的填充和保压, 确定最佳的浇口、气体注射口位置及注塑、充气工艺参数, 以达到如下目的:

- 1) 防止困气和保证气体充填平均;
- 2) 防止气体冲破成品表面;
- 3) 因为气体有挤压特性,并在保压阶段时起了一定重要作用,借助计算机辅助模拟分析,能保证塑料分布和模具充填作更准确之预测。

气体辅助注塑成型模具的计算机辅助工程分析包括 5 大部分,基本技术路线为:

有限元建模 ⇒ 塑料熔体填充分析 ⇒ 气体辅助注射填充分析
⇒ 气体辅助注射保压分析 ⇒ 冷却分析

其中塑料熔体填充分析和冷却分析两部分与普通注塑成型的计算机辅助分析过程一样,熔体填充分析为气体辅助注射成型分析提供必要的入口参数:聚合物注射时间、聚合物注射喷嘴关闭时间、气体延迟时间、气体的压力和气体维持时间。气体延迟时间可以以充满全部型腔的 90% 所用的时间,充填 100% 塑料所需的压力可以作为气体初始压力。

气体辅助注射过程中塑料熔体和气体均以阻力最小的路径达到最终填充点;气体的穿透受气体流前处的熔融塑料的体积和粘度的影响,体积越小或温度越高,穿透越大。体积调整可以通过调整以下项目进行:气体延迟时间、注塑喷嘴关闭时间、注塑速度和修改模腔的横面形状。

气体辅助成型的保压分析的基本要求是设定最小的压力和最短的保压时间,通过聚合物冷却过程中的体收缩补偿来实现最小的翘曲和曲面变形。保压时间必须限制在塑料熔体冷却到其非流动温度。最短、最长冷却时间由填充分析提供,其中最短冷却时间可作为保压维持时间的参考值。给定点的随时间的压力决定了该处的塑料的体收缩。较低的压力导致较高的体收缩,压力越高虽然体收缩降低,但又可能出现凹陷痕和飞边。压力直接与气道周围的熔体的到达和凝固时间敏感,所以对气体保压有两方面要求:压力和时间,因此设计理想的压力-时间曲线成为气辅成型保压分析的主要内容。保压分析可以分为恒压分析和恒体积分析两种。

4 结 束 语

气体辅助注塑成型为带来了极大的设计弹性,明显提高产品质量,提高生产成本,它适用大多数热塑性塑料和少数热固性塑料的众多产品。由于气体辅助成型的特殊性导致了其特殊的设计原理,文章就气体辅助注塑成型过程及气体注射作了详细说明。

气体辅助注塑成型的工程分析是气辅模具设计的必不可少的过程,特别是生产开发新模具时,因为气体辅助注塑成型过程中,工艺及过程控制更加关键更加困难。应用 CAE 手段对塑料和气体两种不同特性的流体进行分析计算,严格控制注塑量、气体延迟时间、气压及气体维持时间,在多次修正迭代的基础上将大大提高模具的一次成功率。

在进行塑料模具的工程分析之前,最好先对所要生产的制品进行强度、刚度及热稳定性分析,这对对航空、航天等具有特殊要求的产品尤为很需要。同时必须注意的是虽然气体辅助注塑成型在许多方面得以应用并且成果良好,它不能被视为成型的万灵药。

参 考 文 献

- 1 许鹤峰 陈言秋 气体辅助注射成型技术与装置 中国塑料, 1997, 11(1): 89~ 96
- 2 Chen S C, Cheng N T, Jeng M C. Simulation of polymer melt and gas flow during gas assisted injection of uniform thick part. *Plastics, Rubber and Composites Processing and Applications*, 1996, 26(1): 23~ 28

Gas Assisted Injection Mold and Its CAE

WU Qing-Wen

*(Changchun Institute of Optics Fine Mechanics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022)*

Abstract

The concept, advantages of gas assisted injection mold (GA M) and its application field are introduced. The design principle and methods to inject gas are stated at detail and the CAE of GA M is presented.

Key words: Gas Assisted Injection Mold (GA M), Gas nozzle, Gas channel, Computer Aided Engineering (CAE)

吴清文 男, 1968 年 12 月出生于四川省简阳县。1987 年考入哈尔滨工业大学精密仪器系, 1991 年、1994 年先后获得学士、硕士学位。1997 年毕业于长春光学精密机械研究所, 获得博士学位。现从事光学仪器 CAD/CAE 及塑料注塑模具 CAD/CAE 工作。在《光学 精密工程》《塑料科技》《空间科学学报》等刊物上发表学术论文 10 余篇。