

圆环型材挤出模塑料熔体流量分析与结构设计

张宝忠

(宁波职业技术学院工学院, 宁波 315800)

摘要 塑料熔体在挤出模中的流动状态分析是挤出模设计的基础。尽管塑料异型材的成型模具种类繁多、形状各异,但都可视为圆环和孔隙的组合。分析了模头流道结构和熔体在圆环型材挤出模中的流量,为环类型材挤出模设计提供了依据。

关键词 挤出模 熔体 流量 设计

塑料异型材以其固有的优异性能广泛应用于建筑、汽车、电子和家具等工业部门,而且近年来的需求量越来越大。塑料异型材主要通过挤出模成型,塑料熔体在挤出模流道中的流动状态分析是挤出模设计和制造的重要依据。挤出异型材的形状大多可以看成圆环和孔隙的组合。圆环型材制品的截面形状,是由模头入口处的圆型截面逐渐演变而成的。在模头内流道的形状采用流线型流道,流线型模头的整个流道变化连续、呈平滑过渡,没有死角停滞或留存物料现象。如何确定圆环型材挤出模各部分的尺寸,依赖于对塑料熔体在圆环内的流量分析。挤出模流道的合理与否不仅影响挤出量的多少,而且会影响制品的精度和使用寿命。因此,分析塑料熔体在圆环型材挤出模头区的流量,并以此作为模头的设计依据是非常重要的。

1 挤出模流道结构

图1为一典型挤出模流道结构示意图。整个挤出模流道可分为多孔板、稳流区、分流扩张区、分流支架、压缩区和定型区6个部分。

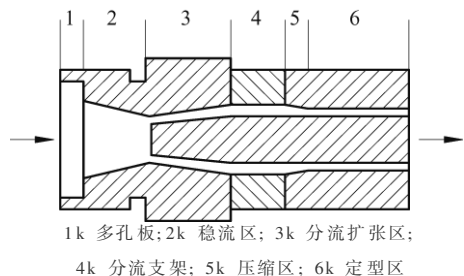


图1 挤出模流道结构示意图

多孔板可以滤去熔体中的杂质和异物、增加剪切应力、均匀熔体的塑化程度,稳定熔体中的平行流动,此区域为一圆管形流道。稳流区将熔体的旋转流动转变为稳定的平行流动。它是型材挤出稳定性和型材质量的保证,此区域为一截顶圆锥形流道。分流扩张区实现熔体截面向制成品的逐渐转变。对

于成型要求严格的、具有复杂截面形状的异型材,尽可能采用流线型流道,此区域为一鱼尾形流道。分流支架上的分流筋使型芯和锥环形分流支架固定在正确的位置上,此区域的流道为一带有若干支持断面的锥环形流道。压缩区的作用是消除分流支架产生的合流缝和熔体内存在的非平行流动,此区域的流道为一窄锥环形流道。定型区使熔体在此发生充分的松弛,减少由于分流、变截面等原因产生的内应力,此区域的流道为等截面流道。

2 塑料熔体流量分析

塑料成型加工使用的模具种类繁多,形状千差万别。但在许多情况下其形状都可视为圆环和孔隙的组合,因此研究分析塑料熔体在圆环中的流量对认识塑料加工机理具有重要意义。

对大多数塑料熔体而言,其粘度都很高,在正常加工过程中很少出现扰动,为简化分析和计算过程,现对其流动特性作下列假设:

- 塑料熔体为稳定层流动;
- 塑料熔体不可压缩;
- 塑料熔体为等温流动;
- 塑料熔体在管壁上无滑动;
- 惯性力和重力忽略不计;
- 粘度不随时间变化;
- 流道为无限长。

图2为圆环口模熔体速度分布示意图。设挤出模定型区环隙的内径为 R_i ,外径为 R_o ,长度为 L ,入口压力为 P ,最大速度发生在半径为 r 处,为计算推导方便设 $r = \lambda R_o$,令 $K = R_i/R_o$, $\rho = R/R_o$, R 为任一半径处的半径值。

在 $\lambda \leq \rho \leq 1$ 的区域,即在 $r \leq R \leq R_o$ 区域,在半径为 r 的周界上力的平衡条件为:

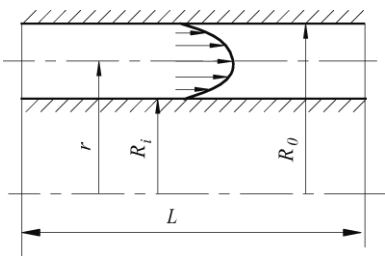


图 2 圆环口模熔体速度分布

$$d(2\pi L \tau) = d(\pi r^2 \Delta P) \tag{1}$$

式中: τ ——作用在 2π 周界上的剪切应力;

ΔP ——压力 P 在 L 长度上的压差。

代入边界条件, $r = \lambda R_0$ 时 $\tau = 0$, 积分(1)式得:

$$\tau = \frac{\Delta P R_0}{2L} \left(\rho - \frac{\lambda^2}{\rho} \right)$$

根据本构方程, 并考虑到该区域速度梯度为负, 有:

$$\tau = -K \cdot \dot{\gamma}^n = -K \left(\frac{dv}{dr} \right)^n$$

式中: $\dot{\gamma}$ ——速度梯度;

v ——熔体流动速度。

经积分得在 $r \leq R \leq R_0$ 区域的速度分布为:

$$v_1 = -R_0 \left(\frac{\Delta P R_0}{2KL} \right)^{1/n} \int_{\lambda}^1 \left(\rho - \frac{\lambda^2}{\rho} \right)^{1/n} d\rho \tag{2}$$

在 $K \leq \rho \leq \lambda$ 的区域, 即在 $R_i \leq R \leq r$ 区域, 在半径为 r 的周界上根据力的平衡条件, 知:

$$d(-2\pi L \tau) = d(\pi r^2 \Delta P) \tag{3}$$

边界条件为 $r = \lambda R_0$ 时 $\tau = 0$, 对(3)式积分得:

$$\tau = -\frac{\Delta P R_0}{2L} \left(\rho - \frac{\lambda^2}{\rho} \right)$$

则本构方程:

$$\tau = K \dot{\gamma}^n = K \left(\frac{dv}{dr} \right)^n$$

得:

$$K \left(\frac{dv}{dr} \right)^n = -\frac{\Delta P R_0}{2L} \left(\rho - \frac{\lambda^2}{\rho} \right)$$

经积分得在 $R_i \leq R \leq r$ 区域的速度分布为:

$$v_2 = R_0 \left(\frac{\Delta P R_0}{2KL} \right)^{1/n} \int_{\lambda}^1 \left(\frac{\lambda^2}{\rho} - \rho \right)^{1/n} d\rho \tag{4}$$

流体的流量方程为:

$$Q = \int_{R_i}^{R_0} 2\pi r v dr = \int_{R_i}^{R_0} 2\pi r v_1 dr + \int_{R_i}^{R_0} 2\pi r v_2 dr$$

求解得:

$$Q = F(n, K) \left(\frac{\Delta P}{2KL} \right)^{1/n} [R_0 - R_i] \frac{2n+1}{2n+1} \frac{n\pi R_0}{2n+1} \tag{5}$$

其中 $F(n, K)$ 的值可从表 1 中查得。

表 1 $F(n, K)$ 值

n	K = R _i /R ₀				
	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8
1.00	0.5908	0.6237	0.7094	0.8034	0.9008
0.50	0.6270	0.6445	0.7179	0.8064	0.9015
0.20	0.6924	0.6838	0.7342	0.8128	0.9032
0.10	0.7367	0.7130	0.7462	0.8184	0.9054

3 挤出模结构设计

(1) 定型区长度设计

定型区长度 L 是管材挤出模设计的关键, 它将直接影响到管材的质量、精度和寿命。 L 的确定由上面推导的流量公式(5) 经变换后可得:

$$L = \frac{\Delta P}{2K} \frac{n\pi R_0 F(n, \pi)}{(2n+1)Q} (R_0 - R_i)^{2n+1} \tag{6}$$

(2) 分流锥设计

分流锥是分流扩张区形成的重要部分, 其功能是保证熔体向制成品的过渡。 锥角 α 与塑料粘性有关, 低粘度时 $\alpha = 30^\circ \sim 80^\circ$, 高粘度时 $\alpha = 30^\circ \sim 60^\circ$ 。 尖角半径 $\geq 2.5 \text{ mm}$ 。

分流锥长度 L_1 由经验公式(7) 确定:

$$L_1 = (1.0 \sim 1.5) d_0 \tag{7}$$

式中: d_0 ——栅格出口直径。

(3) 压缩区设计

压缩角 β 必须保证塑料熔体离开分流锥后极好地熔合, 因此, β 角应小于锥角 α 其值与熔体流动性有关。 高粘性塑料取 $\beta = 10^\circ \sim 30^\circ$, 低粘性塑料取 $\beta = 20^\circ \sim 40^\circ$ 为宜。

压缩区长度 L_2 可由经验公式(8) 计算确定:

$$L_2 = (1.5 \sim 2.5) d_0 \tag{8}$$

压缩比 ε 为分流区支架出口处截面积与成型区环隙截面积之比。 口模流道应具有足够的压缩比, 以使产品致密。 其值也与塑料粘度特性有关, 对于低粘性塑料, 取 $\varepsilon = 4 \sim 10$; 对于高粘性塑料, 取 $\varepsilon = 3 \sim 6$ 为宜。

4 结语

塑料熔体在圆环挤出模头内的流量分析, 是带有圆环组成部分挤出模结构设计的重要依据。 挤出模头的结构依制成品的形状不同而不同, 对于不同尺寸的有圆环组成部分的制成品挤出模头设计, 应以模头区的熔体流量作为设计的依据, 以此来保证制成品的精度达到设计要求。

参考文献

1 李丽娟, 刘锋. 塑料异型材料挤出模头设计. 中国塑料, 1997, 11

- (2) : 60
- 2 王 晓 枫 , 朱 元 吉 . 挤 塑 模 头 中 料 流 停 留 时 间 计 算 . 塑 料 , 1996 , 25 (4) : 17
- 3 王 仲 君 . 挤 出 模 流 道 的 优 化 设 计 . 华 中 理 工 大 学 学 报 , 1997 , 25 (11) : 80
- 4 柳 和 生 . 平 行 狭 缝 内 塑 料 熔 体 流 速 分 布 的 完 全 解 析 解 . 塑 料 加 工 应 用 , 1996 (3) : 11 .
- 5 唐 志 玉 . 塑 料 模 流 变 学 设 计 . 北 京 : 国 防 工 业 出 版 社 , 1991 .
- 6 赵 云 路 , 唐 志 玉 . 铝 塑 型 材 挤 压 成 型 技 术 . 北 京 : 机 械 工 业 出 版 社 , 2000 .

FLUX ANALYSIS OF THE PLASTIC MELT IN THE CIRCLE PROFILE EXTRUSION
AND CONSTRUCTURE DESIGN

Zhang Baozhong

(Ningbo Vocational Technical College, Ningbo 315800, China)

ABSTRACT The flow state analysis of the plastic melt in the extrusion die is the basis of the extrusion die design. There are many kinds of extrusion dies. Their shapes are different, but all can be considered as the combination of the circle and the voids. Analyzing the die channel structure and the melt flow of the circle profile in the extrusion die provides the basis of the die design for the circle profile.

KEYWORDS extrusion die, melt, flow, design

请 订 阅 《 工 程 塑 料 应 用 》 和 《 化 学 分 析 计 量 》

邮 发 代 号 24 - 42 , 24 - 138 全 国 各 地 邮 局 均 可 订 阅

您 可 通 过 邮 局 或 银 行 汇 款 向 《 工 程 塑 料 应 用 》 杂 志 社 订 阅 下 列 期 刊 , 请 注 明 期 刊 名 称 、 收 件 人 、 邮 编 及 地 址 。

《 工 程 塑 料 应 用 》 , 国 内 外 公 开 发 行 的 全 国 性 塑 料 专 业 技 术 类 刊 物 , 月 刊 , 大 16 开 本 , 每 月 10 日 出 版 , 期 刊 价 目 见 表 1 。 另 有 1986 年 ~1997 年 合 订 本 共 6 册 , 计 185 元 。 欢 迎 读 者 来 函 (附 名 片) 免 费 索 取 样 刊 。

表 1 《 工 程 塑 料 应 用 》 单 册 期 刊 、 合 订 本 价 格 表

年 份	期 数	每 册 单 价 / 元	全 年 定 价 / 元	合 订 本 / 元
1998	12	3.5	42	52
1999	12	4	48	58
2000	12	5	60	70
2001	12	5.5	66	82
2002	12	6	72	88
2003	12	6.5	78	94

邮 局 汇 款 :

收 款 单 位 : 山 东 省 济 南 市 108 信 箱 杂 志 社
邮 政 编 码 : 250031 传 真 : (0531) 5947355
电 话 : (0531) 5816706 - 805 , 802 , 801 5947355

《 化 学 分 析 计 量 》 , 国 内 外 公 开 发 行 的 全 国 性 分 析 、 计 量 专 业 技 术 类 刊 物 , 双 月 刊 , 大 16 开 本 , 单 月 20 日 出 版 , 期 刊 价 目 见 表 2 。 欢 迎 读 者 来 函 (附 名 片) 免 费 索 取 样 刊 。

表 2 《 化 学 分 析 计 量 》 单 册 期 刊 、 合 订 本 价 格 表

年 份	期 数	每 册 单 价 / 元	全 年 定 价 / 元	合 订 本 / 元
创 刊 号 ~1998	9	4	36	46
1999	4	3.5	14	68
2000	4	5	20	
2001	6	4	24	
2002	6	5	30	76
2003	6	6	36	
合 计	35		160	190

银 行 汇 款 :

户 名 : 中 国 兵 器 工 业 第 五 三 研 究 所
开 户 银 行 : 济 南 市 工 商 银 行 八 一 分 理 处
帐 号 : 1602001209014424079

专 营 进 口 橡 塑 新 材 料 —— 广 州 智 达 公 司 —— 提 高 企 业 产 品 的 高 性 能 价 格 比 的 专 家

- * (乙 烯 / 乙 酸 乙 烯 酯) 共 聚 物 (E / VAC)
E / VAC / CO E / nBA / CO 三 元 共 聚 物
用 途 : 塑 料 和 橡 胶 共 混 改 性 。 涂 层 、 吹 塑 、 注 塑 或 挤 出 制 品 , 三 元 共 聚 物 主 要 用 于 改 性 PVC 和 ABS 。
- * (乙 烯 / 丙 烯 酸 乙 酯) 共 聚 物 (E / EAK , 俗 称 EEA)
用 途 : 包 装 材 料 、 医 疗 用 品 、 EEA 热 熔 胶 粘 合 剂 、 管 材 制 造 、 共 混 改 性 。
- * 苯 乙 烯 嵌 段 共 聚 物 (SBS , SEBS , SIS)
用 途 : 胶 粘 剂 , 塑 料 和 橡 胶 改 性 、 沥 青 改 性 、 各 种 弹 性 橡 胶 制 品 。
- * 无 定 形 烯 烃 共 聚 物 (APAO)
用 途 : 卫 生 用 品 粘 合 剂 、 压 敏 胶 类 、 沥 青 卷 材 改 性 、 橡 塑 改 性 。

- * 高 分 子 量 聚 异 丁 烯 (PIB)
用 途 : 作 粘 合 剂 及 密 封 材 料 、 防 老 化 性 物 体 , 矿 物 油 增 粘 添 加 剂 , 电 绝 缘 材 料 , 改 善 橡 塑 制 品 的 低 温 性 能 。
- * 三 元 乙 丙 橡 胶 (EPDM)
- * 聚 烯 烃 弹 性 体 (POE)
用 途 : 改 性 PP 、 PE 、 PC , 用 于 提 高 塑 料 的 抗 冲 击 强 度 和 柔 韧 性 。
- * (乙 烯 / 丙 烯 酸) 共 聚 物 (E / AK , 俗 称 EAA)
用 途 : 电 缆 屏 蔽 带 , 塑 料 改 性 、 热 封 复 合 , 可 降 解 淀 粉 基 塑 料 。
- * 聚 乙 烯 蜡 (PEX)
用 途 : 橡 塑 加 工 填 充 剂 、 分 散 剂 、 内 润 滑 剂 等 。

本 公 司 产 品 品 种 繁 多 , 详 细 资 料 请 来 电 索 取 , 欢 迎 垂 询 !

地 址 : 广 州 市 流 花 路 61 号 前 座 二 楼 邮 编 : 510160 传 真 : 020 - 36237426
电 话 : 020 - 36234969 手 机 : 13600008131 13602809980 联 系 人 : 廖 先 生