

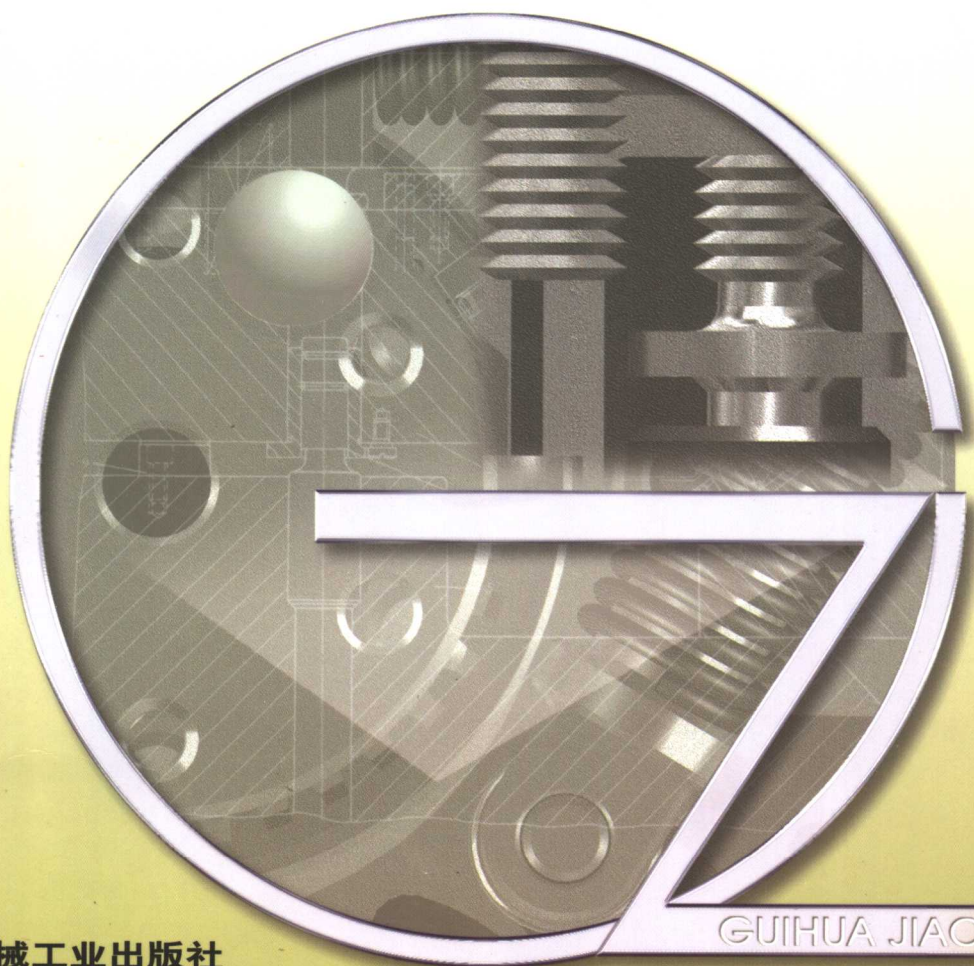


教育部职业教育与成人教育司推荐教材
模 具 专 业 教 学 用 书

塑料成型模具与设备

教育部机械职业教育教学指导委员会 组编
中国机械工业教育协会

夏江梅 主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

GUIHUA JIAOCAI

gz



本书以培养学生的塑料成型技术应用能力为目标,将塑料成型所涉及的塑料成型工艺、塑料模设计和塑料成型设备等关联课程进行了整合。全书共 11 章,主要包括塑料成型基础理论;成型方法、成型工艺条件的选择与控制;模具结构与设计计算方法;模具材料的正确选用;成型质量分析控制;塑料成型设备的结构、工作原理及设备与模具的关系;塑料模具 CAD/CAE/CAM 技术应用等内容。各章配有适量的例题、思考题与习题以及必要的资料数据和阅读材料。

通过对该教材的学习,既能对基础理论有一定理解,又能掌握必要的专业技能,并能在实践方面得到指导,最终达到培养学生参与生产实践的基本技能和具备注射模设计能力的目标。

该书主要作为五年制高职高专模具设计与制造专业、机类及近机类各专业“塑料成型模具”课程的教材,也可作为相关专业和成人高等专科学校教育的选用教材及供从事模具设计与制造的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

塑料成型模具与设备/夏江梅主编. —北京:机械工业出版社, 2005.4

教育部职业教育与成人教育司推荐教材 模具专业教学用书
ISBN 7-111-16387-7

I. 塑... II. 夏... III. ①塑料模具-成人教育:
高等教育-教材②塑料成型加工设备-成人教育:高等教育-教材
IV. TQ320.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 026554 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:汪光灿 王世刚

责任编辑:汪光灿 版式设计:冉晓华 责任校对:张晓蓉

封面设计:姚毅 责任印制:陶湛

北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2005 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

787mm × 1092mm 1/16 · 25.25 印张 · 627 千字

定价:33.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68326294

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是根据教育部《关于加强高职高专教材建设的若干意见》、机械工业教育发展中心《关于组织编写高职教育专业教材编写的通知》及全国机械职业教育模具设计与制造专业教学指导委员会制定的“塑料成型模具及设备”课程基本要求,在总结了近几年各院校模具专业教改经验的基础上编写的。本书具有以下特色:

1. 本书是根据培养塑料成型的工程技术应用性人才的实际要求,遵循理论以“必需、够用”为度和以“应用为目的”的原则,以注射模设计为主体,将材料、成型工艺、模具设计和成型设备等相关内容有机地融入其中,使各部分内容相互渗透、交叉,打破了原课程的界限和体系,避免了各原课程内容的相互独立而造成的相关知识点的重复,突出综合素质的培养,体现了应用性、实用性、综合性和先进性。

2. 本书深浅适度、结构紧凑、安排合理。在理论方面既注重各部分基本知识点讲到、讲够,又尽量避开繁琐的推演,只是简洁而定性或定量地给出了基本公式、结论及其使用条件。在应用方面,注重突出注射成型工艺条件的选择与控制;注射成型模具结构与设计计算方法;模具材料的正确选用;成型质量分析控制;塑料成型设备的选用及设备与模具的关系。本教材采用通俗易懂的文字和丰富的图表,体系新颖,具有一定的工程背景和实用价值,并充分体现出高等职业教育重在实践应用这一基本特色。

3. 本书选编了较多的应用实例和习题,重点章节精选了综合应用实例和大型连续作业,并配以适量的阅读材料,实用性和可操作性强,便于教学和自学。

本书由重庆工业职业技术学院夏江梅任主编,辽宁机电职业技术学院刘英海和浙江机电职业技术学院徐志扬任副主编,成都工业学校史铁梁任主审。全书共 11 章,第一章、第二章、第三章(第五、六节)、第四章(第一~四、九节)、第九章由夏江梅编写;第五章由徐志扬编写;第三章(第一~四节、七节)、第七章(第二~五节)由刘英海编写;第四章(第五~八节、十节)、第六章(第二~五节)、第七章(第一、六、七节)、第八章由重庆工业职业技术学院赵柏森编写;第六章(第一节)、第十章、第十一章由安徽机电职业技术学院王春香编写。此外,重庆工业职业技术学院的赵孟栋和重庆光华精密模具厂朱先明总工程师对本书提出了许多宝贵意见和建议。

由于时间仓促和编者水平有限,书中缺点和错误在所难免,恳请广大读者批评指正。

目 录

前言	
第一章 概论	1
阅读材料 课程任务与学习目标 ..	4
习题与思考	5
第二章 塑料成型基础	6
第一节 塑料	6
第二节 塑料的加工适应性	11
第三节 塑料在成型过程中的 流动和形变	17
第四节 塑料在成型过程中的物理 和化学变化	21
第五节 塑料的性能	25
第六节 塑件的工艺性	39
第七节 塑料成型工艺规程的 制定	57
阅读材料 塑料的世界	59
习题与思考	59
第三章 注射成型工艺与设备	61
第一节 注射机的结构和工作 原理	61
第二节 注射装置	67
第三节 注射机的合模装置	75
第四节 注射机的液压和电气 控制系统	83
第五节 注射成型工艺过程	91
第六节 注射成型工艺条件的 选择	95
第七节 注射机的使用与成型工艺 条件的控制	105
阅读材料 试模	108
最佳工艺参数的 确定	109
习题与思考	109
第四章 注射成型模具	111
第一节 注射模的结构组成及 分类	111
第二节 浇注系统设计	116
第三节 成型零件设计	136
第四节 合模导向机构设计	167
第五节 侧向分型与抽芯机构的 设计	174
第六节 推出机构设计	201
第七节 模具温度调节系统	218
第八节 注射模模架	232
第九节 注射模与注射机的 关系	237
第十节 塑料注射成型新技术的 应用	245
阅读材料 模具设计质量的 控制	260
习题与思考	260
第五章 注射模设计程序与实例	262
第一节 注射模的设计程序	262
第二节 注射模设计实例	264
阅读材料	281
习题与思考	281
第六章 压缩成型设备与模具	282
第一节 压缩成型设备	282
第二节 压缩模结构	296
第三节 压缩成型工艺	300
第四节 压缩模与压机的关系 ..	303
第五节 压缩模的设计与实例 ..	306
习题与思考	318
第七章 挤出成型设备与挤出机头 ..	319
第一节 概述	319
第二节 挤出成型设备的组成与 工作原理	321
第三节 挤出机	324

第四节 挤出成型辅机	335	习题与思考	376
第五节 挤出机的调整与控制 ...	342	第十一章 塑料模具 CAD/CAM	
第六节 挤出工艺	345	简介	377
第七节 挤出机头	347	第一节 概述	377
阅读材料 塑料背心购物袋的		第二节 注射模 CAD 技术	381
制作工艺	352	第三节 应用实例	384
习题与思考	352	阅读材料 逆向工程	387
第八章 其他成型方法与模具	354	习题与思考	388
第一节 中空吹塑成型方法与		附录	389
模具	354	附录 A 常用热塑性塑料的物理、	
第二节 真空成型方法与模具 ...	358	热性能	389
第三节 发泡成型方法与模具 ...	361	附录 B 常用热塑性塑料的化学	
第四节 快速成型	364	性能	392
阅读材料 塑料也能浇铸	365	附录 C 某些热固性塑料的物理	
习题与思考	365	化学性能	394
第九章 塑料模具材料	366	附录 D 部分国产注射机型号及技术	
第一节 塑料模的工作条件和		参数	395
失效形式	366	附录 E 国产单螺杆注射成型机	
第二节 塑料模具材料及选用 ...	367	主要技术参数	397
习题与思考	372	参考文献	398
第十章 塑料成型安全生产	373		

第一章 概 论

塑料成型模具与设备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科学。它研究的对象是塑料以及把塑料变成塑料制品所用的模具和设备。把塑料原料变成具有一定形状和尺寸精度的塑料制品的过程称为塑料成型。

一、塑料及塑料成型在塑料工业中的重要地位

塑料工业是一门年轻的新兴工业。它包含塑料生产(树脂和半成品的生产)和塑料制品生产(也称塑料成型或塑料加工工业)两个系统。没有塑料的生产,就没有塑料制品的生产;没有塑料制品的生产,塑料就不能变成工业产品和生活用品。

世界塑料工业的崛起仅 90 年的历史,而我国的塑料工业起步于 20 世纪 50 年代初期,只有近 50 年的历史。从建国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 20 年来,产量和品种都大大增加,许多新颖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,预计今后将以每 8 年翻一番的速度持续高速发展。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、人才培养等方面。总之,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。

塑料工业的发展之所以如此迅猛,主要原因在于塑料具有以下优良特性:

1) 塑料密度小、质量轻、比强度和比刚度高。大多数塑料密度在 $1.0 \sim 1.4\text{g/cm}^3$ 之间,相当于钢材密度的 0.14 倍和铝材密度的 0.5 倍左右。在同样体积下,塑件要比金属制品轻得多。各种机械、车辆、飞机和航天器上采用塑料零件后,对减轻质量、节省能耗具有非常重要的意义。

2) 绝缘性能好,介电损耗低,是电子工业中不可缺少的原材料。

3) 化学稳定性高,对酸、碱和许多化学物品都有良好的耐腐蚀性能。

4) 耐磨、自润滑性能以及减振、隔声性能都较好。

5) 成型性能、着色性能好,且有多种防护性能(防水、防潮、防辐射)。可用不同的成型方法制作不同的制品。

因此,塑料已渗透到人们生活和生产的各个领域,并成为解决技术关键的不可缺少的材料。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,塑料已成为木材、皮革和金属材料的良好代用品。

然而,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,却是一个复杂而繁重的过程。

塑料制品的生产系统主要是由塑料的成型、机械加工、修饰和装配四个连续过程组成的,如图 1-1 所示。有些塑料在成型前需进行预处理(预压、预热、干燥等),因此,塑料制品

生产的完整工序顺序为：

塑料原料→预处理→成型→机械加工→修饰→装配→塑料制品。

在这四个基本工序(成型→机械加工→修饰→装配)中，塑料的成型是最重要的，是一切塑料制品和生产型材的必经过程。其他工序，通常都根据制品的要求来定。后三个工序(机械加工、修饰、装配)有时统称为二次加工。

塑料成型是一种先进的加工方法。经塑料成型出来的制品，具有质量轻、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自动化；且塑料可加工成任意形状的塑料制品，在大批量生产条件下，成本较低。由于塑料成型在技术上和经济上的优良特点，因此，塑料成型在塑料制品的生产乃至塑料工业中占有重要地位。

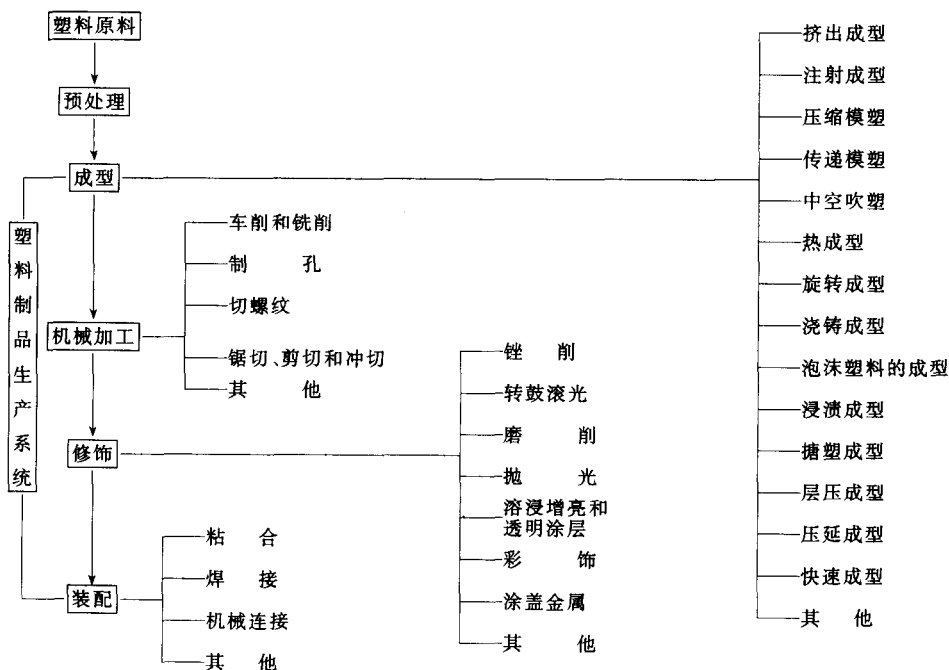


图 1-1 塑料制品生产系统的组成

二、塑料成型方法与设备简介

塑料成型的种类很多，包括各种模塑成型、层压成型和压延成型等。其中模塑成型种类较多，如注射成型、挤出成型、压缩模塑、传递模塑等，约占全部塑料制品加工量的 90% 以上。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品(简称塑件或制品)。

成型塑料制品的模具叫塑料成型模具(简称塑料模)。在现代塑料制品的生产中，正确的加工工艺、高效率的设备、先进的模具是影响塑料制品质量的三大重要因素，而塑料模对塑料加工工艺的实现，保证塑料制品的形状、尺寸及公差起着极重要的作用。高效率全自动的设备也只有配备了适应自动化生产的塑料模才有可能发挥其效能，产品的生产和更新都是以模具制造和更新为前提的。由于工业塑料制品和日用塑料制品的品种和产量需求量很大，对塑料模具也提出了越来越高的要求，因此促使塑料模具生产不断向前发展。

不同的塑料成型方法需要不同的塑料成型模具，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，主要有各种模塑成型设备和压延机等。模塑成型设备有挤出机、注射机、浇铸机、中空成型机、发泡成型机、塑料液压机以及与之配套的辅助设备等。生产中应用最广的是注射机和挤出机，其次是液压机和压延机。挤出成型生产的制品产量约占塑料制品总产量的一半，注射成型生产的制品占 25% ~ 30%，这个比例还在扩大。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。

表 1-1 列出常用的成型加工方法与模具。

表 1-1 常用的塑料成型方法及模具

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	如棒、管、板、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	传递模塑	传递模	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	中空吹塑	口模、吹塑模具	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(如玩具等)
6	热成型	真空成型模具	适合生产形状简单的制品，此方法可供选择的原料较少
		压缩空气成型模具	

塑料的成型方法除了以上列举的六种外，还有压延成型、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、快速成型等。本书着重介绍应用最广泛的注射成型工艺、模具及设备，同时也扼要介绍塑料的其他成型方法及模具设计。

三、塑料成型技术发展趋势

我国的塑料工业发展非常迅速，特别是近几年来，产量和品种都大大增加。目前，塑料的体积产量已和钢铁的产量持平，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，高效率、自动化、大型、微型、精密、高寿命的模具在整个模具产量中所占的比重越来越大，但与先进国家相比还存在着较大差距。如：国产模具精度低、寿命短、制造周期长；塑料成型设备较陈旧、规格品种少；塑料材料及模具材料性能差，远不能适应工业高速发展的需要。为改变我国塑料行业的落后状况，赶超世界先进水平，我们必须从以下几方面大力发展塑料成型技术。

1) 加深塑料成型基础理论和工艺原理的研究，引进和开发新技术、新工艺，大力发展大型、微型、高精度、高寿命、高效率的模具，以适应不断扩大的塑料应用领域的需要。这需要在工艺设计、模具制造、材料研究、生产管理等方面协同发展才能实现。

采用先进的模具加工技术(数控铣床、仿形铣床、各种加工中心、坐标磨床、各种数控电加工机床等)、先进的型腔加工新工艺(超塑性成型和电铸成型型腔以及简易制模工艺等)以及模具装配与精密测量手段(用数控三坐标测量机测量形状复杂且易变形的模具零件)的不断开发和应用，对保证塑料模具的加工精度和缩短加工周期起了关键性的作用。

2) 在引进先进塑料成型设备的同时，要做好对先进技术的吸收和推广工作，努力提高

国产塑料成型设备的质量、性能及扩大品种规格。

3) 加强模具制造设备的研究和开发工作。鉴于我国现状, 特别应加强旧设备的改造工作以提高加工精度。

4) 加强塑料材料性能研究, 加强模具新型材料的开发与应用。

5) 大力推广模具标准化工作, 使模具通用零件标准化、系列化、商品化, 以适应大规模生产塑料成型模具的需要。近年来, 我国在这方面已取得了可喜的进展, 已经制定了塑料模国家标准。目前, 已有专门厂家生产各种规格的塑料模标准模架及顶杆、顶管等。

6) 开展模具 CAD/CAE/CAM 技术的研究、推广和应用。模具 CAD/CAE/CAM 一体化技术的应用提高了模具设计与制造水平和质量, 并节省时间, 提高了生产效率, 产品成本也大幅度降低, 且使设计人员从繁重的计算和绘图工作中解放出来。

运用 CAD 技术进行模具设计, 由于计算机的快速运算和大容量的内存, 使得复杂的曲面生成、快速作图以及丰富制模技术经验的综合、推广成为可能。运用计算机 CAE 技术进行的模内塑料流动模拟及压力场、温度场的分析, 为模具设计者的决策提供了更科学更合理的依据, 避免了设计的盲目性, 使模具设计水平大大提高。

对某些无法用数学方式描述的形状, 可以运用计算机反向(求)工程的方法获得, 即首先将一些需要复制的样件进行三坐标测量, 计算机在获得有关数据之后, 通过相应软件得到与原型相同的三维曲面图形及其数据, 而后运用获得的图形和数据进行模具设计和制作。

随着计算机辅助制造(CAM)技术的日益完善, CAM 软件不但有快速、复杂造型功能, 而且可提供大量切削经验数据, 供编程和操作者参考使用。模具设计与制作过程中的经验和教训的记录、统计、分析及智能软件的编制离不开计算机技术, 加工过程中的测量、计划编制、生产准备、工具管理、生产调度等都有计算机技术参与其中, 计算机的精密控制使得模具的制造精度大幅度提高。

目前, 我国已有一些注射模、挤塑模的软件处于试用阶段, 也引进了一些国外的 CAD/CAE/CAM 技术, 但推广应用的程度还远远落后于工业发达国家。因而, 我们在引进先进技术的同时, 更要注意对先进技术的推广工作。21 世纪是“以塑代钢”的世纪, 只有重视人才培养, 重视科学知识教育和职业技能的培训, 加强企业内部管理, 提高整个行业人员素质, 才能不断将我国的模塑技术推向新的高度。

【阅读材料】

课程任务与学习目标

塑料成型模具与设备是一门从生产实践中发展起来, 又直接为生产服务的学科。它是以高分子材料、流体力学、热处理、塑料成型理论等为理论基础, 与塑料成型设备、模具制造工艺等紧密相关的应用课程。

本课程主要讲授成型用的物料、塑料成型基础理论、成型方法、成型工艺条件的选择与控制、模具结构与设计计算方法、模具材料的正确选用、成型质量分析控制以及塑料成型的设备和新工艺。

通过本课程学习, 应达到以下目标:

- 1) 初步掌握常用塑料的成型性能及工艺特点, 初步具备设计注射模的能力。
- 2) 初步具备分析、解决生产现场出现的质量问题的能力。
- 3) 逐步培养参与生产实践的基本技能; 逐步培养分析问题、解决问题的能力; 逐步培养创新能力和与他人合作的能力。

此外，还应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。

习题与思考

1-1 用 5~6 个生活中的实例说明塑料制品的名称和成型方法。

1-2 用 2~3 个生产中的实例说明塑料制品的名称和成型方法。

第二章 塑料成型基础

本章主要介绍成型用的塑料的可加工性能、塑料在成型过程中的流动和形变、塑料在成型过程中的物理和化学变化、塑料的性能、塑料制品成型的工艺性和塑料成型工艺规程的制定等内容。

第一节 塑 料

塑料是以高分子聚合物(简称聚合物)为主要成分的混合物,在加热、加压条件下具有可塑性,在常温下为柔韧的固体。高分子聚合物既存在于大自然中(称之为天然树脂),又可以用化学方法人工合成(称之为合成树脂)。高分子聚合物常用来制造合成树脂、合成橡胶和合成纤维。其中合成树脂的产量最大,应用最广。世界各国均把人均年消费合成树脂数量作为一个国家工业发展水平的重要标志。

在树脂中加入某些添加剂,则可以得到各种性能的塑料品种。由于添加剂所占比例较小,塑料的性能主要取决于树脂性能。

一、塑料的主要成分

塑料由树脂和添加剂组成。

1. 树脂

树脂是塑料中主要的必不可少的成分,它决定了塑料的类型,影响着塑料的基本性能,如力学性能、物理性能、化学性能和电气性能等。它胶粘着塑料中的其他成分,使塑料具有可塑性或流动性,从而具有成型性能。目前,生产中使用的树脂主要是合成树脂。

合成树脂是人们模仿天然树脂的成分,用化学人工合成方法制取的树脂,如聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、酚醛树脂、环氧树脂、氨基树脂等。由合成树脂和各种添加剂配制成的塑料具有良好的成型工艺性能,并克服了天然树脂的产量低、性能不理想等缺点。最初制造合成树脂的原料为农副产品,后改用煤,20世纪60年代以后则主要来自于石油。

2. 添加剂

树脂在塑料中起决定性作用,是塑料的主体。在合成树脂中加入某些添加剂,如填充剂、稳定剂、增塑剂、着色剂等,可以得到各种性能的塑料品种。

(1) 填充剂 为了降低塑料的成本,有时在合成树脂中掺入一些廉价的填料(增量作用)。但在更多情况下,添加填充剂是为了改善塑料的性能(改性作用),扩大塑料的应用范围。例如在聚乙烯、聚氯乙烯树脂中加入钙质填料后,便成为十分廉价的具有足够刚性和耐热性能的钙塑料,使塑料的力学性能大幅度提高;在酚醛树脂中加入木屑等填料,可以获得机械强度高的胶木;加入云母、石英和石棉可提高塑料的耐热性和绝缘性。有的填料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。

填充剂有无机填充剂和有机填充剂。常用的填充剂的形态有粉状、纤维状和片状三种。

粉状填充剂有木粉、纸浆、大理石、滑石粉、云母粉、石棉粉、石墨等；纤维状填充剂有棉花、亚麻、玻璃纤维、石棉纤维、碳纤维、硼纤维和金属须等；片状填充剂有纸张、棉布、麻布和玻璃布等。填充剂的用量通常为塑料组成的 40% 以下。它与其他成分机械混合，相互之间不起化学作用。

(2) 稳定剂 塑料在受热及紫外线、氧气的作用下会逐渐老化。因此，在大多数塑料中都要添加稳定剂，用以抑制和防止树脂在加工过程和使用过程中产生降解(俗称老化)。所谓降解是指聚合物在热、力、氧、水、光、射线等作用下，大分子断链或化学结构发生有害变化的反应。

根据稳定剂作用的不同，可分为热稳定剂、光稳定剂和抗氧化剂等。各种塑料由于内部结构不同，老化机理不一样，所用的稳定剂也就不同。例如聚氯乙烯，其成型温度高于树脂开始分解的温度，如不加入热稳定剂，当加工温度达到 100℃ 以上时，高分子就开始产生分解，放出氯化氢，颜色逐渐变成黄色、棕色直至黑色，性能变脆，产品就无使用价值。加入热稳定剂后既可防止上述现象发生，保证塑料顺利成型并延长其使用寿命。

有机锡化合物常用作聚氯乙烯的热稳定剂，无毒，但价格高。聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚碳酸酯等塑料中常加入光稳定剂，以阻止树脂由于受到光的作用而引起降解。光稳定剂的种类有紫外线吸收剂、光屏蔽剂等。羟基类衍生物、苯甲酸酯类及炭黑等常用作紫外线吸收剂。聚乙烯、聚丙烯、ABS 等树脂在加工、储存和使用过程中会发生氧化而降解，需加入抗氧化剂。酚类及胺类有机物常用作抗氧化剂。稳定剂的含量一般为塑料的 0.3% ~ 0.5%。

(3) 增塑剂 为了增加塑料的可塑性和柔软性，改善其成型性能，降低刚性和脆性，塑料中常加入增塑剂。常用的增塑剂是一些高沸点的液态有机化合物或低熔点的固态有机化合物。理想的增塑剂必须在一定范围内能与合成树脂很好相溶，并具有不易挥发、化学稳定性好、耐热、耐光、无色、无臭、无毒等性能。增塑剂的加入会降低塑料的稳定性、介电性能和机械强度。塑料制品的老化现象就是由于增塑剂中的某些挥发物质逐渐从制品中逸出而产生。因此，在增塑剂中应尽可能地减少增塑剂的含量，大多数塑料一般不添加增塑剂。常用的增塑剂有邻苯二甲酸二丁酯、邻苯二甲酸二辛酯、樟脑等。

(4) 着色剂(别名色母) 合成树脂的本色大多是白色半透明或无色透明的。为了塑件的美观，在工业生产中常利用着色剂来改变合成树脂的本色，从而得到颜色鲜艳漂亮的塑件。对着色剂的要求是着色能力强、色泽鲜艳、耐热、耐光。常用的着色剂有染料(士林兰)和颜料两类，此外有发光着色剂、荧光粉、金属散片等。颜料有无机颜料和有机颜料两种，如颜料钠猩红、黄光硫靛红棕、颜料蓝、炭黑等是有机颜料；铬黄、绛红镉、氧化铬、铝粉末等是无机颜料。

(5) 润滑剂 润滑剂对塑料的表面起润滑作用，防止塑料在成型过程中粘附在成型设备或模具上，同时还能改善塑料熔体的流动性以及提高塑料制品表面的光亮度。常用的润滑剂有硬脂酸、石蜡、金属皂类(硬脂酸钙、硬脂酸锌)等。润滑剂的用量通常小于 1%。

此外，在塑料中还可加入一些其他的添加剂。例如，阻燃剂可降低塑料的燃烧性；发泡剂可制成泡沫塑料；固化剂可使热固性合成树脂成型时完成交联反应而固化；防静电剂可使塑件具有适量的导电性能以消除带静电的现象。

另外，塑料还可制成“合金”，即把不同品种、不同性能的塑料用机械的方法均匀掺合

在一起(共混改性),或者将不同单体的塑料经过化学处理(聚合改性)则可得新性能的塑料。例如,ABS塑料就是由丙烯腈、丁二烯和苯乙烯三种组分组成的三元共聚物。

二、塑料的分类

目前,世界范围内已制造出大约 300 多种可加工的塑料原料(包括改性塑料),常用的有 30 多种。塑料的分类方法也很多。

1. 按成型性能分类

按塑料中合成树脂的分子结构及热性能的不同,塑料可分为热塑性和热固性塑料两类。

(1) 热塑性塑料 热塑性塑料的分子结构呈链状或枝状,常称为线性聚合物,如图 2-1a、b 所示。这些分子通常互相缠绕但不连结在一起,这些缠绕在一起的分子既可互相吸引又可互相排斥,因而塑料具有弹性。高分子聚合物受热后会软化或熔融,因此塑料具有可塑性,此时可成型加工,冷却后固化,保持已成型的形状。如果再次加热,又可以软化并熔融,成为可流动的粘稠液体,可再次成型为一定形状的制品。在成型过程中一般只有物理变化而没有化学变化。

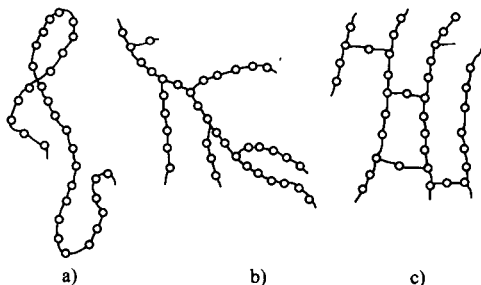


图 2-1 高分子物质的结构示意图

a) 链状结构 b) 树枝状结构 c) 网状结构

由于热塑性塑料具有上述特性,因此在塑料加工过程中产生边角料及废料可以回收掺入原料中使用。

热塑性塑料又可分为结晶型塑料和无定形塑料两种。结晶型塑料分子链排列整齐、稳定、紧密,而无定形塑料分子链排列则杂乱无章。因而结晶型塑料一般都较耐热、不透明和具有较高的力学强度,而无定形塑料则与此相反。属于结晶型的常用塑料有聚乙烯、聚丙烯和聚酰胺(尼龙)等;属于无定形的常用塑料有聚苯乙烯、聚氯乙烯和 ABS 等。

(2) 热固性塑料 热固性塑料在加热开始也具有链状或树枝状结构,因而具有可塑性和可溶性,当继续加热时,这些链状或树枝状分子逐渐变成网状结构(称之为交联反应),如图 2-1c 所示。当温度达到一定值后,交联反应进一步发展,分子变为体型结构,成为既不熔化又不溶解的物质(称为固化)。由于分子的链与链之间产生了化学反应,所以当再次加热时,这类塑料便不再软化,不再具有可塑性,直至在很高的温度下被烧焦炭化。显然,热固性塑料的耐热性能比热塑性塑料好。常用的热固性塑料有酚醛、脲醛、三聚氰胺-甲醛、不饱和聚酯等。

热塑性塑料常采用注射、挤出或吹塑等方法成型。热固性塑料常用于压缩成型,有的也可以采用注射成型。

由于塑料的主要成分是高分子聚合物,塑料常常用聚合物的名称命名,因此,塑料的名称大都冗长繁琐,说与写均不方便,所以常用国际通用的英文缩写字母来表示。表 2-1 列出常用的热固性塑料和热塑性塑料。其他热固性塑料和热塑性塑料的缩写和名称请参阅有关的塑料材料手册或塑料模设计资料。

表 2-1 常用热塑性塑料和热固性塑料

种类	中文名称与缩写代号		种类	中文名称与缩写代号	
热塑性塑料	聚氯乙烯 (PVC)	硬聚氯乙烯 (RPVC)	热塑性塑料	聚砜	聚砜 (PSF)、聚芳砜 (PAS) 聚醚砜 (PES)、聚苯砜 (PPSU)
		软聚氯乙烯 (SPVC)			线型聚酯树脂 (PETP)
	聚乙烯 (PE)	低密度聚乙烯 (LDPE)		聚苯醚 (PPO)	
		高密度聚乙烯 (HDPE)		纤维素衍生物塑料	硝酸纤维素塑料 (赛璐璐) CN
		线性低密度聚乙烯 (LLDPE)			醋酸纤维素塑料 (CA)
		超低密度聚乙烯 (VLDPE)			乙基纤维素塑料 (EC)
	聚苯乙烯 (PS)				羧甲基纤维素塑料 (CMC)
	聚丙烯 (PP)		热固性塑料	酚醛树脂	酚醛塑料粉 (又称电木粉或胶木粉) PF
	聚甲醛 (POM)				纤维状酚醛塑料
	聚碳酸酯 (PC)				层状酚醛塑料 (玻璃布层酚醛塑料又 称为“玻璃钢”)
	丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物 (ABS)			氨基树脂	脲醛塑料 (脲醛压塑粉俗称“电玉”) UF
	氯化聚醚 (CPT)				三聚氰胺-甲醛塑料 (MF)
	聚甲基丙烯酸甲酯 (有机玻璃) PMMA				环氧树脂 (EP)
	聚酰胺 (尼龙)	尼龙 66 (PA66)		不饱和或体型聚酯树脂 (UP 等)	
		尼龙 6 (PA6)	有机硅塑料 (DSMC)		
		尼龙 11 (PA11)			
	氟塑料	聚四氟乙烯, 俗称塑料王 (PTFE)			
		聚三氟乙烯 (PCTFE)			
		聚偏氟乙烯 (PVDF)			
		聚氟乙烯 (PVF)			

2. 按用途分类

按照塑料的性能和用途，塑料可分为通用塑料、工程塑料和特种塑料等。

(1) 通用塑料 指的是产量大、用途广、价格低、性能一般的塑料，通常用作非结构材料。目前世界上公认的通用塑料有聚乙烯 (PE)、聚丙烯 (PP)、聚苯乙烯 (PS)、聚氯乙烯 (PVC)、酚醛塑料 (PF) 和氨基塑料六大类，其产量约占世界塑料总产量的 80%。

(2) 工程塑料 是指那些可用作工程结构材料的塑料，它的力学性能、耐磨性、耐腐蚀性能及耐热性等均比通用塑料优良，因而在机械制造、轻工、电子、日用、宇航、导弹、原子能等工程技术部门得到广泛应用。目前工程上使用较多的塑料有 ABS、聚酰胺 (PA)、聚甲醛 (POM)、聚碳酸酯 (PC)、聚苯醚 (PPO)、聚苯硫醚 (PPS)、聚砜 (PSF)、聚酰亚胺 (PI)、聚醚醚酮 (PEEK) 以及各种增强塑料。

所谓增强塑料是指塑料中加入玻璃纤维、布纤维等增强材料，以进一步改善塑料的力学性能 (称为增强改性)。按塑料的类型不同，增强塑料可分为热固性增强塑料和热塑性增强塑料。热固性增强塑料又称为玻璃钢，热塑性增强塑料包括增强聚酰胺、增强聚碳酸酯、增强聚甲醛、碳纤维增强聚四氟乙烯等。

与未增强的塑料相比，增强塑料有如下优越性能：提高了力学性能，如抗拉强度、抗弯

强度、疲劳强度、蠕变极限、刚度和表面硬度等，其机械强度达到甚至超过合金钢；改善了热性能，如提高了热变形温度，降低了线胀系数，提高了热导率，改善了阻燃性等；降低了吸水性，提高了尺寸稳定性；改善了电性能；抑制应力开裂等。但增强塑料制品接缝强度、光泽度、透光率有所降低，有些增强塑料的力学性能、成型收缩率和线胀系数会出现不同程度的方向性。

除此以外，塑料还可通过其他方法改性，如填充改性、共聚改性、共混改性、电镀改性和低发泡改性等。由于开发新的塑料品种费用巨大，而改性塑料具有许多优越性能，因此，如何将现有塑料通过各种手段加以改性，以满足成型性能和使用性能的要求，是当前塑料工业发展中值得重视的课题。

(3) 特种塑料 指那些具有特殊功能、适合某种特殊用途的塑料，如医用塑料、光敏塑料、导磁塑料、超导电塑料、耐辐射塑料、耐高温塑料等。特种塑料又称为功能塑料，其主要成分是树脂，有的是专门合成的树脂，也有一些是采用上述通用塑料和工程塑料用树脂经特殊处理或改性后获得特殊性能。

随着塑料应用范围的不断扩大，工程塑料和通用塑料之间的界限越来越难划分，例如聚氯乙烯(PVC)作为耐腐蚀材料已大量应用于化工机械中，显然，按用途分类，它也属于工程塑料。

三、塑料的供给状态

塑料的供给状态是多种多样的。按照成型加工方法可分为纤维料、层状料、模塑料和加工料；按塑料的形态可分为粉料、粒料、纤维料、层状料、溶液和分散体。

粉料和粒料在生产中用得比较多。粉料的配制通常是将塑料各组分放在混和设备中，按一定的工艺步骤混合即可。粒料的制造需通过塑炼和造粒。塑炼是将经过混和的粉料置于塑炼设备中，借助加热和剪切应力作用使聚合物熔融，驱除挥发物等杂质，并进一步分散其中的不均匀组分；造粒是将经过塑炼后的物料通过粒化设备或装置使之成为粒料，粒料更有利于成型出性能一致的制品。

溶液的主要组分是树脂与溶剂，以及适量的增塑剂、稳定剂、色料和稀释剂等。塑料成型中所用溶液，有的是在树脂合成时特意制成，有的则是在使用时，通过配制设备用一定的方法配制而成。由于溶剂在制品生产过程中已经挥发掉，所以用溶液为原料制成的制品中并不含溶剂。

分散体是指树脂与非水液体形成的悬浮体，通称为溶胶塑料或“糊”塑料。非水液体也称分散剂，它包括增塑剂(如邻苯二甲酸酯类等)和挥发性溶剂(如甲基异丁基甲酮等)两大类。除了树脂和非水液体之外，溶胶塑料还可根据使用目的不同而加入各种添加剂，如稀释剂、稳定剂、填充剂、凝胶剂、着色剂等。加入的组分和比例不同，溶胶塑料的性质就会出现差异。将树脂、分散剂和其他添加剂一起加入球磨机或其他混合机械中混合即可制得溶胶塑料。

纤维状料是指树脂中加入纤维状填料，使之成为具有很高冲击强度的塑料，如石棉纤维酚醛塑料、玻璃纤维酚醛塑料、有机硅石棉压塑料等。

层状料是指将各种片状填料浸渍树脂溶液(如酚醛树脂)制成，根据填料不同又可分为纸层酚醛塑料、布层酚醛塑料、石棉布层酚醛塑料和玻璃布层酚醛塑料等，玻璃布层酚醛塑料又称为“玻璃钢”。

不同性能和形态的塑料适用于不同的成型加工方法，见表 2-2。

表 2-2 塑料的形态及适用的加工方法

塑料的形态			适用的成型加工方法
模 塑 料	1	粉料：如电木粉、电玉粉、聚四氟乙烯、聚氯乙烯	压缩成型、压注成型、注射成型、冷压烧结成型、压延成型、挤出成型、吹塑成型等
	2	粒料：如氨基压塑料、氨基注塑料、聚苯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、尼龙、聚甲醛等	注射成型、压缩成型、压注成型、挤出成型、吹塑成型等
	3	纤维状料：如酚醛玻纤压塑料、氨基玻纤压塑料、有机硅石棉压塑料等	压缩成型、压注成型、注射成型等
	4	层状料：如浸渍纸、浸渍棉布、浸渍石棉布、浸渍玻璃布等	压缩成型、层压模塑、卷绕成型等
	5	分散体(塑料糊)：如 PVC 糊等	压延成型(生产人造革、壁纸等)、搪塑(生产玩具等)、滚塑(生产玩具、皮球等)、喷涂(金属表面的塑料涂层)等
	6	树脂溶液：如环氧树脂、有机硅树脂、酚醛树脂，不饱和聚酯、有机玻璃、浇铸尼龙、醋酸纤维等	浇铸成型、流涎成型(生产薄膜)、低压成型等
加 工 料	1	热固性塑料板材如纸层压板、布层压板、玻璃布层压板等	机械加工、粘接、铆接、螺栓联接等
	2	热固性塑料棒材如纸、棉布、玻璃布等层压棒或卷绕棒	
	3	热固性塑料管材如纸、棉布、玻璃布等层压管或卷绕管	
	4	热塑性塑料片材：如硬 PVC 片、软 PVC 片、PE 片、PP 片、ABS 片、PMMA 片等	热成型、粘接、焊接、印刷、烫印、镀膜等
	5	热塑性塑料板材：如硬 PVC 板、PMMA 板、PP 板、PE 板等	热成型、粘接、焊接、铆接、螺纹联接、机械加工等
	6	热塑性塑料棒材：如 PVC、PA、POM、PC、ABS、PE、PP、PS、PMMA、F-4 等棒	热成型、机械加工、焊接、粘接等
	7	热塑性塑料管材：如硬 PVC、软 PVC、PE、PP、ABS、PA、PC 等	热成型、机械加工、焊接、粘接等
	8	塑料薄膜：如软 PVC、PE、PP、PS、PA、F-4 等薄膜	热合、复合、印刷、镀膜、烫印等
	9	泡沫塑料型材：多制成板材，如 PVC、PS、PUR 等	机械加工、热切割等
	10	塑料溶液：如粘合剂、涂料等	粘接、喷涂等
	11	分散体：如涂料等	喷涂等

第二节 塑料的加工适应性

一、塑料的可加工性能

塑料在不同温度下具有不同的物理状态，处于不同状态下的塑料具有不同性能，这些性

能在很大程度上决定了塑料对加工的适应性。下面以热塑性塑料为例说明塑料的物理状态与温度及成型加工的关系,如图 2-2 所示,其中 T_g 称为玻璃化温度,是塑料从玻璃态转变为高弹态(或相反)的临界温度; T_f 称为粘流温度,是塑料从高弹态转变为粘流态(或相反)的临界温度; T_m 则是结晶型塑料(分子排列规整有序)熔融和凝固之间的临界温度; T_d 称为热分解温度,是塑料在高温下开始分解的临界温度。

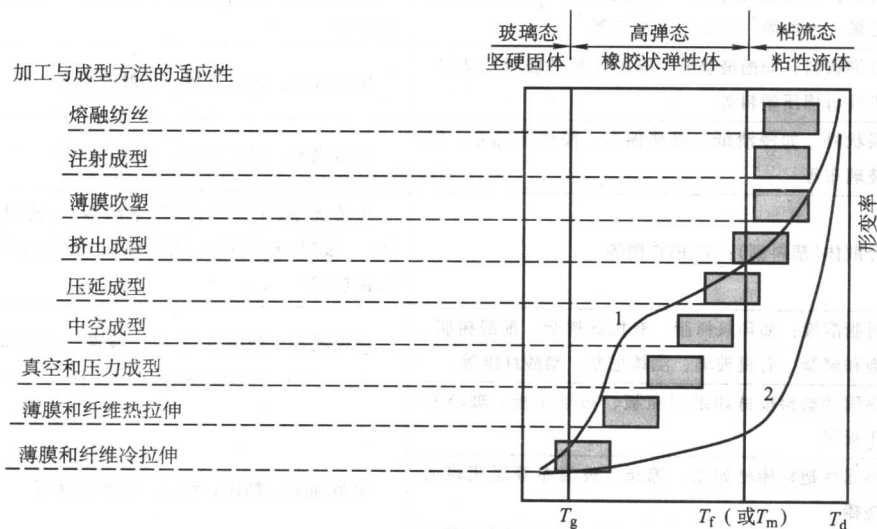


图 2-2 塑料的物理状态与温度及成型加工的关系

1—非结晶型树脂 2—结晶型树脂 T_g —玻璃化温度 T_f —无定形塑料粘流温度
 T_m —结晶型塑料熔点 T_d —热分解温度

由图可见,塑料在温度 T_g 以下处于玻璃态(或结晶态),呈坚硬固体状,在外力作用下只能发生很小的弹性变形,不宜进行大变形成型加工,但可进行车、铣、刨、磨等切削加工。通常多数塑料的 T_g 都高于室温,而少数塑料和橡胶的 T_g 却低于室温,如高密度聚乙烯玻璃化温度为 -80°C 。所有塑料在 T_g 以下还存在一个脆化温度 T_x ,塑料在此温度下受力很容易断裂,所以 T_x 是塑料使用的下限温度。

无定形塑料在 $T_g \sim T_f$ 之间处于高弹态,在不太大的外力作用下,可获得很大的弹性变形。当外力一解除,这种弹性变形会产生回复。对于无定形塑料,在高弹态靠近塑料流动或软化温度 T_f 一侧的区域内,材料的粘性很大,某些塑料可进行真空成型、压力成型、压延和弯曲成型等。此时的变形是可逆的,为了得到符合产品形状尺寸要求的塑件,在加工中要把塑件温度迅速冷却到 T_g 以下。对于结晶型聚合物(结晶型塑料),在外力作用下,可在 $T_g \sim T_m$ 的区域内进行薄膜或纤维的拉伸。 T_g 是大多数塑料加工的最低温度。

塑料在温度 T_f (T_m) 以上处于粘流态,在外力作用下具有流动性。通常呈粘流态的塑料称为熔体。在 T_f 以上不高的温度范围内,可进行压延、挤出和吹塑成型等。在更高的温度下,较小的外力就能引起熔体的宏观流动,产生不可逆的形变,冷却后可将形变保留下来。在这个温度范围内常可进行熔融纺丝、注射、挤出和吹塑成型等加工,但温度过高则会引起制品飞边、毛刺、翘曲等弊病,当温度高到分解温度 T_d 时还会导致塑料分解,产生有毒有害气体,降低制品的内部质量或引起制品外观不良。