

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2013.01.011

熔体注射温度对聚合物水辅共注成型过程的影响

周国发,巢芳超,张宇

(南昌大学环境科学与化学工程学院,南昌 330031)

摘要:水辅共注成型制品质量主要受控于水与芯层熔体的穿透过程,为此研究成型过程参数对水辅共注成型过程的影响规律就显得尤为重要。通过建立的全三维非稳态非等温水辅共注成型过程有限元数值模拟算法与技术,系统研究了芯层熔体注射温度对水辅共注成型水与芯层熔体的穿透过程的影响规律,并揭示了其机理。研究结果表明,芯层熔体和水穿透深度均随着芯层熔体注射温度增加而增大,且芯层熔体和水穿透深度与芯层熔体注射温度呈线性递增关系,提高芯层熔体注射温度有利于细长塑料制品的水辅共注成型。

关键词:水辅共注成型;成型机理;数值模拟

中图分类号: TQ320.66

文献标识码: A

文章编号: 1001-3539(2013)01-0047-04

Influence of Melt Injection Temperature on Polymer Water Assisted Co-injection Molding Process

Zhou Guofa, Chao Fangchao, Zhang Yu

(School of Environmental & Chemical Engineering, Nanchang University, Nanchang 330031, China)

Abstract : The molding products quality of water assisted co-injection molding is mainly controlled by the penetration process of water and core melt, therefore, the influencing mechanism research of molding process parameters on water-assisted co-injection molding process is particularly important. By means of establishing the full three-dimensional unsteady and non-isothermal finite element numerical simulation algorithm and technology of water-assisted co-injection molding process, the influencing rules of melt injection temperature on the water and core melt penetration process of water-assisted co-injection molding process are systematically studied, and the influencing mechanisms are finally revealed by theoretical analysis. Research results show that the water and core melt penetration depth increase with increasing of core melt injection temperature, and the water and core melt penetration depth show linearly increasing relationship with the core melt injection temperature, increasing core melt injection temperature is conducive to molding slender plastic products in water-assisted co-injection molding process.

Keywords : water-assisted co-injection molding ; formation mechanism ; numerical simulation

随着科学技术的发展,塑料制品将向高性能和多功能复合结构方向发展,为此研究先进高性能多层复合聚合物成型技术成为当今聚合物加工领域的研究焦点之一。目前,国际上有不少有关共注成型、气辅共注成型和水辅注射成型工艺与成型理论的研究报道^[1-10]。但是,迄今为止,尚无有关水辅共注成型工艺和相关成型机理的理论研究文献报道。该成型工艺是通过共注成型机在模腔内先注射壳层熔体,然后注入芯层熔体,最后通过水辅注射装置在芯层熔体内注入水,在模腔内聚合物熔体以多相分层流动充模成型,最终聚合物熔体固化成内表面光滑致密的多层复合中空塑料制品,这弥补了气辅共注成型制品内表面疏松导致制品强度下降的缺陷。这种成型工艺融合了共注成型和水辅成型的优点。水辅共注成型技术是一种生产低成本、多功能、高性能

的内表面致密光滑的多层复合中空塑料制品先进成型技术,该技术方法将在汽车、电子、家具等行业具有广泛的应用前景。

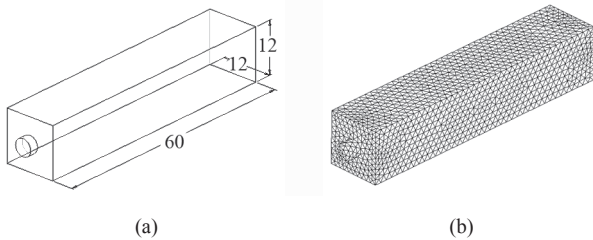
为了奠定水辅共注成型工艺和模具设计的科学理论基础,深入开展水辅共注成型的机理研究,研究建立水辅共注成型工艺与模具的理论设计方法,对于这一创新成型技术的推广和应用和产业化显得尤为迫切。

1 数值模拟条件

笔者采用长方体形状的模型,其尺寸为12 mm×12 mm×60 mm,实体模型及尺寸见图1a,有限元离散模型见图1b。

联系人:张宇,讲师,主要从事过程装备与控制研究

收稿日期:2012-10-11



a—实体模型; b—有限元模型

图 1 实体模型与有限元模型

模拟采用的壳层材料为 BASF 公司的低密度聚乙烯 (PE-LD) Lupolen 3020H, 芯层材料为 B P Chem 公司的高密度聚乙烯 (PE-HD) Rigidex HM5420XP。材料本构模型采用 Cross-WLF 本构模型, 其表达式如下^[11]:

$$\eta(\gamma, T, p) = \frac{\eta_0(T, p)}{1 + \left(\frac{\eta_0 \gamma}{\tau^*}\right)^{1-n}} \quad (1)$$

式中: η ——黏度, $\text{Pa} \cdot \text{s}$;

η_0 ——零剪切黏度, $\text{Pa} \cdot \text{s}$;

γ ——剪切变形速率, s^{-1} ;

T ——温度, K ;

p ——压力, MPa ;

τ^* ——产生剪切变稀的临界剪切应力, Pa ;

n ——非牛顿指数。

η_0 和 τ^* 反映了熔体剪切变稀的特性, η_0 由下式给出:

$$\eta_0(T, p) = D_1 e^{-\frac{A_1(T-T^*)}{A_2+(T-T^*)}} \quad (2)$$

$$T^* = D_2 + D_3 p \quad (3)$$

$$A_2 = \bar{A}_2 + D_3 p \quad (4)$$

式中: D_1 ——熔体在玻璃化转变温度下的零剪切率黏性系数, $\text{Pa} \cdot \text{s}$;

A_1 ——温度影响无因次参数;

A_2 ——温度影响系数, K ;

T^* ——参考温度, K ;

D_2 ——玻璃化转变温度, K ;

D_3 ——压力影响系数, $\text{K} \cdot \text{Pa}^{-1}$ 。

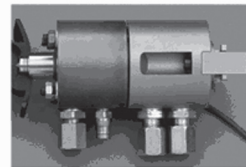
材料性能参数见表 1。水辅共注成型装置如图 2 所示, 采用台湾富强鑫的 FB-110C 型共注成型机, 水针注口如图 2b 所示。水辅共注成型的内表面光滑致密的多层复合中空塑料制品如图 3 所示。

2 芯层熔体注射温度对水辅共注成型过程的影响

芯层熔体注射温度是影响成型过程的一个关键工艺参数, 芯层熔体注射温度变化必然引起芯层

表 1 Cross-WLF 型本构方程材料参数

Cross-WLF 型黏度参数	PE-LD	PE-HD
τ	9 838	57 300
n	0.355 0	0.283 7
D_1	7.62×10^{19}	1.71×10^{18}
D_2	233.2	153.2
D_3	0	0
A_1	44.35	35.36
A_2	51.6	51.6

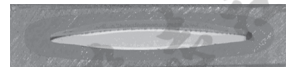


(a)

(b)

a—共注成型机; b—水针

图 2 水辅共注成型装置



(a)

(b)

a—板型制品; b—管型制品

图 3 水辅共注成型的板型和管型制品

熔体黏度变化, 从而导致芯壳层熔体黏度比的变化, 对芯层熔体和水的前沿穿透过程有很大的影响。保证芯层熔体和水填充体积相同, 研究芯层熔体注射温度对芯层熔体和水的前沿穿透过程的影响, 过程参数见表 2。

表 2 过程参数表

项目	参数
芯层熔体温度 / K	460, 480, 500, 520, 540
芯层熔体压力 / MPa	5
水温 / K	300
水压 / MPa	8
热流道温度 / K	460
壁面温度 / K	320
注水延迟时间 / s	0

图 4 为水辅共注成型芯层熔体与水在成型过程中前沿随时间 (t) 推进的三维形貌模拟研究结果。图 5 为芯层熔体注射温度对芯层熔体和水的前沿穿透过程的三维形貌模拟结果, 图 6 为芯层熔体注射温度对芯层熔体和水的前沿穿透过程前沿推进对比模拟研究结果。研究表明, 随着芯层熔体注射温度的升高, 芯层熔体和水的前沿穿透深度均增加。图 7 为芯层熔体温度对模腔内温度场影响的模拟结果。

图 8 反映了水辅共注成型芯层熔体注射温度与穿透深度的定量关系。由图 8 可知, 在恒压控制下, 随着芯层熔体注射温度的不断增加, 芯层熔体的穿

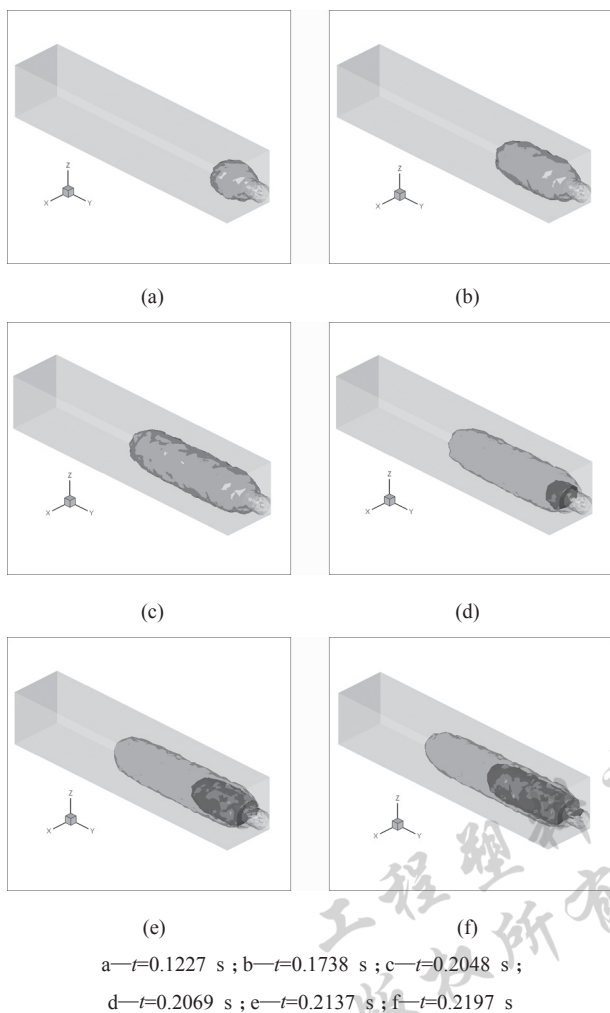


图4 水辅共注成型的填充过程图

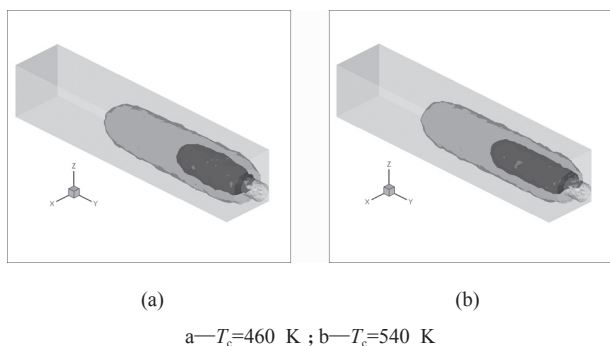


图5 芯层熔体温度对芯层熔体与水穿透三维形貌的影响

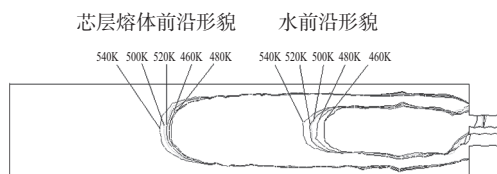


图6 不同芯层熔体注射温度下芯层熔体和水前沿穿透形貌对比

透深度和水的穿透深度均有增大的趋势,由此可见,提高芯层熔体注射温度有利于成型细长塑料制品。

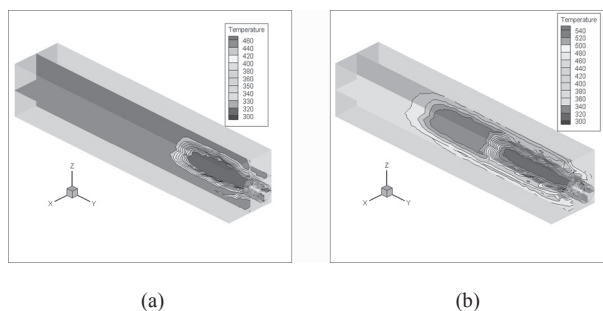


图7 芯层熔体温度对温度场的影响

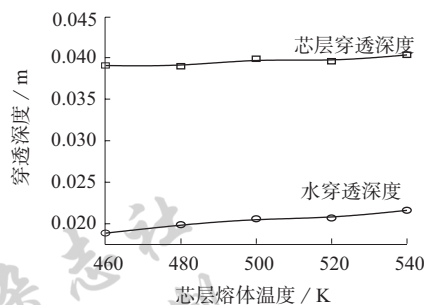


图8 芯层熔体注射温度与穿透深度的关系曲线

通过数据回归可得芯层熔体穿透深度与芯层熔体注射温度的关联方程为:

$$y_1 = 0.03157 + 1.595 \times 10^{-5} T_c \quad (5)$$

水的穿透深度与芯层熔体注射温度的关联方程为:

$$y_2 = 0.0416 + 3.145 \times 10^{-5} T_c \quad (6)$$

式中: y_1 ——芯层熔体穿透深度;

y_2 ——水的穿透深度;

T_c ——芯层熔体注射温度。

由回归方程可以看出,芯层熔体和水的穿透深度与芯层熔体注射温度都是呈线性增加的趋势。

3 机理研究

研究表明,随着芯层熔体注射温度的不断提高,芯层熔体和水的穿透深度均增加。根据流变学理论,造成这一规律的主要原因是随着芯层熔体注射温度的不断提高,芯层熔体的黏度减小,在未改变其它参数的情况下,芯壳层黏度比下降。随着芯壳层黏度比的下降,芯层熔体的穿透深度将增加。而在恒压控制下,水推动熔体的驱动力是一定的。随着芯层熔体的黏度减小,水的流动阻力减小,水的穿透深度增加。

4 结论

(1) 聚合物水辅共注成型是一种成型内表面光滑致密的高性能多层复合中空塑料制品的先进成型

技术,可弥补气辅共注成型制品内表面疏松导致制品力学强度下降的缺陷;

(2) 水辅共注成型水和芯层熔体的前沿穿透过程受控于芯层熔体注射温度;

(3) 水辅共注成型水和芯层熔体穿透深度均随着芯层熔体注射温度增加而增大,且芯层熔体和水穿透深度与芯层熔体注射温度呈线性递增关系,提高芯层熔体注射温度有利于细长塑料制品的水辅共注成型。

参考文献

- [1] 周国发,柳和生,何成宏,等.共注成型充模流动的理论模型和数值模拟研究[J].机械工程学报,2003,39(3):94-99.
Zhou Guofa, Liu Hesheng, He Chenghong, et al. Modeling and simulation of cavity filling in co-injection molding[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2003, 39(3):94-99.
- [2] 周国发,孙懋.聚合物全三维非稳态非等温多相分层流动成型过程的理论模型和数值模拟[J].机械工程学报,2004,40(9):16-22.
Zhou Guofa, Sun Mao. 3D-dimensional unsteady non-isothermal theoretical model and simulation of polymer multiphase-multilayer flow molding[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2004, 40(9):16-22.
- [3] Liu Shihjung, Wu Yichuan. Dynamic visualization of cavity-filling process in fluid-assisted injection molding-gas versus water[J]. Polymer Testing, 2007 (26):232-242.
- [4] Hmadzai A Z, Behravesh A H. Effect of processing parameters on water penetration in water assisted injection molding of ABS [J]. Polymer, 2011, 56(3):232-239.
- [5] Liu Shihjung, Lin Shihpo. Factors affecting the formation of fingering in water assisted injection molded thermoplastics[J]. Advances in Polymer Technology, 2006, 25(2):98-108.
- [6] Liu Shihjung, Chen Yenshow. Water-assisted injection molding of thermoplastic materials: Effects of processing parameters [J]. Polymer Engineering & Science, 2003, 43(11):1 806-1 817.
- [7] 周国发,徐智迅.集成 Moldflow 与多岛遗传算法的共注成型多参数智能优化[J].南昌大学学报:工科版,2011,33(4):370-373.
Zhou Guofa, Xu Zhixun. Multi-variable intelligence optimization of co-injection molding process integrated with moldflow and multi-island genetic algorithms[J]. Journal of Nanchang University: Engineering & Technology, 2011, 33(4):370-373.
- [8] Wu Y C, Chen K M, Liu S J. Core out geometries in water channels of water assisted injection moulded parts [J]. Plastics, Rubber and Composites, 2006, 35(10):425-431.
- [9] Liu S J, Wu Y C, Lai P C. Water penetration stability in water assisted injection molded symmetric ribs[J]. Intern Polym Process, 2005, 20(4):352-359.
- [10] Huang H X, Deng Z W. Effect and optimization of processing parameters in water-assisted injection molding [J]. J Appl Polym Sci, 2008, 108:228-235.
- [11] 周国发,徐智迅,刘岑.聚合物微型机械模内组成型流固耦合变形分析研究[J].中国塑料,2012,26(2):68-73.
Zhou Guofa, Xu Zhixun, Liu Cen. Investigation on fluid-solid coupling deformation in in-mold assembly molded micro polymeric parts [J]. China Plastics, 2012, 26(2):68-73.

法国食品包装禁用双酚 A

法国议会 2012 年 12 月 13 日投票决定,从 2013 年开始禁止婴儿食品包装使用含双酚 A 的材料。

法国参议院、即议会上院当天通过一项法律,“禁止生产、进口、出口和经营所有含双酚 A 成分的食品包装”。根据这项法律,法国定于 2015 年全部食品包装禁止使用双酚 A。

据报道,双酚 A 通常用于“聚碳酸酯”类硬塑料瓶,或是用作食品和饮料罐的密封内衬。一些动物实验显示,双酚 A 对大脑和神经系统有害。另有研究发现,这种化学物质关联冠心病和生殖系统疾病。(新华网)

东丽开发出低染色能耗的聚酯长纤维

据日经 BP 社报道,东丽公司日前开发出了可削减染色工序能耗及二氧化碳排放量的聚酯长纤维“POLYLOFTNP”,计划从 2013 年 4 月正式开始销售。东丽计划第一年度销量达到 50 t,3 年后年销量达到 500 t。

聚酯纤维不易上色,需要在高温高压条件下使用分散染料,而东丽于 1995 年开发出了可在常压条件下染色的聚酯长纤维“POLYLOFT”。此次开发的新纤维可将染色温度降低到常压,染色时的能源使用量可削减约 25%,同时还可减

少约 25% 的二氧化碳排放量。而且,还可与进行高温染色时强度会下降的羊毛及棉等天然纤维混合使用,并且颜色鲜艳,也不易变色及褪色。(中化新网)

海信携手巴斯夫发布低密度发泡技术

近日,海信携手全球领先的化工企业巴斯夫召开了战略成果发布会,发布了双方联合开发的低密度发泡技术,并对下一代技术规划进行了探讨。

海信研发中心工程师胡锋先生表示,海信与巴斯夫通过强强携手,在自主开发的 245fa/c-pentane(环戊烷)复合发泡技术基础上,整合双方优势资源,应用了巴斯夫全新开发的低密度低导热的组合聚醚配方,实现了对当前普通型聚氨酯发泡技术的升级换代。

经监测,通过应用上述低密度发泡技术,可使冰箱单台降低 3%~5% 的能耗,与此同时可节省约 8% 的发泡原材料消耗。现场专家给记者算了这样一笔账,全国冰箱、冷柜的年产量约 7 500 万台,按每台 6 kg 的泡沫填充量来计算,如果全面采用该低密度发泡技术仅聚氨酯原材料方面的节省将超过约 3.5 万 t,可为行业节省资源价值超 5 亿元人民币。同时可以大幅减少碳排放,实现低碳生产。(环球时报)