

普通高等教育材料成形及控制工程专业规划教材

塑料成型工程学

刘守荣 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育材料成形及控制工程专业规划教材

塑料成型工程学

主 编 刘守荣
副主编 张恩祥 李东成
参 编 李大永 汤修映 井维峰
主 审 连建设



机械工业出版社

本书的主要内容包括塑料成型基础、塑料成型工艺、塑料成型模具、塑料成型设备和塑料成型计算机辅助技术四大部分,形成了与塑料成型相关的材料、工艺、模具及设备知识体系。着重介绍了塑料的性能、一次与二次成型及加工工艺原理与特点;阐述了塑料注射、压缩、压注、挤出成型模具的典型结构与设计方法,以及注射、压制成型设备;引入了反应、双色、气体辅助、夹芯成型等新工艺,并对无流道、精密、叠层等新型模具结构和 CAD/CAE/CAM 技术也作了介绍。

本书语言通俗,深入浅出,可作为高等工科院校模具设计与制造专业、材料成形与控制工程专业、机械制造与自动化专业师生的教材,也可作为从事模具设计与制造工艺的技术人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

塑料成型工程学/刘守荣主编. —北京:机械工业出版社, 2006.7
普通高等教育材料成形及控制工程专业规划教材
ISBN 7-111-19370-9

I. 塑... II. 刘... III. 塑料成型 - 高等学校 - 教材
IV. TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 063988 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:冯春生 责任编辑:董连仁 版式设计:冉晓华
责任校对:李秋荣 封面设计:姚毅 责任印制:杨曦
北京机工印刷厂印刷
2006 年 8 月第 1 版第 1 次印刷
169mm × 239mm · 12.25 印张 · 477 千字
定价:29.00 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
编辑热线电话 (010) 88379711
封面防伪标均为盗版

前 言

近年来,塑料加工业在我国取得了长足的发展,迅速成为当今最常用、最具前景的加工方法之一,所以它在工业中的地位越来越重要。塑料加工是一个从材料到制品涉及到很多加工方法和工模具设备,并需要方方面面的专家、技师通力协作才能进步的技术领域。面向 21 世纪的塑料加工业正从以机器为特征的传统技术时代迈向以信息为特征的系统技术时代。所以对塑料加工技术的发展与塑料模具在数量、质量、精度和复杂程度等方面提出了更高的要求,因而其知识更新迅速。塑料成型工程学是一门专业性很强的课程,除了在给予学生定性理论认识的基础上,更重要的是传授给学生感性的、直接的、能真正在生产实践中应用的知识和经验。

本书围绕拓宽知识面,注重应用、创新、交叉能力培养的宗旨,突出高分子材料知识、新塑料成型工艺、新模具设计方法,特别是计算机在塑料成型 CAD/CAE/CAM 技术中的应用等。主要内容包括塑料成型基础、塑料成型工艺、塑料成型模具、塑料成型设备和塑料成型计算机辅助技术四大部分,形成了与塑料成型相关的材料、工艺、模具及设备的知识体系。着重介绍了塑料的性能、一次与二次成型及加工工艺原理与特点;阐述了塑料注射、压缩、压注、挤出成型模具的典型结构与设计及注射、压制成型设备;引入了反应、双色、气体辅助、夹芯成型等新工艺、并对无流道、精密、叠层等新型模具结构和 CAD/CAE/CAM 技术也作了介绍。

本书由中国农业大学刘守荣担任主编,张恩祥、李东成担任副主编,吉林大学连建设担任主审。全书共分十九章,其中绪论、第一、二、三、四章由中国农业大学刘守荣编写;第五、六、七、八章由上海理工大学井维峰编写;第九、十、十一、十二、十三章由吉林大学李东成编写;第十四、十五、十七、十八章由中国农业大学汤修映编写;第十六、十九章由上海交通大学李大永、北京联合大学张恩祥编写。

本书在编写过程中得到了中国农业大学教务处精品教材建设项目的资助,并得到了机械工业出版社的大力支持,在此谨向有关单位和专家、编辑表示诚挚的谢意。

由于编写人员水平与资料所限,书中错误和疏漏在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

绪论	1
----	---

第一章 塑料成型基本知识	8
--------------	---

第一节 塑料的组成与分类	8
--------------	---

第二节 塑料的性能	13
-----------	----

第三节 塑料的可加工性	31
-------------	----

第二章 一次成型	36
----------	----

第一节 注射成型	36
----------	----

第二节 压制成型	47
----------	----

第三节 挤出成型	50
----------	----

第四节 压延成型	59
----------	----

第五节 浇铸成型	64
----------	----

第六节 涂覆	68
--------	----

第三章 塑料二次成型与加工	79
---------------	----

第一节 二次成型	79
----------	----

第二节 二次加工	90
----------	----

第四章 塑料制件的设计原则	109
---------------	-----

第一节 制件的选材及尺寸精度确定	109
------------------	-----

第二节 制件的普通结构设计	115
---------------	-----

第三节 制件的特殊结构设计	121
---------------	-----

第五章 注射成型模具设计基础	127
----------------	-----

第一节 普通注射成型模具的典型结构及分类	127
----------------------	-----

第二节 塑料注射机的技术规格与选择	132
-------------------	-----

第六章 注射模具成型零部件设计	135
-----------------	-----

第一节 普通注射成型模的典型零部件结构及分类	135
第二节 注射模具工作尺寸设计计算	147
第七章 注射模具结构零件设计	159
第一节 注射模具标准模架	159
第二节 注射模具导向与定位机构设计	160
第三节 注射模具排气机构设计	165
第八章 注射模浇注系统设计	166
第一节 浇注系统设计原则	166
第二节 主流道设计	167
第三节 分流道设计	168
第四节 浇口设计	170
第五节 冷料穴设计	175
第九章 注射模塑件脱模机构设计	177
第一节 概述	177
第二节 脱模力计算	179
第三节 简单脱模机构	182
第四节 双脱模机构	190
第五节 顺序脱模机构	191
第六节 二次脱模机构	193
第七节 浇注系统凝料的脱出和自动坠落	198
第八节 带螺纹塑件脱模机构	203
第十章 注射模侧向分型与抽芯机构设计	212
第一节 概述	212
第二节 斜导柱分型与抽芯机构	213
第三节 弯销分型与抽芯机构	226
第四节 斜滑块分型抽芯机构	228
第五节 齿轮齿条抽芯机构	231
第十一章 注射模具温度调节系统	234
第一节 概述	234
第二节 模具冷却面积的计算	236

VI

第三节	模具冷却系统设计原则	238
第四节	常见的各种冷却系统结构	242
第十二章	无流道浇注系统	245
第一节	绝热式流道注射模具	245
第二节	热流道模具	249
第十三章	热固性塑料、发泡与精密注射模具	261
第一节	热固性塑料注射成型模具	261
第二节	发泡塑料注射成型模具	268
第三节	精密注射成型模具	271
第十四章	压缩成型模具	276
第一节	模具结构及分类	276
第二节	压缩模零件设计	279
第三节	压缩模设计举例	283
第十五章	压注成型模具	285
第一节	模具结构及分类	285
第二节	压注模结构设计	287
第三节	压注模设计举例	291
第十六章	挤出成型模具	293
第一节	挤出成型机头概述	293
第二节	管材挤出成型机头	296
第三节	薄膜、棒材、线缆包覆挤出成型机头	304
第四节	板材和片材挤出成型机头	312
第五节	异型材挤出成型机头	316
第十七章	注射成型设备	321
第一节	注射成型机的分类及工作过程	321
第二节	注射成型机的结构	325
第三节	其他注射成型机简介	347
第十八章	压制成型设备	350

第一节	塑料液压机的的工作原理及其分类	350
第二节	塑料液压机的本体结构	352
第三节	塑料液压机的液压系统	357
第四节	其他塑料液压机简介	358
第十九章	塑料模具 CAD/CAE/CAM 技术	361
第一节	塑料模具 CAD 技术	362
第二节	塑料模具 CAE 技术	368
第三节	塑料模具 CAM 技术	373
第四节	塑料模具 CAPP 技术	376
参考文献		381

绪 论

一、塑料及其应用

蛋白质、纤维质等高分子物质是构成动物、植物及一切生物的基本成分，进入 20 世纪后，人类就已经能够用适当的化学反应来生产这样的高分子物质了。1939~1945 年的第二次世界大战促进了合成化学工业的发展，技术方面取得了显著的进步，产量也有了巨大增长，出现了一个塑料时代。这种合成的高分子物质是一种与天然高分子物质截然不同的新的化合物，它不但具有天然高分子的特长，而且具有新的性能特点，是一种优秀的材料。塑料具有质量轻、易成型、透明、不怕水、不生锈、绝缘、绝热等优越性能，对提高人类生活用品的水平有着重要意义。塑料可以定义为：以具有极大相对分子质量的有机化合物为主体，并附以添加剂，通常产品为固态，在热、压力等作用下能够流动，并可以自由地成型的一簇材料；也可以简单地认为，塑料是由有机高分子化合物构成，并能够自由成型的一类材料。虽然是高分子化合物，但如果不能自由成型就不能称为塑料，如果把这种高分子材料改性或添加辅助材料使之能够自由成型，那么按道理讲也应该叫做塑料。譬如说，纤维素是高分子材料，但不能自由成型，在其中加入醋酸或是丁酸和醋酸就变成了醋酸纤维素或丁酸醋酸纤维素，就可以自由成型，这样它也就成为了塑料。

塑料的最大优点之一是能够自由成型，这也正是其名称的起因。塑料一词的英文是 Plastics，该词源于希腊语，具有“生长”、“造型”、“发展”等意思，后来把这个词当作形容词使用，意思是“具有可塑性的”，最后才形成塑料这样一个名词。理想的塑料材料最好像钢一样强，像羽毛一样轻，像玻璃一样透明，像石英一样耐热，像纸一样便宜。目前还没有制造出符合上述全部条件的塑料，但是，譬如塑料与碳素纤维或塑料与晶须的复合材料就具有比钢还要高的强度；利用发泡技术制取的塑料像羽毛一样轻，像玻璃一样透明的塑料早已经能够制造了，这就是说，根据不同的使用要求，制造具有各种不同优异特性的塑料是可能的。

赛璐珞大概是历史最悠久的塑料，1870 年美国海厄特第一个利用硝酸将天然纤维素变为硝化纤维素，再加入樟脑制成可以成型的赛璐珞。它是由天然高分子衍生制取的，最早由低分子物质制取的塑料是贝克兰特博士制造的酚醛树脂，即用苯酚和甲醛水进行反应，生成树脂状粘稠物，并研究出使之成型的方法，因此这种树脂就以发明者的名字命名，至今也有人将酚醛树脂叫做贝克兰

特，塑料由此而诞生。酚醛树脂是热固性树脂，具有耐热性和良好的电绝缘性，主要用于插座、插头、绝缘性积层板等电气产品。

我国实行改革开放政策后，塑料工业取得了巨大的发展。其特征为：

第一，从国外引进 30 万 t 乙烯装置四套，在国内建成十大石化基地，塑料原料进入以石油化工产品为主的新阶段。

第二，大量引进国际先进成型加工设备和生产线，改善了我国塑料制品工业的装备水平，大幅度增加了塑料制品产量，提高了质量，并增强了塑料制品的开发能力。

第三，随着塑料制品成型机械和新技术的引进，提高了我国塑料成型机械的技术水平，也为塑料成型机械的发展打下坚实的基础，使国产塑料成型机械台数大幅度增加，模具工业在建立加工中心和标准化方面均获得较大进展。

第四，随着合成树脂的扩大生产和塑料成型机械模具的发展，又促进了塑料制品的加工工艺、产品结构、品种和产量的发展，并为开发新技术、新工艺、新材料打下基础。

塑料已被大量地使用，而且应用将越来越广泛。当今塑料确实已成为人类日常生活中不可缺少的物质，从家用电器到各种日用品，从涂料、粘接剂到建材、包装等，从农业到交通运输、电子电信、机械化工、航空航天等，塑料无所不在。具体应用有：

(1) 农业 农用塑料制品包括大量使用的塑料薄膜、片材、排灌与喷灌管道、鱼网、养殖箱、漂浮材料等。

(2) 制造业 在电器工业上已大量使用塑料制作绝缘材料和封装材料；在电子和仪表工业中，用塑料制作各种精密、绝缘、高强度的制件、制品及壳体；在机械工业中，用塑料制成传动齿轮、轴承、轴瓦及各种零部件；在化学工业中，用塑料制作各种防腐的容器、管道、槽、罐等。

(3) 建筑业 用塑料代替木材、金属等传统材料，制作门、窗、楼梯扶手、天花板、隔热隔音板、地板砖、地板革、地毯、输水管道、管件、塑料壁纸、装饰板和卫生洁具、煤气和天然气管道等。

(4) 国防尖端工业 塑料的特殊性能使其成为国防与尖端工业中不可缺少的材料。从常规武器、火箭、导弹、飞机、舰艇，到人造卫星、宇宙飞船和原子能工业中所用的各种耐蚀材料和高强度、高弹性模量的增强复合材料和工程塑料，都是其他材料所不能代替的。

(5) 交通与航空工业 为了减轻交通运输器和飞行器本身的质量，提高运行和飞行速度，增加载重量，降低能耗，在各种汽车、火车、船舶、飞机制造中，已大量利用各种增强塑料、夹心结构和蜂窝结构的复合塑料、工程塑料作为结构材料和重要零部件。

(6) 办公及家用电器工业 塑料已在各种办公用具如复印机、打字机、计算机,以及各种家用电器如电视机、收录机、电冰箱、洗衣机、电风扇、空调器、吸尘器的制造中,作为绝缘、保温、防腐、耐寒、防潮、阻燃的壳体以及耐磨、精密的零部件成为不可缺少的重要材料,已获得广泛的应用。

(7) 医疗及医疗器械 塑料已用于制造人工假肢、人工骨、人工肾、心脏起搏器、假牙及输血(输液)袋、一次性使用的注射器等各种医疗器械与器具,并将继续开发生物降解性医用材料、功能性医用材料和更多的人体器官材料。

(8) 包装业 新型塑料包装材料现已大批量投产并被广泛应用。塑料包装材料主要产品有:编织袋、网眼袋、集装袋、包装薄膜、复合薄膜;各种中空容器、周转箱、集装箱、开口桶、瓦楞箱、捆扎绳、打包带和泡沫塑料等。

(9) 日常用品和体育器材 塑料制品已大量涌现在人们日常生活中,获得广泛应用。例如塑料雨衣、手提包、塑料凉鞋、拖鞋;各种塑料玩具;牙刷、肥皂盒、热水瓶壳、塑料餐具等;塑料花、水果盘、盒等制品。选用增强复合塑料制作的各种体育器材,如撑杆、单双杠、赛艇等,还将不断开发新的体育器材。

二、塑料制品的生产

塑料制品的生产体系包括塑料原材料(树脂、助剂)生产、塑料的配制和塑料制品的成型、塑料成型机械和模具的生产三部分,后两部分又统称为塑料制品工业。上述三部分是塑料工业体系不可分割的重要组成部分,三者互相依存、相互制约、相互促进、共同发展。图 0-1 为塑料制品生产过程图。

塑料制品生产的原理是高质量、高效率和高性能价格比,即通过充分发挥各种树脂和各种塑料的固有特性,利用多种成型方法,借助塑料成型机械和模具使之成型为既具有一定外在几何形状和内在性能又能满足使用要求的制品和型材。

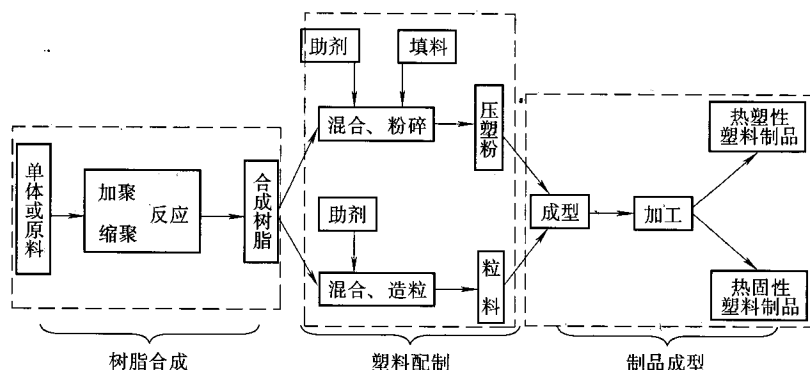


图 0-1 塑料制品生产过程图

塑料制品生产由成型、机械加工、修饰和装配四个连续的生产过程所组成，如图 0-2 所示。成型是将粒状、粉状、液态或分散体状等各种形态的塑料原料制成所需形状的制品或型材的过程。成型的方法很多，包括各种模塑、层压、压延等。机械加工、修饰、装配三个过程，通常根据制品的要求取舍。机械加工是指在成型后的制件上进行钻孔、车螺纹、车削或铣削等过程，以辅助成型过程不能完成或完成不准确而作的一些加工。修饰的目的是美化塑料制品的外观，对制品表面进行磨削、抛光、增亮、涂饰和涂敷金属等。装配是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、修饰和装配过程又称为二次加工。

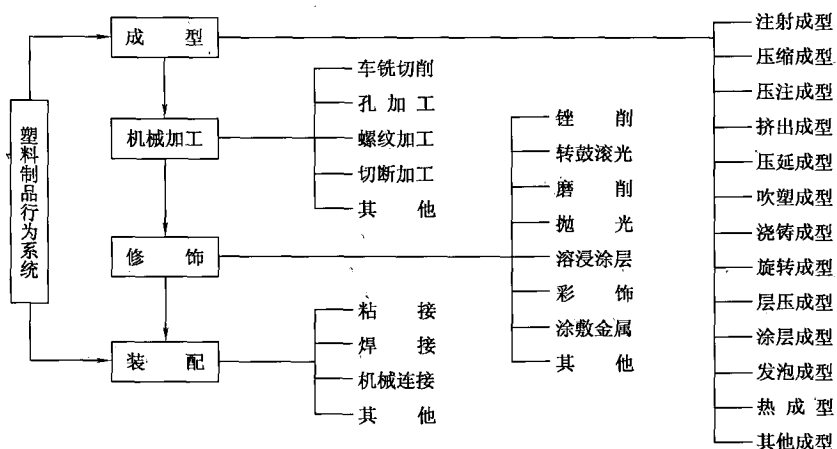


图 0-2 塑料制品成型与加工过程

三、塑料成型工艺及模具

1. 注射成型工艺及模具

用人力或传送装置将物料输送到注射机的料筒内，物料受热呈熔融状态后，在注射机的螺杆或活塞的推动下，使已熔融的塑料经喷嘴和模具的浇注系统进入型腔，经保压和充分冷却后，物料于型腔内硬化定型。这样的成型过程叫注射成型，所用的成型模具叫注射模。注射模主要用于热塑性塑料的成型。近年来，作为一种先进的成型技术越来越多地用于热固性塑料的成型。注射成型的特点是能成型复杂形状的塑件且生产率高，所以这种成型方法是塑料成型的主流，据统计，注射件约占有塑料制件总产量的 30%，注射模产量约占世界塑料成型模具产量的 50% 以上。

2. 压缩成型工艺与模具

压缩成型的加料方式是用人力直接把计量好的物料加入到敞开的模具型腔内，随后，起动压力机闭模，物料在热和压力的作用下变为流动状态，并充满

型腔的各个角落。然后,由于化学或物理的变化,使物料硬化定型。这样的成型过程叫压缩成型,所用的模具就叫压缩模。压缩模多用于热固性塑料的成型,现在也用于热塑性塑料的成型。另外还有不加热的冷压缩模,主要用于成型聚四氟乙烯坯件。

3. 压注成型工艺与模具

压注成型和压缩成型的不同处在于它在模具上设有一个预热外加料室,将物料加入预热外加料室后,利用柱塞施加压力,物料在热和压力作用下呈熔融状态并通过浇注系统充满型腔,然后固化定型。这样的成型过程叫压注成型,所用的成型模具叫压注模。压注模多用于成型热固性塑料制件。

4. 挤出成型工艺与模具

利用挤出机的加热加压装置,使处于粘流状态的塑料在高温、高压的作用下通过具有特定形状的机头口模,并经冷却定型装置硬化定型,以获得具有所需断面形状连续型材。这种成型过程叫挤出成型,所用的模具叫挤出模,也叫挤出机头。

5. 中空吹塑成型工艺及模具

利用注射或挤出制坯,将处于塑化状态的管状坯料,趁热置于模具的型腔中,然后闭合,通入压缩空气,使管坯膨胀而紧贴于模具的型腔,再经充分冷却使之硬化定型,这种成型方法叫中空吹塑成型,所用的模具叫中空吹塑成型模。

6. 气压成型工艺及模具

将片状毛坯置于凹模之上,周边用人力稍加压紧或利用自动预压紧装置压紧,随后加热使坯料软化。当坯料达到理想的软化状态时,即可将模腔内空气抽出或打入压缩空气,软化坯料在背压或压缩空气压力的作用下贴于型腔表面,经充分冷却即硬化定型,成为所需的塑件,这个过程叫气压成型,所用的成型模具就叫气压成型模。

除上述几类成型方法及模具外,还有发泡成型工艺及模具、玻璃纤维低压成型工艺及模具、浇铸成型工艺及模具、喷射成型工艺及模具等多种成型工艺和模具,因篇幅所限,这里不再一一列举。

四、塑料成型技术的发展与现状

自人工合成树脂——酚醛树脂问世以来,由于人们对它的性质认识不足,经过相当长时间的摸索,才将它变成有使用价值的塑料制品。塑料制品的成型最早是借鉴金属、陶瓷、玻璃制品的生产,通过仿制、实践逐步发展起来的。到20世纪30年代,随着合成树脂品种的增加,产量的扩大,塑料制品生产实践的积累,不断加深了对塑料特性的认识,从而促进了塑料制品生产方法技术的改进和提高。进入50年代,随着工农业的发展,尖端科学技术的出现,要求塑料制品在具有优良性能的同时,对塑料制品的结构、尺寸精确度、质量和数量

上都提出了更高的要求,从而推动了塑料制品生产方法的革新、制品设计上的创新及新型塑料成型机械及模具的设计与制造方法的问世。20世纪90年代初,世界合成树脂产量已达到9650万t,按体积计算,已超过世界钢的年产量。塑料正向高性能、高功能化和多用途方面发展。21世纪世界将进入塑料化的时代,各国国民经济各部门所需要的工程用材料中,塑料将占70%~85%,而钢铁仅占20%左右。世界塑料成型机械、设备和模具发展也很快,在机械产品的品种和规模上都成倍增长,而且主要品种已标准化、系列化。成型设备多采用微机电脑控制,并能实现屏幕显示和闭环控制。

目前,我国已跻身世界塑料工业大国的行列,我国塑料模具的设计与制造有了长足的进步。在大型塑料模方面,已能生产34in大屏幕彩电塑壳模具,6kg大容量洗衣机全套塑料模具及汽车保险杠和整体仪表板等的塑料模具。模具质量可达10~20t。在精密塑料模具方面,能生产多型腔小模数齿轮模具和600腔塑封模具,还能生产厚度仅为0.08mm的一模二腔的航空杯模具和难度较高的塑料门窗挤出模等。在制造技术方面,首先是采用CAD/CAM技术,用计算机造型、编程并由数控机床加工已是主要手段,CAE软件也得到应用。一般均采用内热式或外热式热流道装置。少数单位采用具有世界先进水平的高难度针阀式热流道模具,完全消除了制件的浇口痕迹。气体辅助注射技术已成功得到应用。在高效多色注射的应用和抽芯脱模机构的创新设计方面,也取得较大进展。在精度方面,塑件的尺寸精度可达IT6~IT7级,分型面接触间隙为0.02mm,模板的弹性变形为0.05mm,型面的表面粗糙度 R_a 为0.02~0.025 μm 。塑料模寿命已达100万次,但模具制造周期仍比国外长2~4倍,总体水平与世界发达国家相比还存在以下差距:

(1) 塑料的原材料短缺 原材料不能满足塑料制品工业的需求,每年要从国外引进大量树脂。塑料助剂品种少,质量也需提高。

(2) 塑料制品生产效益低 我国塑料制品生产以小型企业为主,小型企业固定资产投资小,生产过程自动化程度低,劳动生产率低,规模效益差,市场竞争力不强。

(3) 塑料制品结构需调整 随着我国家用电器、汽车制造、机电仪表工业的发展,急需各种工程塑料配件和制品。当前工程塑料的产量较低,制品质量差,急需拓宽工程塑料的品种和质量;此外,聚氯乙烯作为建筑材料,其软硬制品比例失调,远不能满足需要。另外,农业及包装用塑料制品,尚需开发新产品,不断提高产品质量和附加值。

(4) 技术装备水平需要提高,加强科技人才培养 通过引进和消化吸收,我国塑料制品成型装备有了较大进步,但整体装备水平仍然落后,配套性差,自动控制水平低,模具制造周期长,制造装备落后,批量小价格高,成为制约

塑料制品工业发展的因素之一。

(5) 科技力量薄弱,高级人才匮乏 从事塑料加工研究的经费不足,科研力量分散,科技力量薄弱。科技人员在塑料制品加工行业中占职工比例低,而且有经验的高级设计与制造人才缺乏,要赶超世界先进水平,尚需培养大批人才。

五、模具技术的发展趋势

随着工业产品塑料化趋势的不断增强,塑料制件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。目前塑料成型技术正朝着精密化、微型化、超大型化和自动成型的方向发展,今后塑料成型技术的发展趋势是:

(1) 加强成型理论研究 深入研究掌握塑料成型原理和工艺,加深对塑料成型过程中所发生的物理、化学变化和力学行为的认识,借以改进生产技术、方法和设备。

(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的需要,继续创新塑料成型工艺,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、反应注射成型和气体辅助注射成型等。

(3) 开发模具新结构、新材料和新工艺 重点开发精密、复杂、大型、微型、高效、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、组合模具。

(4) 应用相关新技术 为了提高模具制造精度,缩短制造周期,要广泛应用诸如快速原型制造(RPM)技术、模具高速扫描及数字化系统、三维曲面模具研磨抛光的自动化、智能化技术及模具自动加工系统等。

(5) 在模具设计制造中推广 CAD/CAM/CAE 技术 模具 CAD/CAM/CAE 技术是模具技术发展的一个重要里程碑。实践证明,该技术是模具设计制造的发展方向。由于模具 CAD/CAM 技术已发展成为一项比较成熟的共性技术,而且近年来模具 CAD/CAM 技术的硬件与软件价格已普遍降低,因此全面普及 CAD/CAM/CAE 技术已基本成熟。

六、本课程的学习目的和要求

本课程包括塑料成型工艺与塑料成型模具设计两大主题,模具设计是重点内容。通过本课程的学习,要求了解塑料成型基础理论知识、各种常用塑料成型基本原理及工艺特点,并在此基础上,掌握各种成型模具的结构特点、设计计算方法,达到能独立设计一般塑料成型模具的目的。

本课程中的大部分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理论知识外,还应注意联系实际,配合必要的现场教学、实验、实习和课程设计等教学环节。

第一章 塑料成型基本知识

塑料成型是将包括聚合物及所需添加剂的塑料原材料转变为实用材料或塑料制品的一门工程技术。为了获得合格的成型塑件，必须对塑料的组成、力学性能、成型时的物理化学变化及工艺性等有足够的认识。

第一节 塑料的组成与分类

塑料是由树脂与添加剂组成，在一定温度和压力下，能塑化流动并成型为一定形状和尺寸（通过模具），再经冷却凝固（热塑性塑料）或固化交联（热固性塑料）成为能够保持这种形状尺寸的制品。

生产中用作成型的塑料原料有粉料、粒料、溶液和塑料糊等几种，无论是哪种物料，一般都由合成树脂加上不等量的各种添加剂，其目的是为改善成型工艺性能，提高制品质量且降低成本。为了成型工艺过程的需要，将合成树脂与添加剂配制成粉料、粒料、溶液和塑料糊等，在配制过程中要通过混合使其形成均匀的复合物。在考虑塑料的性能和成型性时，首先要看它以哪种聚合物为主体以及加入了什么样的添加剂。

一、聚合物的结构

聚合物种类很多，但其形成和结构却有类似之处，比如聚乙烯是以石油裂解产生的乙烯气为原料聚合而成，乙烯的化学结构式为 $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ ，把 1000 个或 2000 个乙烯分子联结起来就形成如图 1-1 所示的聚乙烯。乙烷的结构式是 CH_3-CH_3 ，从乙烷中去掉两个氢原子就是乙烯，由于去掉了两个氢原子，所以 C 的四个“手”就多余出一只“手”，这个多余的“手”相互握在一起就变成了 CH_2-CH_2 。如果有机会，这些相互握的“手”将与相邻的乙烯像这样接连不断地握下去，则使分子变大；要使这些握起来的手放开，可以利用热、光、射线、添加剂等。

聚乙烯分子结构也可以写成 $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$ ， n 称为聚合度。把 CH_2-CH_2 这种可构成高分子的低分子化合物叫做单体。使单体变成高分子的反应或工艺过程叫做聚合，聚

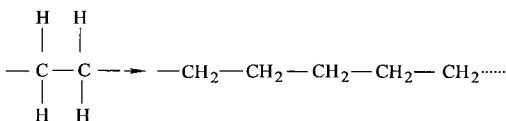


图 1-1 聚乙烯的分子结构

合生成的产物叫做聚合物。假设单体聚合按线状延伸下去，设单体的分子大小为直径 1cm 的颗粒，那么，当聚合度为 1000 时聚合物的分子即成为长 10 m 的串珠链。这种长丝状的分子集合体就是聚合物。可以想象它与单体的不同之处在于聚合，聚合使它们成为一个整体而难以随意移动。这种线状构造的树脂叫做热塑性树脂。显然聚合使它们结成了一个整体，但一经加热，分子的运动就会变得剧烈起来，相互错动也就变得容易了，因此也就变得柔软。由于热而变软，易于流动，因此取名为热塑性。

如果这些线状分子之间又在纵、横、斜方向上相互交联，那么彼此就都被固定住，向哪个方向都动不了，就像落入蜘蛛网的蚊子，这种情况下即使将它们加热，交联也不能被切断，彼此仍不能移动，因而不能变软，也就不可能具有流动性，这种结构形式叫做网状结构，具有这种结构的树脂叫做热固性树脂。如上所述，构成热固性树脂的单体除了具有上面讲到的两只“手”（叫做官能团）之外，在横向还有“手”，它们相互又拉起来构成了网状结构。在这种状态下，加热也不能使之软化。为了成型就必须使材料具有流动性，因此在成型之前只能让上述材料中的一部分“手”握起来，并且尽可能只限于两只“手”，而让其余的“手”空闲着，这些闲着的“手”随着加压、加热逐渐全都握起来，变成不能流动的网状，就是说变硬了，这个过程叫做固化。显然加热是这种固化的必要条件，所以也把这种塑料叫做热固性塑料。塑料大体上可分为加热后变软（热塑性）和加热也不能变软（热固性）两大类。从成型的角度看，热固性塑料在成型过程中由于加热、加压而产生化学反应变硬，要比加热不起反应（不拉手的）的热塑性塑料难一些，对此后面还将再作介绍，如图 1-2 所示是大分子链的结构类型。

应该注意到，同样是线型分子链的橡胶、塑料、纤维，分子链的排列方式却不同，如图 1-3 所示。纤维的分子排列得很整齐，橡胶的分子则杂乱无章。即使分子间的引力很强，但如果像橡胶分子那样乱七八糟、别别扭扭地排列，抗拉强

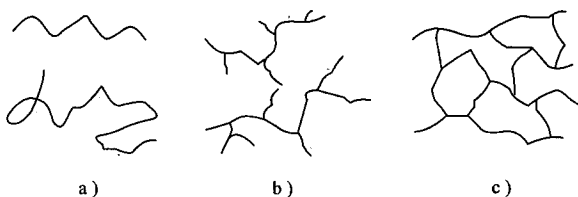


图 1-2 大分子链的结构类型

a) 线型大分子 b) 支链型大分子 c) 体型大分子

度就将变得很低。相反，如果像纤维分子那样排列得整整齐齐，则承载能力就能够充分发挥出来。尼龙所以既能够制成纤维也可以制成塑料，是因为它熔融成丝状挤出的，同时给丝施加拉力，可使分子沿丝的方向整齐排列，这种方法叫做取向。

二、塑料的添加剂