



模具专业零起点教程

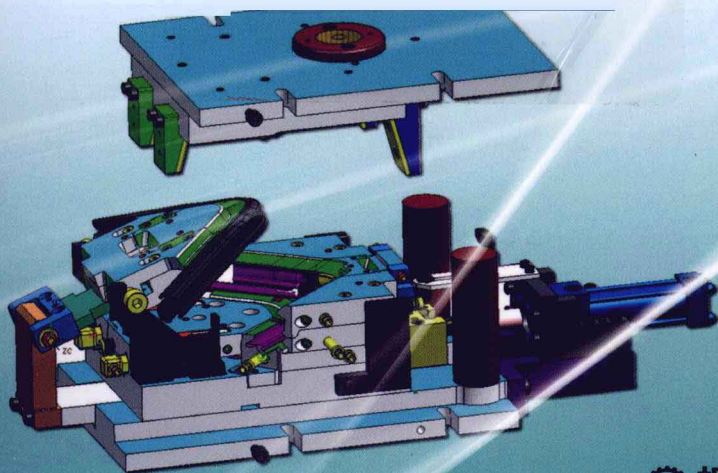
丛书主编

吴振远

SuLiaoChengXingGongYiYuMuJuSheJi

塑料成型工艺 与模具设计

● 主编 翟震 毋彩虹



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

模具专业零起点教程

丛书主编 吴振远

塑料成型工艺与模具设计

主 编	翟 震	毋彩虹	
副主编	黄灵阁	曹国华	邱 放
参 编	李 辉	王雅静	冉明瑞
	杨 操	张卫红	李 华
	牛明军	张晓黎	陈淑凤
	梁冬松	曹 蕙	黄坯坯



机械工业出版社

本书以介绍高分子聚合物的物理性能,流动特性,成型过程中的物理、化学变化以及塑料的组成、分类及其性能为基础,围绕塑料成型工艺与模具设计两大主题,系统详细地阐述了注射成型、挤出成型等塑料成型工艺,重点介绍了各类注射模具的结构特点、工作原理及设计方法,阐述了挤出模、压缩模、吹塑模、气动成型模的设计方法。

本书知识新颖实用,内容完整系统,重点结构实例突出,教学时使用方便,工程实践时可借鉴性强。

本书可作为高等职业院校,五年制高职、高等专科院校,成人高校,民办高校及本科院校举办的二级职业技术学院模具及相关专业的教学用书,也可作为从事模具设计与制造的工程技术人员的参考书及培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

塑料成型工艺与模具设计/翟震,毋彩虹主编;吴振远丛书主编. —北京:机械工业出版社,2011

模具专业零起点教程

ISBN 978-7-111-34810-8

I. ①塑… II. ①翟…②毋…③吴… III. ①塑料成型-工艺-教材
②塑料模具-设计-教材 IV. ①TQ320.66

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第097276号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:李万宇 责任编辑:李万宇 庞 晖

版式设计:霍永明 责任校对:张晓蓉

封面设计:赵颖喆 责任印制:杨 曦

北京双青印刷厂印刷

2011年7月第1版第1次印刷

169mm×239mm·18印张·345千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-34810-8

定价:32.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

策划编辑:(010)88379732

社服 务 中 心:(010)88361066

网络服务

销 售 一 部:(010)68326294

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销 售 二 部:(010)88379649

教材网:<http://www.cmpedu.com>

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

产品的竞争实际上是质量和价格的竞争。模具是工业之母，其制造技术是工业生产的核心技术，采用模具生产零件具有效率高、质量好、节能降耗、生产成本低等一系列优点，对国民经济和社会发展起到了巨大的作用。各国都把模具生产制造技术提到相当高的地位，并把先进的设计、制造、测量、检验及管理技术与设备应用到模具生产上。

目前，我国已成为全球最大的加工制造基地，模具工业是现代加工制造业一个重要的组成部分，但模具技术人员异常短缺，模具设计与制造技术人才已经成为“紧缺人才”，未来将有更多的人才进入模具行业。为了满足模具领域工程技术人员、一线工人以及部分高职院校模具专业人员培训的需要，我们组织了郑州大学、河南科技大学、郑州市技师学院、郑州市交通技师学院、鹤壁职业技术学院、郑州市红旗职业培训学校等院校的具有丰富教学和培训经验的行业专家、老师，编写了本套“模具专业零起点教程”系列丛书，旨在帮助那些既无模具知识、又无机械基础的人学习模具设计与制造之用。

本套丛书首批推出《冲压工艺与模具设计》、《塑料成型工艺与模具设计》、《模具材料与热处理》三种，并将陆续扩充。

本套丛书以实用为目的，尽可能地减少繁琐的计算，并尽量使用设计图表或计算机辅助设计方法。内容深入浅出，语言通俗易懂，既阐述基础知识，又介绍有关方面的最新成果，特别适合从事模具设计与制造的人员自学使用，更适于作模具职业培训学校的教材，亦可以供模具专业的大专院校师生参考。

随着塑料制品在机械、电子、交通、建筑、农业、轻工、国防和包装等各个行业的广泛应用，对塑料模具的需求量日益增加，塑料模具在国民经济中的重要性也日益突出。

《塑料成型工艺与模具设计》的主要内容包括绪论、塑料成型基础、塑料成型工艺、塑料制品设计、注射成型模具设计、其他塑料模具设计6章，

适合各级大中专院校学生及从事塑料模具设计与制造的工程技术人员使用。

本书具有以下特色：

1) 知识新颖实用，结合近年来模具技术的发展，注重反映先进技术。

2) 在内容安排上力求知识结构完整统一，在每一类模具的设计中，详细介绍模具的结构组成、结构特点、工作原理、设计要点等。由于注射成型模具应用最广，结构最为复杂，因此在第5章中用了较大的篇幅对其浇注系统设计、成型零件的结构设计、合模导向机构设计、推出机构设计、侧向分型与抽芯机构设计与温度调节系统设计等做了重点介绍，并介绍了部分注射成型新技术、新工艺，同时略去了一些用得不多的技术、工艺。

3) 采用最新国家标准，力求每一个公式、图表、图形都符合最新国标。

参加本书编写工作的有翟震、毋彩虹、黄灵阁、曹国华、邱放、李辉、王雅静、冉明瑞、杨操、张卫红、李华、牛明军、张晓黎、陈淑凤、梁冬松、曹蕙、黄坯坯、卫萌、陈丽、韩小敏、刘雪莹和段瑞侠。吴振远老师对全书进行了详细审阅。

在本书的编写过程中，参考了国内外同行的大量专著与教材，谨向有关人员表示衷心感谢！

由于我们水平有限，错误之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前 言

第1章 绪 论

- 1.1 塑料工业在国民经济中的地位 1
 - 1.1.1 塑料及塑料工业的发展 ... 1
 - 1.1.2 塑料成型在工业生产中的重要性 2
 - 1.1.3 塑料成型技术的发展趋势 3
- 1.2 塑料成型模具的分类 5
- 1.3 学习本课程应达到的目的 6

第2章 塑料成型基础

- 2.1 塑料的成分和特性 8
 - 2.1.1 塑料的成分 8
 - 2.1.2 塑料的特性 9
- 2.2 塑料的分类 10
 - 2.2.1 按使用特性分类 10
 - 2.2.2 按理化特性分类 11
 - 2.2.3 按加工方法分类 13
- 2.3 玻璃纤维增强塑料及其加工 ... 13
- 2.4 常用塑料 15
 - 2.4.1 热塑性塑料 15
 - 2.4.2 热固性塑料 23

第3章 塑料成型工艺

- 3.1 注射成型 25
 - 3.1.1 注射成型原理、特点及应用 25
 - 3.1.2 注射成型工艺过程 26
 - 3.1.3 注射成型工艺的参数 28
- 3.2 挤出成型 32
 - 3.2.1 挤出成型原理、特点及应用 32
 - 3.2.2 挤出成型工艺过程 32
 - 3.2.3 挤出成型工艺的参数 34

第4章 塑料制品设计

- 4.1 概述 36
 - 4.1.1 塑料制品分类 36
 - 4.1.2 塑料制品设计思路 37
- 4.2 塑料制品结构工艺性 38
 - 4.2.1 尺寸和精度 39
 - 4.2.2 表面粗糙度 42
 - 4.2.3 形状 42
 - 4.2.4 斜度 44
 - 4.2.5 壁厚 44
 - 4.2.6 加强筋及其他防变形结构 46
 - 4.2.7 支承面及凸台 47
 - 4.2.8 圆角 48

4.2.9 孔的设计	49
4.2.10 螺纹的设计	51
4.2.11 齿轮设计	53
4.2.12 嵌件设计	54
4.2.13 文字、符号及标记	59

第5章 注射成型模具设计

5.1 注射模具的典型结构与分类	60
5.1.1 注射模具典型结构	60
5.1.2 注射模具分类	62
5.2 注射模与注射机的关系	75
5.2.1 注射模有关工艺参数的校核	75
5.2.2 国产注射机的主要技术规格	79
5.3 塑料制件在模具中的位置	80
5.3.1 型腔数量及排列方式	80
5.3.2 分型面的设计	83
5.3.3 排气系统的设计	88
5.4 浇注系统与排溢系统的设计	89
5.4.1 普通流道浇注系统的组成及作用	89
5.4.2 普通流道浇注系统设计	90
5.4.3 排溢系统的设计	111
5.4.4 热流道浇注系统	112
5.5 成型零件的设计	119
5.5.1 凹模结构设计	119
5.5.2 凸模结构设计	121
5.5.3 螺纹型芯或螺纹型环的结构设计	123
5.5.4 成型零件工作尺寸的计算	125
5.5.5 型腔壁厚的计算	127
5.6 导向机构与定位机构	132

5.6.1 导向、定位机构的作用	132
5.6.2 结构设计	133
5.7 推出机构设计	138
5.7.1 推出机构的结构组成	138
5.7.2 脱模力的计算	140
5.7.3 简单推出机构	141
5.7.4 推出机构的导向与复位	146
5.7.5 动、定模双向推出机构	148
5.7.6 二级推出机构	150
5.7.7 浇注系统凝料的脱模机构	157
5.7.8 带螺纹塑件的脱模机构	159
5.8 侧向分型与抽芯机构设计	164
5.8.1 侧向分型与抽芯机构的分类	164
5.8.2 斜导柱侧向分型与抽芯机构	166
5.8.3 弯销侧向分型与抽芯机构	190
5.8.4 斜导槽侧向分型与抽芯机构	192
5.8.5 斜滑块侧向分型与抽芯机构	193
5.8.6 齿轮齿条侧向抽芯机构	199
5.8.7 其他侧向分型与抽芯机构	201
5.9 注射模具温度调节系统	205
5.9.1 温度调节系统的必要性	205

5.9.2 模具冷却系统的计算·····	207	6.1.1 概述·····	253
5.9.3 模具冷却系统设计 原则·····	211	6.1.2 挤出成型模具的分类·····	253
5.9.4 冷却系统的结构形式·····	214	6.1.3 机头设计原理·····	253
5.9.5 加热装置·····	218	6.1.4 管材成型模具·····	254
5.9.6 模具温度调节系统的外围 设施·····	218	6.1.5 吹塑薄膜模具·····	259
5.10 气体辅助注塑成型制品设计和 模具设计·····	219	6.1.6 机头与挤出机的连接·····	262
5.10.1 概述·····	219	6.2 吹塑中空成型模具·····	262
5.10.2 气辅成型制品和模具设计 原则·····	225	6.2.1 概述·····	262
5.11 其他注射成型工艺及模具 简介·····	231	6.2.2 模具结构·····	262
5.11.1 概述·····	231	6.3 真空成型模具·····	267
5.11.2 原材料范围拓宽的注塑 加工·····	232	6.3.1 概述·····	267
5.11.3 工艺、装备革新的注塑 加工·····	240	6.3.2 真空成型模具的设计 要点·····	269
5.11.4 按制品要求形成的注塑 加工·····	250	6.4 压缩空气成型模具·····	270
		6.4.1 概述·····	270
		6.4.2 压缩空气成型模具的设计 要点·····	272
		6.5 发泡成型模具·····	273
		6.5.1 概述·····	273
		6.5.2 模具结构·····	273

第6章 其他塑料模具设计

6.1 挤出成型模具·····	253
-----------------	-----

参考文献

第 1 章

绪 论

1.1 塑料工业在国民经济中的地位

1.1.1 塑料及塑料工业的发展

塑料又简称高聚物，是一种以高分子量有机物质为主要成分的材料，一般相对分子质量都大于 1 万，有的甚至可达百万级。它在加工完成时呈现固态形状，在制造以及加工过程中，通过一定温度和压力，可以借流动来成型为一定几何形状和尺寸的塑料制件。塑料的其余成分包括有增塑剂、稳定剂、增强剂、固化剂、填料及其他配合剂。

塑料制件在工业中的应用日趋普遍，这是由于它们具有一系列特殊的优点所决定的。塑料密度小、质量轻，大多数塑料的密度在 $1.0 \sim 1.4\text{g/cm}^3$ 之间，相当于钢材密度的 0.11 和铝材密度的 0.5 左右，即在同样的体积下，塑料制件要比金属制件轻得多，这就是“以塑代钢”的优点。据统计，汽车自重每减少 10%，燃油的消耗量可降低 6% ~ 8%。近年来，国际上汽车塑料的用量在不断增加，平均每辆汽车的塑料用量已从 20 世纪 70 年代初的 50 ~ 60kg 发展到目前的 150kg，该用量还在继续增长。在日本、美国和欧洲等发达国家中，每辆轿车平均使用塑料已超过 150kg，占汽车总重量的 10% 以上。目前，我国每辆轿车的塑料用量平均为 100kg，占总重量的 8% 左右，达到了国外 20 世纪 80 年代中期的水平。塑料的比强度高，钢的拉伸比强度约为 160MPa，而玻璃纤维增强的塑料拉伸比强度可高达 170 ~ 400MPa；塑料的绝缘性能好，介电损耗低，是电子工业不可缺少的原材料；塑料的化学稳定性高，对酸、碱和许多化学药品都有良好的耐腐蚀能力，其中聚四氟乙烯塑料的化学稳定性最高，“王水”对它也无可奈何，所以称之为“塑料王”。此外，塑料减摩、耐磨及减震、隔音性能也较好。因此，塑料已从代替部分金属、木材、皮革及无机材料发展成为各个部门不可缺

少的一种化学材料，并与金属、纤维材料和硅酸盐三大传统材料并列为各行各业不可缺少的重要材料。

塑料工业是一门新兴的工业，是随着石油工业发展应运而生的。塑料工业的发展大致分为以下几个阶段。

(1) 初创阶段 20 世纪 30 年代以前，科学家研制成了酚醛、硝酸纤维素及醋酸纤维素等塑料，它们的工业化特征仅是间歇法、小批量生产。

(2) 发展阶段 20 世纪 30 年代，低密度聚乙烯、聚苯乙烯、聚氯乙烯和聚酰胺等热塑性塑料相继工业化，奠定了塑料工业的基础，为其进一步发展开辟了道路。

(3) 飞跃发展阶段 20 世纪 50 年代中期到 60 年代末，石油化工的高速发展为塑料工业提供了丰富而廉价的原料。齐格勒·纳塔有机金属络合物定向催化体系聚合工艺的创立、高分子学科的进一步发展及聚合技术的开拓，使得高密度聚乙烯和聚丙烯工业化。工程塑料也因聚碳酸酯和聚甲醛、聚酰亚胺等的相继出现及其工业化生产的实现，向耐高温的领域进一步发展。增强及复合材料的出现使塑料步入高强度、耐高温的尖端材料领域。这一阶段，塑料的产量和品种不断增加，成型加工技术更趋完善。

(4) 稳定增长阶段 20 世纪 70 年代以来，由于石油危机和周期性的经济危机，原材料价格猛涨，塑料的增长速度显著下降。这一阶段塑料工业的特点是通过共聚、交联、共混、复合、增强、填充和发泡等方法来改进塑料性能，提高产品质量，扩大应用领域，使生产技术更趋合理。塑料工业向着生产工艺自动化、连续化，产品系列化，以及不断开拓功能性塑料的新领域发展。

塑料作为一种新的工程材料，由于其不断地被开发与应用，加上成型工艺的不断成熟与完善，极大地促进了塑料成型模具的开发与制造。随着工业塑料制件和日用塑料制件的品种和需求量的日益增加，以及产品的更新换代周期的不断缩短，对塑料的产量和质量提出了越来越高的要求。

1.1.2 塑料成型在工业生产中的重要性

模具是工业生产中的重要工艺装备，模具工业是国民经济各部门发展的重要基础之一。塑料模是指用于成型塑料制件的模具，它是型腔模的一种类型。

模具设计水平的高低、加工设备的好坏、制造力量的强弱、模具质量的优劣，直接影响着许多新产品的开发和老产品的更新换代，也影响着产品质量和经济效益的提高。美国工业界认为“模具工业是美国工业的基石”，日本则称“模具是促进社会繁荣富裕的动力”。事实上，在仪器仪表、家用电器、交通、通信和轻工业等行业的产品零件中，有 70% 以上是采用模具加工而成的。工业先进的发达国家，其模具工业的年产值早已超过机床行业。

据 1991 年统计,日本模具工业已实现了高度的专业化、标准化和商品化,在全国一万多家企业中,生产塑料模和生产冲压模的企业各占 40%。新近统计的韩国模具工业情况表明,全国模具专业厂中,生产塑料模的占 43.9%,生产冲压模的占 44.8%。新加坡全国有 460 家模具企业,60% 生产塑料模,35% 生产冲压模和夹具。由以上事实可以看出,塑料成型工业发展至今,塑料模具已处于与冲压模具并驾齐驱的地位。

在我国,模具制造属于专用设备制造业。虽然很早就开始制造模具和使用模具,但始终未形成产业。直到 20 世纪 80 年代后期,我国模具工业才驶入发展的快车道。1989 年,国务院颁布了“当前产业政策要点的决定”,在重点支持技术改造的产业、产品中,把模具制造列为机械工业技术改造序列的第一位,确定了模具工业在国民经济中的重要地位,也提出了振兴模具工业的主要任务。但由于在模具精度、寿命、制造周期及生产能力等方面,我国与国际平均水平和发达国家仍有较大差距,因此每年仍需要进口大量模具。为此今后更应着重于行业内部结构的调整和技术发展水平的提高。结构调整方面,主要是企业结构向专业化调整,产品结构朝着中高档模具发展,朝着进出口结构的改进、中高档汽车覆盖件模具成形分析及结构改进、多功能复合模具和复合加工及激光技术在模具设计制造上的应用、高速切削、超精加工及抛光技术、信息化方向发展。

1.1.3 塑料成型技术的发展趋势

在现代塑料制件的生产中,合理的加工工艺、高效的设备、先进的模具是必不可少的三项重要因素。塑料模具对实现塑料加工工艺要求、满足塑料制件的使用要求、降低塑料制件的成本起着重要的作用。一副好的注射模可成型上百万次,一副优良的压缩模大约能成型 25 万次,这与模具的设计、模具材料及模具的制造有着很大的关系。从塑料模的设计、制造及模具的材料等方面考虑,塑料成型技术的发展趋势可以简单地归纳为以下几个方面。

1. 加强理论研究

随着塑料制件的大型化和复杂化,模具的重量达数吨至十多吨,这样大的模具,若只凭借经验来设计,往往会因设计不当而造成模具报废,数十万元的费用毁于一旦,所以设计模具已逐渐向理论设计方面发展,它包括模板刚度、强度的计算和充模流动理论的建立。到目前为止,有关挤出成型的流动理论和数学模型已基本建立,并且在生产实际中得到了应用。有关注射成型的流动理论尚在研究探讨,注射成型的塑料熔体在一维和二维简单模腔中的充型流动理论和数学模型已经解决,今后的工作是如何将理论研究与生产实际相结合,并进一步加强对塑料熔体在三维模腔中流动行为的研究。

2. 模具的标准化

模具标准件适合于社会化大批量专业化生产,但我国长期以来由于模具标准件的生产厂点太多太散,且企业生产参照的标准不统一,市场竞争无序,模具标准件的质量差和企业的效益差,从而很少能形成批量生产,还造成许多不良后果。近年来随着外资企业的介入,这种状况虽有改善,但仍未根本改变。为了适应大规模成批生产塑料成型模具和缩短模具制造周期的需要,模具的标准化工作十分重要,目前我国模具标准化程度较低,当前的任务是重点研究开发热流道标准元件和模具温控标准装置,精密标准模架、精密导向件系列,标准模板及模具标准件的先进技术和等向性标准化模块等。

3. 塑料制件的精密化、微型化和超大型化

为了满足各种工业产品的使用要求,塑料成型技术正朝着精密化、微型化和超大型化等方面发展。精密注射成型是能将塑料制件尺寸公差保持在 $0.01 \sim 0.001\text{mm}$ 之内的成型工艺方法,其制件主要用于电子、仪表工业。微型化的塑料制件要求在微型的设备上生产。目前,德国已经研究出注射量只有 0.1g 的微型注射机,可生产 0.05g 左右的微型注射成型塑件;国内目前已有 0.5g 的注射机,可以生产 0.1g 左右的微型注射塑件。注射塑件的大型化则要求有大型、超大型的注射成型设备。目前,法国已拥有注射量为 17万 g 的超大型注射机,合模力为 150MN ;美国和日本也已经分别生产出注射量为 10万 g 和 9.6万 g 的超大型注射机;国产注射机的注射量也已达 3.5万 g ,合模力为 80MN 。

4. 新材料、新技术、新工艺的研制、开发和应用

随着塑料成型技术的不断发展,模具新材料、模具加工新技术和模具新工艺方面的开发已成为当前模具工业生产和科研的主要任务之一。十多年来,国内外塑料成型行业在改进和提高模具设计与制造方面投入了大量的资金和研究力量,取得了许多成果。

(1) 各种新材料的研制和应用 模具材料的选用在模具的设计和制造中是一个较重要的问题,它将直接影响模具的加工成本、使用寿命以及塑料件成型的质量等。国内外模具材料工作者对模具的工作条件、失效形式和提高模具使用寿命的途径进行了大量的研究工作,并开发出许多不仅具有良好的使用性能,而且还具有加工性好、热处理变形小的特点的新型模具钢种,如预硬钢、新型淬火回火钢、马氏体时效钢、析出硬化钢和耐腐蚀钢等,经过应用,均取得了较好的技术和经济效果。

(2) 模具加工技术的革新 为了提高加工精度、缩短模具制造周期,塑料模成型零件加工广泛应用仿形加工、电加工、数控加工及微机控制加工等先进技术,并采用坐标镗、坐标磨和三坐标测量仪等精密加工与测量设备。

(3) CAD/CAM/CAE 技术的应用 塑料制件应用的日益广泛和大型塑料制

件的不断开发,对塑料成型模具设计和制造提出的要求越来越高。传统的模具设计与制造方法已不能适应工业产品不断开发和及时更新换代与提高质量的要求,为了适应这些变化,先进国家的 CAD/CAM/CAE 技术在 20 世纪 80 年代中期已进入实用阶段,市场上已有商品化的系统软件出售。国内的一些高校和研究所等也对模具 CAD/CAM/CAE 技术进行了许多研究和实践,并取得了一些成果。但我国在该技术的应用和推广方面与国外相比还存在一定差距,有待于进一步改进和完善。

1.2 塑料成型模具的分类

1. 注射模

注射模又称注塑模。注射成型是根据金属压铸成型原理发展起来的。其过程是首先将粒状或粉状的塑料原料加入到注射机的料筒中,经过加热熔融成粘流态,然后在柱塞或螺杆的推动下,以一定的流速通过料筒前端的喷嘴和模具的浇注系统,注射到闭合的模具型腔中,经过一定时间后,塑料在模内硬化定型,接着打开模具,从模内脱出成型的塑件。注射模主要用于热塑性塑料制品的成型,近年来,热固性塑料注射成型的应用也在逐渐增加。此外,反应注射成型、双色注射成型等特种注射成型工艺也在不断开发与应用。

2. 压缩模

压缩模又称压塑模。压缩成型是塑料制品成型方法中较早采用的一种。其过程是首先将预热过的塑料原料直接加入敞开的、经加热的模具型腔(加料室)内,然后合模,塑料在热和压力的作用下呈熔融流动状态充满型腔,然后由于化学反应(热固性塑料)或物理变化(热塑性塑料),使塑料逐渐硬化定型。该成型方法周期长,生产效率低。压缩模多用于热固性塑料制品的成型。

3. 压注模

压注模又称传递模。压注模的加料室与型腔由浇注系统相连接。其过程是首先将预热过的塑料原料加入预热的加料室内,然后通过压柱向加料室内的塑料原料施加压力,塑料在高温高压下熔融并通过模具浇注系统进入型腔,最后发生化学交联反应逐渐硬化定型。压注模主要用于热固性塑料制品的成型。

4. 挤出模

挤出模常称挤出机头。挤出成型是利用挤出机筒内的螺杆旋转加压的方式,连续地将塑化好的、呈熔融状态的成型物料从挤出机的机筒中挤出,并通过特定断面形状的口模成型,然后借助于牵引装置将挤出后的塑料制品均匀地拉出,并

同时进行冷却定型处理。这类模具能连续不断地生产断面形状相同的热塑性塑料的型材,例如塑料管材、棒材、片材及异型材等。

5. 气动成型模

气动成型模包括中空吹塑成型模、真空成型模和压缩空气成型模等。中空吹塑成型是将挤出机挤出或注射机注射出的,处于高弹性状态的空心塑料型坯置于闭合的模腔内,然后向其内部通入压缩空气,使其胀大并贴紧于模具型腔表壁,经冷却定型后成为具有一定形状和尺寸精度的中空塑料容器。真空成型是将加热的塑料片材与模具型腔表面所构成的封闭空腔内抽真空,使片材在大气压力下发生塑性变形而紧贴于模具型面上成为塑料制品的成型方法。压缩空气成型是利用压缩空气,使加热软化的塑料片材发生塑性变形并紧贴在模具型面上成为塑料制品的成型方法。在个别塑件深度大、形状复杂的情况下,也有同时采用真空和压缩空气成型的方法。真空成型和压缩空气成型是使用已成型的片材再进行塑料制品的生产。因此是属于塑料制品的二次加工。

除了上述介绍的几类塑料模具外,还有泡沫塑料成型模、搪塑模、浇铸模、回转成型模、聚四氟乙烯压锭模等。

1.3 学习本课程应达到的目的

塑料制品主要是靠成型模具获得的,而它的质量是靠模具的正确结构和模具成型零件的正确形状、精确尺寸及较低的表面粗糙度来保证的。由于塑料成型工艺的飞速发展,模具的结构也日益趋于多功能化和复杂化,这对模具的设计工作提出了更高的要求。虽然塑料制品的质量与许多因素有关,但合格的塑料制品首先取决于模具设计与制造的质量,其次取决于合理的成型工艺。经济发达国家把模具作为机械制造的重要装备,投入大量的财力物力进行开发和研制。近年来,我国也十分重视模具工业的发展和模具人才的培养,各类高等院校相继成立模具专业,“塑料成型工艺与模具设计”被列为模具专业的主要课程之一。

模具专业学生通过学习本课程,应达到如下目的:

- 1) 了解聚合物的物理性能,流动特性,成型过程中的物理、化学变化以及塑料的组成、分类及其性能。
- 2) 了解塑料成型的基本原理和工艺特点,正确分析成型工艺对模具的要求。
- 3) 能掌握各种成型设备对各类模具的要求。
- 4) 掌握各类成型模具的结构特点及设计计算方法,能设计中等复杂程度的模具。

5) 具有初步分析、解决成型现场技术问题的能力, 包括具有初步分析成型缺陷产生的原因和提出克服办法的能力。

“塑料成型工艺与模具设计”是一门实践性很强的课程, 它的主要内容都是在生产实践中逐步积累和丰富起来的, 因此, 学习本课程时, 除了重视书本的理论学习外, 特别应强调理论联系实际, 进行现场教学。

塑料成型加工技术发展很快, 塑料模具的各种结构也在不断创新, 因此我们在学习成型工艺与模具设计的同时, 还应注意了解塑料模的新技术、新工艺和新材料的发展动态, 学习和掌握新知识, 为振兴我国的塑料成型加工技术作出贡献。

第 2 章

塑料成型基础

2.1 塑料的成分和特性

我们通常所用的塑料并不是一种纯物质，它是由许多材料配制而成的，其中合成树脂是塑料的主要成分。由于树脂的相对分子质量很大，故又被称为聚合物或高聚物。单纯的聚合物性能往往不能满足加工成型和实际使用的要求，因此为了改进塑料性能，可适当地加入助剂，如填料、增塑剂、润滑剂、稳定剂、着色剂等。由树脂和助剂组成的塑料具有一系列优异特性，在一定的温度和压力下可加工成符合使用要求的各种各样的制品和零件。

2.1.1 塑料的成分

1. 合成树脂

合成树脂是塑料的主要成分，它在塑料中的含量一般在 40% ~ 100%。由于含量大，且树脂的性质常决定了塑料的性质，所以人们常把树脂看成是塑料的同义词，例如把聚氯乙烯树脂与聚氯乙烯塑料、酚醛树脂与酚醛塑料混为一谈，其实树脂与塑料是两个不同的概念。树脂是一种未加工的原始聚合物，它不仅用于制造塑料，而且还是涂料、胶粘剂以及合成纤维的原料。而塑料除了极少一部分 100% 由树脂组成外，绝大多数的塑料，除了主要组分树脂外，还需要加入其他物质。

2. 填料

填料又叫填充剂，它可以提高塑料的强度和耐热性能，并降低成本。填料可分为有机填料和无机填料两类，前者如木粉、碎布、纸张和各种织物纤维等，后者如玻璃纤维、硅藻土、石棉、炭黑等。例如，酚醛树脂中加入木粉后可大大降低成本，使酚醛塑料成为最廉价的塑料之一，同时还能显著提高机械强度。聚乙烯、聚氯乙烯等树脂中加入钙质填料后，便成为十分价廉的具有足够刚性和耐热

性的钙塑料。聚酰胺、聚甲醛等树脂中加入二硫化钼、石墨、聚四氟乙烯后,使塑料的耐磨性、抗水性、耐热性、硬度及机械强度等得到全面的改进。用玻璃纤维作为塑料的填充剂,能使塑料的机械强度大幅度地提高。有的填充剂还可以使塑料具有树脂所没有的性能,如导电性、导磁性、导热性等。

3. 增塑剂

有些树脂(如硝酸纤维、醋酸纤维、聚氯乙烯等)的可塑性很低,柔软性也很差,为了降低树脂的熔融粘度和熔融温度,改善其成型加工性能,改进塑料的柔软性以及其它各种必要的性能,通常加入能与树脂相溶的不易挥发的高沸点有机化合物,这类物质称为增塑剂。树脂中加入增塑剂后,加大了其分子间的距离,因而削弱了大分子间的作用力,这样便使树脂分子容易滑移,从而使塑料能在较低的温度下具有良好的可塑性和柔软性。如聚氯乙烯树脂中加入邻苯二甲酸二丁酯,可变为类似橡胶一样的软塑料。加入增塑剂可以使塑料的工艺性能和使用性能均得到改善,但也降低了树脂的某些性能,如硬度、抗拉强度等。因此,添加增塑剂要适量。对增塑剂的要求是:与树脂有良好的相溶性;挥发性小、不易从塑件中析出;无毒、无臭味、无色;对光和热比较稳定;不吸湿。常用的增塑剂是液态或低熔点固体有机化合物,其中主要有甲酸酯类、磷酸酯类和氯化石蜡等。

4. 稳定剂

为了防止合成树脂在加工和使用过程中受光和热的作用分解和破坏,以及延长使用寿命,要在塑料中加入稳定剂。常用的有硬脂酸盐、环氧树脂等。

5. 着色剂

着色剂可使塑料具有各种鲜艳、美观的颜色。常用有机染料和无机颜料作为着色剂。

6. 润滑剂

润滑剂的作用是防止塑料在成型时粘在金属模具上,同时可使塑料的表面光滑美观。常用的润滑剂有硬脂酸及其钙镁盐等。

7. 抗氧化剂

防止塑料在加热成型或在高温使用过程中受热氧化,而使塑料发生变黄、发裂等老化现象。

除了上述助剂外,塑料中还可加入阻燃剂、发泡剂、抗静电剂等,以满足不同的使用要求。

2.1.2 塑料的特性

- 1) 大多数塑料质量轻,化学性稳定,不会锈蚀。
- 2) 耐冲击性好。