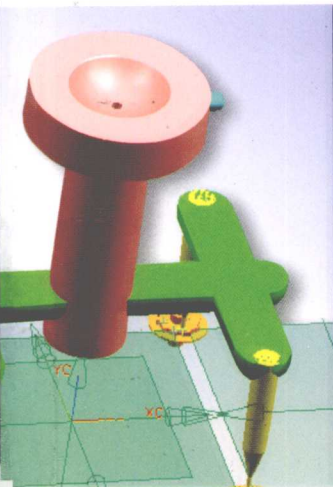


模 具 实 用 技 术 丛 书

<http://www.phei.com.cn>

- ◆ 图文并茂、设计思路清晰
- ◆ 设计实例与工程实践紧密结合
- ◆ 建模步骤符合模具设计人员的思维习惯
- ◆ 从事UG注射模具设计工作初学者的必备

姜 彬 编著



UG塑料注射模具 设计方法及应用案例



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

模具实用技术丛书

UG塑料注射模具 设计方法及应用案例

姜 彬 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书针对塑料注射模具 CAD/CAE/CAM 技术应用的实际状况,从工程实用角度出发,通过塑料注射成型工艺特征分析,结合典型注塑件及其模具设计实例,全面具体地讲述了采用 UG NX 集成软件系统进行注射模具设计的全过程。

本书主要内容包括 UG 塑料注射模具设计基础、UG 建模与塑料件设计、UG 注射模具设计与建模、UG 注射模具装配建模与运动分析和 UG 注射模具工程制图等五个部分。

本书按塑料注射模具实际设计的工作流程进行内容编排,可作为 UG 注射模具设计初学者和从事模具设计与制造的工程技术人员的参考书,也可作为高等院校相关专业本科生的专业课教材。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

UG 塑料注射模具设计方法及应用案例 / 姜彬编著. —北京:电子工业出版社, 2009.8

(模具实用技术丛书)

ISBN 978-7-121-09142-1

I. U… II. 姜… III. 塑料模具—计算机辅助设计—应用软件, UG—教材 IV. TQ320.5-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 106121 号

策划编辑:李 洁

责任编辑:韩玲玲

印 刷:北京智力达印刷有限公司

装 订:北京中新伟业印刷有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:21.25 字数:544 千字

印 次:2009 年 8 月第 1 次印刷

印 数:4 000 册 定价:45.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

注塑成型能一次成型形状复杂、尺寸精确的塑料制品,适合高效率、大批量的生产方式,已成为现代塑料工业中的一种重要加工方法。注塑模具是注塑成型的重要工艺装备,其设计与制造主要依赖于设计者的经验和技师的制造技艺,一般需要经过反复调试和修模才能正式投入生产,这种传统的生产方式不仅使产品的生产周期延长、生产成本增加,而且难以保证产品的质量。

近年来,汽车和电子通信等高新技术领域的发展对于高分子材料注射成型加工制品提出了高性能、高精度的迫切要求,同时在节约资源、节约能源和可持续发展的要求下,塑料注射成型正朝着“精密化、高效化、轻薄化”的方向发展,对大型、复杂、精密注射模具的需求进一步扩大。目前,CAD/CAE/CAM 技术日趋成熟,已经成为注射模具开发、设计与加工的主导技术,并且是提高注射模具生产企业技术水平的重要手段。

UG 是美国 UGS 公司集 CAD/CAE/CAM 功能于一体的工程应用软件系统。UG NX 的功能覆盖了整个产品的开发过程,即覆盖了从概念设计、功能工程、工程分析、加工制造到产品发布的全过程,在航空、汽车、机械、电器电子等工业领域中的应用非常广泛。本书面向注射模具设计全过程,以塑料注射成型特征分析为基础,着重讨论 UG 注射模具开发设计流程,通过对 UG NX 建模与分析功能的介绍和注射模具设计实例分析,使读者掌握运用 UG NX 进行注射模具设计的方法和步骤。

全书共 5 章,具体内容如下。

第 1 章:在塑料注射成型原理与注射成型工艺分析的基础上,概括介绍注射模具设计内容和设计技术,并简要介绍 UG NX 的功能和常用工具。

第 2 章:结合 UG NX 建模功能,在注塑件成型特征分析的基础上,依据注塑件设计原则,通过典型注塑件成型分析与设计,结合注塑件建模实例,提出了 UG 注塑件建模方法和步骤。

第 3 章:对注射模具及其零部件的设计流程进行讨论;结合 UG NX 复杂实体建模与注射模向导,详细介绍采用 UG NX 进行模具分型面设计和零部件建模的过程;结合典型设计实例,进行模具组成零部件设计与建模。

第 4 章:介绍 UG NX 装配建模方法,结合典型注射模具设计实例,提出了 UG 模具自底向上装配建模、自顶向下装配建模和混合装配建模的方法、流程,并介绍了 UG 注射模具装配爆炸图的生成方法;采用 UG NX 运动仿真模块功能,结合注射模具成型运动特点和设计实例,介绍 UG 注射模具成型运动仿真过程。

第 5 章:介绍 UG NX 工程图创建和数据转换方法;通过设计实例,介绍注射模具零件工程图和模具装配工程图的创建方法。

本书的编著得到了刘佳、高羨明、文光安、李伟、常俊、孙国军、徐鸿旭、余良、张胜浩等人的热情帮助,在此表示衷心的感谢!

希望本书能对您的工作和学习有所帮助,并衷心希望您能对本书中存在的缺点和错误提出宝贵意见!

目 录

第1章 UG 塑料注射模具设计基础	(1)	1.8 思考题	(25)
1.1 塑料注射成型概述	(2)	第2章 UG 建模与注塑件设计	(26)
1.1.1 塑料注射成型原理	(2)	2.1 UG NX 建模环境与建模工具	(27)
1.1.2 塑料注射成型过程	(2)	2.1.1 UG NX 建模环境	(27)
1.1.3 塑料的可挤压性与可模 塑性	(3)	2.1.2 坐标系设置	(27)
1.2 塑料注射成型工艺	(4)	2.1.3 类选择器	(28)
1.2.1 塑料注射成型工艺特性 ..	(4)	2.1.4 点构造器	(29)
1.2.2 塑料注射成型温度	(6)	2.1.5 矢量构造器	(30)
1.2.3 注塑成型压力	(6)	2.1.6 平面构造器	(31)
1.2.4 注塑成型周期	(7)	2.2 UG NX 建模基础	(32)
1.3 注射机的选择与校核	(7)	2.2.1 UG NX 曲线与草绘	(32)
1.3.1 注射机结构与组成	(7)	2.2.2 UG NX 实体建模	(35)
1.3.2 注射机工作过程	(9)	2.2.3 UG NX 特征建模	(35)
1.3.3 注射机分类	(10)	2.2.4 UG NX 自由曲面建模	(40)
1.3.4 注射机基本技术参数及 其校核	(10)	2.2.5 UG NX 实体布尔运算与 裁剪	(40)
1.4 注射模具结构及组成	(12)	2.3 塑料件形状特征分析	(41)
1.4.1 注射模具基本结构及组成	(12)	2.3.1 塑料件形状特征的分类 ..	(42)
1.4.2 单分型面注射模具	(13)	2.3.2 塑料件形状特征脱模方向 的确定	(43)
1.4.3 双分型面注射模具	(13)	2.3.3 塑料件主形状特征的描述	(43)
1.4.4 活动镶块式注射模具	(14)	2.3.4 塑料件辅形状特征的描述	(44)
1.5 注射模 CAD/CAE/CAM 技术	(15)	2.4 塑料件结构设计	(44)
1.6 UG 注射模具设计基础	(16)	2.4.1 塑料件设计原则	(44)
1.6.1 UG 简介	(16)	2.4.2 塑料件几何形状设计	(45)
1.6.2 UG 特点	(16)	2.4.3 塑料件的尺寸精度与表面 质量	(49)
1.6.3 UG 注塑模具向导 (UG MoldWizard)	(17)	2.5 塑料件成型分析与设计	(50)
1.6.4 UG NX 的安装与启动	(18)	2.5.1 避免塑料件内切设计	(50)
1.6.5 UG NX 工作界面	(19)	2.5.2 避免尖锐棱角的塑料件 设计	(51)
1.7 UG NX 基本操作	(21)	2.5.3 提高塑料件尺寸与配合精度 设计	(52)
1.7.1 鼠标按键操作方式	(21)	2.5.4 考虑非各向同性的塑料件 设计	(53)
1.7.2 视图操作	(21)	2.5.5 塑料件内外表面结构设计	(53)
1.7.3 对话框应用方式	(22)		
1.7.4 对象选取方式	(22)		
1.7.5 UG NX 文件操作	(23)		

2.5.6 基于装配的塑料件设计	··· (54)	3.3.2 UG NX/MoldWizard 设计 流程	····· (112)
2.6 UG 注塑件建模	····· (55)	3.3.3 注射模具分型面的选择与 设计	····· (113)
2.6.1 UG 注塑件建模方法及 流程	····· (55)	3.3.4 塑料件脱模阻力的计算与 动、定模的划分	····· (115)
2.6.2 回转体注塑件 UG 建模	··· (57)	3.3.5 UG NX/MoldWizard 注射 模分模	····· (117)
2.6.3 壳体注塑件 UG 建模	····· (65)	3.4 UG NX/MoldWizard 注射模具浇注 系统设计	····· (119)
2.6.4 注塑支承件 UG 建模	····· (68)	3.4.1 注射模具浇注系统设计 要点	····· (119)
2.7 注塑件 UG 建模实例	····· (73)	3.4.2 主流道设计	····· (119)
2.7.1 轮轴类注塑件 UG 建模 实例	····· (73)	3.4.3 分流道设计	····· (121)
2.7.2 深筒类注塑件 UG 建模 实例	····· (82)	3.4.4 浇口设计	····· (124)
2.7.3 箱体类注塑件 UG 建模 实例	····· (85)	3.4.5 冷料穴与排气槽设计	··· (128)
2.8 思考题	····· (89)	3.4.6 UG NX 侧浇口注射模具结 构设计与建模	····· (130)
第 3 章 UG 注射模具设计与建模	····· (90)	3.4.7 UG NX 点浇口注射模具结 构设计与建模	····· (133)
3.1 注射模具及其零部件设计过程	··· (91)	3.4.8 UG NX 中心浇口注射模具 结构设计及建模	····· (136)
3.1.1 注射模具的组成及其设计 过程	····· (91)	3.5 注射模具成型零件的设计与建模	(139)
3.1.2 注射模具零部件及其设计 过程	····· (92)	3.5.1 注射模具成型零件的结构	(139)
3.1.3 注射模具零件功能分析	··· (94)	3.5.2 注射模具成型尺寸计算	(140)
3.1.4 注射模具零件分类	····· (95)	3.5.3 注射模具成型零件强度和 刚度计算	····· (140)
3.2 UG NX 复杂实体建模	····· (95)	3.5.4 UG NX 注射模具凹模 创建	····· (143)
3.2.1 特征缝合	····· (96)	3.5.5 UG NX 注射模具凸模 创建	····· (144)
3.2.2 偏移表面	····· (97)	3.5.6 UG NX 注射模具型芯及其 安装孔创建	····· (144)
3.2.3 比例缩放	····· (98)	3.6 注射模具抽芯机构的设计与建模	(145)
3.2.4 几何特征抽取	····· (99)	3.6.1 注射模具抽芯判别与抽芯机 构的分类	····· (145)
3.2.5 片体加厚	····· (101)	3.6.2 抽芯机构的抽芯距与抽 芯力	····· (146)
3.2.6 特征编辑	····· (101)	3.6.3 斜销抽芯机构设计	····· (146)
3.2.7 实体分割	····· (103)		
3.2.8 片体修补	····· (103)		
3.2.9 实体简化	····· (105)		
3.2.10 几何包覆	····· (106)		
3.2.11 用户自定义特征	····· (107)		
3.3 UG NX/MoldWizard 与注射模具分 型面设计	····· (110)		
3.3.1 UG NX 注射模向导 (UG NX/MoldWizard)	····· (110)		

3.6.4 弯销抽芯机构的结构及其特点	(150)	3.11 思考题	(181)
3.6.5 液压抽芯机构的结构及其特点	(150)	第4章 UG 注射模具装配建模与运动分析	(182)
3.6.6 UG NX 斜销抽芯机构零件建模	(151)	4.1 UG NX 装配	(183)
3.7 注射模具推出机构的设计与建模	(153)	4.1.1 UG NX 装配功能	(183)
3.7.1 推出机构的组成及设计要求	(153)	4.1.2 UG NX 装配界面	(183)
3.7.2 推杆推出机构的结构及特点	(154)	4.1.3 UG NX 装配术语与定义	(184)
3.7.3 推管推出机构的结构及特点	(156)	4.1.4 UG NX 装配部件的类别	(185)
3.7.4 推板推出机构的结构及特点	(157)	4.2 UG NX 装配体的创建	(186)
3.7.5 推出机构的复位	(158)	4.2.1 UG NX 装配体组件的添加	(186)
3.7.6 推出位置的选择	(158)	4.2.2 UG NX 配对条件	(188)
3.7.7 注射模具推出机构的选择	(159)	4.2.3 按配对条件进行装配操作	(191)
3.7.8 UG NX 推出机构零件建模	(159)	4.3 UG NX 装配导航器	(192)
3.8 导向机构的设计与建模	(161)	4.3.1 UG NX 装配导航器的功能	(192)
3.8.1 导柱导套结构设计	(162)	4.3.2 UG NX 装配导航器中的图标	(192)
3.8.2 注射模具导向系统的形式	(163)	4.3.3 UG NX 装配导航器中弹出的菜单	(193)
3.8.3 UG NX 导柱、导套建模	(164)	4.4 UG NX 引用集	(195)
3.9 注射模具热平衡系统设计	(165)	4.4.1 引用集及其使用	(195)
3.9.1 注射模具热平衡系统及其设计要求	(165)	4.4.2 引用集的创建与编辑	(196)
3.9.2 注射模具加热系统设计	(165)	4.4.3 简化装配引用集	(199)
3.9.3 注射模具冷却系统设计	(168)	4.5 UG NX 部件间建模	(199)
3.9.4 UG NX 注射模具热平衡系统设计实例	(172)	4.5.1 WAVE 几何建模对话框	(199)
3.10 UG NX 注射模具结构零件设计与建模	(173)	4.5.2 WAVE 几何链接器操作	(200)
3.10.1 回转类注射模具零件建模	(173)	4.5.3 链接几何对象的编辑	(200)
3.10.2 板类注射模具零件建模	(175)	4.6 基于装配的注射模具结构设计	
3.10.3 镶块类注射模具零件建模	(175)	与建模	(201)
3.10.4 其他注射模具零件建模	(176)	4.6.1 注射模具及其组成零部件装配	(201)
3.10.5 UG NX 注射模具结构件设计与建模实例	(177)	4.6.2 注射模具组件的装配约束	(203)
		4.6.3 注射模具功能部件装配关系	(206)
		4.6.4 注射模具装配检查	(207)
		4.6.5 UG 注射模具结构设计与装配建模	(208)
		4.7 UG 注射模具自底向上装配	(209)

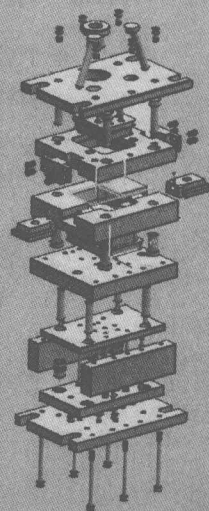
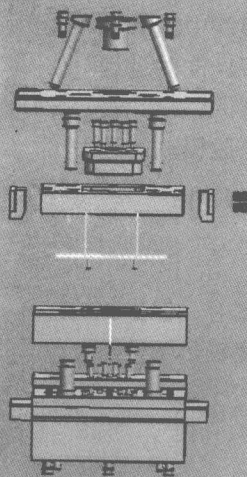
4.7.1	UG NX 注射模具自底向上 装配流程	(209)	4.11.3	注射模具装配组件和部 件爆炸视图	(255)
4.7.2	UG NX 注射模具组件 装配	(211)	4.12	UG 注射模具成型运动分析 ..	(260)
4.7.3	UG NX 推出机构部件 装配	(216)	4.12.1	UG 运动仿真概述	(260)
4.7.4	UG NX 动模板部件装配	(221)	4.12.2	UG NX 运动仿真模块	(262)
4.7.5	UG NX 动模部件装配 ..	(227)	4.12.3	UG NX 运动仿真过程	(267)
4.7.6	UG NX 定模部件装配 ..	(232)	4.12.4	注射模具成型运动	(276)
4.7.7	UG NX 动定模合模装配	(241)	4.12.5	UG NX 注射模具成型运 动仿真实例	(279)
4.8	UG 注射模具自顶向下装配 ..	(242)	4.13	思考题	(282)
4.8.1	UG NX 自顶向下装配建 模方法	(242)	第 5 章 UG 注射模具工程制图	(283)	
4.8.2	建立含几何对象的新组件	(243)	5.1	UG NX 工程图的创建与管理 ..	(284)
4.8.3	建立不含几何对象的新 组件	(244)	5.1.1	UG NX 工程制图特点 ..	(284)
4.8.4	验证新组件的产生	(244)	5.1.2	UG NX 工程图界面	(284)
4.8.5	UG NX 注射模具自顶向 下装配实例	(245)	5.1.3	工程图建立	(285)
4.9	基于 UG/WAVE 技术的注射模具 自顶向下装配	(247)	5.1.4	工程图管理	(286)
4.9.1	UG/WAVE 技术	(247)	5.1.5	工程图选项设置	(287)
4.9.2	UG/WAVE 工作流程 ..	(248)	5.1.6	工程图参数的设置	(287)
4.9.3	注射模具 WAVE 建模 过程	(248)	5.2	UG NX 视图添加与编辑	(291)
4.9.4	基于 UG/WAVE 技术的注射 模具详细设计	(249)	5.2.1	创建基本视图	(291)
4.10	UG 注射模具混合装配建模 ..	(250)	5.2.2	从部件添加视图	(292)
4.10.1	注射模具混合装配建模 流程	(250)	5.2.3	添加投影视图	(292)
4.10.2	注射模具装配模型的编 辑修改	(251)	5.2.4	添加局部放大视图	(293)
4.10.3	注射模具混合装配建模 实例	(252)	5.2.5	定义视图边界	(293)
4.11	UG 注射模具装配爆炸视图 ..	(254)	5.2.6	删除、移动和复制视图	(294)
4.11.1	UG NX 装配爆炸视图的 特点与限制	(254)	5.2.7	对齐视图	(295)
4.11.2	UG NX 爆炸视图的 创建	(254)	5.2.8	更新视图	(296)
			5.2.9	视图相关编辑	(297)
			5.3	UG NX 剖视图的创建与编辑 ..	(298)
			5.3.1	剖视图设置	(298)
			5.3.2	创建简单视图	(299)
			5.3.3	创建阶梯剖视图	(300)
			5.3.4	创建半剖视图	(300)
			5.3.5	创建旋转剖视图	(302)
			5.3.6	创建展开剖视图	(303)
			5.3.7	创建和编辑局部剖视图	(304)
			5.3.8	剖视图的编辑	(306)
			5.4	UG NX 工程图标注与注释	(309)
			5.4.1	尺寸标注	(309)
			5.4.2	表面粗糙度标注	(311)

5.4.3	注释编辑器	(312)	5.5.4	工程图的输出	(320)
5.4.4	文本注释	(313)	5.5.5	工程图的数据转换	(321)
5.4.5	形位公差标注	(314)	5.6	UG NX 注射模具零件工程图设计	
5.4.6	制图符号标注	(315)	实例	(323)	
5.5	UG NX 辅助制图工具	(315)	5.7	UG NX 注射模具装配工程图设计	
5.5.1	工程图中的对象插入 ...	(315)	实例	(326)	
5.5.2	创建标准图框	(317)	5.8	思考题	(330)
5.5.3	添加图样	(318)			

第1章

UG塑料注射模具设计基础

- 塑料注射成型概述
- 塑料注射成型工艺
- 注射机的选择与校核
- 注射模具结构及组成
- 注射模CAD/CAE/CAM技术
- UG注射模具设计基础
- UG NX基本操作



1.1 塑料注射成型概述

1.1.1 塑料注射成型原理

UG

注射成型是指利用塑料的可挤压性和可塑性,将松散的粒料或粉状成型物料从注射机的料斗送入高温的机筒内加热熔融塑化,使之成为黏流态熔体,在柱塞或螺杆的高压推动下,以很大的流速通过机筒前端的喷嘴,注射进入温度较低的闭合模具中形成制品的塑料加工方法。其成型原理如图 1-1 所示。

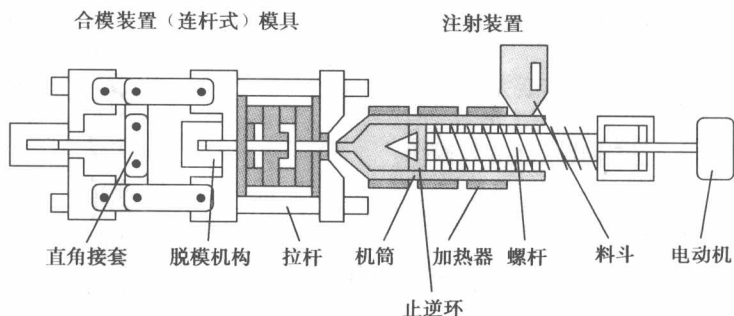


图 1-1 塑料注射成型原理

注射成型是热塑性塑料制品生产的一种重要方法,除个别热塑性塑料外,几乎所有的热塑性塑料都可用此方法成型。近年来,注射成型也成功地用于成型某些热固性塑料。注射成型工艺具有如下特点:

- (1) 注射成型的成型周期短(几秒到几分钟),易于实现自动化生产,生产率高;
- (2) 能一次成型外形复杂、尺寸精确、带有金属或非金属嵌件的塑料制品,产品质量好;
- (3) 成型制品质量可由几克到几十千克,经济性好;
- (4) 设备投资高、模具制造周期长;
- (5) 适合塑料件的大批量生产,应用广泛。

注射成型加工包括原料、设备和成型工艺等几个方面的内容这几方面相互联系,共同制约着注塑制品的质量。注塑成型设备包括注射成型机械和注射成型模具两部分。

1.1.2 塑料注射成型过程

整个塑料注射成型过程包括塑料在注射机中的塑化过程和塑料熔体在注射模腔中的成型过程。塑料注射成型过程是注射成型工艺制订的中心环节,它包括成型前的准备、注射过程和塑料制品的后处理,如图 1-2 所示。

(1) 成型前的准备:包括原料的检验和预处理;嵌件的预热;料筒的清洗;脱模剂的选用等。

(2) 注射过程:包括加料、塑化、注射、保压、冷却和脱模等步骤。

(3) 塑料制品的后处理:包括退火和调湿处理。

注射成型过程因加工物料而异,热塑性塑料的注射成型包括加料、塑化、注射、保压、冷却、脱模等过程;热固性塑料和橡胶的成型也包括同样的过程,但其料筒温度较热塑性塑

料的低,注射压力却较高,模具是加热的,物料注射完毕在模具中需经固化或硫化过程,然后趁热脱模。在塑化阶段,成型物料在注射机筒内经过加热、压实及混和等作用以后,由松散的粉状或粒状固态转变成连续的、具有均匀密度的熔体。

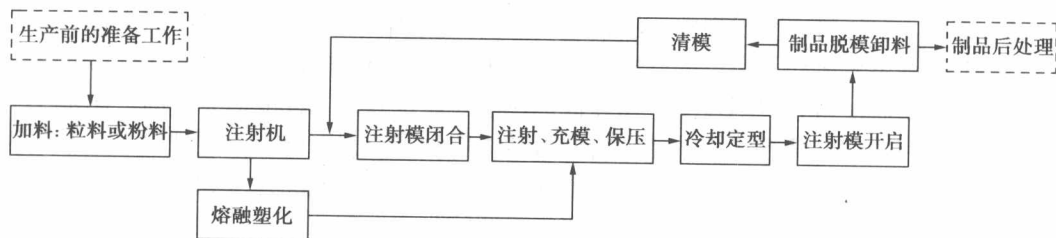


图 1-2 塑料注射成型过程

塑料熔体在模腔中的成型过程是指熔体在冷的模具和注射压力的作用下,在模具中流动、固化从而得到所需制品的过程,包括注射充填、保压补料和冷却定型三个阶段。

1. 注射充填

注射充填是指注射机将塑化好的熔体注射进入模腔的过程。很显然,熔体在流动过程中会受到一系列的流动阻力,这些阻力一部分来源于机筒、喷嘴、模具浇注系统和模腔表壁对熔体的外摩擦,另一部分则来源于熔体自身内部产生的黏性内摩擦。为了克服流动阻力,注射机必须通过螺杆或柱塞向熔体施加很大的注射压力,因此,欲掌握熔体的流动充模规律,必须了解注射压力在此过程中的变化特点,以及与此有关的熔体温度、熔体流速和熔体的充模特性等问题。充填阶段对塑料大分子的取向有很大的影响。该阶段进行得不好,容易产生短射、过保压、鳖鱼皮等缺陷。

2. 保压补料

保压补料是指从熔体充满模腔至柱塞或螺杆在机筒中开始后撤为止。在该阶段,熔体在一定压力的作用下继续向型腔内注料,以弥补熔体因温度降低而造成的体积收缩。

3. 冷却定型

冷却定型是注射成型过程的最后一个阶段。在该阶段,制品在模具的冷却作用下固化,直至达到脱模温度。冷却定型结束时(即脱模时)的模腔压力和模腔温度对制品的质量非常重要。若脱模温度太高,则制品在脱模后不仅会产生较大的收缩,而且容易发生热变形。若脱模时模腔内压力太高,则容易使制品在脱模后产生较大的残余应力,导致制品在以后的使用中发生形状、尺寸的变化或产生其他缺陷。

1.1.3 塑料的可挤压性与可模塑性

塑料之所以可用于注射成型生产,主要依赖于其可挤压性和可模塑性。可挤压性,即黏流态塑料在挤压力的作用下取得变形和流动的能力,反应了塑料熔体在挤压作用下的流动难易程度。可模塑性是指塑料熔体在模具内受温度和压力作用产生变形、流动及获取模腔形状的能力。

塑料的物理性能,如比热容、热传导率、密度、结晶和取向性能等,直接影响其变形和流动行为,在一定程度上决定着注塑成型工艺,影响着制品质量。塑料的热传导率和热扩散率都很低,因此,为了使其在成型过程中得到较好的冷却,塑料制品一般都很薄(小于5mm)。另外,由于塑料的密度随温度变化较大,因此在型腔充满后,仍需继续注料以弥补熔体因冷

却而造成的体积收缩（即保压）。

UG 结晶和取向是塑料在注射成型过程中发生的重要物理变化。结晶速率和结晶对塑料的密度和弹性量等都有很大的影响。结晶度越高，制品的体积收缩越大。如果收缩不均匀，则会发生翘曲变形。在注射成型过程中，塑料的大分子及其链段或结晶聚合物的微晶粒子在剪切力的作用下沿着熔体流动方向形成有序排列，发生流动取向。取向对聚合物的性能有很大影响。非结晶塑料取向后呈现明显的各向异性，在取向方位其力学性能明显提高，而垂直于取向方位的力学性能则显著下降。结晶塑料的力学强度和密度在取向方位得到提高，弹性和韧性也会得到改善，但伸长率却有所下降。取向不均匀常常导致制品发生翘曲变形。

塑料的流变性对其注射成型加工有着极为重要的影响。熔体在运动时，相邻两层流体间的相对运动存在抗力作用。流体所具有的这种抵抗流体的相对滑动速度或相对变形的性质称为黏性。在一般的加工条件下，塑料熔体的黏度值比较高，这会造成熔体在加工过程中的流动不可能是湍流。在绝大多数情况下，惯性力、质量力可以忽略不计，但黏性耗散却比较大，即使在冷却的情况下，熔体的温度也可能会因黏性耗散而升高。在注射成型过程中，塑料黏度除受温度和压力的影响外，还受剪切速率的影响，呈现“剪切变稀”效应。因此，生产中必须根据塑料的结构性能，选择最佳的注射温度、注射压力、注射速率及模具结构等加工条件，以保证塑料熔体不致因黏度过大而影响流动成型，同时，也不会因黏度过小而影响制品的成型质量。

一般来说，塑料黏度对温度的敏感性比对剪切速率的敏感性强，但若依靠升温去改善流动性，则又有可能导致热能损耗增加、降解趋势增强，因此通过升温去降低熔体黏度的方法主要针对黏度对剪切速率不太敏感的塑料。压力对聚合物的黏度也有一定的影响。压力越大，聚合物的黏度值也越大。在注射成型中，过高的注射压力往往会使注射机产生过多的能耗和过大的机件磨损，因此单纯依靠增大压力来提高熔体流量或充模能力的方法并不十分恰当。实际生产中常常综合考虑生产的经济性、设备和模具的可靠性及制品的质量等因素，以得到最佳的注射温度和注射压力。

黏弹性是塑料在加工中表现出的另一个重要性质。塑料熔体流动和变形时的弹性行为常常会使熔体在模腔内流动时产生端末流动和失稳流动等问题，最终导致制品产生变形扭曲及熔体破裂等成型缺陷。塑料熔体的弹性变形和黏性变形均与时间有关，其应变的发生对于应力作用的响应有所滞后，必须经过松弛过程。塑料变形时的滞后效应和松弛过程对塑件的质量有很大的影响。塑料熔体在模壁的冷却作用下，聚合物大分子没有充分的时间进行变形和重排，其变形还未与注射压力或保压压力达到平衡便被固定下来，这样脱模后制品中存在较大的残余应力，大分子还将随时间的发展继续进行重排，以便与成型时的应力作用结果相适应（消除残余应力），这常常会使制品发生翘曲变形。

1.2 塑料注射成型工艺

1.2.1 塑料注射成型工艺特性

塑料品种繁多，按其受热后所表现的性能不同，可分为热固性塑料和热塑性塑料两大类。

热固性塑料是指在初受热时变软，可以塑制成一定形状，但加热到一定时间或加入固化剂后，就硬化定型，再加热则不熔融也不溶解，形成体型（网状）结构物质的塑料。热固性

塑料包括酚醛塑料、环氧塑料、氨基塑料等。

热塑性塑料是指在特定温度范围内能反复加热和冷却硬化的塑料。常用的热塑性塑料有聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、苯乙烯-丁二烯-丙烯腈 (ABS 塑料)、改性聚甲基丙烯酸甲酯 (有机玻璃)、聚酰胺 (尼龙)、聚甲醛、聚碳酸酯、聚砒、聚苯醚、聚四氟乙烯等。

塑料注射成型工艺特性如下。

1. 收缩性

塑件从模具中取出、冷却到室温后,发生尺寸收缩,这种性能称为收缩性。影响收缩性的因素有塑料品种、塑件特性、浇口形式和尺寸,以及注射成型条件等。在模具设计时,应根据各种塑料的收缩范围、塑件壁厚、形状、进料口的形式和尺寸,确定塑件各部位的收缩率,再计算模具型腔尺寸。对高精度塑件,在模具设计时应留有修模余量,通过试模后逐步修正模具并改善成型条件,以达到塑件尺寸、精度要求。

2. 流动性

塑料流动性的大小,可从塑料的相对分子质量、熔融指数、表观黏度及流动比(流程长度/塑件壁厚)等进行分析。相对分子质量小、熔融指数高、表观黏度小、流动比大的塑料,其流动性好。影响流动性的因素主要包括温度、压力和模具结构等。提高料温则塑料流动性增大;注射压力增大则熔融塑料受剪切作用大,其流动性也随之增大;模具浇注系统的形式、尺寸和布置,冷却系统设计的合理性,熔料流动阻力(如型腔表面粗糙度、流道截面厚度、型腔形状和排气系统设计)等因素都直接影响熔料在型腔内的实际流动性。凡促使熔料降低温度、增加流动阻力的因素,都会使流动性降低。在模具设计时,应根据塑料的流动性,选用合理的模具结构。

3. 结晶性

塑料的结晶现象是指塑料在由熔融状态到冷凝的过程中,分子由无次序的自由运动状态而逐渐排列成为正规模型的一种现象。热塑性塑料按其冷凝时有无出现结晶现象可划分为结晶性塑料和非结晶性(又称无定形)塑料两大类。一般说来,结晶性塑料是不透明和半透明的,非结晶性塑料是透明的。但也有例外情况,例如,聚甲基戊烯为结晶性塑料,却有高透明性;ABS 为非结晶性塑料,却是不透明。对结晶性塑料,在模具设计及选择注射机时应注意根据料温上升到成型温度所需的热量、冷凝时放出的热量、塑件成型后收缩、塑件壁厚、塑料结晶熔点等,选择和设计满足塑化能力和冷却要求的注射机与模具结构。

4. 热敏性和水敏性

热敏性是指某些塑料对热较为敏感,在料温高和受热时间长的情况下产生变色、降聚和分解的特性。具有这种特性的塑料称为热敏性塑料,如硬聚氯乙烯、聚甲醛、聚三氟氯乙烯等。为防止热敏性塑料在成型过程中出现变色、分解现象,一方面可在塑料中加入热稳定剂,另一方面应选用螺杆式注射机,正确控制成型温度和成型周期,同时应及时清除分解产物,对模具和设备采取防腐措施。水敏性是指某些塑料(如聚碳酸酯)即使只含有少量水分,但在高温高压下也会发生分解的特性。对水敏性塑料必须预先加热干燥。

5. 应力开裂和熔融破裂

有些塑料对应力敏感,成型时易产生内应力且质脆易裂,塑件在外力作用下或在溶剂作用下会出现开裂现象。为此,除在原料内加入附加剂以提高抗裂性外,对原料还应注意干燥,同时选用合理的成型条件,并使塑件的形状结构尽量合理。在模具设计时应增大脱模斜度,

选用合理的进料口和顶出机构。在成型时应适当调节料温、模温、注射压力及冷却时间，尽量避免高料温。

6. 热性能和冷却速度

各种热塑性塑料有不同的比热容、热导率、热变形温度等热性能。比热容高的塑料在塑化时需要热量大，应选用塑化能力大的注射机。热变形温度高的塑料冷却时间短，脱模早，但脱模后要防止冷却变形。热导率低的塑料冷却速度慢，必须充分冷却，加强模具的冷却效果。各种热塑性塑料按其品种特性及塑件形状，要求保持适当的冷却速度。因此模具设计时必须按成型要求设置加热和冷却系统，以控制模具温度。

7. 硬化特性

热固性塑料在成型过程中，在加热受压的条件下软化，转变成可塑性黏流状态，随之流动性增大，可迅速填充型腔，与此同时发生缩合反应，密度不断增加，流动性迅速下降，熔料逐渐固化。在模具设计时，对硬化速度快、保持流动状态时间短的塑料应注意要便于装料，便于装卸嵌件，并且选择合理的成型条件，以免过早硬化或硬化不足，导致塑件成型不良。热固性塑料在注射成型时应保持较长时间的流动状态，当充满型腔后在高温、高压下应快速硬化。

1.2.2 塑料注射成型温度

塑料注射成型温度包括料筒温度、喷嘴温度和模具温度等。前两种温度主要影响塑料的塑化和流动，而后一种温度主要影响塑料的流动和冷却。

1. 料筒温度

每一种塑料都具有不同的流动温度，同一种塑料，由于来源或牌号不同，其流动温度及分解温度是有差别的，这是其平均分子量和分子量分布不同所致。塑料在不同类型的注射机内的塑化过程也是不同的，因而选择料筒温度也不相同。

2. 喷嘴温度

喷嘴温度通常是略低于料筒最高温度的，这是为了防止熔料在直通式喷嘴中可能发生的“流涎现象”。喷嘴温度也不能过低，否则将会造成熔料的早凝而将喷嘴堵死，或者由于早凝料注入模腔而影响制品的性能。

3. 模具温度

模具温度对制品内在性能和表观质量的影响很大。模具温度的高低决定于塑料结晶性的有无，制品的尺寸与结构，性能要求，以及其他工艺条件（熔料温度、注射速度及注射压力、成型周期等）。

1.2.3 注塑成型压力

注塑过程中的压力包括塑化压力和注射压力两种，它们直接影响塑料的塑化和制品质量。

1. 塑化压力（背压）

采用螺杆式注射机时，在塑料熔融、塑化过程中，熔料不断移向料筒前端，且越来越多，逐渐形成一个压力，推动螺杆后退。这种压力的大小是可以通过液压系统中的溢流阀来调整的。为了阻止螺杆后退过快，确保熔料均匀压实，需要给螺杆提供一个反向压力，这个反向阻止螺杆后退的压力称为背压，亦称为塑化压力。增加塑化压力可以提高熔体温度，但会减小塑化速率，延长成型周期，可能导致塑料降解。因此，一般操作中，在保证制品质量优良

的前提下尽量降低塑化压力，其数值随塑料的品种而异，通常不超过 2MPa。

2. 注射压力

在当前生产中，几乎所有的注射机的注射压力都是以柱塞或螺杆顶部对塑料所施加的压力（由油路压力换算而来）为准的。注射压力在注塑成型中所起的作用是，克服塑料从料筒流向型腔的流动阻力、给予熔料充模的速率及对熔料进行压实。

1.2.4 注塑成型周期

完成一次注射模塑过程所需的时间称为成型周期，也称模塑周期，如图 1-3 所示。成型周期直接影响劳动生产率和设备利用率。因此，在生产过程中应在保证质量的前提下，尽量缩短成型周期中的各个有关时间。

在整个成型周期中，注射时间和冷却时间是其基本组成部分。注射时间和冷却时间的多少对塑料制品的质量有决定性影响。

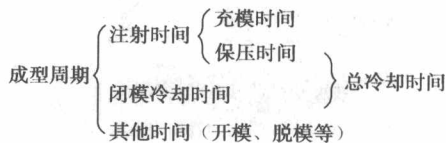


图 1-3 成型周期

1. 注射时间

注射时间中的充模时间直接反比于充模速率，生产中充模时间一般约为 3~5s。注射时间中的保压时间就是对型腔内塑料施加压力的时间，其在整个注射时间内所占的比例较大，一般约为 20~120s（特厚制件可高达 5~10min）。在浇口处的熔料冷却凝固之前，保压时间的多少对制品尺寸精度有影响。保压时间存在最优值，它依赖于料温、模温，以及主流道和浇口的大小。如果主流道和浇口的尺寸及工艺条件都是正常的，则以制品收缩率波动范围最小的压力值为准。

2. 冷却时间

冷却时间主要取决于制品的厚度、塑料的热性能和结晶性能，以及模具温度等。冷却时间的长短应以保证制品脱模时不引起尺寸变动为原则，冷却时间一般约为 30~120s，冷却时间过长不仅降低生产效率，而且还将造成复杂制件脱模困难，强行脱模时甚至会产生脱模应力、损坏塑件。

3. 其他时间

成型周期中的其他时间则与生产过程是否连续、自动化程度等有关。

1.3 注射机的选择与校核

1.3.1 注射机结构与组成

注射机的主要作用是将料筒内的塑料加热，使其熔化（塑化），然后对熔融塑料施加高压，使其经喷嘴高速注入模具型腔。注射机及其组成如图 1-4、图 1-5 和图 1-6 所示。

根据注射成型工艺要求，注射机是一种机电一体化很强的设备，主要由注射部件、合模部件、机身、液压系统、加热系统、控制系统、加料装置等组成。

UG

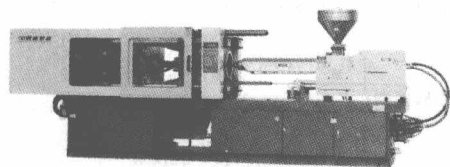


图 1-4 注射机

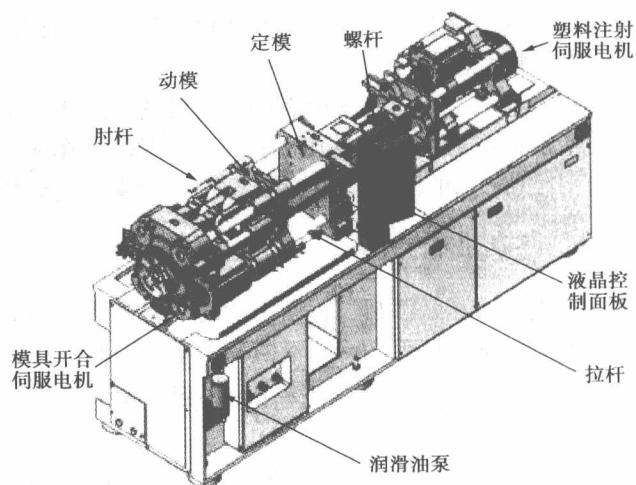


图 1-5 注射机的结构

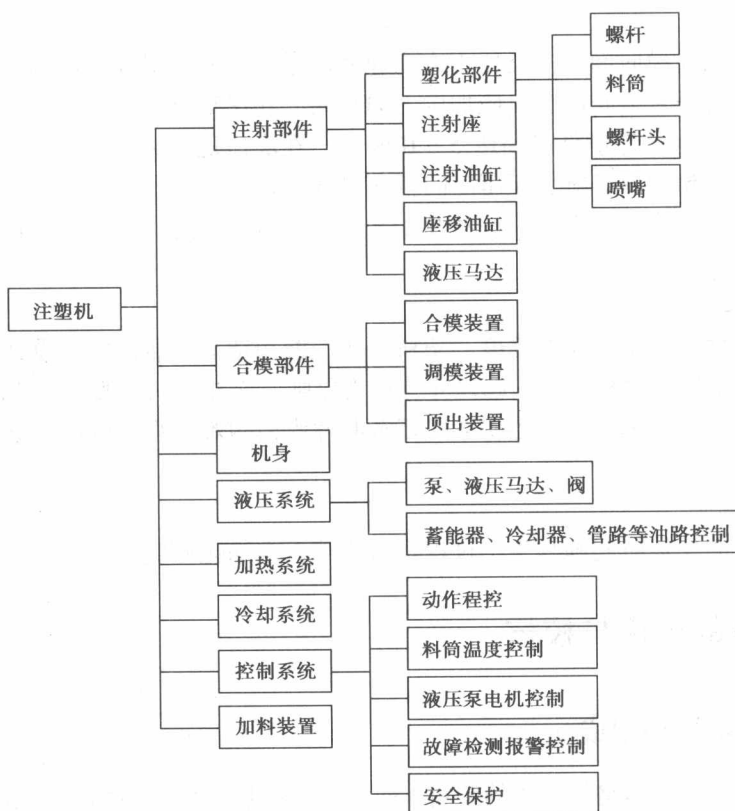


图 1-6 注射机的组成

1. 注射部件

预塑时，塑化部件中的螺杆在液压马达驱动下旋转，物料塑化，塑化好的熔料推到料筒前端的储料室中。与此同时，螺杆在物料的反作用下后退，并通过推力轴承使推力座后退，通过螺母拉动活塞杆直线后退，完成计量。注射时，注射油缸的缸腔进油通过轴承推动活塞