

水辅助注射成型充填过程中工艺参数影响的数值模拟^{*}

匡唐清 付 伟 周建源 熊国良
(华东交通大学机电工程学院, 南昌 330013)

摘要 基于 Hele-Shaw 流动模型,对一直管的水辅助注射成型的充填过程的工艺参数的影响进行数值模拟。通过单因素实验法研究了工艺参数对水穿透长度与其厚度分数的影响。结果表明,熔体注射量对水穿透距离影响最大,而熔体温度、模具温度、注水温度、注水压力对水穿透距离与其厚度分数的影响不是很明显。
关键词 水辅助注射成型 工艺参数 水穿透距离 水穿透厚度分数 数值模拟

水辅助注射成型技术是一种先注入部分聚合物熔体,随后向熔体内部注入高压水来辅助型腔充填与保压的新型注塑工艺^[1]。这种新型的注射成型工艺除具有气体辅助注射成型的优点外,还具有一些如制品生产周期短、成型残留壁厚薄、内表面平滑、直径大等独特而显著的优点,主要应用于成型管状或棒状制品,如介质导管、汽车门把手、汽车顶梁、踏板、扶手等^[2]。

S. J. Liu 等^[3-4]采用正交实验法研究了水辅助注射成型横截面为矩形的螺旋弯管中工艺参数对水穿透距离长短的影响规律。邓志武等^[5]采用自主研发的水辅助注塑设备以及一款新型注水喷嘴,研究了工艺参数对水辅助注塑聚丙烯(PP)弯管水穿透长度和残留壁厚的影响。笔者根据管类制件的特点,基于 Hele-Shaw 流动模型,采用广义牛顿本构方程及七参数 Cross-WLF 粘度模型,通过数值模拟方法来研究熔体注射量、熔体温度、模具温度、注水温度和注水压力对一直管制件材料分布的影响。

1 模拟实例

现针对一直管零件的水辅助注射成型的充填过程,采用数值模拟方法研究工艺参数对水穿透距离和穿透截面(用厚度分数表示)的影响。本实例采用流率控制,流率为 $58\text{ cm}^3/\text{s}$ 。该直管截面尺寸 20 mm,长 300 mm。材料采用 PP(Taiwan PP 366),其物性参数见表 1。图 1 为其有限元网格,共 31 个节点 30 个柱单元,浇口位置与注水位置同为管件的一端,A 处为浇口/注水位置。

表 1 PP 的物性参数^[6]

物性参数	数 值
玻璃化转变温度 /K	408
热传导率 /W · (m · K) ⁻¹	0.17
比热容 /J · (kg · K) ⁻¹	3 100



图 1 有限元网格

复杂,故采用单因素实验法进行研究。改变的工艺参数包括熔体注射量、熔体温度、模具温度、注水温度、注水压力。以熔体注射量 80%、熔体温度 230℃、模具温度 50℃、注水温度 50℃、注水压力 50 MPa 为参照基准,通过分别改变这些参数来研究其对水穿透距离与其厚度分数的影响。

2 结果与讨论

2.1 熔体注射量

熔体的注射量分别设定为 70%、75%、80% 和 85%,其它工艺参数不变,考察熔体注射量对材料分布的影响。

图 2 所示为不同熔体注射量对水穿透厚度分数的影响。

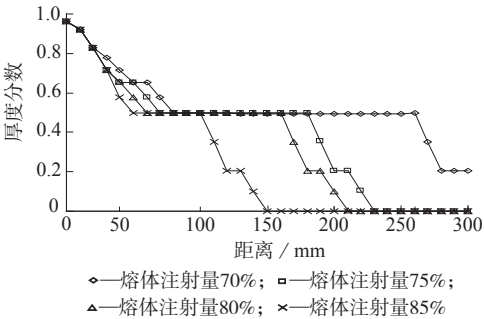


图 2 不同熔体注射量对水穿透厚度分数的影响

从图 2 可以看出,熔体注射量由 70% 增加到 85%,水层层厚的厚度分数基本一致,即改变熔体注射量对水层层厚的影响不明显。在短射法(以 80% 为例)水辅助注射成型过程中,在 70~170 mm 水厚度分数比较均匀,约占 0.4961,因此水辅助注射成

^{*} 江西省自然科学基金资助项目(2007GQC0864)、江西省教育厅科技基金项目(赣教技字[2007]196号)

收稿日期:2008-05-20

由于水辅助注射成型的工艺参数较多,设置较

型技术可以成型壁厚均匀、内表面光滑的制品, 这也是水辅助注射成型技术的一大优点。

图3所示为不同熔体注射量对水穿透距离的影响。从图3可以看出, 随着熔体注射量的增加, 水穿透距离快速减少, 熔体注射量从70%增加到85%, 水穿透距离从300 mm减少到152.54 mm, 减少了147.46 mm。这是因为在水辅助注射成型过程中, 首先聚合物熔体部分充满型腔, 接着注入高压水对熔体进行保压和补充, 充满型腔, 因此使用短射法时熔体注射量越大, 水的注射量相应也就越少, 在熔体中的穿透距离也就越有限。可见, 熔体注射量的多少对水穿透距离的长短具有明显的影响。

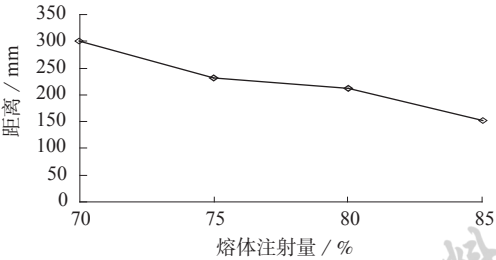


图3 熔体注射量对水穿透距离的影响

2.2 熔体注射温度

熔体的注射温度分别设为225、230、235、240℃, 其它工艺参数不变, 考察熔体注射温度对材料分布的影响。由此得到不同熔体注射温度情况下在水穿透距离20、50、100、150、200 mm 5个位置的水穿透厚度分数和总的穿透距离分别如表2、表3所示。

表2 不同熔体注射温度下各位置处水的穿透厚度分数

距离/mm	熔体注射温度/℃			
	225	230	235	240
20	0.8297	0.8277	0.8277	0.8297
50	0.5772	0.5759	0.5772	0.5738
100	0.4961	0.4961	0.4961	0.4961
150	0.4961	0.4961	0.4961	0.4961
200	0.1049	0.1010	0.1049	0.1049

表3 不同熔体注射温度下水的穿透距离

熔体温度/℃	水穿透距离/mm
225	211.29
230	212.08
235	213.01
240	214.23

从表2可以看出, 当熔体注射温度从225℃增加到240℃, 水层层厚的厚度分数基本一致。由表3可知, 随着熔体注射温度的提高, 水穿透距离有少量增加, 其中熔体注射温度为225℃时水穿透距离为211.29 mm, 略小于熔体注射温度为240℃时的水穿

透距离214.23 mm, 最大差值不超过3 mm。原因是当熔体温度升高时, 熔体粘度降低, 水在熔体中的穿透阻力减小, 更容易穿透, 导致此时有水层层厚减小、水穿透距离增加的趋势, 但同时由于模壁凝固层厚度减少, 水可穿透的熔体截面增大, 水层层厚又有增大的趋势, 削弱了水穿透距离增加的趋势, 所以熔体注射温度的变化对水层层厚的影响和对水穿透距离的影响不是很明显。

2.3 模具温度

模具温度分别设为40、45、50、55℃, 其它工艺参数不变, 考察模具温度对材料分布的影响。由此得到不同模具温度下在水穿透距离20、50、100、150、200 mm 5个位置的穿透厚度分数和总的穿透距离分别如表4、表5所示。

表4 不同模具温度下各位置处水的穿透厚度分数

距离/mm	模具温度/℃			
	40	45	50	55
20	0.8297	0.8297	0.8277	0.8297
50	0.5772	0.5806	0.5759	0.5772
100	0.4961	0.4961	0.4961	0.4961
150	0.4961	0.4961	0.4961	0.4961
200	0.1049	0.1005	0.1010	0.1049

表5 不同模具温度下水的穿透距离

模具温度/℃	水穿透距离/mm
40	211.02
45	211.01
50	211.30
55	211.60

从表4可以看出, 模具温度对水层层厚的影响不明显。当模具温度从40℃增加到55℃, 水层层厚的厚度分数基本一致。从表5可知, 随着模具温度的提高, 水穿透距离有少量增加, 其中模具温度为40℃时水穿透距离为210.02 mm, 略小于45℃时的水穿透距离211.01 mm和55℃时的水穿透距离211.60 mm, 最大差值不超过2 mm。其原因与熔体注射温度的影响相似, 所以模具温度的变化对水层层厚和水穿透距离的影响也不是很明显。

2.4 注水温度

注水温度分别设为50、60、70、80℃, 其它工艺参数不变, 考察模具温度对材料分布的影响。由此得到不同注水温度下在水穿透距离20、50、100、150、200 mm 5个位置的穿透厚度分数和总的穿透距离分别如表6和表7所示。

从表6可以看出, 注水温度对水层层厚的影响不明显。当注水温度从50℃增加到80℃, 水层层厚

表 6 不同注水温度下各位置处水的穿透厚度分数

距离/mm	注水温度/℃			
	50	60	70	80
20	0.8277	0.8216	0.8296	0.8217
50	0.5759	0.5772	0.5772	0.5739
100	0.4961	0.4961	0.4961	0.4961
150	0.4961	0.4961	0.4961	0.4961
200	0.1010	0.1049	0.1049	0.1049

表 7 不同注水温度下水的穿透距离

注水温度/℃	水穿透距离/mm
50	212.08
60	211.56
70	211.46
80	211.75

的厚度分数基本一致。从表 7 可知,随着注水温度的提高,水穿透距离无明显变化,其中注水温度为 50℃时水穿透距离为 212.08 mm,略大于 70℃时的水穿透距离 211.46 mm 和 80℃时的水穿透距离 211.75 mm,最大差值不超过 2 mm。原因是水温的变化影响的是靠近水的熔体,与水接触的熔体会形成凝固层,但该层外部是熔体,内部是水,且在水的穿透作用下不断移动,因而在充填过程中难以形成稳定的凝固层,对水的穿透行为影响也就很小,所以注水温度的变化对水层层厚分布及水穿透距离的影响不大。

2.5 注水压力

注水压力分别设为 50、60、70、80 MPa,其它工艺参数不变,考察注水压力对材料分布的影响。由此得到不同注水压力下在水穿透距离 20、50、100、150、200 mm 5 个位置的穿透厚度分数和总的穿透距离分别如表 8、表 9 所示。

表 8 不同注水压力下各位置处水的穿透厚度分数

距离/mm	注水压力/MPa			
	50	60	70	80
20	0.821	0.8297	0.8338	0.8352
50	0.5761	0.5772	0.5773	0.5782
100	0.4861	0.4865	0.4900	0.4961
150	0.4861	0.4865	0.4900	0.4961
200	0.2036	0.2037	0.2038	0.2038

从表 8 可以看出,注水压力从 50 MPa 增加到 80 MPa,水穿透厚度分数有缓慢增加的趋势,这是因为高压水能将更多的熔体向前推进,从而导致水

表 9 不同注水压力下水的穿透距离

注水压力/MPa	水穿透距离/mm
50	224.34
60	223.01
70	222.04
80	221.02

层层厚有增加的趋势。从表 9 可知,随着注水压力的增加,水穿透距离有缓慢减小的趋势,注水压力为 50 MPa 时的水穿透长度比注水压力为 80 MPa 时减小约 3 mm。其原因是提高了注水压力后,高压水能将更多的熔体向前推进,增加了水道的起始面积,水的穿透距离也就相应地减少。

3 结语

笔者根据管类制件的特点,基于 Hele-Shaw 流动模型,将聚合物熔体及水均视为纯粘性流体,采用广义牛顿本构方程及七参数 Cross-WLF 粘度模型对一直管的水辅助注射成型的充填过程进行数值模拟,系统地研究了过程工艺参数(熔体注射量、熔体温度、模具温度、注水温度、注水压力)对材料分布的影响,发现熔体注射量会显著影响材料分布,而其它工艺参数对此影响很小。本研究的不足之处并未考虑延迟时间这个工艺参数,为了得到更为准确的模拟结果必须考虑延迟时间对充填过程的影响,这也是本课题下一步的研究工作。

参考文献

[1] Mikell K. Water injection molding makes hollow parts faster[J]. Plastics Technology, 2002, 48(4): 42-47.

[2] Juntgen T, Michaeli W. The water injection technique (WIT) as an attractive alternative and supplement to gas-assisted injection molding (GAIM) [C]. ANTEC2002 - Conference Proceedings, 2002: 386-391.

[3] Liu Shih Jung, Chen Yen Shou. The manufacturing of thermoplastic composite parts by water-assisted injection-molding technology [J]. Composites, 2004, 35(2): 171-180.

[4] Liu Shih Jung, Chen Yen Shou. Water-assisted injection molding of thermoplastic materials effects of processing parameters[J]. Polymer Engineering and Science, 2003, 43(11): 1806-1817.

[5] 邓志武, 黄汉雄, 曲杰, 等. 水辅助注塑制品水穿透长度和残留壁厚研究[J]. 中国塑料, 2006, 20(8): 56-59.

[6] 周国发. 聚合物多相分层充模流动成型的粘性包围形成机理数值分析[D]. 南昌: 南昌大学, 2002.

NUMERICAL SIMULATION THE EFFECTS OF PROCESSING PARAMETERS IN FILLING STAGE OF WATER-ASSISTED INJECTION MOLDING

Kuang Tangqing, Fu Wei, Zhou Jianyuan, Xiong Guoliang

(School of Mechanical and Electrical Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

ABSTRACT According to the Hele-Shaw fluid model, a numerical simulation of a pipe for the effects of processing parameters in filling stage of water-assisted injection molding. The effects of the processing parameters on the water penetration length and water thickness fraction were investigated through single factor experiments. According to the results, the short shot size was considered as the principal parameter affecting the water penetration length, the melt temperature, mold temperature, water temperature, water pressure have no clearly effect on the water penetration length and water thickness fraction.

KEYWORDS water-assisted injection molding, processing parameters, water penetration length, water penetration thickness fraction, numerical simulation

CIM 2008 集中展示汽车、电子电器、家电等行业 新材料、加工工艺及装备

1 塑料橡胶在汽车、电子电器、家电等领域的应用

(1) 汽车行业。目前,汽车尤其是轿车上塑料件的用量由 150 kg 逐渐增加到 500 kg,而非轮胎橡胶制品的销售收入构成看,汽车行业需求约占总需求量的 50% 以上,目前橡塑类零部件价值约占轿车车价的 20% 左右,并且还有很大的上升空间。塑料制品的主要加工设备为注塑机,原来以国外机为主,而现在国外机与国内机共分市场。汽车用塑料原料主要依靠进口,国产汽车专用塑料牌号少,产品性能不能满足要求。

(2) 电子、家电行业。随着家电行业的发展,塑料在家电产品中的应用及所占的比例也越来越大,例如手机、电冰箱、彩电、空调、洗衣机、电饭煲、微波炉、电暖瓶、电烤箱、饮水机、加湿器、豆浆机、计算机壳体、电子电气开关等都大量选用塑料部件。这一市场使用了我国工程塑料总量的 40% 以上,国产注塑机在这一市场上占有率较高。

2 环渤海经济区域的产业政策及产业集群将使塑料橡胶行业具备极大的潜力

在中央确定开发以天津滨海为中心环渤海经济区,打造中国北方的经济中心后,天津滨海经济增长将极具潜力,市场也将快速发展。环渤海地区天津、北京、山东、河北等省市中,支柱产业均涉及汽车、电子、电器、家电、医药医疗等行业,而这些行业将涉及大量配套的塑料橡胶材料及制品,其制品的成型工艺绝大部分为注射成型加工。因此,塑料橡胶材料、制品及装备市场的潜力巨大。从消费市场的地区分布来看,目前注塑机的主要消费市场正由南向北逐步扩散。

3 搭建完美的平台,促进行业的发展

中国轻工业联合会、中国石油和化学工业协会、中国轻机械协会、中国轻工业机械总公司及天津滨海新区管委会为了更好地促进行业的发展,联合美国克劳斯展览公司共同主办“中国国际塑料橡胶注射成型工业展览会”,旨在将本届展览会打造成为培育新市场、开发新产品、交流新技术、洽商投资合作、拓宽贸易渠道的最佳平台。展览会主办单位有针对性的对汽车、电子、家电等行业及这些产业较为集中的地区制定了特别邀请观众的计划。如 6 月 12 日~14 日组委会以参展的形式在“2008 天津国际手机产业展览会”上,对塑料橡胶注射成型工业的下游用户很好的推广了 CIM 2008,展会中不少知名品牌零配件生产企业对 CIM 产生了

极大的兴趣,如比亚迪、富士康、津亚电子、LG 空调、中环真美声学、天津韩商协会等,均表示届时将参观 CIM 2008。

4 周到的服务将成为本届展览会的亮点

为了便于观众的参观,主办单位投入了大量的资金,对参观观众服务上增加了许多实实在在的措施,如为天津以外的预登记观众提供 1000 名免费住宿;为展商特别邀请的津外专业观众提供免费住宿;为天津各开发区的专业观众免费提供班车接送;凭本届展览会的参观券免费乘坐天津市至展馆的轻轨;为 5000 名预登记观众提供免费午餐等。

5 高端的配套会议,将成为本届展会的一大热点

展会期间,CIM 将举办一系列围绕当今注射成型技术的热点话题的高端会议及研讨会和结合最新产品与技术的企业讲座。

(1) 塑料材料及注塑在汽车零部件工艺中的应用。轻量化与环保已成为车用塑料发展的主要方向,塑料在汽车中的应用也正在由内饰件向外饰件、车身和结构件扩展。而我国对汽车塑料的应用,在核心技术方面却表现出对引进技术的严重依赖。提高自主开发能力已成为中国汽车工业实现可持续发展的重要途径。而要实现整车的自主开发首先必须实现零部件的自主开发。来自国内外汽车整车厂、零部件制造商、原材料及设备供应商的总经理、研发总监、技术经理、采购经理等,以及来自科研院所、行业协会的高级技术人员等将在这里济济一堂,进行面对面交流和学习,讨论国内汽车塑料材料及加工工艺的最新研发进展和趋势,以及如何形成中国自己的汽车塑料件体系和标准。

(2) 注塑技术在电子和医疗行业应用研讨会。主要内容:“模具管理让注塑创造更高效益”;“多色注塑技术典型结构和新进展”;“让医疗塑料件紧跟现代医疗水平发展”;“中国精密电子注塑件发展现状和未来”;“科学化注塑加工技术”;“塑料注塑制品设计评估”等。

(3) “科学注塑成型技术”高级研修班。

(4) 先进成型技术学会。

组委会联系方式:

北京中轻亚泰塑料科技有限公司 中国轻工业机械总公司塑料机械中心

地址:北京市西城区东斜街 14 号 邮编:100032

电话:010-66039351 66039043 传真:010-66067681

E-mail: cim@cimexpo.cn

Http://www.cimexpo.cn

(周占)