

塑料成型加工原理

下册

吴崇周 编著

吉林科学技术出版社

塑料成型加工原理

吉林科学技术出版社



塑料成型加工原理

下 册

编 著：吴 崇 周

审 校：黄 锐

吉林科学技术出版社

一九八六年五月

内 容 提 要

本书根据高分子化合物的热物理、热力学和流变学性质，对挤出成型辅机、单螺杆挤出过程和压延成型过程以及注射成型等问题进行了理论分析；并对聚氯乙烯壁纸、窗用塑料、不织布、交叉复合薄膜和光降解型农用地面复盖薄膜等典型品种作了讲述。各章、节结合实际问题进行了计算和设计。

本书可供从事高分子加工特别是塑料成型加工的工程技术人员，橡塑机械设计人员和工作者阅读，也可供高分子合成的工作者和大专院校有关专业的师生参考。

塑料成型加工原理

(下册)

吴崇周 编著

责任编辑 吕广仁

※

吉林科学技术出版社出版

长春市斯大林大街91号

四川省简阳县印刷厂印刷

吉林科学技术出版社书刊发行中心发行

※

开本：787×1092× $\frac{1}{32}$ 印张：5.875 印数1~4,000 字数：127千字

1986年5月第一版第一次印刷

统一书号：13376.39，定价1.40元

目 录

第六章 挤出辅机的参数计算	(1)
第一节 管定径装置的长度计算.....	(1)
一、假设和约定.....	(2)
二、不稳定导热方程.....	(2)
三、设计.....	(5)
第二节 双轴拉伸预热区的长度计算.....	(11)
一、不稳定传热的参数计算.....	(12)
二、设计.....	(14)
第三节 棒材冷却定径装置的长度计算.....	(16)
一、棒内温度分布的数值解.....	(17)
二、定径装置的长度计算.....	(21)
参考文献	
第七章 单螺杆挤出过程的理论分析	(25)
第一节 挤出量.....	(27)
一、压缩段的流量和压力分布.....	(27)
(一)、流量.....	(27)
(二) 压力分布.....	(30)
二、计量段的流量和压力分布.....	(32)
(一) 流量.....	(33)
(二) 压力分布.....	(34)
三、最大压力坐标.....	(35)
四、挤出量.....	(36)

第二节 功率.....	(37)
一、正流和逆流消耗的功率.....	(37)
(一) 压缩段.....	(37)
(二) 计量段.....	(38)
二、环流功率.....	(39)
(一) 压缩段.....	(39)
(二) 计量段.....	(40)
三、消耗在弧隙间的功率.....	(41)
(一) 压缩段.....	(41)
(二) 计量段.....	(41)
第三节 剪切速率.....	(42)
一、压缩段的剪切速率.....	(42)
二、计量段的剪切速率.....	(44)
三、弧隙间的剪切速率.....	(44)
第四节 高压聚乙烯挤出量和功率的计算.....	(45)
一、挤出量.....	(46)
二、功率.....	(49)
参考文献	
第八章 压延过程的理论分析	(51)
第一节 对称性压延.....	(51)
一、基础方程式.....	(52)
二、压力和速度分布.....	(55)
(一) 压力分布.....	(55)
(二) 速度分布.....	(57)
三、分离力和功率.....	(59)
(一) 功率.....	(59)

(二) 分离力.....	(60)
第二节 非对称性压延.....	(63)
一、断面分割法.....	(66)
二、速度分布和流量的分析.....	(66)
(一) $(P_i - P_{i-1}) / S > 0$	(67)
(二) $(P_i - P_{i-1}) / S > 0$ (速度分布有极小值)	(69)
(三) $(P_i - P_{i-1}) / S < 0$	(72)
(四) $(P_i - P_{i-1}) / S < 0$ (速度分布有极大值)	(74)
三、最大压力位置的确定.....	(77)
第三节 力、能量参数的计算.....	(77)
一、计算步骤.....	(78)
二、例题.....	(79)
参考文献	
第九章 注射成型原理	(91)
第一节 腔压的估算.....	(91)
一、温度的时间依赖性.....	(91)
二、腔压的时间依赖性.....	(94)
第二节 冷却时间的估算.....	(95)
一、制品最厚部位中心处的温度冷却到热变形温度所需的时间.....	(96)
二、制品断面上的平均温度冷却到某一指定温度所需的时间.....	(97)
三、结晶性制品最厚部位中心温度冷却到熔点或结晶度达某一指定值所需的冷却时	

间·····	(100)
(一) 最厚部位中心温度冷却到熔点所需的时间·····	(100)
(二) 结晶度达50%所需的时间·····	(103)
第三节 模具冷却孔道的设计·····	(105)
第四节 注射周期的热力学分析·····	(109)
一、升压过程·····	(110)
二、稳流过程·····	(112)
三、充模过程·····	(113)
四、增压过程·····	(114)
五、倒流过程·····	(114)
第五节 流动取向·····	(115)
一、充模过程的流动·····	(116)
二、速度及速度梯度·····	(117)
三、注射温度和速度对取向的影响·····	(118)
第六节 内应力·····	(119)
一、取向应力·····	(120)
二、热应力·····	(121)
三、其他形式的应力·····	(121)
第七节 收缩率的估算·····	(125)
参考文献	
第十章 典型产品各论 ·····	(125)
第一节 聚氯乙烯壁纸·····	(125)
一、原料·····	(125)
(一) 聚氯乙烯·····	(126)
(二) 增塑剂·····	(127)

(三) 稳定剂.....	(127)
(四) 润滑剂.....	(130)
(五) 填充剂.....	(130)
(六) 着色剂.....	(132)
(七) 发泡剂.....	(135)
(八) 溶剂.....	(135)
(九) 阻燃剂.....	(136)
(十) 复合底层.....	(137)
二、壁纸的加工方法.....	(137)
(一) 压延法.....	(137)
(二) 涂布法.....	(138)
(三) 层压法.....	(140)
(四) 压花加工.....	(140)
(五) 印花加工.....	(141)
(六) 圆筒筛网印花.....	(142)
(七) 发泡印花.....	(143)
第二节 窗用聚氯乙烯塑料.....	(144)
一、窗用塑料的选材要求.....	(144)
(一) 阻燃性.....	(144)
(二) 耐气候性.....	(145)
(三) 适应性.....	(145)
(四) 力学特性.....	(145)
(五) 其他特性.....	(145)
二、抗冲改性剂.....	(145)
(一) AXS.....	(145)
(二) 氯化聚乙烯.....	(146)

(三) EVA.....	(147)
(四) 丙烯酸树脂.....	(148)
(五) 氯乙烯醋酸乙烯共聚物.....	(148)
(六) 超高分子量聚乙烯.....	(148)
三、耐气候性.....	(148)
(一) 改性剂的影响.....	(149)
(二) 稳定剂的影响.....	(149)
(三) 着色剂的影响.....	(157)
(四) 填料的影响.....	(158)
四、配方.....	(159)
(一) CPE改性配方.....	(160)
(二) EVA改性配方.....	(160)
(三) EVA-VC改性配方.....	(161)
(四) 丙烯酸酯.....	(163)
五、加工性.....	(164)
第三节 新型的包装材料.....	(167)
一、不织布.....	(168)
(一) 工艺流程.....	(168)
(二) 《瓦里布》的物性.....	(169)
二、交叉复合薄膜.....	(171)
(一) 工艺流程.....	(171)
(二) 成型原理.....	(171)
第四节 光降解型农用地膜.....	(175)
一、配方.....	(175)
二、典型配方及复盖效果.....	(177)
参考文献	

第六章 辅机参数的计算

随着成型理论和加工技术的发展，目前人们感到影响成型速度的主要因素，不是挤出机的塑化能力、也不是挤出机头的成型效果，往往是后续工序——辅机加热或冷却的效果。为了发挥和挖掘挤出成型系统的潜在能力，对于辅机系统冷却效果的研究，是近年来人们比较重视的一个领域。

在六十年代，对于生产聚氯乙烯窗框的注意力集中在机头设计，成型技术和取向等问题上，到七十年代，这一产品的主要注意力是提高生产速度，这就涉及冷却问题。挤棒材时，曾有过冷却定径装置设计不合理出现棒坯在冷却水槽中破裂现象，实际是棒材的凝固表面还不能抵抗棒材中心熔体承受的压力。即冷却定径装置设计过短，或挤出速度过快所致。如果设计过长或挤出速度太慢都会影响到单机的生产速率。很自然这就涉及到冷却问题。亦即辅机的科学设计。

聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚丙烯等双向拉伸薄膜在进入双向拉幅以前的予加热区、片基的走行速度、予加热区的长度及气流温度都有严密的依赖关系。不然，会造成拉伸时的破膜现象，或者影响拉伸的产量。以上这些都说明了辅机设计的重要性。

第一节 管定径装置的长度计算〔1〕

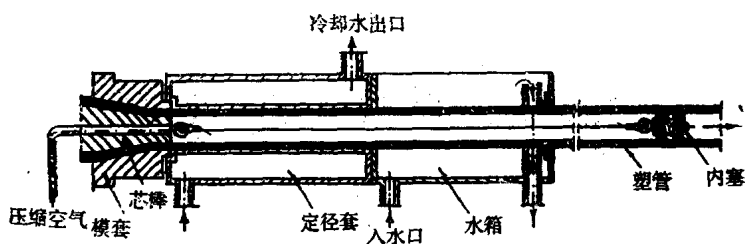


图 6-1 挤管定径装置

挤管定径装置如图 6-1 所示。聚合物熔体从挤出机进入管机头，经口模的定型后，紧急进入冷却定径装置。而后经过冷却水槽的充分冷却成为管材。管坯在定径装置内的冷却导热问题可按无热源的不稳定一维导热问题处理。为了讨论和处理的方便特作如下的假设和约定。

一、假设和约定

- 把管坯展开成平板（平板宽度 $\gg$ 平板厚度）；
- 管坯进入冷却定径装置的温度是均一的；
- 板的一侧（即管的内壁）处于绝热状态，另一侧（管的外表面）的温度瞬间达到冷却水的温度，即传热系数 $h = \infty$ ；

- 管坯的密度一定；
- 管坯的比热和导热系数与温度呈线性关系。

二、不稳定导热方程

根据导热理论和上述假设、无热源不稳定一维导热方程表示如下〔1〕

$$\rho \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{K}{C_p} \frac{\partial T}{\partial x} \right) \quad 6-1$$

式中， t — 时间 ($t > 0$)；

x —— 平板厚度坐标 ($0 < x < b$) ;

ρ —— 聚合物熔坯密度;

C_P —— 聚合物熔坯定压比热;

K —— 热导系数。

其边界和初始条件约定为:

$$\text{当 } 0 < x < b \text{ 时, } T(x, 0) = T_i \quad 6-2$$

$$t > 0 \text{ 时, } T(b, t) = T_f \quad 6-3$$

$$t > 0 \text{ 时, } \frac{\partial}{\partial x} T(0, t) = 0 \quad 6-4$$

熔体的热物理性质及温度

$$\text{导热系数: } K = \bar{K} [1 + \beta (T - T_i)] \quad 6-5$$

$$\text{比 热: } C_P = \bar{C}_P [1 + \gamma (T - T_i)] \quad 6-6$$

$$\text{平均温度: } \bar{T} = \frac{1}{2} (T_i + T_f) \quad 6-7$$

在上式中, 各符号的意义和单位如下:

T_i —— 板的初始温度 ($^{\circ}\text{F}$) ;

T_f —— 板表面 ($x=b$) 的温度 ($^{\circ}\text{F}$) ;

$\bar{x}$ —— 无因次厚度坐标 $\bar{x} = \frac{x}{b}$;

b —— 板 (管壁) 厚度 (呎) ;

t —— 冷却时间 (小时) ;

ρ —— 管坯密度 (磅/呎³) ;

K —— 在温度 T 的导热系数 $\left(\frac{\text{英热单位}}{\text{小时呎}^{\circ}\text{F}} \right)$;

$\bar{K}$ —— 为温度 $\bar{T}$ 的导热系数 $\left(\frac{\text{英热单位}}{\text{小时呎}^{\circ}\text{F}} \right)$;

C_P —— 在温度 T 的比热 $\left(\frac{\text{英热单位}}{\text{磅}^{\circ}\text{F}} \right)$;

$\bar{C}_p$ ——在温度 $\bar{T}$ 的比热 $\left(\frac{\text{英热单位}}{\text{磅}^\circ\text{F}}\right)$;

$\bar{\alpha} = \frac{\bar{K}}{\rho \bar{C}_p}$ ——在温度 $\bar{T}$ 的导温系数 $\left(\frac{\text{呎}^2}{^\circ\text{F}}\right)$;

β ——导热系数与温度的斜率 $\left(\frac{1}{^\circ\text{F}}\right)$;

γ ——比热与温度的斜率 $\left(\frac{1}{^\circ\text{F}}\right)$ 。

为了计算的简便，特定义如下的无因次变量：

$$\text{无因次温度} \quad Y_0 = \frac{T - T_f}{T_i - T_f} \quad 6-8$$

$$\text{无因次时间} \quad X_0 = \frac{\bar{\alpha} t}{b^2} \quad 6-9$$

$$\text{无因次坐标} \quad \bar{x} = \frac{x}{b} \quad 6-10$$

并将 $\bar{\beta}$ 、 $\bar{\gamma}$ 定义如下：

$$\bar{\beta} = \beta (T_i - T_f) \quad 6-11$$

$$\bar{\gamma} = \gamma (T_i - T_f) \quad 6-12$$

若把以上无因次参数作为摄动参数，则用摄动法求解

(6-1) 偏微分方程所得的一级近似解 $Y_1(\bar{x}, X_0)$ 表示为：

$$Y_1(\bar{x}, X_0) = Y_{00}(\bar{x}, X_0) + \bar{\beta} F(\bar{x}, X_0) + (\bar{\beta} - \bar{\gamma}) G(\bar{x}, X_0) \quad 6-13$$

式中， $Y_{00} = \sum_{i=1}^{\infty} A_i w_i(\bar{x}) Z_i(X_0)$ ， Y_{00} 是把 C_p 、 K 取成

平均值 $\bar{C}_p, \bar{K}$, 作为线性问题求得的解。

$$F(\bar{x}, X_0) = \frac{1}{2} Y_{00}(\bar{x}, X_0) + \sum_{k, j, i=1}^{\infty} A_{kji} \cdot w_i(\bar{x}) Z_k(X_0) Z_j(X_0)$$

$$G(\bar{x}, X_0) = -Y_{00}(\bar{x}, X_0) + X_0 \sum_{i=1}^{\infty} \beta_i w_i(\bar{x}) Z_i(X_0) + \sum_{i=1}^{\infty} C_i w_i(\bar{x}) Z_i(X_0) + \sum_{k, j, i=1}^{\infty} B_{kji} w_i(\bar{x}) Z_k(X_0) Z_j(X_0) Z_i(X_0)$$

把热物理参数 C_p 和 K 取成平均值 $\bar{C}_p, \bar{K}$ 作为线性问题求得的解 $Y_{00}(\bar{x}, X_0)$ 与作为非线性问题求得的一级近似解 $Y_1(\bar{x}, X_0)$ 是不同的。

当 $\bar{\beta} = -0.47, \bar{\gamma} = 0.23$ 时, Y_{00} 和 Y_1 的关系如图6-2所示。

图6-3~图6-4表示了 $Y_{00}(\bar{x}, X_0)$ 与 X_0 的关系;

图6-5~图6-8表示了 $F(\bar{x}, X_0)$ 与 X_0 的关系;

图6-9~图6-12表示了 $G(\bar{x}, X_0)$ 与 X_0 的关系。

利用上述这些关系图, 可以求出把(6-13)式作为非线性问题处理的板内(管壁)一级近似的温度分布如图6-13。

三、设计

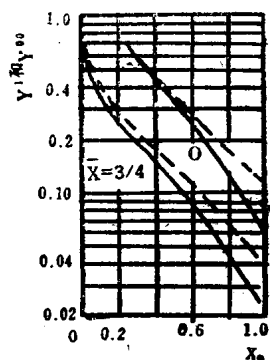


图 6-2

..... 表示 Y_{00} — 表示 Y_1

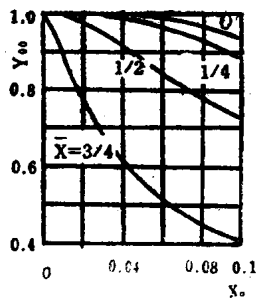


图 6-4

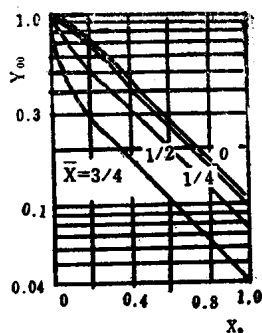


图 6-3

Y_{00} 与 X_0 的关系

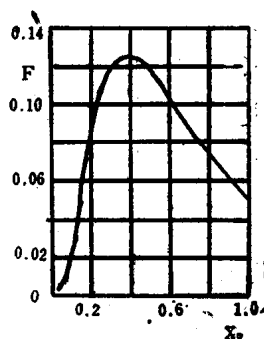


图 6-5

$\bar{x} = 0$

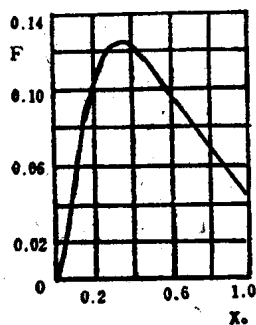
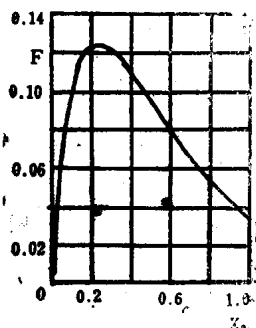


图 6-6

$\bar{x} = \frac{1}{4}$

图 6-7

$\bar{x} = \frac{1}{2}$



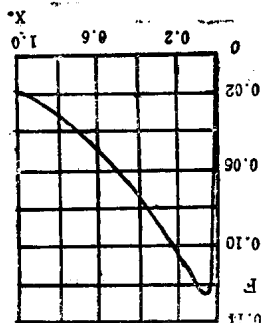


图 6-8

$$x = \frac{3}{4}$$

图 6-9

$$x = 0$$

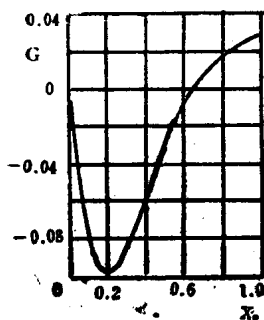
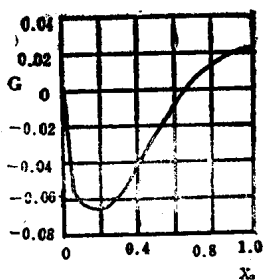


图 6-10

$$x = \frac{1}{4}$$

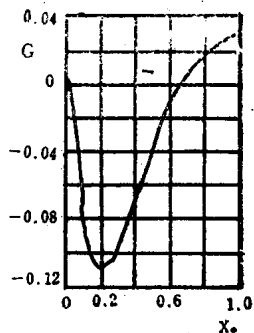


图 6-11

$$x = \frac{1}{2}$$

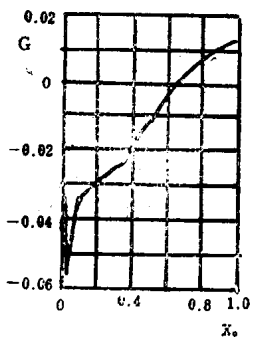


图 6-12

$$x = \frac{3}{4}$$

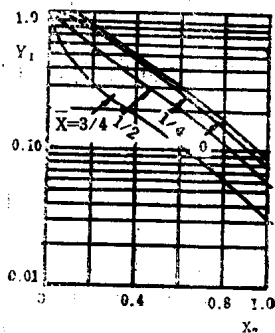


图 6-13

Y_2 与 X_0 的关系

已知:

管子内径 25.3毫米

管子壁厚 $b=3.35$ 毫米 (0.011 呎)

挤管速度 $u=4.3$ 米/分

冷却水温 $T_f=21^{\circ}\text{C}$ (70°F)

管坯的初始温度 $T_i=330^{\circ}\text{F}$ (166°C)

管坯密度 $\rho=0.86$ 克/厘米³ $=53.7$ 磅/呎³ (为常数)

树脂的比热 C_P :

$$T_i=330^{\circ}\text{F时}, C_P(0)=0.9 \frac{\text{英热单位}}{\text{磅}^{\circ}\text{F}}$$

$$T_f=70^{\circ}\text{F时}, C_P(b)=0.5 \frac{\text{英热单位}}{\text{磅}^{\circ}\text{F}}$$

$$\bar{T}=200^{\circ}\text{F时}, \bar{C}_P=0.7 \frac{\text{英热单位}}{\text{磅}^{\circ}\text{F}}$$

树脂的导热系数 K :

$$T_i=330^{\circ}\text{F时}, K_0=0.096 \frac{\text{英热单位}}{\text{小时呎}^{\circ}\text{F}}$$

$$T_f=70^{\circ}\text{F时}, K_b=0.204 \frac{\text{英热单位}}{\text{小时呎}^{\circ}\text{F}}$$

$$\bar{T}=200^{\circ}\text{F时}, \bar{K}=0.150 \frac{\text{英热单位}}{\text{小时呎}^{\circ}\text{F}}$$

试计算管冷却定径装置的长度?

解答

把管子展开成厚度为3.35毫米 (0.011 呎) 的平板。管的内壁处于绝热状态, 管的表面冷却定径套传热系数 h 无穷大以致在接触的瞬间就与冷却水温相等, 即有 $T_b=70^{\circ}\text{F}$ 。

管壁的温度可按 (6-13) 式计算。

根据 (6-6) 式