

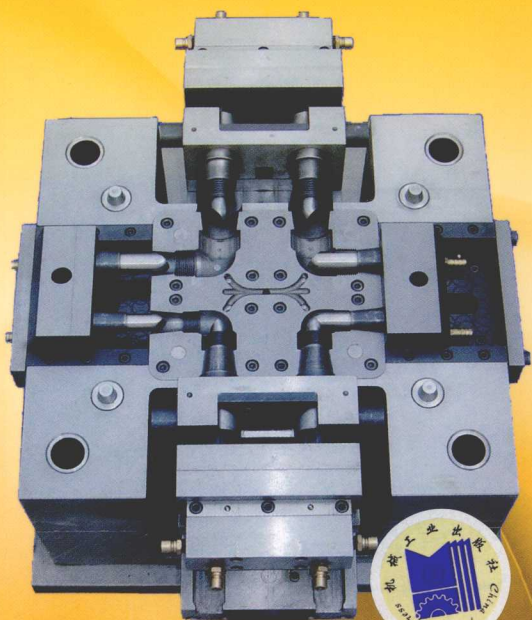


模具职业技能培训系列教程

丛书主编 王浩钢

塑料成型工艺 与模具设计

主编 王德俊



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



模具职业技能培训系列教程

丛书主编 王浩钢

塑料成型工艺与模具设计

主 编 王德俊

副主编 杨晓红 李晓东 王亚辉



机械工业出版社

本书以塑料成型工艺与模具设计原理为主线,对传统的教学内容进行了重组和整合,将塑料成型工艺及模具设计的内容有机结合起来。本书内容注重工艺原理的实际应用,充实了大量现代塑料模具设计与制造方面的先进技术,并增加了很多与塑料模具生产技术紧密结合的实例。

本书可供高职高专院校模具设计与制造、机械制造及自动化、机电一体化、数控技术等专业师生作教材,也可供工厂企业、科研院所等有关的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

塑料成型工艺与模具设计/王德俊主编. —北京:机械工业出版社, 2009. 8

(模具职业技能培训系列教程/王浩钢丛书主编)

ISBN 978-7-111-27088-1

I. 塑… II. 王… III. ①塑料成型—工艺—技术培训—教材②塑料模具—设计—技术培训—教材 IV. TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 113240 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:高依楠

版式设计:张世琴 责任校对:刘志文

封面设计:鞠 杨 责任印制:李 妍

北京铭成印刷有限公司印刷

2009 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 27.5 印张 · 534 千字

0001—4000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-27088-1

定价:36.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379732

封面无防伪标均为盗版

丛书序言

对于模具行业业内人士这样评价：“模具是工业之母”，足见模具行业在国民经济和制造业中占据着非常重要的地位。模具技术水平的高低，是衡量制造业水平高低的重要标志。模具在很大程度上决定着产品的质量、效益和开发能力。我国模具行业一直保持着良好的发展势头，“模具城”、“模具园区”、“模具生产基地”等各种集群生产形式在全国迅速发展，自主创新能力和模具技术含量不断提高，“十一五”期间，国家将继续大力支持我国模具工业的发展。

模具在我们的生活中无处不在，从日用小家电，到交通工具，其制作均源于一系列大小模具。近年来，我国模具行业从业人员队伍发展迅速，但仍然跟不上行业高速发展的需求，模具人才紧缺问题日益突出，培养一大批各种层次的优秀模具人才，已成为中国模具企业提高竞争力的必然。模具专业人才主要从事模具设计、模具制造、冲压成形、塑料成型、压铸成型、模具数控编程与加工、模具的组装与调试、模具维护与维修、模具生产中技术性操作等工作，已经成为人才市场最紧缺的人才之一。成为一名模具技术人才，就有望进入高薪人才行列。

为了适应我国高等职业教育发展及模具应用型人才、操作技能型人才培养的需要，编写的这一套“模具职业技能培训系列教程”，基本涵盖了模具人才需要掌握的各方面技术内容。承担本系列教程编写工作的作者均为多年在生产一线从事模具设计、制造的技术专家和有丰富模具教学经验的教师。

目前，模具企业和模具人才教育培训机构有这样一个矛盾，教育培训机构培养的学生不能满足企业的需要，企业使用的新技术不能及时丰富到教学工作中。学生到企业后，有时会觉得所学的东西没用，而企业需要的又没学到，例如，有些设备或者技术根本没有听说过，企业使用的软件技术与学校教学软件相差较大，模具材质和后处理、特殊模具结构、模具报价、模具型腔表面处理等非常需要的知识往往在学校学得不深入。针对这些问题，本套丛书都尽最大的努力去解决，加强职业技能训练，争取全方位提高学生的实际工作技能，切



实满足企业需求。

本系列教程的主要目的是培养读者的实际操作水平和应用知识解决问题的能力，具有以下特色：

1) 突出实用。系列的各本教程的编写都突出了“应用”的特色，精选了大量的典型应用实例。

2) 内容全面。本系列教程是专门针对模具职业教育的较为全面的系列教程，每本教程在其本身模具技术领域内容也比较全面，各本教程都深入浅出、图文并茂地介绍了模具基本理论知识。

3) 技术先进。包括大量先进的模具设计、制造新概念、新技术。

4) 锻炼技能。安排较多的实验、习题，以锻炼学生实际动手能力和解决实际问题的能力。

另外，本套丛书的一些分册附有教学课件，供教师选用，这对于学生对抽象的知识理解应该有辅助作用。

本系列教程作为高等职业教育的教学与实践用教材或教学参考用书；同时对从事模具设计、制造的各类模具从业人员均有较大的参考价值；也可作为各种层次的继续工程教育用模具培训教材以及社会上模具培训机构的培训教程。

由于编者的水平和经验，书中难免有疏漏和不当之处，恳请广大读者和同仁批评指正，也希望有机会和您共同研讨模具专业技术，共同提高，共同进步。

王浩钢

E-mail: ptc01@163.com

前言

PREFACE

随着现代工业发展的需要,塑料制品越来越广泛地应用于工业、农业、电子、国防、建筑以及日常生活等各个领域,质量要求也越来越高。在塑料制品的生产中,高质量的模具设计、先进的模具制造设备、优质的模具材料、合理的加工工艺和现代化的成型设备等都是成型优质塑件的重要条件。为此,作者在多年从事教学、科研和生产实践的基础上,参考了国内外大量有关塑料制品设计与制造方面的专著和最新技术资料,结合现代塑料制品行业的生产实际,整理编写了此书。

本书以塑料成型工艺与模具设计原理为主线,对传统的教学内容进行了重组和整合,从生产实际出发,将塑料成型工艺及模具设计的内容有机结合起来;叙述上力求系统,理论的引用以能说明成型工艺的共性问题为限;内容安排上注重了工艺原理的实际应用,删除了很多过时的内容,充实了大量现代塑料模具设计与制造方面的先进技术,并增加了很多与塑料模具生产技术紧密结合的实例,以适应培养生产一线高素质技能型人才的需要。

本书取材精炼,说理深入浅出,教材内容与相关实践性环节配合默契、联系紧密,是一本比较适用的《塑料成型工艺与模具设计》教材。

全书共分14章,主要内容包括塑料的成型性能和塑料制件设计的基本知识以及注射成型、压缩成型、压注成型、挤出成型、气动成型等各类成型工艺过程及模具的设计。其中第2章和第3章详细论述了塑料的成型性能和塑料制件设计的基本知识,第4章重点讲述注射成型原理及工艺过程、注射成型工艺条件的选择及注射成型制品的质量分析,第5章系统介绍了注射模的设计步骤并给出实际生产中的典型注射模设计实例,第6章至第10章主要包括注射模浇注系统、成型零件、推出机构、温度调节装置及模具标准零部件的设计,第11章至第14章主要讲述压缩、压注、挤出、气动等各类成型工艺及模具设计。同时,书中还简要介绍了热固性塑料注射、精密注射、气体辅助注射、热流道注射、双色注射、双层注射、低压注射、交变注射、反应注射、排气式注射、流动注



射等注射成型及模具设计要点。

本书由王德俊主编，杨晓红、李晓东、王亚辉任副主编，陈艳艳、程贵生、姚志英、孟亚峰、于红星参编。本书由河南科技大学罗大金教授主审。各章编写的具体分工如下：王德俊编写第1章、第8章和附录，程贵生编写第2章和第9章，杨晓红编写第3章和第13章的13.6~13.7节，李晓东教授编写第4章和第13章的13.1~13.2节，于红星编写第5章和第13章的13.3~13.5节，姚志英编写第6章和第14章，孟亚峰编写第7章和第12章的12.5节，王亚辉编写第10章，陈艳艳编写第11章和第12章的12.1~12.4节。全书由王德俊负责统稿和修改。

本书供高职高专院校模具设计与制造、机械制造及自动化、机电一体化、数控技术等专业师生作教材；也可供工厂企业、科研院所等有关的工程技术人员参考。

需特别说明的是，书中选用了部分图书、期刊上的论述和一些企业生产中的图、表等精彩资料，本书在编写过程中得到有关企业、科研院所、兄弟院校的大力支持和帮助，编者在此一并表示衷心感谢。同时感谢所引用文献的作者，他们的辛勤劳动和研究成果使本书的内容更加充实且富有特色。

由于作者水平有限，时间仓促，书中难免有错误和欠妥之处，恳请读者批评指正。

为方便老师使用本书教学和培训，我们为本书配了电子教案，需要本书电子教案的老师可发E-mail至 cmplwy@sina.com 与编辑联系。

编 者

目 录

CONTENTS

丛书序言

前言

第1章 绪论 1

第2章 塑料的组成与工艺

特性 11

2.1 塑料的组成与分类 11

2.1.1 塑料的组成 11

2.1.2 塑料的分类 13

2.2 塑料成型的工艺性能 14

2.2.1 热塑性塑料的工艺性能 ... 14

2.2.2 热固性塑料的工艺性能 ... 20

2.3 常用塑料的特性与用途 22

2.3.1 热塑性塑料的特性与 用途 22

2.3.2 热固性塑料的特性与 用途 35

习题 41

第3章 塑件的结构工艺性 42

3.1 塑件的尺寸精度与表面质量 42

3.1.1 尺寸及精度 42

3.1.2 塑件的表面质量 43

3.2 塑件的几何形状 52

3.2.1 塑件的形状 52

3.2.2 塑件的壁厚 54

3.2.3 脱模斜度 57

3.2.4 塑件的加强肋 58

3.2.5 塑件的支承面与凸台 60

3.2.6 塑件的圆角 61

3.2.7 塑件上的孔的设计 62

3.3 塑料螺纹和齿轮 65

3.3.1 螺纹设计 65

3.3.2 齿轮设计 66

3.4 带嵌件的塑件设计 68

3.4.1 嵌件的用途及形式 68

3.4.2 金属嵌件的设计要点 68

3.5 塑件上的符号及文字 71

习题 72

第4章 注射成型原理及工艺

过程 73

4.1 注射模结构与注射机 73

4.1.1 注射模的分类及结构 组成 73

4.1.2 单分型面注射模的典型 结构 76

4.1.3 注射机 77

4.2 注射成型原理及特点 89

4.2.1 柱塞式注射机的注射成型 原理及特点 89

4.2.2 螺杆式注射机的注射成型 原理及特点 90





4.3 注射成型工艺过程	91	步骤	112
4.3.1 成型前的准备	91	5.4.4 注射模的审核	113
4.3.2 注射成型过程	92	5.5 典型注射模设计实例	114
4.3.3 制件的后处理	93	5.5.1 设计题目	114
4.4 注射成型工艺条件的选择及控制	93	5.5.2 塑件结构工艺性分析	115
4.4.1 温度	93	5.5.3 注射模设计	118
4.4.2 压力	95	5.5.4 绘制模具工程图	123
4.4.3 成型周期	96	5.5.5 用 Pro/E 进行注射模设计	129
4.5 注射成型制品的质量分析	101	5.5.6 用 Pro/E 绘制模具工程图	134
4.5.1 注射成型制品的内应力	101	习题	134
4.5.2 注射成型制品的收缩	101	第6章 型腔的分布与浇注系统设计	135
4.5.3 注射成型制品的熔接痕	102	6.1 塑件在模具中的位置	135
4.5.4 避免熔接痕产生的工艺措施	103	6.1.1 型腔数目的确定	135
4.5.5 注射成型制品的常见缺陷与对策	104	6.1.2 型腔的分布	137
习题	104	6.2 浇注系统设计	138
第5章 注射模设计步骤	106	6.2.1 浇注系统的组成及设计原则	138
5.1 分型面的选择	106	6.2.2 普通浇注系统的设计	141
5.1.1 分型面及其基本形式	106	6.2.3 排气和引气系统的设计	155
5.1.2 分型面选择的一般原则	106	6.2.4 浇注系统的平衡	156
5.2 成型零件的设计	109	习题	158
5.2.1 成型零件的结构设计	109	第7章 成型零部件设计	160
5.2.2 成型零件的工作尺寸计算	109	7.1 成型零部件的结构设计	160
5.3 结构零件的设计	110	7.1.1 型腔(凹模)的结构设计	160
5.3.1 合模导向装置的设计	110	7.1.2 型芯的结构设计	162
5.3.2 其他零件的设计	110	7.2 成型零部件工作尺寸的计算	168
5.4 注射模的设计程序	110	7.2.1 计算工作尺寸时需考虑的因素	168
5.4.1 设计前的准备工作	110	7.2.2 型腔和型芯的尺寸计算	170
5.4.2 制定塑件成型工艺	111		
5.4.3 单分型面注射模设计			



7.2.3 螺纹型环和螺纹型芯工作 尺寸的计算	173	习题	253
7.3 成型零部件的强度与刚度 计算	175	第9章 模具加热与冷却系统及 标准零部件设计	255
7.3.1 进行强度与刚度计算时 需考虑的因素	175	9.1 模具温度对塑件成型的 影响	255
7.3.2 型腔侧壁和底板厚度的 计算	176	9.2 冷却系统设计	256
7.4 常用塑料模具零部件材料	180	9.2.1 冷却回路尺寸的确定	256
7.4.1 塑料注射模对材料的基本 要求	180	9.2.2 冷却水回路的布置	258
7.4.2 塑料注射模零件常用 材料	181	9.2.3 常见冷却系统的结构	259
习题	185	9.3 加热装置设计	262
第8章 推出机构及侧向分型抽芯 机构的设计	187	9.4 注射模标准模架和常用件	263
8.1 推出机构设计	187	9.4.1 注射模标准模架	263
8.1.1 推出机构的结构组成	187	9.4.2 模具标准零部件设计	267
8.1.2 简单推出机构	189	习题	272
8.1.3 推出结构的导向与 复位	196	第10章 其他注射模设计	274
8.1.4 二级推出机构	197	10.1 热固性塑料注射模设计	274
8.1.5 双向顺序推出机构	205	10.1.1 概述	274
8.1.6 点浇口自动脱模机构	209	10.1.2 热固性塑料注射模设计 要点	277
8.1.7 潜伏浇口自动脱模 机构	212	10.2 精密注射模设计	278
8.1.8 带螺纹塑件的脱模 机构	214	10.2.1 精密注射成型概述	279
8.2 侧向分型与抽芯机构的 设计	220	10.2.2 精密注射模成型的工艺 条件	281
8.2.1 侧向分型与抽芯机构的 类型	220	10.2.3 精密注射成型工艺对 注射机的要求	282
8.2.2 斜导柱侧向分型与抽芯 机构	221	10.2.4 精密注射模的设计 要点	284
8.2.3 其他形式的侧向分型与 抽芯机构	244	10.3 气体辅助注射模设计	287
		10.3.1 概述	287
		10.3.2 气体辅助注射成型 原理	289
		10.3.3 气体辅助注射成型的 分类	290
		10.3.4 气体辅助注射成型技术的 特点	292
		10.4 热流道注射模设计	292





10.4.1 概述	293	设计	349
10.4.2 热流道注射模结构		12.1 压注成型工艺原理	349
特点	294	12.1.1 压注成型原理及工艺	
10.4.3 常见的热流道注射模 ...	303	特点	349
10.5 共注射成型	307	12.1.2 压注成型工艺过程	350
10.5.1 概述	307	12.1.3 压注成型的工艺参数 ...	350
10.5.2 双色注射成型	308	12.2 压注模类型与结构	352
10.5.3 双层注射成型	309	12.2.1 压注模的结构组成	352
10.6 其他形式的注射成型简介	310	12.2.2 压注模的类型	353
10.7 双分型面注射模的典型		12.3 压注模所用的压机选择	355
结构	311	12.3.1 普通液压机的选择	355
10.7.1 普通双分型面注射模 ...	312	12.3.2 专用液压机的选择	356
10.7.2 特殊双分型面注射模 ...	322	12.4 压注模零部件设计	356
习题	327	12.4.1 加料室的设计	356
第11章 压缩成型工艺与模具		12.4.2 压柱的设计	358
设计	329	12.4.3 加料室与压柱的配合 ...	359
11.1 压缩成型工艺原理	329	12.4.4 加料室尺寸计算	360
11.1.1 压缩成型原理及工艺		12.5 浇注系统的设计	362
特点	329	12.5.1 主流道设计	363
11.1.2 压缩成型工艺过程	330	12.5.2 分流道设计	364
11.1.3 压缩成型的工艺参数 ...	332	12.5.3 浇口设计	364
11.2 压缩模结构及分类	334	12.5.4 溢料槽和排气槽的	
11.2.1 压缩模的基本结构	334	设计	366
11.2.2 压缩模的分类	335	习题	367
11.3 压缩模与压机的关系	338	第13章 挤出模设计	368
11.3.1 压机种类与技术规范 ...	338	13.1 挤出成型原理及工艺特性 ...	368
11.3.2 压机有关参数的校核 ...	339	13.1.1 挤出成型原理及特点 ...	368
11.4 压缩模的设计	342	13.1.2 挤出成型工艺过程	369
11.4.1 塑件在模具内加压方向的		13.1.3 挤出成型工艺参数	370
确定	342	13.2 挤出成型模具典型结构	
11.4.2 凸、凹模的配合形式 ...	344	分析	372
11.4.3 凹模加料室尺寸的		13.2.1 挤出成型机头的分类和	
计算	346	设计原则	372
习题	348	13.2.2 挤出机头与挤出机	376
第12章 压注成型工艺与模具		13.3 管材挤出成型机头	379



13.3.1 管材挤出机头的分类	379	特点	395
13.3.2 管材挤出机头的结构设计	380	14.1.2 中空吹塑成型的塑件设计	398
13.3.3 管材的定径和冷却	383	14.1.3 中空吹塑成型的模具设计	400
13.4 棒材挤出成型机头	385	14.2 真空成型模具	404
13.4.1 棒材挤出成型机头的结构设计	385	14.2.1 真空成型的分类及特点	404
13.4.2 定径套的结构	386	14.2.2 真空成型塑件设计	408
13.5 板材与片材挤出成型机头	386	14.2.3 真空成型模具设计	409
13.5.1 鱼尾式机头	387	14.3 压缩空气成型模具	412
13.5.2 支管式机头	387	14.3.1 压缩空气成型的分类与塑件设计	413
13.5.3 螺杆式机头	388	14.3.2 压缩空气成型模具设计	413
13.6 吹塑薄膜挤出成型机头	389	习题	415
13.6.1 机头的结构形式	389	附录	416
13.6.2 机头零件工艺参数设计	391	附录 A 常用的塑料添加剂	416
13.6.3 挤压吹塑薄膜的冷却定型	392	附录 B 塑料及树脂缩写代号	418
13.7 电线电缆挤出成型机头	393	附录 C 常用热塑性塑料缩写代号与中文对照	420
13.7.1 挤压式包覆机头	393	附录 D 常用塑料的收缩率	421
13.7.2 套管式包覆机头	394	附录 E 塑料模具行业专业术语中、日、英称谓对照表	422
习题	394	参考文献	427
第 14 章 气动成型工艺与模具	395		
14.1 中空吹塑成型	395		
14.1.1 中空吹塑成型的分类及			



第 1 章 绪 论

1. 塑料及其功用

广义的塑料是指具有塑性行为的材料。所谓塑性是指受外力作用时，发生形变，外力取消后，仍能保持受力时的状态。塑料的弹性模量介于橡胶和纤维之间，受力能发生一定形变。软塑料接近橡胶，硬塑料接近纤维。

狭义的塑料是指以树脂为主要成分的高分子有机化合物。树脂可分为天然树脂和合成树脂两大类，塑料大多采用合成树脂。在一定温度和压力下，塑料具有可塑性，可以利用模具将其成型为具有一定几何形状和尺寸精度的塑料制品。在日常生活和生产实践中，若不加特殊说明，塑料均指狭义的塑料。

塑料制品之所以能够在工业生产和日常生活中得到广泛应用，是由于它们本身具有的一系列优点及特殊性质所决定的。

(1) 塑料的特性

① 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，最小的塑料密度约为 0.83g/cm^3 ，相当于钢材密度的 11% 和铝材密度的 50% 左右。

② 耐用、防水、易成型。一般塑料的成型性、着色性好，容易被塑制成不同形状的塑件制品，制造成本低。在水及潮湿的工作环境中，塑料的缓蚀能力是钢铁等金属零件所无法比拟的。

③ 塑料的化学稳定性高。大部分塑料的抗腐蚀能力强，对酸、碱和许多化学药品都具有良好的耐腐蚀能力。其中以聚四氟乙烯塑料的化学稳定性最高，“王水”对它也不能腐蚀，甚至连原子工业中的强腐蚀剂五氟化铀对它都不起作用，因此有“塑料王”之称。

④ 塑料的绝缘性能好。大多数塑料都具有良好的绝缘性能以及很低的介质损耗且导热性低，所以塑料是电子电器行业不可缺少的原材料。

⑤ 减震、耐磨、抗冲击。由于塑料的减震、耐磨性能好，且耐冲击性好，所以工业生产中有许多齿轮、凸轮、轴承和密封圈等机械零件已采用工程塑料制造。

⑥ 塑料的比强度高。按单位质量计算的强度称为比强度。由于塑料的密度小，所以其比强度相对较高。钢单位质量的拉伸强度为 160MPa ，而玻璃纤维增强塑料单位质量的拉伸强度可高达 $170 \sim 400 \text{MPa}$ 。

此外，塑料具有光泽，有较好的透明性；具有很好的隔音性能。许多塑料



还具有绝热性能以及防透气、防辐射等特殊性能。因此,塑料已成为各行各业不可缺少的一种重要的材料。

(2) 塑料的应用 塑料工业既是消费工业,又是新型材料工业,具有科技含量高、应用广、市场前景好的行业特点。

如塑料门窗、管材、异型材发展迅猛,塑料建材不仅能大量代钢、代木、替代传统建材,而且具有节能、节材、保护生态、改善居住环境、提高建筑功能与质量、降低建筑自重、施工便捷等优点。

在农用塑料方面,各类塑料制品的应用更加广泛。如农用育秧膜、棚膜、青贮膜、多功能膜、防滴膜、反光膜、地膜、遮阳网、缠绕膜;塑料育苗容器、防虫网、捕捞网具、农用器械;输水、喷灌、滴灌用塑料管以及各种农用塑料产品。我国农用塑料薄膜(包括大棚膜、地膜)产量居世界首位。

我国包装用塑料制品近几年来也发展迅速,1980年产量为19万t,1990年为85万t,1998年为203万t,2000年已达到325万t,约占全国包装品总产量的13.4%,居包装材料的第二位。目前PS泡沫制品量约20多万t(包括一次性餐盒),仅北京、上海、广州等大城市一天耗用快餐盒高达50~80万个。

目前塑料制件越来越广泛应用于工业、农业、电子、国防、建筑以及日常生活等各个领域,世界合成树脂产量已超过1.4亿t,中国合成树脂产量已居世界第五位。2005、2006、2007连续三年均为1700多万t,其消费比例包装占23%,电器占12.5%,建筑占8.5%,农业占8%,鞋类占5.2%,交通占4.2%,机械零件、医疗器械、玩具文体、家具分别占3.5%。塑料制品总产量居世界第二位。中国塑料加工机械进入21世纪,年均增长率达到19%,企业已达800多家,产品有混配料设备、注射成型机、挤出生产线、中空成型机、压延生产线等21大类,具有10万台套以上的塑料机械能力,成为世界塑料机械制造大国。

2. 塑料及塑料工业的发展

纵观塑料及塑料工业的发展过程,可以说塑料工业是新兴的工业,它是随着石油工业的发展应运而生的;从发展速度上看,塑料工业是一个飞速发展的工业领域。

从第一个塑料产品赛璐珞诞生算起,塑料工业迄今已有120年的历史。其发展历史可分为三个阶段。

(1) 天然高分子加工阶段 这个时期以天然高分子,主要是纤维素的改性和加工为特征。1869年美国人海厄特发现在硝酸纤维素中加入樟脑和少量酒精可制成一种可塑性物质,热压下可成型为塑料制品,命名为赛璐珞,1872年在美国纽瓦克建厂生产。当时除用作台球的象牙代用品外,还加工成马车和汽车



的风挡及电影胶片等。

1903年德国人艾兴格林发明了不易燃烧的醋酸纤维素及其注射成型方法。1905年德国拜耳股份公司进行工业塑料生产。在此期间,一些化学家在实验室里合成了多种聚合物,如线型酚醛树脂、聚甲基丙烯酸甲酯、聚氯乙烯等,为塑料工业的发展奠定了基础。1904年世界塑料产量仅有10kt,还没有形成独立的工业部门。

(2) 合成树脂阶段 这个时期是以合成树脂为基础原料生产塑料为特征。第一种完全合成的塑料出自美籍比利时人贝克兰,在用苯酚和甲醛来合成树脂方面,取得了突破性的进展,100年前的1907年7月14日,他注册了酚醛塑料的专利。

在酚醛树脂中加入填料后,热压制成模压制品、层压板、涂料和胶粘剂等。这是第一个完全合成的塑料。1910年在柏林吕格斯工厂建立通用酚醛树脂公司进行生产。在20世纪40年代以前,酚醛塑料是最主要的塑料品种,约占塑料产量的2/3。主要用于电器、仪表、机械和汽车工业。

酚醛塑料绝缘、稳定、耐热、耐腐蚀、不可燃,贝克兰自称为“千用材料”。特别是在迅速发展的汽车、无线电和电力工业中,它被制成插头、插座、收音机和电话机外壳、螺旋桨、阀门、齿轮、管道。在家庭中,它出现在把手、按钮、刀柄、桌面、烟斗、保温瓶、电热水瓶、钢笔和人造珠宝上。从煤焦油那样的廉价产物中,得到用途如此广泛的材料,被称为20世纪的炼金术。1924年《时代》周刊的一则封面故事称,那些熟悉酚醛塑料潜力的人表示,数年后它将出现在现代文明的每一种机械设备里。1940年5月20日的《时代》周刊则将贝克兰称为“塑料之父”。当然,酚醛塑料也有缺点,它受热会变暗,只有深褐、黑或暗绿3种颜色,而且容易摔碎。

1920年以后,塑料工业获得了迅速发展。其主要原因首先是德国化学家施陶丁格提出高分子链是由结构相同的重复单元以共价键连接而成的理论和不溶性热固性树脂的交联网状结构理论,1929年美国化学家卡罗瑟斯提出了缩聚理论,均为高分子化学和塑料工业的发展奠定了基础。同时,由于当时化学工业的发展十分迅速,有力地推动了合成树脂制备技术和加工工业的发展。

英国人马修斯1911年制成了聚苯乙烯,但存在工艺复杂、树脂老化等问题。1930年,德国法本公司解决了上述问题,在路德维希港用本体聚合法进行工业生产。在对聚苯乙烯改性的研究和生产过程中,逐渐形成以苯乙烯为基础,与其他单体共聚的苯乙烯类树脂,扩展了它的应用范围。第一个无色的树脂是脲醛树脂,由英国氰氨公司1928年投入工业生产。1931年,美国罗姆哈斯公司以本体法生产聚甲基丙烯酸甲酯,制造出有机玻璃。1939年,美国氰氨公司开始生产三聚氰胺-甲醛树脂的模塑粉、层压制品和涂料。



1926年,美国人西蒙把尚未找到用途的聚氯乙烯粉料在加热下溶于高沸点溶剂中,在冷却后,意外地得到柔软、易于加工、且富于弹性的增塑聚氯乙烯。这一偶然发现打开了聚氯乙烯进入工业生产的大门。1931年德国法本公司在比特费尔德用乳液法生产聚氯乙烯,1941年,美国又开发了悬浮法生产聚氯乙烯的技术。从此,聚氯乙烯一直是重要的塑料品种。它又是主要的耗氯产品之一,在一定程度上影响着氯碱工业的生产。

1933年,英国卜内门化学工业公司在进行乙烯与苯甲醛高压下反应的试验时,发明了聚乙烯。1939年该公司用高压气相本体法生产低密度聚乙烯。1953年联邦德国齐格勒用烷基铝和四氯化钛作催化剂,使乙烯在低压下制成为高密度聚乙烯,1955年联邦德国赫司特公司首先将聚乙烯投入工业化生产。不久,意大利人纳塔发明了聚丙烯,1957年意大利蒙特卡蒂尼公司首先投入工业生产。从20世纪40年代中期以来,还有聚酯、有机硅树脂、氟树脂、环氧树脂、聚氨酯等陆续投入了工业生产。

塑料的世界总产量从1904年的10kt,猛增至1944年的600kt,1956年达到3.4Mt。随着聚乙烯、聚氯乙烯和聚苯乙烯等通用塑料的发展,原料也从煤转向了以石油为主,这不仅保证了高分子化工原料的充分供应,也促进了石油化工的发展,使原料得以多层次利用,创造了更高的经济价值。

(3) 大发展阶段 在这一时期通用塑料的产量迅速增大,同时出现了多品种高性能的工程塑料。1958~1973年的16年中,塑料工业处于飞速发展时期;1970年产量为30Mt。除产量迅速猛增外,还有以下显著特点:①由单一的大品种通过共聚或共混改性,发展成系列品种,如聚氯乙烯除生产多种牌号外,还发展了氯化聚氯乙烯、氯乙烯-醋酸乙烯共聚物、氯乙烯-偏二氯乙烯共聚物、共混或接枝共聚改性的抗冲击聚氯乙烯等;②开发了一系列高性能的工程塑料新品种,如聚甲醛、聚碳酸酯、ABS树脂、聚苯醚、聚酰亚胺等;③广泛采用增强、复合与共混等新技术,赋予塑料以更优异的综合性能,扩大了应用范围。

1973年后的10年间,能源危机影响了塑料工业的发展速度。20世纪70年代末,各主要塑料品种的世界年总产量分别为:聚烯烃19Mt,聚氯乙烯超过100kt,聚苯乙烯接近80kt,塑料总产量为63.6Mt。1982年开始复苏,1983年起塑料工业超过历史最高水平,产量达72Mt。目前,以塑料为主体的合成材料的世界体积产量早已超过全部金属的产量。

3. 塑料成型工业在国民经济中的地位

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。塑料模具是指用于成型塑料制品的模具,它是型腔模的一种类型。

随着机械工业(尤其是汽车、摩托车工业)、电子工业(尤其是家电工业)、航空工业、仪器仪表工业和日常用品工业的发展,塑料成型制件的需求量越来越



多,质量要求也越来越高,这就要求成型塑件的模具开发、设计与制造的水平也必须越来越高。因此,塑料模具设计水平的高低、模具制造能力的强弱以及模具质量的优劣,都直接影响着许多塑料新产品的开发和老产品的更新换代,影响着各种塑料产品的质量、经济效益的增长以及塑料整体工业水平的提高。

事实上,在仪器仪表、家用电器、交通、通信等各行各业中,有70%以上的产品是用模具来加工成型的,工业发达国家,其模具工业年产值早已超过机床行业的年产值。在日本、韩国等国家,其生产塑料模与生产冲压模的企业数量差不多相等;而在新加坡等国家,其生产塑料模的企业数量已大大超过生产冲压模的企业。我国的香港与深圳等地区,其模具工业主要是从事塑料模具的制造与塑料制件的生产。在江苏省、浙江省、上海市及其以南地区,尤其在浙江省,从事塑料模制造和塑料制件开发的个体企业也日益增多。综上所述,塑料成型工业在基础工业中的地位和对国民经济的影响显得日益重要。

4. 塑料技术的发展动向

塑料技术的发展日新月异,目前针对塑料新材料开发,针对已有塑料的性能完善,以及针对特殊塑料性能的提高,在塑料新材料开发与应用方面有几个重要方向。

(1) 新型高热导率生物塑料 日本电气公司新开发出以植物为原料的生物塑料,其热导率与不锈钢不相上下。该公司在以玉米为原料的聚乳酸树脂中混入长数毫米、直径0.01mm的碳纤维和特殊的粘合剂,制得新型高热导率的生物塑料。如果混入10%的碳纤维,生物塑料的热导率与不锈钢相当;加入30%的碳纤维时,生物塑料的热导率为不锈钢的2倍,密度只有不锈钢的1/5。

这种生物塑料不仅导热性能好,还具有质量轻、易成型、对环境污染小等优点,可用于生产轻薄型的电脑、手机等电子产品的外框。

(2) 可变色塑料薄膜 英国南安普敦大学和德国达姆施塔特塑料研究所共同开发出一种可变色塑料薄膜。这种薄膜把天然光学效果和人造光学效果结合在一起,实际上是让物体精确改变颜色的一种新途径。这种可变色塑料薄膜为塑料蛋白石薄膜,是由在三维空间叠起来的塑料小球组成的,在塑料小球中间还包含微小的碳纳米粒子,从而光不只是在塑料小球和周围物质之间的边缘区反射,也在填充在这些塑料小球之间的碳纳米粒子表面反射,这就大大加深了薄膜的颜色。只要控制塑料小球的体积,就能产生只散射某些光谱频率的光物质。

(3) 塑料血液 英国设菲尔德大学的研究人员开发出一种人造“塑料血”,外形就像浓稠的糨糊,只要将其溶于水后就可以给病人输血,可作为急救过程中的血液替代品。这种新型人造血由塑料分子构成,一块人造血中有数百万个塑料分子,这些分子的大小和形状都与血红蛋白分子类似,还可携带铁原子,

