

水辅助注射成型技术研究进展

郑建华 瞿金平 周南桥

(华南理工大学聚合物新型成型装备国家工程研究中心, 广州 510640)

摘要 介绍了水辅助注射成型技术的发展、成型原理及成型的方法种类。与气体辅助注射成型技术进行了对比, 指出采用水辅助注射成型技术具有冷却效率高、成型周期短、制品壁厚小、能成型直径较大的制品等优点, 这些优点可拓宽该技术的应用领域。最后分析了目前制约水辅助注射成型技术广泛应用的原因。

关键词 水辅助注射成型 气体辅助注射成型 进展

1 气体辅助注射成型技术简介

气体辅助注射成型(GAIM)是一种将惰性气体注入制件特定的熔融区域以形成空心制品的技术。该技术始于20世纪80年代, 具有可减小翘曲变形、凹痕, 提高表面质量, 减轻制品质量, 缩短成型周期, 可成型壁厚差较大的制品等优点^[1]。目前GAIM技术已经广泛应用于汽车、家电、家具、日常用品等的制造领域。

但是GAIM技术不能生产大直径制品的缺点, 限制了它的应用。另外对于直径相对较大的介质导管的生产, GAIM工艺仍存在相对较大的制品壁厚, 又由于气体从内部传递热量, 导致冷却时间增加, 因而熔体发泡的危险增加, 为了避免发泡, 气体的保压时间或者气体的压力释放时间被延长, 当然, 这样也增加了循环时间。为了克服上述缺点, 人们研究了一种新型的注射成型技术——水辅助注射成型(WAIM)。

2 WAIM 技术

2.1 WAIM 技术的发展历程

20世纪70年代初期, 人们提出了注射液体, 如水、油或者聚合物基料作为一种形成空心的方法。但是由于所用的柱塞和注射装置产生的压力太高, 而达到的流速太低, 水的使用并不令人十分满意^[2]。直到1998年, 德国塑料加工研究所(IKV)在对GAIM技术和设备改进的基础上, 开始对WAIM技术进行进一步的研究, 取得了较大的进展。另外Du Pont、Rhodia、PME等公司也对此进行研究, 并开始在商业化中应用。随着该项技术的成熟, 与GAIM相比, WAIM技术显示出成型周期短、制品壁厚小、能成型直径较大的制品等优点。

2.2 WAIM 技术原理

与GAIM不同, WAIM是将水注入到制件特定的熔融区域形成空心的技术。在注射期间, 以水不会蒸发的方式注射时, 水的前沿象一个位移柱塞那样作用在制件的熔融芯上, 从水的前沿到熔体的过渡段, 固化了一层很薄的塑料膜, 它象一个高粘度的型芯, 进一步推动聚合物熔体, 从而形成空心体^[3]。最后利用重力或者压缩空气将水从制件中排出, 流进一个储罐, 水可以再循环使用。WAIM能极大地缩短制品的成型周期, 可用于生产轻质、坚固的中空制品, 并具有良好的外观效果。

2.3 WAIM 技术的类型

根据具体工艺过程的不同, 相应的WAIM技术也可以分为标准成型法、熔体回流法、副腔成型法和流动注射法。

(1) 标准成型法

在该方法中, 先在型腔内注入部分塑料熔体; 然后关闭熔体的注射阀门, 打开水的注射阀; 由水推动熔体前进充满整个型腔, 并进行保压。标准成型法如图1所示。

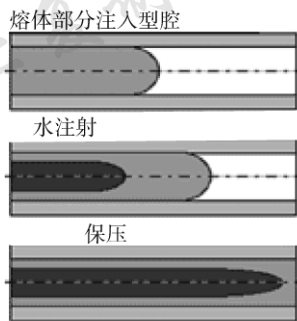


图1 标准成型法示意图

该方法比较适合于成型壁厚较大的制品, 进出水口可在同一位置, 不利之处是需要较严格的控制。如果开始注入的熔体料太少, 容易导致水穿透熔体进入型腔。为保证推动熔体的最后填充, 水压必须高于熔体压力, 同时注射过程中从熔体注射到水注射这个转换点容易在制品的表面产生迟滞痕, 因此不易得到表面质量较好的制品。同时在末端的熔体可能形成一个相对较厚的部分而延长循环时间。

(2) 熔体回流法

在该方法中, 熔体首先完全充满型腔; 然后开启安装在熔体型腔末端的水阀, 进行水注射, 由水推动多余的熔体回流到料筒里去。熔体回流法如图2所示。

该方法的优点是不易产生材料残渣, 容易得到较好的表面质量。不利之处是需要一个特殊的喷嘴和检测环以使熔体能够回流到注射单元。在整个操作过程中必须非常小心, 不然水会穿过熔体进入到料筒中。同时在每一步中必须控制好压力, 使得退回的回流熔体与原来料筒中的物料一致, 否则会由于回流料在压力或者温度上与原来物料的不一致

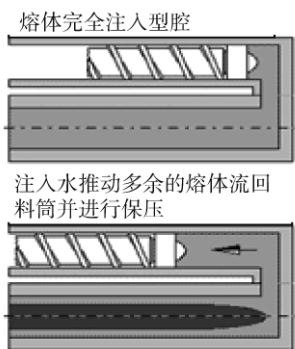


图 2 熔体回流法示意图

而影响下一次的注射。

(3) 副腔成型法

副腔成型法是在模具型腔之外设一个与型腔相通的副腔, 注射前关闭型腔末端的阀门, 首先向主型腔中完全注满熔体; 然后进行水注射, 与此同时打开通向副腔的阀门, 使得熔体可以由主型腔通往副腔; 然后再关闭阀门进行保压和压实, 副腔成型法如图 3 所示。

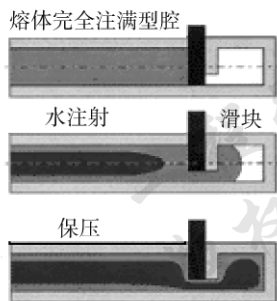


图 3 副腔成型法示意图

该方法可以得到表面很光滑的制品, 而所需的水压要比标准成型法小, 同时其副腔中的物料也可以回收再利用。该方法成型的制品通常需要进行二次剪切以分离制品与副腔中的余料。

(4) 流动注射法

该方法其实是标准成型法和副腔成型法的综合, 最大的优点是提高了制品的冷却效率。在注射中, 首先型腔被部分填充; 然后注入水, 水推动着熔体到末端; 打开安装在型腔末端的阀门, 水便穿过熔体形成流线, 通过阀门流入水循环系统。这样极大地提高了制品的冷却效率, 但是这样成型的制品在端部有一些缺陷, 流动注射法如图 4 所示。

3 WAIM 技术与 GAIM 技术的比较

虽然, WAIM 技术从过程和形式上来说与 GAIM 技术很相似, 但 WAIM 却有与 GAIM 截然不同的地方, 具有其独特的优点。

(1) 两者最大的不同点是气体可压缩, 而水不可压缩。水注入熔体时, 在水的前沿到熔体的过渡段形成了一层固化的塑料膜, 是该膜推动熔体前进, 而形成该膜的主要原因就是水具有比气体高的粘度和不可压缩性。

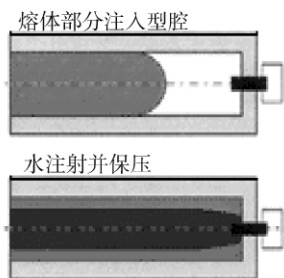


图 4 流动注射法示意图

(2) WAIM 成型制品的表面质量要好于 GAIM 成型制品。对于直径相对较大的介质导管的生产, 当压缩气体的压力较高或者保压时间太长时, 容易引起熔体的发泡, 熔体边界层中溶解的气体越多, 保压结束后熔体的发泡越强, 制品的表面质量就越差。而相对水来说则不存在这样的问题, 由于形成了一层固化塑料膜, 制品的冷却速度很快, 可以保证制品壁厚均匀, 而且内表面光滑, 图 5 是 IKV 公司用 WAIM 技术成型的手柄。



图 5 IKV 公司用 WAIM 技术成型的手柄

(3) WAIM 能极大地缩短制品的成型周期, 这是 WAIM 的最大优点。虽然缩短成型周期也是 GAIM 的一个特点, 但在 GAIM 中随着制品壁厚的增加, 熔体发泡的危险增加, 为了避免熔体发泡要延长保压或者气体压力释放的时间。同时由于通过气体从内部传递热量, 增加了冷却时间, 所以使得 GAIM 缩短的时间有限。针对这些问题, 英国 Warwick 大学研制了一种称为 Koolgas 的 GAIM 技术, 通过将气体冷却至 -180°C 再注入以增加冷却效率, 从而达到了缩短成型周期的效果。

WAIM 与 GAIM 不同的是, 水本身便是良好的冷却介质, 热导率比气体大 40 倍, 比热容比气体大 4 倍, 水可以直接冷却制品内部, 在不断注入的过程便不断与制品进行热量交换, 从而快速冷却制品。Eckardt 认为同一制品采用 WAIM 的成型时间可以减小到相应 GAIM 的 25%。例如直径为 10 mm 的 PP 制品(荷兰 DSM 产的 Vestolen p700), 相对于 GAIM, WAIM 的成型时间可以从 60 s 减少到 10 s(壁厚 1 ~ 1.5 mm), 而直径为 30 mm 的制品, 循环时间可以由 180 s 减少到 40 s(壁厚 2.5 ~ 3 mm)。图 6 为采用 WAIM 工艺生产的形状复杂的大直径中空管, 其直径为 60 mm、长 400 mm



图6 形状复杂的大直径中空管

的 PP 制件的循环时间大约 50 s, 平均壁厚是 5 mm。改善了冷却性能, 缩短了循环时间。

(4) WAIM 技术能比 GAIM 生产直径更大、壁厚更小的制品^[4], 从而节约材料。对于 GAIM, 当制品的直径达到 40 mm 时, 在气道形成后, 由于熔体不能迅速冷却, 部分熔体仍是粘流状态, 存在熔体沿着模壁向下流动的危险, 限制了制品的最大直径, 而 WAIM 则由于水的快速冷却作用不存在这种情况。另外, 制品壁厚主要是受熔体的流变特性和过程参数(体积流率、吹胀过程中停留时间等)的影响, 在 WAIM 中由于水的快速冷却作用, 水流前端的熔体粘度增大, 从而形成了一层高粘度的膜, 与 GAIM 相比, 该膜的位移潜力较大, 可使较多的熔体在流动方向移动, 而较少的被推向侧面, 结果使得制品壁厚较小。

(5) 对 WAIM 和 GAIM 成型工艺, 介质的流动不同, 有人用高速摄像法观察到注射的过程, 发现水具有依赖于聚合物熔体流动特性的惰性效应, 因而在吹胀过程中水的前沿总是试图沿着主流方向前进; 而气体则不是, 它总是朝着阻力最小(高温、低粘)的方向即压力梯度最大的方向前进, 因此容易在较厚的部位引起穿透。

4 WAIM 技术的应用现状

GAIM 的主要应用领域有: 管状和棒状制品、大型平板制品、厚薄壁一体的复杂制品等。而 WAIM 技术有着 GAIM 无可比拟的优点, 突破了 GAIM 应用的一些限制。目前的研究一致认为 WAIM 更适宜中空的厚制品和流道较长的制品, 也可以成型大直径(40 mm 以上)棒状和管状制品。因此用 WAIM 来生产内表面光滑、重复性好的介质导水管, 其质量和经济效益都比 GAIM 好得多。随着 WAIM 技术越来越完善, 其应用范围也会越来越广, 表 1 列出 WAIM 技术可能应用的领域。

表 1 WAIM 技术可能应用的领域

应用领域	部件
汽车工业	手柄、脚踏板和脚踏板连杆、导管部件、门模块、行李架、变速杆、风挡刮水器、拖拉变流装置
家用电器	洗衣机和洗盘机的管子、手柄、加热器部件
办公设备	复印机和打印机的进纸滚筒
运动/休闲物品	室内曲棍球棍、高尔夫球杆
医疗产品	中空针和(外科用的)扩张器

目前许多公司都开始用 WAIM 技术来成型产品。德国

Sulo Gmbh 是第一个商业化应用 WAIM 技术的厂家, 在其生产的全塑料购物车中的一些部件就是用 PME 公司的 WAIM 技术来生产的。IKV 公司应用 WAIM 技术生产了一款由两种材料构成的球拍, 如图 5 所示的手柄等产品。并且与 Herzogenrath 公司的 Finders Anlagentechnik 合作设计了一台满足水注射性能要求的样机。2001 年, Dutch 和 BMW 公司都要求 PME 公司改造他们现有的 GAIM 系统, 从而用 WAIM 来生产手柄、汽车导管等。Rhodia 公司的汽车技术支持小组开发出了自己的 WAIM 技术及成型设备, 并提出了对材料性能的要求。Engel 公司采用水在制品内部流通的方式设计 WAIM 设备, 这种新的移动式注水装置的最大压力可达 20 MPa, 最大流速可达 36 L/min。

5 WAIM 技术存在的问题

虽然目前的研究已经显示出 WAIM 成型技术的优势, 并取得了一定的成果, 但由于该技术的不完善, 制约着 WAIM 技术的广泛应用。

如何控制好水温、水压、水的流动速率, 是要解决的首要问题。水温的高低、流动速率的快慢直接影响熔体与水的热交换, 从而会影响其冷却速率和成型周期。而冷却速率及水温的大小也影响了熔体的结晶, 这样便影响到制品的性能。一般认为水温取决于零件和材料, 介于 10 ~80℃。

Du Pont 和 Engel 公司合作生产汽车引擎上的玻璃纤维增强尼龙 66 输液管路时使用 60℃左右的热 水, 因为这样可以控制制品表面内的冷却, 提高尼龙的结晶度, 进而提高其耐化学药品性^[6]。同时水压如果过大, 易引起水穿透熔体, 造成泄漏。不同公司所做的设备的最大压力也是不同的, 如 Maximator 公司设备的压力最高可达 50 MPa, 而 Engel 公司的设备提供的最大压力仅为 20 MPa。

GAIM 中要考虑气体注入的位置, 如果气道控制不好容易引起制品的厚薄不均, 制品出现熔合纹、气体穿透、形成气穴等缺陷。在 WAIM 中同样要控制怎样进行水的注射及在哪个位置进行注入, 以形成良好的水道, 保证制品的质量。英国 Cinpres 公司认为, 对 WAIM 技术来说, 首要解决的问题是喷嘴的正确设计, 要注意密封, 防止熔体流到水路上。

用于 WAIM 的材料远不如 GAIM 的广泛。有人认为由于水的急冷改变了晶体结构和制品的性能。A. Schulman 认为结晶性材料如果用 WAIM, 由于水的急冷容易出现问 题, 因为冷却时内表面很快形成硬化层。同时他认为物料应该缓慢结晶, 以获得较光滑的内表面和避免外表面的褶痕。Du Pont 和 Engel 两家公司用提高水温的办法减缓材料结晶的速度, 得到了较好的制品质量。目前用于 WAIM 的材料主要是尼龙 66 和 PP, 另外诸如 ABS、PC/ABS、HIPS、PBT、POM 等也正在试验应用中。另外, WAIM 的硬件也还远未跟上, 商业用的 WAIM 系统应包括独立的水注射压力、温度和流量控制装置。如何控制水在注射中的泄漏也是一大难题。

6 结语

WAIM 技术目前已经引起越来越多的重视, 一些商业化

的应用也逐渐在国外开始, 而我国在这一方面还处于空白阶段, 相信随着对 WAIM 技术的关注和其关键技术的掌握, WAIM 也会象 GAIM 一样成为一种新的注射成型方法。

参考文献

1 张华, 等. 塑料科技, 1998(6): 11

2 江进成. 国外塑料, 2001, 19(4): 22

3 Michaeli W, et al. Kunststoffe Plast Europe, 1999, 89(4): 20

4 Michaeli W, et al. Kunststoffe Plast Europe, 1999, 89(4): 18

5 Michaeli W, et al. Kunststoffe Plast Europe, 2000, 90(8): 25

6 李坚, 等. 中国塑料, 2001, 15(12): 72

ADVANCE IN THE RESEARCH OF THE WATER-ASSISTED INJECTION MOLDING TECHNOLOGY

Zheng Jianhua, Qu Jinping, Zhou Nanqiao

(National Engineering and Research Center of Polymer Processing Equipment, SCUT, Guangzhou 510640, China)

ABSTRACT The development history, the processing theory, molding methods of the water-assisted injection molding technology are introduced. By comparison with the gas-assisted injection molding, there are such advantages as higher cool efficiency, shorter molding cycle, smaller product wall thick and molding the product with larger diameter. These merits widened the application respect of the technology. In the end, the cause to limit the use of the technology is analyzed.

KEYWORDS water-assisted injection molding, gas-assisted injection molding, advance

同大机械有限公司总部迁至张家港市

同大机械有限公司五年来得到了迅速发展, 目前已设立新产品研发中心、技术设计中心、电气控制设计中心, 建成集生产加工、市场销售、服务一条龙的科工贸一体的新型工业体系。同大机械有限公司已于 2003 年 6 月 6 日迁至张家港

市塘桥经济技术开发区, 更名为张家港市同大机械有限公司。该公司占地 15 000 m², 拥有标准钢结构总装调试车间 5 200 m², 已形成年产 500 台套全自动吹瓶机、吹塑中空成型机的生产能力, 可为新老用户提供更好更全面的服务。

(新)

广告索引

江苏联冠科技发展有限公司(封面) 上海金纬挤出发泡技术有限公司(封二) 张家港市神舟机械有限公司(插1) 广东金明塑胶设备有限公司(插2) 深圳市新三思计量技术有限公司(插3) 多米诺喷码技术有限公司(插4) 巴斯夫(中国)有限公司(插5) 青岛新大成塑料机械有限公司(插6) 北京福田建材有限责任公司(插7) 张家港市欣荣机械有限公司(插8) 深圳市瑞格尔仪器有限公司(插9) 南京瑞亚高聚物装备有限公司(插10) 海天机械有限公司(插11) 张家港华丰重型设备制造有限公司(插12) 上海宝碟塑料成套设备有限公司(插13) 江苏白熊机械有限公司(插14) 承德精密试验机有限公司(插15) 南京鼎天机械制造有限公司(插16) 承德市金建检测仪器有限公司(插17) 兰泰塑料机械有限公司(插18) 南京橡胶机械厂(插19) 南京科亚公司(插20、插21) 浙江金星螺杆制造有限公司(插22) 南京杰恩特机电有限公司(插23) 北京丰阳塑化工程技术有限责任公司(插24) 上海神源电气有限公司(插25) 广东泓利机器有限公司(插26) 张家港市德华机械制造有限公司(插27) 青岛顺德塑料机械有限公司(插28) 三博高分子合金(宁波)有限公司(插29) 四川省得阳科技股份有限公司(插30) 无锡康达塑胶机械有限公司(插31) 成都乐天塑料有限公司(插32) 重庆国际复合材料有限公司(插33) 南京智诚橡塑机械有限公司(插34) 孝感市五岳传感器有限公司(插35) 无锡宏益塑胶机械有限公司(插36) 承德试验机有限责任公司(插37) 第三届中国国际工程塑料展览会(插38) 2003 昆山橡塑工业展览会(插39) 第六届亚太国际橡塑工业展览会(插40) 张家港华明机械有限公司(插41) 山东道恩化学有限公司(插42) 青岛科亚塑料机械有限公司(插43) 广州市花都科苑企业有限公司(插44) 杭州康发塑料机械有限公司(插45) 张家港市二轻机械有限公司(插46) 舟山市金海机械有限公司(插47) 玉环真空泵厂(插48) 南京立汉化学有限公司(4) 南京沪江复合材料有限公司(17) 北京普利宏斌化工材料有限责任公司(42) 深圳市现代宝实业有限公司(45) 广州智达公司(51) 江苏溧阳市新元窗帘制品有限公司(57) 泉州三威化工有限公司(插49) 上海思尔达科学仪器有限公司(插50) 舟山市金岛机械有限公司(插51) 江苏才塑高分子有限公司(插51) 上海日之升新技术发展有限公司(插52) 江阴新达塑料机械有限公司(插53) 岳阳经济技术开发区巨力工程塑料有限公司(插54) 平顶山市华伦塑料有限公司(插55) 北京天罡助剂有限责任公司(插56) 杭州传化华洋化工有限公司(插57) 江苏靖江市化纤塑料助剂厂(插58) 青岛琴科工程塑料有限公司(插58) 聚赛龙工程塑料有限公司(插59) 鹿泉市安利达粉体材料厂(插59) 常熟市千禧橡塑机械厂(插60) 大连塑料机械厂(插61) 上海格利雅化工有限公司(插62) 北京加成助剂研究所(插62) 岳阳市维远实业有限公司(插63) 北京奥可发塑料有限责任公司(插63) 绍兴四维塑胶工程有限公司(插64) 中庆化工有限公司(插65) 浙江黄岩傲霸塑料模具厂(插66) 湖北省洪湖双马树脂厂(插67) 辽宁调兵山市兴源超细增强材料有限公司(插67) 鞍山市龙马塑料有限公司(插68) 能达化学(鹤山)有限公司(插68) 洪湖市恒基化工有限公司(插69) 北京实达丰商贸有限公司(插69) 深圳双士达实业有限公司(插70) 上海方田弹性体有限公司(插71) 四川东方特种工程塑料有限公司(插72) 南京永航科贸有限公司(插73) 南京中观机械电子有限公司(插74) 吉林大学科教仪器厂(插75) 青岛高科技工业园润兴塑胶厂(插76) 苏州兴泰阳光化学助剂有限公司(插77) 江苏省建湖县兴隆尼龙有限公司(插78) 常州市新区利进化工股份有限公司(插79) 慈溪市华通塑化有限公司(插80) 徐州超精细粉体厂(插81) 上海外电国际贸易有限公司(插82) 余姚市中发工程塑料有限公司(插83) 济南泰星精细化工有限公司(插83) 上海逊达橡塑机械制造有限公司(插84) 中蓝晨光化工研究院(插85) 中芬合资南京金陵奥普特高分子材料有限公司(插86) 无锡华亚机械制造有限公司(插87) 江苏华都科技有限公司(插88) 上海正美亚纳米超细材料制造有限公司(插89) 江苏南大紫金智能科技有限公司(封三) 南京航空航天大学信立塑料机械厂(封底)