



普通高等教育规划教材

塑料成型工艺与 模具设计

齐晓杰 主编

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育规划教材

塑料成型工艺与 模具设计

主 编 齐晓杰
副主编 陈绮丽 张 旭 余五新
参 编 余芙芳 段宏伟 任照坤
毕凤阳
主 审 郭铁良



机械工业出版社

本书系统地介绍了塑料成型工艺的基本理论和工艺知识,紧密结合模具技术的新发展,阐述了模具设计的理论、方法和技巧。为加强对读者解决工程实际问题的能力培养,书中还提供了一定的设计实例、图例。全书共分九章,包括塑料成型技术基础、塑料成型工艺及成型制品结构工艺性、注射模设计、注射模计算机辅助设计、压缩模与传递模设计、挤出模设计、中空吹塑和热成型工艺与模具设计、泡沫塑料成型工艺及模具设计等。

本书为普通高等学校(应用型本科人才培养类)材料成形及控制工程专业的规划教材,并可作为高职高专模具设计与制造专业教材使用,亦可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

塑料成型工艺与模具设计/齐晓杰主编. —北京:机械工业出版社, 2005.10

ISBN 7-111-17734-7

普通高等教育规划教材

I. 塑… II. 齐… III. ①塑料成型②塑料模具—设计 IV. TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 126119 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:张祖凤

责任编辑:董连仁 版式设计:冉晓华 责任校对:申春香

封面设计:陈沛 责任印制:洪汉军

北京瑞德印刷有限公司印刷

2006 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

1000mm×1400mm B5·11.5 印张·447 千字

定价:28.00 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

普通高等教育规划教材 编审委员会名单

主 任：刘国荣

副主任：左健民 陈力华 鲍 泓
王文斌

委 员：（按姓氏笔画排序）

刘向东	任淑淳	何一鸣
陈文哲	陈 峻	苏 群
娄炳林	梁景凯	童幸生

材料成形及控制工程专业教材编委会

主 任：计伟志

副主任：李 尧 王卫卫

委 员：（按姓氏笔画排序）

王高潮	邓 明	齐晓杰
肖小亭	李慕勤	张 旭
周述积	侯英玮	胡礼木
胡成武	施于庆	贾俐俐
翁其金	傅建军	

前言

随着现代制造技术的迅速发展、计算机技术的应用,在工业生产中模具已成为生产各种工业产品不可缺少的重要工艺装备。特别是在塑料产品的生产过程中,塑料模具的应用极其广泛,在各类模具中的地位也越来越突出,成为各类模具设计、制造与研究中最具有代表意义的模具之一。因此,“塑料成型工艺与模具设计”课程,已成为材料成形及控制工程专业(模具设计与制造方向)的主干专业课程。同时,各有关高校普遍重视该课程的教学改革和教材建设。本书是根据2003年1月全国材料成形及控制工程专业(模具设计与制造方向)应用型本科人才培养教材编写研讨会议制定的出版计划编写的,全书系统地介绍了塑料成型工艺的基本理论和工艺知识,紧密结合模具技术的新发展,阐述了模具设计的理论、方法和技术。本书可满足普通高等学校材料成形及控制工程专业教学需要,并可作为高职高专模具设计与制造专业教材使用,亦可供有关工程本科技术人员使用参考。

本书共分九章。第一、二章由黑龙江工程学院齐晓杰编写;第三、五章由湖南工程学院张旭、黑龙江工程学院毕凤阳共同编写;第四章由江汉大学余五新、广东工业大学陈绮丽共同编写;第六章由福建工程学院余芙蓉编写;第七章由华北航天工业学院任照坤编写;第八、九章由哈尔滨理工大学段宏伟编写。全书由齐晓杰任主编,陈绮丽、张旭、余五新任副主编,华北航天工业学院郭铁良教授主审。目录中章前带*号为选修内容。

由于编者理论水平和经验有限,书中难免有不当和错误之处,恳请读者批评指正。

编者
2005年2月

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 塑料成型制品与塑料成型技术的发展	1
第二节 塑料模具及发展趋势	2
第三节 本课程学习的主要内容及目的	5
第二章 塑料成型技术基础	7
第一节 塑料的组成和特性	7
第二节 塑料的分类与应用	12
第三节 塑料成型的工艺性能	19
第四节 塑料成型流变学基础	28
第三章 塑料成型工艺及成型制品结构工艺性	38
第一节 注射成型原理及工艺	38
第二节 压缩成型与传递成型原理及工艺	58
第三节 挤出成型原理及工艺	68
第四节 塑料成型制品结构工艺性	74
第四章 注射模设计	98
第一节 注射模分类及典型结构	98
第二节 塑料制品在模具中的位置	102
第三节 浇注系统设计	110
第四节 成型零部件设计	138
第五节 导向与定位机构设计	155
第六节 脱模机构设计	160
第七节 侧向分型与抽芯机构设计	184
第八节 温度调节系统设计	204
第九节 热固性塑料注射模设计	215
第十节 注射模的标准化	221
第十一节 注射模设计程序及设计实例	228



* 第五章 注射模计算机辅助设计	241
第一节 注射模计算机辅助设计概述	241
第二节 注射模 CAD 技术	246
第三节 注射模 CAE 技术	249
第六章 压缩模与传递模设计	258
第一节 概 述	258
第二节 压缩模成型零部件及有关机构设计	266
第三节 传递模设计	282
第四节 压缩模与传递模设计实例	288
第七章 挤出模设计	293
第一节 概 述	293
第二节 管材与棒材挤出模具设计	298
第三节 平缝形挤出模设计	309
第四节 异型材挤出模设计	312
第五节 吹塑薄膜挤出模具设计	321
第六节 电线电缆挤出模具设计	323
第八章 中空吹塑和热成型工艺与模具设计	325
第一节 中空吹塑成型工艺与模具设计	325
第二节 热成型工艺及制品结构工艺性	334
第三节 热成型模具设计	339
* 第九章 泡沫塑料成型工艺及模具设计	342
第一节 泡沫塑料压缩成型及模具设计	342
第二节 结构泡沫塑料制品成型及模具设计	346
附录	352
附录 A 塑料及树脂缩写代号 (GB/T 1844—1995)	352
附录 B 热塑性塑料的某些性能	354
附录 C 常用塑料的连续耐热温度和热变形 温度	355
附录 D 注射塑件成型缺陷分析	355
附录 E 压缩塑件成型缺陷分析	357
参考文献	360

第一章 绪 论

第一节 塑料成型制品与塑料成型技术的发展

塑料成型制品是以塑料为主要结构材料经成型加工获得的制品，又称塑料制件，简称塑件。塑料成型制品应用广泛，特别是在电子仪表、电器设备、通信工具、生活用品等方面获得大量应用。如各种受力不大的壳体、支架、机座、结构件、连接件、传动件、装饰件等；建筑用各种塑料管材、板材和门窗异型材；塑料中空容器和各种生活用塑料制品等。

塑料是 20 世纪发展起来的新兴材料，由于应用广泛，已替代部分金属、木材、皮革及硅酸盐等自然材料，成为现代工业和生活中不可缺少的一种人造化学合成材料，并与金属、木材和硅酸盐三种传统材料一起，成为现代工业生产中四种重要的原材料之一。

塑料制件的主要加工方法是塑料成型加工。塑料成型是将各种形态的塑料原料（粉状、粒状、熔体或分散体）熔融塑化或加热达到要求的塑性状态，在一定压力下经过要求形状模具（如挤出口模）或充填到要求形状模具模腔内，待冷却定型后，获得要求形状、尺寸及性能塑料制件的生产过程。塑料成型适宜生产形状复杂的薄壳体件，截面形状一定的线材；也可生产具有一定形状的结构件、连接件和传动件等。其特点是生产制品形状尺寸稳定，可实现连续生产，一模多件生产，生产效率高。

常用塑料成型工艺有注射成型、压缩成型、传递成型、挤出成型、中空吹塑成型、真空吸塑与气压成型等。塑料制件成型后，可直接使用或与其他件装配组合后使用；亦可通过机械加工、修饰等后处理工艺提高其使用性能和品质。

现代工业的发展，新型塑料的产生和对塑料制件多样化的需求，促进了塑料成型技术的不断发展与创新。近年来，出现了许多新的塑料成型工艺方法。如注射成型技术方面的无流道凝料注射成型、热固性塑料注射成型、排气注射成型、反应注射成型以及多品种塑料的共注射成型；生产复合多层容器、片材和型材的多台挤出机，将不同塑料送入共挤出模的共挤出成型；发泡塑料制品的注射和挤



出成型技术等。

目前,塑料成型技术正朝着精密化、微型化和超大型化方向发展。精密注射成型可将成型制品的尺寸公差控制在 $10\sim 1\mu\text{m}$ 之内,其制品主要用于电子、仪器仪表等工业。在成型微型制件方面,德国已研制出了注射量只有 0.1g 的微型注射机,可以生产 0.05g 左右的微型塑料制件(如手表轴等)。超大型注射机的使用可以成型超大型塑料制件,目前,法国已拥有注射量为 170kg 的超大型注射机,合模力为 150MN ;美国和日本已分别生产出注射量为 100kg 和 96kg 的超大型注射机。国产注射机的注射量已达 35kg ,合模力为 80MN 。

第二节 塑料模具及发展趋势

一、模具与塑料模具

模具是材料成型加工中的工艺装备。它是利用其特定形状去复制成型或复制加工具有一定形状和尺寸制件的工具。模具一般可多次使用,适应大批量生产,因此,是现代工业生产中重要的工艺装备。模具工业是国民经济各部门发展的重要基础,世界上工业发达国家无不把发展模具工业放在优先地位。公认为:“模具工业是现代工业发展的基石”,“模具是促进社会繁荣富裕的动力”。据国际生产协会统计,近年来工业品零件粗加工的 70% 、精加工的 50% 是由模具成型来完成的。在洗衣机、照相机、电视、电话等电器、仪器仪表、通信工具中,约有 90% 以上的零件需要用模具进行生产。模具在现代工业生产,如汽车、飞机、家用电器、电子信息、仪器仪表、农业机械、工程机械、冶金设备、机床、兵器、轻工、日用五金等行业应用广泛;模具工业的设计水平、加工质量、技术含量、模具材料等的状况将直接影响着许多相关行业或产业的发展;影响着行业企业新产品的开发和更新换代;影响着产品质量和企业的经济效益;影响着行业企业的技术进步与创新发展。因此,模具工业作为国民经济发展的基础工业,具有重要地位。

我国模具工业发展起步较晚,20世纪80年代前,模具工业基础差,技术设备落后,管理水平低。随着我国改革开放的不断深入,经济建设的高速发展,1989年国务院颁布了《关于当前产业政策要点的决定》,模具被列为机械工业技术改造序列的首位,成为重点支持发展的产业;1997年以来,又相继把模具及其加工技术和设备列入《当前国家重点鼓励发展的产业、产品和技术目录》和《鼓励外商投资产业目录》,从而极大的促进了我国模具工业的快速发展。模具产品不断向着复杂、精密、高效、长寿命方向发展,模具工业逐渐成为技术密集、设备先进、管理科学的行业。

塑料模具是成型塑料制件的工艺装备或工具。根据塑料成型工艺方法的不



同,通常将塑料模具分为注射模具、压缩模具、传递模具、挤出模具、中空吹塑模具、热成型模具等。合理的加工工艺、高效的设备、先进的模具是实现现代塑料制品生产必不可少的三大重要因素。尤其是塑料模具对实现塑料成型工艺要求、保证塑料制件质量、降低生产成本起着重要的作用。一副质量优良的塑料模具可成型几十万次,甚至上百万次。这与模具设计、选材、制造和使用维护有着很大关系。对塑料模具设计的要求是:能生产出在尺寸精度、外观、物理性能、力学性能等各方面均能满足使用要求的优质制件。在模具使用时,力求生产效率高、自动化程度高、操作简便、寿命长;在模具制造方面,要求结构合理、制造容易、成本低廉。

二、塑料模具技术发展趋势

塑料模具的结构、性能、质量均影响着塑料制件的质量和成本。首先,模具型腔的形状、尺寸、表面粗糙度、分型面、内浇道、排气槽位置以及脱模方式等,对塑件的尺寸精度、形状精度以及塑件的物理性能、力学性能、电性能、内应力大小、各向同性、外观质量,表面粗糙度、气泡、凹痕、烧焦、银纹等有着十分重要的影响。其次,在塑件成型过程中,模具结构对操作难易程度影响很大,在大批量生产塑件时,应尽量减少开、合模及取塑件过程中的手工操作,尽可能采用自动开、合模和自动顶出机构。在全自动生产时还要保证塑件能自动从模具上脱落。另外,模具制造成本对塑件的成本有很大影响。除简易模具外,一般来说制模费用很高,尤其是当批量较小时制模费用在塑件成本中所占的比例将会很大,这时应尽可能采用结构合理而简单的模具,以降低成本。从塑料模具的设计、制造及材料选择等方面考虑,塑料模具技术发展趋势可归纳为以下几方面。

1. 塑料模具标准化 模具标准化程度及其标准零件的制造规模与范围,对于缩短模具制造周期、节省材料消耗、降低成本、适应大规模批量化生产具有重要意义。目前我国模具标准化程度只达到 20%,远不及工业发达国家模具制造的标准化程度。在各种塑料模具中,只有注射模具有关于模具零件、模具技术条件和标准模架等国家标准。具体包括:塑料注射模具零件 GB/T 4169.1~4169.11—1984;塑料注射模大型模架 GB/T 12555.1~12555.15—1990;塑料注射模中小型模架 GB/T 12556.1~12556.2—1990;塑料注射模技术条件 GB/T 12554—1990 等。一些模具制造企业根据企业模具生产类型和规模,为提高生产效率,降低成本,亦制定了企业标准或采用了相应的行业标准。

目前,塑料模具标准化的研究方向是热流道标准元件和模具标准温控装置;精密标准模架、精密导向件系列;标准模板及模具标准件的先进技术和等向性标准化模块。



2. CAD/CAM/CAE 技术的应用 由于现代工业产品的不断开发和塑料制件的应用与发展,对塑料成型模具设计和制造提出的要求越来越高。传统的模具设计和制造方法已很难适应对塑料制件及时更新换代和不断提高的质量要求,为适应这些变化,先进国家的 CAD/CAM/CAE 技术在 20 世纪 80 年代中期已进入实用阶段,市场上已有商品化的系列软件出售。利用计算机进行塑料模具设计 (CAD),并初步实现了注射、挤出、中空吹塑等塑料成型工艺过程的计算机模拟分析 (CAE),这方面软件技术研究的进展,已在工程应用中取得了显著效果。利用 CAD/CAE 技术显著提高了模具设计的效率,减少了模具设计过程中的失误,提高了模具和塑料制件的质量,缩短了生产周期,降低了模具和塑料制件的成本。

随着计算机辅助制造 (CAM) 技术水平的提高,模具 CAD、CAE、CAM 技术向着一体化的方向发展。目前,美国、日本、德国等 CAD/CAE/CAM 技术应用普及率已很高,我国不少企业也已引进 CAD/CAM 软件和 CAD/CAE/CAM 集成软件,这部分软件在生产中发挥着积极的作用。同时,我国许多高等院校和科研院所在这方面也开展了大量研究和开发工作,并取得了一定成果;但我国在该技术的应用和推广方面与外国相比还存在一定差距,有待进一步改进和提高。

3. 加强理论研究 随着塑料制件向大型化、复杂化和精密化发展,模具的制造成本也越来越高。如汽车保险杠、仪表板等塑料成型模具,重达几吨至十几吨,我国海尔公司生产的洗碗机模具重达 35t。这些模具如只凭经验来设计,往往会因为设计不当而造成模具的报废,将会损失数十万元的模具制造费用。所以,模具生产已由传统的经验设计向理论设计、数值模拟的方向发展。这些理论设计包括模板刚度、强度的计算,流变充型理论的研究和基于计算机应用的成型过程模拟分析等。到目前为止,有关挤出成型的流变理论和数学模型已基本建立,并且在生产实际中得到应用;有关注射成型的流变理论研究已取得阶段成果,注射成型时塑料熔体在一维和二维简单模腔中的充模流动理论和数学模型已经建立,今后的工作是如何将理论与生产实际相结合,并进一步加强对塑料熔体在三维模腔中流动行为的研究。中空吹塑成型理论和数学模型也已基本建立,并在生产中得到应用。

塑料成型理论研究的进展得益于计算机的应用,同时,也为进一步扩大计算机在塑料成型生产中的应用奠定了基础。

4. 塑料模具专用材料的研究与开发 模具材料选用在模具设计与制造中占有重要地位,直接影响模具成本、使用寿命及塑料制件的质量。针对各类塑料模具的工作条件和失效形式,为了提高模具使用寿命,并获得良好的切削加工工艺性能,国内外模具材料工作者进行了大量的研究工作,已开发出较为完善的系列化塑料模具专用钢,具体可分为 5 种类型。



(1) 基本型 如 55 钢, 使用硬度小于 20HRC, 切削加工性能好。但模腔表面粗糙度高, 使用寿命低, 现已被预硬型钢所代替。

(2) 预硬型 在中、低碳钢中加入适量合金元素的低合金钢。其淬透性高, 加工性能好, 调质后硬度为 25~35HRC, 是目前应用较为广泛的通用塑料模具钢。其典型品种为 3Cr2Mo 或美国的 P20 钢。

(3) 时效硬化型 在中、低碳钢中加入 Ni、Cr、Al、Cu、Ti 等合金元素的合金钢, 耐磨性和耐蚀性优于预硬型钢, 经时效处理后, 硬度可达 40~50HRC。其典型品种为 25CrNi3MoAl 或美国的 P21 钢、日本的 NAK55 钢等, 多用于复杂、精密塑料模具, 或大批量生产长寿命塑料模具。

(4) 热处理硬化型 这类塑料模具钢经淬火和回火处理后, 使用硬度可达 50~60HRC; 模腔能达到很高的镜面程度, 并可进行表面强化处理。其典型品种为 Cr12MoV 或美国的 D2 钢等。

(5) 马氏体时效钢和粉末冶金模具钢 适用于要求高耐磨性、高耐腐蚀性、高韧性和超镜面的塑料模具。如 06Ni6CrMoVTiAl 马氏体时效钢或美国的 PS、日本的 ASP 等粉末冶金模具钢。

5. 模具加工的新技术与发展 为了提高加工精度、缩短模具制造周期, 塑料模成型零件的加工已广泛应用仿形加工、电加工、快速成形制造、数控加工及微机控制加工等先进技术, 同时, 也应用到坐标镗、坐标磨和三坐标测量仪等精密加工与测量设备。模具加工技术与设备的现代化发展, 推进了模具行业企业向着技术密集、专业化与柔性化相结合、高技术与高技艺相结合的方向发展。

第三节 本课程学习的主要内容及目的

塑料制件主要是靠成型模具获得的, 其质量好坏与成本高低取决于模具的结构、质量和使用寿命。随着各行各业对大型、复杂、精密、美观、长寿命成型模具需求的日益增长和计算机技术在现代模具工业的广泛应用, 模具行业向着理论知识深化、学科知识复合、技术更新活跃的方向发展, 这对模具设计工作提出了更高的要求。模具作为重要的工艺装备, 其设计、制造和技术开发方面人才的培养已引起国内外普遍重视。“塑料成型工艺与模具设计”课程是模具设计与制造方面人才培养的重要内容, 是其人才培养体系的主干课程之一。

本书系统的介绍了塑料成型工艺的基本理论和工艺知识, 紧密结合模具技术的新发展, 阐述了模具设计的理论、方法和技术。全书共分九章, 包括塑料成型技术基础、塑料成型工艺及成型制品结构工艺性、注射模设计、注射模计算机辅助设计、压缩模与传递模设计、挤出模设计、中空吹塑和热成型工艺与模具设计、泡沫塑料成型工艺及模具设计等。塑料成型加工及其模具技术是一门不断发



展的综合学科，不仅随着高分子材料合成技术的提高、成型机械与设备的革新、成型工艺的成熟而进步，而且随着计算机技术、数值模拟技术等塑料成型加工领域的渗透而发展。通过本门课程学习，应达到如下目的：

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。

2) 掌握塑料成型的基本原理和工艺特点，熟悉成型设备对模具的要求。正确分析成型工艺对塑料制件结构和塑料模具的要求。

3) 掌握典型塑料成型模具结构特点与设计计算方法，通过训练，能够结合工程实际进行模具设计。

4) 初步掌握运用计算机进行塑料模具设计与分析的能力。

5) 初步掌握分析、解决现场成型问题的能力，包括初步掌握分析成型制件缺陷产生的原因和提出解决措施的能力。

“塑料成型工艺与模具设计”是一门实践性很强的课程，其主要内容都是在生产实践中逐步积累和丰富起来的，因此，学习本课程除了要重视基本理论知识学习外，特别强调理论联系实际，进行现场教学、实践教学。课程结束后，应进行2~3周的课程设计，以强化塑料模具的设计能力和技巧。

第二章 塑料成型技术基础

第一节 塑料的组成和特性

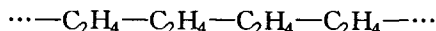
一、塑料与聚合物

(一) 聚合物

塑料的主要成分是树脂。树脂是一种高分子有机化合物，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。树脂分天然树脂和合成树脂两种。从松树分泌出的松香、从热带昆虫分泌物中提取的虫胶、石油中的沥青等都属于天然树脂。天然树脂不仅在数量上，而且在性能上都远远不能满足工业产品的生产需要；于是人们根据天然树脂的分子结构和特性，用化学合成的方法制取了各种合成树脂。

合成树脂既保留了天然树脂的优点，同时又改善了成型加工工艺性和使用性能等，因此在现代工业生产中得到了广泛应用。目前，石油是制取合成树脂的主要原料。常用的合成树脂有聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、酚醛树脂、氨基树脂、环氧树脂等。

通常，合成树脂是由低分子有机物经化学聚合反应或缩聚反应制成，故又称其为聚合物。其分子中含有成千上万、甚至几万个原子，它们以原低分子物分子结构为基本单元，按照一定方式重复排列，相对分子质量可达几万甚至上百万，分子长度也是原低分子长度的几万倍，甚至十几万倍。例如聚乙烯分子的基本单元是低分子乙烯 C_2H_4 ，每个聚乙烯分子含有 n 个基本单元，并像下面这样连接起来：



这些基本单元称为“链节”，好像链条里的每个链节； n 称为“链节数”（聚合度），表示有多少个链节聚合在一起。由许多链节构成一个很长的聚合物分子，称为“分子链”。例如低分子乙烯的相对分子质量是 28，长度约为 $0.0005\mu m$ ；聚乙烯的相对分子质量是 56000，长度为 $6.8\mu m$ 。那么一个聚乙烯分子里就含有两千个乙烯分子，聚乙烯是低分子乙烯长度的 13600 倍。由此可知，聚合物是原子数很多、相对分子质量很高、分子很长的高分子有机化合物。



(二) 聚合物的分子结构及性能

聚合物的分子结构有三种形式：线型、带支链线型及体型。线型即大分子链呈线状，如图 2-1a 所示。在性能上，线型聚合物具有弹性和塑性，在适当的溶剂中可溶胀或溶解，升高温度时则软化至熔化而流动，而且，可反复多次熔化成型。高密度聚乙烯、聚苯乙烯等聚合物分子链属此种结构形式。

如果在大分子链之间有一些短链把它们相互交联起来，成为立体网状结构，则称为体型聚合物（或称为网型聚合物），如图 2-1c 所示。体型聚合物脆性大，硬度高，成型前是可溶与可熔的，一经成型硬化后，就成为既不溶解又不熔融的固体，所以不能再次成型。

此外，还有一些聚合物的大分子主链上带有一些或长或短的小支链，整个分子链呈枝状，如图 2-1b 所示，称为带支链的线型聚合物。因为存在支链，结构不太紧密，因此，聚合物的机械强度较低，但溶解能力和塑性较高。低密度聚乙烯等聚合物分子链属此种结构形式。

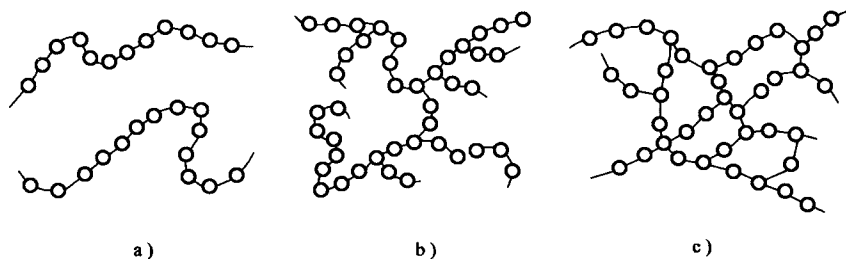


图 2-1 聚合物分子链结构示意图

a) 线型 b) 带支链线型 c) 体型

聚合物不但分子链很长，具有不同结构，而且其分子的排列也具有不同的几何特点。据此可将聚合物的分子排列分为两种聚集态：一种是聚合物的分子有规则紧密的排列，称为结晶型聚合物；另一种是聚合物的分子排列处于无序状态，称为无定形聚合物。在一般情况下，结晶型聚合物的结晶不能百分之百进行，聚合物的分子聚集态结构由“结晶区”和“非结晶区（即无定形区）”构成，结晶区所占的质量分数称为结晶度。例如低压聚乙烯在室温时的结晶度为 85% ~ 90%。结晶一般只发生在线型聚合物和含交联链不多的体型聚合物中。结晶对聚合物的性能影响很大，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，所以使聚合物的强度、硬度、刚度及熔点、耐热性和耐化学性等性能都有所提高，而与大分子链运动有关的性能，如弹性、伸长率和冲击强度等则降低。

二、塑料的组成

在工业生产和应用上，单纯的聚合物性能往往不能满足加工成型和实际使用



的要求,因此,需加入添加剂来改善其工艺性能、使用性能或降低成本。并由此构成了以聚合物(树脂)为主体的高分子材料——塑料。在塑料的组成中,树脂也起粘结作用,故也叫粘料。塑料的类型和基本性能(如名称、热塑性或热固性,物理、化学及力学性能等)取决于树脂。塑料中常用的添加剂及作用如下:

1. 增塑剂 指能改善树脂成型时的流动性和提高塑件柔顺性的添加剂。其作用是降低聚合物分子之间的作用力。如普通聚氯乙烯只能制成硬聚氯乙烯塑件,加入适量增塑剂后,可以制成软聚氯乙烯薄膜或人造革。

对增塑剂的要求是:与树脂有较好的相溶性,性能稳定,挥发性小;不降低塑件的主要性能,无毒、无害、成本低。常用的增塑剂有甲酸酯类、磷酸酯类和氯化石蜡等。

增塑剂的使用应适量,以免过多会降低塑件的力学性能和耐热性能。

2. 稳定剂 指能阻缓塑料变质的物质。其添加的目的是阻止或抑制树脂受热、光、氧和霉菌等外界因素作用而发生质量变异和性能下降。对稳定剂的要求是: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。常用的稳定剂有硬脂酸盐、铅的化合物及环氧化合物等。稳定剂可分为光稳定剂、热稳定剂、抗氧剂等。

3. 固化剂 指能促使树脂固化、硬化的添加剂,又称硬化剂。它的作用是使树脂大分子链受热时发生交联,形成硬而稳定的体型网状结构。如在酚醛树脂中加入六亚甲基四胺,在环氧树脂中加入乙二胺、顺丁烯二酸酐等固化剂,均可使塑料成型为坚硬的制件。

4. 填充剂 又称填料;是塑料中一种重要但并非必要的成分。在塑料中加入填充剂可减少贵重树脂含量,降低成本。同时,还可起到增强作用,改善塑料性能,扩大使用范围。

例如:在酚醛树脂中加入木粉后,既克服了它的脆性,又降低了成本;在聚乙烯、聚氯乙烯等树脂中加入钙质填充剂后,可成为刚性强、耐热性好、价格低廉的钙塑料;在尼龙、聚甲醛等树脂中加入二硫化钼、石墨、聚四氟乙烯后,其耐磨性、抗水性、耐热性、硬度及机械强度等会得到改善。用玻璃纤维作塑料填充剂,能使塑料的机械强度大幅度地提高。

对填充剂的一般要求是:易被树脂浸润,与树脂有很好的粘附性,本身性质稳定,价格便宜,来源丰富。填充剂按其形态有粉状、纤维状和片状三种。常用的粉状填充剂有木粉、大理石粉、滑石粉、石墨粉、金属粉等;纤维状填充剂有石棉纤维、玻璃纤维、碳纤维、金属须等;片状填充剂有纸张、麻布、石棉布、玻璃布等。填充剂的组分一般不超过塑料组成的(质量分数)40%。

5. 着色剂 在塑料中加入有机颜料、无机颜料或有机染料时,可以使塑料制件获得美丽的色泽,美观宜人,提高塑件的使用品质。对着色剂的要求是:性