

挤出机机头中有关压力降的研究进展

徐孟平 唐 跃

(青岛科技大学机电学院,青岛 266042)

摘要 介绍了挤出机机头中压力的计算方法、测量技术和控制技术的研究进展。采用数值模拟方法计算复杂挤出机机头内的压力降能适合多种情况,是压力降计算方法的发展方向,但计算比较复杂;机头压力的在线测量可以提供连续测量数据,为机头设计提供可靠依据;压力控制精度的提高是制品质量和产量稳定的最终保证。

关键词 压力计算 压力测量 压力控制

挤出成型是塑料加工中最重要的方法之一。在挤出成型中,挤出机机头是关键部件,尤其在新发展的精密挤出机中,机头设计技术水平是实现精密挤出的重要因素。

由于塑料熔体内部粘滞力和流道壁摩擦力的存在,熔体沿流道流动会引起熔体压力的变化,产生一定的压力降。要使塑料熔体能够均匀连续地通过机头成型,必须在机头内保持足够的压力。机头内的压力不仅限制了挤出的产量,还会影响制品质量。压力增大使熔体内的耗散能增大,造成机头内温度升高,严重时会造成熔体破裂。另外,机头内的压力大小还直接影响物料性能和挤出制品的出模膨胀量,这也是模具刚度计算和强度校核的唯一依据,并被用来评估口模设计的可行性。

笔者主要综述了机头压力计算方法、测量技术和控制技术方面的研究进展,希望能对机头设计工作有所裨益。

1 压力计算方法

在机头设计之初的准备中,其中一个重要的工作是根据挤出机的工作特性得出机头的操作点或操作区域,大体算出机头的压力降。

工程实践表明,塑料熔体在机头内流动时产生的压力降既与挤出原料本身的特性又与流道的形状和尺寸有很大关系。这些因素互相影响,且很复杂,很多人做了大量工作来尝试确定这些因素之间的关系。张先明^[1]基于物料在线性圆锥形衣架口模中均一流动原则,采用 MATLAB 软件计算并绘图,分析了口模高度、幂率指数、扇形区高度和宽度等因素对歧管半径分布和机头中压力降的影响。刘斌^[2]以通用有限元分析软件 ANSYS 为平台,计算了熔体在口模内流动的速度场和压力场。

各种简单流道内的压力计算公式已被广泛应用到机头设计中,且计算结果基本与实际流动情况符合^[3]。W. 迈切里^[4]和唐志玉^[5]也在机头设计的专著中对简单流道内的压力计算进行了详细的论述。随着工业和民用塑料制品需求的增长,新型机头不断出现。现在市场上出现的多种复杂流道的机头,大部分是从国外进口的,国产的则很少且成本很高。传统的挤出模设计主要靠设计人员的经验和直觉,通过反复试模、修模来修正,缺乏科学依据,具有较大盲目性,不仅使机头生产周期长,成本高,而且也难以保证质量,尤其对

于截面形状复杂的异型材挤出机头问题更加突出,这当中压力分布的计算是主要问题,许多学者在这方面进行了大量的研究。王晓枫等^[6]对塑料异型材挤出机头典型流道结构进行了分析,将其按流道形状分成多孔板、稳流区、分流扩张区、分流支架、压缩区、定型区 6 个区域,给出熔体经过各区域的压力降计算公式并指出:①塑料熔体在机头内流动时产生的压力降与挤出原料本身的特性,如稠度、流动行为指数等有很大关系。在设计时应了解原料的流变学特性,这是机头设计的基础。②塑料熔体在机头内流动时产生的压力降与流道的形状和尺寸密切相关,设计时要合理地进行选择。但是流道的形状和尺寸的选择受到多方面因素的制约,流道的形状和尺寸的改变会引起机头各项技术指标的变化。这些变化往往是相互矛盾的,如加大流道尺寸可以降低压力损失,但却使熔体产生滞流,引起热降解。因此对每个尺寸的选择都要全面、均衡地考虑。田绪东等^[7]用纠正系数法得出几种特殊流道(窄缝 $B/H < 10$,板窄缝出口,窄缝出口,半泪珠形出口,泪珠形出口, α 为 90° 的半泪珠形出口)中的压力计算公式。

随着计算机和计算技术的发展,数值模拟的方法逐渐成为聚合物加工流动分析的强有力工具。J. Perdikoulis 等^[8]通过实验比较了三种描述聚合物熔体在旋转机头口模中流动的数学模型,指出由 Vleck 模型预测流场变化及压力降时最为精确。Y. Wang 等^[9]计算了幂律流体在缝式口模和衣架式口模中的三维流动,分析了口模中速度曲线和压力降的分布及横向流动速率分布。P. Hurez 等^[10]提出了横截面/假想区域法求解任意复杂口模内没有分流的流动问题,即采用横截面法计算垂直于流动方向的横截面上的速度分布,在流动速率已知的情况下,由机械能的宏观平衡可获得压力降。这种方法是在三维和二维方法之间采取的折衷方法,既能完整地分析口模内的流动(二维流动仅获得横截面上的速度场,无法考虑压力降与流动速率关系,而这是完整描述挤出工艺所必不可少的),同时也避免了一般三维分析中普遍存在的求解和网格划分均需大量计算时间的缺点。并对几种机头做了试验,发现模拟结果与真实的数值解吻合得较好。

这样,通过计算一系列二维问题(在垂直于流动方向的横断面上)能得到压力降和流率的关系,而不需要解全三维流动问题。因此,国内很多学者采用横截面/假想区域法求解许多问题。王利霞^[11]、陈静波等^[12]分别用此法实现了几种异型材挤出机内压力降的数值计算,计算结果与三维有限元解的对比取得了满意的效果。杨超军^[13]根据塑料熔体流变学理论,推导了狭缝流道压力降计算公式;在此基础上又采用横截面/假想区域法推得变截面流道的压力降计算公式,并通过计算机编程实现了塑料异型材机头成型段、压缩段的流动分析。B. Arpin 等^[14]用解析法和数值法模拟了衣架式口模中的二维流动,得到速度场和压力场。

随着计算机性能的不断提高,以及计算机软件的发展,出现了很多应用到流场分析的 CAE 软件。Compuplast 公司专为塑料挤出行业开发的 FLOW2000 软件可以对塑料挤出机及各种机头内的流场进行分析。Fluent 公司开发的 Poly-flow 软件是基于有限元法的专用 CFD 求解器,专用于粘弹性材料的流动仿真。Diedes Pass 软件是美国 Polyer Processing Institute 开发出的单螺杆挤出成型 CAE 软件,其带有两个模拟模块,一个用于模拟熔体通过芯棒式口模的非牛顿、非等温流动,另一个用于模拟熔体通过衣架式口模的非等温流动。加拿大 Advanced Processing and Design 中心开发的 Extru CAD 包括 Extru CAD/Flat CAD 和 Spiral CAD 等模块。它能模拟物料通过挤出机平缝式、鱼尾式和衣架式共挤出机头的情况。美国 ANSYS 公司开发的 ANSYS 软件,可以进行流体动力学分析。

很多学者用这些 CAE 软件分析了各种流道结构内的流场,并进行流道的优化设计。G. Su^[15]利用 ANSYS 软件模拟了“L”形片材口模中的压力分布。宿果英等^[16]利用 ANSYS 软件对“L”形片材挤出机机头流道内压力分布进行三维有限元分析,得到机头口模区域压力横向分布。

2 压力测量技术

压力测量在机头设计中是很重要的方面,机头设计完成后要进行调试以达到所要求的工作条件,压力测量必不可少。但压力测量比较困难,这有口模结构复杂的原因,也有测量技术的原因。最早用于挤出设备中压力测量的仪器是 Burdon 管压力表,但其精度不高,数据记录困难,直到适用于高温熔体的压力传感器出现后,精确测量和连续记录才成为可能。

计算机技术的发展使测试技术产生了革命性的变化。用计算机辅助测试的方法对流道中的压力进行测量,一方面可以通过均值计算被测点的压力值,另一方面为分析机头流道中的压力波动与挤出制品的质量和产量的关系提供依据。闫宝瑞等^[17]从挤出过程中压力信号的特点出发,提出了对测试系统采样频率的要求。依据高温熔体压力传感器的原理,给出了在测试系统的设计过程中如何处理温度零点漂移的方法及计算实际压力的公式。秦永法^[18]针对挤出机机头流道压力测试的难点,建立了计算机辅助测试的数据采集系

统,编制了相应的数据采集程序,并以实例说明测试方法的正确性。

在线测量技术是现代计量测试的一个重点发展领域,它的应用不仅可以降低成本、增加产量、提高效益,而且还可以保证制品的质量、增强制品的竞争力。另外,在线测量还能随时监测和诊断甚至可以排除生产设备的潜在故障,使生产系统处于最佳的运行状态。在线测量技术在塑料工业中应用很广,在压力测量方面,现在应用于实践的、比较成熟的是用于挤出螺杆部位的三段测量和机头口模处测量的 Dynisco 温度压力传感器。当代最先进的液体填充毛细管式熔体压力传感器,有坚固而又耐磨的材料保护,在 68.9 MPa 压力下误差只有 0.25%,并可实现重复的稳定性压力测量。传感器的重大技术突破可使传感器能抗震动和滚动干扰。此外,温度的稳定与否亦影响压力的测量输出,严重时可使输出仪表刻度改变 25%。这方面现已有了专利改进,目前尚处于商业保密阶段。关于检测仪表的滞后性,现代的测量技术亦可减小到满刻度的 0.1%~0.2%。这种在线测量技术,在塑料挤出机和注塑机上已经得到广泛的使用^[19]。

3 压力控制技术

挤出过程的精密化是现代挤出成型技术发展的重要方向,精密挤出一方面可满足制品精度不断增加的要求,另一方面也可节约原料。挤出精度不高限制了一些对精度要求极高的制品的应用,如光导纤维、高速涂覆电缆、双向拉伸薄膜、医用特种管制品及微孔发泡制品等^[20]。

机头压力的大小要受到固体输送效率、塑化熔融历程及机筒温度等众多因素的影响,故比较容易产生波动。对于遵循幂律模型的假塑性流体来讲,在成型加工过程中较小的机头压力波动将会引起较大的流动速率波动。因此,控制机头压力的波动对于挤出过程的稳定化具有十分重要的意义。为了解决机头压力波动的影响,可以在挤出机与机头之间串联一个熔体齿轮泵,它由两个设计精密的齿轮相互啮合运转,可使熔体进一步均化、压力稳定、料流无脉动,最终可提高制品质量。

但熔体齿轮泵成本较高,价格昂贵,还可能引起其它问题,如①若压差过大,齿轮可能会卡壳。②因其滞流问题,难以加工热敏性物料。③其精密的驱动和传动系统很容易被破坏而失效。作为熔体齿轮泵稳压性能的替代品,出现了一种新型稳压装置——压力波动控制器,它不仅能够抑制熔体挤出的高频波动,而且成本大大降低^[21]。但压力波动控制器可控性差,其应用远不如串联式熔体齿轮泵广泛。

针对串联式熔体齿轮泵存在的入口压力低、润滑和密封故障率高、价格昂贵及压力波动控制器可控性差的问题,吴大鸣^[22]等设计了并联式稳压装置并在理论研究和实验研究的基础上使其不断完善,显示出良好的应用前景。与串联式熔体齿轮泵相比,并联式稳压装置具有很多优点,如①其在不降低挤出机主机塑化压力的条件下实现了稳压功能,且不存在串联式熔体齿轮泵所必须面对的高温、高压密封和润滑

问题;②它对各部件的机加工和装配无过高的要求,成本大大低于串联式熔体齿轮泵。因而,在生产普通非高精度制品的生产装备上也有良好的应用前景。

4 结语

在挤出机机头设计中,压力的计算、测量和控制三者之间关系密切。在压力计算的各种方法中,数值模拟法较精确且能适合各种复杂的机头结构,但其计算过程较复杂;在线测量技术是现代测量技术发展的方向,如果在线测量技术再配以更先进的压力传感器,则所得测量结果精度更高;并联式稳压装置有良好的应用前景,控制压力精度的提高更能提高制品质量和产量的稳定性。随着压力计算、测量技术和控制技术的提高,机头设计水平将会进一步提高。

参考文献

- 1 张先明,等.塑料工业,2003,31(3):31
- 2 刘斌,等.中国机械工程,2002,13(22):1963
- 3 北京化工大学,华南理工大学.塑料机械设计.北京:中国轻工业出版社,1995.
- 4 W. 迈切里.塑料橡胶挤出模头设计.北京:中国轻工业出版社,2000.

- 5 唐志玉.挤塑模设计.北京:化学工业出版社,1997.
- 6 王晓枫,等.中国塑料,1996,10(4):69
- 7 田绪东,等.橡塑技术与装备,2002,28(12):4
- 8 Perdikoulas J, et al. Advances in Polymer Technology, 1990, 10(2): 111
- 9 Wang Y. Polymer Engineering and Science, 1991, 31(3):204
- 10 Hurez P, et al. Polymer Science and Technology, 1993, 33(15):971
- 11 王利霞,等.力学与实践,1998,20(2):17
- 12 陈静波,等.塑性工程学报,2001,8(4):21
- 13 杨超军.机械设计与制造工程,1998,27(5):19
- 14 Arpin B, et al. Polymer Engineering and Science, 1994, 34(8):657
- 15 Su G. Synthetic Rubber Industry, 2001, 24(9):288
- 16 宿果英,等.合成橡胶工业,2001,24(5):288
- 17 闫宝瑞,等.仪表技术与传感器,1998(4):13
- 18 秦永法.模具工业,1999(7):40
- 19 时丽,等.中国橡胶,1998(1):11
- 20 吴大鸣,等.合成橡胶工业,2002,25(3):131
- 21 李亮.高聚物精密挤出及其制品壁厚均匀性的研究:[硕士论文].北京:北京化工大学,2002.
- 22 吴大鸣.中国塑料,2003,17(2):1

ADVANCE IN THE RESEARCH OF PRESSURE DROP IN EXTRUDER HEAD

Xu Mengping, Tang Yue

(College of Mechanical & Electrical Engineering, Qingdao University of Science & Technology, Qingdao 266042, China)

ABSTRACT Advance in the research of pressure drop computation, pressure measurement and pressure control in extruder head was described. The numerical simulation is the most effective method in pressure drop computation, and it is the trend of the pressure drop computation, though this method is complex. The application of on-line measurement technology can offer real-time data, so supplying the credible evidence for the practicability of die design. The improvement in accuracy of pressure control is the base of stabilizing output and quality of products.

KEYWORDS pressure computation, pressure measurement, pressure control

PUR 共鸣板让音响告别喇叭时代

最近,在欧洲市场上推出了一种新型的墙壁音响系统,它在为人们提供优秀音响效果和一流听觉享受的同时,也使消费者有望告别连线散乱、体积庞大的音箱和喇叭。这就是由拜耳材料创新集团、西门子公司与 Puren Schaumstoff 公司共同协作开发的 purSonic 音响系统,它采用聚氨酯(PUR)共鸣板作为扩音器,并可方便地安置在墙面板后面成为一种音质效果更佳而又隐蔽、整洁的音响。

这种墙壁音响的输出功率从 20 ~360 W 不等,其厚度只有几个毫米,面积有桌面大小,十分轻巧。在共鸣板的背面安装有一些小的线圈发射曲线振动波,通过塑料共鸣板传送出来,它比传统的喇叭发射角度更广,能产生三维音响效果,声音更加柔和悦耳。这种墙壁音响还具有优良的抗湿性,即使在浴室中和温泉胜地其音质也不会受到水蒸气影响。PUR 共鸣板非常耐用,安装也十分方便,用户可采用多种表面材料如塑料、墙纸和瓷砖等。

PUR 共鸣板采用拜耳材料创新集团的 PUR 原料制得,

研发人员根据用户需求对材料进行了调整并获得了最适宜共鸣板制造的单元结构。(李闻芝)

抗增塑剂提高聚碳酸酯性能

最近,日本三菱工程塑料公司推出了一种高性能聚碳酸酯(PC),主要是通过添加少量的抗增塑剂来使现有 PC 实现高性能化。

添加一定量的抗增塑剂后,PC 的透明性不变,但弹性模量却提高 40%,同时抗增塑剂熔融时可起增塑剂作用,使树脂柔软而提高成型流动性和复制性,并能降低双折射率。一方面由于抗增塑剂降低玻璃化转变温度使 PC 变硬,从而提高制品刚性和表面硬度;另一方面,抗增塑剂进入 PC 的自由体积可防止水分进入树脂。

抗增塑的作用是使 PC 玻璃化转变温度降低的同时提高其弹性模量,由于 PC 玻璃化转变温度降低会使成型时固化层发展慢、复制性提高,玻璃化转变温度随抗增塑剂添加量而变化,实际应用时应根据耐热性要求而控制添加量。

(张红)