

中等职业学校机电类规划教材

ZHONGDENG ZHIYE XUEXIAO JIDIANLEI GUIHUA JIAOCAI



模具制造技术专业系列

塑料成型工艺 与模具结构

(第2版)

张信群 主编

DIE & MOULD TECHNOLOGY



- 加强基础——符合学生实际
- 简化理论——贴近实际生产
- 内容精练——注重典型案例



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

中 等 职 业 学 校 机 电 类 规 划 教 材

ZHONGDENG ZHIYE XUEXIAO JIDIANLEI GUIHUA JIAOCAI



模具制造技术专业系列

塑料成型工艺 与模具结构 (第2版)

张信群 主编

DIE & MOULD TECHNOLOGY



人 民 邮 电 出 版 社

北 京

图书在版编目(CIP)数据

塑料成型工艺与模具结构 / 张信群主编. — 2版

— 北京: 人民邮电出版社, 2010.9

中等职业学校机电类规划教材. 模具制造技术专业系

列

ISBN 978-7-115-23585-5

I. ①塑… II. ①张… III. ①塑料成型—工艺—专业学校—教材②塑料模具—结构—专业学校—教材 IV. ①TQ320.66

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第150321号

内 容 提 要

本书共7章,包括塑料成型工艺基础、注射成型工艺与模具结构、挤出成型工艺与模具结构、压缩成型工艺与模具结构、压注成型工艺与模具结构、气动成型工艺与模具结构、模具CAD/CAM/CAE简介,并附有必要的技术参数供参考。

本书适合作为中等职业学校模具制造技术专业及相关专业的教学用书,也可作为工程技术人员的自学参考书与培训教材。

中等职业学校机电类规划教材

模具制造技术专业系列

塑料成型工艺与模具结构(第2版)

- ◆ 主 编 张信群
责任编辑 李海涛
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京鑫正大印刷有限公司印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 11.25 2010年9月第2版
字数: 283千字 2010年9月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-23585-5

定价: 21.00元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

广告经营许可证:京崇工商广字第0021号

丛书前言

我国加入 WTO 以后,国内机械加工行业和电子技术行业得到快速发展。国内机电技术的革新和产业结构的调整成为一种发展趋势。因此,近年来企业对机电人才的需求量逐年上升,对技术工人的专业知识和操作技能也提出了更高的要求。相应地,为满足机电行业对人才的需求,中等职业学校机电类专业的招生规模在不断扩大,教学内容和教学方法也在不断调整。

为了适应机电行业快速发展和中等职业学校机电专业教学改革对教材的需要,我们在全中国机电行业和职业教育发展较好的地区进行了广泛调研;以培养技能型人才为出发点,以各地中职教育教研成果为参考,以中职教学需求和教学一线的骨干教师对教材建设的要求为标准,经过充分研讨与精心规划,对《中等职业学校机电类规划教材》进行了改版,改版后的教材包括 6 个系列,分别为《专业基础课程与实训课程系列》、《数控技术应用专业系列》、《模具制造技术专业系列》、《计算机辅助设计与制造系列》、《电子技术应用专业系列》和《机电技术应用专业系列》。

本套教材力求体现国家倡导的“以就业为导向,以能力为本位”的精神,结合职业技能鉴定和中等职业学校双证书的需求,精简整合理论课程,注重实训教学,强化上岗前培训;教材内容统筹规划,合理安排知识点、技能点,避免重复;教学形式生动活泼,以符合中等职业学校学生的认知规律。

本套教材广泛参考了各地中等职业学校的教学计划,面向优秀教师征集编写大纲,并在国内机电行业较发达的地区邀请专家对大纲进行了多次评议及反复论证,尽可能使教材的知识结构和编写方式符合当前中等职业学校机电专业教学的要求。

在作者的选择上,充分考虑了教学和就业的实际需要,邀请活跃在各重点学校教学一线的“双师型”专业骨干教师作为主编。他们具有深厚的教学功底,同时具有实际生产操作的丰富经验,能够准确把握中等职业学校机电专业人才培养的客观需求;他们具有丰富的教材编写经验,能够将中职教学的规律和学生理解知识、掌握技能的特点充分体现在教材中。

为了方便教学,我们免费为选用本套教材的老师提供教学辅助光盘,光盘的内容为教材的习题答案、模拟试卷和电子教案(电子教案为教学提纲与书中重要的图表,以及不便在书中描述的技能要领与实训效果)等教学相关资料,部分教材还配有便于学生理解和操作演练的多媒体课件,以求尽量为教学中的各个环节提供便利。

我们衷心希望本套教材的出版能促进目前中等职业学校的教学工作,并希望能得到职业教育和广大师生的批评与指正,以期通过逐步调整、完善和补充,使之更符合中职教学实际。

欢迎广大读者来电来函。

电子函件地址: lihaitao@ptpress.com.cn, liushengping@ptpress.com.cn。

读者服务热线: 010-67143761, 67132792, 67184065。

编者的话

随着现代工业的发展,塑料制品的应用越来越广泛,质量要求也越来越高。在塑料制品的生产中,塑料模具的地位也越来越突出。

“塑料成型工艺与模具结构”是模具制造技术专业重要的专业课程,也是学生在将来的塑料制品生产和塑料模具制造工作中应具备的基本知识和基本技能。

本书以技能型紧缺人才培养方案为依据,以“加强基础、简化理论、内容精练”为指导思想,系统地介绍了塑料成型的基本理论和工艺知识,并结合工程实际,介绍了常用塑料模具的成型工艺和结构组成。在内容的选取上,本书注重实用性和典型性,着重介绍基本概念、基本原理和基本技能,略去了无实用价值的旧内容和复杂烦琐的理论计算,并增加了工程实例分析以及对塑料成型新工艺和模具制造新技术的介绍。在章节的编排上,既考虑到内容的系统性,又符合中职学生学习“塑料成型工艺与模具结构”课程的一般规律。

为了使學生能够深入学习本课程,本书每章结尾均设置了练习题。

本课程教学共需 90 学时,学时分配建议如下。

课 程 内 容	学 时 数
绪论	1
第 1 章 塑料成型工艺基础	13
第 2 章 注射成型工艺与模具结构	26
第 3 章 挤出成型工艺与模具结构	10
第 4 章 压缩成型工艺与模具结构	14
第 5 章 压注成型工艺与模具结构	10
第 6 章 气动成型工艺与模具结构	14
第 7 章 模具 CAD/CAM/CAE 简介	2

说明:“塑料成型工艺与模具结构”是一门实践性很强的课程,教学中要特别重视理论联系实际,加强实践教学,引导学生在实践中巩固和加深所学内容,并不断学习和积累塑料模具制造的有关知识。

全书共有绪论和 7 章内容,其中绪论、第 3 章、第 4 章、第 5 章、第 6 章由滁州职业技术学院张信群编写;第 1 章、第 2 章、第 7 章由哈尔滨职业技术学院宫丽编写。本书由张信群任主编并负责全书的统稿和修改,宫丽任副主编。

本书适合作为中等职业学校模具制造技术专业及相关专业的教学用书,也可作为工程技术人员的自学参考书与培训教材。

由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2010 年 7 月

目 录

绪论	1
----	---

第1章 塑料成型工艺基础	4
--------------	---

1.1 塑料的种类及工艺性	4
1.1.1 塑料的种类	4
1.1.2 塑料的性能	6
1.1.3 塑料的成型工艺特点	6
1.2 塑料制件的结构工艺性	7
1.2.1 塑料制件的尺寸、公差和表面质量	8
1.2.2 塑料制件的形状	10
1.2.3 壁厚	11
1.2.4 脱模斜度	13
1.2.5 加强筋与凸台	13
1.2.6 圆角	15
1.2.7 孔	15
1.2.8 螺纹	16
1.2.9 嵌件	17
1.2.10 铰链与搭扣	18
1.2.11 文字、图案、标记符号及表面装饰 花纹	20
1.3 塑料制件结构设计示例	20
练习题	21

第2章 注射成型工艺与模具结构	24
-----------------	----

2.1 注射成型原理和工艺过程	24
2.1.1 注射成型原理和特点	24
2.1.2 注射成型工艺过程	25
2.1.3 注射成型工艺条件	27
2.2 注射成型模具概述	32
2.2.1 注射成型模具的结构组成	32
2.2.2 注射成型模具的分类	33
2.3 注射成型设备	34
2.3.1 注射机的分类	34
2.3.2 常用注射机的规格及主要技术参数	36
2.3.3 注射模与注射机的关系	38
2.4 分型面	41
2.4.1 分型面与型腔的相对位置	41

2.4.2 分型面的结构形式	43
2.4.3 分型面的选择原则	44
2.5 浇注系统	46
2.5.1 浇注系统的作用、分类和组成	46
2.5.2 主流道的结构形式	46
2.5.3 冷料穴	47
2.5.4 分流道的结构形式	48
2.5.5 浇口的结构形式	49
2.6 成型零件	54
2.6.1 成型零件的结构	54
2.6.2 成型零件的工作尺寸计算	56
2.6.3 型腔壁厚的计算	58
2.7 合模导向机构	59
2.7.1 导柱导向结构	59
2.7.2 锥面定位机构	62
2.8 推出机构	63
2.8.1 推出机构的结构组成	63
2.8.2 推出机构的设计原则	64
2.8.3 典型推出机构	64
2.9 抽芯机构	66
2.9.1 抽芯机构的分类	66
2.9.2 斜导柱侧向抽芯机构	67
2.10 排气系统	72
2.10.1 排气系统的作用和方式	73
2.10.2 排气系统的设置	73
2.11 注射模典型结构	74
2.11.1 单分型面注射模	74
2.11.2 双分型面注射模	75
2.11.3 斜导柱侧向分型与抽芯注射模	76
练习题	77

第3章 挤出成型工艺与模具结构	81
-----------------	----

3.1 挤出成型原理和工艺过程	81
3.1.1 挤出成型原理和特点	81
3.1.2 挤出成型工艺过程	82
3.1.3 挤出成型工艺参数	82
3.2 挤出成型模具概述	84
3.2.1 挤出成型模具的结构组成	84

3.2.2 挤出成型模具分类	85	5.1.2 压注成型工艺参数	132
3.2.3 挤出成型设备	85	5.2 压注成型模具概述	133
3.3 管材挤出成型模具	87	5.2.1 压注成型模具的结构组成	133
3.3.1 管材挤出机头的结构类型	88	5.2.2 压注成型模具分类	134
3.3.2 管材挤出机头主要零件的结构尺寸和工艺参数	89	5.2.3 压注成型设备	136
3.3.3 管材定径套的结构类型及尺寸	91	5.3 压注模成型零部件的结构	137
3.4 棒材挤出成型机头	93	5.3.1 加料室的结构	137
3.4.1 棒材挤出成型机头的典型结构	93	5.3.2 压柱的结构	139
3.4.2 棒材挤出成型机头的结构类型	94	5.3.3 加料室与压柱的配合	140
3.4.3 棒材定径套的结构	94	5.3.4 浇注系统	141
3.5 板材、片材挤出成型机头	95	5.3.5 排气槽	143
3.5.1 鱼尾式机头	95	练习题	144
3.5.2 支管式机头	95	第6章 气动成型工艺与模具结构	147
3.5.3 螺杆式机头	97	6.1 中空吹塑成型工艺与模具结构	147
3.6 吹塑薄膜挤出成型机头	97	6.1.1 中空吹塑成型原理和分类	147
3.6.1 芯棒式机头的结构	98	6.1.2 中空吹塑成型制件的结构工艺性	149
3.6.2 芯棒式机头零件的工艺参数	98	6.1.3 中空吹塑成型模具的结构	151
练习题	99	6.1.4 中空吹塑成型模具的材料	152
第4章 压缩成型工艺与模具结构	102	6.2 真空成型工艺与模具结构	153
4.1 压缩成型原理和工艺过程	102	6.2.1 真空成型原理和分类	153
4.1.1 压缩成型原理和特点	102	6.2.2 真空成型制件的结构工艺性	156
4.1.2 压缩成型工艺过程	103	6.2.3 真空成型模具的结构	156
4.1.3 压缩成型工艺参数	104	6.2.4 真空成型模具的材料	157
4.2 压缩成型模具概述	105	6.3 压缩空气成型工艺与模具结构	158
4.2.1 压缩成型模具的结构组成	105	6.3.1 压缩空气成型原理和分类	158
4.2.2 压缩成型模具的分类	107	6.3.2 压缩空气成型模具	158
4.2.3 压缩成型设备	109	练习题	160
4.3 压缩模成型零部件的结构	114	第7章 模具 CAD/CAM/CAE 简介	163
4.3.1 塑件形状与模具结构的关系	114	7.1 什么是模具 CAD/CAM/CAE	163
4.3.2 凸模与凹模配合的结构形式	116	7.1.1 模具 CAD	163
4.3.3 凹模加料室的结构尺寸	118	7.1.2 模具 CAM	165
4.3.4 导向机构	121	7.1.3 模具 CAE	166
4.3.5 脱模机构	122	7.2 模具 CAD/CAM/CAE 技术的特点	167
4.3.6 侧向分型抽芯机构	126	7.2.1 模具 CAD/CAM/CAE 技术的优点	167
练习题	128	7.2.2 模具 CAD/CAM/CAE 的软件功能	167
第5章 压注成型工艺与模具结构	131	7.3 CAE 技术在塑料模具中的应用	168
5.1 压注成型原理和工艺过程	131	练习题	170
5.1.1 压注成型原理和特点	131	参考文献	172

绪论

塑料工业是一个历史短但发展速度惊人的新兴工业。随着塑料工业的发展,新型塑料的不断产生和对塑料制件需求的不断多样化,促进了塑料成型技术的不断发展与创新。

一、塑料与塑料成型制件

1. 塑料的组成

塑料是 20 世纪发展起来的新型材料。它是合成树脂为主要成分,再加入改善其性能的各种各样的添加剂而制成的。塑料由于具有质量轻、强度高、耐腐蚀、绝缘性好、易着色、价格低廉等优点,应用日益广泛,与金属、木材和硅酸盐这 3 种传统材料一起,成为现代工业生产中 4 种重要的原材料。

合成树脂决定了塑料的类型和基本性能,它联系或胶黏着塑料中的其他成分,并使塑料具有可塑性和流动性,从而具有成型性能。

添加剂的作用也不可忽视,添加剂的主要种类包括以下几种。

(1) 填充剂

填充剂又称为填料,它在塑料中的作用有两方面:一是减少合成树脂用量,降低塑料成本;二是改善塑料的某些性能,扩大塑料的应用范围。例如,用玻璃纤维作为塑料的填充剂,可以大幅度地提高塑料的力学性能;用石棉作为塑料的填充剂,可以提高塑料的耐热性。

(2) 增塑剂

有些合成树脂的可塑性很小,柔软性也很差,可以加入增塑剂,能够降低合成树脂的熔融黏度和熔融温度,改善塑料的成型加工性能,改进塑件的柔韧性、弹性以及其他各种必要的性能。

(3) 着色剂

在塑料中加入着色剂可以使塑料获得各种所需要的色彩。对着色剂的要求是:着色力强,与合成树脂有很好的相溶性,不与塑料中的其他成分发生化学反应,在成型过程中不因温度、压力变化而分解变色,并在长期使用过程中保持稳定。

(4) 稳定剂

在塑料中加入稳定剂,可以防止或抑制塑料在成型、储存和使用过程中,因受热、光、氧、射线等外界因素的作用所引起的变化,即所谓“老化”。

(5) 固化剂

在成型热固性塑料时,线型高分子结构的合成树脂需发生交联反应变为体型高分子结构。在塑料中加入固化剂的目的是促进交联反应,例如在环氧树脂中加入乙二胺、三乙醇胺等。

2. 塑料成型制件

塑料成型制件是以塑料为主要结构材料经过成型加工而获得的制品,又称为塑料制件。塑料制件应用广泛,特别是在电子仪表、电器设备、通信工具、生活用品等方面获得大量应用。塑料制件的主要加工方法是塑料成型加工,塑料成型是将各种形态的塑料原料熔融塑化或经加热达到要求的塑性状态,在一定压力下经过要求形状的模具或充填到要求形状的模具型腔内,待冷却定型后,获得要求形状、尺寸及性能的塑料制件的生产过程。塑料成型适宜生产形状复杂的薄壳体件,截面形状一定的线材;也可生产具有一定形状的结构件、连接件、传动件等。塑料成型的特

点是生产制品形状尺寸稳定,可实现连续生产,一模多件生产,生产效率高。

二、塑料模具的分类

塑料模具是成型塑料制件的工艺装备。塑料模具的分类方法很多,根据塑料制件的成型工艺方法不同,通常将塑料模具分为以下几类。

1. 注射模具

注射模具又称为注塑模具。注射模具的成型工艺特点是将粒状或粉状的塑料原料加入注塑机的料筒中,加热使其成为熔融状态,再以一定的流速通过料筒前端的喷嘴射入闭合的模具型腔中,经过一定的保压,塑料在模内冷却、硬化定型为塑件。注射模具主要用于热塑性塑料制件的成型。近年来,热固性塑料的注射成型也在逐渐增加。由于注射模具能成型形状复杂的制件并且生产效率较高,所以在塑料制件的生产中占有很大比重。据统计,世界上注射模具的产量占塑料成型模具产量的一半以上。

2. 挤出模具

挤出模具的成型工艺特点是利用挤出机料筒内的螺杆旋转加压的方法,将塑化好的呈熔融状态的塑料从料筒中挤出,通过特定截面形状的机头口模而获得连续的型材。它广泛用于热塑性塑料的管材、棒材、板材、薄膜、线材及其他异型材的成型。

3. 压缩模具

压缩模具又称为压塑模具。压缩模具的成型工艺特点是将预热过的塑料直接加在经过加热的模具型腔(加料室)内,然后合模,塑料在热和压力作用下呈熔融状态后,以一定压力充满型腔,然后再固化成型。压缩模具多用于热固性塑料,这种方法成型的塑件大多用于机械零部件、电器绝缘件和日常生活用品。

4. 压注模具

压注模具的加料室和型腔是通过浇注系统连接起来的,在一定压力作用下,将加料室内受热呈熔融状态的热固性塑料经浇注系统压入被加热的闭合型腔,最后固化成型。压注模具主要用于热固性塑料制件的成型。

5. 吹塑模具

吹塑模具的成型工艺特点是将挤出或注射出来的尚处于塑性状态的管状坯料,趁热放到模具型腔内,立即在其中心通以压缩空气,管状坯料膨胀而紧贴于模具型腔壁上,冷却定型后即可得到一定形状的中空制件。

除了以上几种常用的塑料成型模具以外,还有真空成型模具、压缩空气成型模具、泡沫塑料成型模具等。

三、塑料模具技术发展趋势

塑料模具的结构、性能、质量均影响着塑料制件的质量和成本。例如一副优良的注射模可以成型上百万次,一副好的压缩模能成型25万次以上。从塑料模具的设计、制造及材料选择等方面考虑,塑料模具技术的发展趋势可归纳为以下几方面。

1. 塑料模具标准化

塑料模具标准化程度对于缩短模具制造周期、节省材料消耗、降低成本、适应大规模批量化生产具有重要意义。模具的标准化程度越高,专业化生产越强,模具制造周期就越短,生产成本就越低,模具质量就越高;同时模具设计简化,产品更新换代迅速。国外塑料模具标准化程度很

高,从材料、品种、规格、结构、精度到验收都实现了标准化。目前我国的塑料模具标准化程度只达到 20%,在各种塑料模具中,只有注射模具有关于标准模架、模具零件、模具技术条件等国家标准。具体包括:塑料注射模具零件 GB/T 4169.1~4169.11—1984;塑料注射模具大型模架 GB/T 12555.1~12555.15—1990;塑料注射模具中小型模架 GB/T 12556.1~12556.2—1990;塑料注射模具技术条件 GB/T 12554—1990 等。另外,许多模具工厂还制订了各自的企业标准。

2. 模具新材料的研究和使用

模具材料的选用在塑料模具的设计与制造中占有重要地位,它直接影响模具的制造工艺、模具使用寿命、模具加工成本和塑件的质量。针对各种塑料模具的工作条件和失效形式,国内外模具材料研究人员进行了大量的研究工作,并已开发出许多具有良好使用性能、加工性能和热处理性能的塑料模具专用钢,包括预硬钢、时效硬化钢、析出硬化钢、耐腐蚀钢等,并且已经推广使用,取得了较好的技术和经济效益。另外,为了提高模具的使用寿命,在模具成型零件的表面强化处理方面也进行了大量的研究和实践工作,取得了很好的效果。

3. 模具加工新技术的应用

为了提高加工精度、减少加工时间,塑料模具中成型零件的加工已广泛应用数控加工、仿形加工、电火花加工、电火花线切割加工、快速成型制造等先进技术,同时也应用到坐标镗床、坐标磨床和三坐标测量仪等精密加工与测量设备。新技术和新设备的不断发展和应用,推进了模具行业向着技术密集、专业化与柔性化相结合、高技术 with 高技艺相结合的方向发展。

4. CAD/CAE/CAM 技术的推广应用

塑料制件应用的日益广泛和复杂曲面塑件的不断开发,对塑料成型模具的设计与制造提出的要求越来越高,传统的设计与制造方法已不能满足这样的要求。为了适应这些变化,在 20 世纪 80 年代中期的工业发达国家,CAD/CAE/CAM 技术就已进入实用阶段,市场上已有商品化的系列软件出售。利用计算机进行塑料模具辅助设计(CAD),利用塑料模流动模拟分析系统(CAE),对塑料成型工艺过程进行分析和仿真,这样显著提高了塑料模具设计的效率,减少了设计过程中的失误,提高了模具和塑料制件的质量,缩短了生产周期。随着计算机辅助制造(CAM)技术的发展,模具 CAD/CAE/CAM 技术向着一体化方向发展,并且成为模具技术最重要的发展方向。我国许多高等院校和科研院所在 CAD/CAE/CAM 技术方面也开展了大量研究和开发工作,取得了一定的成果,但在该技术的推广应用方面与国外相比还存在一定的差距,有待于进一步改进和提高。

四、本课程的学习内容和要求

“塑料成型工艺与模具结构”课程是模具制造技术专业人才培养体系的主干课程,在本课程中,学生将系统地学习塑料成型工艺的基本理论和工艺知识,以及注射模具、挤出模具、压缩模具、压注模具、吹塑模具、真空成型模具等常用塑料模具的成型工艺和结构特点。

通过本课程的学习,学生应达到以下要求:

- ① 系统了解塑料的种类及性能,掌握塑料成型原理和塑料制件的工艺特点;
- ② 熟悉成型设备对塑料模具的要求,正确分析成型工艺对塑料制件结构和塑料模具的要求;
- ③ 掌握典型塑料成型模具的结构特点;
- ④ 了解其他与塑料模具有关的知识及模具 CAD/CAM/CAE 知识。

“塑料成型工艺与模具结构”是一门实践性很强的课程,教学中要特别重视理论联系实际,加强实践教学,引导学生在实践中巩固和加深所学内容,并不断学习和积累塑料模具工艺和生产的有关知识。

1

第 1 章

塑料成型工艺基础

塑料制品在现代工业产品中应用广泛。工业设计师必须熟悉塑料制品的结构和成型工艺性，这不仅有利于设计出强度、结构以及工艺性合理的塑件，而且有利于扩大塑料的应用范围，节约金属材料，降低产品成本，提高技术经济效益。

塑料制品的设计流程大致包括 8 个步骤，如图 1-1 所示。

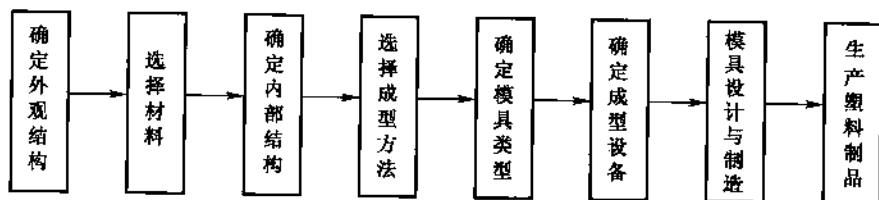


图 1-1 塑料制品的设计流程

1.1 塑料的种类及工艺性

目前世界上生产的塑料已有一万余种之多，其中常用的有一百余种。某些塑料由于具有优异的性能，在庞大的塑料家族中，已成为工业产品造型设计应用最广泛的非金属材料。

塑料制品所使用的主要原料和辅助材料，一般包括合成树脂和各种添加剂两大部分。其中，合成树脂是主要成分，一般占 30%~100%，对塑料的基本性能有决定性影响。添加剂则是为改善塑料的某些性能，以取得满足使用要求的塑料制品，而在生产时特意加入的成分。塑料制品中，由于加工条件及使用性能的要求，绝大多数都是含添加剂的多组分塑料。

合成树脂中，最常用的有聚氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚酰胺、酚醛树脂、氨基塑料等。根据聚合方法及加工条件的不同，合成树脂出厂时通常制成粒状、粉状、液状（单体、初聚物、乳液）、糊状（塑料溶胶、有机溶胶）等形式的半成品。

在绝大多数情况下，总是根据合成树脂的种类、加工条件，以及由使用目的所要求的性能，而加入多种辅助材料。塑料制品中的辅助材料是指向树脂中加入的增塑剂、稳定剂、润滑剂、填充剂、着色剂、发泡剂、紫外线吸收剂、阻燃剂、抗氧剂、抗静电剂等多种助剂。

1.1.1 塑料的种类

塑料按照应用范围可分为通用塑料、工程塑料和特种塑料，按照塑料的成型特性可分为热塑

1. 热塑性塑料

在常温状态下,热塑性塑料是硬的固体,加热后会变软,成为可流动的稳定黏稠液体,在此状态下具有可塑性,可塑制成一定形状的塑料件,冷却后会变硬定型。热塑性塑料可以反复加工,废品可以回收再利用,所以得到广泛应用。在塑料的成型过程中只有物理变化,而无化学变化,其变化是可逆的。生产中常用的各种热塑性塑料如表 1-1 所示。

表 1-1 常用的热塑性塑料

英文缩写	中文名称	主要特性	应用实例
ABS	丙烯腈	良好的表面硬度、耐热、耐腐蚀、抗冲击强度高	家电、工业设备及日用品等领域,如电视、冰箱、洗衣机等的外壳;安全帽;仪器仪表表盘等
PA	尼龙	良好的消音效果、耐油性、润滑性	轴承、齿轮、传送带、滑轮等机械零件 降落伞、各种绳索、刷子、梳子、球拍等
PC	聚碳酸酯	高透光率、良好的耐寒性	眼镜镜片、光学仪器、照明器件、冷冻食品包装材料
PVC	聚氯乙烯	较好的电气绝缘性能,但有毒	插座、插头、开关、电缆、人造革、凉鞋、雨衣、玩具
PE	聚乙烯	高密度聚乙烯	塑料管、塑料板、齿轮、轴承
		低密度聚乙烯	塑料薄膜、绝缘零件、包裹电缆
PP	聚丙烯	可在水中煮沸且在 135℃ 消毒	冷热水、蒸汽、各种非强酸、碱溶液的输送管道、化工容器
PMMA	有机玻璃	透光性最好	灯罩、汽车和建筑物的安全玻璃

2. 热固性塑料

在常温状态下,热固性塑料也是固体。加热之初,它的化学结构产生了变化,具有可塑性,可塑制成一定形状的塑件。当加热达到一定程度后,使形状固定下来,不再变化。若继续加热也不会变软,不再具有可塑性,所以只能一次成型,废品不能回收利用。在这一变化过程中,既有物理变化,又有化学变化,变化过程是不可逆的。生产中常用的各种热固性塑料如表 1-2 所示。

表 1-2 常用的热固性塑料

英文缩写	中文名称	主要特性	应用实例
PF	酚醛塑料 (电木)	耐热、耐腐蚀、电气绝缘性好	齿轮、轴承、接线板、电动工具外壳
EP	环氧树脂	有很强的黏结能力、耐腐蚀	万能胶、黏合剂、EP 配以石英粉可浇铸各种模具、防腐涂料
MF	氨基塑料	耐光、耐电弧、耐茶渍等污染强的物质	电器开关、防爆电器的配件、餐具、航空茶杯、电话机外壳、开关插座

综上所述,塑料的品种很多,部分塑料的性能也很相似,选择恰当的原材料则是一个关键环节。目前,塑料成型加工企业对不同的产品系列推荐的相应材料种类,如表 1-3 所示。

表 1-3 不同塑料零件的推荐材料

序号	零件分类	推荐材料	应注意的问题
1	家电外壳	ABS	结构复杂
2	扳手类	阻燃级 ABS	真空镀,电镀性能不好
3	小面板类	阻燃级 ABS	真空镀,电镀性能不好

续表

序 号	零 件 分 类	推 荐 材 料	应 注 意 的 问 题
4	灯罩 导光柱类	PC PMMA	透明 PC 韧性好, 不易脆裂, 价格高, 透光性差些。PMMA 易脆, 透光性较好, 价格低些。PC 和 PMMA 的流动性不好, 设计时要充分考虑
5	镜片 透明窗	透明 PC	
6	防尘网	阻燃级 ABS	如果使用环境温度太高, 要考虑改换材料
7	双色注塑 标牌	PC	双色注塑工艺较复杂

1.1.2 塑料的性能

1. 密度小, 质量轻

塑料的密度为 $0.9 \sim 2.3 \text{ g/cm}^3$, 是铝材的一半左右, 密度小意味着质量轻, 在实际生产中, 适合于制造轻的日用品和家用电器, 如笔记本电脑和手机的外壳。

2. 绝缘性能好

塑料是现代电器行业不可缺少的原材料, 许多电器用的插头、插座、开关、手柄等都是塑料制成的。

3. 耐腐蚀性能好

和金属材料相比, 多数塑料对酸、碱和许多化学药品都具有良好的耐腐蚀能力。俗称“塑料王”的聚四氟乙烯耐腐蚀性能最好, 可耐“王水”等极强腐蚀性电解质的侵蚀。所以在化学工业中, 塑料用来制成各种管道、密封件、换热器等。

4. 吸振性能好

塑料具有良好的吸振、消音性能, 常用来制造高速运转的机械零件和汽车的保险杠及内装饰板等结构零件。

5. 耐磨性能好

多数塑料都耐磨损, 而一般金属零件无法与其相比, 在现代工业中, 齿轮、轴承、密封圈等机械零件的原材料已采用塑料, 渐渐取代了金属材料。

此外, 塑料还具有很好的绝热性、可电镀性、可焊接性、易着色性、防水性、防潮性、防辐射性、透光性等。

虽然塑料有一系列的优点, 但也有不足之处。例如, 与金属相比, 其强度不高, 耐热性及散热性差, 制件的尺寸稳定性差, 易老化, 不容易自行降解等。但是随着科学技术的不断发展, 这些问题正得以逐步解决。

1.1.3 塑料的成型工艺特点

塑料的成型工艺特点包括收缩性、结晶性、流动性、吸湿性、热敏性、水敏感性等。

1. 收缩性

塑料制件从模具中取出冷却到室温后, 发生尺寸收缩的特性称为收缩性。用收缩率来表示, 即模具设计时常温下模具尺寸与制件尺寸之差及其与制件尺寸的比值。其表达式为:

$$k = \frac{L_m - L_1}{L_1} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中 k ——塑料收缩率;

L_m ——模具在室温时的尺寸 (mm);

L_l ——塑件在室温时的尺寸 (mm)。

设计模具前一定要查清原材料的收缩率, 便于以后的设计计算。

2. 结晶性

一般热塑性塑料的结构分为结晶型和非结晶型两种。结晶型塑料在成型时需要的热量比非结晶型塑料多, 并且结晶型塑料需要冷却的时间也比非结晶型塑料长。

属于结晶型塑料有聚乙烯、聚丙烯、尼龙等, 属非结晶型塑料有聚苯乙烯、聚氯乙烯、ABS 等。

3. 流动性

塑料在一定的温度与压力下填充模具型腔的能力称为塑料的流动性。

流动性是塑料成型中一个很重要的因素, 流动性的好坏, 直接影响塑料制件结构的设计、成型工艺及模具的设计。流动性过高, 容易导致溢料、填充不实、制件组织疏松、易粘模等不良现象; 流动性过低, 容易产生填充不足、缺料、不易成型等缺陷。

提高流动性的方法是增加增塑剂或润滑剂。降低流动性的方法是增加填充剂。

4. 吸湿性

因为塑料中含有各种添加剂, 对水分有不同的亲疏程度, 所以塑料可分为吸湿、粘附水分和不吸湿、不粘附水分两种。

塑料的吸湿性对其成型很不利。凡是具有吸湿或粘附水分的塑料, 当水分含量超过一定限度时, 成型后制件将出现气泡、银丝或斑纹等缺陷, 这是由于成型过程中, 水分变成气体促使塑料高温水解。因此, 塑料在加工成型前, 一般要经过干燥处理, 使水分含量控制在 0.2% 以下。

5. 热敏性

热敏性是指塑料对热降解的敏感性。有些塑料对温度比较敏感, 如果成型时温度过高, 容易变色、降解, 如聚氯乙烯、聚甲醛等。为了改善热敏性塑料的成型特性, 可在塑料中加入热稳定剂 (如碱式铅盐类等), 合理地选择设备, 严格控制成型工艺温度和周期, 在模具型腔表面镀铬等。

6. 水敏感性

有的塑料即使含有少量水分, 在高温、高压下也会发生分解, 称为水敏感性。例如, 聚碳酸酯就是水敏感性塑料, 必须预先加热干燥。

1.2 塑料制件的结构工艺性

塑料制件的结构工艺性, 是设计师进行塑料制件外形及其内部结构设计时必须考虑的主要问题之一。在评定塑料制件设计的合理性时, 不但要考虑满足塑料制件的使用性能和外观效果方面的要求, 而且还要考虑满足塑料制件成型工艺及材料性能对塑料制件结构的要求, 以便经济合理地进行塑料制件的生产。

塑料制件几何形状的设计应尽可能有利于成型, 以防止成型时产生气泡、缩孔、凹陷、开裂等缺陷, 并有利于简化模具结构。塑料制件的几何形状包括制件的尺寸精度、表面粗糙度、壁厚、脱模斜度、加强筋、圆角、孔、螺纹、嵌件、文字、标志、符号等。

1.2.1 塑料制件的尺寸、公差和表面质量

1. 塑料制件的尺寸及公差

塑料制件的尺寸及精度不高,往往受到多种因素的影响,如塑料收缩率的波动、模具成型零件的制造误差及其磨损、成型工艺条件的变化、塑料的种类及其性能、模具的结构形状、塑料制件的形状、塑料制件成型后的时效变化、飞边厚度的变化以及脱模斜度等。设计者在设计中主要考虑尺寸的一致性,如手机外壳上下盖的边需对齐且间隙均匀。

对塑料制件的精度要求要具体分析,要根据装配情况来确定尺寸公差。在塑料品种和工艺条件一定的情况下,塑料制件精度很大程度上取决于模具的制造公差。精度越高,模具制造工序就越多,加工时间就越长,模具制造成本就越高。可以参照表 1-4 所示的不同精度在不同尺寸范围的数值,进行塑件的结构设计。

表 1-4 塑件尺寸公差数值表

序 号	基本尺寸 (mm)	精 度 等 级							
		1	2	3	4	5	6	7	8
		公差数值 (mm)							
1	<3	0.04	0.06	0.08	0.12	0.16	0.24	0.32	0.48
2	>3~6	0.05	0.07	0.08	0.14	0.18	0.28	0.36	0.56
3	>6~10	0.06	0.08	0.10	0.16	0.20	0.32	0.40	0.61
4	>10~14	0.07	0.09	0.12	0.18	0.22	0.36	0.44	0.72
5	>14~18	0.08	0.10	0.12	0.20	0.24	0.40	0.48	0.80
6	>18~24	0.09	0.11	0.14	0.22	0.28	0.44	0.56	0.88
7	>24~30	0.10	0.12	0.16	0.24	0.32	0.48	0.64	0.96
8	>30~40	0.11	0.13	0.18	0.26	0.36	0.52	0.72	1.00
9	>40~50	0.12	0.14	0.20	0.28	0.40	0.56	0.80	1.36
10	>50~65	0.13	0.16	0.22	0.32	0.46	0.64	0.92	1.40
11	>65~80	0.14	0.19	0.26	0.38	0.52	0.76	1.00	1.60
12	>80~100	0.16	0.22	0.30	0.44	0.60	0.88	1.20	1.80
13	>100~120	0.18	0.25	0.34	0.50	0.68	1.00	1.40	2.00
14	>120~140		0.28	0.38	0.56	0.76	1.10	1.50	2.20
15	>140~160		0.31	0.42	0.62	0.84	1.20	1.70	2.40
16	>160~180		0.34	0.46	0.68	0.92	1.40	1.80	2.70
17	>180~200		0.37	0.50	0.74	1.00	1.50	2.00	3.00
18	>200~225		0.41	0.56	0.82	1.10	1.60	2.20	3.30
19	>225~250		0.46	0.62	0.90	1.20	1.80	2.40	3.60
20	>250~280		0.50	0.68	1.00	1.30	2.00	2.60	4.00
21	>280~315		0.55	0.74	1.10	1.40	2.20	2.80	4.40
22	>315~355		0.60	0.82	1.20	1.60	2.40	3.20	4.80
23	>355~400		0.65	0.90	1.30	1.80	2.60	3.60	5.20
24	>400~450		0.70	1.00	1.40	2.00	2.80	4.00	5.60
25	>450~500		0.80	1.10	1.60	2.20	3.20	4.40	6.40

注:表中的公差值根据配合性质分为上、下偏差。用于基准孔或非配合孔,冠以(+)号;用于基准轴或非配合轴,冠以(-)号;用于非配合长度及孔距尺寸时,取表中数值之半,冠以(±)号。

目前,根据我国的塑料制件成型水平,塑料制件分为8个精度等级,每种塑料可选其中3个等级,即较高精度、一般精度、较低精度,如表1-5所示。较高精度等级适用于较精密配合;一般精度等级适用于一般配合;较低精度等级适用于非配合;未标注公差尺寸,采用IT14的精度等级。当采用的精度等级不能满足使用要求时,可将原采用的精度等级相应提高一级或二级。

表 1-5 塑料制件精度等级的选用推荐

类 别	塑 料 名 称	推荐精度等级		
		较 高	一 般	较 低
1	聚苯乙烯	IT8	IT9	IT10
	ABS			
	聚甲基丙烯酸甲酯			
	聚碳酸酯			
	聚砒			
	聚苯醚			
	酚醛塑料			
	氨基塑料			
	30%玻璃纤维增强塑料			
2	聚酰胺 6, 66, 610, 1010, 9	IT9	IT10	IT11
	氯化聚醚			
	聚氯乙烯(硬)			
3	聚甲醛	IT10	IT11	IT12 IT13
	聚丙烯			
	聚乙烯(高密度)			
4	聚氯乙烯(软)	IT11	IT12 IT13	IT14
	聚乙烯(低密度)			

2. 塑料制件的表面质量

塑料制件的表面质量主要是指制件表面缺陷和表面粗糙度。

塑料制件的表面缺陷包括毛边、起泡、翘曲、熔接痕、缺料、溢料、凹陷、银纹、色泽不均、喷射痕、扭曲、龟裂等,这些缺陷与塑料的配方、模具注射时的成型工艺条件、模具设计等多种因素相关。

塑料制件的表面粗糙度主要取决于模具型腔壁的表面粗糙度,模具型腔壁的表面粗糙度数值上应比塑料制件的表面粗糙度低1~2级,而塑料制件表面粗糙度随着模具型腔的磨损增大而增加。目前,注射成型的塑料制件的表面粗糙度可取 $Ra0.02\sim1.25\mu\text{m}$ 。用超声波、电解抛光模具表面能达到 $Ra0.05\mu\text{m}$ 。

制件表面粗糙度越低,对模具型腔表面的制造加工要求越高,模具成本越高。另外,由于模具使用过程中的型腔磨损,要求应随时对型腔进行抛光修复,延长模具的寿命。一般对制件表面粗糙度的要求应根据实际需要来定,如透明制件的表面粗糙度就有严格要求,并且其内、外表面的粗糙度要求应一致。

不同加工方法和不同材料所能达到的表面粗糙度如表1-6所示。

表 1-6

不同加工方法和不同材料所能达到的表面粗糙度

加工方法	塑 料 名 称		Ra 参数值范围 (μm)										
			0.025	0.05	0.10	0.20	0.40	0.80	1.60	3.20	6.30	12.50	25
注 射 成 型	热塑性塑料	PMMA	—	—	—	—	—	—	—				
		ABS	—	—	—	—	—	—	—				
		AS	—	—	—	—	—	—	—				
		聚碳酸酯		—	—	—	—	—	—				
		聚苯乙烯		—	—	—	—	—	—				
		聚丙烯			—	—	—	—	—				
		尼龙			—	—	—	—	—				
		聚乙烯			—	—	—	—	—				
		聚甲醛		—	—	—	—	—	—				
		聚砒				—	—	—	—				
		聚氯乙烯				—	—	—	—				
		氯苯醚				—	—	—	—				
		氯化聚醚				—	—	—	—				
		PBT				—	—	—	—				
	热固性塑料	氨基塑料				—	—	—	—				
		酚醛塑料				—	—	—	—				
		硅酮塑料				—	—	—	—				
压 制 和 挤 压 成 型	氨基塑料				—	—	—	—					
	酚醛塑料				—	—	—	—					
	密胺塑料			—	—	—	—	—					
	硅酮塑料				—	—	—	—					
	DAP					—	—	—	—				
	不饱和聚酯					—	—	—	—				
	环氧塑料				—	—	—	—	—				
机 械 加 工	有机玻璃	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
	尼龙							—	—	—	—		
	聚四氟乙烯						—	—	—	—	—		
	聚氯乙烯							—	—	—	—		
	增强塑料							—	—	—	—	—	

1.2.2 塑料制件的形状

塑料制件的几何形状应尽可能保证有利于成型的原则,即在开模取出塑件时,尽可能不采用复杂的瓣合分型与侧抽芯。为此,塑件的内、外表面形状要尽量避免旁侧凹陷结构,否则,不但模具结构复杂,制造周期延长,成本提高,模具生产率降低,而且还会在分型面上留下毛边,增加塑件的修整工作量。因此,在模具设计时要深入了解塑料制件的使用要求,慎重修改不利于成型的结构,达到简化模具结构、缩短制造周期,提高塑件质量的目的。

如图 1-2 (a) 所示的塑件的侧孔,需要采用侧面型芯来成型,并要用斜导柱或其他抽芯机构