

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2013.04.013

注塑机螺杆混炼元件混炼性能对比研究

柳天磊¹, 王建鸿¹, 杜遥雪²

(1. 震德塑料机械有限公司, 广东佛山 528300; 2. 五邑大学机电工程学院, 广东江门 529020)

摘要: 根据生产实际设计销钉型、屏障型及菠萝型三种螺杆混炼元件, 并借助于计算流体动力学软件 POLYFLOW 分别对位于计量段末端的三种类型混炼段进行数值仿真, 对比分析其混炼性能和塑化质量。结果表明, 三种构型混炼元件中, 屏障型混炼元件出入口压力降最小, 销钉型压力降最大, 菠萝型压力降介于两者之间; 菠萝型混炼元件拉伸速率最大, 销钉型与屏障型相似; 菠萝型混炼元件混合指数最大, 销钉型次之, 屏障型最小。

关键词: 注塑机; 螺杆选型; 塑化质量; 数值模拟

中图分类号: TQ320.5+2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2013)04-0051-04

Comparative Study on Plasticizing Properties of Screw Mixing Units for Injection Machine

Liu Tianlei¹, Wang Jianhong¹, Du Yaoxue²

(1. Chen De Plastics Machinery Co., Ltd., Foshan 528300, China;

2. Department of Electromechanical Engineering, Wuyi University, Jiangmen 529020, China)

Abstract : Based on production process, three kinds of screw mixing units were designed : pin mixer, barrier mixer and pineapple mixer. Numerical simulation was carried out on the three mixing sections in the metering section based on the CFD software POLYFLOW, and comparative study was performed on the mixing properties and plasticizing quality among them. The results show that the differential pressure of exit and entrance in the barrier runner is minimum, that in the pin runner is maximum and the pressure dropdown in the pineapple between them. Moreover, the rate of stretching is larger in the pineapple mixer than in the other two mixers which are haply similar in curves. For the mixing index, the pineapple behaves best, the pin better and the barrier mixer worst. These conclusions provide a reference for the configuration of injection molding machine, selection of screws and their application.

Keywords : injection machine ; screw selection ; plasticizing property ; numerical simulation

注塑机产品的质量和性能主要取决于原材料的物料特性、生产加工工艺条件、模具及注塑机性能等因素, 而注塑机的性能占据重要位置。注塑机的质量又取决于其机械系统、液压系统及电气控制系统, 在智能化、系统化、网络化的注塑机系统中液压及电气控制作用远大于机械系统^[1], 但机械系统是注塑机中最基本的。机械系统中相对于螺杆头、止逆环、推力环、射嘴和料筒等塑化组件, 螺杆是塑料加工设备中一个至关重要的零件, 其性能对塑料制品的产量和质量有着巨大影响^[2]。

注塑机螺杆性能高低与其材质、几何结构设计、塑化工艺参数等有关, 常因其周期性工作特性及注塑产品的绿色环保、节能低耗及多样化的要求, 使其设计变得困难复杂。以往学者和工程师设计经常根据生产经验、客户反馈模仿具有优良塑化效果的挤出机螺杆。具有实验条件的高校科研机构及企

业会通过理论研究、数值模拟及实验研究设计开发新型螺杆, 比如华南理工大学、北京化工大学与海天机械有限公司、震德塑料机械有限公司合作研究, 开发多款新型螺杆及注塑机。笔者在螺杆计量段设计几款对螺杆塑化质量影响较大的屏障型、菠萝型和销钉型混炼元件, 通过聚合物三维有限元分析软件 POLYFLOW 进行数值模拟, 对比分析其塑化性能, 为注塑机应用提供螺杆选型方面的参考。

1 模型设计与材料

1.1 物理模型

为了对比分析的需要, 模拟所设计的混炼元件均取自螺杆计量段末端, 如图 1 屏障型混炼螺杆所示, 且长度及直径都相等, 并采用同样的流道。本

联系人: 柳天磊, 硕士, 主要从事塑料成型机械优化设计、仿真模拟及其自动控制研究

收稿日期: 2013-02-09

仿真模拟重点是不同混炼元件构型对塑化性能的影响,结合生产实际状况,模拟分析所设计的三种类型混炼元件均去芯化,其内径是 26 mm,外径是 36 mm,长度是 64 mm;流道是环形柱体,内径是 30 mm,外径是 36 mm,长度是 64 mm,三种混炼元件及流道模型如图 2 所示。

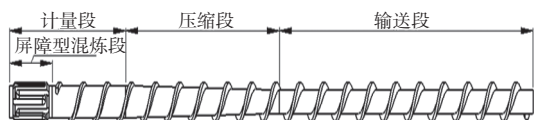
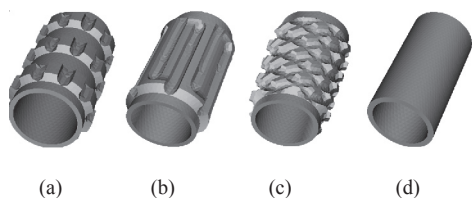


图 1 混炼元件在螺杆中的位置设置



a—销钉型；b—屏障型；b—菠萝型；d—流道

图 2 混炼元件及流道构型设计

为了便于研究模拟流场内部的物理场量变化,采用 POLYFLOW 提供的示踪点方法设置如图 3 所示的 5 个示踪点,简记为 P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 , 其实际空间物理坐标分别是 $P_1(104, 31.5, 0), P_2(115, 31.5, 0), P_3(135, 31.5, 0), P_4(145, 31.5, 0), P_5(160, 31.5, 0)$ 。

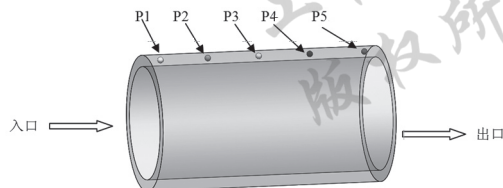


图 3 示踪点设置

1.2 模拟基本假设

在进行三维流场计算时,考虑到流场的几何形状、物料性质、流动状态、加工条件等因素造成的流场复杂性,为简化模型、减少计算,做如下假设^[3]:

- (1) 流道内为等温定常流场,场量不随时间变化;
- (2) 聚合物熔体为非牛顿、不可压缩流体;
- (3) 流动为瞬态层流流动,雷诺数小于 2000;
- (4) 物料黏度大,惯性力、重力等体积力远小于黏滞力,忽略不计;
- (5) 物料在螺杆表面无滑移。

1.3 本构模型与模拟材料

模拟采用 Cross Law 本构模型来表征聚合物熔体的黏度 η :

$$\eta = \frac{\eta_0}{1 + (\lambda \dot{\gamma})^m} \quad (1)$$

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

λ ——松弛时间, s ;

$\dot{\gamma}$ ——剪切速率, s^{-1} ;

m ——Cross 定律指数,无量纲。

模拟材料为低密度聚乙烯 (PE-LD), 其物性参数为^[4]: $\eta_0 = 8000 \text{ Pa} \cdot \text{s}$, $m = 0.75$, $\lambda = 0.12 \text{ s}$, $\rho = 924 \text{ kg/m}^3$ 。入口流量 $Q = 6000 \text{ mm}^3/\text{s}$, 三种混炼元件转速均为 $N = 180 \text{ r/min}$ 。

2 结果与讨论

2.1 压力

图 4 为模拟时间 2 s 内菠萝型、销钉型、屏障型混炼元件流道内压力对比曲线。由图 4 可知, 三种构型的混炼元件流道内压力均呈现出一种周期性的变化, 这是因为三种混炼元件均沿周向转动且其结构对称, 在流道内的同一位置, 譬如图 3 中的示踪点 1 或者其它示踪点, 物理场量会在该位置周期性的增大或者减小, 这就决定了流道内压力整体上的周期性变化。另外, 三种混炼元件压力大小有着显著的区别: 其中销钉型流道内压力最小, 屏障型流道内压力最大, 菠萝型流道内压力介于两者之间。这说明屏障型混炼元件的进出口压力降最小, 而销钉型混炼元件的进出口压力降最大, 菠萝型混炼元件压力降则介于两者之间。

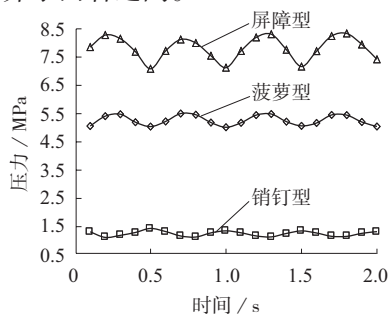


图 4 三种构型混炼元件流道内压力对比曲线

2.2 拉伸速率

图 5 为 2 s 内三种混炼元件流道内物料粒子受到的拉伸速率对比曲线。从图 5 可以看出, 三种混炼元件流道内粒子受到的拉伸速率均随时间逐渐减小, 这主要是由于随着混炼时间增加, 物料颗粒在剪切流场和拉伸流场作用下逐渐发生破碎、分配和置换过程, 其粒子粒径变小到一定粒度后趋于稳定状态, 因而流场内拉伸速率大小趋向稳定值 6.7 s^{-1} 。图 5 也说明菠萝型混炼元件内拉伸速率比其它两种混炼元件大, 其均值分别为: 菠萝型 13.94 s^{-1} , 销钉型 10.65 s^{-1} , 屏障型 10.86 s^{-1} , 这主要得益于其不断

变化的曲面弧形结构,如图6所示。这种曲面构型结构很容易形成不规则的拉伸流场,而拉伸流场是无旋流,其相对于剪切流场具有更强的拉伸分散作用,从而使流道内物料受到较大的拉伸速率。

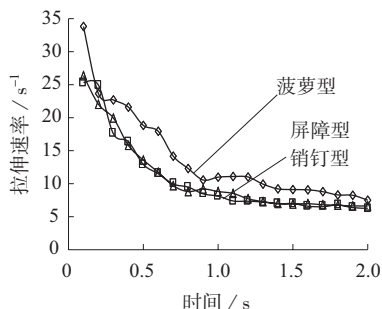


图5 三种混炼元件流道内物料粒子受到的拉伸速率对比曲线

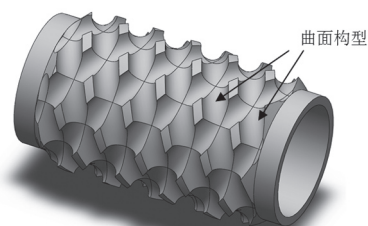


图6 菠萝型混炼元件曲面构型示意图

2.3 混合指数

物料的分散混合是通过流场施加的剪切作用和拉伸作用实现的,通过对简单的剪切和拉伸流动中颗粒破碎过程的研究表明,拉伸流动对分散混合更为有效,特别是对于具有高黏度比和低界面张力熔体的分散混合^[5-6]。为了使拉伸流动和旋转流动定量化,引入混合指数 λ_{mz} ,即为:

$$\lambda_{mz} = \frac{|D|}{|D| + |W|} \quad (2)$$

式中: $|D|$ 和 $|W|$ 是形变速率张量和旋度张量的大小, λ_{mz} 的范围为0~1。对于纯旋转运动, $\lambda_{mz}=0$;对于简单剪切运动, $\lambda_{mz}=0.5$;对于纯拉伸流动, $\lambda_{mz}=1$ 。

图7给出了三种构型混炼元件混合指数对比曲线。由图7可知,三种混炼元件流道内粒子的统计混合指数均呈现出类似正弦或者余弦曲线的周期性变化。其中,菠萝型混炼元件混合指数最大,销钉型次之,屏障型最小,均值分别为0.542,0.524,0.514。这说明菠萝型混炼元件流道内拉伸流场作用较强,而屏障型混炼元件流道内剪切流场作用较强,销钉型混炼元件流道内两种流场作用介于两者之间。由图2及图6可知,菠萝型混炼元件因其曲面构型容易形成拉伸流场,从而具有较大的拉伸速率和混合指数;屏障型混炼元件因其流道内物料从一个沟槽流动到另一个沟槽时必须经过棱的间隙而产生强

剪切作用,导致其混合指数比值较低。销钉型混炼元件因销钉的存在而使其具备一定的剪切分流作用和拉伸破碎作用,常用作混色螺杆设计中,而屏障型混炼段多用于强剪切型螺杆设计,菠萝型混炼元件则用于设计加工物料对混色和混炼均要求较高的场合。由前面分析可知,拉伸流场比剪切流场具备更强的分散混合效果,因而三种混炼元件中菠萝型混炼元件的分散混合作用最强。

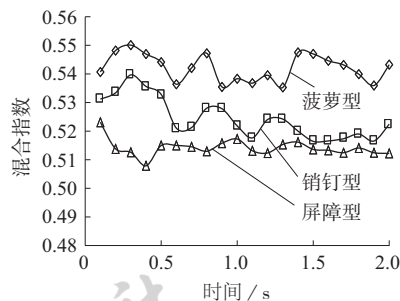


图7 三种构型混炼元件混合指数对比曲线

3 结论

(1) 三种构型混炼元件中,屏障型混炼元件压力降最小,销钉型压力降最大,菠萝型压力降介于两者之间;

(2) 菠萝型混炼元件因其曲面构型流道容易形成拉伸流场,其流道内物料受到的拉伸速率最大,销钉型与屏障型两种混炼元件流道内物料粒子受到的拉伸速率有着相似的变化趋势;

(3) 三种混炼元件因其不同的结构设计,导致其流道内剪切流场和拉伸流场所占比值不一样,从而产生不同的混合指数,为工业螺杆设计及螺杆选型提供了参考。

参考文献

- [1] 王兴天. 注塑技术与注塑机 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005:162-247.
Wang Xingtian. Injection technology and injection molding machine [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2005:162-247.
- [2] 李凌丰, 刘际轩, 茅旭飞. 螺杆加工塑料时熔体流动的数值模拟 [J]. 机械工程学报, 2011, 47(24):50-56.
Li Lingfeng, Liu Jixuan, Mao Xuwei. Study on simulation of molten polymer flow in the screw groove [J]. Journal of Mechanical Engineering, 2011, 47(24):50-56.
- [3] 柳天磊, 杜遥雪. 基于 POLYFLOW 双转子连续混炼机混炼形态模拟 [J]. 现代塑料加工应用, 2010, 22(5):22-24.
Liu Tianlei, Du Yaoxue. Mixing state simulation of twin-rotor continuous mixer based on POLYFLOW [J]. Modern Plastics Processing and Applications, 2010, 22(5):22-24.
- [4] 谢林生, 缪国兵, 陈小洪. 双转子连续混炼机过程和原理研究 [J].

塑料科技,2001(3):161-167.

Xie Linsheng, Miao Guobing, Chen Xiaohong. Study on mixing process and mechanism of two-rotor continuous mixer [J]. Plastics Science and Technology, 2001(3):161-167.

[5] 钱欣,许王定,金杨福. POLYFLOW 基础及其在塑料加工中的应用 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2010:317-319.

Qianxin, Xu Wangding, Jin Yangfu. Basis of POLYFLOW and its

application in plastics processing [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2010:317-319.

[6] 柳天磊,杜遥雪. 振动力场对销钉挤出机混炼过程的影响 [J]. 工程塑料应用, 2011, 39(3):80-84.

Liu Tianlei, Du Yaoxue. Effect on mixing process of pin screw extruder under vibration force field [J]. Engineering Plastics Application, 2011, 39(3):80-84.

海南首个完全可降解塑料项目投产

近日,海南首个完全可降解塑料项目正式投产,年产量可达约 1 500 t。目前,该项目主要用于替代一次性不可降解塑料购物袋、垃圾袋、农膜、杯、碗、餐盒等。

据悉,该项目主要以木薯淀粉为原料,生产可完全生物降解的塑料颗粒和环保塑料袋。目前,产品经国家塑料制品质量监督检验中心检测,完全降解率高于国际标准 6 倍,节能是所有石化塑料的 100 倍以上,且还有改良土壤的奇特功效。而生产过程中产生的废料,经过粉碎后,还能作为动物饲料和有机化肥原料。

据介绍,该项目做到了生物资源化、使用无公害化、污染减量化三大标准,项目投产后,既可减轻二氧化碳的集中排放,又可替代有污染的不可降解塑料,延伸出更合理、高效的产业链,副产的废气也可以加以利用,提高了经济效益和社会效益。该项目的落户,不但有效地消除了“白色污染”,也促进了海南生态省建设。

该项目由海南省生态研究院与广东三九集团投资开发,成立海南首家生物基完全可降解制品企业——海南益然降解塑料制品有限公司于 2012 年 12 月开工建设,属国家 863 星火计划,具有我国自主知识产权。该企业秉承“走绿色、低碳、可持续发展之路”为宗旨,以“遏制白色污染,呵护绿色家园”为己任,为绿色崛起增添光彩。企业采用成熟可靠的工艺技术和设备,在加工、生产、储存、运输、销售过程中采用先进的生态环保流程,零污染、零排放,达到国内领先水平。

(海南在线)

台湾长春人造树脂公司改性 PBT 的应用

聚对苯二甲酸丁二酯 (PBT) 是与尼龙、聚碳酸酯、聚甲醛、改性聚苯醚齐名的五大通用工程塑料之一。目前市场上 80% 以上 PBT 的都是改性后使用的。PBT 改性工程塑料以其优异的物理、力学及电气等特性在汽车与电子电气等领域日益得到广泛应用。目前全世界 PBT 改性工程塑料产能已达到 50 万 t/a 以上,在五大通用工程塑料中居第四位。

CCP PBT 是台湾长春人造树脂有限公司应国内产业升级,经多年投入大量人力物力研发而成的功能塑胶材料。到 2013 年末,长春公司位于江苏常熟的工厂, PBT 纯树脂将扩产至 18 万 t,改性 PBT 也将扩产至 3 万 t。

CCP PBT 有如下特性: 结晶快速,易成型; 熔点高达 225℃,耐热性佳; 玻璃纤维强化,力学强度大; 吸水率低,尺寸稳定性佳; 摩擦系数低,耐磨耗; 耐化学品、溶剂、耐候性

佳; 弯曲蠕变性佳; 可制成耐燃级,符合 UL94 V-0 要求; 界面强度高,电气性质佳; 可以超音波熔接,加工容易。

CCP PBT 应用在汽车上的成功案例见表 1。

表 1 CCP PBT 在汽车各部件成功应用案例

规格	应用	应用案例
1100-104S 1100-630S	连接器,点火装置	GM/OPEL/VW 汽车
1200BK 3020-104 3030-104	汽车天线 门锁系统	捷克 SKODA、VW、BMW 天线
3030M-104 3030M-138	配电器外壳	美国汽车维修市场
3020M-210	前照灯反射碗	TYC 灯
1100-630S 3015-201 3030-201 3040-201	连接器 / 雨刮器	美国汽车维修市场
9035-104 3020-104	灯座 汽车零部件	美国汽车零部件 连接器
3010 3015 3020 3030	连接器	TOYOTA 汽车零部件
3030M-222 3020-300 3030-104	配电器外壳 连接器	意大利汽车维修市场 欧洲汽车维修市场
3030-104W 1100-149U	雨刮器 摩托车底座	萨夫林后窗雨刮器 台湾摩托车工业

(徐珂楠)

全新抗震型 PE 塑料管材应用量增长速度快

对于 PE 管道的抗震性能,业内人士的认识比较统一: PE 管具有独特的柔韧性和优良的耐刮伤能力,容易移动、弯曲和穿插,遇铺设路面沉降、错位也不容易断裂造成伤害,抗震性能好。在 1995 年日本神户地震中,唯一未造成大规模损坏的管道就是 PE 燃气管和给水管。也正是因为诸多优点,使之以在欧洲管道市场占有重要的位置,并成为美国十几年来各种塑料管道产品中应用量增长速度最快的管道产品。

在 PE 类管道产品中,一种以 PE 为基材、以钢丝网骨架增强的复合管材——钢丝网骨架 PE 增强复合管的抗震性能也受到了关注。这种管材在继承了纯 PE 管道各种优点的基础上,因为钢丝网骨架的增强作用,使得它适应地面沉降等条件的能力更加突出。在奥运场馆建设过程中,这种管材就是因为上述优点而被选作国家体育场的埋地生活用水管材。

(建装网)