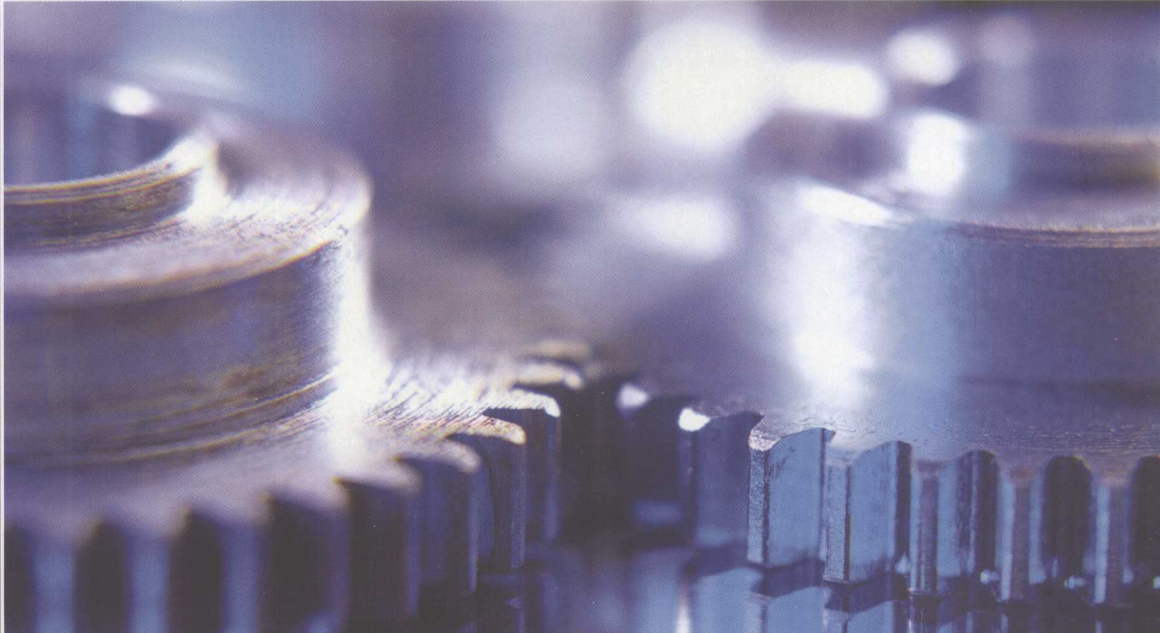




高等学校应用型特色规划教材

GAODENGXUEXIAOYINGYONGXINGTESEGUIHUAJIAOCAI



塑料成型工艺 与模具设计

孙玲 主编
许琳 李绅元 副主编
王家宣 主审

赠送
电子课件



清华大学出版社

高等学校应用型特色规划教材

塑料成型工艺与模具设计

孙 玲 主 编

许 琳 李绅元 副主编

王家宣 主 审

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书内容包括3篇,16章。第1篇为塑料成型基础知识(包括第1~3章),内容有塑料概论、塑料成型理论基础、塑料制件设计,此篇所介绍的基础理论知识的涉及面、深度与广度以实用、够用为度。第2篇为注射成型工艺及模具设计(包括第4~12章),内容包括注射成型原理、工艺及设备,注射模概述,注射模浇注系统、成型零部件、导向及脱模机构、侧向分型与抽芯机构、温度调节系统设计,注射模设计举例及材料选用,注射成型及模具新技术应用,此篇为全书的重点详述部分。而且还特别加大了新技术应用内容的介绍篇幅与力度。第3篇为压缩、压注、挤出等其他塑料成型及模具设计(包括第13~16章),内容除了介绍压缩、压注、挤出成型及模具设计外还介绍了中空吹塑、气动、发泡成型及模具设计,此篇是在与注射成型方法及模具相比较的基础上以特点、要点的精简方式展开介绍其他成型方法及模具。各章均配有精选的思考题。附录作为对全书相关章节资料的补充和扩展,为读者提供了必要的设计相关资料和成型生产现场解决制品缺陷的相应措施。

本书可作为材料成型及控制工程(模具设计与制造)、高分子材料与工程等专业学生的教材,也可供从事塑料成型加工及模具设计的相关技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

塑料成型工艺与模具设计/孙玲主编;许琳,李绅元副主编;王家宣主审.—北京:清华大学出版社,2008.2
(高等学校应用型特色规划教材)

ISBN 978-7-302-16538-5

I. 塑… II. ①孙… ②许… ③李… ④王… III. ①金属压力加工—塑性变形—生产工艺—高等学校—教材 ②金属压力加工—模具—设计—高等学校—教材 IV. TG3

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第183598号

责任编辑:刘天飞 桑任松

封面设计:杨玉兰

版式设计:北京东方人华科技有限公司

责任校对:马素伟

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦A座

<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社总机:010-62770175 邮购热线:010-62786544

投稿咨询:010-62772015 客户服务:010-62776969

印装者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:28 字 数:675千字

版 次:2008年2月第1版 印 次:2008年2月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:39.50元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:014265-01

前 言

自 20 世纪 90 年代以来,我国的高等工科教育为适应人才市场需求,在教学实施过程中逐步形成了人才培养模式的基本特征,即:①以培养适应生产、管理第一线需要的高等技术应用性人才为根本任务;②以社会需求为目标,技术应用能力的培养为主线构建教学体系和培养方案;③专业课程加强针对性和实用性,基础理论教学以应用为目的,以必需、够用为度;④加大以培养学生技术应用能力为目的的实践教学环节的教育力度。为立足于上述不断发展的教学和实践需求,我们特别组织了教学一线的教师和生产一线的工程师,在总结多年教学实践经验和生产实践经验的基础上,并参照普通高等院校材料成型及控制工程专业(模具设计与制造专业)的教学大纲编写了这本教材,书中内容丰富、翔实,强调实用,重视新技术,个别章节有独到新颖之处,整体布局与取材上力求理论与实践的紧密结合,且努力着重于技术运用能力的培养。

本书由南昌大学骆耕生教授编写第 5 章、第 10 章,南昌大学李绅元高工编写第 4 章、第 13 章、第 14 章,南昌大学许琳教授编写第 1 章、第 2 章、第 3 章,南昌大学孙玲副教授编写绪论和第 12 章的 12.2 节、12.3 节、12.4 节、12.5 节,江西省机械研究所涂常新高工(现任江西蓝天学院副教授)编写第 6 章、第 7 章和第 15 章、第 16 章,东华理工大学张达响副教授编写第 8 章、第 9 章、第 11 章,鸿准精密模具有限公司肖翔工程师与孙玲编写第 12.6 节,涂常新、孙玲编写第 12.1 节,李绅元、张达响、孙玲编写附录,南昌大学黄兴元教授、清华泰豪有限公司周爱娇高工绘制并审核了部分插图。全书由南昌大学孙玲副教授统稿、定稿,南昌航空大学王家宣教授主审,南昌大学辛勇教授兼任学术顾问。

本书在编写、出版过程中得到了华东交通大学李淑楨教授、富士康电脑接插件有限公司杜小波等同志,以及清华大学出版社、南昌大学等单位的大力支持与帮助,在此一并表示最诚挚的感谢。

由于受个人水平和知识范围所限,书中难免有错误和疏漏之处,恳请读者批评指正。

孙玲等

目 录

绪论.....	1	0.3 塑料成型模具及其地位.....	3
0.1 塑料及塑料工业发展概况.....	1	0.4 塑料成型技术的发展趋势.....	4
0.2 塑料工业体系及塑料成型在塑料工业中的地位.....	2	0.5 本课程的学习目的和要求.....	6

第 1 篇 塑料成型基础知识

第 1 章 塑料概论.....	7	2.5.1 聚合物的降解.....	33
1.1 塑料的来源.....	7	2.5.2 聚合物的交联.....	34
1.2 塑料的组成.....	8	2.6 塑料的成型工艺性能.....	35
1.2.1 合成树脂.....	8	2.6.1 收缩性.....	35
1.2.2 添加剂.....	8	2.6.2 流动性.....	36
1.3 塑料的分类.....	10	2.6.3 结晶性.....	38
1.3.1 根据塑料中树脂分子结构及热性能分类.....	10	2.6.4 热敏性和水敏性.....	39
1.3.2 根据塑料的用途分类.....	11	2.6.5 应力开裂与熔体破裂.....	39
1.4 塑料的优缺点.....	11	2.6.6 热性能.....	39
思考题.....	13	2.6.7 吸湿性和粘水性.....	40
第 2 章 塑料成型理论基础.....	14	2.6.8 比容与压缩率.....	40
2.1 聚合物的分子结构及热力学性能.....	14	2.6.9 硬化速度.....	40
2.1.1 聚合物的分子结构.....	14	2.7 常用塑料的性能及应用.....	40
2.1.2 聚合物的热力学曲线及加工适应性.....	15	2.7.1 热塑性塑料.....	41
2.2 聚合物的流变学性质.....	17	2.7.2 热固性塑料.....	49
2.2.1 牛顿流动规律.....	17	思考题.....	50
2.2.2 指数流动规律和表观黏度.....	19	第 3 章 塑料制件设计.....	51
2.3 聚合物熔体的弹性.....	24	3.1 塑料制件的尺寸和精度.....	51
2.3.1 末端效应.....	24	3.1.1 塑件的尺寸.....	51
2.3.2 失稳流动和熔体破裂.....	26	3.1.2 塑件的尺寸精度.....	53
2.4 塑料成型过程中聚合物的物理变化.....	27	3.2 塑料制件的表面质量.....	55
2.4.1 聚合物的结晶.....	27	3.2.1 塑件表面粗糙度.....	55
2.4.2 聚合物的取向.....	29	3.2.2 塑件表观质量.....	55
2.4.3 残余应力.....	32	3.2.3 塑料制件的结构设计.....	55
2.5 塑料成型过程中聚合物的化学变化.....	32	3.3 塑件的壁.....	56
		3.3.1 壁的脱模斜度.....	56

3.3.3 壁为加强及防变形结构.....	57	3.6 嵌件.....	65
3.4 塑件的孔及侧凹.....	60	3.7 其他.....	68
3.4.1 通孔.....	61	3.7.1 齿轮.....	68
3.4.2 盲孔.....	61	3.7.2 铰链.....	70
3.4.3 异形孔.....	61	3.7.3 标记、符号.....	70
3.4.4 侧孔、侧凹.....	62	3.7.4 表面装饰.....	71
3.5 塑件螺纹设计.....	63	思考题.....	71

第2篇 注射成型工艺及模具设计

第4章 注射成型原理、工艺及设备.....	72	4.5.2 各种热塑性塑料的注射 工艺参数.....	96
4.1 注射成型原理及其工艺特点.....	72	4.6 注射机的辅机及辅助设施.....	96
4.1.1 注射成型原理、特点及应用....	72	4.6.1 干燥机.....	97
4.1.2 注射成型工艺过程.....	73	4.6.2 模温控制机.....	98
4.2 注射成型设备.....	78	4.6.3 模温速冷机.....	99
4.2.1 注射机分类.....	78	思考题.....	99
4.2.2 注射机的基本结构.....	80	第5章 注射模概述.....	100
4.2.3 注射机的主要技术参数 及型号规格.....	83	5.1 注射模的基本结构.....	100
4.2.4 如何选用注射机.....	84	5.1.1 注射模的结构组成.....	100
4.2.5 一般注射机的操作要点.....	85	5.1.2 注射模的分类.....	102
4.3 注射成型工艺条件的选择与控制.....	87	5.2 注射模与注射机的关系.....	109
4.3.1 温度.....	87	5.2.1 注射量的校核.....	109
4.3.2 压力.....	88	5.2.2 注射压力的校核.....	109
4.3.3 成型周期.....	90	5.2.3 塑件在分型面上的投影面积 和锁模力的校核.....	110
4.4 几种常用热塑性塑料注射成型特点....	91	5.2.4 安装尺寸的校核.....	110
4.4.1 聚乙烯(PE).....	91	5.2.5 开模行程的校核.....	112
4.4.2 聚氯乙烯(PVC).....	91	5.2.6 顶出装置的校核.....	113
4.4.3 聚丙烯(PP).....	91	思考题.....	114
4.4.4 聚苯乙烯(PS).....	92	第6章 注射模浇注系统.....	115
4.4.5 ABS.....	92	6.1 普通通道浇注系统.....	115
4.4.6 聚碳酸酯(PC).....	92	6.1.1 型腔总体布局.....	115
4.4.7 聚酰胺(PA).....	92	6.1.2 浇注系统的组成及其设计 原则.....	122
4.4.8 聚酯.....	93	6.1.3 主流道的设计.....	124
4.4.9 聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA).....	93	6.1.4 分流道的设计.....	126
4.4.10 聚甲醛(POM).....	93	6.1.5 冷料穴的设计.....	128
4.5 典型注射制品的工艺条件与各种 塑料的注射工艺参数.....	94		
4.5.1 典型注射制品的工艺条件.....	94		

6.1.6 浇口的设计.....	131	8.2.7 带螺纹塑件的脱模机构	195
6.2 浇注系统的平衡.....	140	8.2.8 浇注系统凝料的脱模机构	199
6.2.1 相同塑件多型腔模具的浇口 平衡.....	141	思考题.....	202
6.2.2 不同塑件多型腔模具的浇口 平衡.....	141	第9章 侧向分型与抽芯机构设计	203
6.3 排溢系统的设计.....	141	9.1 概述.....	203
思考题.....	142	9.1.1 侧向分型与抽芯机构的 分类	203
第7章 注射模成型零部件设计	145	9.1.2 抽芯距确定与抽芯力计算	204
7.1 成型零部件的结构设计.....	145	9.2 斜导柱侧向分型与抽芯机构.....	204
7.1.1 凹模.....	145	9.2.1 斜导柱侧向分型与抽芯机构 设计	204
7.1.2 凸模.....	147	9.2.2 斜导柱侧向分型抽芯的应用 形式	218
7.1.3 凸凹模.....	148	9.3 弯销侧向分型与抽芯机构.....	223
7.1.4 螺纹型芯和螺纹型环.....	149	9.3.1 弯销侧向分型与抽芯机构的 结构特点	224
7.2 成型零部件工作尺寸的计算.....	151	9.3.2 弯销在模具上的安装方式	224
7.2.1 平均值法.....	151	9.4 斜导槽侧向分型与抽芯机构.....	225
7.2.2 公差带法.....	155	9.5 斜滑块侧向分型与抽芯机构.....	227
7.2.3 螺纹型环和螺纹型芯工作 尺寸的计算.....	160	9.5.1 斜滑块侧向分型与抽芯机构的 工作原理及其类型	227
7.3 模具型腔侧壁和底板厚度的计算.....	161	9.5.2 斜滑块的组合与导滑形式	229
7.3.1 矩形型腔结构尺寸计算.....	162	9.5.3 斜滑块侧向分型与抽芯机构 设计要点	230
7.3.2 圆形型腔结构尺寸的计算.....	167	9.6 齿轮齿条侧向抽芯机构.....	232
思考题.....	169	9.6.1 传动齿条固定在定模一侧	232
第8章 注射模的导向及脱模机构 设计	170	9.6.2 传动齿条固定在动模一侧	234
8.1 导向机构设计.....	170	9.7 其他侧向分型与抽芯机构.....	234
8.1.1 导向机构的作用与分类.....	170	9.7.1 弹性元件侧抽芯机构	234
8.1.2 导柱导向机构.....	170	9.7.2 液压或气动侧抽芯机构	235
8.1.3 锥面定位机构.....	173	9.7.3 手动侧向分型与抽芯机构	236
8.1.4 导向机构的应用.....	174	思考题.....	238
8.2 脱模机构设计.....	174	第10章 注射模温度调节系统	239
8.2.1 概述.....	174	10.1 温度调节的重要性.....	239
8.2.2 简单脱模机构.....	176	10.1.1 温度调节对塑件质量的 影响	239
8.2.3 二级脱模机构.....	183	10.1.2 温度调节对生产效率的	
8.2.4 脱模机构的导向与复位.....	188		
8.2.5 动、定模双向脱模机构.....	192		
8.2.6 顺序脱模机构.....	193		

影响.....	240	11.4.3 塑料模具主要构件的材料 ...	272
10.2 冷却系统计算原则.....	240	11.4.4 塑料模具工作零件的常用	
10.3 冷却系统的设计计算.....	243	材料	273
10.3.1 冷却时间的计算.....	243	思考题.....	273
10.3.2 冷却水道传热面积及水道		第 12 章 注射成型及模具新技术	
数目的计算.....	246	应用	274
10.4 冷却回路的形式.....	249	12.1 无流道注射成型及模具.....	274
10.4.1 型腔冷却回路.....	249	12.1.1 绝热流道注射模具	274
10.4.2 凸模(型芯)冷却回路	251	12.1.2 半绝热流道注射模	278
10.5 模具的加热装置.....	253	12.1.3 加热流道模具	278
思考题.....	254	12.1.4 大型塑件热流道模具注意	
第 11 章 注射模设计举例及材料		事项	280
选用	255	12.1.5 延伸喷嘴及二级喷嘴	281
11.1 注射模设计程序.....	255	12.2 热固性塑料注射成型工艺及模具... 284	
11.1.1 设计前应明确的事项.....	255	12.2.1 发展概况	284
11.1.2 模具的结构设计.....	257	12.2.2 热固性塑料注射成型原理	
11.1.3 确定模具的概略尺寸.....	259	及工艺	285
11.1.4 绘制模具装配图和非标准		12.2.3 热固性塑料注塑模设计	
零件图.....	260	要点	290
11.1.5 校对、审图后用计算机		12.2.4 热固性塑料无流道注射模 ... 298	
出图.....	260	12.2.5 热固性塑料无流道注压	
11.2 注射模设计实例 1.....	260	成型	300
11.2.1 设计前数据的收集.....	261	12.3 精密注射成型及模具设计.....	302
11.2.2 注射模的结构设计.....	262	12.3.1 精密注射成型制品精度	
11.2.3 模具设计的有关计算.....	265	确定	302
11.2.4 模具加热和冷却系统的		12.3.2 精密注射成型对塑料原料的	
计算.....	268	要求	303
11.2.5 模具闭合高度的确定.....	268	12.3.3 精密注射成型对注射机的	
11.2.6 注射机有关参数的校核.....	268	要求	303
11.2.7 绘制模具总装图和非标零件		12.3.4 精密注射成型工艺特点	304
工作图.....	268	12.3.5 精密注射模具设计要点	304
11.3 注射模设计实例 2.....	269	12.3.6 精密注射模具加工要点	307
11.3.1 设计前数据的收集.....	269	12.4 共注射成型及模具设计.....	309
11.3.2 模具结构设计.....	269	12.4.1 双清色注射成型及模具	309
11.3.3 模具装配图绘制.....	270	12.4.2 双层注射成型及模具	310
11.4 模具零件材料的选用.....	270	12.4.3 混色注射成型及模具	311
11.4.1 模具选材的一般原则.....	270	12.4.4 共注射成型工艺特点	313
11.4.2 模具选材的具体考虑因素... 271		12.5 气体辅助注射成型及模具.....	313

12.5.1 气体辅助成型原理.....	314	12.6.1 CAD/CAE/CAM 技术内容 与应用	324
12.5.2 气体辅助成型工艺.....	314	12.6.2 常用 CAD/CAE/CAM 软件	328
12.5.3 气体辅助注射成型设备.....	318	12.6.3 CAD/CAE/CAM 软件在 注射模设计加工中的应用 实例	333
12.5.4 气体辅助注射的注气嘴 结构设计.....	319	思考题.....	338
12.5.5 气辅塑件设计要点.....	322		
12.5.6 气辅模具设计与制造.....	323		
12.6 CAD/CAE/CAM 技术在注塑 工程中的应用.....	324		

第 3 篇 压缩、压注、挤出等其他塑料成型及模具设计

第 13 章 压缩成型及模具设计	339	和工艺条件	368
13.1 压缩成型原理与工艺.....	339	14.2 压注模设计.....	369
13.1.1 压缩成型原理和特点.....	339	14.2.1 压注模类型	370
13.1.2 压缩成型工艺过程.....	340	14.2.2 压注模结构设计	372
13.1.3 压缩成型工艺条件的选择.....	342	思考题.....	381
13.2 压缩模的结构与分类.....	343	第 15 章 挤出成型及模具设计	382
13.2.1 压缩模的结构.....	343	15.1 挤出成型原理与工艺.....	382
13.2.2 压缩模的分类.....	345	15.1.1 挤出成型原理	382
13.2.3 选用压缩模结构.....	347	15.1.2 挤出成型工艺过程	382
13.3 压缩模与压力机的关系.....	347	15.1.3 挤出成型工艺参数	383
13.3.1 压力机的分类.....	347	15.2 挤出模具设计.....	383
13.3.2 压力机的主要技术参数.....	348	15.2.1 挤出成型机头分类和设计 原则	383
13.3.3 液压机技术参数的校核.....	349	15.2.2 管材挤出成型机头设计	384
13.4 压缩模的设计.....	352	15.2.3 棒材挤出成型机头设计	389
13.4.1 塑料在模具内加压方向的 确定.....	352	15.2.4 吹塑薄膜机头设计	391
13.4.2 凸、凹模的配合形式.....	353	15.2.5 板材、片材挤出成型机头	391
13.4.3 凹模加料腔尺寸的计算.....	357	15.2.6 异型材挤出成型机头	393
13.4.4 压缩模脱模机构设计.....	360	15.2.7 电线电缆挤出成型机头	394
13.4.5 压缩模的侧向分型抽芯 机构.....	364	思考题.....	395
思考题.....	366	第 16 章 气动、发泡成型工艺与模具 设计.....	396
第 14 章 压注成型及模具设计	367	16.1 中空吹塑成型工艺与模具设计.....	396
14.1 压注成型原理与工艺.....	367	16.1.1 中空吹塑成型模具的分类、 特点及成型工艺	396
14.1.1 压注成型原理和特点.....	367	16.1.2 吹塑成型的工艺参数	396
14.1.2 压注成型的工艺过程			

16.1.3 中空塑件的设计.....	397	附录 C 部分国产热塑性塑料(通用型) 注塑机规格.....	409
16.1.4 中空吹塑设备.....	397	附录 D 各种热塑性塑料的注射工艺 参数.....	410
16.1.5 吹塑模具设计要点.....	398	附录 E 热塑性塑料注射成型塑件缺陷 及分析.....	413
16.2 真空成型工艺与模具设计.....	399	附录 F 热固性塑料压缩成型缺陷 及分析.....	417
16.2.1 真空成型的特点及成型 工艺.....	399	附录 G 热固性塑料压注成型缺陷 及分析.....	419
16.2.2 真空成型塑件设计.....	400	附录 H 塑料模具工作零件的常用材料 特性及用途.....	420
16.2.3 真空成型模具设计.....	400	附录 I 热塑性塑料注射机锁模机构 与装模尺寸.....	429
16.3 压缩空气成型工艺与模具设计.....	401	附录 J 塑料模具零件公差等级数值表 (GB1800—79).....	434
16.3.1 压缩空气成型特点及成型 工艺.....	401	参考文献.....	436
16.3.2 模具设计要点.....	402		
16.4 泡沫塑料成型工艺及模具设计.....	402		
16.4.1 可发性聚苯乙烯的制备.....	402		
16.4.2 泡沫聚苯乙烯的成型工艺.....	403		
16.4.3 泡沫塑料成型模具.....	403		
思考题.....	404		
附录 A 塑料名称及缩写代号 (GB/T1844—1995)和俗称.....	405		
附录 B 常用热塑性塑料的重要性能 参数.....	408		

绪 论

塑料是以树脂为主要成分的高分子有机化合物，简称高聚物。在三大高分子材料中，塑料是用量最大的一类材料，目前世界高分子材料的年产量中，塑料(也称合成树脂)约 1.5 亿吨，合成纤维约 0.3 亿吨，合成橡胶约 0.1 亿吨，

现今人类使用的四大工业基础材料分别为木材、水泥、钢铁、塑料，其中塑料是 20 世纪才发展起来的一大类新材料。塑料因其材料本身易得、性能优越，加工方便，而被广泛应用于机械工业(特别是汽车、摩托车工业)、电子工业(特别是家电工业)、航空工业、医疗器械、化工机械、包装工业、日常用品工业等领域，并日益显示出其巨大的优越性和发展潜力。

塑料工业是发展历史短但发展速度惊人的新兴工业之一，同时又是一个伴随着石油工业的发展而迅速发展的领域。

0.1 塑料及塑料工业发展概况

相对机械工业而言，塑料工业是一门新兴工业。

在近百年的发展历程中，世界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 20 年代以前，主要是发展和利用热固性塑料。1868 年硝酸纤维素产生，1877 年人工合成酚醛树脂，1920 年氨基塑料产生。原料的发展经历了天然树脂——改性天然树脂——人工合成树脂完整过程。酚醛塑料和氨基塑料在当时的电器和仪器制造业上得到广泛应用，不过，这一阶段的工业化特征仅是间歇法、小批量生产。

2. 发展阶段

20 世纪 20 年代至 50 年代初，逐步发展热塑性塑料。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，为塑料工业的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。高密度聚乙烯和聚丙烯相继工业化生产。工程塑料也因聚碳酸酯、聚甲醛和聚酰亚胺等的相继出现且工业化生产，使得塑料向耐高温的结构件领域发展。增强及复合材料的出现进一步使塑料步入高强度、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，原材料价格猛涨，塑料的增长速度平稳。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，生产技术也更加日趋合理。塑料工业向着生产工艺自动化、连续化和产品系列化以及不断开拓功能性塑料的新领域发展。

相对世界塑料工业发展而言，我国的塑料工业则起步较晚，新中国成立之前基本是一个空白点，仅能生产少量酚醛和氨基塑料制品，而且原料主要依靠进口。新中国成立之后，我国塑料工业从无到有，从小到大，特别是改革开放政策的实施使得我国塑料工业的发展突飞猛进，塑料原料的生产也大为改观，尤其是1988年以来，我国大庆、齐鲁、扬子三套30万吨乙烯工程引进装置的陆续投产，使得聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯等热塑性塑料大幅度增加。据最新资料统计，目前塑料产量我国位居世界第五，塑料制品产品位居世界第二。

0.2 塑料工业体系及塑料成型在塑料工业中的地位

1. 塑料工业生产流程

塑料工业包含塑料生产和塑料制品生产两大部分，塑料生产是指树脂或塑料制件原材料的生产，通常由树脂厂来完成。塑料制件生产(即塑料成型加工)是根据塑料性能，利用各种成型加工手段，使其成为具有一定形状和使用价值的物件或定型材料的过程。没有塑料生产，就没有塑料制品生产，而没有塑料制品生产，塑料就不能变成产品或生活资料。两者之间是一种密切的、相互依存的关系。在塑料工业生产中，从原料到塑料，又从塑料到塑料制品的生产流程如图0.1所示。图中[1]和[2]两部分属于塑料生产部门，[3]部分属于塑料制品生产部门。但在大型的塑料制品生产工厂中，为了生产方便，往往也将[2]部分归入自己的生产范围，以满足对塑料配制上的多样性要求。

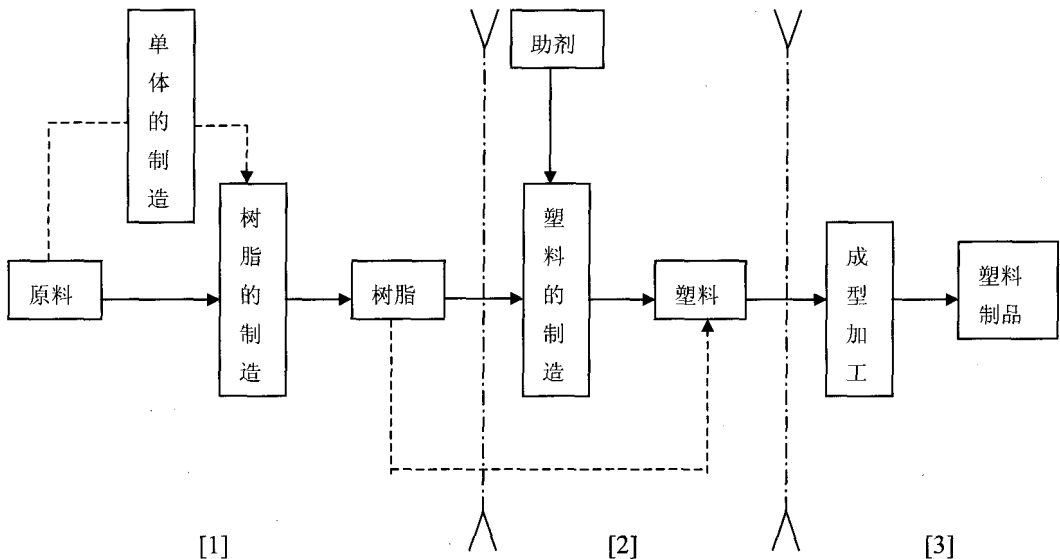


图 0.1 塑料工业生产流程

2. 塑料制品生产

塑料制品生产主要包括成型、机械加工、修饰和装配4个生产过程，如图0.2所示。

其中的成型是将各种形态的塑料，制成所需形状的制品或型坯的过程，它是塑料制品生产中最重要且必不可少的过程，称为一次加工，其他三个过程统称为二次加工，视制品要求而取舍，处于次要地位。因此，可以说塑料的成型在塑料制品生产乃至塑料工业中占有重要的地位。

0.3 塑料成型模具及其地位

所谓模具，就是利用其特定的形状去成型具有一定形状和尺寸制品的工具。

所谓塑料模具，就是利用其本身特定密闭腔体去成型具有一定形状和尺寸的立体形状塑料制品的工具。从前面所述，塑料成型方法种类繁多，但不管哪一种成型都离不开模具，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。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、通信和轻工业等各行业的产品零件中，有70%以上是采用模具加工而成的，例如：一个型号的汽车，所需模具达几千副，价值上亿元。汽车换型时约有80%的模具需要更换，而且汽车换型时间不断缩短，轿车一般2~3年，轻型车3~4年，其他车型4~6年。又如：一个型号的摩托车需模具近1000副，价值1000多万元。而摩托车换型的时间更短。工业先进的发达国家，其模具工业年产值早已超过机床行业的产值，模具设计水平的高低、模具制造力量的强弱、直接影响着新产品的开发和老产品的更新换代，可以说模具就是产品质量，模具就是经济效益。

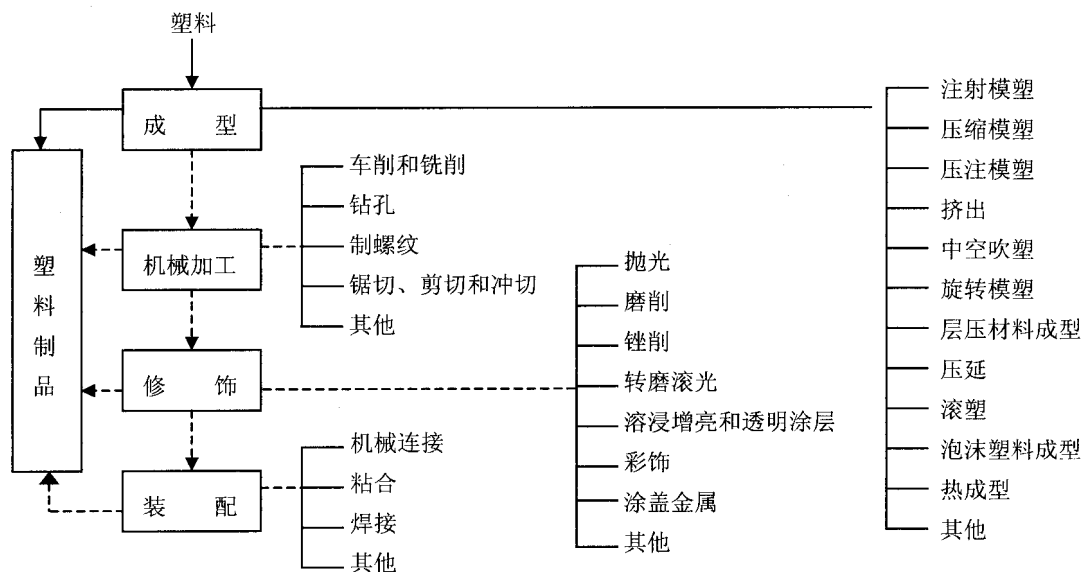


图 0.2 塑料制品生产过程

在模具工业中，随着塑料成型工业的发展，塑料模具已处于同冲压模具并驾齐驱的地位。日本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%。在韩国的全国模具专业厂中，生产塑料模的占43.9%，生产冲压模的占44.8%。新加坡的460家企业，

60%生产塑料模, 35%生产冲模和夹具。另外, 在我国的香港、深圳、江浙等地, 其模具工业主要是从事塑料模具的制造和塑料制件的生产。

近年来, 我国各行各业对模具工业的发展十分重视。1989年国务院把模具列为机械工业技术改造序列的第一位, 1997年以后, 又把模具及模具加工技术和成型设备列入国家重点发展产业, 同时对80多家国有专业模具厂实行增值税返还70%的优惠政策, 这一系列举措已确定了模具工业在国民经济中应有的重要地位, 同时也提出了振兴模具工业的主要任务便是尽快提高我国模具工业的整体技术水平, 并迎头赶上发达国家的模具技术水平。

0.4 塑料成型技术的发展趋势

随着工业产量应用范围的不断扩大, 对塑料制件在数量、质量、精度等方面均提出了越来越高的要求, 并促使塑料成型技术不断向前发展。目前, 塑料成型技术的发展趋势主要归纳为以下几个方面。

1. 成型理论研究

深入研究掌握塑料成型理论和工艺, 加深对塑料成型过程中所发生的物理、化学变化及力学行为、流动规律的认识, 借以改进生产技术、方法和设备, 推动模具设计由经验设计逐渐向理论设计方面发展, 这些理论设计包括模板刚度、强度的计算和充型流动理论。到目前为止, 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, 今后的工作是进一步加强对塑料熔体在三维模腔中流动行为的研究。

2. 改革创新成型工艺

为适应新型塑料制件的要求及提高塑件质量和生产率需要, 新的塑料成型工艺不断涌现, 如多种塑料共注射成型、多种工艺复合模塑成型, 无流道注射成型、低发泡注射成型、反应注射成型和气辅、水辅注射成型等。例如采用热流道技术的模具可提高制件的生产率和质量, 并能大幅度节省塑料制件的原材料和节约能源, 广泛应用这项技术是塑料模具的一大变革; 另外气体辅助注射成型可在保证产品质量的前提下, 大幅度降低成本, 目前在汽车和家电行业中正逐步推广使用, 气体辅助注射成型比传统的普通注射工艺有更多的工艺参数需要确定和控制, 而且常用于较复杂的大型制品, 模具设计和控制的难度较大, 因此, 开发气体辅助成型流动分析软件, 显得十分重要; 再就是为了确保塑料件精度, 继续研究开发高压注射成型工艺与模具也非常重要。

3. 发展模具新结构、新材料和新工艺

重点开发精密、复杂、大型、微型、高效、高光、长寿命模具, 以满足塑料制件精密化、微型化和大型化的要求, 发展多腔、多层、多工位模具, 发展多功能模具、组合模具。应用优质材料和先进的表面处理技术对于提高模具寿命和质量显得十分必要。开发快速经济模具, 以适应多品种、少批量的生产方式。革新模具加工技术, 提高模具制造精度, 缩短制造周期, 在模具型腔加工中广泛应用高精度、高效率、自动化机床, 如仿形、数控、电加工、微机控制机床以及坐标镗、坐标磨等精密加工设备。此外, 精密铸造、冷挤压、超塑成型、电铸等工艺的采用, 已使型腔加工工艺获得了重大进展。

4. 积极发展CAD/CAE/CAM在模具设计制造中的应用

塑料流变学、几何造型技术、数控加工以及计算机技术突飞猛进,为塑料模具CAD/CAE/CAM系统的开发创造了条件。目前国内外广泛进行塑料模具CAD/CAE/CAM的技术研究开发工作,陆续推出Pro/E、UG等相关软件系统并在生产中获得应用,从注射产品开发、模具设计到数控加工数据的生成,并预测成型工艺及模具结构等有关参数的正确性。例如采用熔体流动模拟软件Moldflow来分析塑料熔体在模具型腔内的流动过程,以此改进浇注系统乃至模具的设计,提高一次试模的成功率。采用应力分析软件可以预测塑件出模后的变形或翘曲程度等,目前CAD/CAM技术已发展成为一项比较成熟的共性技术,基于网络的CAD/CAM/CAE一体化系统结构初见端倪,其将解决传统混合型CAD/CAM系统无法满足实际生产过程分工协作要求的问题;CAD/CAM软件的智能化程度将逐步提高;塑料制件及模具的三维设计与成型过程的三维分析将在我国塑料模具工业中发挥越来越重要的作用。此外,采用三坐标测量仪实现逆向工程也是塑料模具CAD/CAM的关键技术之一。

5. 加速模具零部件标准化和专业化

实践证明:标准化和专业化是缩短模具设计制造周期,降低模具成本行之有效的途径,同时也可作为计算机辅助设计与制造创造有利条件。各工业化国家对模具标准化和专业化生产均十分重视,美国和日本模具标准化程度已达80%,而我国40%,模具专业化生产程度美国和日本分别达90%和70%,而我国为30%。可见,我国模具标准件水平和模具标准化程度仍较低,在一定程度上制约着我国模具工业的发展,为提高模具质量和降低模具制造成本,模具标准件的应用要大力推广。为此,首先要制订统一的国家标准,并严格按标准生产;其次要逐步形成规模生产,提高商品化程度、提高标准件质量、降低成本;再次是要进一步增加标准件的规格品种。

0.5 本课程的学习目的和要求

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。虽然塑料制件的质量与许多因素有关,但合格的塑料制件首先取决于模具的设计与制造的质量,其次取决于合理的成型工艺。世界上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”被列为材料成型及控制工程(模具设计与制造)、高分子材料成型等专业的主要课程之一。

本课程包括塑料成型工艺与塑料成型模具设计两大内容。根据专业的特点,侧重于模具设计方面。通过本课程的学习,要求达到以下目的:

(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、分类及其性能与选用。

(2) 了解塑料成型基本原理和工艺特点,正确分析成型工艺对模具的要求,具有编制成型工艺卡能力。

(3) 具有开发和设计中复杂程度的塑料制件的能力。

(4) 能掌握各种成型设备对各类模具的要求。掌握各类成型模具的结构特点及设计计算方法，能独立设计中复杂程度的模具。

(5) 具有初步分析、解决成型现场技术问题的能力，包括具有初步分析制品成型缺陷产生的原因和提出解决办法的能力。

本课程中的主要内容是在生产实践中逐步总结和丰富起来的，因此学习本课程除重视其中必要的成型工艺原理和模具设计原理外，应特别注重理论联系实际，并配合必要的现场教学、实验、实习、课程设计和毕业设计等教学环节。

本课程与机械制图、公差配合、工程力学、模具制造等课程关系紧密，是专业基础内容的综合应用。

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地创新，我们在学习成型工艺与模具设计的同时，还应注意了解塑料成型与模具的新工艺、新材料和新技术的发展动态，不断学习和掌握新知识，努力为振兴我国的塑料成型加工工业而作出应有的贡献。

第1篇 塑料成型基础知识

本篇简介了塑料组成与类别等概论知识；重点阐述了在塑料成型过程中聚合物的流变规律、物理变化和化学变化以及塑料成型工艺性能等成型理论；详细介绍了塑件制作的尺寸、精度确定和结构设计的一般性原则。

第1章 塑料概论

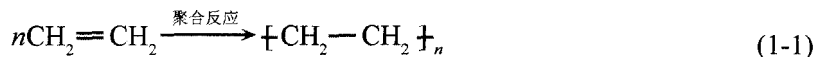
塑料是以树脂为主要成分，在一定的温度和压力下可塑制成一定形状，并在常温下能保持既定形状的材料。

1.1 塑料的来源

塑料的主要成分是树脂，分天然树脂和合成树脂两大类。树脂最早是指树木中分泌的脂物，如松香就是从松树的乳液状分泌物松脂中分离出来的；后来，从热带昆虫的分泌物中提取树脂，如虫胶；有的树脂还可以从石油中得到，如沥青，这些都属于天然树脂。其特点是无明显的熔点，受热后逐渐软化，可溶解于有机溶剂，不溶解于水。

随着生产发展，天然树脂不仅在数量上而且在质量上都远远不能满足需要，于是人们根据天然树脂的分子结构和特性，应用人工方法制造出了合成树脂。合成树脂又称聚合物或高聚物，简称树脂。合成树脂最重要的应用是制造塑料。

合成树脂的制造方法主要是根据有机化学中的两种反应：加聚反应和缩聚反应。加聚反应是将两种(或两种以上)低分子单体(如从煤和石油中得到的乙烯、苯乙烯、甲醛等的分子)化合成高分子聚合物的化学反应，在此反应过程中没有低分子物质析出。这种反应既可在同一种物质的分子间进行，如聚乙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯等。也可以在不同物质的分子之间进行，如ABS。聚乙烯是由许多个乙烯单体分子经过聚合反应后生成的，其反应式如下



式中： $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ 是乙烯单体； $\text{+CH}_2-\text{CH}_2\text{+}_n$ 是聚乙烯，将其展开得到 $\sim\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\cdots-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\sim$ ，端基只占高分子中很少一部分，可略去不计，其中 $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ 是结构单元，也是重复结构单元(简称重复单元)。重复单元连接成的线型高分子类似一条链子，故也可将其称做链节。 n 代表重复单元数，称为链节数或者聚合度。

缩聚反应也是将相同的或不同的低分子单体化合成高分子聚合物的化学反应，但是在此反应过程中有低分子物质(如水、氨、氯化氢等)析出。如聚酰胺树脂、酚醛树脂、聚酯树脂等。聚己二酰己二胺(尼龙-66)是由单体己二胺和己二酸经过聚合反应而生成的，其反