



高职高专国家骨干院校

重点建设专业(机械类)核心课程“十二五”规划教材

# 塑料成型工艺与模具设计

SULIAO CHENGXING GONGYI YU MUJU SHEJI

主编◎周 青 黄芬娜



合肥工业大学出版社  
HEFEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

高职高专国家骨干院校  
重点建设专业(机械类)核心课程“十二五”规划教材

# 塑料成型工艺与模具设计

主 编 周 青 黄芬娜  
副主编 胡崇伍 邬建斌  
主 审 朱三武

合肥工业大学出版社

## 内容提要

本书以培养学生制订塑料成型工艺与设计模具结构的能力为核心,以设计塑料成型模具的整个过程为导向,以生产用的典型的注射模具、压缩模具、挤出模具为载体,训练学生的综合应用能力。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发展动向,阐述了模具设计的理论、方法和技巧。全书共分6个项目共计18个任务,包括塑料成型的基础知识、塑料成型工艺及塑料制件的结构工艺性、注射模具设计、塑料压缩压注模具、挤出成型工艺、气动成型模具、塑料模具设计与材料选择等内容。

本书可作为高职高专院校模具设计与制造专业教材,也可作为相关专业或模具企业工程技术人员参考用书。

## 图书在版编目(CIP)数据

塑料成型工艺与模具设计/周青,黄芬娜主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2012.8  
ISBN 978-7-5650-0758-3

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 133258 号

## 塑料成型工艺与模具设计

周 青 黄芬娜 主编



责任编辑 马威勋

|        |                      |     |                   |
|--------|----------------------|-----|-------------------|
| 出 版    | 合肥工业大学出版社            | 版 次 | 2012年8月第1版        |
| 地 址    | 合肥市屯溪路193号           | 印 次 | 2012年8月第1次印刷      |
| 邮 编    | 230009               | 开 本 | 787毫米×1092毫米 1/16 |
| 电 话    | 总 编 室:0551—2903038   | 印 张 | 22.25             |
|        | 市场营销部:0551—2903198   | 字 数 | 541千字             |
| 网 址    | www.hfutpress.com.cn | 印 刷 | 合肥学苑印务有限公司        |
| E-mail | hfutpress@163.com    | 发 行 | 全国新华书店            |

ISBN 978-7-5650-0758-3

定价: 51.20 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换。



## 前 言

“塑料成型工艺与模具设计”是模具设计与制造专业开设的一门综合性、实用性很强的专业技术课,并且是该专业的核心课程。本书根据国家最新标准编写,在编写过程中参考了大量同类优秀教材,并结合编者多年来在企业与实践中积累的经验,根据全国高等职业教育模具设计与制造专业的主干课程及教材内容纲要编写而成。

随着现代制造技术的迅猛发展及电子技术的应用,在工业生产中模具已成为必不可少的重要工艺装备,尤其是塑料模具在生产中应用更为广泛。本书按照现代塑料模具工业发展的现状,结合企业模具设计、加工、安装调试的实际生产流程,选择典型任务,通过相关知识及任务实施的讲解介绍,系统地训练学生合理确定塑料制品成型工艺、优化设计模具结构、制造与装配模具工艺,并能解决生产现场技术问题。

本书以模具企业典型模具的设计过程为向导,通过典型案例的引入、任务驱动完成各任务的训练,以工作过程为导向来编写整个教学内容。全书除绪论外共分6个项目18个任务。项目一为塑料成型与模具设计所必需的理论基础,包括塑料的分子结构、热力学性能与其他工艺性能、塑料的组成以、常用塑料的特点与成型特性及塑料成型制品的结构工艺性要求;项目二为各种塑料成型原理及工艺参数的确定,成型设备的选用与校核;项目三为注射成型模具的设计与制造,包括注射模具的分类、注射模具分型面的选择与确定、注射模具浇注系统、成型零件、结构零部件、推出机构、侧向分型与抽芯机构、温度调节系统等的设计,模具零件的选择及材料的确定;项目四为热固性塑料压缩压注模具的设计与制造工艺;项目五为挤出成型工艺的有关知识;项目六为目前常用的气体辅助成型塑料制品的工艺方法。

本书突出职业技能和综合技能的培养,在使用和教学过程中,要求能做到“理实一体化”;在部分项目或任务后面还增加了“拓展知识”的内容,以供部分



学有余力的学生学习和使用。

本书由江西科技学院周青、江西航空职业技术学院黄芬娜担任主编,江西机电职业技术学院胡崇伍、江西科技学院邬建斌担任副主编,江西机电职业技术学院朱三武任担主审。其中项目三由周青编写,项目一、二由黄芬娜编写,项目四、绪论由胡崇伍编写,项目五、六由邬建斌编写。

本书在编写过程中得到了江西工业贸易职业技术学院魏春雷、江西机电职业技术学院徐慧民、江西现代职业技术学院陈建荣、江西科技学院白杨等老师的帮助,在此表示衷心的感谢。

由于水平有限,加之时间仓促,书中难免存在不当和错误之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2012 年 8 月



# 绪 论

## 一、塑料及塑料工业的发展概况

塑料是以树脂为主要成分的高分子有机化合物。简称高聚物,一般相对分子质量都大于1万,有的甚至可达百万级。在一定温度和压力下具有可塑性,可以利用模具成型为一定几何形状和尺寸的塑料制件。塑料制件在工业中的应用日趋普遍,这是由它们具有一系列特殊的优点决定的:

### 1. 密度小、质量小

一般塑料的密度在 $0.83\sim 2.2\text{g/cm}^3$ 之间,相当于钢材密度的15%和铝材密度的50%左右,即在同样的体积下,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。因为这样它们既可以减轻自重而提高速度,又能提高装载及运输能力并节约能源;同时特别适合制造轻巧的日用品和家用电器零件。

### 2. 塑料比强度( $\sigma_b/\rho$ )高,比刚度( $E/\rho$ )高

普通塑料的强度约为金属材料的1/10,但因塑料质量轻,所以比强度相当高,尤其是以各种高强度的纤维状、片状或粉末状的金属或非金属为填料而制成较高强度的增强塑料,如玻璃纤维增强塑料,其比强度比一般钢材的比强度还高。塑料的比刚度(又称比弹性模量)也较高。比强度和比刚度,在某些场合(如空间技术领域)具有重要的意义。例如碳纤维和碳纤维增强塑料可用于制造人造卫星、火箭、导弹上的高强度、高刚度的结构零件。

### 3. 化学稳定性高

塑料对酸、碱、盐、蒸汽和许多化学药品都有良好的耐腐蚀能力,其中聚四氟乙烯塑料的化学稳定性最高,就连“王水”对它也无可奈何,所以称之为“塑料王”。因此,塑料在化工设备和其他腐蚀条件下工作的设备以及日用工业中应用广泛。最常用的耐腐蚀塑料是硬质聚氯乙烯,它可加工成管道、容器和化工设备中的零部件。

### 4. 电绝缘性能好,介电损耗低

由于塑料具有优良的电绝缘性和耐电弧性,所以广泛用于电机、电器和电子工业中做结构零件和绝缘材料。从一般的零件(如旋钮、接线板、插座等)到大型壳件(如电视机外壳等)都可以用塑料来制造,许多塑料已成为不可缺少的高频材料。

### 5. 耐磨和自润滑性能好

由于塑料的摩擦系数小、耐磨性高、自润滑性能好,加上比强度高,传动噪声低,因而可以在各种液体(包括油、水和腐蚀介质)、半干和干摩擦条件下有效地工作,可以用于制造轴承、轴瓦、齿轮、凸轮和滑轮等机械零件。还可粘贴或喷涂机床金属导轨(用尼龙1010)、制造刹车块(用石棉酚醛塑料)等。

### 6. 消声和吸振性能好

用塑料制成的传动摩擦零件噪声低,吸振性能好。



此外,塑料还有着优良的绝热性能、粘结性能及易成型加工性能。因此,塑料作为 20 世纪发展起来的新兴材料,已从代替部分金属、木材、皮革及无机材料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。在国民经济中,塑料因其材料易得、性能优越、加工方便而广泛应用于机械、电子、电讯、化工、建材、包装、日用品消费、农业、交通运输等各个领域,并显示出巨大的优越性和发展潜力。当今世界把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。塑料制品已成为各行各业不可缺少的重要材料之一。

塑料工业包括塑料生产(树脂和半成品的生产)和塑料制品生产(塑料成型或塑料加工)两个系统。塑料生产指树脂的合成过程及在树脂中加入一定的添加剂,形成塑料材料的过程。而塑料制品的生产主要由塑料的成型、机械加工、修饰和装配四个基本工序组成,其中最重要的工序是塑料的成型,它是一切塑料制品和型材生产的必经过程。其他三个过程则需根据塑料制品的要求而定,甚至完全可以不经过这三个过程就可以得到制品。因此塑料成型在塑料制品生产乃至塑料工业中占有重要的地位。

随着机械、电子、日用五金等工业产品塑料化趋势的不断增强及塑料制件(塑料制品)的广泛应用与迅速更新换代、不断发展,对塑料成型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都提出了更高的要求,这就要求从事塑料成型和模具设计的人员更多地掌握塑料成型及塑料模具设计方面的知识。

## 二、模具工业在国民经济中的重要性

模具是工业生产中的重要工艺装备,模具工业是国民经济各部门发展的重要基础之一。模具是利用其特定形状去成型具有一定形状和尺寸的制品的工具。在各种材料加工中广泛地使用各种模具,如在金属铸造成型中使用的砂型或压铸模具,金属压力加工中使用的锻造、冲压模具以及成型陶瓷、玻璃等制品用的模具。塑料模具就是用于成型塑料制品的模具,是型腔模具的一种。

对塑料模具的要求是:能生产出在尺寸精度、外观、物理性能等各方面均能满足使用要求的优质制品。从模具使用角度来看,要求高效率、自动化、操作简便;从模具制造角度来看,要求模具结构合理、制造容易、成本低。

塑料模具影响塑料制品的质量。首先,模具型腔的形状、尺寸、表面光洁度、分型面、浇注系统及排气槽位置和脱模方式等对制件的尺寸和形状精度及制件的物理性能、机械性能、电性能、内应力大小、各向同性、外观质量、表面光洁度、气泡、烧焦等都有十分重要的影响;其次,在塑料成型过程中,模具结构对操作难易程度影响很大。在大批量生产中,应尽量减少开合模和取件中的手工劳动,常用自动开、合模和自动顶出机构。在全自动生产中还要保证制件能自动从模具上脱落;最后,模具对塑料制品的成本也有相当的影响。由于制模费十分昂贵(简单模具除外),一般一副优良的注射模具可生产制品一百万件以上,压缩模具约能生产二十五万件。对于批量不大的制件,尽量采用结构合理而简单的模具,以降低成本。

塑料模具对实现模具加工工艺要求、塑料制品使用要求和造型设计起着重要作用。高效全自动的设备也只有装上自动化生产的模具才有可能发挥其效能,产品的生产和更新都是以模具的制造和更新为前提。由于工业塑料制品和日用品的品种多且需求量很大,对塑料模具也提出了更高的要求,促使塑料模具生产技术不断向前发展。



### 三、塑料成型技术的发展趋势

在塑料成型生产中,先进的模具设计、高质量的模具制造、优质的模具材料、合理的加工工艺和现代化的成型设备等是成型优质塑料制品的重要条件。一副优良的注射模具可以成型上百万次,一副优良的压缩模具可以成型 25 万次以上,这与上述因素有很大的关系。

考察国内外模具工业的现状及其我国国民经济和现代工业品中模具的地位,从塑料成型模具的设计理论、设计实践和制造技术出发,塑料成型技术大致有以下几个方面的发展趋势。

#### 1. CAD/CAE/CAM 技术在模具设计与制造中的应用

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 技术是模具生产的一次革命,是模具技术发展的一个特点。应用模具 CAD 系统后,模具设计借助计算机完成传统设计中各个环节的设计工作,大部分设计与制造信息由系统直接传送,图纸不再是设计与制造环节的分界线,也不再是制造、生产过程中的唯一依据。近年来,模具 CAD 技术及其应用日趋成熟,能够进行复杂形体几何造型和 NC 加工的 CAD/CAM 系统,主要是在工作站上采用 UNIX 操作系统开发和应用的,如美国的 Pro-E、UG II、CADD5 软件等;基于网络化的 CAD/CAE/CAM 一体化系统结构初见端倪,国外许多著名计算机软件开发商已能按实际生产过程中的功能要求划分产品系列,在网络系统下实现了 CAD/CAM 的一体化,解决了传统混合型 CAD/CAM 系统无法满足实际生产过程分工协作的要求,更能符合实际应用的自然过程;CAD/CAM 软件的智能化程度正在逐渐提高,如采用逆向设计、快速原型制造、数控加工外包、模具设计和模具成型过程分析等技术,许多用于模具加工的数控机床实现统一化、一体化,使整个社会的模具制造企业,按照价值链和制造流程分工,制造资源得以充分利用;CAE 技术逐步推广,这样可以在模具加工前,在计算机上对整个注塑成型过程进行模拟分析,准确预测熔体的填充、保压、冷却情况,以及塑料制品中的应力分布、分子和纤维取向分布、制品的收缩和翘曲变形等情况,以便设计者能及早发现问题,及时修改制件和模具设计,而不是等到试模以后再返修模具,如澳大利亚 Moldflow 公司的三维真实感流动模拟软件 Moldflow Adviser 已经受到用户广泛的好评和应用,在国内有以华中科技大学的 HSCAE 及郑州工业大学的 Z-mold 流动模拟软件为代表的同类软件也在不断地推广和应用。

#### 2. 大力发展快速原型制造

塑料模的模具型腔由凹模和凸模组成。对于形状复杂的曲面塑料制件,为了缩短研制周期,在现代模具制造技术中,可以不急于直接加工出难以测量和加工的模具凹模和凸模,而是采用快速原型制造技术,先制造出与实物相同的样品,判断样品是否满足设计要求和工艺要求,然后再开发模具。快速原型制造(RPM)技术是一种综合运用计算机辅助设计技术、数控技术、激光技术和材料科学的发展成果,采用分层增材制造的新概念取代了传统的去材加工或变形法加工,是当代最具有代表性的制造技术之一。快速原型制造工艺方法有选区激光烧结、熔融堆积造型和叠层制造等多种方法。利用快速成型技术不需任何工装,可快速地制造出任意复杂的甚至连数控设备都极难制造或根本无法制造的产品样本,这样大大减少了产品开发风险和加工费用,缩短了研制周期。值得关注的是,RPM 技术已发展到通过金属粉末直接烧结或熔射沉积直接制造模具的研究阶段。

迅速发展的 RPM 技术起源于 20 世纪 80 年代,它对传统的模具制造技术产生了深远





的影响。目前,我国的一些大学正在生产和进一步地开发研制这种先进的快速原型制造设备。该项先进制造技术在国内少数的塑料企业已经开始得到应用,并且正在大力推广中。

### 3. 研究和应用模具的快速测量技术与逆向工程

在塑料产品的开发设计与制造过程中,设计与制造者往往面对的并非是由 CAD 模型描述的复杂曲面实物样件,这就必须通过一定的三维数据采集方法,将这些实物原型转化转化为 CAD 模型,从而获得零件几何形状的数学模型,使之能利用 CAD、CAM、RPM 等先进技术进行处理或管理。这种将实物样件获取产品数学模型的相关技术,称为逆向工程或反求工程技术。对于具有复杂自由曲面零件的模具设计,可采用逆向工程技术。首先获取其表面几何点的数据,然后通过 CAD 系统对这些数据进行预处理,并考虑模具的成型工艺性再进行曲面重构以获得模具的凹模和凸模的型面,最后通过 CAM 系统进行数控编程,完成模具的加工。原型实样表面三维数据的快速测量技术是逆向工程的关键。三维数据采集可采用接触式(如三坐标测量机测量和接触扫描测量)和非接触式(如激光摄影法等)方法进行。采用逆向工程技术,不但可缩短模具设计周期,更重要的是可以提高模具的设计质量,提高企业快速应变市场的能力。逆向工程是一项先进现代模具成型技术,目前,国内能采用该项技术的企业不多,应逐步加以推广和应用。

### 4. 发展优质模具材料和采用先进的热处理与表面处理技术

模具材料的选用在模具设计与制造中是一个涉及模具加工工艺、模具使用寿命、塑料制件成型质量和加工成本等的重要问题。国内外模具材料的研究工作者在分析模具的工作条件、失效形式和如何提高模具使用寿命的基础上进行了大量的研究工作,开发研制出具有良好使用性和加工性能好、热处理变形小、抗热疲劳性能好的新型模具钢种,如预硬钢、耐腐蚀钢等。另外,模具成型零件的表面抛光处理技术和表面强化处理技术方面的发展也很快,国内许多单位进行了研究与工程实践,取得了一些可喜的成绩。模具热处理的发展方向是采用真空热处理,国内许多热处理中心和有些大中型模具企业已经得到应用并且正在进一步推广。模具表面处理除普及常用表面处理方法(如渗碳、渗氮、渗硼、渗铬、渗钒)外,还应积极发展设备昂贵、工艺先进的气相沉积、等离子喷涂等技术,目前上述研究与开发工作在不断地深入进行,已取得的成果也正在大力推广。

### 5. 提高模具标准化水平和模具标准件的使用率

模具标准化的水平在某种意义上也体现了某个国家模具工业发展的水平。采用标准模架和使用标准零件,可以满足大批量制造模具和缩短模具制造周期的需要。经过一段时期的建设,我国模具标准化程度正在逐步提高,估计目前我国模具标准件使用覆盖率已达到 40% 左右。发达国家的模具标准件使用覆盖率一般为 80% 左右。为了适应模具工业的发展,模具标准化工作必将加强,模具标准化程度将进一步提高,模具标准件生产也必将得到发展。目前我国塑料模标准化工作有了一定的进展,GB/T12555—2006 是塑料注射模架的国家标准,它替代了原来的 GB/T12555.1—1990(大型注射模架)和 GB/T12556.1—1990(中小型注射模架)的国家标准;GB/T4169.1—2006~GB/T4169.23—2006 是塑料模的 23 个技术条件的标准,也是在原来的 12 个注射模零件的基础上发展起来的。现在国内企业有一定生产规模的模具标准件生产企业已超过 100 家,主要产品有塑料模架、侧冲装置、推杆推管等,其中塑料模架已可生产较大型产品,为发展大型精密模具打下了基础。另外,许多工厂还有各自的企业标准。



热流道标准元件和模具的温度控制标准装置以及精密标准模架和精密导向元件目前都正在进行重点研究和开发,已经取得了一些成果并正在推广应用。但与国外工业先进国家的模具标准化程度相比较,在标准体系、标准件的品种和规格以及标准化的管理工作等方面仍有较大的差距。因此,提高模具标准化水平和模具标准件的使用率仍然是今后一段时期内我国模具工作者的一项任务。

#### 6. 模具的复杂化、精密化与大型化

为了满足塑料制件在各种工业产品中的使用要求,塑料成型技术正朝着复杂化、精密化与大型化方向发展。例如汽车的保险杠和某些内装饰件等塑料件的成型。大型塑料件和精密塑料件的成型,除了必须研制开发或引进大型和精密的成型设备外,大型和精密的塑料件成型模具更需要采用先进的模具 CAD/CAE/CAM 技术来设计与制造,否则,这类投资很大的模具研制将难以获得成功。

面对激烈的市场竞争,我国要从模具大国迈向模具强国,应调整产品结构,增强大型、复杂、精密模具的自主开发能力,以提高产品的市场竞争能力。特别是国外近年来发展的一些数控机床,已向更高的敏捷化、智能化、集成化方向发展,为大型模具制造注入了新的活力。

#### 7. 模具工业信息化

采用信息技术可以带动和提升模具工业的制造水平,推动模具工业技术的进步。在整体规划的指导下,应该着重抓好 CAD/CAE/CAPP/CAM 一体化,不断提升单元技术和合成技术水平,实现 PDM(产品数据管理)系统的开发与应用,提高产品设计能力,实现 ERP(企业资源规划)系统的开发与应用。将公司的所有资源统一管理起来,包括物流、资金流和信息流。

### 四、本课程的任务及要求

本课程包括塑料成型工艺和塑料成型模具设计两大主题,根据专业特点,侧重于模具设计方面。通过学习本课程,应达到如下目的:

- ① 了解塑料成型理论知识、各种常用塑料成型基本理论及工艺特点。
- ② 掌握各类成型模具的结构特点及设计计算方法,能独立设计中等复杂程度的模具。
- ③ 具有初步分析、解决成型现场技术问题的能力,包括具有初步分析成型缺陷产生的原因和提出解决办法的能力。

“塑料成型工艺与模具设计”是一门实践性很强的课程,它的主要内容都是在生产实践中逐步积累和丰富起来的。因此,学习本课程除了重视书本的理论学习外,特别应强调理论联系实际,进行现场教学、实验、实习、课程设计。塑料成型加工技术发展很快,塑料模具的各种结构也在不断地创新,我们在学习成型工艺与模具设计的同时,还应注意了解与塑料模相关的新技术、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。



# 目 录

|                     |       |
|---------------------|-------|
| 绪 论                 | (1)   |
| 项目一 塑料材料与塑料制品工艺性的确定 | (6)   |
| 任务一 选择与分析塑料原料       | (6)   |
| 任务二 塑料制件结构工艺性能      | (26)  |
| 项目二 塑料成型工艺性与设备的确定   | (48)  |
| 任务一 确定塑料成型方式及工艺参数   | (48)  |
| 任务二 初步选择注射成型设备      | (65)  |
| 项目三 塑料注射模具设计        | (86)  |
| 任务一 注射成型模具基本结构及其分类  | (86)  |
| 任务二 分型面与浇注系统设计      | (93)  |
| 任务三 注射模具成型零部件设计     | (129) |
| 任务四 注射模推出机构设计       | (160) |
| 任务五 注射模侧向分型与抽芯机构设计  | (184) |
| 任务六 注射模具模温度调节系统设计   | (222) |
| 任务七 模架的设计           | (234) |
| 任务八 注射模材料的选用及模具设计过程 | (251) |



|                       |       |
|-----------------------|-------|
| 项目四 塑料压缩压注模具设计.....   | (267) |
| 任务一 热固性塑料压缩成型概述.....  | (267) |
| 任务二 压缩模具设计.....       | (283) |
| 任务三 压注模具设计.....       | (298) |
| 项目五 挤出成型.....         | (308) |
| 任务一 挤出机头的结构组成与分类..... | (308) |
| 任务二 管材挤出机头.....       | (312) |
| 项目六 气动成型模具.....       | (320) |
| 附表.....               | (337) |
| 参考文献.....             | (347) |



# 绪 论

## 一、塑料及塑料工业的发展概况

塑料是以树脂为主要成分的高分子有机化合物。简称高聚物,一般相对分子质量都大于1万,有的甚至可达百万级。在一定温度和压力下具有可塑性,可以利用模具成型为一定几何形状和尺寸的塑料制件。塑料制件在工业中的应用日趋普遍,这是由它们具有一系列特殊的优点决定的:

### 1. 密度小、质量小

一般塑料的密度在 $0.83\sim 2.2\text{g/cm}^3$ 之间,相当于钢材密度的15%和铝材密度的50%左右,即在同样的体积下,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。因为这样它们既可以减轻自重而提高速度,又能提高装载及运输能力并节约能源;同时特别适合制造轻巧的日用品和家用电器零件。

### 2. 塑料比强度( $\sigma_b/\rho$ )高,比刚度( $E/\rho$ )高

普通塑料的强度约为金属材料的1/10,但因塑料质量轻,所以比强度相当高,尤其是以各种高强度的纤维状、片状或粉末状的金属或非金属为填料而制成较高强度的增强塑料,如玻璃纤维增强塑料,其比强度比一般钢材的比强度还高。塑料的比刚度(又称比弹性模量)也较高。比强度和比刚度高,在某些场合(如空间技术领域)具有重要的意义。例如碳纤维和碳纤维增强塑料可用于制造人造卫星、火箭、导弹上的高强度、高刚度的结构零件。

### 3. 化学稳定性高

塑料对酸、碱、盐、蒸汽和许多化学药品都有良好的耐腐蚀能力,其中聚四氟乙烯塑料的化学稳定性最高,就连“王水”对它也无可奈何,所以称之为“塑料王”。因此,塑料在化工设备和其他腐蚀条件下工作的设备以及日用工业中应用广泛。最常用的耐腐蚀塑料是硬质聚氯乙烯,它可加工成管道、容器和化工设备中的零部件。

### 4. 电绝缘性能好,介电损耗低

由于塑料具有优良的电绝缘性和耐电弧性,所以广泛用于电机、电器和电子工业中做结构零件和绝缘材料。从一般的零件(如旋钮、接线板、插座等)到大型壳件(如电视机外壳等)都可以用塑料来制造,许多塑料已成为不可缺少的高频材料。

### 5. 耐磨和自润滑性能好

由于塑料的摩擦系数小、耐磨性高、自润滑性能好,加上比强度高,传动噪声低,因而可以在各种液体(包括油、水和腐蚀介质)、半干和干摩擦条件下有效地工作,可以用于制造轴承、轴瓦、齿轮、凸轮和滑轮等机械零件。还可粘贴或喷涂机床金属导轨(用尼龙1010)、制造刹车块(用石棉酚醛塑料)等。

### 6. 消声和吸振性能好

用塑料制成的传动摩擦零件噪声低,吸振性能好。



此外,塑料还有着优良的绝热性能、粘结性能及易成型加工性能。因此,塑料作为 20 世纪发展起来的新兴材料,已从代替部分金属、木材、皮革及无机材料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。在国民经济中,塑料因其材料易得、性能优越、加工方便而广泛应用于机械、电子、电讯、化工、建材、包装、日用品消费、农业、交通运输等各个领域,并显示出巨大的优越性和发展潜力。当今世界把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。塑料制品已成为各行各业不可缺少的重要材料之一。

塑料工业包括塑料生产(树脂和半成品的生产)和塑料制品生产(塑料成型或塑料加工)两个系统。塑料生产指树脂的合成过程及在树脂中加入一定的添加剂,形成塑料材料的过程。而塑料制品的生产主要由塑料的成型、机械加工、修饰和装配四个基本工序组成,其中最重要的工序是塑料的成型,它是一切塑料制品和型材生产的必经过程。其他三个过程则需根据塑料制品的要求而定,甚至完全可以不经过这三个过程就可以得到制品。因此塑料成型在塑料制品生产乃至塑料工业中占有重要的地位。

随着机械、电子、日用五金等工业产品塑料化趋势的不断增强及塑料制件(塑料制品)的广泛应用与迅速更新换代、不断发展,对塑料成型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都提出了更高的要求,这就要求从事塑料成型和模具设计的人员更多地掌握塑料成型及塑料模具设计方面的知识。

## 二、模具工业在国民经济中的重要性

模具是工业生产中的重要工艺装备,模具工业是国民经济各部门发展的重要基础之一。模具是利用其特定形状去成型具有一定形状和尺寸的制品的工具。在各种材料加工中广泛地使用各种模具,如在金属铸造成型中使用的砂型或压铸模具,金属压力加工中使用的锻造、冲压模具以及成型陶瓷、玻璃等制品用的模具。塑料模具就是用于成型塑料制品的模具,是型腔模具的一种。

对塑料模具的要求是:能生产出在尺寸精度、外观、物理性能等各方面均能满足使用要求的优质制品。从模具使用角度来看,要求高效率、自动化、操作简便;从模具制造角度来看,要求模具结构合理、制造容易、成本低。

塑料模具影响塑料制品的质量。首先,模具型腔的形状、尺寸、表面光洁度、分型面、浇注系统及排气槽位置和脱模方式等对制件的尺寸和形状精度及制件的物理性能、机械性能、电性能、内应力大小、各向同性、外观质量、表面光洁度、气泡、烧焦等都有十分重要的影响;其次,在塑料成型过程中,模具结构对操作难易程度影响很大。在大批量生产中,应尽量减少开合模和取件中的手工劳动,常用自动开、合模和自动顶出机构。在全自动生产中还要保证制件能自动从模具上脱落;最后,模具对塑料制品的成本也有相当的影响。由于制模费十分昂贵(简单模具除外),一般一副优良的注射模具可生产制品一百万件以上,压缩模具约能生产二十五万件。对于批量不大的制件,尽量采用结构合理而简单的模具,以降低成本。

塑料模具对实现模具加工工艺要求、塑料制品使用要求和造型设计起着重要作用。高效全自动的设备也只有装上自动化生产的模具才有可能发挥其效能,产品的生产和更新都是以模具的制造和更新为前提。由于工业塑料制品和日用制品的品种多且需求量很大,对塑料模具也提出了更高的要求,促使塑料模具生产技术不断向前发展。



### 三、塑料成型技术的发展趋势

在塑料成型生产中,先进的模具设计、高质量的模具制造、优质的模具材料、合理的加工工艺和现代化的成型设备等是成型优质塑料制品的重要条件。一副优良的注射模具可以成型上百万次,一副优良的压缩模具可以成型 25 万次以上,这与上述因素有很大的关系。

考察国内外模具工业的现状及其我国国民经济和现代工业品中模具的地位,从塑料成型模具的设计理论、设计实践和制造技术出发,塑料成型技术大致有以下几个方面的发展趋势。

#### 1. CAD/CAE/CAM 技术在模具设计与制造中的应用

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 技术是模具生产的一次革命,是模具技术发展的一个特点。应用模具 CAD 系统后,模具设计借助计算机完成传统设计中各个环节的设计工作,大部分设计与制造信息由系统直接传送,图纸不再是设计与制造环节的分界线,也不再是制造、生产过程中的唯一依据。近年来,模具 CAD 技术及其应用日趋成熟,能够进行复杂形体几何造型和 NC 加工的 CAD/CAM 系统,主要是在工作站上采用 UNIX 操作系统开发和应用的,如美国的 Pro-E、UG II、CADD5 软件等;基于网络化的 CAD/CAE/CAM 一体化系统结构初见端倪,国外许多著名计算机软件开发商已能按实际生产过程中的功能要求划分产品系列,在网络系统下实现了 CAD/CAM 的一体化,解决了传统混合型 CAD/CAM 系统无法满足实际生产过程分工协作的要求,更能符合实际应用的自然过程;CAD/CAM 软件的智能化程度正在逐渐提高,如采用逆向设计、快速原型制造、数控加工外包、模具设计和模具成型过程分析等技术,许多用于模具加工的数控机床实现统一化、一体化,使整个社会的模具制造企业,按照价值链和制造流程分工,制造资源得以充分利用;CAE 技术逐步推广,这样可以在模具加工前,在计算机上对整个注塑成型过程进行模拟分析,准确预测熔体的填充、保压、冷却情况,以及塑料制品中的应力分布、分子和纤维取向分布、制品的收缩和翘曲变形等情况,以便设计者能及早发现问题,及时修改制件和模具设计,而不是等到试模以后再返修模具,如澳大利亚 Moldflow 公司的三维真实感流动模拟软件 Moldflow Adviser 已经受到用户广泛的好评和应用,在国内有以华中科技大学的 HSCAE 及郑州工业大学的 Z-mold 流动模拟软件为代表的同类软件也在不断地推广和应用。

#### 2. 大力发展快速原型制造

塑料模的模具型腔由凹模和凸模组成。对于形状复杂的曲面塑料制件,为了缩短研制周期,在现代模具制造技术中,可以不急于直接加工出难以测量和加工的模具凹模和凸模,而是采用快速原型制造技术,先制造出与实物相同的样品,判断样品是否满足设计要求和工艺要求,然后再开发模具。快速原型制造(RPM)技术是一种综合运用计算机辅助设计技术、数控技术、激光技术和材料科学的发展成果,采用分层增材制造的新概念取代了传统的去材加工或变形法加工,是当代最具有代表性的制造技术之一。快速原型制造工艺方法有选区激光烧结、熔融堆积造型和叠层制造等多种方法。利用快速成型技术不需任何工装,可快速地制造出任意复杂的甚至连数控设备都极难制造或根本无法制造的产品样本,这样大大减少了产品开发风险和加工费用,缩短了研制周期。值得关注的是,RPM 技术已发展到通过金属粉末直接烧结或熔射沉积直接制造模具的研究阶段。

迅速发展的 RPM 技术起源于 20 世纪 80 年代,它对传统的模具制造技术产生了深远





的影响。目前,我国的一些大学正在生产和进一步地开发研制这种先进的快速原型制造设备。该项先进制造技术在国内少数的塑料企业已经开始得到应用,并且正在大力推广中。

### 3. 研究和应用模具的快速测量技术与逆向工程

在塑料产品的开发设计与制造过程中,设计与制造者往往面对的并非是由 CAD 模型描述的复杂曲面实物样件,这就必须通过一定的三维数据采集方法,将这些实物原型转化转化为 CAD 模型,从而获得零件几何形状的数学模型,使之能利用 CAD、CAM、RPM 等先进技术进行处理或管理。这种将实物样件获取产品数学模型的相关技术,称为逆向工程或反求工程技术。对于具有复杂自由曲面零件的模具设计,可采用逆向工程技术。首先获取其表面几何点的数据,然后通过 CAD 系统对这些数据进行预处理,并考虑模具的成型工艺性再进行曲面重构以获得模具的凹模和凸模的型面,最后通过 CAM 系统进行数控编程,完成模具的加工。原型实样表面三维数据的快速测量技术是逆向工程的关键。三维数据采集可采用接触式(如三坐标测量机测量和接触扫描测量)和非接触式(如激光摄影法等)方法进行。采用逆向工程技术,不但可缩短模具设计周期,更重要的是可以提高模具的设计质量,提高企业快速应变市场的能力。逆向工程是一项先进现代模具成型技术,目前,国内能采用该项技术的企业不多,应逐步加以推广和应用。

### 4. 发展优质模具材料和采用先进的热处理与表面处理技术

模具材料的选用在模具设计与制造中是一个涉及模具加工工艺、模具使用寿命、塑料制件成型质量和加工成本等的重要问题。国内外模具材料的研究工作者在分析模具的工作条件、失效形式和如何提高模具使用寿命的基础上进行了大量的研究工作,开发研制出具有良好使用性和加工性能好、热处理变形小、抗热疲劳性能好的新型模具钢种,如预硬钢、耐腐蚀钢等。另外,模具成型零件的表面抛光处理技术和表面强化处理技术方面的发展也很快,国内许多单位进行了研究与工程实践,取得了一些可喜的成绩。模具热处理的发展方向是采用真空热处理,国内许多热处理中心和有些大中型模具企业已经得到应用并且正在进一步推广。模具表面处理除普及常用表面处理方法(如渗碳、渗氮、渗硼、渗铬、渗钒)外,还应积极发展设备昂贵、工艺先进的气相沉积、等离子喷涂等技术,目前上述研究与开发工作在不断地深入进行,已取得的成果也正在大力推广。

### 5. 提高模具标准化水平和模具标准件的使用率

模具标准化的水平在某种意义上也体现了某个国家模具工业发展的水平。采用标准模架和使用标准零件,可以满足大批量制造模具和缩短模具制造周期的需要。经过一段时期的建设,我国模具标准化程度正在逐步提高,估计目前我国模具标准件使用覆盖率已达到 40% 左右。发达国家的模具标准件使用覆盖率一般为 80% 左右。为了适应模具工业的发展,模具标准化工作必将加强,模具标准化程度将进一步提高,模具标准件生产也必将得到发展。目前我国塑料模标准化工作有了一定的进展,GB/T12555—2006 是塑料注射模架的国家标准,它替代了原来的 GB/T12555.1—1990(大型注射模架)和 GB/T12556.1—1990(中小型注射模架)的国家标准;GB/T4169.1—2006~GB/T4169.23—2006 是塑料模的 23 个技术条件的标准,也是在原来的 12 个注射模零件的基础上发展起来的。现在国内企业有一定生产规模的模具标准件生产企业已超过 100 家,主要产品有塑料模架、侧冲装置、推杆推管等,其中塑料模架已可生产较大型产品,为发展大型精密模具打下了基础。另外,许多工厂还有各自的企业标准。





热流道标准元件和模具的温度控制标准装置以及精密标准模架和精密导向元件目前都正在进行重点研究和开发,已经取得了一些成果并正在推广应用。但与国外工业先进国家的模具标准化程度相比较,在标准体系、标准件的品种和规格以及标准化的管理工作等方面仍有较大的差距。因此,提高模具标准化水平和模具标准件的使用率仍然是今后一段时期内我国模具工作者的一项任务。

#### 6. 模具的复杂化、精密化与大型化

为了满足塑料制件在各种工业产品中的使用要求,塑料成型技术正朝着复杂化、精密化与大型化方向发展。例如汽车的保险杠和某些内装饰件等塑料件的成型。大型塑料件和精密塑料件的成型,除了必须研制开发或引进大型和精密的成型设备外,大型和精密的塑料件成型模具更需要采用先进的模具 CAD/CAE/CAM 技术来设计与制造,否则,这类投资很大的模具研制将难以获得成功。

面对激烈的市场竞争,我国要从模具大国迈向模具强国,应调整产品结构,增强大型、复杂、精密模具的自主开发能力,以提高产品的市场竞争能力。特别是国外近年来发展的一些数控机床,已向更高的敏捷化、智能化、集成化方向发展,为大型模具制造注入了新的活力。

#### 7. 模具工业信息化

采用信息技术可以带动和提升模具工业的制造水平,推动模具工业技术的进步。在整体规划的指导下,应该着重抓好 CAD/CAE/CAPP/CAM 一体化,不断提升单元技术和合成技术水平,实现 PDM(产品数据管理)系统的开发与应用,提高产品设计能力,实现 ERP(企业资源规划)系统的开发与应用。将公司的所有资源统一管理起来,包括物流、资金流和信息流。

### 四、本课程的任务及要求

本课程包括塑料成型工艺和塑料成型模具设计两大主题,根据专业特点,侧重于模具设计方面。通过学习本课程,应达到如下目的:

- ① 了解塑料成型理论知识、各种常用塑料成型基本理论及工艺特点。
- ② 掌握各类成型模具的结构特点及设计计算方法,能独立设计中等复杂程度的模具。
- ③ 具有初步分析、解决成型现场技术问题的能力,包括具有初步分析成型缺陷产生的原因和提出解决办法的能力。

“塑料成型工艺与模具设计”是一门实践性很强的课程,它的主要内容都是在生产实践中逐步积累和丰富起来的。因此,学习本课程除了重视书本的理论学习外,特别应强调理论联系实际,进行现场教学、实验、实习、课程设计。塑料成型加工技术发展很快,塑料模具的各种结构也在不断地创新,我们在学习成型工艺与模具设计的同时,还应注意了解与塑料模相关的新技术、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。