



面向“十二五”高等教育课程改革项目研究成果

塑料成型工艺与模具设计

林章辉 等 编著

. 66



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

面向“十二五”高等教育课程改革项目研究成果

11

塑料成型工艺与模具设计

林章辉 等 编著

本书编委会

主 编 林章辉

副主编 马海英 蒋小波
刘振波 张旭红

7Q320.66

1542

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

本书以培养学生编制塑料成型工艺与设计模具结构的能力为核心,以模具设计的整个工作过程为导向,以几套典型模具为载体,训练学生的岗位素质能力。

全书共分3个模块16个项目,第一模块通过选择与分析塑料原材料、确定塑料成型方法及工艺过程、分析塑件结构工艺性和确定塑件成型工艺参数4个项目的训练,培养学生分析塑料性能和塑件结构工艺性,进而编制塑料成型工艺的能力;第二模块通过初步选择注射成型设备、初步拟定模具结构、成型零部件设计、模架的选用和结构零部件设计、浇注系统的设计、推出机构的设计、温度调节系统的设计、侧向分型与抽芯机构的设计、模具工程图绘制及材料选择9个项目的训练,培养学生正确设计注射模具的能力;第三模块主要培养学生设计压缩成型模具、挤出机头的能力,对气辅成型、共注射成型等先进成型方法也能作相应的了解。

本书可作高等院校模具设计与制造专业和相关专业的教学用书,也可供从事模具设计与制造的工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

塑料成型工艺与模具设计/林章辉等编著. —北京:北京理工大学出版社, 2010. 7

ISBN 978 - 7 - 5640 - 3175 - 6

I. ①塑… II. ①林… III. ①塑料成型 - 工艺 - 高等学校 - 教材
②塑料模具 - 设计 - 高等学校 - 教材 IV. ①TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 081041 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京国马印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 21.25

字 数 / 492 千字

版 次 / 2010 年 7 月第 1 版 2010 年 7 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 2000 册

定 价 / 48.00 元

责任校对 / 王 丹

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

本书以综合素质为基础，以能力为本位，以就业为导向，是高职高专模具专业的教学用书，也可供从事模具设计与制造的工程技术人员参考。本书主要培养学生具有塑料成型工艺编制、塑料产品设计、塑料模具设计和模具制造加工等职业岗位工作能力，把提高学生能力放在突出位置，符合高职高专人才培养目标的要求。

本书以工作过程为导向，组织安排教学内容。全书共分三个模块，前两个模块按照企业注射模具设计的实际工作流程，培养学生合理编制成型工艺、优化设计模具结构、解决生产现场技术问题的能力，第三个模块主要培养设计压缩模、挤出模等其他模具的能力。全书以工作项目统领整个教学内容，通过任务驱动，完成单个项目的训练。

教材内容与职业资格证、技能证考证的知识点相融合，使学生在获得学分的同时，也能获得“塑料成型工艺师”“注塑模设计师”等职业资格证书。

教材理论内容以“必需、够用”为度，着重解决实际问题，力求做到理论联系实际。教材引用大量来自企业的案例，使复杂问题简单化、抽象内容形象化、激发学生的学习兴趣和提高教学效果。

本书由林章辉担任主编，由马海英、蒋小波、刘振波、张旭红担任副主编。本书在编写过程中得到湖南省模具协会、长沙航空职业技术学院模具教研室、3517 橡胶总厂、力源模具有限公司的大力支持和帮助，并得到众多专家的指导和鼎力相助，谨此表示衷心感谢！

由于时间仓促，编者水平有限，错误缺点在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

绪论	(1)
一、塑料成型在塑料工业中的地位	(1)
二、塑料成型方法简介	(2)
三、我国塑料成型技术发展趋势	(3)
四、课程任务与学习目标	(4)
模块一 成型工艺设计	(5)
项目一 选择与分析塑料原材料	(5)
一、项目引入	(5)
二、相关知识	(5)
(一) 塑料的组成	(5)
(二) 高聚物的分子结构	(7)
(三) 塑料的分类	(8)
(四) 塑料名称与代号	(9)
(五) 高聚物的热力学性能和成型加工适应性	(9)
(六) 高聚物在成型过程中的变化	(11)
(七) 塑料的工艺性能	(13)
(八) 常用塑料的性能及应用	(23)
三、项目实施——开关盒原材料选择	(27)
四、思考与练习	(28)
项目二 确定塑料成型方法及工艺过程	(29)
一、项目引入	(29)
二、相关知识	(29)
(一) 注射成型	(29)
(二) 压缩成型	(33)
(三) 压注成型	(35)
(四) 挤出成型	(36)
(五) 气动成型	(38)
三、项目实施——开关盒成型方法的选择与工艺过程的确定	(39)
四、思考与练习	(39)
项目三 分析塑件结构工艺性	(40)
一、项目引入	(41)
二、相关知识	(41)
(一) 塑件的尺寸、精度和表面质量	(41)

(二) 塑件结构工艺	(46)
三、项目实施——开关盒结构工艺性分析	(60)
四、思考与练习	(61)
项目四 确定塑件成型工艺参数	(62)
一、项目引入	(62)
二、相关知识	(62)
(一) 温度	(62)
(二) 压力	(63)
(三) 时间	(64)
三、项目实施——编制开关盒成型工艺卡	(64)
四、知识拓展——注射成型制件的常见缺陷及产生原因	(68)
五、思考与练习	(71)
模块二 注射模具设计	(72)
项目一 初步选择注射成型设备	(72)
一、项目引入	(72)
二、相关知识	(72)
(一) 注射机的结构	(72)
(二) 注射机的分类	(73)
(三) 注射机规格表示法	(75)
(四) 注射机有关工艺参数的校核	(76)
三、项目实施——开关盒所需成型设备的初步选择	(80)
四、思考与练习	(83)
项目二 初步拟定模具结构	(83)
一、项目引入	(83)
二、相关知识	(83)
(一) 注射模具的分类和基本结构	(83)
(二) 典型注射模具结构	(85)
(三) 分型面的选择	(88)
(四) 模具型腔的排列	(92)
三、项目实施——开关盒注射模结构的初步确定	(92)
四、思考与练习	(94)
项目三 成型零部件设计	(95)
一、项目引入	(95)
二、相关知识	(95)
(一) 成型零部件的结构设计	(95)
(二) 成型零部件工作尺寸的计算	(101)
(三) 成型零部件的强度与刚度计算	(107)
三、项目实施——开关盒注射成型零部件设计	(112)
四、思考与练习	(114)

项目四 模架的选用和结构零部件设计	(115)
一、项目引入	(115)
二、相关知识	(115)
(一) 标准模架的选用	(115)
(二) 支承零部件的设计	(121)
(三) 合模导向机构的设计	(123)
三、项目实施——开关盒注射模模架的选用	(127)
四、知识拓展——港台标准模架	(129)
五、思考与练习	(131)
项目五 浇注系统的设计	(132)
一、项目引入	(132)
二、相关知识	(132)
(一) 普通浇注系统的设计	(132)
(二) 排气系统的设计	(145)
(三) 引气系统的设计	(146)
三、项目实施	(147)
(一) 开关盒注射模浇注系统的设计	(147)
(二) 开关盒注射模排气系统和引气系统设计	(148)
四、知识拓展——热流道浇注系统	(148)
(一) 绝热流道	(149)
(二) (加) 热流道	(149)
五、思考与练习	(151)
项目六 推出机构的设计	(152)
一、项目引入	(152)
二、相关知识	(152)
(一) 推出机构的分类与设计原则	(152)
(二) 一次推出机构	(154)
(三) 二次推出机构	(160)
(四) 定、动模双向顺序推出机构	(165)
(五) 浇注系统凝料的推出机构	(165)
(六) 带螺纹塑件的脱模	(169)
三、项目实施——开关盒注射模推出机构的设计	(173)
四、思考与练习	(174)
项目七 温度调节系统的设计	(174)
一、项目引入	(174)
二、相关知识	(175)
(一) 模具温度调节系统概述	(175)
(二) 模具加热装置的设计	(176)
(三) 模具冷却装置的设计	(178)

三、项目实施——开关盒注射模冷却系统的设计	(182)
四、思考与练习	(183)
项目八 侧向分型与抽芯机构的设计	(184)
一、项目引入	(184)
二、相关知识	(185)
(一) 侧向分型抽芯机构的分类及相关计算	(185)
(二) 斜导柱侧向分型抽芯机构	(185)
(三) 斜滑块侧向分型抽芯机构	(200)
(四) 其他形式的侧向分型抽芯机构	(204)
三、项目实施——塑料端盖注射模设计	(208)
四、思考与练习	(218)
项目九 模具工程图绘制及材料选择	(218)
一、项目引入	(219)
二、相关知识	(219)
(一) 模具工程图的绘制	(219)
(二) 模具材料选用	(222)
三、项目实施	(227)
(一) 绘制开关盒注射模工程图	(227)
(二) 绘制塑料端盖注射模工程图	(227)
四、知识拓展——模具在注射机上的安装与调试	(227)
(一) 预检	(227)
(二) 吊装与紧固	(227)
(三) 顶出距离的调节	(235)
(四) 合模松紧程度的调节	(236)
(五) 模具配套部分的安装	(236)
(六) 试模	(236)
(七) 模具的维护	(237)
五、思考与练习	(238)
模块三 其他模具设计	(239)
项目一 压缩成型模具设计	(239)
一、项目引入	(239)
二、相关知识	(239)
(一) 压缩成型工艺参数	(239)
(二) 压缩模分类	(242)
(三) 压机的选用与校核	(244)
(四) 压缩模成型零部件设计	(246)
(五) 压缩模脱模机构的设计	(254)
三、项目实施——框架塑料零件模具的设计	(260)
四、知识拓展——热固性塑料废品类型、原因及处理方法	(265)

五、思考与练习	(268)
项目二 挤出模设计	(268)
一、项目引入	(268)
二、相关知识	(268)
(一) 挤出成型工艺参数	(268)
(二) 挤出成型模具与挤出机	(271)
(三) 挤出机头的结构组成及分类	(273)
(四) 典型挤出机头的设计	(275)
三、项目实施—— $\phi 250$ mm 硬聚氯乙烯管挤出机头的设计	(289)
(一) 设计要求	(289)
(二) 设计步骤	(289)
四、思考与练习	(292)
项目三 其他模塑成型技术与模具设计	(292)
一、压注成型	(292)
(一) 压注成型工艺参数	(292)
(二) 压注模分类及应用	(294)
(三) 压注模用压机的选用	(295)
(四) 压注模零部件设计	(296)
(五) 压注模浇注系统与排溢系统的设计	(301)
二、气动成型	(305)
(一) 中空吹塑成型	(305)
(二) 真空成型	(312)
(三) 压缩空气成型	(315)
三、热固性塑料注射成型	(317)
四、共注射成型	(318)
五、气体辅助注射成型	(320)
六、思考与练习	(323)
附录	(325)
参考文献	(329)

绪 论

一、塑料成型在塑料工业中的地位

塑料工业是一个新兴的工业领域。自 1907 年美籍比利时人列奥·贝克兰合成第一种塑料——酚醛塑料开始，世界塑料工业的崛起仅仅有 100 余年的历史；塑料工业又是一个发展迅速的产业。目前，不同型号、牌号的塑料达几千种之多，全球每年塑料消费量达 2.4 亿吨，且年增长 4% 左右。塑料已进入一切工业部门以及人们的日常生活中，广泛应用于家用电器、仪器仪表、机械制造、化工、医疗卫生、建筑器材、汽车工业、家用器械、日用五金以及兵器、航空航天和原子能等各个领域。

塑料工业的发展之所以如此迅猛，主要因为塑料具有以下优良特性。

(1) 密度小、质量轻。大多数塑料密度为 $1.0 \sim 1.4 \text{ g/cm}^3$ ，相当于钢材密度的 11% 和铝材密度的 5% 左右。在同样的体积下，塑料制件要比金属制件轻得多，这一特性对交通工具和空间飞行器显得特别重要，同时也适合制造轻巧的日用品和家用电器零件。

(2) 比强度 (σ_b/ρ) 高，比刚度 (E/ρ) 高。比强度和比刚度好在某些场合（如空间技术领域）具有重要意义。例如碳纤维和硼纤维增强塑料可用于制造人造卫星、火箭、导弹上的高强度、刚度好的结构零件。

(3) 化学稳定性好。对酸、碱、盐蒸气和许多化学物品都有良好的耐腐蚀能力。

(4) 电绝缘性能好，介电损耗低。广泛用于电机、电器和电子工业中的结构零件和绝缘材料。

(5) 耐磨和自润滑性能好。可以在各种液体、半干和干摩擦条件下有效地工作，可以制造轴承、轴瓦、齿轮、凸轮和滑轮等机械零件。

(6) 减振、隔音性能好。可以用于高速运转机械，而且还可以用作汽车中的一些结构零件。

(7) 成型性能好。由于塑料在一定条件下具有良好的塑性，因而可以用各种高生产率的成型方法制造制品。

(8) 黏结性能好。可以与其他非金属或金属材料牢固黏结而制成复合材料和结构零件。

(9) 具有多种防护性能（防水、防潮、防透气、防辐射）。因而它成为现代包装行业中不可缺少的新型包装材料。

此外，塑料还有良好的着色性能、光学性能和绝热性能。因此，塑料已从代替部分木材、皮革和金属材料发展成为与钢材、水泥和木材并驾齐驱的新型基础材料产业，成为国民经济中各行各业不可缺少的重要材料之一。

塑料工业包含塑料生产（树脂和半成品生产）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。

塑料制品的生产主要由塑料的预处理、成型、机械加工、修饰和装配五个基本工序组

成,如图0-1所示。有些塑料在成型前需要进行预处理(预压、预热、干燥等)。因此塑料制品生产的完整工序为:

塑料原材料→预处理→成型→机械加工→修饰→装配→塑料制品

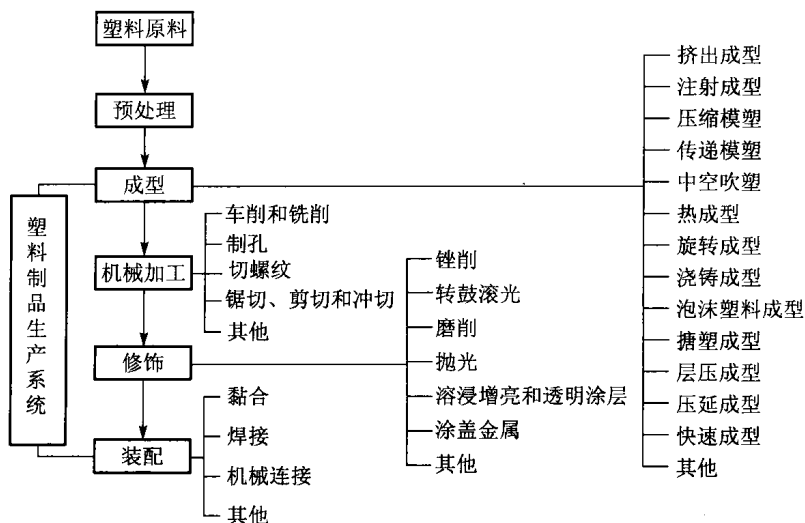


图0-1 塑料制品生产系统的组成

在五个基本工序中,塑料的成型是最重要的,是一切塑料制品和型材生产的必经过程。其他工序通常根据制品的要求而定。后3个工序有时统称为二次加工。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。

二、塑料成型方法简介

塑料成型的种类很多,主要包括各种模塑成型、层压成型和压延成型等。其中模塑成型种类较多,表0-1中列出了常用的模塑成型加工方法,如注射成型、压缩模塑、传递模塑、挤出成型、气动成型等,约占全部塑料制品加工数量的90%以上。它们共同的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做塑料成型模具(简称塑料模)。

表0-1 常用的模塑成型加工方法与模具

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、食品周围箱、塑料盆、桶、汽车仪表盘
2	压缩成型	压缩模	酚醛塑料、氨基塑料、不饱和聚酯等塑料制品
3	传递模塑	传递模	酚醛、三聚氰胺甲醛和环氧树脂等塑料制品
4	挤出成型	口模(机头)	如棒、管、板、薄膜、电缆护套、异形型材等
5	中空吹塑	口模、吹塑模具	瓶子、容器及形状较复杂的中空制品(如玩具等)

在现代塑料制品生产中,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,产品的更新也是以模具的制造和更新为前提。由于对塑料制品的品种、质量和产量的要求愈来愈高,所以对塑料模具也提出越来越高的要求,因此促使塑料模具生产不断向前发展。

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。模塑成型设备有注射机、塑料机械压力机、挤出机、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。生产中应用最广泛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约占25%~30%。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,每年生产的台数占塑料设备产量的50%,成为塑料设备生产中增长最快、产量最多的机种。

三、我国塑料成型技术发展趋势

中国塑料工业经历了从无到有、从小到大、从弱到强的几十年发展历程,已取得了辉煌的成就。目前,我国已跨入世界塑料大国的行列。特别是近20年来,我国塑料工业发展非常迅速,产量和品种都大大增加,并且已形成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)。塑料加工机械、塑料制品、塑料树脂已分别位居世界第一、第二、第三,已具备一定的实力参与国际竞争。塑料工业在国民经济的各个部门发挥了愈来愈大的作用。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、先进的型腔加工新工艺以及模具装配与精密测量手段的不断开发和应用,对保证塑料模具的加工精度和缩短加工周期起到关键性的作用。

(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,特别应加强对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/CAM/CAE技术的研究、推广和应用。模具CAD/CAM/CAE一体化技术的应用提高了模具设计与制造水平和质量,并节省了时间,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。

四、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。本课程主要通过选择与分析塑料原料、确定塑料成型工艺、选用模具结构类型及模架、设计模具结构、模具装配与试模等方面的训练，完成塑料成型工艺与模具的设计工作过程的完整训练。

通过本课程训练，应达到以下能力目标。

(1) 能应用塑料流变基础理论，分析塑料成型工艺条件，达到能编制出合理、可行的塑料成型工艺规程的能力。

(2) 能应用学过的设计知识通过查阅和使用有关设计手册和参考资料，设计中等复杂程度的模具，为设计、制造复杂塑料模打下基础。

(3) 具备正确安装模具、调试工艺和操作设备的能力，会分析和处理试模过程中产生的有关技术方面问题的能力。

(4) 初步具备对塑件质量分析的能力。

(5) 具备跟踪专业技术发展方向，探求和更新知识的自学能力。

(6) 具有合理地控制模具质量的能力。

此处，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。

成型工艺设计

项目一 选择与分析塑料原材料

☑ 能力目标:

1. 会分析并选择塑料种类
2. 会分析给定塑料的使用性能和工艺性能

☑ 知识目标:

1. 掌握塑料的组成、分类、结构特点以及常用的塑料基本性能
2. 了解塑料热力学性能与成型加工方法之间的关系
3. 熟悉常用塑料代号、性能和用途

一、项目引入

通常将塑料制品称为塑件。塑件形式多种多样,由于其使用要求不同,对于塑料原材料的要求也不同。不同的原料,其使用性能、成型工艺性能和应用范围也不同。塑料成型原材料的选取要综合考虑多方面的因素:首先要了解塑件的用途、使用过程中的环境状况,如温度高低,是否有化学介质,是否有电性能等要求;其次要了解塑件材料的性能,如塑料的组成、类型和特点等;还要了解塑料的成型工艺特性,如收缩率、流动性、结晶性、热敏性和水敏性等;在满足使用性能和成型工艺特性后,再考虑原材料的成本,如原材料的价格、成型加工难易程度、相应模具造价等。

某企业大批量生产塑料开关盒,如图 1-1-1 所示。现要求设计一套生产该塑件的模具,要求产品外形美观、外表面无斑点、无瑕疵,具有一定的强度。通过本项目,完成对塑件原材料的选择及对材料使用性能和成型工艺性能的分析,训练学生合理选择与分析塑料原材料的能力。

二、相关知识

(一) 塑料的组成

塑料是以树脂为主要成分,加入一定数量和一定类型的添加剂,在一定温度、压力作用下,可以利用模具等成型为一定几何形状和尺寸的制件的材料。根据塑料成型的需要,工业

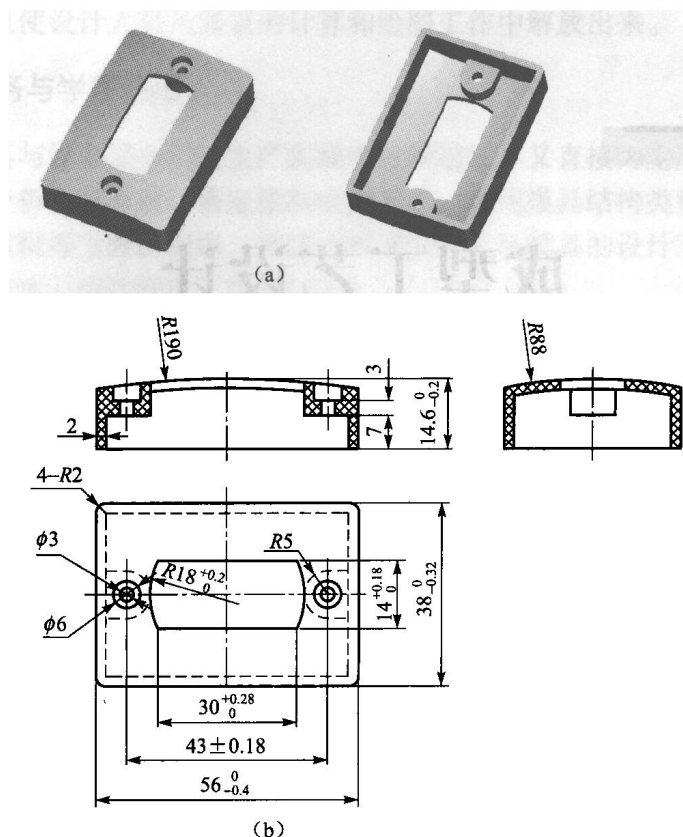


图 1-1-1 开关盒

(a) 开关盒 3D 图; (b) 开关盒 2D 图

上用于成型的塑料有粉料、粒料、纤维状、溶液和分散体几种。

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，影响着塑料的物理、化学等基本性能，胶黏塑料中的其他成分，赋予塑料可塑性和流动性。树脂可分为天然树脂和合成树脂。松香、虫胶、沥青等属于天然树脂。用人工合成的方法制成的树脂称为合成树脂，如聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯等。在生产中，一般都是采用合成树脂，树脂含量常在 40% ~ 60%。

2. 添加剂

(1) 填充剂。又称填料，是塑料中重要但并非每一种塑料都必不可少的成分。填充剂在塑料中有两种情况：一种是减少树脂含量，降低成本，起增量作用；另一种是既起增量作用又起改性作用，即不仅使塑料成本降低，而且使塑料性能得到改善，扩大了塑料的应用范围。例如，把木粉加入到酚醛树脂中，既能起到降低成本的作用，又能改善它的脆性；把玻璃纤维加入到塑料中，可大幅度提高塑料的机械强度；在聚乙烯、聚氯乙烯中加入钙质填料，可得到物美价廉的具有足够刚性和耐热性的钙塑料。此外，有的填料还可使塑料具有树脂没有的性能，如导电性、导磁性、导热性等。常用的填料有木粉、纸浆、硅藻土、云母、石棉、炭黑、玻璃纤维等。填料的含量一般不超过塑料的 40%。

(2) 增塑剂。树脂中加入增塑剂后，加大了其分子间的距离，因而削弱了大分子间的

作用力。这样便使树脂分子容易滑移,从而使塑料能在较低的温度下具有良好的可塑性和柔软性,改善了塑料的成型性能。常用的增塑剂是液态或低熔点固态的有机化合物,主要有甲酸酯类、磷酸酯类和氯化石蜡等。对增塑剂的要求是,与树脂相溶性好,不易挥发,化学稳定性好,耐热、无色、无臭、无毒、价廉等。此外,增塑剂的加入会降低塑料的稳定性,机械强度和介电性能。因此,在塑料中要尽可能少添加增塑剂,有些塑料可不添加增塑剂。

(3) 稳定剂。为了提高树脂在受外界因素(如热、光、氧和射线等)作用时的稳定性,阻止和减缓塑料在加工、使用过程中分解变质的物质称为稳定剂。对稳定剂的要求是除对聚合物的稳定效果好外,还应能耐水、耐油、耐化学药品,并与树脂相溶,在成型过程中不分解、挥发小、无色。根据不同的作用,稳定剂可分热稳定剂、光稳定剂、抗氧化稳定剂。常用的稳定剂有硬脂酸盐、铅的化合物及环氧化合物。稳定剂的用量一般为 0.3% ~ 0.5%。

(4) 润滑剂。添加润滑剂的目的是对塑料起润滑作用,改进塑料熔体的流动性,减少或避免对模具型腔的摩擦和黏附,从而使塑件的表面更加光洁,也有助于延长模具的使用寿命。常用润滑剂有硬脂酸及盐类,加入量一般为 0.5% ~ 1%。

(5) 着色剂。主要起装饰美观作用,有的着色剂还能提高塑料的光稳定性、热稳定性和抗氧化稳定性。着色剂一般有无机颜料、有机颜料和染料 3 大类。用量一般为 0.01% ~ 0.02%。

塑料的添加剂除上述几种外,还有发泡剂、阻燃剂、抗静电剂等。

(二) 高聚物的分子结构

1. 高聚物分子的结构特点

无论是天然树脂还是合成树脂,它们都属于高分子聚合物,简称高聚物。任何物质的性质都是由内部结构决定的,高分子材料结构与性能间的关系是确定其加工成型工艺的依据。更好地了解高聚物的结构与物理性能的关系,就可以正确地选择和使用成型材料,改进成型材料性能,合成新的材料。

从原子数来看,低分子化合物中所含的原子数一般都不多,而一个高聚物分子中含有成千上万、甚至几十万个原子。例如,一个水分子 H_2O 只有 3 个原子,而尼龙分子中大约有 4 千万个原子,天然橡胶分子中有 5 万 ~ 6 万个原子;在相对分子质量方面,低分子化合物只有几十或几百,如水只有 18,而高聚物则比低分子化合物的高得多,一般从几万至上千万,例如,尼龙分子的相对分子质量为 2.3 万左右,天然橡胶为 40 万;从分子长度来看,例如,低分子乙烯的长度约为 $0.000\ 5\ \mu m$,而高分子聚乙烯的长度则为 $6.8\ \mu m$,后者是前者的 13 600 倍。由此可见,高分子化合物是含有原子数多、相对分子质量很高、分子很长的巨型化合物。

聚合物的分子结构是由一种或数种原子团按照一定方式重复排列而形成的聚合物分子链结构。按照聚合物分子链的结构形式可分为 3 种类型:线形、带支链线形和体形,如图 1-1-2 所示。

线形高聚物具有弹性和塑性,在适当的溶剂中可溶胀或溶解,温度升高时会逐渐软化甚至成为熔化状态而具有可流动性,且这种特性在高聚物成型前后都存在,因而可以反复成型。线形聚合物树脂组成的塑料通常为热塑性塑料,例如高密聚乙烯、聚甲醛、聚酰胺等。体形高聚物脆性大,弹性较高,塑性很低,在成型前是可熔的,一经成型硬化后,就成为既不溶解又不熔解的固体,不能再次成型。体形聚合物树脂组成的塑料通常为热固性塑料,例

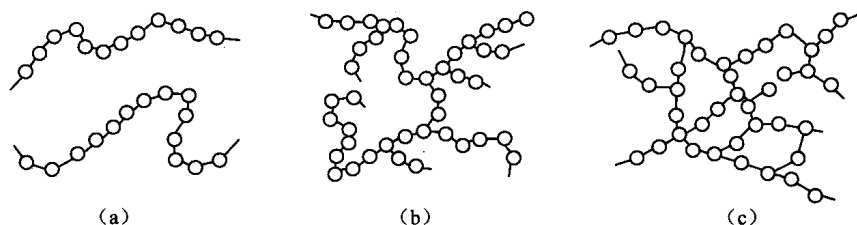


图 1-1-2 聚合物分子链结构示意图

(a) 线形; (b) 带支链线形; (c) 体形

如酚醛树脂、环氧树脂、脲醛、三聚氰胺等。带支链线形属于线形的一种,只是在线形分子链的主链上,带有一些或长或短的小支链,整个分子呈支链状,因此称为带有支链的线形聚合物。其特点是分子密度较线形低,结晶度低,其力学性能与成型性能与线形类似,低密聚乙烯即为该类塑料。

2. 高聚物分子链的聚集状态

对于某些固体材料,如果它们中的质点既是近程有序,又是远程有序,则可将它们称为晶体材料,反之则称为非晶体材料。高聚物的结构按照分子排列的几何特点,也可以分为结晶型和非结晶型两大类型,其中非结晶型高聚物又称为无定型高聚物。

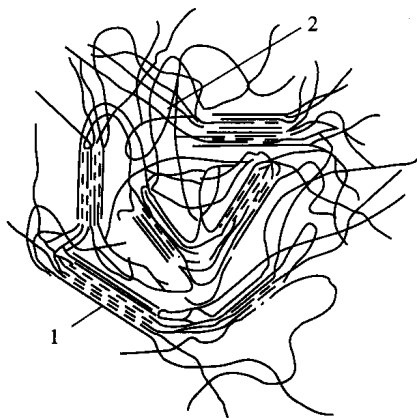


图 1-1-3 结晶型聚合物结构示意图

1—晶区; 2—非晶区

通常,分子结构简单、对称性高的聚合物以及分子间作用力较大的聚合物等从高温向低温转变时,由无规则排列逐渐转化为有规则紧密排列,这种过程称为结晶。由于聚合物分子结构的复杂性,结晶过程不可能完全进行,结晶态高聚物中实际上仍含有非晶区,如图 1-1-3 所示,其结晶的程度可用结晶度来衡量。结晶度是指聚合物中的结晶区在聚合物中所占的重量百分数。例如,低密聚乙烯的结晶度为 85% ~ 90%。

结晶对高聚物的性能影响重大,由于结晶造成了分子的紧密聚集状态,增强了分子间的作用力,所以使高聚物的强度、硬度、刚度及熔点、耐热性和耐化学性等性能都有所提高。而与链运动有关的性能,如弹性、伸

长率和冲击强度等则会降低。

无定型高聚物的质点不是完全无序的,而是大距离范围内无序,小距离范围内有序,即远程无序,近程有序。体形高聚物由于分子链间存在大量交联链,分子链难以作有序排列,所以都具有无定型结构。

(三) 塑料的分类

目前塑料品种繁多,为了便于识别和应用,通常对塑料进行分类,常用的分类方法有以下两种。

1. 按分子结构及其热性能分类

(1) 热塑性塑料。这种塑料具有线形或带支链线形分子结构。加热时,分子活动能力强,链分子间容易产生相对运动,物料形态由固态逐渐软化或熔融成胶糊状态或黏稠流体状态,但冷却后又可硬复原为固态。如此可以反复进行多次。在这一过程中一般只有物理变