

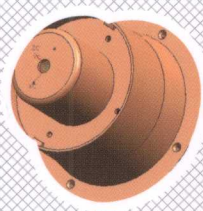
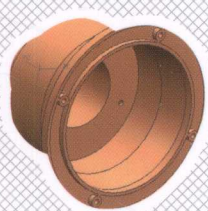
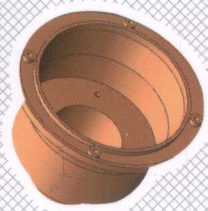
高等职业教育规划教材



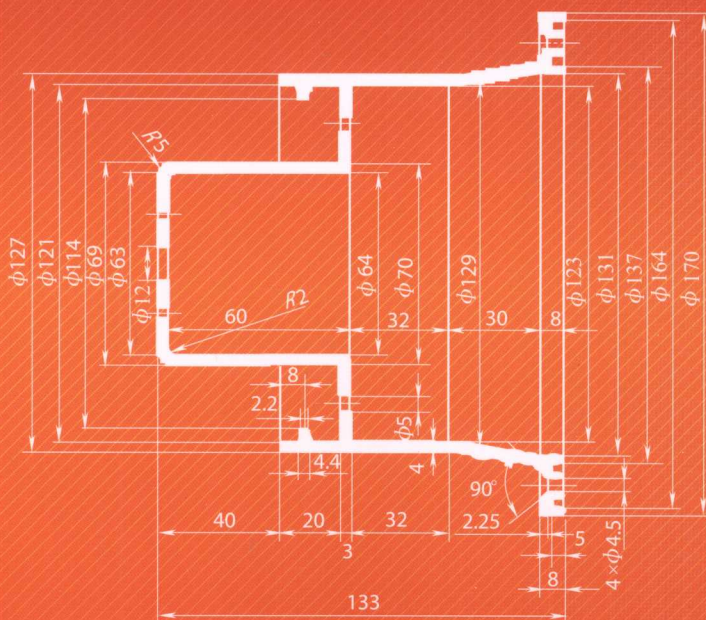
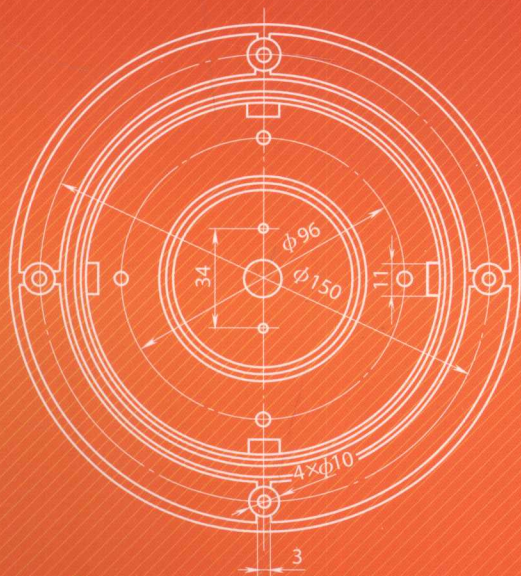
塑料成型工艺

模具设计

李东君 主编 任长春 王真 副主编



SULIAO CHENGXING GONGYI
YU MUJU SHEJI



化学工业出版社

高等职业教育规划教材

塑料成型工艺与模具设计

李东君 主 编
任长春 王 真 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书分塑料成型技术应用与发展、成型塑料制品、设计注射模、其他塑料成型工艺与模具设计共4个项目,15个工作任务。项目1主要介绍塑料成型技术应用与发展;项目2主要介绍成型塑料制品,包括选择与分析塑料原料、确定塑料成型方式与工艺、分析塑件结构工艺、确定塑件成型工艺参数、选择注射成型设备;项目3主要介绍设计注射模,包括注射模具结构及选用标准模架、确定分型面与设计浇注系统、设计注射模具成型零件、设计注射模导向与推出机构、设计注射模侧向分型抽芯机构、设计注射模具调温系统;项目4主要介绍其他塑料成型工艺与模具设计,包括设计压缩成型模具、设计压注成型模具、其他塑料成型技术。

本书可作为高职高专、五年制高职、成人、电大、民办专科等相关院校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/李东君主编. —北京:化学工业出版社,2010.8
高等职业教育规划教材
ISBN 978-7-122-08276-3

I. 塑… II. 李… III. ①塑料成型-工艺-高等学校:技术学院-教材②塑料模具-设计-高等学校:技术学院-教材 IV. TQ320.66

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第115200号

责任编辑:李娜 高钰 袁俊红
责任校对:战河红

文字编辑:项 激
装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印 装:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张19¼ 字数504千字 2010年8月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:34.00元

版权所有 违者必究

前 言

本书以培养学生塑料成型工艺与模具设计能力为核心,以高等职业教育人才培养目标为依据,结合教育部模具专业紧缺型人才培养要求,注重教材的基础性、实践性、科学性、先进性和通用性。按照模具设计的流程以典型案例为载体,突出训练学生的综合应用能力,融理论教学、综合实践项目为一体。

本书的设计以项目引领,以工作过程为导向,以具体工作任务为驱动,按照塑料成型与模具设计的内容及工作过程,参照国家相关职业标准规定的知识与技能要求,对应职业岗位核心能力培养设置4个项目,15个工作任务,进行由浅入深的学习和训练,最后完成塑料零件的工艺设计、工艺分析和模具设计,较好地符合了企业对模具设计一线人员的职业素质需要。

本教材具有以下突出特点:

(1) 以项目引领,工作过程为导向,典型工作任务为驱动,工作任务选自企业或生产中典型案例,统领整个教学内容;

(2) 教材内容强化职业技能和综合技能培养,要求教学中教师在“教中做”、学生在“做中学”,最大限度提高教学效果。

本书参考学时为80学时,建议采用理实一体教学模式,各项目任务参考学时如下。

项目设计	任务设计	建议学时	课内实训学时	总学时 (80)
项目1 塑料成型技术应用与发展	任务 塑料成型技术应用	2		2
项目2 成型塑料制件	任务1 选择与分析塑料原料	6	2	8
	任务2 确定塑料成型方式与工艺	4	2	6
	任务3 分析塑件结构工艺	4		4
	任务4 确定塑件成型工艺参数	4		4
	任务5 选择注射成型设备	4		4
项目3 设计注射模	任务1 注射模具结构及选用标准模架	2	2	4
	任务2 确定分型面与设计浇注系统	2	2	4
	任务3 设计注射模具成型零部件	4	2	6
	任务4 设计注射模导向与推出机构	6	2	8
	任务5 设计注射模侧向分型与抽芯机构	4	2	6
	任务6 设计注射模具调温系统	4		4
项目4 其他塑料成型工艺与 模具设计	任务1 设计压缩成型模具	4	2	6
	任务2 设计压注成型模具	4	2	6
	任务3 其他塑料成型技术	8		8

参加本书编写的人员有李东君、任长春、王真、梁士红、李明亮。本书由李东君担任主编,任长春、王真任副主编。

限于编者水平经验有限,书中难免有不妥之处,敬请读者不吝赐教。

编者
2010年3月

目 录

项目 1 塑料成型技术应用与发展	1	3.3 任务实施	55
任务 塑料成型技术应用	1	3.3.1 分析灯座塑件结构工艺	55
1.1 任务引入	1	3.3.2 分析电流线圈架塑件结构工艺	56
1.2 知识链接	2	任务 4 确定塑件成型工艺参数	57
1.2.1 塑料成型在塑料工业中的地位	2	4.1 任务引入	57
1.2.2 塑料成型技术的发展趋势	3	4.2 知识链接	57
1.2.3 塑料成型方法与塑料模具	3	4.2.1 温度	57
1.2.4 课程任务与要求	4	4.2.2 压力	58
1.3 任务实施	5	4.2.3 时间(成型周期)	59
思考与练习	5	4.3 任务实施	59
项目 2 成型塑料制件	6	4.3.1 温度	59
任务 1 选择与分析塑料原料	6	4.3.2 压力	62
1.1 任务引入	6	4.3.3 时间(成型周期)	62
1.2 知识链接	7	4.3.4 后处理	62
1.2.1 塑料的组成和特性	7	4.4 知识拓展——分析注射成型制件缺陷	
1.2.2 塑料的分类与应用	10	与成因	62
1.2.3 塑料工艺特性	12	4.4.1 注射成型制件的常见缺陷	62
1.2.4 分析塑料成型特性	19	4.4.2 注射成型制件常见缺陷的解决	
1.3 任务实施	20	办法	63
1.3.1 选择塑件材料	20	任务 5 选择注射成型设备	64
1.3.2 分析塑料性能	20	5.1 任务引入	64
1.3.3 分析塑料工艺性	23	5.2 知识链接	64
1.4 知识拓展	23	5.2.1 注射机的结构	64
1.4.1 分辨塑料材料	23	5.2.2 注射机的分类	65
1.4.2 塑料制品选材的基本原则	25	5.2.3 注射机规格及其技术参数	68
任务 2 确定塑料成型方式与工艺	25	5.2.4 校核注射机工艺参数	68
2.1 任务引入	26	5.3 任务实施	75
2.2 知识链接	26	5.3.1 选择成型灯座塑件成型设备	75
2.2.1 注射成型	26	5.3.2 选择电池盒盖塑件成型设备与	
2.2.2 压缩成型	31	编制成型工艺	76
2.2.3 压注成型	33	思考与练习	80
2.2.4 挤出成型	35	项目 3 设计注射模	82
2.2.5 气动成型	37	任务 1 注射模具结构及选用标准模架	82
2.3 任务实施	39	1.1 任务引入	82
2.3.1 选择灯座塑件成型方式	39	1.2 知识链接	83
2.3.2 确定灯座塑件成型工艺	39	1.2.1 注射模具的分类及组成	83
任务 3 分析塑件结构工艺	39	1.2.2 注射模具结构	84
3.1 任务引入	40	1.2.3 选用标准模架	89
3.2 知识链接	40	1.2.4 设计模架结构零部件	94
3.2.1 塑件设计基本原则	40	1.3 任务实施	99
3.2.2 设计塑件结构	47	1.3.1 选择电池盒盖模架	99

1.3.2 选择模架案例	100	5.3 任务实施	183
任务2 确定分型面与设计浇注系统	105	5.3.1 选择侧向抽芯机构类型	183
2.1 任务引入	105	5.3.2 计算抽芯力、抽芯距及斜导柱 倾斜角	184
2.2 知识链接	105	5.3.3 确定侧向分型与抽芯的结构	184
2.2.1 确定型腔数量与布局型腔	105	任务6 设计注射模具调温系统	186
2.2.2 确定分型面	108	6.1 任务引入	186
2.2.3 设计浇注系统	110	6.2 知识链接	186
2.2.4 设计排气和引气系统	122	6.2.1 模具温度调节系统概述	186
2.3 任务实施	125	6.2.2 设计加热系统	187
2.3.1 设计灯座模具	125	6.2.3 设计冷却系统	188
2.3.2 设计电池盒盖模具	127	6.3 任务实施	194
2.4 知识拓展——热流道浇注系统	129	6.3.1 计算冷却水体积流量	194
2.4.1 绝热流道	129	6.3.2 确定冷却通道直径	195
2.4.2 加热流道	130	6.3.3 设计冷却系统结构	195
任务3 设计注射模具成型零部件	133	思考与练习	196
3.1 任务引入	133	项目4 其他塑料成型工艺与模具 设计	199
3.2 知识链接	133	任务1 设计压缩成型模具	199
3.2.1 设计成型零部件结构	133	1.1 任务引入	199
3.2.2 计算成型零部件工作尺寸	138	1.1.1 任务要求	200
3.2.3 计算型腔和底板	143	1.1.2 任务分析	200
3.3 任务实施	148	1.2 知识链接	200
任务4 设计注射模导向与推出机构	149	1.2.1 压缩模具的成型工艺	200
4.1 任务引入	149	1.2.2 压缩模结构	204
4.2 知识链接	150	1.2.3 选用与校核压缩模用的压机	207
4.2.1 设计合模导向机构	150	1.2.4 设计压缩模成型零部件	213
4.2.2 推出机构的结构组成与分类	154	1.2.5 设计压缩模脱模机构	220
4.2.3 计算推出力	155	1.3 任务实施	229
4.2.4 推出机构设计原则	156	1.3.1 分析制件材料使用性能	229
4.2.5 推出机构的导向与复位	157	1.3.2 分析塑件成型方式	230
4.2.6 简单推出机构	159	1.3.3 分析成型工艺	230
4.2.7 二次推出机构	164	1.3.4 分析塑件结构工艺性	230
4.2.8 顺序推出机构	166	1.3.5 选用压缩模用的压机	230
4.2.9 带螺纹塑件的推出机构	166	1.3.6 确定设计方案	231
4.2.10 点浇口流道的推出机构	167	1.3.7 设计主要零部件	231
4.3 知识拓展	168	1.3.8 绘制模具总装图和零件图	233
4.3.1 其他形式二次推出机构	168	1.3.9 校核模具与压力机	234
4.3.2 气动顶出	170	1.3.10 编写计算说明书	234
4.4 任务实施	170	任务2 设计压注成型模具	234
任务5 设计注射模侧向分型与抽芯机构	171	2.1 任务引入	235
5.1 任务引入	172	2.1.1 任务要求	235
5.2 知识链接	172	2.1.2 任务分析	235
5.2.1 侧向分型与抽芯机构的分类	172	2.2 知识链接	235
5.2.2 计算侧向分型与抽芯相关 尺寸	173	2.2.1 压注模的成型工艺	235
5.2.3 设计侧向分型与抽芯的结构	173	2.2.2 压注模的结构	237
5.2.4 常见侧向分型与抽芯机构	177		

2.2.3 选用压注模用的压机	240	3.2 知识链接	251
2.2.4 设计压注模成型零部件	241	3.2.1 挤出成型	251
2.2.5 设计压注模浇注系统与排溢 系统	245	3.2.2 气动成型	268
2.3 任务实施	248	3.3 任务实施	284
2.3.1 分析制件材料使用性能	248	3.3.1 分析制件材料性能	284
2.3.2 选择塑件成型方式	249	3.3.2 确定挤出成型工艺参数	285
2.3.3 分析成型工艺	249	3.3.3 挤出机头的形式	285
2.3.4 分析塑件结构工艺	249	3.3.4 设计挤出机头及定径套	285
2.3.5 选用压注模用的压机	249	3.4 知识拓展	286
2.3.6 确定设计方案	249	3.4.1 热固性塑料注射成型技术	286
2.3.7 工艺计算及设计主要零部件	249	3.4.2 共注射成型	290
2.3.8 绘制模具总装图和零件图	250	3.4.3 气体辅助注射成型	291
2.3.9 校核模具与压力机	250	3.4.4 反应注射成型	294
2.3.10 编写计算说明书	250	3.4.5 发泡成型技术	296
任务3 其他塑料成型技术	250	思考与练习	299
3.1 任务引入	251	参考文献	300

项目 1 塑料成型技术应用与发展

➤ 能力目标

- (1) 分析模具、塑料模具、塑料工业
- (2) 分析塑料五大基本成型工艺和模具
- (3) 能描述塑料成型技术发展趋势

➤ 知识目标

- (1) 掌握塑料生产和塑料制品生产两个系统的内容
- (2) 熟悉五大塑料成型工艺和模具
- (3) 了解本门课程的学习内容和学习目标

➤ 素质目标

- (1) 分析塑料五大基本成型模具
- (2) 描述本课程的学习内容和学习目标
- (3) 描述塑料成型在塑料工业中的重要地位

任务 塑料成型技术应用

➤ 专项能力目标

- (1) 分析模具、塑料模具、塑料工业
- (2) 分析塑料五大基本成型工艺和模具
- (3) 能描述本门课程的学习内容和学习目标

➤ 专项知识目标

- (1) 掌握塑料生产和塑料制品生产两个系统的内容
- (2) 熟悉五大塑料成型工艺和模具

➤ 学时设计

2 学时

1.1 任务引入

任务描述：(1) 工业生产及日常生活中的塑料制品材料是如何成型的？

(2) 塑料成型是用什么方法？

(3) 塑料成型技术应用与发展前景如何？

(4) 本课程涉及哪些方面的内容？如何学好？

根据任务描述介绍相关知识内容。

1.2 知识链接

1.2.1 塑料成型在塑料工业中的地位

塑料是20世纪才发展起来的一类新材料。由于其具有品种多、性能优、适应性广、加工方便等优点,所以发展迅速。到20世纪90年代,塑料的体积年产量已赶上钢铁,现已广泛应用于国民经济的各个领域,已由副产物或代用材料发展为不可缺少或不可代替的材料。塑料已与金属、木材、硅酸盐一起,被并称为世界四大原材料。

塑料工业包含塑料生产和塑料制品生产两个系统。没有塑料的生产,就没有塑料制件的生产;没有塑料制件的生产,塑料就不能变成工业产品和生活用品。

塑料工业是一个飞速发展的工业领域,世界塑料工业从20世纪30年代前后开始研制到目前塑料产品系列化、生产工艺自动化、连续化以及不断开拓功能塑料新领域,经历了20世纪30年代以前的初创阶段、30年代的发展阶段、50~60年代的飞跃发展阶段和70年代以后的稳定增长阶段。

我国的塑料工业起步于20世纪50年代初期。从中华人民共和国成立初期第一次人工合成酚醛塑料开始至今,我国的塑料工业发展速度十分惊人。特别是近30年来,产量和品种都大大增加,许多新型的工程塑料已投入批量生产。据统计,在世界范围内,塑料用量近几十年来几乎每5年翻一番。今天,我国的塑料工业已形成具有相当规模的完整体系,包括塑料的生产、成型加工、塑料机械设备、模具工业以及科研、人才培养等。总之,我国在塑料材料的消耗量上,塑料新产品、新工艺、新设备的研究、开发与应用上都取得了可喜的成就。

塑料由于具有比强度和比刚度高、绝缘性能好、化学稳定性强和成型工艺性能好等优良特性而获得了广泛的应用,已渗透到人们生活和生产的各个领域,并成为不可缺少的材料。塑料在家用电器、仪器仪表、机械制造、化工、医疗卫生、建筑器材、汽车工业、农用器械、日用五金以及兵器、航空航天和原子能工业中,都得到广泛应用。

根据各种塑料的固有性能,利用一切可以实施的方法,使其成为具有一定形状又有使用价值的塑料制品的过程称为塑料制件的生产。塑料制件的生产主要由准备原材料、成型、机械加工、修饰和装配等连续生产过程所组成。有的塑料在成型前还要进行预处理(包括预压、预热和干燥等)操作。

准备原材料是指根据制品的使用性能和加工方法选择合适的树脂及助剂的过程。

成型是指将各种形态的塑料(如粉料、粒料、纤维料等)制成所需形状的制件或坯件的过程,它是生产塑料制件必经的过程。而塑料制件生产的其他过程,通常要根据制件的要求进行取舍。塑料成型加工的方法很多,如注射、压缩和挤出等。

机械加工是指在成型后的工件上进行钻孔、切螺纹、车削或铣削等,以完成成型过程所不能完成或完成得不够准确的一些工作。

修饰的目的是美化制件外观或改变制件表面性能,如对制件表面进行磨削、抛光、增亮、涂层和镀金属等。

装配是指将已成型的各个部件连接或配套成为一个完整制品的过程。

机械加工、修饰、装配有时称为二次加工。

塑料成型是一种先进的加工方法。经塑料成型出来的制品,具有重量轻、强度好、耐腐蚀、绝缘性能好、色泽鲜艳、外观漂亮等优点;成型过程中设备操作简便,生产率高,生产过程易于实现机械化和自动化;塑料可被加工成任意形状的塑料制件,在大批量生产条件下,成本较低。由于塑料成型在技术上的和经济上的优良特点,塑料成型在塑料制件的生产乃至塑料工业中占有着举足轻重的地位。

1.2.2 塑料成型技术的发展趋势

塑料工业的发展非常迅速，特别是近几年来，产量和品种都大大增加。塑料工业的发展迅速带动了塑料成型机械和塑料模具的发展，考察国内外模具工业的现状及其我国国民经济中模具的地位，从塑料模具的设计理论和制造技术出发，未来我国塑料成型技术的主要发展方向将是：

① 在塑料模具设计制造中大力普及并广泛应用 CAD/CAM/CAE 技术，逐步走向集成化。现代模具设计制造不仅应强调信息的集成，更应强调技术、人和管理的集成。

② 提高大型、精密、复杂、长寿命模具的设计与制造技术，逐渐减少模具的进口量，增加模具的出口量。

③ 在塑料注射成型模具中，积极应用热流道技术，推广气辅或水辅注射成型以及高压注射成型技术，满足产品的成型需要。

④ 提高模具标准化水平和模具标准件的使用率。模具标准件是模具的基础，其大量应用可缩短模具设计制造周期，同时也显著提高模具的制造精度和使用性能，大大提高模具质量。我国模具的商品化率、标准化率均低于 30%，而先进国家均高于 70%。每年我国要从国外进口相当数量的模具标准件，其费用占年模具进口额的 3%~8%。

⑤ 发展快速制造成型和快速制造模具技术，即快速成型制造技术，迅速制造出产品的原型与模具，降低推向市场的成本。

⑥ 积极研究与开发模具的抛光技术、生产设备与材料，满足模具制造的需要。

⑦ 推广应用高速铣削、超精密加工和复杂加工技术与工艺，满足模具制造的需要。

⑧ 开发优质模具材料和先进的表面处理技术，提高模具的可靠性。

⑨ 研究和应用模具的高速测量技术、逆向工程与并行工程，最大限度地提高模具的开发效率与成功率。

⑩ 开发新的成型工艺与模具，以满足未来多学科、多功能综合产品开发设计技术的要求。

1.2.3 塑料成型方法与塑料模具

把塑料原材料加工成具有一定形状和尺寸精度的塑料制件的过程称为塑料成型。塑料成型必须依赖于模具。塑料成型工艺与模具设计是一门从生产实践中发展起来，又直接为生产服务的应用型技术。它研究的对象是塑料和把塑料变成塑料制件所用的工艺及模具。

塑料成型方法种类很多，主要包括注射成型、挤出成型、压缩成型、压注成型、气动成型等，它们的共同特点是利用模具来成型具有一定形状和尺寸的塑料制件（简称塑件）。模具是利用其本身的特定形状去成型具有一定形状和尺寸的制品的工具，是工业生产中的重要基础装备之一。成型塑料制品的模具叫塑料模具。表 1.1.1 列出了常用的塑料成型加工方法与模具。

表 1.1.1 常用的塑料成型加工方法与模具

序 号	成型方法	成型模具	用 途
1	注射成型	注射模	电视机外壳、食品周转箱、塑料盆、桶、汽车仪表盘等
2	挤出成型	口模(机头)	棒材、管材、板材、薄膜、电缆护套、异形型材(百叶窗叶片、扶手)等
3	压缩成型	压缩模	适于生产非常复杂的制品，如含有凹槽、侧抽芯、小孔、嵌件等，不适合生产精度高的制品
4	压注成型	压注模	设备和模具成本高，原料损失大，生产大尺寸制品受到限制
5	气动成型	气动成型模	适于生产中空或管状制品，如瓶子、容器及形状较复杂的中空制品

塑料的成型方法除了表中列举的5种外,还有热成型、压延成型、浇铸成型、玻璃纤维热固性塑料的低压成型、滚塑(旋转)成型、泡沫塑料成型等。

不同的塑料成型方法需要不同的塑料成型模具,按照成型方法的不同,常用的塑料模具可分为5大类。

(1) 注射模 注射模又称注塑模。塑料注射成型是在金属压铸成型的基础上发展起来的,成型所使用的设备是注射机。注射模通常适合于热塑性塑料的成型,热固性塑料的注射成型正在推广和应用中。塑料注射成型是塑料成型生产中自动化程度最高、采用最广泛的一种成型方法。

(2) 压缩模 压缩模又称压塑模或压胶模。塑料压缩成型是塑件成型方法中较早采用的一种,也是热固性塑料通常采用的成型方法之一。成型所使用的设备是塑料成型压力机。与塑料注射成型相比,塑料压缩成型周期较长,生产效率较低。

(3) 压注模 压注模又称传递模。压注成型所使用的设备和塑料的适应性与压缩成型完全相同,只是模具的结构不同。

(4) 挤出模 挤出模是安装在挤出机料筒端部进行生产的,因此也称为挤出机头。成型所使用的设备是塑料挤出机。只有热塑性塑料才能采用挤出成型。

(5) 气动成型模 气动成型模是指利用气体作为动力介质成型塑料制件的模具。气动成型包括中空吹塑成型、抽真空成型和压缩空气成型等。与其他模具相比较,气动成型模具结构最为简单,只有热塑性塑料才能采用该方法成型。

除了上述几种常用的塑料成型模具外,还有浇注成型模、泡沫塑料成型模、聚四氟乙烯冷压成型模和滚塑模等。

不同的模具需要安装在不同的成型设备上生产。塑料成型设备的类型很多,主要有注射机、塑料机械压力机、挤出机、中空成型机、发泡成型机、塑料制品液压机以及与之配套的辅助设备。生产中应用最广的是注射机和挤出机,其次是液压机。就成型设备而言,注射机的产量最大,据统计,全世界注射机的产量近10年来增加了10倍,每年生产的台数约占整个塑料设备产量的50%,成为塑料设备生产中增长最快、产量最多的机种。

据有关统计资料表明,在国内外模具工业中,各类模具占模具总量的比例大致为:冲压模、塑料模各占35%~40%,压铸模占10%~15%,粉末冶金模、陶瓷模、玻璃模等其他模具约占10%。因此,塑料成型模具在整个模具工业中占有重要的地位。

1.2.4 课程任务与要求

塑料成型工艺与模具设计是一门实践性很强的专业课程。本课程要求学生掌握常用塑料成型工艺的编制和模具设计,熟悉模具的结构特点及有关设计计算方法,熟悉五大成型工艺方法的基本原理和工艺参数,培养学生具有编制塑料成型工艺规程、选择塑料成型设备及设计塑料模的基本能力。

由于本课程的实践性很强,所以学习时应注意理论与实践相结合,重视所安排的实训教学环节。同时,要善于总结和交流,要勤于思考,注意理解基本概念、基本理论,应用所学相关知识,发挥空间想象能力。

通过本课程学习,应达到以下能力目标:

① 了解注射成型、压缩成型、压注成型对塑件的结构设计要求,能根据不同的塑料品种、不同的成型方法,分析塑件设计的优劣,对不合理处提出改进方案,能进行一般塑件的设计。

② 掌握塑料模常用结构的动作原理、特点及设计计算方法,能独立进行简单结构的塑料模设计。

③ 了解塑料模各组成零件对材料的要求，能合理选择模具材料及热处理方法。

此外，还应了解塑料成型新技术、新工艺的发展，学习和掌握新知识，为振兴我国的塑料成型工业作出贡献。

1.3 任务实施

根据知识介绍并利用网络资源等手段查阅相关知识内容（学生课后完成）。

思考与练习

- (1) 塑料常用的成型工艺有哪些？
- (2) 什么是模具？有哪些类型？
- (3) 本课程的学习任务是什么？
- (4) 塑料制品生产的一般过程是怎样的？

项目2 成型塑料制件

➤ 能力目标

- (1) 能分析塑料热力学性能与成型加工方法之间的关系
- (2) 能根据塑件结构工艺性优化塑件结构
- (3) 会分析温度、压力、时间对塑件质量的影响

➤ 知识目标

- (1) 掌握塑料的基本组成和常用塑料的基本性能
- (2) 熟悉五大塑料成型工艺过程
- (3) 理解塑件结构设计的基本原则
- (4) 了解塑件成型工艺参数确定的依据

➤ 素质目标

- (1) 分析和选择塑料原材料
- (2) 合理选择塑料成型方式
- (3) 分析塑件的结构工艺性
- (4) 编制塑件成型工艺卡片, 撰写工艺规程

任务1 选择与分析塑料原料

➤ 专项能力目标

- (1) 分析并选择塑料原材料
- (2) 分析给定塑料的基本性能

➤ 专项知识目标

- (1) 明确塑料热力学性能与成型加工方法之间的关系
- (2) 掌握塑料的基本组成和常用塑料的基本性能
- (3) 熟悉常用塑料代号、性能、用途

➤ 学时设计

8 学时

1.1 任务引入

现有大批量需求的灯座, 该塑件要求具有足够的强度和耐磨性, 外表面美观无瑕疵, 性能可靠, 现需设计一套成型该塑件的模具。通过本任务, 完成对塑件原材料的选择及对原材料使用性能和工艺性能的分析。

塑料制件由于使用要求不同, 对于塑料原材料的要求也就不同。不同的塑料原材料, 其

使用性能、成型工艺性能和应用范围也不同。塑料原材料的选取要综合考虑多方面的因素,通常首先要了解塑料制件的用途、使用中的环境状况,如温度高低、是否有化学介质等;然后需要了解制件原材料的情况(如原材料的组成、使用性能),以及塑料原材料的成型工艺特性(如收缩性、流动性、热敏性和水敏性、应力开裂和熔融破裂等);在满足使用性能和成型工艺性能后,最后还要考虑原材料的成本(如原材料的价格、成型加工难易程度、模具造价等),以使得塑件的成本最低。

任务描述:设计图 2.1.1、图 2.1.2 所示的灯座,合理选择与分析塑料原材料。

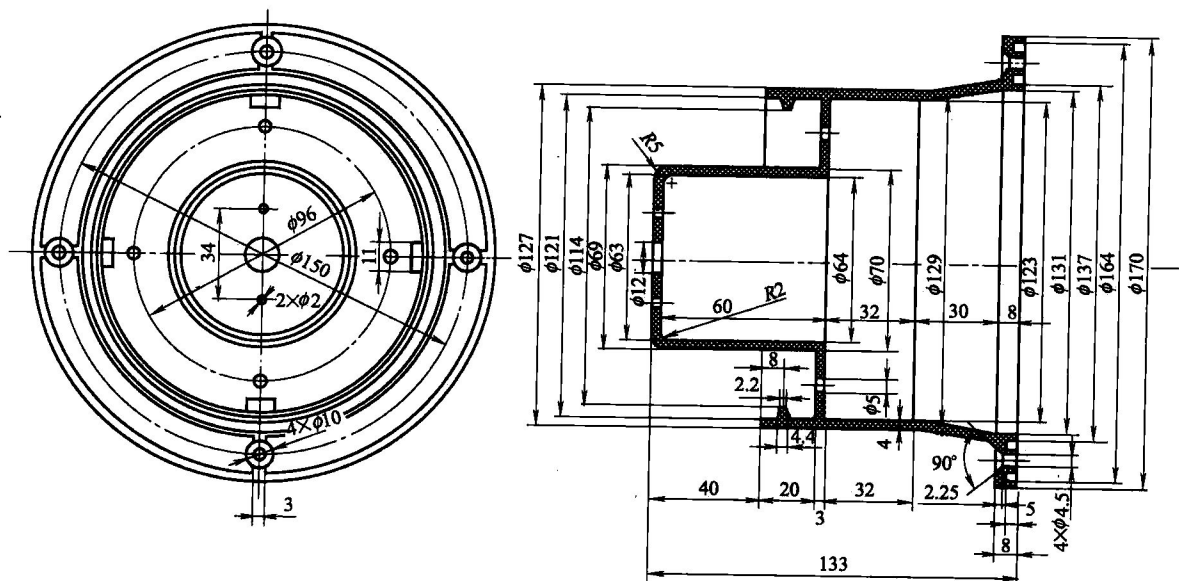


图 2.1.1 灯座零件图

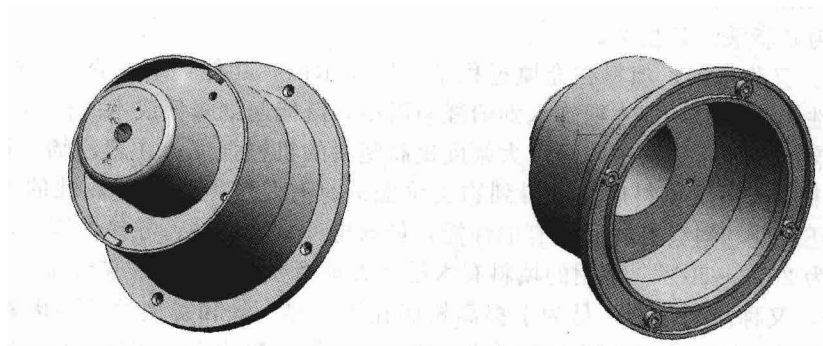


图 2.1.2 灯座三维图

1.2 知识链接

1.2.1 塑料的组成和特性

塑料原材料的种类繁多、性能各异,形状也有多种,主要呈现粉状、粒状或纤维状等,如图 2.1.3 所示。

1.2.1.1 塑料的基本组成

塑料是以树脂为基体,以填充剂、增塑剂、稳定剂、润滑剂、着色剂等添加剂为辅助成分,在一定的温度和压力下流动成型的高分子有机材料。

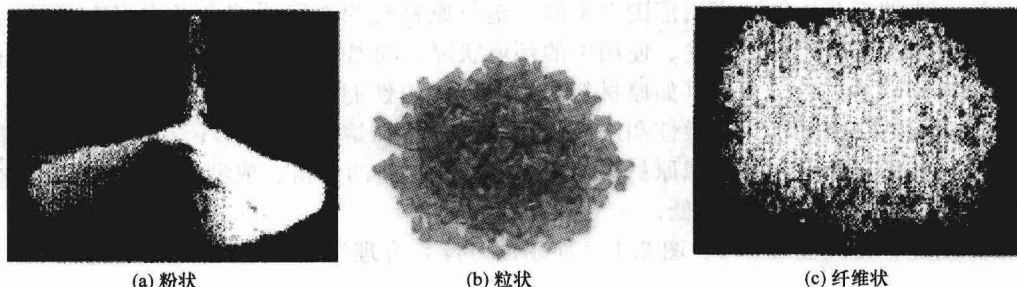


图 2.1.3 塑料原材料

(1) 树脂 树脂分为天然树脂和合成树脂,天然树脂如松香、石油中的沥青等,由于天然树脂在数量和性能上不能满足生产需要,于是发展制取了合成树脂。无论是天然树脂还是合成树脂,都属于高分子聚合物,简称高聚物。树脂是塑料的主要成分(约占40%~100%),对塑料的性能起着决定性作用,故绝大多数塑料以树脂的名称命名。树脂受热时呈软化或熔融状态,因而塑料有良好的成型能力。树脂在塑料中还起着胶粘其他成分材料的作用。

(2) 塑料添加剂 是为改善塑料的使用性能和成型工艺性能而加入的其他辅助成分。

① 增塑剂。为了提高塑料的可塑性、柔韧性、流动性等工艺性能而加入的物质称为增塑剂。通常要求增塑剂无毒无害、无臭无色、不易燃烧挥发和成本低廉。常用的增塑剂有磷酸酯类化合物、邻苯二甲酸酯类化合物和氯化石蜡等。

② 润滑剂。为了改进高聚物的流动性、减少摩擦、降低界面黏附而加入的添加剂。聚合物熔体黏度高,在加工过程中熔体的分子内摩擦及聚合物熔体与加工机械表面的外摩擦等易影响塑件的外观质量,为此在树脂中加入润滑剂以改善其流动性,同时润滑剂还可以起到加速熔融、防黏附和防静电、有利于脱模等作用。塑料中的润滑剂含量一般为0.5%~1%。常用的润滑剂为硬脂酸及其盐类。

③ 填充剂。又称填料,填料在充填过程中一般显示两种功能:增加容量,降低塑料成本;改善塑料性能。例如,把木粉加入到酚醛树脂中,既能起到降低成本的作用,又能改善其脆性;把玻璃纤维加入塑料中,可以大幅度提高塑料的机械强度;在聚乙烯(PE)、聚氯乙烯(PVC)中加入钙质填料后,可得到物美价廉的具有足够刚性和耐热性的钙塑料。此外,有的填料还可使塑料具有树脂没有的性能,如导电性、导磁性、导热性等。塑料中的填充剂含量一般为20%~30%。常用的填料有木粉、大理石粉、石墨、玻璃纤维等。

④ 稳定剂。又称防老化剂,是为了提高树脂在光、热、氧和霉菌等外界因素作用时的稳定性而加入的添加剂。常用的稳定剂有硬脂酸盐、炭黑、铅化合物和环氧化合物等。

⑤ 着色剂。在现代塑料成型加工中,着色已越来越重要,塑件中约有80%是经过着色的。在塑料中可以用无机颜料、有机颜料及染料使塑件具有各种色彩。塑件的着色不仅能够使塑件外观绚丽多彩、美艳夺目,提高塑件的商品价值,而且着色剂可以改善塑料性能,如着色剂与其他组分起化学变化,具有耐热、耐光的性能。塑料中的着色剂含量一般为塑料的0.01%~0.02%。

1.2.1.2 塑料的性能

塑料与金属材料和其他非金属材料相比,具有鲜明的性能特点。

(1) 塑料的优良性能

① 密度小,比强度和比刚度高。大多数塑料的密度为 $1.0\sim 1.4\text{g/cm}^3$,约为铝的1/2,

铜的 $1/5$ ，铅的 $1/8$ ，而泡沫塑料密度更小，只有水密度的 $1/50 \sim 1/30$ ，虽然塑料的强度和刚度不及金属材料，但其比强度（强度与密度之比）和比刚度（刚度与密度之比）相当高。这对于需要尽量减轻重量的车辆、飞机和航天器等具有非常重要的意义。

② 优良的力学性能。通常所用的硬质塑料都有较高的强度和硬度，特别是用玻璃纤维增强的制品，具有钢铁般的坚韧性能。有时用特定的塑料代替钢铁制成的机械零件（如轧钢机轴承），比钢铁零件的使用寿命还长。高分子材料的性能还可用不同的方法加以改进，以满足不同制品性能的需求。

③ 耐化学腐蚀性能好。普通金属易被腐蚀生锈而造成很大的经济损失，而塑料一般都具有较好的抵抗弱酸和弱碱侵蚀的作用。有的塑料，如聚四氟乙烯（PTFE），连“王水”都不会对它产生腐蚀。实际上大多数塑料在常温下，对水和一般有机溶剂都很稳定。因此，常用塑料制成一般的容器或容器的内衬，有时还用作容器外表面的涂层。

④ 电绝缘、隔热、隔声性能好。塑料对电、热、声都有良好的绝缘性能，被大量用来制造电绝缘材料、绝热保温材料以及隔声吸声材料。

⑤ 着色能力好，成型加工性能好。许多塑料都容易着色，易于加工成型，可制成五颜六色的管、棒、条、带、丝和膜等型材，并能制成各式各样的制件以满足人们不同的需要，使人们的生活更丰富多彩。与其他材料相比，一般塑料制件的价格低，便于普及推广。

塑料材料具有容易成型、成型周期短等特性。将塑料制成零件，所需设备投资少，能耗低。特别是与金属制件加工相比，加工工序少，成型周期短，加工过程中的边角废料大多数可以回收利用。如果以单位体积计算，生产塑件的费用仅为金属件的 $1/10$ ，因此塑件的总体经济效益显著。

⑥ 自润滑性好。很多塑料品种都具有优异的自润滑性，如尼龙（PA）、聚甲醛（POM）等。在食品、纺织、日用及医药机械的摩擦接触结构制品、运动型结构制品中禁止使用润滑剂，以防止污染，这些制品用自润滑性塑料材料制造，不仅可以满足这些功能需要，而且可避免污染。如我们日常生活用的拉链，常选用具有自润滑性的尼龙（PA）和聚甲醛（POM）。

应该指出的是，塑料也存在一些缺点，这些缺点使得塑料在应用中受到一定的限制。

（2）塑料的不良性能

① 机械强度低。与传统的工程材料相比，塑料的机械强度低，即使用超强纤维增强的工程塑料，其强度得到大幅度提高，并且比强度高于钢，但在大载荷应用场合，如拉伸强度超过 300MPa 时，塑料材料就不能满足要求，此时只能用高强度金属材料或超级陶瓷材料。

② 尺寸精度低。由于塑料材料的收缩率大且不稳定，塑料制品受外力作用时产生的变形（蠕变）大，热膨胀系数比金属大几倍，因此，塑料制品的尺寸精度不高，很难生产高精度产品。对于精度要求高的制品，尽量不要选用塑料材料，而应选用金属或陶瓷材料。

③ 耐热温度低。塑料的最高使用温度一般不超过 400°C ，而且大多数塑料的使用温度都在 $100 \sim 260^\circ\text{C}$ 范围内；只有不熔聚酰亚胺（PI）、液晶聚合物（LCP）、聚苯酯（PHB）等塑料的热变形温度可大于 300°C 。因此，如果使用环境的温度长时间超过 400°C ，几乎没有塑料材料可供选用；如果使用环境的温度短期超过 400°C ，甚至达到 500°C 以上，并且无较大的负荷，有些耐高温塑料可短时使用。不过以碳纤维、石墨或玻璃纤维增强的酚醛等热固性塑料很特别，虽然其长期耐热温度不到 200°C ，但其瞬时可耐上千摄氏度的高温，可用于制作耐烧蚀材料，用于导弹外壳及宇宙飞船面层材料。

另外，塑料还具有高温下容易降解和老化、导热性能较差、吸湿性大、使用寿命短等缺点。

塑料的许多性能都与高聚物的分子结构特点有关,要了解塑料,首先必须了解高聚物的结构。

1.2.2 塑料的分类与应用

1.2.2.1 高聚物的链结构

一切物质都是由分子构成的,而分子又是由原子构成的。无论是有机物单体还是无机物,它们分子中的原子数都不是很多,从几个到几百个不等。例如,氧分子 O_2 由 2 个原子组成,相对分子质量 32;酒精分子 C_2H_5OH 由 9 个原子组成,相对分子质量 46;而一种比较复杂的有机物三硬脂酸甘油酯,其分子 $C_{57}H_{110}O_6$ 中也不过只有 173 个原子,相对分子质量 890。无论多么复杂的单体化合物,其所含原子数最多也不过几百个,它们都属于低分子化合物。而高聚物就比较复杂了,高聚物的大分子是由很大数目 ($10^3 \sim 10^5$ 数量级) 的结构单元组成的。每一结构单元相当于一个分子。这些结构单元可以是一种(均聚物),也可以是几种(共聚物),它们以共价键相连接,形成线型分子、支化分子(带有支链的线型分子)或网状分子。一个聚合物分子中含有成千上万甚至几十万个原子。例如,尼龙大分子中,大约有 4×10^3 个原子,相对分子质量为 2.3×10^4 。天然橡胶分子中含有 $(5 \sim 6) \times 10^4$ 个原子,相对分子质量大约为 4×10^5 。聚合物的高分子含有很多原子,相对分子质量很高,分子是很长的巨型分子,聚合物的分子结构是由一种或数种原子团按照一定方式重复排列而形成的聚合物分子链结构。

聚合物分子的链结构具有以下重要的特点。

(1) 呈现链式 从 H. Staudinger 提出大分子学说以来,现已知道各种天然高分子、合成高分子和生物高分子都具有链式结构,即高分子是由多价原子彼此以主价键结合而成的长链状分子。长链中的结构单元很多 ($10^3 \sim 10^5$ 数量级),一个结构单元相当于一个小分子,具有周期性,高分子长链可以由一种(均聚物)或几种(共聚物)结构单元组成。

(2) 具有柔性 柔性是指一种分子链卷曲的现象。由单键键合而成的高分子主链一般都具有一定的内旋转自由度,结构单元间的相对转动使得分子链成卷曲状,这种现象称为高分子链的柔性;由内旋转而形成的原子空间排布称为构象。分子链内结构的变化可能使旋转变得困难或不可能,这样的分子链被认为变成了刚性链。

(3) 具有多分散性 高分子材料聚合物反应的产物一般是由长短不一的高分子链所组成,聚合物分子的相对分子质量是不均一的,这就是高聚物的多分散性。如果合成时所用单体在两种以上,则共聚反应的结果不仅存在分子链长短的不同分布,而且每个链上的化学组成也有一个不同的分布,因此合成高分子材料的聚合反应是一个随机过程。

聚合物分子的链结构形式不同,其性质也不同。链结构主要有 3 种类型:线型、带支链的线型、体型,如图 2.1.4 所示。

① 线型聚合物的整条分子像一根长长的链条,基本上没有分支。其物理特性是分子密度大,流动性好,具有弹性、塑性以及可溶性和可熔性。线型聚合物在适当的溶剂中可溶解或溶胀,在温度升高时则可软化至熔融状态而流动,且这种特性在成型前后都存在,因此,可反复成型。线型聚合物树脂组成的塑料通常为热塑性塑料,如高密度聚乙烯(HDPE)、聚甲醛(POM)、聚酰胺(PA)等。

② 带有支链的线型聚合物的整条分子具有一个线型主链,但在线型主链上,带有一些或长或短的小支链。其物理特性是分子密度较线型低,结晶度低,其力学性能、成型性能与线型类似。低密度聚乙烯(LDPE)即为该类塑料。

③ 体型是在大分子链之间有一些短链把它们相互交联起来,成为立体结构。其物理特性是脆性大,弹性较高和塑性很低,成型前可溶且可熔,但一经成型硬化后,就成为既不能