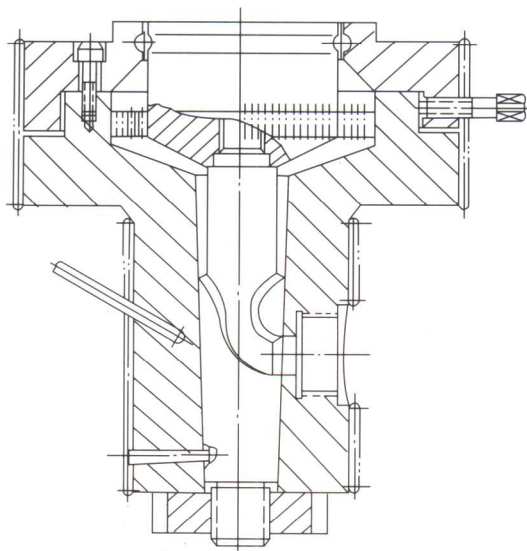


新型塑料挤出 机头设计

贾润礼 赵光星 主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

新型塑料挤出机头设计

贾润礼 赵光星 主编

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

新型塑料挤出机头设计/贾润礼, 赵光星主编. —北京: 国防工业出版社, 2007. 1

ISBN 7-118-04768-6

I. 新... II. ①贾... ②赵... III. 挤出成型—挤出机—机头—设计 IV. TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 110197 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 11 字数 250 千字

2007 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 22.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 68428422

发行邮购: (010) 68414474

发行传真: (010) 68411535

发行业务: (010) 68472764

前 言

随着近年来全世界范围内新材料技术领域的快速发展,塑料加工技术和塑料模具技术发展迅速,成为我国塑料加工业近年来连续、高速、稳定增长的重要基础,也为塑料相关领域如家电、汽车、包装等行业的发展起到了积极的促进作用。

多年来塑料挤出成型新技术发展的结果衍生出种类繁多的新型塑料挤出机头。近年来,一些新型塑料挤出机头在我国的工业化应用发展迅速并快速普及,如螺旋芯棒机头、花瓣流道机头、叠层式机头、多层共挤出管材与薄膜机头、发泡型材机头、格子板挤出机头、复合型材机头、波纹管机头、增强筋管机头、多层共挤可调的管坯机头、木塑型材机头等。结合我国塑料挤出成型技术以及新型塑料挤出机头的发展特点和趋势,本书精选了国内外工业化应用热门和比较热门的14大类百余种新型塑料挤出机头,进行了比较详细的介绍。

本书共16章,以平缝多层共挤出机头、异型材挤出机头为重点内容。为便于工程应用,本书侧重介绍模具实例。为节省篇幅,各类新型塑料挤出机头设计上与普通挤出机头相同之处在第2章挤出机头设计基础中集中介绍,对各类新型挤出机头则着重介绍其特有的结构特点、使用范围和设计要点。

本书第1章简要介绍了挤出机头类型、通用设计原则和一般设计程序,第2章介绍了各类新型塑料挤出机头设计时所涉及的基本结构、基础内容的设计。以后各章分别系统介绍了平缝多层共挤出机头、异型材挤出机头、发泡异型材机头、共挤复合异型材机头、塑料与非塑料材料复合异型材机头、特殊单层膜吹塑机头、多层共挤吹膜机头、特殊单层管机头、共挤出复合管材机头、金属/塑料复合机头、塑料网挤出机头、瓦楞板与格栅板机头、中空吹塑管坯机头与中空模具、木塑型材挤出机头与定型模等新型塑料挤出机头的设计。有关机头流道的详细设计计算在第3、4章中进行了详细介绍。本书侧重介绍各类新型塑料挤出机头所特有的结构特点、适用范围、设计要点、设计时必须注意的问题以及设计实例,内容新、实用性强。本书适合材料、模具设计等工程技术人员阅读,也可作为高等院校相关专业的教材。

本书由贾润礼、赵光星共同主编,其中第1、2章由太原市科技局赵光星编写,第3、4、5章由中北大学梁淑君编写,第6、7、8、9章由中北大学谭英杰编写,第10、12、13、16章由中北大学贾润礼编写,第11、14、15章由中北大学塑料研究所李楠编写。

本书主要根据文献资料,结合作者多年来教学科研的实践和理解进行编写,限于篇幅,书末只列出主要参考文献,未能将所有参考文献一一列出,在此对有关作者致以衷心的感谢,并祈请未能列出的作者特别是内部资料的作者谅解。

由于某些资料获取困难,加之作者水平和实际经验有限,错误之处在所难免,敬请同行专家和读者批评指正。

编者

2006.8

目 录

| | |
|---------------------------------|----|
| 第1章 概述 | 1 |
| 1.1 塑料挤出机头及其分类 | 1 |
| 1.2 机头设计原则 | 1 |
| 1.3 挤出机头设计程序 | 2 |
| 第2章 挤出机头设计基础 | 4 |
| 2.1 塑料熔体流变行为 | 4 |
| 2.1.1 塑料熔体的流变特性 | 4 |
| 2.1.2 塑料熔体在模头内的流动 行为 | 5 |
| 2.2 流道设计要素 | 6 |
| 2.3 机头加热与控温 | 7 |
| 2.3.1 机头的电加热 | 7 |
| 2.3.2 机头温度控制 | 7 |
| 2.3.3 挤出机头加热设计要点 | 8 |
| 2.3.4 挤出机头的热平衡计算 | 9 |
| 2.4 机头机械设计 | 11 |
| 2.4.1 设计要点 | 11 |
| 2.4.2 机头材料选择 | 12 |
| 2.4.3 机头典型结构件设计 | 12 |
| 第3章 平缝多层共挤出机头 | 17 |
| 3.1 共挤复合薄膜、片材机头 结构 | 17 |
| 3.2 T形机头流道设计 | 19 |
| 3.2.1 T形流道模拟分析 | 19 |
| 3.2.2 熔体流动均匀性考虑 | 19 |
| 3.2.3 流道尺寸设计 | 20 |
| 3.2.4 熔体停留时间 | 22 |
| 3.2.5 非对称平缝中多层流动压降 | 22 |
| 3.2.6 共挤多层流动数值分析 | 23 |
| 3.2.7 共挤多层流道中的速度和温度 分布 | 25 |
| 3.2.8 多层流动的不稳定性 | 27 |
| 3.3 阻流条和模唇的结构及调节 形式 | 28 |
| 3.3.1 阻流条 | 28 |
| 3.3.2 模唇 | 29 |
| 3.4 多层共挤平缝机头结构形式 | 31 |
| 3.4.1 多流道共挤机头 | 31 |
| 3.4.2 双色共挤机头 | 32 |
| 3.4.3 叶片式多层共挤机头 | 33 |
| 3.4.4 滑块式共挤机头 | 33 |
| 3.5 彩虹膜机头设计 | 35 |
| 3.5.1 彩虹膜的色彩原理 | 35 |
| 3.5.2 机头设计 | 35 |
| 第4章 异型材挤出机头 | 38 |
| 4.1 异型材机头结构形式 | 38 |
| 4.1.1 孔板式机头 | 38 |
| 4.1.2 多级式机头 | 39 |
| 4.1.3 流线型机头 | 39 |
| 4.2 异型材机头结构设计 | 39 |
| 4.2.1 口模尺寸 | 39 |
| 4.2.2 机头结构参数 | 43 |
| 4.2.3 过渡体 | 43 |
| 4.2.4 嵌条挤出机头实例 | 43 |
| 4.3 高速挤出机头设计 | 45 |
| 4.4 定型模设计 | 46 |
| 4.5 口模、定型模、产品三者尺寸关系 实例 | 51 |
| 4.6 表面压花型材机头 | 53 |
| 第5章 发泡异型材机头 | 54 |
| 5.1 低发泡型材机头结构形式 | 54 |
| 5.1.1 纵向高阻力实芯型材机头 | 54 |
| 5.1.2 分流锥孔板式机头 | 54 |

| | | | |
|----------------------------|----|-----------------------------|-----|
| 5.1.3 发泡中空型材机头 | 54 | 机头 | 77 |
| 5.1.4 栅格分流梭机头 | 55 | 7.9 维尼龙/PVC 复合消防水带 | |
| 5.2 流道与冷却定型设计特点 | 55 | 机头 | 77 |
| 5.2.1 流道设计 | 55 | 第 8 章 特殊单层膜吹塑机头 | |
| 5.2.2 冷却定型 | 55 | 实例 | 79 |
| 5.3 特殊低发泡型材机头 | 55 | 8.1 螺旋芯棒机头 | 79 |
| 5.3.1 赛路卡法及其机头 | 55 | 8.2 环形流道机头 | 82 |
| 5.3.2 挤出发泡异型材的管机头 | 56 | 8.3 莲花瓣流道机头 | 83 |
| 5.3.3 挤出发泡异型材的多孔模 | 57 | 8.4 旋转机头 | 85 |
| 5.3.4 挤出具有未发泡增强层型材的 | | 8.5 单机挤出双层膜机头 | 89 |
| 机头 | 58 | 8.6 封口膜机头 | 90 |
| 5.3.5 具有疏密结构的发泡制品的挤出 | | 8.7 孔板式吹膜机头 | 91 |
| 机头 | 59 | 8.8 无芯棒中心进料机头 | 92 |
| 5.3.6 有木纹花样的发泡制品的挤出 | | 8.9 带分流装置芯棒机头 | 92 |
| 装置 | 60 | 8.10 无芯棒轮辐式流道机头 | 93 |
| 第 6 章 共挤复合异型材挤出 | | 8.11 弧形流道机头 | 94 |
| 机头 | 61 | 8.12 带筛孔板流道机头 | 95 |
| 6.1 共挤出型材制品实例 | 61 | 第 9 章 多层共挤吹膜机头 | 97 |
| 6.2 型材涂覆机头与定型模 | 62 | 9.1 机头设计原则 | 97 |
| 6.3 硬 PVC 和软 PVC 复合型材机头 | | 9.2 机头设计计算 | 97 |
| 结构 | 63 | 9.3 两层共挤吹膜机头结构形式 | 100 |
| 6.4 双组分防滑条机头结构 | 64 | 9.3.1 内层中心进料外层侧面进料的双 | |
| 6.5 双色筋条软管机头 | 65 | 层复合吹膜机头 | 100 |
| 6.6 双色花色薄片挤出机头 | 66 | 9.3.2 内外层均从侧面进料的双层复合 | |
| 6.7 仿象牙花纹型材机头 | 66 | 芯棒式吹膜机头 | 100 |
| 6.8 漩涡状花纹型材机头 | 67 | 9.3.3 带缓冲区的双层复合 | |
| 第 7 章 塑料与非塑料材料复合异型材 | | 吹膜机头 | 101 |
| 挤出机头 | 69 | 9.3.4 内、外层均中心进料的双层复合 | |
| 7.1 复合制品实例 | 69 | 吹膜机头 | 101 |
| 7.2 钢材包覆硬 PVC 型材 | | 9.3.5 组合式二层复合吹塑薄膜 | |
| 直角机头 | 72 | 机头 | 101 |
| 7.3 铝片外贴 CAB 材料的 | | 9.3.6 各层分别调节温度的双层吹膜 | |
| 包覆机头 | 73 | 机头 | 101 |
| 7.4 木塑复合异型材机头 | 74 | 9.3.7 环隙旋转的双层复合吹膜 | |
| 7.5 平面贴合复合型材机头 | 75 | 机头 | 102 |
| 7.6 异型贴合复合型材机头 | 75 | 9.3.8 在共同流道内复合的双层复合吹 | |
| 7.7 贴合剥离层的复合型材 | | 膜机头 | 102 |
| 机头 | 76 | 9.3.9 模外复合的双层复合吹膜 | |
| 7.8 与增强材料复合的发泡型材 | | 机头 | 102 |

| | | | | | |
|---------------------|----------------------|-----|-----------------------|---------------|-----|
| 9.3.10 | 模唇出口处复合的机头 | 103 | 10.17 | 仿竹管机头 | 130 |
| 9.3.11 | 双色组合式吹膜机头 | 104 | 第11章 共挤出复合管材机头 | | 131 |
| 9.3.12 | 芯棒式双色吹膜机头 | 105 | 11.1 | 双壁波纹管机头 | 131 |
| 9.4 | 三层共挤膜机头 | 105 | 11.1.1 | 双壁波纹管成型方法 | 131 |
| 9.4.1 | 螺旋芯棒式三层复合吹膜机头 | 105 | 11.1.2 | 机头 | 132 |
| 9.4.2 | 螺旋芯棒与非螺旋芯棒组合的三层复合机头 | 106 | 11.2 | PVC芯层发泡管机头 | 134 |
| 9.4.3 | 组合式三层复合吹膜机头 | 106 | 11.3 | 共挤螺旋管机头 | 134 |
| 9.4.4 | 带旋转装置及内冷却装置的三层复合吹膜机头 | 107 | 11.4 | 双色筋软管机头 | 136 |
| 9.5 | 五层共挤膜机头 | 109 | 11.5 | 双层管机头 | 136 |
| 9.5.1 | 同轴套装螺旋芯棒五层复合吹膜机头 | 109 | 11.6 | 三层管机头 | 137 |
| 9.5.2 | 叠层式螺旋芯棒机头 | 110 | 11.7 | 三层结构泡沫管机头 | 139 |
| 9.5.3 | 环形流道旋转机头 | 111 | 第12章 金属/塑料复合机头 | | 140 |
| 9.6 | 六层共挤膜机头 | 112 | 12.1 | 铝塑管机头 | 140 |
| 第10章 特殊单层管机头 | | 113 | 12.1.1 | 内层PE与胶黏剂共挤机头 | 140 |
| 10.1 | 交替共挤出管材与机头 | 113 | 12.1.2 | 外层共挤机头 | 140 |
| 10.2 | 单层波纹管机头 | 113 | 12.1.3 | 铝塑复合管内涂覆机头 | 141 |
| 10.3 | 多头管机头 | 114 | 12.2 | 铜(钢)塑复合管机头 | 141 |
| 10.4 | 塑料金属弹簧管包覆机头 | 119 | 12.3 | 双色电缆共挤覆层机头 | 143 |
| 10.5 | 带调压阀的管机头 | 120 | 12.4 | 交联聚乙烯电缆双层共挤机头 | 144 |
| 10.6 | 微孔流道机头 | 120 | 12.5 | 交联聚乙烯电缆三层共挤机头 | 145 |
| 10.6.1 | 用于聚烯烃的机头 | 120 | 第13章 塑料网挤出机头 | | 146 |
| 10.6.2 | 用于聚氯乙烯的机头 | 121 | 13.1 | 平板模法挤网机头 | 146 |
| 10.6.3 | 无支架微孔流道管机头 | 122 | 13.2 | 圆模法挤网机头 | 147 |
| 10.7 | 连杆组合管机头 | 123 | 13.2.1 | 芯棒口模同时旋转的挤网机头 | 148 |
| 10.8 | 异型芯棒软管机头 | 123 | 13.2.2 | 芯棒旋转的挤网机头 | 149 |
| 10.9 | 斜流道软管机头 | 124 | 13.2.3 | 口模旋转机头 | 149 |
| 10.10 | 带螺旋沟槽的直角软管机头 | 125 | 13.3 | 圆模法矩形网眼机头 | 150 |
| 10.11 | 带二次阻流装置的管机头 | 125 | 13.3.1 | 模外熔结机头 | 150 |
| 10.12 | 菱形流道管机头 | 126 | 13.3.2 | 模内熔结机头 | 150 |
| 10.13 | 内径定型管机头 | 127 | 第14章 瓦楞板与格栅板机头 | | 152 |
| 10.14 | 螺旋芯棒管机头 | 127 | 14.1 | 瓦楞板挤出机头 | 152 |
| 10.15 | 格子吊篮机头 | 128 | 14.2 | 格栅板挤出机头 | 153 |
| 10.16 | 竹节管机头 | 129 | | | |

| | |
|--------------------------|-----|
| 第 15 章 中空吹塑模具与管坯 | |
| 机头 | 155 |
| 15.1 管坯机头设计..... | 155 |
| 15.1.1 设计原则 | 155 |
| 15.1.2 机头参数 | 156 |
| 15.2 吹塑模具设计..... | 156 |
| 15.2.1 吹塑模的特点与要求 | 156 |
| 15.2.2 模具材料 | 157 |
| 15.2.3 模具分型面 | 157 |
| 15.2.4 模具型腔 | 158 |
| 15.2.5 模具刃口 | 158 |
| 15.2.6 模具中的镶块 | 158 |
| 15.2.7 排气设计 | 160 |
| 15.2.8 冷却设计 | 161 |
| 15.3 储料缸式管坯机头 | 161 |
| 15.4 多层复合管坯机头 | 163 |
| 第 16 章 木塑型材挤出机头及定 | |
| 型模 | 165 |
| 16.1 机头与定型模设计要点 | 165 |
| 16.2 机头与定型模实例 | 165 |
| 参考文献 | 167 |

第 1 章 概 述

1.1 塑料挤出机头及其分类

挤出机头也称为口模或模头,是塑料挤出成型用模具,经挤出机头成型出的挤出制品占全部塑料制品总量的一半以上。除容器类制品外,塑料挤出制品均为连续性制品。所以挤出机头与注塑模相比,最明显的区别是挤出机头是两头通结构,一端进料一端出料。机头与挤出机相连,挤出机为机头提供塑化好的具有一定温度、压力、黏度、流动速度的塑料熔体,塑料熔体进入机头后,原来的螺旋运动方式转变为直线运动,熔体在流道内的流动剪切过程促使塑料熔体进一步塑化均匀,熔体在流道内经过减压使流动速度均匀一致,熔体经过进一步压缩增压产生必要的成型压力使挤出制品密实,熔体最后经过机头成型段和模唇的定型作用成为具有一定截面形状尺寸的挤出半成品。挤出半成品经后续辅机的加工和冷却定型后即成为产品。

挤出制品有棒材、管材、型材、片材、板材、薄膜、丝、网、线缆、涂敷层、泡沫材料、中空制品等。挤出机头的分类一般按挤出制品类型分类,或按机头结构原理分类。

1.2 机头设计原则

从满足一般质量要求角度,挤出制品一般需要满足以下要求:外观光洁性、尺寸准确性、形状与位置精度准确性、单位长度的质量和物理力学性能。为此在挤出机头设计时必须遵守以下原则:

- (1) 由重心原理决定,制品截面重心应位于螺杆的轴线上,对于双螺杆挤出机则应位于两螺杆轴线的平行中线上;
- (2) 流道应是渐变并呈流线形,不应急剧扩大与缩小,不应有流动死角和台阶;
- (3) 应有足够并且适宜的压缩比,满足具体制品对机头压力的要求从而使制品密实和清除因分流梭造成的结合缝;
- (4) 挤出机类型和规格要与机头匹配,压缩比适当,以保证挤出稳定;
- (5) 应尽量实现机头零件标准化、系列化和通用化;
- (6) 在满足强度和刚度要求的前提下,尽量减小机头尺寸;
- (7) 结构应尽量简单,尽量减少拼块,以便于拆卸、清理和修整;
- (8) 拼镶块应有足够的机械强度;
- (9) 应尽可能使形状复杂的内形加工变为外形加工;
- (10) 选材适宜,除考虑强度、刚度、耐磨性、耐腐蚀性外,要特别关注芯棒等位于流道内的零件在长期使用后可能产生的变形。

1.3 挤出机头设计程序

机头设计的过程首先是要充分掌握已知条件,然后在满足挤出制品性能要求和适应物料流变特点的条件下,以提高生产率为主要目标,充分发挥现有设备潜力,进行反复计算与验证,结构外形及尺寸应尽可能采用规范了的系列,最后确定流道尺寸,形成完整的模具图纸,设计过程可大致分4个步骤,见图1-1。

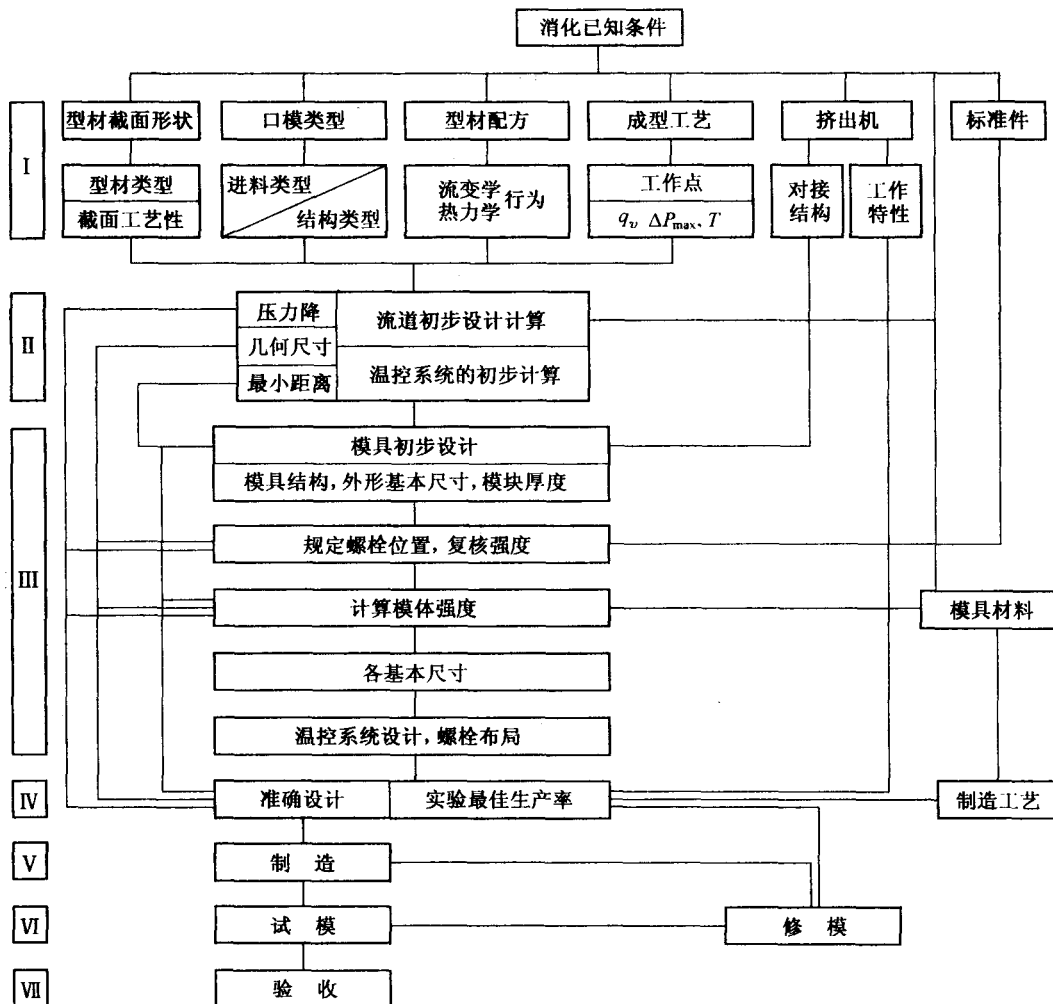


图1-1 机头设计程序

1) 消化已知条件,准备基础参数

- (1) 挤出制品截面设计工艺性评价,能否满足具体物料要求,能否实现高效生产;
- (2) 根据物料的流变特性,确定流变常数 m, k ;

(3) 掌握物料成型工艺的主要技术参数,例如,物料的成型压力,由型材壁厚和挤出量确定的出料线速度(确定剪切速率);

(4) 口模的形状和结构特点以及进料方向特点,是属单料挤出还是属共挤出;

(5) 挤出机的工作特性和生产能力;

(6) 机头与挤出机的连接方式和连接部位的尺寸;

(7) 制品材料特性和制品结构尺寸对模具结构的要求以及对模具零件材料要求;

(8) 可采用的标准件。

2) 进行流道初步设计

对流道进行初步设计,目的是为后续总体方案确定做准备,通过流道初步分析可以确定模具的基本构成和大致尺寸,当可以考虑采用多头挤出时也在此进行分析确认。

3) 方案确定与结构设计

依据得出的模具初步方案,在考虑零件制造工艺性和标准化的基础上,进一步确定总体方案及其细节,进行总体结构设计、关键零件设计和辅助零部件设计,即完成装配图和零件图。

4) 流道流动精确分析计算和流道尺寸修正

依据设计图纸给出的流道尺寸,在正常生产速度和稳定挤出要求前提下,按照有关计算方法进行比较精确的流动分析计算,这里可以使用相关分析软件进行流道流动模拟分析,依据分析结果对流道尺寸进行修正。

制造过后,必须进行实地试模和修模,直到模具能完全达到要求。

第2章 挤出机头设计基础

2.1 塑料熔体流变行为

2.1.1 塑料熔体的流变特性

1) 熔体黏度大,黏度变化复杂

黏度大,反映流体内部流动阻力大,不易流动和变形。塑料熔体的黏度一般在 $(10 \sim 10^7)$ Pa·s 之间,有些熔体甚至可达 10^{11} Pa·s,所以在加工时要有足够的压力才能流动和成型。塑料熔体随温度变化,不同的塑料品种其黏度对温度的敏感程度不同。熔体黏度还随剪切速率变化,即剪切变稀现象。此外,熔体在高速剪切条件下由于部分机械能转化为热能,导致熔体温度升高,称为剪切升温,而温度的变化进一步影响熔体的黏度。由于黏度变化的复杂性使机头设计变得比较复杂。

2) 由于熔体黏弹性导致熔体流动时特有的流变现象

熔体流动时除产生不可逆形变外,还存在一部分可逆的高弹形变。正是因为塑料熔体存在黏弹性导致流动时产生了许多特有的流变现象如包轴现象、挤出胀大现象(又称巴拉斯效应)、次级流动现象、弹性回复现象、无管虹吸现象、收束入口环形涡流现象、熔体破裂现象。

3) 熔体的黏弹性

塑料熔体在成型过程中的变形由高弹变形 $\epsilon_{高}$ 和黏性变形 $\epsilon_{黏}$ 组成,这些变形是聚合物大分子运动的结果。前者是可逆变形,后者是不可逆变形。由于熔体黏度受温度的影响,当温度升高时,熔体黏度值降低,黏性变形大幅增大,而高弹变形逐渐减少。由于黏性变形是不可逆变形,使得制品在长期使用过程中的稳定性大大提高,所以通常塑料制品的成型加工需要经过熔融路线的原因。当引起熔体流动的外力消除后,伸展的大分子恢复蜷曲的过程就产生高弹变形,从而使熔体流出管口时产生离模膨胀,严重时还会引起熔体破裂。这种弹性如果保存于制品中,会引起制品形状和尺寸的改变,降低其形状稳定性和表面光洁性,有时还使得制品产生内应力,因此挤出机头的出口处要有一段平直距离称为定型段,目的是缓和和抑制弹性变形。

4) 黏弹体系的应力与应变

塑料熔体在挤出成型过程中由于外力作用产生形变而引发的应力有:剪切应力、拉伸应力、压缩应力。其中剪切应力对熔体在设备和模具中流动的压力差、所需要的功率以及制品质量影响最大。拉伸应力经常与剪切应力共同出现,压缩应力的概念在挤出成型中通常不采用,一般采用熔体压力或机头压力概念直接用于机头设计。

塑料受力作用后产生的变形及尺寸改变称为应变,用 γ 表示。单位时间内的应变称为应变速率,可表示为:

$$\dot{\gamma} = \frac{dy}{dt} \quad (2.1)$$

塑料熔体是一种黏弹体,流变过程中除具有不可恢复的黏性形变外,还包含着可恢复的弹性形变。大多数塑料熔体属于假塑性流体,黏度随剪切速率的增加而下降。不同塑料的黏度变化对剪切作用的敏感性不同,设计机头时根据具体情况对此或可加以有效利用或需谨慎处理。在一定程度上可以认为对制品的质量控制实际上是通过黏度和弹性的调节来实现的。影响塑料熔体黏弹性主要因素有:聚合物本身结构、流体的组成、温度、压力、剪切速率。

2.1.2 塑料熔体在模头内的流动行为

塑料挤出制品是塑料熔体在通过模头流道的过程中经过流动变形形成坯料后离开机头,坯料经直接冷却定型或拉伸后冷却定型而成的,因此塑料熔体对模头流道的反应能力亦即熔体在模内的流动行为决定了机头流道的形状与尺寸。尽管塑料挤出制品截面形状千差万别造成了模头流道形状的差异,但由于熔体流动的复杂性,为了便于分析和解决问题,通常将流道截面形状分解,即认为流道由正方形、矩形、圆形、环形等简单形状流道组合而成。

1) 流速特性

当流道为光滑圆形孔时,熔体流速沿着半径方向上各点是不同的,但在每个同心圆上流速是相等的,即组成了圆形孔流等速线。

但流道为非圆形孔时就不同了,在断面上任何点的速度不能用单一坐标来表示,其等速线见图 2-1,图中 v 表示任意点的速度, v_{\max} 表示最大速度, v_0 表示双梯形中心速度。

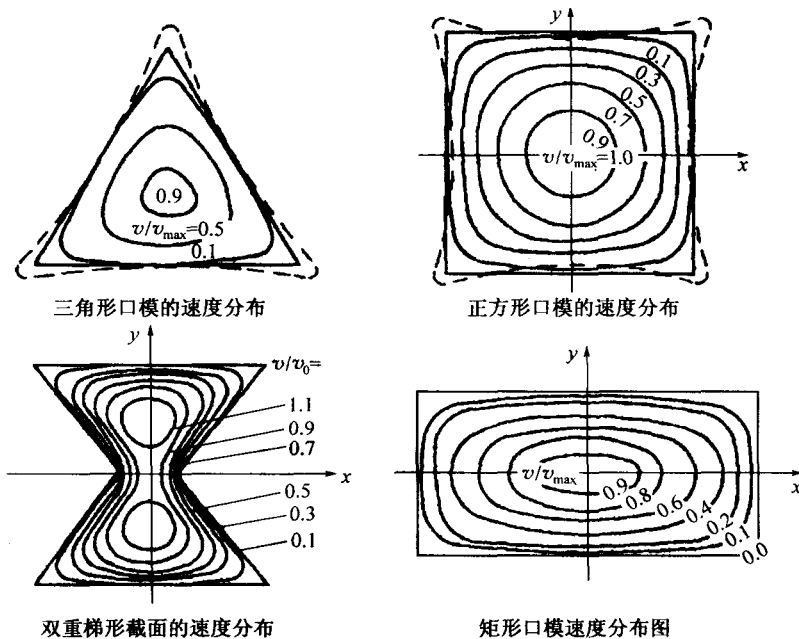


图 2-1 各种流道截面上的等速线

特殊情况下,矩形断面呈狭长形,等速线均平行于长边,等速线圆角区域仅为整个断面的一部分,见图 2-2,要特别注意图中 4 个角处的流速极低基本属于流动死角。在机头设计时,有时把二维流动简化为一维流动,因为一维流动的几何图形便于建立压力降与流道关系的函数式。

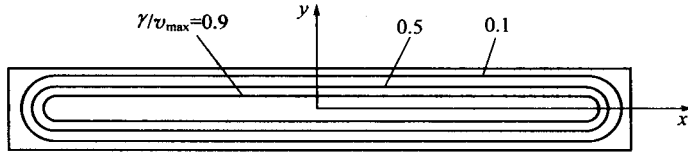


图 2-2 狭长孔道的等速线

2) 熔体离模后的尺寸和形状变异

物料离开口模后,料坯会出现明显的胀大现象即离模膨胀或称巴拉斯(Barus)效应。由于离模膨胀的各向异性,将会出现离模形状变异即料坯截面形状与口模截面形状产生明显差异。因此设计时掌握这种变异规律,根据预测的形状和尺寸变异,预先对流道和口模截面形状和尺寸设计给予修正,以抵消离模膨胀所带来的变异。当然由于情况复杂,需要根据塑料特性、制品几何形状、模头结构尺寸和工艺条件具体分析。

以正方形为例,由于速度分布不均和聚合物的弹性效应,正方形口模不能得到正方形的挤出物,要得到正方形的挤出物必须把口模截面做成四角星形截面。图 2-3 表示出了正方形和三角形口模形状与制品形状的关系。

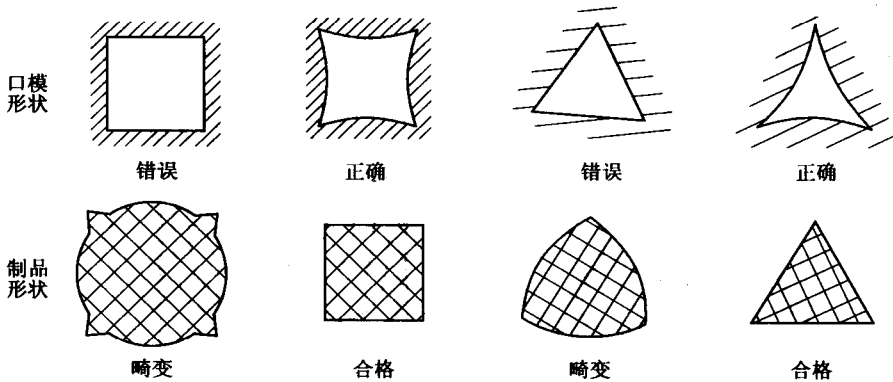


图 2-3 口模形状与制品形状关系

2.2 流道设计要素

流道设计需要重点考虑的问题有:熔体流经不同截面形状流道时的流动特征分析。不同功能段流道衔接要平稳、光滑、无流动死角,特别是要考虑所加工塑料熔体的黏弹流变性能。压缩比用以产生特定塑料制品稳定挤出所必须的机头压力并使挤出的塑料制品密实,机头压力的大小与塑料原料和制品截面形状密切相关并受挤出机类型和性能的制约。扩张角的作用是减压降速使流速均匀,扩张角的大小与熔体黏弹性和黏度密切相关。

压缩角决定了流体进入定型段前压力增大的快慢程度,合适的压缩角能实现制品的平稳挤出,压缩角太大将导致爬行挤出或制品表面波纹。分流角的大小对挤出的影响不像压缩角那样敏感,但角度的明显偏大偏小都将导致挤出不稳。定型段要有足够长度,以消除熔体在前面流道流动过程中产生的记忆效应,并在此区间形成完全均匀一致的向前流动。口模间隙与制品厚度并非一一对应关系,除考虑出模膨胀、拉伸收缩、冷却收缩外,还要考虑后续成型方式和产品特点,如双向拉伸薄膜和吹塑薄膜机头口模间隙要比制品厚度大得多。异型制品口模形状要与制品截面形状相适应,不能完全对应,要充分考虑到出模膨胀和拉伸变形。

2.3 机头加热与控温

2.3.1 机头的电加热

热塑性材料挤出机头通常用电阻加热器进行加热。就其结构和形状来说,可分为云母或陶瓷加热带、加热圈、加热棒、加热平板,此外有铸铝加热器。铸铝加热器使用寿命相对较长。

要对机头提供均匀、稳定的加热条件,需要在加热器内均匀分配热源、加热器合理布置、有适宜的功率密度、加热器与机头接触良好。对于云母加热器,功率密度(单位接触面上的加热功率)为 $(2 \sim 3.5) \text{ W/cm}^2$,对于陶瓷和铸铝加热器为 $(5 \sim 8) \text{ W/cm}^2$ 。

机头表面加热的优点是机头热惯性大流道壁加热均匀,加热元件易于拆装。

由于外部加热,热源到流道表面距离较大,这会带来一些问题:当某局部温度需要增高时可能会影响到相邻区域。对大机头进行分区温度控制时,因控制电路的耦合可能会导致不稳定的周期波动。机头表面加热的另一个缺点是热效率较低,这主要是由于与机头相比其表面温度过高,致使大量的热能散失到空气中。对表面进行隔热处理可能减小这种能量损失,但由于这样会减小机头的冷却速度,因而可能对控制产生不良影响。另一个问题是,尽管加热功率较大,但在生产启动时加热速度还是比较慢,因此,特别是宽缝口模头,通常在模头体内,在靠近流道处插入棒式加热器,这种内加热要比表面加热效率高。

内部加热器的安装位置需要特别注意,如果加热元件太靠近流道而且加热元件彼此相距太远,流道表面的温度分布就会呈现波纹状。

将加热棒安装在细长的孔内时,要求孔的表面精度要高,以保证加热棒与孔壁接触良好。加热电源通过一耐热插头和模头上的插座接入。

2.3.2 机头温度控制

关于加热控制和温度控制的方法主要有:① 开关式直接电加热,由热电偶测温,温度偏高时靠自然冷却。此法结构最简单,但温度波动偏差最大,需要连续生产很长时间温度才能达到基本平衡稳定。② 脉冲加热也比较简单,温度波动大幅减小。③ 大功率加热小功率保温,具有加热快保温时温度波动小的特点,当需要调整温度时能快速达到调节温度。④ 开关式直接加热流体冷却方式,冷却的目的是降温,因在高速生产时由于剪切升温导致熔体实际温度高于机头控制温度,这时有有效的冷却对于保证挤出制品的质量稳

定非常关键,冷却用流体通常用热油或过热水,一般不使用自来水,因自来水冷却太快会引起机头温度大幅波动。⑤ 连续加热比例控制方式有:PID(比例—积分—微分)方式(有助于消除偏差,但反馈时有波动趋势),PD(比例—微分)方式(没有温度过冲量,但工作条件改变时有较持久的偏差),PD/PID控制方式。在PD/PID控制系统中将PD和PID二者的优点结合起来,该系统工作时基本上没有控制过冲量和偏差。

工艺控制的温度测量和作为温度控制反馈信息的实际温度值的确定,通常是利用Fe-Co热电耦或装在模头内的铂电阻温度计来实现的。电阻温度计比热电耦略精确一些,在其有效温度范围内($50^{\circ}\text{C} \sim 400^{\circ}\text{C}$)误差为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C} \sim \pm 2.3^{\circ}\text{C}$,而且稳定,Fe-Co热电耦的误差为 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 。另一方面,热电偶在测量中动力特性比较好(质量小、反应快),而且坚固,价格便宜。

传感器通常安装在孔内并锁紧在模头上。为了确保充分接触可加一个弹簧。更换模头时要拔掉传感器。这种结构的优点是传感器与控制系统之间的接线比较坚固,可以防止由于电缆接头弄脏或弄湿而产生测量误差。传感器的接触点易于弄脏和受腐蚀,引起严重的测量误差,因此这些部位工作中要定期清理。温度传感器应安装在尽量靠近流道的位置上,因为温度测量对于流动过程是决定性的因素,传感器孔端与流道的最小距离由它们之间剩余壁厚的强度决定。

加工热塑性材料的大型模头经常有几个分别控制的加热区,环形缝模头在口模孔和模头体中也有分别控制的加热区。宽缝模头通常沿宽度分成几个加热区,各区宽度为 $200\text{mm} \sim 330\text{mm}$,加热区的数量常为奇数,中心区单独控制,其它各区为中心对称。加热区的宽度取决于加热元件与流道间的距离。对于表面加热,各区宽度比内加热大,如加热区过窄,由于强烈的热耦合易于引起控制特性的波动。

2.3.3 挤出机头加热设计要点

(1) 机头的几何形式。机头的几何形式对其热学性能起决定性的作用。一旦通过流变学设计方法确定了流道的形状,剩余的设计空间只有其外形(外部廓形——圆形、多角形或缝隙、壁厚、对称性、机械结构)。

(2) 机头结构件材料。材料的选择对其导热性、热扩散性等热学性能和实际热学设计(隔热和高导热性的特种合金的使用)有影响。

(3) 测温元件的位置。热电偶、温度传感器的安装位置和控制特性的选择影响控制系统的静动态性能。

(4) 热源的布置。加热元件的位置、数量、额定功率可以是均匀分布也可以是局部集中。

(5) 温度的均匀性。在多数情况下要求流道表面温度有较好的均匀性,而实现这一点并不意味着将热源均匀布置,要考虑到在机头轴线方向上流道形状尺寸的不同和机头外形与尺寸的变化。

(6) 温度分段控制。有些机头要求各段有不同的温度,所以各段温度需要分别控制,从设计角度需要注意两点:一是测温元件的安放位置要适当以保证测温准确;二是机头结构设计时就要减小或避免各段温度干扰。

(7) 温度随时间的稳定性。外界干扰(环境条件的变化、空气的流通)、熔体输入温

度的变化或工作条件(例如挤出量)的变化应加以控制,否则控制系统的自然温度波动会影响挤出物的质量。

(8) 能适应机头经常清理拆卸的需要。机头需要经常清理必须易于拆装。有些情况下需要对流道进行表面处理,如镀铬或抛光。加热元件的安装应能适应这一要求。

(9) 机头的启动性能即初始加热时间。尽可能与挤出主机加热时间一致,对于特大型机头,加热时间可适当延长,可以采用专用于启动加热的辅助加热措施。

(10) 片材和平膜机头出口额外加热。为改善挤出物的表面质量,要求对机头出口处挤出物的表面温度进行控制,这种情况下,要在出口处设置一个与机头其它部分无关的加热区。

(11) 吹胀薄膜模头和宽缝模头的不均匀加热。沿机头周向或宽度方向分成几段,各段加热分别控制,以便通过温度调节控制产品厚度均匀度。

2.3.4 挤出机头的热平衡计算

对所需热能的估算是根据机头的热平衡进行的,该值确定后便以此作为所需配置的加热系统能量的最小值。因此,必须对输入和输出的热流进行平衡。

连接法兰和挤出机的最后一个加热区的连接表面有一个特点,流经此处的热流的大小和方向对挤出机与机头之间的温度梯度有较强的依赖性。如果由于温差大或由于机头与挤出机接触面积大而使热流过大,则要使机头实现稳定的温度控制实际上是不可能的,机头或挤出机的温度控制会出现波动。实践中将模头温度设定在等于或略高于挤出机最后一个加热区的温度(机筒一般带有冷却风机或流体冷却,从机头流向挤出机的热要比反向热流容易控制)。

假设模头与挤出机温度相等,于是可略去沿接触面方向的热流,在此假设条件下,在热平衡中必须考虑的热流见图 2-4。

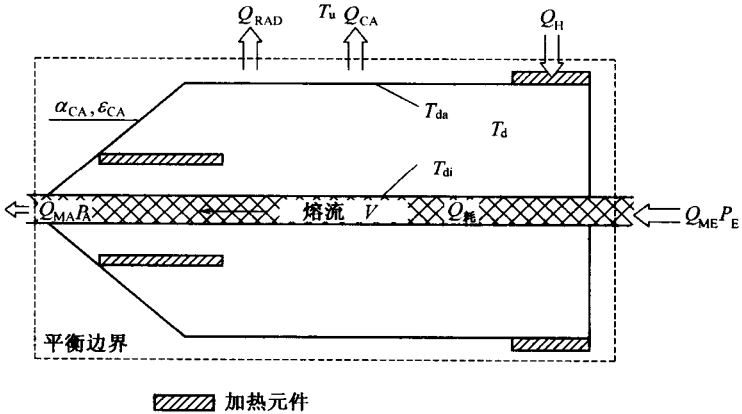


图 2-4 机头中的热平衡

Q_{ME} —随熔体进入机头的热流;

Q_{MA} —机头中被对流带走的热流(下标“A”=空气,下标“M”=熔体);

Q_{RAD} —模头中以辐射方式失去的热流; $Q_{耗}$ —模头中单位时间内的能量耗散;

Q_H —加热系统供给的热流。