



高职高专规划示范教材

塑料成型工艺及模具设计

主 编 邓子林 何宝芹
副主编 蒋文华
主 审 杨冬生

第 2 章 材料成型工艺及模具设计

材料成型工艺及模具设计

主 编 王 强 王 强
副 编 王 强 王 强
参 编 王 强 王 强





高职高专规划示范教材

塑料成型工艺及模具设计

主 编 邓子林 何宝芹
副主编 蒋文华
主 审 杨冬生

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书主要介绍了塑料的基本性能、塑料成型工艺及设备、塑料制品工艺特点、塑料注射成型模具的结构与设计、塑料压缩模具的结构与设计、塑料压注模具的结构与设计等内容,同时对其他塑料成型工艺与模具设计、塑料模具 CAD/CAE/CAM 系统作了介绍。以塑料模具设计的工作过程为主线,从塑料制品设计、塑料模塑成型设备、塑料模具结构及塑料模具设计四个方面入手,全面地分析了塑料成型工艺与模具设计中各个方面的问题。

本书可作为高职高专模具设计与制造专业及相关专业的专业教材,同时也可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

塑料成型工艺及模具设计/邓子林等主编. —北京:北京
航空航天大学出版社, 2009. 8
ISBN 978-7-81124-775-6

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 070065 号

塑料成型工艺及模具设计

主 编 邓子林 何宝芹

副主编 蒋文华

主 审 杨冬生

责任编辑 王慕冰 王平豪 朱胜军

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100191) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail: bhpress@263.net

北京市松源印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1 092 1/16 印张:14.5 字数:371 千字

2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷 印数:4 000 册

ISBN 978-7-81124-775-6 定价:26.00 元

前 言

高职模具设计与制造专业的培养是围绕着市场需求,以就业为导向,以综合素质培养为本位开展的。从模具角度看,模具是现代制造业不可缺少的工艺装备,发达国家的模具总产值早已超过了工作母机(机床)的总产值,其中塑料模具约占模具总量的40%。由此可见,学习和掌握塑料成型工艺与模具设计知识具有非常重要的意义。

本教材是根据高职高专院校培养有较强动手实践能力的高等技术应用型专门人才的特点进行编写的。在编写过程中,力求做到贴近实践,并将国内外模具设计与制造的相关内容,如CAD/CAM/CAE等的新知识、新技术和新经验及时纳入本教材,以体现现代模具技术的特色。

针对现在学生获得感性认识的机会不多,缺乏生产实践体验等特点,在立足于教学大纲的同时,本书在编写中注意把握了以下几点:

(1) 基础性

在论述各塑料成型方法时,注重讲清基本原理、成型过程、基本工艺知识和工艺特点。文字力求浅显易懂,内容详略有别、循序渐进。

(2) 实践性

为尽量贴近实际,利于培养学生基本技能,便于完成练习题和设计题,书中选列了学习阶段所需的部分设计资料,提供了查找模具标准件的线索。理论知识以够用为度,一般不作系统推导,直接引用结论性论述。

(3) 先进性

塑料成型技术仍然在不断发展,本书努力吸收成熟的先进技术,特别对初学者应了解的新模具材料、CAD/CAM/CAE等的基础内容作了专门介绍。

希望通过对本书的系统学习,并配合习题、实验、实习和课程设计等环节,使学生具备分析塑件的成型工艺、设计塑料模具及解决生产中出现的实际问题的能力。

本书绪论、第1~3章和附录由永州职业技术学院邓子林编写,第4章和第6章由大连水产学院职业技术学院何宝芹编写,第5章和第7章由永州职业技术学院蒋文华编写。全书由邓子林统稿、定稿,由永州职业技术学院机电工程系杨冬生教授主审。

塑料成型工艺与模具设计方面的教科书版本非常多,本书尽量吸取各版本的优点;同时通过借鉴参考文献中的成果和数据以及部分企业的标准和资料,丰富了本书的内容。在此对书中所引用资料的作用一并表示衷心的感谢。

因编者水平有限,书中缺点和错误在所难免,欢迎广大师生和读者批评指正。

编 者

2009年4月

目 录

绪 论	1
第 1 章 塑料概论	5
1.1 塑料的组成	5
1.1.1 塑料的基本组成	5
1.1.2 塑料的分类	6
1.2 塑料的性能	7
1.2.1 塑料的使用性能	7
1.2.2 热固性塑料的工艺性能	9
1.2.3 热塑性塑料的工艺特性	11
1.3 常用塑料简介	13
1.3.1 热塑性塑料	13
1.3.2 热固性塑料	18
思考题	20
第 2 章 塑料模具设计基础	21
2.1 塑料模具的分类及基本结构	21
2.1.1 塑料模具的分类	21
2.1.2 塑料模具的基本结构	22
2.2 塑料模具的设计程序	24
2.2.1 接受任务书	24
2.2.2 对塑料制品图样或样板进行分析及消化	24
2.2.3 注塑机型号的选定	24
2.2.4 编制塑料制品的模塑成型工艺	25
2.2.5 确定模具结构	25
2.2.6 模具结构总装图和零件工作图的绘制	26
思考题	28
第 3 章 注射成型模具设计	29
3.1 注射模的分类与结构组成	29
3.1.1 注射模的分类	29
3.1.2 注射模的结构组成	29
3.1.3 注射模的典型结构	30
3.2 塑料成型制件的结构工艺性	35
3.2.1 塑件的尺寸、公差和表面质量	35
3.2.2 塑件的几何形状	37
3.2.3 塑件的斜度	39

3.2.4	塑件的壁厚	40
3.2.5	塑件的加强筋及其他增强防变形结构	41
3.2.6	塑件的支承面	41
3.2.7	圆角	42
3.2.8	孔的设计	43
3.2.9	螺纹的设计	44
3.2.10	齿轮的设计	46
3.2.11	嵌件	47
3.2.12	铰链	48
3.2.13	标记、符号与文字的设计	48
3.3	注射成型原理与工艺	49
3.3.1	注射成型原理和特点	49
3.3.2	注射成型工艺过程	50
3.3.3	注射成型的工艺参数	53
3.4	注射模与注射成型机的关系	55
3.4.1	注射成型机的分类	55
3.4.2	注射成型机型号规格的表示法	56
3.4.3	注射成型机有关参数的校核	58
3.5	分型面与浇注系统的设计	62
3.5.1	分型面及其选择	62
3.5.2	普通浇注系统设计	66
3.5.3	热流道浇注系统简介	78
3.5.4	排气和引气系统的设计	83
3.6	侧向分型与抽芯机构的设计	84
3.6.1	侧向分型与侧向抽芯机构分类	84
3.6.2	抽芯力与抽芯距的确定	86
3.6.3	斜导柱侧向分型与抽芯机构	87
3.6.4	弯销侧向抽芯机构	93
3.6.5	斜导槽侧向抽芯机构	94
3.6.6	斜滑块侧向抽芯机构	94
3.6.7	齿轮齿条侧向抽芯机构	96
3.6.8	弹性元件侧向抽芯机构	97
3.6.9	液压或气动侧向分型与抽芯机构	98
3.7	成型零部件的设计	99
3.7.1	成型零部件的结构设计	99
3.7.2	成型零部件的工作尺寸计算	101
3.7.3	成型零部件的强度与刚度计算	104
3.8	结构零部件的设计	107
3.8.1	注射模的标准模架	107

3.8.2	支承零部件设计	110
3.8.3	合模导向机构设计	111
3.9	推出机构设计	114
3.9.1	推出机构的结构组成	114
3.9.2	简单推出机构	116
3.9.3	推出机构的导向与复位	118
3.9.4	二次推出机构	120
3.9.5	双向推出机构	121
3.9.6	浇注系统凝料的推出机构	121
3.9.7	带螺纹塑件的脱模机构	123
3.10	模具加热与冷却系统设计	125
3.10.1	模具温度及塑料成型温度	125
3.10.2	冷却系统的设计	126
3.10.3	加热装置的设计	129
3.11	注射模材料的选用	131
3.11.1	模具零件的失效形式	131
3.11.2	成型零件材料选用的要求	132
3.11.3	注射模材料的种类与选用	133
	思考题	135
第 4 章	压缩成型工艺与模具设计	137
4.1	压缩成型工艺	137
4.1.1	压缩成型原理及特点	137
4.1.2	压缩成型的工艺过程	138
4.1.3	压缩成型工艺参数	140
4.2	压缩模的工作过程及结构组成	142
4.2.1	压缩模的工作过程	142
4.2.2	压缩模的结构组成	143
4.3	压缩模的分类及选用原则	144
4.3.1	压缩模的分类	144
4.3.2	压缩模的选用原则	146
4.4	压缩成型设备与参数校核	146
4.5	压缩模设计	150
4.5.1	塑件在模具内加压方向的选择	150
4.5.2	凸凹模的配合形式及有关尺寸的确定	152
	思考题	161
第 5 章	压注成型工艺与模具设计	162
5.1	压注成型工艺	162
5.1.1	压注成型原理及特点	162
5.1.2	压注成型的工艺过程	162

5.1.3 压注成型工艺参数	163
5.2 压注模的结构组成与分类	164
5.2.1 压注模的结构组成	164
5.2.2 压注模的分类	164
5.3 压注模的设计	167
5.3.1 加料腔结构及其尺寸计算	168
5.3.2 柱塞的设计	170
5.3.3 加料腔与柱塞的配合	171
5.3.4 压注模浇注系统	171
5.3.5 溢料槽和排气槽的设计	174
思考题	175
第 6 章 其他塑料成型方法与模具设计简介	176
6.1 挤出成型	176
6.1.1 挤出成型工艺概述	176
6.1.2 挤出成型的模具结构	185
6.1.3 挤出成型模具的设计要点	186
6.2 中空吹塑成型	189
6.2.1 中空吹塑成型工艺概述	189
6.2.2 中空吹塑成型的模具结构	190
6.2.3 中空吹塑成型的模具设计要点	191
6.3 真空吸塑成型	192
6.3.1 真空吸塑成型概述	192
6.3.2 真空吸塑成型模具及成型工艺	193
6.3.3 真空吸塑成型模具的设计要点及应注意的问题	195
6.4 压缩空气成型	197
6.4.1 压缩空气成型概述	197
6.4.2 压缩空气成型模具结构	198
6.4.3 压缩空气成型模具设计要点	199
思考题	201
第 7 章 塑料模具的计算机辅助设计	202
7.1 概述	202
7.1.1 塑料模具 CAD/CAM/CAE 在现代模具工业中的重要性	202
7.1.2 塑料注射模 CAD/CAM/CAE 的发展概况	203
7.2 注射模 CAD/CAM/CAE 技术的特点	205
7.3 注射模 CAD/CAM/CAE 的功能	205
7.3.1 注射模 CAD 的功能	206
7.3.2 注射模 CAE 的功能	206
思考题	208

附录 A 常用塑料中英文名称对照(GB/T 1844.1—1995)	209
附录 B 内地与沿海地区部分模具术语名称对照	212
附录 C 国内外常用塑料模具钢名称对照	214
附录 D 注射模浇口套结构形式和推荐尺寸(SJ/T 10519.20—1994)	217
附录 E 部分国产注射成型机的型号和技术参数	219
参考文献	221

绪 论

1. 塑料及塑料工业发展概况

早在 19 世纪以前,人们就已经利用沥青、松香、琥珀、虫胶等天然树脂。1868 年将天然纤维素硝化,用樟脑作增塑剂制成了世界上第一个塑料品种,称为赛璐珞,从此开始了人类使用塑料的历史。1909 年美籍比利时人列奥·亨德里克·贝克兰发明了世界上第一种用人工合成的塑料——酚醛塑料,1940 年 5 月 20 日的《时代》周刊因此将贝克兰称为“塑料之父”。1920 年又一种人工合成塑料——氨基塑料(苯胺甲醛塑料)诞生了。这两种塑料当时为推动电气工业和仪器制造业的发展起了积极作用。

到 20 世纪 20—30 年代,相继出现了醇酸树脂、聚氯乙烯、丙烯酸酯类、聚苯乙烯和聚酰胺等塑料。从 20 世纪 40 年代至今,随着科学技术和工业的发展,石油资源的广泛开发利用,塑料工业获得迅速发展。品种上又出现了聚乙烯、聚丙烯、不饱和聚酯、氟塑料、环氧树脂、聚甲醛、聚碳酸酯、聚酰亚胺,等等。20 世纪 60 年代后工程塑料成为研究重点,它能简化构件结构,减轻构件质量,并且具有易加工、低成本等特点,因此得到了广泛的应用。

塑料工业是一个新兴的工业领域,其历史虽然只有 100 年的时间,但发展速度非常迅速。如今的塑料已进入到我们生活的每一个领域中。目前全球年消费塑料达 2.4 亿吨,年增长 4% 左右;中国年消费塑料 4000 多万吨,今后几年仍将以至少 8% 的年平均速度增长。塑料已成为与钢材、水泥、木材并驾齐驱的新型基础材料产业,其应用领域已远远超越上述三大产业。当今世界更是将一个国家的塑料消耗量和塑料工业水平作为衡量其工业发展水平的重要标志之一。

我国塑料工业在解放前其本上是空白,只能生产酚醛塑料、氨基塑料等少数几个品种,而且主要原料还依靠进口。解放后,经过 50 多年的发展,特别是改革开放后的 30 年里,我国的塑料工业持续高速增长,1991 年产量仅为 250 万吨,1995 年增为 350 万吨,1998 年超过 700 万吨,到 2002 年增至约 1400 万吨,已超过日本而成为世界第三大塑料原料生产国。

塑料工业包括原料生产、塑料成型加工、塑料成型设备及塑料成型模具四部分。随着塑料生产和应用的不断扩展,塑料成型工艺得到了极大的发展,相继产生了浇铸成型、压缩成型、粉末成型、层压成型、压注成型、挤出成型、注射成型、压延成型、吹塑成型、发泡成型、热成型和气辅成型等成型加工方法。塑料成型工艺正向着高速、高效、自动化方向发展;塑料成型设备则朝着大型化、微型化、高速化、自动化、精密化方向发展,同时在模具设计及制造上向 CAD/CAM/CAE 方向发展。

2. 塑料工业在国民经济中的作用

塑料是电子信息、交通运输、航空航天、机械制造业的上游产品,在国民经济中占据着重要的地位。塑料表观消费量的增长与 GDP 增长的弹性系数为(1.1~1.5):1,其发展不仅对国家支柱产业和现代高新技术产业起着支撑作用,同时也推动传统产业改造和产品结构的调整。近年来,随着我国国民经济持续繁荣而快速、稳定、健康发展,塑料的应用领域日趋广泛,用量

不断增加,塑料工业形成了门类较完整的工业体系,特别是中国加入 WTO 以后,为塑料工业带来了前所未有的发展机遇。中国塑料工业已步入世界塑料大国行列,塑料加工机械、塑料制品和塑料树脂已分别位居世界第一、第二和第三,已具备一定的实力参与国际竞争。

进入 20 世纪 70 年代以来,塑料的应用已涉及国民经济和人民生活的各个方面,如仪表、机械制造、汽车、家用电器、化工、建材、医疗卫生、农业、军事、航天和原子能工业中,塑料已成为金属的良好代用材料,出现了金属零件塑料化的趋势。例如,ABS 塑料有 1/4 用于汽车、1/3 用于家用电器和视听设备中。

中国是一个农业大国,13 亿人口中 7.685 亿分布在广大的农村,这种国情决定了农业是国民经济的基础。农用塑料制品已成为现代农业发展不可缺少的生产资料,是抗御自然灾害,实现农作物稳产、高产、优质、高效的一项不可替代的技术措施,已经广泛应用于我国农、林、牧、渔各业,农业已成为仅次于包装行业的第二大塑料制品消费领域。中国自生产农用塑料薄膜至今,取得了两个世界第一,即产量第一和覆盖面积第一,大致相当于世界其他国家总和的 1.6 倍。据不完全统计,目前全行业拥有农膜生产企业近千家,生产能力达 200 万吨以上。

塑料包装材料主要包括塑料软包装、编织袋、中空容器、周转箱等,是塑料制品应用中的最大领域之一。2005 年塑料包装超过 700 万吨,约占包装材料总产量的 1/3,居各种包装材料之首。各种矿产品、化工产品、合成树脂、原盐、粮食、糖、棉花和羊毛等包装已大量采用塑料编织袋和重包装袋;还有饮料、洗涤用品、化妆品、化工产品等在中国迅速发展,必不可少的复合膜、包装膜、容器、周转箱等塑料包装材料有很大的需求。而食品和药品是国计民生大宗重要物资,相应的包装需求十分旺盛。中国药用包装的增长速度位居世界八大药物生产国榜首。

今后 5~15 年,塑料建材将成为新的消费热点和经济增长点。随着塑料建筑制品的品种逐步系列化、配套化和标准化,环保节能的要求和推广应用的力度加大,各种塑料管、门窗、高分子防水材料、装饰装修材料、保温材料及其他建筑用塑料制品的需求将有较大幅度增加。由于塑料管道具有节能、节材、节水、节地的特点,到 2010 年建筑给水和排水管道 80% 将采用塑料管,建筑雨水排水管道 70% 采用塑料管。“十一五”期间,塑料管道工程用量平均每年将达 200 万吨。而综合成本较低,性能优越,一次性投入稍高的塑料新型材料(如 PU、EPS、XPS、PP、PVC 等发泡材料)的应用前景潜力巨大,拓展领域十分广阔。

3. 模具工业在国民经济中的重要性

模具是制造业的重要基础工艺装备,工业产品大批量生产和新产品开发都离不开模具。用模具生产的塑料制品所达到的四高二低(高精度、高复杂程度、高一一致性、高生产率和低耗能、低耗材)使得模具工业在制造业中的地位越来越重要。人们常见的工业产品有 60%~90% 的零件需要用模具成型,通过模具成型零件的快速、优质、低耗、环保体现了国家可持续发展的战略和科学发展观。模具是“效益放大器”,用模具生产的最终产品的价值,往往是模具价值的几十倍甚至上百倍。另据国外统计资料显示,模具行业的发展可带动其相关产业发展的比例大约是 1:100,即模具发展 1 亿元,可带动相关产业 100 亿元。模具技术已成为衡量一个国家产品制造水平高低的重要标志,决定着产品质量、效益和新产品的开发能力。因此,美国工业界认为“模具工业是美国工业的基石”,日本则称“模具是促进社会繁荣富裕的动力”,国际模具协会认为“模具是金属加工业的帝王”。

从以下四个方面可以看出模具工业在我国国民经济中的重要地位与作用。

第一,模具工业是高新技术产业的一个组成部分。例如:属于高新技术领域的集成电路

的设计与制造,不能没有做引线框架的精密级进冲模和精密的集成电路塑料模;计算机的机壳、接插件和许多元器件的制造,也必须有精密塑料模具和精密冲压模具;数字化电子产品(包括通信产品)的发展,没有精密模具也不行。不仅电子产品如此,在航空航天领域也离不开精密模具。例如,形状误差小于 $0.1\sim 0.3\mu\text{m}$ 的空空导弹红外线接收器的非球面反射镜,就必须用高精度的塑料模具成型。因此可以说,许多高精度模具本身就是高新技术产业的一部分。有些生产高精度模具的企业,已经被命名为“高新技术企业”。

第二,模具工业又是高新技术产业化的重要领域。用信息技术带动和提升模具工业的制造技术水平,是推动模具工业技术进步的关键环节。CAD/CAE/CAM技术在模具工业中的应用,快速原型制造技术的应用,使模具的设计制造技术发生了重大变革。模具的开发和制造水平的提高,还有赖于采用数控精密高效加工设备。逆向工程、并行工程、敏捷制造和虚拟技术等先进制造技术在模具工业中的应用,也要与电子信息等高新技术嫁接,实现高新技术产业化。

第三,模具工业是装备工业的一个组成部分。在1998年以前,许多人把机械工业当作一般的加工工业。1998年11月召开的中央经济工作会议,首次明确地提出了加大装备工业的开发力度,推进关键设备的国产化。将机械工业作为装备工业,把它同一般的加工工业区别开来,是对机械工业在国民经济中的地位与作用的重新定位。模具作为基础工艺装备,在装备工业中自然有其重要地位。因为国民经济各产业部门需要的装备,其零部件有很大一部分是用模具做出来的。

第四,模具工业地位之重要,还在于国民经济的五大支柱产业——机械、电子、汽车、石化和建筑,都要求模具工业的发展与之相适应。机械、电子和汽车工业需要大量的模具,特别是轿车的大型覆盖件模具、电子产品的精密塑料模具和冲压模具,目前在质与量上都远不能满足这些支柱产业发展的需要。这几年,我国每年要进口近10亿美元的模具。我国石化工业一年生产500多万吨聚乙烯、聚丙烯和其他合成树脂,很大一部分需要塑料模具成型,做成制品,才能用于生产和生活的消费。生产建筑业用的地砖、墙砖和卫生洁具,需要大量的陶瓷模具;生产塑料管件和塑钢门窗,也需要大量的塑料模具成型。从五大支柱产业对模具的需求当中,也可以看到模具工业地位之重要。

4. 塑料成型技术的发展趋势

迄今为止,我国在塑料模具的制造精度、模具标准化程度、制造周期、模具寿命以及塑料成型设备的自动化程度和精度等方面已经有了长足的进步,但与国外工业先进国家相比,仍有一定的差距。许多精密技术、大型薄壁和长寿命塑料模具自主开发生产的能力还较薄弱。因此,未来我国模具工业和技术的主要发展方向将是以下几方面:

- 大力普及、广泛应用CAD/CAE/CAM技术,逐步走向集成化。现代模具设计制造不仅应强调信息的集成,更应该强调技术、人和管理的集成。
- 提高大型、精密、复杂与长寿命模具的设计与制造技术,逐步减少模具的进口量,增加模具的出口量。
- 在塑料注射成型模具中,积极应用热流道,推广气辅或水辅注射成型以及高压注射成型技术,满足产品的成型需要。
- 提高模具标准化水平和模具标准件的使用率。模具标准件是模具基础,其大量应用可缩短模具设计制造周期,同时也显著提高模具的制造精度和使用性能,大大地提高模

具质量。我国模具商品化、标准化率均低于 30%，而先进国家均高于 70%，每年我国要从国外进口相当数量的模具标准件，其费用约占年模具进口额的 3%~8%。

- 发展快速制造成型和快速制造模具，即快速成型制造技术，迅速制造出产品的原型与模具，降低成本，推向市场。
- 积极研究与开发模具的抛光技术、设备与材料，满足特殊产品的需要。
- 推广应用高速铣削、超精度加工和复杂加工技术与工艺，满足模具制造的需要。
- 开发优质模具材料和先进的表面处理技术，提高模具的可靠性。
- 研究和应用模具的高速测量技术、逆向工程与并行工程，最大限度地提高模具的开发效率与成功率。
- 开发新的成型工艺与模具，以满足未来的多学科、多功能综合产品开发设计技术。

在科技发展中，人是第一因素，因此要特别注重人才的培养，实现产、学、研相结合，培养更多的模具人才，搞好技术创新，提高模具设计制造水平。在制造中积极采用多媒体与虚拟现实技术，逐步走向网络化、智能化环境，实现模具企业的敏捷制造、动态联盟与系统集成。我国模具工业一个完全信息化的、充满着朝气和希望而又实实在在的新时代即将到来。

5. 本课程的学习目的与要求

塑料模具设计课程，是模具设计与制造专业的核心课程之一，其内容涵盖了塑料的基础知识、塑料成型的工艺与设备、塑料模具的组成与结构等内容，彼此之间相互联系，相互补充，因此在学习的过程中要前后呼应，融会贯通。通过学习本课程，学生应能达到以下几个方面的要求：

- 系统地了解塑料的基本类型和工艺性能，能正确地选择材料及其注射工艺参数。
- 了解各种塑料模的成型原理、工艺特点及相应的塑料成型设备。
- 正确分析塑件的结构工艺，掌握各种塑料模具的结构及其设计方法。
- 了解塑料模具 CAD/CAE/CAM 技术。
- 具备正确的设计思路。在学完本课程后，应具有独立设计中等复杂程度的注射模、压缩模及压注模的能力。

本课程是一门实践性很强的课程，与机械制图、公差配合、模具材料学和模具制造工艺学等课程关系紧密，因此要求同学们在学习过程中注意上述课程知识的综合应用，同时要加强联系实际，以加深和巩固对学习内容的理解。

第 1 章 塑料概论

提起塑料,应该每个人都不陌生,从儿童玩具到仪器、容器,从计算机外壳到汽车零部件,从牙刷、牙缸到飞机零件,塑料制品在我们的生活中随处可见。但是也许很少有人知道,究竟什么样的材料才叫塑料?塑料都有哪些品种?下面就来全面了解一下生活中必不可少的材料——塑料。

1.1 塑料的组成

塑料的英文名称“plastic”来自希腊语“plastikos”,意思是“成型、可成型、具有可塑性”,作为形容词经常被使用,就产生了“塑料”一词。“塑”的汉字本义是指“用泥土抟成人物形象”,“塑性”引申为“能自由成型”之意,“塑料”也就是具有可塑性的材料。1926年3月,美国《塑料》杂志对塑料这样定义:“一种能塑造成各种形状的材料,不像非塑性物质那样需要切凿。”比较严格意义上的定义一般是指,以树脂为主要成分,加入(或不加)增塑剂、填充剂、润滑剂和着色剂等添加剂,在一定温度和压力下塑造成一定形状,并在常温下能保持既定形状的有机高分子材料。

1.1.1 塑料的基本组成

塑料一般由树脂和添加剂组成。树脂在塑料中是起决定性作用的,但单纯的树脂不能成为理想的结构材料,必须根据塑料的不同用途和对塑料性能的要求,适当地加入若干种添加剂,才能获得满意的使用性能和工艺性能。

1. 树脂

树脂有天然树脂和合成树脂之分。天然树脂是指由自然界中动植物分泌物所得的无定形有机物质,如松香、琥珀、虫胶等。合成树脂是指由简单有机物经化学合成或某些天然产物经化学反应而得到的树脂产物。

树脂是塑料中最主要的必不可少的成分。树脂决定了塑料的类型和基本性能,如力学性能、物理性能、化学性能及电气性能等。树脂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。塑料中树脂的含量通常为40%~100%。

2. 填充剂

填充剂又称为填料,是塑料中重要但并非必要的成分。填充剂的作用主要体现在以下两个方面:一是增量作用,即为了降低塑料中树脂的含量,从而降低塑料的成本;二是改性作用,即通过添加填充剂使塑料的性能得到显著改善。填充剂的含量一般不超过塑料的40%。

常用的填充剂有木粉、纸浆、硅藻土、云母、石棉、炭黑和玻璃纤维等。在许多情况下,填充剂可以在很大程度上改变塑料的性能。例如:使用玻璃纤维作为塑料的填充剂,能大幅度地提高塑料的力学性能;使用石棉作为塑料的填充剂,可提高塑料的耐热性能;有的填充剂还可使塑料具有树脂所不具备的导电性、导磁性及导热性等性能;大多数填充剂还可减少塑料在成

型时的收缩率,从而提高塑料制品的尺寸精度。

3. 增塑剂

增塑剂是指增加塑料的可塑剂,改善在成型加工时树脂的流动性,并使制品具有柔韧性的有机物质。它通常是一些高沸点、难以挥发的粘稠液体或低熔点的固态有机化合物,一般不与塑料发生化学反应。对增塑剂的要求是:与树脂相容性好,不易挥发,化学稳定性好,塑化效率高,耐热、无色、无臭、无毒且价廉等。常用的增塑剂有樟脑、邻苯二甲酸二辛酯 DOP、邻苯二甲酸二丁酯 DBP、邻苯二甲酸二仲辛酯 DCP、邻苯二甲酸二异癸酯 DIDP、邻苯二甲酸二壬酯 DNP 和邻苯二甲酸二异壬酯 DINP 等。

4. 稳定剂

稳定剂的作用是抑制和防止树脂在加工过程或使用过程中产生降解。所谓降解,是指聚合物在热、力、氧、水、光和射线等作用下,大分子断链或化学结构发生有害变化的反应。

按稳定剂的作用,可分为 3 种:热稳定剂、光稳定剂和抗氧化剂。

5. 润滑剂

润滑剂可以防止塑料在成型过程中发生粘模,同时还可以改善塑料的流动性,提高塑料表面质量。润滑剂还具有以下的作用:能调节胶化速度,控制树脂熔融温度,改进脱模性与加工性,提高尺寸稳定性及改进添加剂的分散性等。常用的润滑剂有硬脂酸、石蜡及金属皂类(硬脂酸钙、硬脂酸锌)等。在聚氯乙烯加工中,润滑剂是必不可少的添加剂,其他常用的热塑性塑料如聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚酰胺和 ABS 等也通常都要加入润滑剂。

6. 着色剂

着色剂可以使塑料具有各种鲜艳、美观的颜色,同时还能提高塑料的光稳定性、热稳定性和耐候性。着色剂包括颜料和染料两大类。颜料又分为无机颜料和有机颜料。塑料工业中常用染料和无机颜料作为着色剂。

7. 固化剂

固化剂又称为硬化剂、交联剂。固化剂的作用是促使树脂进行交联反应而形成体型网状结构或加快交联反应速度,使之成为较坚硬和稳定的塑料制品。固化剂一般用于热固性塑料中。

塑料的添加剂除了上述几种外,还有发泡剂(用于制造泡沫塑料)、阻燃剂(降低塑料的燃烧性)、耐冲击改质剂、抗静电剂、导电剂和导磁剂等。

1.1.2 塑料的分类

1. 按分子结构及其热性能分

(1) 热塑性塑料

热塑性塑料指具有加热软化、冷却硬化特性的塑料。热塑性塑料中,树脂分子链具有线型或带支链的结构,分子链之间无化学键产生,加热时软化流动,冷却时变硬,这种过程只有物理变化并且变化过程是可逆的,可以反复进行。聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚甲醛、聚碳酸酯、聚酰胺、丙烯酸类塑料、其他聚烯烃及其共聚物、聚砜、聚苯醚和氯化聚醚等都是热塑性塑料。

(2) 热固性塑料

第一次加热时可以软化流动,加热到一定温度,产生化学反应交联固化而变硬,这种变化

是不可逆的,此后,再次加热时,已不能再变软流动了。正是借助这种特性进行成型加工,利用第一次加热时的塑化流动,在压力下充满型腔,进而固化成为确定形状和尺寸的制品。这种材料称为热固性塑料。热固性塑料的树脂固化前是线型或带支链的,固化后分子链之间形成化学键,成为三度的网状结构,不仅不能再熔融,在溶剂中也不能溶解。酚醛、脲醛、三聚氰胺-甲醛、环氧、不饱和聚酯和有机硅等塑料,都是热固性塑料。

2. 按性能和应用范围分

(1) 通用塑料

通用塑料是指生产量大,用途广,价格低,适于大量应用的塑料。通用塑料一般皆具有良好的成型工艺性,可采用多种工艺成型出多种用途制品。一般来说,通用塑料不具有突出的综合力学性能和耐热性,不宜用于承载要求较高的结构件和在较高温度下工作的耐热件。但通用塑料的各品种,都有各自的某些优异性能,使它具有广泛用途。聚乙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚丙烯、酚醛塑料合称五大通用塑料。其他聚烯烃、乙烯基塑料及其共聚物与改性材料、丙烯酸塑料、氨基塑料等也都属于通用塑料。

(2) 工程塑料

工程塑料是指那些具有突出力学性能、耐热性,或优异耐化学试剂、耐溶剂性,或在变化的环境条件下可保持良好绝缘介电性能的塑料。工程塑料一般可以作为承载结构件,高温环境下的耐热件和承载件,高温条件、潮湿条件、大范围的变频条件下的介电制品和绝缘用品。工程塑料的生产批量小,价格也较高,范围相对狭窄,一般都是按某些特殊用途生产一定批量的材料。现有的工程塑料主要品种有聚酰胺、聚碳酸酯、聚甲醛、聚苯醚、ABS、PET、PBT、聚砜、聚苯硫醚、氯化聚醚、聚酰亚胺、聚醚醚酮、氟塑料、超高分子量聚乙烯、环氧塑料和不饱和聚酯等。

(3) 特种塑料

特种塑料是指具有某种特殊功能,适于某种特殊用途的塑料,例如用于导电、压电、热电、导磁、感光、防辐射、光导纤维、液晶、高分子分离膜及专用于摩擦磨损用途等的塑料。特种塑料又称功能塑料,其主要成分是树脂,有些是专门合成的特种树脂,也有一些是采用上述通用塑料或工程塑料用树脂经特殊处理或改性后获得特殊性能的。

1.2 塑料的性能

塑料的性能包括使用性能与工艺性能两方面。使用性能主要反映塑料的使用价值,而工艺性能则反映塑料的成型特性。

1.2.1 塑料的使用性能

塑料的使用性能有物理性能、化学性能、力学性能、热性能及电性能等。塑料的使用性能可以用一定的指标衡量并可用一定的试验方法予以测定。

1. 塑料的物理性能

塑料的物理性能主要包括密度、表观密度、透气性、透湿性、吸水性、透明性和透光率等。

密度是指单位体积中塑料的质(重)量。由于多数材料为多孔物质,具有与外部相通的开口孔和不通的闭孔,将含有闭孔材料的密度称为“表观密度”。因此,表观密度=材料的质量/