

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2014.10.017

螺杆与料筒不同断面形状组合对挤出机流场的影响*

张帅,李峰,王宁,樊耀耀,陈占春

(太原理工大学机械工程学院,太原 030024)

摘要: 从对挤出成型有重要影响的螺杆和螺槽结构形式着手,通过改变螺杆和料筒的螺槽断面形状,使用 Polyflow 软件对聚乙烯熔体等温状态时在螺杆与料筒不同断面组合形状下的挤出过程进行数值模拟。通过对比分析压力分布和剪切速率的变化,综合考虑对剪切速率和生产效率的影响,得出螺杆和料筒螺槽断面形状均为梯形形状时可以得到较好的剪切效果。

关键词: 单螺杆;螺槽形状;数值模拟;剪切速率

中图分类号: TP391.7, TQ320.5+2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2014)10-0072-04

Influence of Screw and Channel Sectional Shapes on Extruder Flow Field

Zhang Shuai, Li Feng, Wang Ning, Fan Yaoyao, Chen Zhanchun

(School of Mechanical Engineering, Taiyuan University, Taiyuan 030024, China)

Abstract : The structure of screws and channels had great effects on the extruding performance. By changing the section shapes of screw and channels, the extruding process of PE melt in isothermal flow fields was simulated with Polyflow software. By comparing the variation of pressure fields and shearing rate fields with each other, it was concluded that trapezoid screw and channel could lead to good shearing effect.

Keywords : single screw ; channel structure ; numerical simulation ; shearing rate

挤出成型因其可实现连续自动化生产控制而逐渐发展成为塑料成型加工领域中变化多、生产率高、适应性强、用途广泛、所占比例较大的成型加工方法^[1-2]。螺杆和料筒作为影响剪切效果和产量的重要因素,其结构参数已经逐渐成为人们设计强剪切力化学反应挤出装置的突破口。为了探究不同参数对挤出效果的影响,国内外不少专家学者在尝试用不同方法对挤出过程进行模拟^[3-7]。笔者从对挤出成型有重要影响的螺杆结构形式着手,通过改变螺杆和料筒的螺槽形状,用 Polyflow 软件对各种组合形式进行模拟,对比其压力分布和剪切速率变化,得出剪切速率和传输效率综合效果最好的方案,从而得到一套适用于新型强剪切单螺杆力反应挤出机的螺杆和料筒形状组合方案。

1 数学模型与物理模型

1.1 数学模型

为了便于计算,物料在流道内的运动过程简化如下:

(1) 流场为等温流场;

(2) 流体为满足 Bird-Carreau 模型方程的非牛顿不可压缩流体,且在流体域内做层流运动;

(3) 流体充满分析区域,忽略重力、惯性力(远小于粘滞力);

(4) 螺筒内壁与螺杆表面无滑移。

基本方程如下:

$$\tau = 2\eta\dot{\gamma}D \quad (1)$$

$$\dot{\gamma} = \sqrt{2D:D} \quad (2)$$

式中: τ ——应力张量;

η ——表观黏度;

$\dot{\gamma}$ ——剪切速率;

D ——变形速率张量。

1.2 物理模型

螺杆和料筒形状如图 1 所示。图中螺杆直径 90 mm,螺杆螺槽深度 4.5 mm,螺杆螺槽顶端与料筒螺槽顶端的间隙为 2 mm,料筒上开有槽深为 2 mm 的左旋螺旋槽,螺杆和料筒长度均为 270 mm。

* 国家青年科学基金项目(51303123),太原理工大学青年基金项目(2012L065)

联系人:陈占春,讲师,主要从事高聚物加工及形态结构的研究

收稿日期:2014-07-12

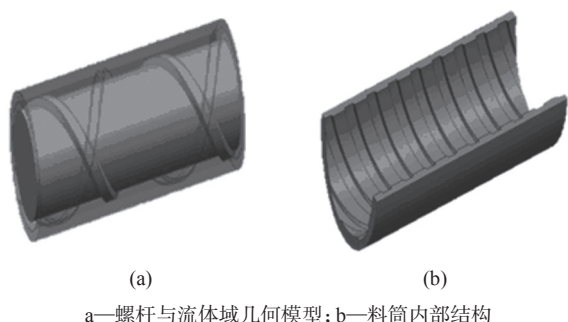


图1 螺杆和流体域结构

1.3 设定模拟参数

采用 Polyflow 软件对聚乙烯在不同结构的螺杆和料筒组合流场中的挤出过程进行数值模拟, 求出其对应的压力场和剪切速率的变化。为了便于计算, 设置流体为广义牛顿等温流体, 采用 mini-element 插值, 压力采用线性插值, 使用 Picard 迭代黏度。螺杆转速为 500 r/min, 入口压力为 4 MPa, 出口压力为 6 MPa。

2 组合方案与模拟结果分析

2.1 组合选型

贾明印等^[8]通过对光滑料筒、有轴向直槽料筒以及开有螺旋槽料筒简单螺杆挤出机的对比研究, 总结出开有螺旋沟槽料筒简单螺杆挤出机在产量和能耗等方面优势比较明显。柳娟等^[9]发现与右旋料筒相比, 左旋料筒挤出熔体速度有所提升, 同时流道内粒子混合指数和拉伸指数也有所提升, 此外左旋料筒的分离尺度较小, 可提高挤出输送能力和混合性能。李峰等^[10]通过对等温流场下不同螺纹升角的单螺杆挤出机的挤出过程进行模拟, 得出了增加螺纹升角可以提升对物料的剪切速率。因此笔者将螺杆和料筒头数设计为 3 头, 螺纹升角都选 50° , 螺杆螺纹旋向为右旋, 料筒为左旋, 以螺槽形状为变量对不同断面形状下的流道进行数值分析。料筒螺槽断面和螺杆螺棱断面均分别选取三角形、矩形、梯形三种形状, 对比图 2 所示九种组合选取最优解。

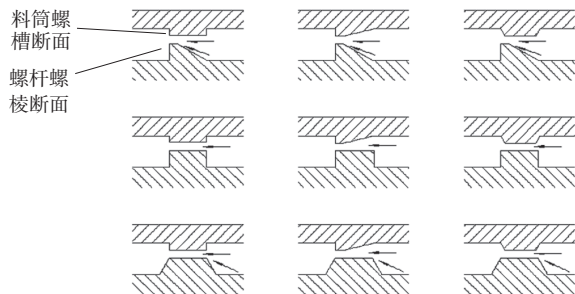


图2 料筒和螺杆螺槽断面形状组合

2.2 模拟结果分析

(1) 料筒的螺槽断面为矩形。

当料筒螺槽断面形状选用矩形, 螺杆螺棱断面形状分别选取三角形、矩形、梯形三种形状时压强以及剪切速率分布如图 3 所示。

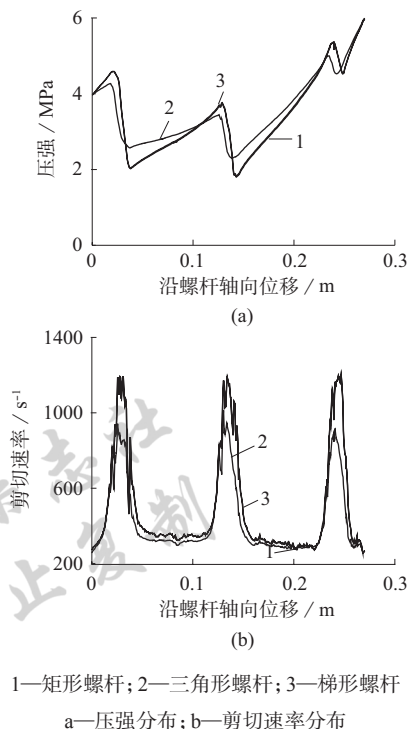


图3 矩形料筒下不同截面形状螺杆的压强与剪切速率分布

由图 3 可知, 料筒螺槽断面为矩形, 螺杆螺棱断面为三角形时, 流道中轴向任意两相邻螺槽中压强差减小, 在螺槽横截面积一定的情况下, 螺槽内压力差也相应减小, 压力差减小可以降低倒流量和漏流量。虽然截面形状为三角形可以在提高混合效果以及均化效果的同时有效避免涡流现象, 但考虑到其剪切速率最大只有 900 s^{-1} 左右, 且剪切速率峰值和谷值差距较小, 剪切效果并非很好。而另外两种组合的剪切速率与压力分布大致相似, 且剪切速率峰值和谷值差距较大, 可以产生较好的剪切效果。

(2) 料筒的螺槽断面为三角形。

当料筒的螺槽界面形状为三角形, 螺杆的螺棱断面形状分别为矩形、三角形、梯形时, 其压强与剪切速率分布如图 4 所示。

由图 4 可知, 当料筒螺槽断面形状为三角形时, 无论螺杆的螺棱断面形状是矩形还是梯形, 剪切速率都不是太高, 最大值只能达到 1000 s^{-1} 左右; 当螺杆螺棱断面形状为三角形时, 虽然首个剪切速率峰值达到 1400 s^{-1} , 但其后两个峰值只能稳定在

800 ~ 900 s^{-1} ,这三种组合剪切效果均不理想。因此料筒螺槽断面为三角形的方案最先被排除。

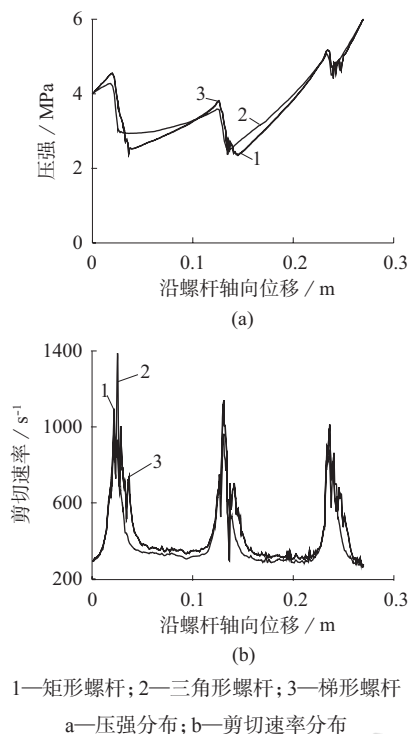


图4 三角形料筒下不同截面形状螺杆的压强和剪切速率分布

(3) 料筒的螺槽断面为梯形。

当料筒的螺槽截面形状为梯形,螺杆的螺棱断面形状分别为矩形、三角形、梯形时,其压强和剪切速率分布如图5所示。

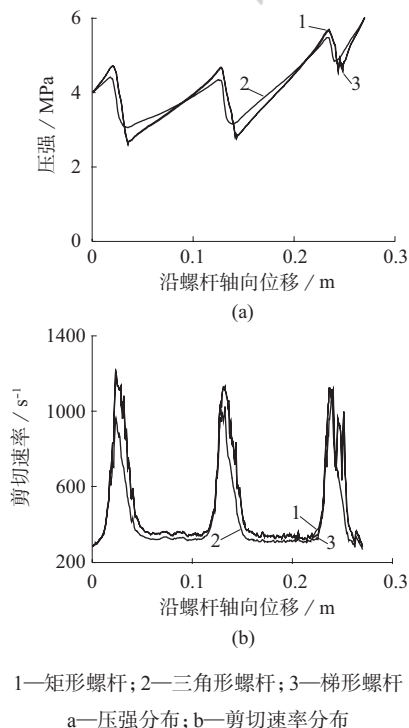


图5 梯形料筒下不同截面形状螺杆的压强和剪切速率分布

由图5可知,料筒螺槽断面形状为梯形时,其与螺棱断面形状为三角形的螺杆组合时剪切速率峰谷的差值最小,剪切效率最差;其与螺棱断面形状为矩形或梯形的螺杆组合时,剪切效果差别不大,最大剪切速率均能达到1200 s^{-1} 左右。

结合上面已经排除以三角形作为料筒螺槽断面形状的方案,对比图3、图5可得:当料筒与螺杆螺槽截面形状不一致时,剪切区域剪切速率会出现瞬间骤降点,因此接下来只讨论剩下的两种料筒和螺杆截面形状相同的方案(料筒和螺杆断面形状均为矩形或梯形)。虽然两种组合形式剪切速率分布大体相似,但在考虑到梯形螺纹可以增加对物料的推进力,从而可以提高挤出效率、传输效率,此外梯形螺纹在混合及塑化效果方面具有一定优势,因此选取螺槽断面形状为梯形。

3 结论

螺杆参数是影响剪切速率和压强的主要因素,但料筒的螺槽断面形状变化可以改变物料与料筒的接触面积,从而对剪切效果也有一定的影响。螺棱断面形状为梯形的组合形式虽然和断面形状为矩形的组合剪切速率不分伯仲,最大剪切速率都可以达到1200 s^{-1} 左右,剪切速率峰值与谷值之差稳定在900 s^{-1} 。但考虑到断面形状为梯形的方案可以改善塑化效果,提高输送物料的稳定性的考虑,最终得出螺棱断面形状为梯形的螺杆与料筒的组合形式在传输效率和剪切效果上更具优势,最终选取螺杆螺棱断面和料筒螺槽断面形状均为梯形的组合。

参考文献

- [1] 史玉升,李远才,杨劲松. 高分子材料成型工艺[M]. 北京:化学工业出版社,2006:52-61.
Shi Yusheng, Li Yuancai, Yang Jinsong. The process of polymer molding[M]. Beijing:Chemical Industry Press, 2006:52-61.
- [2] 北京化工大学,华南理工大学. 塑料机械设计[M].2版. 北京:中国轻工业出版社,1998:1-85.
Beijing University of Chemical Technology, South China University of Technology. Plastic machinery design[M].2ed. Beijing:China Light Industry Press, 1998:1-85.
- [3] Wilczyński K. SSEM:A computer model for a polymer single-screw extrusion[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2001, 109:308-313.
- [4] Moysey P A, Thompson M R. Modelling the solids inflow and solids conveying of single-screw extruders using the discrete element method[J]. Powder Technology, 2005, 153:95-107.

- [5] Mohamed I O, Ofoli R Y, Morgan R G. Modelling the average shear rate in a co-rotating twin screw extruder[J]. Journal of Food Process Engineering, 1990, 12 :227-246.
- [6] Botten A J, Burbidge A S, Blackburn S. A model to predict the pressure development in single screw extrusion[J]. Journal of Materials Processing Technology ,2003, 135:284-290.
- [7] 潘龙,张玉霞,金志明,等. 单螺杆挤出机高速挤出技术研究进展[J]. 中国塑料,2009,23(8):1-6.
Pan Long, Zhang Yuxia, Jin Zhiming, et al. Technological progress in high speed extrusion of single-screw extruders[J]. China Plastics, 2009, 23(8):1-6.
- [8] 贾明印,薛平,金晓明,等. 开槽机筒单螺杆挤出机的对比研究[J]. 工程塑料应用,2012,40(10):50-53.
- Jia Mingyin, Xue Ping, Jin Xiaoming, et al. Comparative research on grooved barrel single screw extruders[J]. Engineering Plastics Application, 2012, 40(10):50-53.
- [9] 柳娟,王建. 左右旋螺筒结构对单螺杆挤出机性能的影响[J]. 高分子材料科学与工程,2014,30(3):124-133.
Liu Juan, Wang Jian. Influence of left and right hand helically grooved barrels on the performance of single screw extruder[J]. Polymer Materials Science and Engineering, 2014, 30(3):124-133.
- [10] 李峰,樊耀耀,王宁,等. 螺杆几何参数对强剪切应力挤出机流场的影响[J]. 工程塑料应用,2013,41(12):70-74.
Li Feng, Fan Yaoyao, Wang Ning, et al. Effects of screw geometric paramters on flow fields of strong shear stress extruder[J]. Engineering Plastics Application, 2013, 41(12):70-74.

欧文斯科宁推出六大玻纤创新产品

近日,欧文斯科宁复合材料业务部在2014年“第20届中国国际复合材料工业技术展览会”上,推出了六大围绕客户需求的创新产品,体现了其为客户提供差异化的复合材料解决方案,帮助实现传统材料在众多应用领域中转换和替代的能力。

在油气油田应用领域,欧文斯科宁专利产品 Advantex 耐腐蚀 ECR 玻纤产品使环氧缠绕管道在安装后具有出色的耐腐蚀性和更长的使用寿命。其专门研发的 SE2307 单端无捻粗纱适用于缠绕工艺,兼具良好的纤维缠绕加工性,可提供更高的管道爆破压力和更优异的管道抗循环疲劳性能。

在风力发电机领域,欧文斯科宁复合材料推出了 WindStrand 直接纱和 Ultrablade 高模量织物组成的玻纤方案,旨在支持风电生产商实现降低能源生产总成本的目标,促进风能发展。其 WindStrand 2000,3000 及 4000 系列 Type 30 直接纱重新定义了风能产品平台,形成了兼具设计自由度、高性能以及可靠性的优势组合,使客户能够造出更长的涡轮叶片,最多可减重 6%。新的 Ultrablade 技术织物则能满足行业对较长叶片的需求(最多增长 20%),适用于陆地与沿海以及风力不足的地区。

此外,在汽车、运输以及工业领域,PerforMax 产品提高了复合材料生产线的速度,并且通过提高玻纤含量实现了许多新的应用领域的突破。

据悉,在年初的 JEC 复合材料展上,欧文斯科宁推出了为长纤维增强热塑性聚丙烯(LFTPP)而设计的 SE4849 Type 30 直接纱,适用于聚丙烯树脂长玻纤造粒,连续纤维熔融浸渍,在线长玻纤增强热塑性塑料及连续纤维增强热塑性塑料片材。(中塑橡网)

西布尔聚合物业务推高今年上半年整体销售业绩

近日,俄罗斯大型塑料及化学用品生产商西布尔集团对外公布了其2014年上半年财政报表。数据显示,今年上半年西布尔总体销售额为34亿欧元,同比增长32.1%。

该公司在一份声明中表示,此次销售额的增长很大程度

上得益于其基础聚合物业务单元业绩的走好。今年1~6月该业务单元总销售额为3.34亿欧元,较去年同期的2.1亿欧元增长58%。

今年上半年,西布尔息税折旧及摊销前利润为9.91亿欧元,同比增长29.8%。

与此同时,西布尔还在声明中着重强调了其位于托博尔斯克新建150万t/a以天然气为原料的乙烯裂解装置项目。该公司称,这个命名为ZapSibNeftekhim的项目还将包括50万t/a的丙烯、10万t/a的丁烷-丁烯组分(BBF)以及150万t/a不同等级PE的生产能力。此外,该项目还将包括一套50万t/a的PP装置。据悉,目前裂解装置、PE和PP装置的前端工程设计已经完成。(中塑在线)

欧元疲软助力欧洲 ABS 生产商抢占更多市场份额

自进入今年9月以来,欧元一直处于贬值状态。其兑美元的汇率连日来持续走跌。9月18日,欧元兑美元汇率为1.29:1,较此前5月6日的1.3931:1下跌7个百分点。

对于欧元区居民而言,此次欧元贬值犹如“晴天霹雳”,给他们日常生活带来了诸多不便;然对于欧洲ABS生产商而言,这是一次抢占市场份额的良机。

“自欧元走跌以来,我们海内外的订单量大幅增加。本月是今年9个月以来ABS市场需求最为旺盛的一个月。”当地一位生产商说道。

9月初,欧元兑美元汇率大幅下跌。受其影响,欧洲产ABS较亚洲产ABS更具价格竞争优势。

普氏资讯最新数据显示,本周三欧洲产ABS市场报价为FD西北欧1695欧元/t(2182美元/t)。亚洲方面,CFR中国ABS现货报价为1910美元/t,CFR韩国ABS现货报价为1925美元/t。然而,加上运费及其他一些税收费用,亚洲ABS船货在欧洲市场上的报价至少得2210美元/t。

当前,亚洲供应商掌控着欧洲各10%的PP和PE市场份额,然其手头ABS市场份额所占比例却高达30%之多。鉴于此,欧洲ABS生产商戏称,从亚洲供应商手中抢回更多的市场份额是他们的共同目标。(隆众石化)