

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2019.08.016

基于 ANSYS 的挤出机头结构优化

宋稼祺¹, 李治国²

(1. 合肥工业大学机械工程学院, 合肥 230009; 2. 湖南汽车工程职业学院, 湖南株洲 412001)

摘要: 针对某企业原有挤出机头的挤出管材形状不规则且模具内部有焦化发黄的现象, 提出一种二级缓冲槽的新结构, 并且通过仿真试验对该结构的关键参数即斜缓冲槽与环形缓冲槽的过渡间隙以及斜缓冲槽的倾斜角度进行分析来决定其最适合的取值。同时为了减少开发成本加快设计速度, 通过 APDL 与 C++ 结合进行 ANSYS 二次开发, 从而实现模具结构的参数化设计; 减少了试错工序; 提高了初型模的一次合格率和设计效率。最后在工厂进行实地验证, 从实验结果可以看出, 具有二级缓冲槽结构的新挤出机头消除了挤出制品的形状不规则的缺陷, 经落锤冲击试验测定, 管材的破裂比率也明显下降。

关键词: 参数化设计; 二级缓冲槽结构; 管材挤出机头; 结构优化

中图分类号: TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2019)08-0078-04

Structural Optimization of Extruder Head Based on ANSYS

Song Jiaqi¹, Li Zhiguo²

(1. College of Mechanical Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China;

2. Hunan Automotive Engineering Vocational College, Zhuzhou 412001, China)

Abstract: In view of the irregular shape of extrusion pipe and the phenomenon of coking and yellowing in the die of an enterprise, a new structure of two-stage buffer groove was adopted. The key parameters of the structure, that is the transition gap between the inclined buffer groove and the ring buffer groove, as well as the inclination angle of the inclined buffer groove were analyzed by simulation tests to determine the most suitable value. At the same time, in order to reduce the development cost and accelerate the development process, the secondary development of ANSYS through the combination of APDL and C++ to realize the parametric design of die structure was carried on to reduce the procedure of trial and error and improve first pass rate of the initial model and design efficiency. Finally, the verification was carried out in the factory. It can be seen from the experimental results that the new extruder head with two-stage buffer groove structure eliminates the irregular defects of extrusion products. The fracture ratio of the tube was also obviously decreased after the impact test of the drop hammer.

Keywords: parametric design; structure of two-stage buffer groove; pipe extrusion head; structural optimization

随着塑料管材应用的普及, 其生产已日臻完善。常代替铸铁管和钢管广泛应用于工农业生产、工程建设、日常生活各个领域^[1-2]。挤出成型是物料经过挤出机和挤出模具的加热、塑化、均化、挤压、输送、成型及定型等过程的加工处理, 使其成为能够使用的制品的过程^[3]。

过去的管材挤出模具设计中, 通常是依靠经验数据来进行模具结构的设计, 这样做的后果会给产品的质量带来很大的不稳定性, 同时也导致了资源的浪费。笔者以浙江省朗晟橡塑有限公司的旧挤

出机头为例进行优化, 提出了一种二级缓冲槽的新型结构, 并利用有限元分析软件 ANSYS 对各种流道关键参数 (缓冲槽间隙、缓冲槽倾斜角、定型段长度、压缩段长度、压缩角、压缩比) 进行了分析, 以此来确定合适的取值范围^[4]。

通常情况下有限元分析都是用图形用户界面方式, 但是这种方法有时会很方便, 尤其是要对大量相似结构进行有限元分析的时候^[5-7]。笔者为机头设计提供了一种方法, 利用 C++ 及 ANSYS 参数化设计语言 (APDL)^[8-9] 来完成对塑料管材挤出模

通讯作者: 宋稼祺, 硕士, 主要从事数字化设计与制造 E-mail: 2459570542@qq.com

收稿日期: 2019-06-07

引用格式: 宋稼祺, 李治国. 基于 ANSYS 的挤出机头结构优化 [J]. 工程塑料应用, 2019, 47(8):78-81.

Song Jiaqi, Li Zhiguo. Structural optimization of extruder head based on ANSYS[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(8):78-81.

具结构的参数化设计^[10-11],这样可以大大缩短流体模型的模拟计算和分析时间,从而更快地获得合适的模具结构几何参数。

1 旧挤出机头中塑料熔体流动分析

1.1 旧挤出机头的结构

工厂原有挤出机头的结构如图 1 所示。

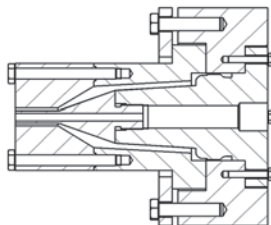


图 1 旧机头挤出结构示意图

1.2 旧机头内部熔体流动情况仿真分析

现以浙江东阳某管材生产公司的旧挤出机头为例进行分析,如图 1 所示,鉴于原有机头挤出的管材表面有皱纹,管壁毛糙,并伴有卷曲以及形状不规则的现象。首先构建内部流体的模型用于仿真分析。网格划分对于有限元问题的求解是十分关键的一步。要针对不同的问题选择相对应的划分策略,这样才能更好地满足计算结果的精确度要求。因此,针对本研究模型的特点,在靠近壁面的部分由于速度梯度变化大,网格要划分的密一些。同时,在截面形状突变的部位由于压力变化比较快所以也应该将网格划分得密一些。笔者采用 ANSYS 的 Fluid 142 单元对全流道进行网格划分。

材料参数设置为密度 1140 kg/m^3 ,流变特性采用 Bird-Carreau 模型:

$$\eta = \eta_0 (1 + \lambda^2 \dot{\gamma}^2)^{(n-1)/2} \quad (1)$$

式中, η_0 为零剪切黏度,值为 $3893 \text{ Pa} \cdot \text{s}$; λ 为松弛时间,值为 0.527 ; $\dot{\gamma}$ 为剪切速率; n 为幂率指数,值为 0.308 。

边界条件为入口体积流率为 $10 \text{ cm}^3/\text{s}$,出口压力为 0 Pa ,边界滑移速度置为 0.004 m/s ,参考温度设置为 0 K ,设备的加工温度设置为 463 K 。

图 2 是旧有口模出口处的速度等值线分布图。

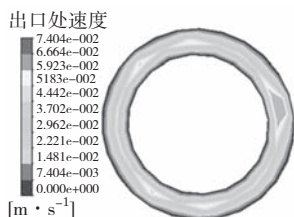


图 2 流道出口截面速度等值图

从图 2 可以明显看出,出口处的速度并不均匀,在右侧位置有明显的速度太快的区域,同时用流动平衡函数来计算的结果为 3.0679 。

流动平衡函数如下:

$$b_d = \int_{\partial\infty} (v \cdot n - \frac{Q}{S})^2 ds \quad (2)$$

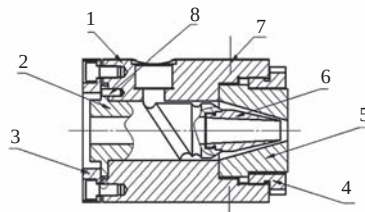
式中: v 为每个节点速度; n 为出口截面的法向量; Q 为通过截面的塑料熔体流率; S 为截面面积。

2 优化流道结构

2.1 二级缓冲槽结构

为了改善流动平衡,增强成品质量,提出一种新型的机头结构即利用芯棒上的两个缓冲槽,使塑料熔体进入压缩段之前经过二级缓冲,达到速度以及压力平衡之后再从口模挤出,这种结构的关键在于斜缓冲槽与环形缓冲槽的过渡间隙,如果这个间隙值偏大会导致大量的熔体没有经过斜缓冲槽而直接进入了环形槽,而且斜缓冲槽的底部会由于距离入口处太远压力小从而导致供胶量不足。所以要选取合适的间隙值从而实现塑料熔体在流道内部无过热分解、焦化、发黄等迹象。

改进后的机头结构示意图如图 3 所示:



1—机头体; 2—芯棒; 3—后压板; 4—口模压盖; 5—口模; 6—芯棒嘴; 7—定位螺钉; 8—圆柱销

图 3 二级缓冲槽结构的挤出机头

2.2 参数化设计程序的开发

结合上文的分析,为了获得合适的间隙值以及斜缓冲槽倾斜角,需要用 ANSYS 进行仿真实验分析,并且将计算得到的流动平衡函数值进行比较从而确定参数的合适取值。为了加快设计过程,减少重复劳动,提出了一种参数化设计的方案,即利用 APDL, C++ 以及 QT 库设计了一款界面交互程序。只需要在程序界面输入所需要的材料流动特性参数,以及相应的模具结构参数,就可以通过事件相应函数自动调用 APDL 命令流进行分析,并将计算结果进行后处理显示出来。

参数化设计程序的原理如下:首先利用物料参数输入界面,将熔体的流动特性等参数采集,然后再进入模具结构参数输入界面,输入构建三维流道模

型所需的参数。点击完成按钮后程序会先把输入参数写入到文本文件中,接着调用 APDL 的 /INPUT 把这个文本中的信息读入,这样就完成了将相关参数传入 ANSYS 的任务,接着经过计算求解,把得到的结果通过后处理命令以图表的形式显示出来。程序的输入界面如图 4、图 5 所示:



图 4 物料参数输入界面



图 5 结构参数输入界面

3 优化结果

3.1 仿真结果

经过反复的实验,最终确定的结构参数见表 1。

表 1 改进后的结构参数

定型段长度 / mm	压缩段长度 / mm	压缩角 / (°)	缓冲槽间隙 / mm	入口直径 / mm	斜缓冲槽倾角 / (°)
38	32.3	40	2.2	25	138

得到的出口截面的速度云图如图 6 所示:

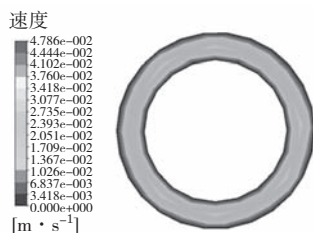


图 6 出口截面速度云图

经计算得到的新结构出口截面的流动平衡函数为 0.1259,相比旧挤出机头的出口截面的流动平衡函数值 3.0679 有明显改善。

3.2 实物验证

在上文分析结果的基础上,进行实物验证。图 7 为在工厂现场拍摄的相应的实物图,从图 7 可以看出,经过改进后的机头结构效果明显改善,挤出管

材表面光滑,没有了之前的卷曲、形状不规则现象。



图 7 挤出实物图

为了测定挤出管材的质量,现按烘箱实验法测定其纵向回缩率,取试样 300 mm 长的管段 5 条,在每条试样上面画上两个相距 100 mm 的环形标记,然后在 30℃ 的温度下预处理 2 h,再放入 160℃ 的烘箱中持续 30 min。而后检测标记线的回缩比例^[12]。此外,还用落锤冲击试验测定了管材的破裂比例,检测结果见表 2。

表 2 管材检测结果

检测项目	旧挤出机头	新挤出机头
纵向回缩率 / %	13 ~ 15	7 ~ 10
落锤冲击破裂比例	3 / 25 ~ 6 / 25	0 / 25

4 结论

结合企业生产实际,针对原有管材挤出机头的成品质量差且模具内部有胶料的问题,提出一种二级缓冲槽的新结构,并利用 C++, QT 编写了交互界面程序,实现了自动调用 APDL 命令流完成了流道模型分析、后处理显示计算结果等一系列任务,从而大大减少了重复劳动。经过一系列分析计算最终得到了缓冲槽间隙、缓冲槽倾斜角、定型段长度、压缩段长度、压缩角、压缩比等关键参数的取值,最后通过实物验证,证明优化后的挤出机头结构符合要求。经过烘箱试验以及落锤冲击试验的测试表明了新的挤出产品质量得到了明显改善。

参考文献

- [1] 丁晚景,刘繁,孙川. 塑料管材挤出模具可重构设计[J]. 工程塑料应用,2010,38(9):69-71.
- [2] Ding Wanjing, Liu Yi, Sun Chuan. Design of reconfigurable extrusion mould for plastic pipes[J]. Engineering Plastics Application,2010,38(9):69-71.
- [3] Noberga J M, Carneiro O S, Covas J A, et al. Design of calibrators for extruded profiles. Part I : Modeling the thermal interchanges[J]. Polymer Engineering and Sciences,2004,44(12):2216-2228.
- [4] 邓力军. 塑料挤出流动数值分析及其模具结构的设计优化分析[J]. 电子制作,2016(16):17-18.
- [5] Deng Lijun. Numerical analysis of plastic extrusion flow and design optimization analysis of die structure[J]. Practical Electronics,2016(16):17-18.

- [4] 李学章,郭奕崇. 管材挤出模具新型压缩段流道的研究[J]. 北京化工大学学报, 2005, 32(3):103-105.
- Li Xuezhong, Guo Yichong. Study on the new compression section runner of tube extrusion mold[J]. Journal of Beijing University of Chemical Engineering, 2005, 32(3):103-105.
- [5] 袁丽军,杜群贵. 基于 ANSYS 二次开发的注射模模架参数化有限元分析[J]. 模具工业, 2012, 38(3):25-27.
- Yuan Lijun, Du Qungui. Parameterized finite element analysis of injection molding frame based on secondary development of ANSYS[J]. Mould Industry, 2012, 38(3):25-27.
- [6] Zhang Dewei, Shen Bo, Li Shaoming. Finite element analysis of extrusion flow field of short fiber rubber composites[J]. Journal of Qingdao University of Science and Technology: Natural Science Edition, 2019, 40(2):76-81.
- [7] 王彬. 图形化实时控制系统设计软件 (GRTCS) 的实现[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2002.
- Wang Bin. Implementation of graphical real-time control system design software (GRTCS)[D]. Kunming: Kunming University of Technology, 2002.
- [8] 牟淑志,杜春江,牟福元. 基于 RAMP 和 ANSYS 二次开发的结构拓扑优化[J]. 机械工程师, 2010(1):59-61.
- Mou Shuzhi, Du Chunjiang, Mou Fuyuan. Structural topology optimization based on RAMP and ANSYS secondary development[J]. Mechanical Engineer, 2010(1):59-61.
- [9] 刘洁,张和平,王丽娟. 基于 Visual C++ 的 ANSYS 参数化设计[J]. 机电工程技术, 2003(5):83-84.
- Liu Jie, Zhang Heping, Wang Lijuan. ANSYS parametric design based on Visual C++[J]. Mechanical and Electrical Engineering Technology, 2003(5):83-84.
- [10] 赵峰,贾明印,薛平. 基于 Polyflow 模拟的塑木建筑墙板异型材机头流道设计[J]. 工程塑料应用, 2011, 39(6):35-39.
- Zhao Feng, Jia Mingyin, Xue Ping. Design of die head runner for plastic wood building wallboard profile based on Polyflow simulation[J]. Engineering Plastics Application, 2011, 39(6):35-39.
- [11] 郭凯,郭顺生,黄浪. 塑料异型材挤出定型模三维参数化设计方法[J]. 工程塑料应用, 2018, 46(6):84-88.
- Guo Kai, Guo Shunsheng, Huang Lang. 3D parametric design method of plastic profile extruding die[J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46(6):84-88.
- [12] 汪鹏跃,黄剑,孙华丽. CPVC 管材高速挤出模设计[J]. 模具工业, 2015, 41(10):53-55.
- Wang Pengyue, Huang Jian, Sun Huali. Design of high speed extrusion die for CPVC pipe[J]. Die and Mould Industry, 2015, 41(10):53-55.
-
- (上接第 77 页)
- of metal-FRP square tubes[J]. Composite Structures, 2016(147):231-246.
- [9] Richard P, Fang Li, Micael E. Causes of weight reduction effects of material substitution on constant stiffness components[J]. Thin-Walled Structures, 2004, 42:613-637.
- [10] 冯振宇,周建,张雪晗,等. 复合材料薄壁圆管压溃吸能机理分析及层叠壳建模方法研究[J]. 振动与冲击, 2017, 36(23):268-275.
- Feng Zhenyu, Zhou Jian, Zhang Xuehan, et al. Mechanism analysis and laminated shell modeling for crushing energy absorption of composite thin-walled circular tubes[J]. Journal of Vibration and Shock, 2017, 36(23):268-275.
- [11] 刘昭特,张彦飞,杜瑞奎,等. 铺层结构对复合材料层合板弯曲强度及失效行为的影响[J]. 工程塑料应用, 2014(1):56-61.
- Liu Shaote, Zhang Yanfei, Du Ruikui, et al. Effect of layered structures on flexural strength and failure behaviors of composite laminates[J]. Engineering Plastics Application, 2014(1):56-61.
- [12] Sang-Young Kim, Ju-Won Jeong, Jun-Yeob Kim, et al. Energy absorption characteristics of aluminium / CFRP hybrid beam under impact loading[J]. International Journal of Crashworthiness, 2016(22):190-201.
- [13] 于森,杜俊廷,鲁植雄. 基于 ANSYS 的 FSC 车架有限元分析[J]. 农业装备与车辆工程, 2014, 52(9):20-22.
- Yu Miao, Du Juntong, Lu Zhixiong. Finite element analysis of FSC racing car frame based on ANSYS [J]. Agricultural Equipment & Vehicle Engineering, 2014, 52(9):20-22.
- [14] 张亮泉,宋立华,毛晨曦. 碳纤维复合材料管的强度特性试验研究[J]. 低温建筑技术, 2008(3):17-18.
- Zhang Liangquan, Song Lihua, Mao Chenxi. Experimental study on pseudoelastic property of shape memory alloy[J]. Low Temperature Architecture Technology, 2008(3):17-18.
- [15] 孙冬鸣,马其华,孙佳睿. 基于等刚度原理的碳纤维汽车 B 柱抗撞性分析[J]. 玻璃钢 / 复合材料, 2018, 298(11):60-65.
- Sun Dongming, Ma Qihua, Sun Jiarui. Crashworthiness analysis of carbon fiber automobile B-pillar based on equal stiffness principle [J]. Fiber Reinforced Plastics / Composites, 2018, 298(11):60-65.