

“十二五”普通高等教育本科规划教材

塑料成型工艺学

徐淑波 主 编

郭晓斐 吴莉莉 副主编

SULIAO
CHENGXING
GONGYIXUE



化学工业出版社

“十二五”普通高等教育本科规划教材

塑料成型工艺学

徐淑波 主编

郭晓斐 吴莉莉 副主编



化学工业出版社

·北京·

本书共8章,第1章为概论,介绍塑料工业和塑料模具的重要性以及塑料成型模具的发展趋势;第2章为塑料成型工艺基础知识,介绍塑料的性能、分类与应用;第3章为塑料成型原理,第4章为塑料成型工艺计算机辅助分析,第5章为塑料制件设计,介绍塑件的尺寸精度和表面质量、塑件形状和结构设计;第6章为注射成型模具,介绍注射成型工艺与模具设计;第7章为塑料三维打印成形工艺,将三维CAD实体数据模型物化为产品原型;第8章为其他塑料成型工艺分析与模具设计,介绍了注射成型的新工艺、新结构和新技术,挤出成型的原理、工艺和成型机头设计,压缩成型工艺与模具设计以及发泡成型工艺和模具设计等。每章附有思考题与习题,针对教材重难点进行知识扩展、思考与练习。

本书理论与实际相结合,与时俱进,充分体现现代塑料成型工艺分析及现代模具设计理念。可作为高等学校机械类、材料成型及化工类专业的教学用书,也可供从事塑料模具设计和制造技术人员参考。



图书在版编目(CIP)数据

塑料成型工艺学/徐淑波主编. —北京:化学工业出版社, 2014.8

“十二五”普通高等教育本科规划教材

ISBN 978-7-122-21327-3

I. ①塑… II. ①徐… III. ①塑料成型-工艺学-高等学校-教材 IV. ①TQ320.66

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第161180号

责任编辑:杨菁

文字编辑:徐雪华

责任校对:徐贞珍

装帧设计:史利平

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张12½ 字数304千字 2014年11月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:29.00元

版权所有 违者必究

前言

Preface

本书适用于普通高校和高职类本专科材料成型及控制工程专业，是“十二五”普通高等教育本科规划教材之一。

随着塑料工业的迅猛发展，塑料成型工艺在材料加工领域得到了前所未有的重视，通过塑料成型工艺加工的塑料制品走进了千家万户，塑料制品与我们每一个人息息相关。塑料制品在工业、农业、军事以及航空航天等各个领域得到了广泛应用，目前我国已经是世界上最大的塑料制品生产国和消费国。我国塑料成型工艺经历从无到有，塑料工业发展从小到大，未来必将成为塑料工业强国，相关的塑料成型工艺分析、塑料成型模具及零部件的设计及制造技术也必将在世界科技界占有一席之地。本书主要介绍了塑料成型的基础知识、成型原理、工艺分析及模具设计，使读者领悟到材料、工艺、模具是互相联系的；同时介绍了计算机技术在现代塑料成型工艺中的应用，介绍了流行的、市场占有率较高的注塑成型的模拟软件和一些应用实例，使读者能熟悉进而掌握现代的设计方法和手段；最后介绍了近年来关注度较高的塑料三维打印成型新技术，力求使本书跟上时代发展的新步伐。本书在内容上力求易于理解，便于读者自学。希望能使相关专业的从业人员针对塑料制品种类及成型工艺方案的多样性，快速地入门，掌握塑料成型工艺分析及相关模具设计的要点，本书适合本、专科生、高职和研究生使用。

本书由山东建筑大学徐淑波任主编，由山东建筑大学郭晓斐和烟台大学吴莉莉任副主编，第1章和第2章由山东建筑大学徐淑波编写，第3章由烟台大学吴莉莉和山东建筑大学刘燕编写，第4章由山东建筑大学郭晓斐、王建飞、济南市技师学院高端兰编写，第5章由山东建筑大学徐淑波、郭晓斐、山东省科技情报研究所张国良编写，第6章由山东建筑大学徐淑波、林晓娟、李振东、烟台大学吴莉莉编写，第7章由山东建筑大学徐淑波、郭晓斐、济南市技师学院高端兰编写，第8章由山东建筑大学徐淑波、任国成、张晓东、刘婷编写。部分实例撰写与工艺图的绘制主要由杨兴成、刘玉婷、张琳娜、张巡辉、张竹叶等提供帮助。山东建筑大学的赵忠魁教授认真审阅了本教材，并提出了许多宝贵意见。

本书编写过程中，参考了国内外专家和同行们的大量教材、著作、论文，在此表示感谢。除文中所列参考文献之外，还参考了大量互联网等多媒体讲义与课件，因为这些资料的来源无法考证，难以指明准确出处，编者在此一并向他们表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限，书中不可避免存在不当之处，我们恳请同行专家和读者批评与指教。

编者

2014年5月

目录

Contents

第 1 章 概论	1
1.1 引言	1
1.1.1 塑料及塑料工业的发展	1
1.1.2 塑料工业的生产	2
1.1.3 塑料模具的重要性与要求	2
1.2 塑料成型原理	3
1.3 塑料成型技术工艺的发展趋势	5
1.3.1 成型理论的研究	5
1.3.2 加速模具标准化和专业化	5
1.3.3 塑料模具专用材料的研究与开发	5
1.3.4 CAD/CAM/CAE 技术的应用	6
1.3.5 塑料模具成型新技术与新工艺的发展	6
1.4 本章小结	6
思考题与习题	7
第 2 章 塑料成型工艺基础知识	8
2.1 引言	8
2.2 塑料的组成、特性及分类	8
2.2.1 塑料与聚合物	8
2.2.2 塑料的组成	9
2.2.3 塑料的特性	10
2.2.4 塑料的分类	11
2.3 塑料的工业应用	12
2.3.1 热塑性塑料	12
2.3.2 热固性塑料	14
2.3.3 发泡塑料简介	15
2.4 塑料的工艺特性及成型性能	16
2.4.1 塑料成型的工艺性能	16
2.4.2 聚合物的流变学性质	18
2.4.3 聚合物熔体在成型时的流动	20
2.4.4 聚合物成型过程中的物理和化学变化	22
2.5 本章小结	24

思考题与习题	24
第 3 章 塑料成型原理	25
3.1 引言	25
3.2 塑料成型流变学基础	25
3.2.1 聚合物在成型过程中的流变行为	25
3.2.2 影响聚物流变性质的主要因素	27
3.2.3 聚合物熔体的黏弹性	31
3.2.4 塑料在成型过程中的流动状态	31
3.3 塑料成型热力学基础	34
3.3.1 塑料的热力学性能	34
3.3.2 聚合物的加热与冷却	35
3.4 塑料成型过程的数值模拟方法	37
3.4.1 塑料成型过程的数值分析方法	37
3.4.2 聚合物流体流动场的基本控制方程与数值计算	38
3.4.3 SIMPLE 算法	39
3.5 本章小结	41
思考题与习题	41
第 4 章 塑料成型工艺计算机辅助分析	42
4.1 引言	42
4.1.1 CAD/CAM 技术的快速发展	42
4.1.2 CAE 技术的应用	43
4.2 CAD/CAM 与数字化制造技术	44
4.2.1 用计算机辅助设计软件进行产品三维设计	44
4.2.2 采用反求技术进行产品快速设计	45
4.3 塑料成型有限元分析基础	45
4.3.1 塑料成型模拟技术	46
4.3.2 塑料注射成型模拟应用	47
4.4 本章小结	48
思考题与习题	49
第 5 章 塑料成型件	50
5.1 引言	50
5.2 塑料成型件的设计精度	50
5.2.1 尺寸精度	50
5.2.2 尺寸公差标注	53
5.2.3 表面粗糙度和光亮度	53
5.3 塑料成型件的几何形状及结构	54

5.3.1	孔	54
5.3.2	形状	55
5.3.3	加强筋及其他防止变形的结构	56
5.3.4	嵌件	58
5.3.5	支承面与固定凸台	59
5.3.6	壁厚	60
5.3.7	脱模斜度	62
5.3.8	螺纹	62
5.3.9	圆角	64
5.3.10	标记、符号	64
5.4	本章小结	64
	思考题与习题	65

第6章	注塑成型工艺分析与模具设计	66
6.1	引言	66
6.2	注射模概述与典型注射模具结构	66
6.2.1	注射模	66
6.2.2	典型注射模结构	69
6.3	注射模与注射机的关系	70
6.3.1	注射模	70
6.3.2	注射机的分类	71
6.3.3	国产注射机的型号规格和主要技术参数	72
6.4	浇注系统设计	76
6.4.1	浇注系统的设计原则	76
6.4.2	流道设计	77
6.5	成型零部件设计	90
6.5.1	分型面的确定	91
6.5.2	确定型腔的数量	92
6.5.3	成型零部件的结构设计	94
6.5.4	成型零件工作尺寸计算	98
6.5.5	型腔侧壁及底板厚度的强度、刚度计算	101
6.5.6	排气方式和排气槽的设计	102
6.6	基本结构零部件设计	104
6.6.1	注射模的标准化	104
6.6.2	支承与固定零件的设计	107
6.6.3	合模导向和定位机构的设计	108
6.6.4	锥面定位机构	110
6.7	脱模机构及侧向分型抽芯机构设计	110
6.7.1	脱模机构的设计	110

6.7.2	侧向分型抽芯机构的分类	124
6.7.3	抽芯力与抽芯距的计算	131
6.8	注塑模具温度调节系统	131
6.8.1	概述	131
6.8.2	模具冷却系统的设计计算	132
6.8.3	加热系统的设计与计算	138
6.9	本章小结	139
	思考题与习题	139
第7章	塑料三维打印成形工艺	141
7.1	引言	141
7.1.1	快速原型技术原理	141
7.1.2	快速原型技术的分类	141
7.1.3	快速原型技术的工艺特点及应用领域	142
7.2	三维打印技术	143
7.2.1	3DP 技术的基本原理	144
7.2.2	3DP 技术特点	145
7.2.3	3DP 的成型材料	146
7.2.4	3DP 快速成形技术的发展	146
7.3	光固化树脂快速成形工艺	148
7.3.1	光固化树脂快速成型原理	148
7.3.2	光固化快速成型的材料特性	149
7.3.3	光固化快速成型工艺特点及适用范围	151
7.3.4	光固化成型技术的研究进展	151
7.4	粉末激光烧结快速成形工艺	152
7.4.1	粉末激光烧结快速成型原理	152
7.4.2	粉末激光烧结技术的成型材料	154
7.4.3	粉末激光烧结快速成型工艺的特点	155
7.4.4	粉末激光烧结技术的应用及发展前景	156
7.5	薄材叠层实体制造快速成型工艺	157
7.5.1	薄材叠层实体制造技术的原理	157
7.5.2	薄材叠层制造技术的材料性能	159
7.5.3	叠层实体制造技术的特点及应用	159
7.6	本章小结	160
	思考题与习题	161
第8章	其他塑料成型工艺分析与模具设计	162
8.1	引言	162
8.2	注塑模新技术	162

8.2.1	无流道注射成型	162
8.2.2	气体辅助注射成型	164
8.2.3	精密注射成型与模具设计	166
8.3	塑料挤出成型工艺分析与模具设计	167
8.3.1	挤出成型机头的典型结构及设计原则	168
8.3.2	挤出成型机头的工艺参数	169
8.4	塑料压缩成型工艺分析与模具设计	173
8.4.1	压缩成型原理及其特点	173
8.4.2	压缩成型模具概述	174
8.4.3	压缩成型模具结构设计要点	176
8.5	中空吹塑成型工艺与模具设计	179
8.5.1	中空吹塑成型	179
8.5.2	吹塑的工艺参数	180
8.5.3	中空吹塑制品成型结构工艺性	181
8.5.4	中空吹塑成型模具设计	181
8.6	传递成型工艺分析与模具设计	183
8.6.1	传递模概述	183
8.6.2	传递模的分类	183
8.6.3	传递模设计要点	184
8.6.4	排气槽设计	188
8.7	本章小结	188
	思考题与习题	188
	参考文献	189

第 1 章

概论

1.1 引言

1.1.1 塑料及塑料工业的发展

塑料是以树脂为主要成分的高分子有机化合物，它是通过聚合反应而制成的，简称高聚物或聚合物。一般相对分子质量都大于 10^4 ，有的甚至可达百万级。所谓高分子聚合物，是指有成千上万个结构相同的小分子单体通过加聚或缩聚反应形成的长链大分子。它既有大自然中天然存在的天然树脂，又有用化学方法人工制取的合成树脂。塑料在一定的温度和压力下具有可塑性，可以利用模具成型为一定的形状、尺寸的塑件。塑料的其余成分包括增塑剂、稳定剂、增强剂、固化剂、填料及其他配合剂等。

随着高分子化学技术的发展以及高分子合成技术、材料改进技术的进步，愈来愈多的具有优异性能的高分子材料不断涌现，从而使塑料工业飞跃发展。目前，塑料制品已深入国民经济的各个部门。所谓塑料制品，是以塑料为主要结构材料，经过成型加工获得的制品，又称为塑件。塑料应用广泛，特别是在电子仪表、电气设备、通信工具、生活用品等方面得到大量应用，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。据报道，就全世界而言，塑料的消耗量已经超过钢材。我国自改革开放以来，塑料业发展迅速，不仅表现在产量增加，而且其种类大幅增多。由此可见，塑料工业已在我国国民经济中发挥着愈来愈大的作用。

塑件在工业中应用日益广泛，这是由于它们自身具有一系列特殊优点所决定的。塑料具有特殊的物理力学性能和化学稳定性能，以及良好的成型加工性能。其主要特性如下：密度小、质量轻，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 0.11 和铝材密度的 0.5 左右，即在同样的体积下，塑件要比金属制件轻得多，这就是“以塑代钢”的优点；塑料的比强度高，钢的拉伸比强度约为 160MPa ，而玻璃纤维增强的塑料拉伸比强度可高达 $170\sim 400\text{MPa}$ ；塑料的绝缘性能好，介电损耗低，是电子产业不可缺少的原材料；塑料的化学稳定性高，对酸、碱和许多化学药品都有良好的耐腐蚀能力；塑料减摩、耐磨及减振、隔音性能也好。因此，塑料已发展成为各个部门不可缺少的一种化学材料，并跻身于金属、纤维材料和硅酸盐三大传统材料之列。

20 世纪 70 年代以来，由于石油危机，原材料价格猛涨，塑料的增长速度平稳。这一阶段塑料工业的特点是通过共聚、交联、共混、复合、增强、填充和发泡等方法来改进塑料性能、提高产品质量、扩大应用领域，生产技术也更加日趋合理。近年来，新型塑料的产生和

对塑件多样化的需求,促进了塑料成型技术的不断发展与创新。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控制在 $1\sim 10\mu\text{m}$ 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 左右的微型塑件(如表轴等)。超大型注射机可以成型超大型塑件,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 95kg 的超大型注射机。我国注射机的注射量已达 35kg ,合模力为 80MN 。

随着工业塑件品种和需求量的日益增加,而产品的更新换代周期也越来越短,对塑料产量和质量提出越来越高的要求,塑料工业生产越来越重要。

1.1.2 塑料工业的生产

塑料工业包含塑料生产和塑料制品生产两大部分,塑料生产是指树脂或塑料制件原料的生产。塑料制品的生产是根据塑料性能,利用各种成型加工手段,使其成为具有一定形状和实用价值的物件或定型材料的过程。前者是后者的前提,后者又是前者实现其使用价值的必经之路,两者之间是一种密切的、相互依存的关系。在塑料生产中,从原料到塑料,又从塑料到塑料制品的生产流程如图1-1所示。

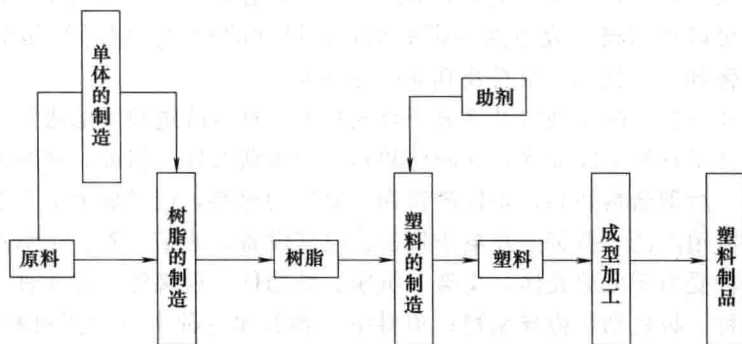


图 1-1 从原料到塑料制品的生产过程

然而,塑料制品生产是一个既复杂又繁重的过程,其生产过程由成型、机械加工、修饰及装配四个连续过程组成。其中,成型是将各种形态的塑料(粉、粒、溶液、或成散体)制成所需形状的制品或毛坯的过程。它是一切塑料制品生产中必不可少的过程。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地位。

1.1.3 塑料模具的重要性与要求

塑料模具,就是利用其本身特定密闭腔体成型具有一定形状和尺寸的立体形状塑料制品的工具,是型腔模的一种类型。根据塑料成型工艺的不同,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。塑料成型方法种类繁多,但不管哪一种成型都离不开模具,模具是工业生产中的重要工艺设备,模具工业是国民经济各部门发展的重要基础之一。事实上在仪器仪表、家用电器、交通、通信和轻工业等各行业的产品零件中有 70% 以上是采用模具加工而成。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技术要求、保证塑件质量、降低生产成本起着重要作用。这与模具设计、选材、制造、使用和

维护有着很大关系。对塑料模具设计的基本要求是：能生产出尺寸精度、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。

塑料模具的结构、性能、质量均影响着塑件的质量和成本。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、外观质量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。

1.2 塑料成型原理

按照塑料制件成型方法不同，塑料成型工艺主要有注射成型、压缩成型、传递模塑、挤塑成型、中空吹塑成型等。

(1) 注射成型 注射成型又称注射模塑或注塑成型，是热塑性塑料制品成型的一种重要方法。除氟塑料以外，几乎所有的热塑性塑料均可用此法成型塑件。虽然塑料的品种很多，但其注射成型工艺过程相似。注射模塑可成型各种形状、满足众多要求的塑件。到目前为止，部分热固性塑料也可以采用该方法成型。

塑料注射成型是利用塑料的可挤压性与可模塑性，将粒状或粉状塑料从注射机的料斗送入加热的料筒内加热熔融塑化，成为黏流态熔体，由螺杆施压而通过料筒端部的喷嘴注入模具型腔中，经冷却硬化而保持模腔所赋予的形状，开模取出具有一定形状、尺寸的塑件。

注射成型的特点是：具有成型周期短，能一次成型外形复杂、尺寸精确、带有金属或非金属嵌件的塑件；对各种塑料均有良好的适应性；且生产效率高，易于实现全自动化生产等一系列优点，因而注射成型是一种技术经济先进的成型方法。但注射成型所用的注射设备价格高，模具结构复杂，成本高，生产周期长，不适合单件小批量的塑件成型。

(2) 压缩成型 压缩成型又称压制成型、压缩模塑或模压成型。压缩成型是使用最早、应用时间最长的成型方法。它的基本原理是将粉状或松散颗粒的固态塑料直接加入到模具的加料室中，通过加热、加压方法使它们逐渐软化熔融，然后根据模腔形状进行流动成型，最终经过固化成为塑料制件。

在热固性塑料压缩成型工艺中，先将模具加热并保持在成型温度以上，然后开启模具，将定量的热固性塑料（可以是粉状、粒状、面团状、碎屑状、纤维状等树脂和填料的复合物）直接加入压模型腔的加料室，然后合模加热（不加压力），当塑料成为熔融状态时，塑料在热和压力的作用下，迅速充满整个型腔，在高温高压下树脂与变定剂等发生化学反应，并逐步交联成体型结构。开启模具取出制品。在热塑性塑料压缩成型工艺中，模具需同时具有合腔后停止加热，开启冷却装置，待塑料冷却到热变形温度以下时开启模具，取出制品。

与注射成型相比，压缩成型所使用的模具比较简单，它没有浇注系统，生产过程容易控制，设备简单，适用于流动性差的塑料和大型制品，且压缩制品的分子和填料取向较注射制品小（对同种塑料同一制品而言），各向性能比较均匀。但是，压缩成型生产效率低，成型

周期长,劳动条件差,难以实现自动化,同时制品尺寸精度较差,特别是施压方向的高度尺寸。压缩模具在操作中所处的条件较注射模具恶劣,寿命也相应较短,一般仅20万~30万次。另外,由于压缩成型需交替地加热和冷却,故成型周期很长,只适于对塑件有特殊要求的场合。用此法成型的塑件内应力很低,成型面积也可达到很大,此法还适用于熔体黏度很高,注射成型时难以流动的热塑性塑料,如聚酰亚胺、超高分子量聚乙烯等塑料制品。

(3) 压注成型 压注成型又称传递模塑或压注成型。也是热固性塑料成型的方法之一。模具具有单独的加料室,成型时先将型腔闭合,并预热到成型温度,将热固性塑料加入模具的加料室,利用压柱施压,塑料在高温高压下转变成黏流态并以一定的速度通过浇注系统,进入型腔,经保温保压一段时间塑料交联固化,当达到最佳性能时即开模取出塑件。

压注成型是介于压缩和注射两种成型工艺之间的成型方法,特点如下。

① 由于在浇注系统和型腔中流动时有压力损失,故成型压力比压缩成型单位压力高。

② 使用流动性好的塑料,便于迅速地充满型腔。为了避免过早固化而维持较长时间的流动性,模具温度一般应比压缩成型稍低。

③ 压注成型时间短、效率高、模具磨损小,使用寿命长,且压注成型因在闭合的型腔内注入塑料,分型面处制品的飞边很薄,便于去除。

④ 塑件受热均匀,硬化一致性良好,有优良的电气性能和较高的机械强度。

⑤ 由于塑料呈熔融状态进入型腔,因此对型芯或嵌件所产生的挤压力较小,可成型有深孔或带细薄嵌件或嵌件较多的塑件,以及精度较高,形状复杂的塑件,制品收缩率较大。

⑥ 模具结构复杂,它既有外加料腔,又有型腔,导致加工制造模具的费用高。压注成型后,残留在料腔的原料多,而且清理较费劲。

(4) 挤塑成型 挤塑成型也称挤出成型或挤出模塑。它是塑料制件的重要成型方法之一,在塑料的成型生产中占有重要地位。几乎大部分的热塑性塑料都能用于挤塑成型。挤塑成型在热塑性塑料加工领域中,是一种变化多、用途广、占比重颇大的加工方法。挤塑成型是将塑料在旋转的螺杆与料筒之间进行输送、压缩、熔融塑化、定量地通过处于挤塑机头部的口模和定型装置,生产出连续型材的加工工艺过程。

挤塑成型的工艺过程是分三个阶段:塑化阶段,原材料在挤出机内的机筒温度和螺杆的旋转压实及混合作用下,由粒状或粉状转变成为黏流态且温度均匀化;成型阶段,熔体在挤出机螺杆的旋转推挤作用下,通过具有一定形状的口模而得到截面与口模形状一致的连续型材;定型阶段,通过适当的处理方法,如定径处理、冷却处理等,使已挤出的塑料连续型材固化为塑料制件。

(5) 中空吹塑成型 中空吹塑成型是将处于高弹态的塑料型坯置于模具型腔中,通过压缩空气注入型坯之中使其吹胀并紧贴于模具型腔壁上,经过冷却、定型得到一定形状的中空塑件的加工方法。中空吹塑模具主要用于瓶类、桶类、罐类、箱类等的中空塑料容器,如各种塑料瓶子、水壶、提桶、玩具、人体模型、啤酒桶、贮槽、油罐等中空塑料制品。

中空吹塑成型的方法很多,主要有挤出吹塑成型、注射吹塑成型、多层吹塑成型及片材吹塑成型等。中空吹塑设备包括塑化挤出机、吹塑型坯机头、吹塑模具、供气装置、冷却装置等。目前中空吹塑成型机的自动化程度相当高。从吹塑成型、彩印装饰到灌装工序,全部联成一体化的生产线。用于中空吹塑的原料有高密度聚乙烯、低密度聚乙烯、聚氯乙烯、聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚苯乙烯、聚丙烯、聚碳酸酯、丙烯酸酯类等热塑性材料。

1.3 塑料成型技术工艺的发展趋势

随着工业产量应用范围的不断扩大,对塑件在数量、质量、精度等方面均提出了越来越高的要求,并促使塑料成型技术的不断发展。从模具设计和制造技术角度及材料选择来看,模具的发展趋势可归纳为以下几个方面。

1.3.1 成型理论的研究

塑件向大型化、复杂化和精密化发展,模具的制造成本也越来越高。以往的那些只凭经验来设计往往因设计不当而造成损失。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、强度的计算和充型流动理论。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;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。

1.3.2 加速模具标准化和专业化

模具的标准化和专业化是缩短模具设计周期,降低模具成本的有效途径,同时也可可为计算机辅助制造与设计创造有利条件,对于节省材料消耗、适应大规模批量化生产具有重要意义。

各工业化国家对模具的标准化和专业化生产十分重视。目前我国模具标准化程度只达到40%,模具专业化程度只达到30%,远不及工业发达国家模具制造的程度。可见,我国模具标准化水平和模具专业化程度仍较低,在一定程度上制约着我国模具工业的发展。为提高生产效率,降低成本,一些模具制造企业根据企业模具生产类型和规模,亦制定了企业标准或采用了相应的行业标准,逐步形成规模生产,提高商品化程度、提高标准件质量的模具产业。

1.3.3 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。

1.3.4 CAD/CAM/CAE 技术的应用

经过多年的推广应用,模具设计“软件化”和模具制造“数控化”已经在我国模具企业中成为现实。采用 CAD 技术是模具技术发展的一个显著特点。先进国家在此方面的技术在 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 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,提高了模具和塑件的质量,缩短了生产周期,降低了模具和塑件的成本。

目前,CAD/CAM 技术已发展成一项比较成熟的共性技术,基于网络的 CAD/CAM/CAE 一体化系统结构初见端倪,其将解决传统混合型 CAD/CAM 系统无法满足的实际生产分工协作要求的问题;CAD/CAM 软件的智能化程度将逐步提高;塑料制件及模具的三维设计与成型过程的三维分析将在我国塑料模具工业中发挥越来越重要的作用。当今美国、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,有待进一步发展。

1.3.5 塑料模具成型新技术与新工艺的发展

模具成型的技术不断得到创新,模具成型新工艺不断涌现。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、快速成型制造、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。此外,精密铸造、冷挤压、超塑成形、电铸等工艺的采用,已使型腔加工工艺获得了重大进展。

1.4 本章小结

由于塑料成型工艺的飞速发展,模具的结构日趋复杂化和多功能化。这对模具的设计工作提出了更高的要求。塑件主要靠成型模具获得,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。随着各行各业对塑料成型模具需求的日益增长和计算机技术在现代模具工业中的广泛应用,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。近年来,我国也十分重视这方面人才的培养,塑料成型工艺学被列为材料成型及控制工程、高分子材料成型等专业的主要课程之一。

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、方法和技术。塑料成型工业及模具技术是一门不断发展的综合学

科,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、化学变化以及塑料组成、分类及其性能与选用。

② 要求读者具有塑料成型理论方面的基本知识,掌握塑料成型工艺的基本原理和工艺特点。能正确分析成型工艺对塑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 要求掌握运用计算机进行塑料模具设计与分析的能力。

⑤ 能够熟练地使用有关设计手册、标准、规范和参考资料。

⑥ 具有初步掌握分析、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办法的能力。

塑料成型工艺学是一门实践性很强的课程,所以学习时必须理论联系实际。在努力学习理论知识的基础上,还应特别强调理论联系实际,积极参加生产实习,认真进行课程设计,将所学的书本知识与生产实际进行联系与比较、归纳与提升以强化塑料模具的设计能力和技巧。

思考题与习题

1. 什么是塑料?当今社会,为什么塑料能得到广泛应用?
2. 塑料的成型方法很多,主要的成型方法有哪些?
3. 塑料制品应用十分广泛,在你周围有非常多的塑料制品,这些塑料制品是采用什么成型方法加工而成的?

第 2 章

塑料成型工艺基础知识

2.1 引言

各种各样的塑料制品是怎么制成的呢？塑料的主要成型方法有挤出成型、注塑成型、吹塑成型、压延成型、浇铸成型等，其中注射成型因形状适应性广，是热塑性塑料成型主要工艺。

注塑也称注射成型或注射模塑，是用注塑机将塑料粒子或塑料粉的原料熔融后，施加压力使其注入温度较低的模具内冷却固化形成与模腔形状一致的塑料制品的加工过程。

注塑工艺可生产不同尺寸、形状、质量、满足各种使用要求的工程制件（如结构件、传动件、外观件、光学件等）和各种日用品。近年来，随着注塑工艺技术发展，部分热固性塑料已成功地用注塑工艺制作，使注塑工艺运用更广泛。

2.2 塑料的组成、特性及分类

2.2.1 塑料与聚合物

(1) 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。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。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。

(2) 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、体型及带支链型。

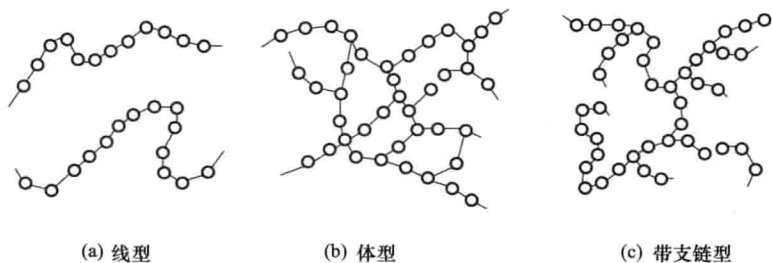


图 2-1 聚合物分子链结构示意图