



高职高专“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 蔡 华 主 审 王德俊

- 项目引领，任务驱动
- 实例教学，理论联系实际

上海科学技术出版社

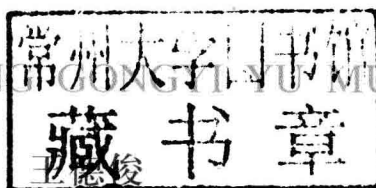


高职高专“十二五”规划教材

塑料成型工艺与模具设计

SULIAO CHENGXING GONGYI YU MUJU SHEJI

主编 蔡 华 主审



上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

塑料成型工艺与模具设计 / 蔡华主编. —上海: 上海
科学技术出版社, 2011. 8

高职高专“十二五”规划教材
ISBN 978 - 7 - 5478 - 0791 - 0

I. ①塑… II. ①蔡… III. ①塑料成型 - 工艺 - 高
等职业教育 - 教材 ②塑料模具 - 设计 - 高等职业教育
- 教材 IV. ①TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 059258 号

上海世纪出版股份有限公司 出版、发行
上海科学技术出版社

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

常熟市兴达印刷有限公司印刷

开本 787 × 1092 1/16 印张: 15

字数: 330 千字

2011 年 8 月第 1 版 2011 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5478 - 0791 - 0/TG · 37

定价: 34.80 元

本书如有缺页、错装或损坏等严重质量问题,
请向工厂联系调换

内容提要

Synopsis

本书作为基于工作过程导向项目化教学改革综合性教材,系统地介绍了塑料成型原理及模具的设计方法。全书共由五个项目组成,其中项目一以塑料盒零件、扣盖塑料零件为例,分析了塑料的工艺特性、常见的塑料成型方法及塑料制件的结构工艺性,并对塑料成型设备进行了分析选择;项目二通过对塑料盒、扣盖模具的设计,逐一介绍了塑料模具的结构特点,标准模架的选择要求,浇注系统、分型面、结构零件、成型零件的设计方法,并对侧向抽芯机构、模具冷却系统作了设计说明;项目三以衬套塑料件为例,介绍了压缩模具的设计过程;项目四以硬管为例,介绍了挤出模具设计过程;项目五以塑料套筒为例,介绍了压注模具的设计过程,并对其他常见成型方法作了简要阐述。

本书可以作为高职、中职、成人教育等院校的模具设计与制造专业以及机械、机电类相关专业的课程教材,也可以作为模具设计人员自学的辅导用书。

作者名单

Authors

塑料成型工艺与模具设计

主 编 蔡 华

副主编 俞 蓓

参 编 赵 亮 祝金丹 陈心怡

主 审 王德俊

本书以高等职业教育人才培养目标为依据,以培养学生塑料模具设计能力为核心,采用工作过程导向的项目化任务作为全书的编写主线,理论知识以“必需、够用”为度,突出应用性;叙述通俗易懂,着眼于解决实际问题,具有较强的实用性;融合相关专业知识于一体,突出综合素质的培养,强调实际应用,加强专业知识之间的联系,注意教学内容的分工协调和相互联系。

本书的设计以项目引领,以工作过程为导向,以具体的任务为驱动,按照模具设计的内容及工作过程,由易至难,由浅入深,设计了5个项目共14个任务来完成塑料模具设计的学习和训练。全书以5个项目为线,将各个知识点串联起来,理论联系实际,适应高职教学要求。

全书采用实例教学法,在注射模、压缩模、挤出模、压注模具等部分,针对各自成型特点,各选择一个项目完成其模具设计,并选编了多种典型的塑料模具结构,且每个项目配有相应的习题,便于学生自学、巩固提高知识和拓宽思路,具有较强的实用性。

本书由南京化工职业技术学院蔡华担任主编,安徽机电职业技术学院俞蓓担任副主编,鹤壁职业技术学院王德俊担任主审。具体编写分工如下:绪论、项目二由蔡华编写,项目一由俞蓓编写,项目三由仙桃职业技术学院赵亮编写,项目四由浙江纺织服装职业技术学院祝金丹编写,项目五由池州学院陈心怡编写。

由于编者水平有限,书中难免存在错误和不足之处,敬请读者批评指正。

编者

绪 论

一、塑料成型在塑料工业中的重要地位

塑料是以相对分子质量高的合成树脂为主要成分,并加入其他添加剂,在一定温度和压力下塑化成型的高分子合成材料。一般相对分子质量都大于 10 000,有的可达百万。在加热、加压条件下具有可塑性,在常温下为柔韧的固体。使用模具成型可以得到我们所需要的形状和尺寸的塑料制件。塑料中其他的添加剂主要有填充剂、增塑剂、固化剂、稳定剂等配合剂。

塑料工业是一门新兴的工业。由于塑料最初品种不多,人们对它们的本质理解不足,在塑料制品生产技术上,只能根据塑料与某些材料如橡胶、木材、金属和陶瓷等制品的生产有若干相似之处而进行仿制。从 1910 年生产酚醛塑料开始,塑料品种渐多,在生产技术和方法上都有显著的改进。虽然塑料工业的发展只有近 100 年的历史,但其发展速度却十分迅速,1910 年世界塑料产量只有 2 万 t,到 2003 年产量达到了 1.28 亿 t。目前塑料品种已有 300 多种,并且每年仍然在以 10% 左右的速度增长。

我国的塑料工业起步于 20 世纪 50 年代初期。新中国成立前夕,只有上海、广州、武汉等个别大城市有塑料制品加工厂,只有酚醛和赛璐珞两种塑料,1949 年全国塑料总产量仅有 200 t,从 1958 年我国第一次人工合成酚醛塑料开始,塑料工业得到迅猛发展。1958 年我国塑料产量为 2.4 万 t,1965 年为 13.9 万 t,70 年代中期引进的几套化工装置的建成投产,使塑料工业有了一次大的飞跃。1979 年为 94.8 万 t,1988 年猛增到 135.42 万 t,2000 年已达到 200 万 t,近 20 年来产量和品种都大大增加,许多新颖的工程塑料已投入批量生产。目前,我国的塑料制品总产量在世界上已跃居第二位。据统计,在世界范围内,塑料用量近几十年来几乎每 5 年翻一番,预计今后将以每 8 年翻一番的速度持续高速发展。今天,我国的塑料工业已形成具有相当规模的完整体系,据中国轻工信息中心统计,2002 年中国塑料制品行业中,年销售额达 500 万元以上规模企业共计 7 480 家,其中大中型企业约占 10%,产品销售收入亿元以上企业 397 家,2009 年 1~11 月,塑料制品行业产值同比增长 12.48%,产量同比增长 9.62%,全年总产值超过 1 万亿元。开发新产品、掌握新技术已经得到企业的普遍重视,一般企业每年都有两三个新产品,有的高达 10~20 个新产品通过不同级别的鉴定,投入市场。中国塑料机械技术通过消化吸收国外先进制造技术,开发具有国际先进水平的产品,新产品新技术开发速度加快,进行重大创新,也取得了显著成绩。总之,塑料材料的消耗量上,塑料新产品、新工艺、新设备的研究、开发与应用上都取得了可喜的成就。

塑料已渗透到人们生活和生产的各个领域,在家用电器、仪器仪表、机械制造、化工、医疗卫生、建筑器材、汽车工业、农用器械、日用五金以及兵器、航空航天和原子能工业中,塑料

已成为替代部分钢铁、木材、皮革等材料,成为各个行业中不可缺少的一种化学材料,并和钢铁、木材、水泥一起成为现代社会中的四大基础材料。塑料制件已成为国民经济中不可缺少的重要材料之一。

1. 塑料制品的应用

- 1) 农业 薄膜、管道、片板、绳索和编织袋等,农田水利工程多选用塑料管,农舍建筑。
- 2) 交通运输 门把手、方向盘、仪表板等。
- 3) 电气工业 电线、电缆、开关、插头、插座绝缘体、家用电器、计算机(键盘套件、显示器外壳)及各种通信设备等。
- 4) 通信产品 电话机、手机、传真机等外壳。
- 5) 日常生活用品 塑料桶、塑料盆、热水器外壳、塑料袋、航空茶杯、尼龙绳等。
- 6) 医疗用品 人工血管、输液器、输血袋、注射器、插管、检验用品、病人用具、手术室用品等。

2. 塑料的优良特性

塑料广泛应用于各个领域,品种繁多,性能也各不相同。归纳起来,塑料主要具有以下优良特性:

(1) 塑料密度小、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 0.14 倍和铝材密度的 0.5 倍左右;在同样体积下,塑件要比金属制品轻得多,采用塑料零件对各种机械、车辆、飞机和航天器减轻质量、节省能耗具有非常重要的意义。

(2) 比强度和比刚度高。塑料的强度和刚度虽然不如金属的好,但塑料密度小,所以其比强度(即强度和密度之比 σ/ρ)和比刚度(即弹性模量和密度之比 E/ρ)相当高。如玻璃纤维增强塑料和碳纤维增强塑料的比强度和比刚度都比钢好,该类塑料常用于制造人造卫星、火箭、导弹上的零件。

(3) 绝缘性能好,介电损耗低,耐电弧特性好。塑料广泛应用于电机、电器和电子工业中做结构零件和绝缘材料,是电子工业中不可缺少的原材料。

(4) 化学稳定性高,对酸、碱和许多化学物品都有良好的耐腐蚀性能。在化工设备及日用工业品中得到广泛应用,常用的耐腐蚀塑料是硬质,它可以加工成管道、容器和化工设备中的零部件。

(5) 耐磨、自润滑性能以及减振、隔声性能都较好。塑料的摩擦系数小,耐磨性强,可以作为减摩材料,如用来制造轴承、齿轮等零件,适合用于转速不高、载荷不大的工作场合。塑料还具有优良的隔声和吸声性能。

(6) 成型性能、着色性能好,且有多种防护性能(防水、防潮、防辐射)。

塑料在一定的条件下具有良好的塑性,可以采用多种成型方法制作不同的制品。塑料的着色简单,着色范围广,可制成各种颜色,部分塑料的光学性能很好,具有良好的光泽,可制成透明性很高的塑件,如常用的有机玻璃、聚碳酸酯等。塑料还具有防水、防潮、防透气、防振、防辐射等多种防护性能。

塑料虽具有上述优异的特性,但在某些性能上也存在着不足之处,如机械强度和硬度远不及金属材料高,耐热性也低于金属,导热性差,且吸湿性大易老化等,塑料的这些缺点或多或少地影响和限制了它的应用范围。

从发展趋势看,对现有的各种聚合物进行改性仍是目前和今后一段时间内对塑料材料

进行开发和应用研究的主要任务。主要是继续扩大和完善新的聚合物高分子材料品种,对各种添加剂继续向低毒、高效和非污染的方向发展,同时改善塑料的工艺加工性能,节约能耗、提高产品质量、满足高速加工设备和高效加工工艺的要求,并减少环境污染、提高配料的准确性和发挥助剂的协同效能。

二、塑料成型技术发展趋势

在塑料制件的生产中,高质量的模具设计、先进的模具制造设备、合理的加工工艺、优质的模具材料和现代化的成型设备等是成型优质塑件的重要条件。目前,塑料成型技术的发展趋势主要有以下几个方面:

1) CAD/CAE/CAM 技术的快速发展和推广应用 塑料制件应用的日益广泛和大型塑件及复杂曲面塑件的不断开发,对塑料成型模具的设计与制造提出了愈来愈高的要求,传统的模具设计与制造方法已不能适应这样的要求。目前,CAD/CAE/CAM 技术给模具工业带来了巨大的变革,成为模具技术最重要的发展方向。

利用塑料模流分析 CAE 系统,输入有关参数,可以进行熔体充填模具型腔时流动状态的分析、纤维取向的分析、型腔内压力状态的分析 and 温度分布的分析。这种技术可以优化塑件的设计、优化注射工艺、评估浇注系统的合理性和防止塑件缺陷的产生,为塑件及注射模具的正确设计提供了依据,比较优秀的模流分析软件如 Moldflow。

模具 CAD/CAM 系统是计算机辅助某一种类型模具的设计、计算、分析、绘图以及数控加工自动编程等的有机集成。模具 CAD/CAM 一体化技术是在模具 CAD 和模具 CAM 分别发展的基础上出现的,是计算机技术综合应用中的一个新的飞跃。采用 CAD/CAM 一体化技术,可以构建模具型腔或型芯的三维实体,可以生成刀具轨迹和数控加工代码,进行计算机仿真。通过计算机与数控加工机床 DNC 的通讯接口,型腔或型芯实体的加工程序可以传递给数控加工机床,在试切成功后,进行正式的模具加工。

此外,随着逆向工程技术、快速成型技术的发展,快速模具制造也已诞生,人工智能技术也将引进 CAD/CAM 系统。在工业发达的国家,CAD/CAE/CAM 技术在 20 世纪 80 年代中期已进入实用阶段,市场上已经有商品化系统软件出售。国内许多高校和研究所对 CAD/CAE/CAM 技术也专门进行了立项研究和实践,取得了一些成果。目前,我们国家的一些重点企业、一些合资和独资企业,在模具 CAD/CAE/CAM 技术的推广与应用方面已取得了初步的成功。但实事求是地讲,我国在该技术的应用与推广方面还存在着一定的差距,有待于进一步的改进与完善。

2) 各种模具新材料的研制和使用 模具材料的选用在模具的设计与制造中是一个比较重要的问题,它直接影响到模具的制造工艺、模具的使用寿命、塑件的成型质量和模具的加工成本等。国内外模具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途径的基础上进行了大量的研究工作,并且已开发了许多具有良好使用性能和加工性能好、热处理变形小的新型模具钢种,如预硬钢、新型淬火回火钢、马氏体时效钢、析出硬化钢和耐腐蚀钢等,经过应用,均取得了较为满意的技术和经济效果。另外,为了提高模具的寿命,在模具成型零件的表面强化处理方面也做了许多研究与工程实践,取得了很好的效果。目前,上述的研究与开发工作还在不断地深入进行,已取得的成果正在大力推广。

3) 塑料制件的微型化、超大型化和精密化 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微型化、大型化甚至超大型化和精密化方向发展。微型化的塑料制件要求在微型的设备上生产。德国已经研究出注射只有 0.1 g 的微型注射机,可生产 0.05 g 左右的微型注射成型塑件,国内也已经研究出注射量只有 0.1 g 左右的微型塑件。对于大型化的注射塑件要求有大型、超大型的注射机。目前,法国已拥有注射量为 1.7×10^5 g 的超大型注射机,合模力达到 150 MN,美国和日本也分别制造出注射量为 1.0×10^5 g 和 9.6×10^4 g 的超大型注射机。国产的注射量也达到了 3.5×10^4 g,合模力达到 80 MN。精密注射成型能使塑料制件的尺寸公差范围保持在 0.01~0.001 mm 之内,用这种方法成型,对注射机、注射工艺和模具设计与制造都有特定的要求。

4) 模具的标准化 为了满足大规模制造塑料成型模具和缩短模具制造周期的需要,塑料模具的标准化工作就显得十分重要。目前,国内外已有许多标准化的注射模架形式可供模具制造厂家选购。GB/T 12555—1990 是大型注射模架的国家标准,GB/T 12556—1990 是中小型注射模架的国家标准。塑料模具零件的国家标准从推杆的 GB/T 4169.1—2006 到推板导套的 GB/T 4169.12—2006 总计 12 个。

热流道标准元件和模具的温控标准装置以及精密标准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。

三、塑料成型方法简介

塑料成型的分类方法很多,按照塑料制件的成型方法不同可以分为以下几类:

1) 注射模 注射模又称为注塑模。首先将粒状或粉状的塑料原料加入到注射机的料筒中,经过加热熔融成黏流态,然后在柱塞或螺杆的推动下,以一定的流速通过料筒前端的喷嘴和模具的浇注系统注射入闭合的模具型腔中,经过一定时间后,塑料在模内硬化定型,接着打开模具,从模内脱出成型的塑件。注射模主要用于热塑性塑料制件的成型,近年来,热固性塑料注射成型的应用也在逐渐增加。此外,反应注射成型、双色注射成型等特种注射成型工艺也正在不断开发与应用。

2) 压缩模 压缩模又称压塑模。压缩成型是塑料制件成型方法中较早采用的一种。首先将预热过的塑料原料直接加入敞开的、经加热的模具型腔(加料室)内,然后合模,塑料在热和压力的作用下呈熔融流动状态充满型腔,然后发生固化交联反应,使塑料逐渐硬化定型。该成型方法周期长,生产效率低。压缩模多用于热固性塑料制件的成型。

3) 压注模 压注模又称传递模。压注模的加料室与型腔由浇注系统相连接。首先将预热过的塑料原料加入预热的加料室内,然后通过压柱向加料室内塑料原料施加压力,塑料在高温高压下熔融并通过模具浇注系统进入型腔,最后发生化学交联反应逐渐硬化定型。压注模主要用于热固性塑料制件的成型。

4) 挤出模 挤出模常称挤出机头。挤出成型是利用挤出机筒内的螺杆旋转加压的方式,连续地将塑化好的、呈熔融状态的成型物料从挤出机的机筒中挤出,并通过特定断面形状的口模成型,然后借助牵引装置将挤出后的塑料制件均匀地拉出,并同时冷却定型处理。这类模具能连续不断地生产断面形状相同的热塑性塑料的型材,例如塑料管材、棒材、片材及异型材等。

5) 气动成型模 气动成型模包括中空吹塑成型模、真空成型模和压缩空气成型模等。中空吹塑成型是将挤出机挤出或注射机注射出的、处于高弹性状态的空心塑料型坯置于闭

合的模腔内,然后向其内部通入压缩空气,使其胀大并贴紧于模具型腔表壁,经冷却定型后成为具有一定形状和尺寸精度的中空塑料容器。真空成型是将加热的塑料片材与模具型腔表面所构成的封闭空腔内抽真空,使片材在大气压力下发生塑性变形而紧贴于模具型面上成为塑料制件的成型方法。压缩空气成型是利用压缩空气,使加热软化的塑料片材发生塑性变形并紧贴在模具型面上成为塑料制件的成型方法。在个别塑件深度大、形状复杂的情况下,也有同时采用真空和压缩空气成型的方法。真空成型和压缩空气成型是使用已成型的片材再进行塑料制件的生产,因此是属于塑料制品的二次加工。

四、本课程的学习目的和要求

塑料成型工艺与模具设计是一门综合性课程,它集塑料成型工艺、塑料模设计、塑料模制造为一体,三者相互渗透、相互关联。根据专业的特点,侧重于模具设计方面。通过本课程的学习,要求达到以下目标:

- (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、分类及其性能与选用。
- (2) 了解塑料成型基本原理和工艺特点,能正确分析成型工艺对模具的要求,具有编制成型工艺卡的能力。
- (3) 具有开发和设计中等复杂程度的塑料制件的能力。
- (4) 掌握各种成型设备对各类模具的要求,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。
- (5) 具有初步分析、解决成型现场技术问题的能力,包括初步分析制品成型缺陷产生的原因和提出解决办法的能力。

本课程中的主要内容是在生产实践中逐步总结和丰富起来的,因此学习本课程除重视其中必要的成型工艺原理和模具设计原理外,应特别注重理论联系实际,并配合必要的现场教学、实验、学习、课程设计和毕业设计等教学环节。本课程与机械制图、公差配合、工程力学、模具制造等课程关系紧密,是专业基础内容的综合应用。

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,还应注意了解塑料成型与模具的新工艺、新材料和新技术的发展动态,不断学习和掌握新知识,努力为振兴我国的塑料成型加工工艺而做出应有的贡献。

绪论	1	(四) 挤出成型	30
项目一 塑料成型工艺分析	6	(五) 气动成型	31
任务一 选择与分析塑料原料	6	三、任务实施	35
一、任务引入	6	(一) 选择透明塑料盒塑件	
二、知识链接	6	成型方式	35
(一) 塑料的组成和特性	6	(二) 确定透明塑料盒塑件	
(二) 塑料的分类与应用	8	成型工艺	35
(三) 塑料工艺特性	10	任务三 分析塑件结构工艺	36
(四) 分析塑料成型特性	14	一、任务引入	36
三、任务实施	16	二、知识链接	36
(一) 选择透明塑料盒的塑件		(一) 塑件设计基本原则	36
材料	16	(二) 塑件局部结构设计	44
(二) 分析透明塑料盒材料的		三、任务实施	53
性能	18	(一) 分析透明塑料盒塑件	
(三) 分析透明塑料盒的塑件		结构工艺	53
工艺性	19	(二) 分析扣盖塑件结构	
四、知识拓展	19	工艺	53
(一) 分辨塑料材料	19	任务四 确定塑件成型工艺参数	54
(二) 塑料制品选材的基本		一、任务引入	54
原则	20	二、知识链接	54
任务二 确定塑料成型方式与		(一) 温度	55
工艺	21	(二) 压力	56
一、任务引入	21	(三) 时间(成型周期)	58
二、知识链接	21	三、任务实施——确定透明塑料盒	
(一) 注射成型	21	塑件成型工艺参数	59
(二) 压缩成型	26	四、知识拓展——分析注射成型	
(三) 压注成型	28	制件缺陷与成因	62
		(一) 注射成型制件的常见	

缺陷	62	(三) 浇注系统设计	101
(二) 注射成型制件常见		(四) 排气系统设计	114
缺陷的解决办法	63	三、任务实施	115
任务五 选择注射成型设备	64	(一) 确定透明塑料盒模具分型	
一、任务引入	64	面与设计浇注系统	115
二、知识链接	64	(二) 确定扣盖模具分型面与	
(一) 注射机的结构	64	设计浇注系统	117
(二) 注射机的分类	65	任务三 设计注射模具成型零	
(三) 注射机规格及其技术		部件	117
参数	66	一、任务引入	117
(四) 校核注射机工艺		二、知识链接	118
参数	71	(一) 成型零部件结构设计	118
三、任务实施	77	(二) 成型零部件工作尺寸	
(一) 选择成型透明塑料盒塑件		计算	120
成型设备	77	(三) 成型零部件的强度与	
(二) 选择扣盖塑件成型设备与		刚度计算	125
编制成型工艺	78	三、任务实施	132
项目二 设计注射模	82	任务四 设计注射模导向与推出	
任务一 注射模具结构及选用		机构	134
标准模架	82	一、任务引入	134
一、任务引入	82	二、知识链接	134
二、知识链接	82	(一) 导向机构设计	134
(一) 注射模具的分类及		(二) 推出机构的结构组成与	
组成	82	分类	138
(二) 注射模具结构	84	(三) 脱模力的计算	139
(三) 选用标准模架	88	(四) 推出零件尺寸的确定	140
(四) 设计模架结构零部件	91	(五) 推出机构设计原则	141
三、任务实施	93	(六) 一次推出机构	142
(一) 选择透明塑料盒模具		(七) 二次推出机构	146
模架	93	(八) 顺序推出机构	147
(二) 选择扣盖模具模架	94	(九) 带螺纹塑件的推出	
任务二 确定分型面与设计浇注		机构	148
系统	95	(十) 点浇口流道的推出	
一、任务引入	95	机构	148
二、知识链接	95	三、任务实施	149
(一) 型腔数量的确定与型腔		(一) 设计透明塑料盒模具导向	
布局	95	与推出机构	149
(二) 分型面的确定	98	(二) 设计扣盖模具导向与	
		推出机构	150

任务五 设计注射模具温度调节系统	151	项目四 挤出成型模具设计	193
一、任务引入	151	任务 硬管塑件的挤出模机头设计	193
二、知识链接	151	一、任务引入	193
(一) 模具温度调节系统概述	151	二、知识链接	194
(二) 模具加热系统的方式	152	(一) 挤出成型模具的分类及组成	194
(三) 设计冷却系统	153	(二) 管材挤出机头设计	195
三、任务实施	158	(三) 异型材挤出成型机头	201
任务六 设计注射模侧向分型与抽芯机构	159	(四) 电线电缆挤出成型机头	205
一、任务引入	159	三、任务实施	206
二、知识链接	160	(一) 分析制件材料性能	206
(一) 侧向分型与抽芯机构的分类	160	(二) 确定挤出成型工艺参数	206
(二) 设计侧向分型与抽芯的结构	160	(三) 设计挤出机头及定径套	206
(三) 常见侧向分型与抽芯机构	165	项目五 其他塑料成型技术	208
三、任务实施	170	任务 塑料套模具设计	208
(一) 计算扣盖模具抽芯距及斜导柱倾斜角	170	一、任务引入	208
(二) 确定扣盖模具侧向分型与抽芯的结构	171	二、知识链接	208
项目三 压缩成型模具设计	174	(一) 压注成型模具	208
任务 衬套压缩模具设计	174	(二) 气动成型模具	215
一、任务引入	174	三、任务实施	222
二、知识链接	175	(一) 分析制件塑件及其成型工艺	222
(一) 压缩模的结构组成及分类	175	(二) 模具设计方案	222
(二) 压缩模结构形式的确定	178	(三) 主要零部件设计及部分尺寸计算	222
(三) 压缩模具的设计	180	(四) 绘制模具总装图	223
三、任务实施	188	四、知识拓展	223
(一) 衬套制件成型工艺性	188	(一) 热固性塑料注射成型技术	223
(二) 成型设备选择及参数校核	190	(二) 共注射成型	226
(三) 确定模具设计方案	190	(三) 气体辅助注射成型	227
(四) 绘制模具总装图和零件图	191	(四) 发泡成型技术	228
		参考文献	230

绪 论

一、塑料成型在塑料工业中的重要地位

塑料是以相对分子质量高的合成树脂为主要成分,并加入其他添加剂,在一定温度和压力下塑化成型的高分子合成材料。一般相对分子质量都大于 10 000,有的可达百万。在加热、加压条件下具有可塑性,在常温下为柔韧的固体。使用模具成型可以得到我们所需要的形状和尺寸的塑料制件。塑料中其他的添加剂主要有填充剂、增塑剂、固化剂、稳定剂等配合剂。

塑料工业是一门新兴的工业。由于塑料最初品种不多,人们对它们的本质理解不足,在塑料制品生产技术上,只能根据塑料与某些材料如橡胶、木材、金属和陶瓷等制品的生产有若干相似之处而进行仿制。从 1910 年生产酚醛塑料开始,塑料品种渐多,在生产技术和方法上都有显著的改进。虽然塑料工业的发展只有近 100 年的历史,但其发展速度却十分迅速,1910 年世界塑料产量只有 2 万 t,到 2003 年产量达到了 1.28 亿 t。目前塑料品种已有 300 多种,并且每年仍然在以 10% 左右的速度增长。

我国的塑料工业起步于 20 世纪 50 年代初期。新中国成立前夕,只有上海、广州、武汉等个别大城市有塑料制品加工厂,只有酚醛和赛璐珞两种塑料,1949 年全国塑料总产量仅有 200 t,从 1958 年我国第一次人工合成酚醛塑料开始,塑料工业得到迅猛发展。1958 年我国塑料产量为 2.4 万 t,1965 年为 13.9 万 t,70 年代中期引进的几套化工装置的建成投产,使塑料工业有了一次大的飞跃。1979 年为 94.8 万 t,1988 年猛增到 135.42 万 t,2000 年已达到 200 万 t,近 20 年来产量和品种都大大增加,许多新颖的工程塑料已投入批量生产。目前,我国的塑料制品总产量在世界上已跃居第二位。据统计,在世界范围内,塑料用量近几十年来几乎每 5 年翻一番,预计今后将以每 8 年翻一番的速度持续高速发展。今天,我国的塑料工业已形成具有相当规模的完整体系,据中国轻工信息中心统计,2002 年中国塑料制品行业中,年销售额达 500 万元以上规模企业共计 7 480 家,其中大中型企业约占 10%,产品销售收入亿元以上企业 397 家,2009 年 1~11 月,塑料制品行业产值同比增长 12.48%,产量同比增长 9.62%,全年总产值超过 1 万亿元。开发新产品、掌握新技术已经得到企业的普遍重视,一般企业每年都有两三个新产品,有的高达 10~20 个新产品通过不同级别的鉴定,投入市场。中国塑料机械技术通过消化吸收国外先进制造技术,开发具有国际先进水平的产品,新产品新技术开发速度加快,进行重大创新,也取得了显著成绩。总之,塑料材料的消耗量上,塑料新产品、新工艺、新设备的研究、开发与应用上都取得了可喜的成就。

塑料已渗透到人们生活和生产的各个领域,在家用电器、仪器仪表、机械制造、化工、医疗卫生、建筑器材、汽车工业、农用器械、日用五金以及兵器、航空航天和原子能工业中,塑料

已成为替代部分钢铁、木材、皮革等材料,成为各个行业中不可缺少的一种化学材料,并和钢铁、木材、水泥一起成为现代社会中的四大基础材料。塑料制件已成为国民经济中不可缺少的重要材料之一。

1. 塑料制品的应用

- 1) 农业 薄膜、管道、片板、绳索和编织袋等,农田水利工程多选用塑料管,农舍建筑。
- 2) 交通运输 门把手、方向盘、仪表板等。
- 3) 电气工业 电线、电缆、开关、插头、插座绝缘体、家用电器、计算机(键盘套件、显示器外壳)及各种通信设备等。
- 4) 通信产品 电话机、手机、传真机等外壳。
- 5) 日常生活用品 塑料桶、塑料盆、热水器外壳、塑料袋、航空茶杯、尼龙绳等。
- 6) 医疗用品 人工血管、输液器、输血袋、注射器、插管、检验用品、病人用具、手术室用品等。

2. 塑料的优良特性

塑料广泛应用于各个领域,品种繁多,性能也各不相同。归纳起来,塑料主要具有以下优良特性:

(1) 塑料密度小、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 0.14 倍和铝材密度的 0.5 倍左右;在同样体积下,塑件要比金属制品轻得多,采用塑料零件对各种机械、车辆、飞机和航天器减轻质量、节省能耗具有非常重要的意义。

(2) 比强度和比刚度高。塑料的强度和刚度虽然不如金属的好,但塑料密度小,所以其比强度(即强度和密度之比 σ/ρ)和比刚度(即弹性模量和密度之比 E/ρ)相当高。如玻璃纤维增强塑料和碳纤维增强塑料的比强度和比刚度都比钢好,该类塑料常用于制造人造卫星、火箭、导弹上的零件。

(3) 绝缘性能好,介电损耗低,耐电弧特性好。塑料广泛应用于电机、电器和电子工业中做结构零件和绝缘材料,是电子工业中不可缺少的原材料。

(4) 化学稳定性高,对酸、碱和许多化学物品都有良好的耐腐蚀性能。在化工设备及日用工业品中得到广泛应用,常用的耐腐蚀塑料是硬质,它可以加工成管道、容器和化工设备中的零部件。

(5) 耐磨、自润滑性能以及减振、隔声性能都较好。塑料的摩擦系数小,耐磨性强,可以作为减摩材料,如用来制造轴承、齿轮等零件,适合用于转速不高、载荷不大的工作场合。塑料还具有优良的隔声和吸声性能。

(6) 成型性能、着色性能好,且有多种防护性能(防水、防潮、防辐射)。

塑料在一定的条件下具有良好的塑性,可以采用多种成型方法制作不同的制品。塑料的着色简单,着色范围广,可制成各种颜色,部分塑料的光学性能很好,具有良好的光泽,可制成透明性很高的塑件,如常用的有机玻璃、聚碳酸酯等。塑料还具有防水、防潮、防透气、防振、防辐射等多种防护性能。

塑料虽具有上述优异的特性,但在某些性能上也存在着不足之处,如机械强度和硬度远不及金属材料高,耐热性也低于金属,导热性差,且吸湿性大易老化等,塑料的这些缺点或多或少地影响和限制了它的应用范围。

从发展趋势看,对现有的各种聚合物进行改性仍是目前和今后一段时间内对塑料材料

进行开发和应用研究的主要任务。主要是继续扩大和完善新的聚合物高分子材料品种,对各种添加剂继续向低毒、高效和非污染的方向发展,同时改善塑料的工艺加工性能,节约能耗、提高产品质量、满足高速加工设备和高效加工工艺的要求,并减少环境污染、提高配料的准确性和发挥助剂的协同效能。

二、塑料成型技术发展趋势

在塑料制件的生产中,高质量的模具设计、先进的模具制造设备、合理的加工工艺、优质的模具材料和现代化的成型设备等是成型优质塑件的重要条件。目前,塑料成型技术的发展趋势主要有以下几个方面:

1) CAD/CAE/CAM 技术的快速发展和推广应用 塑料制件应用的日益广泛和大型塑件及复杂曲面塑件的不断开发,对塑料成型模具的设计与制造提出了愈来愈高的要求,传统的模具设计与制造方法已不能适应这样的要求。目前,CAD/CAE/CAM 技术给模具工业带来了巨大的变革,成为模具技术最重要的发展方向。

利用塑料模流分析 CAE 系统,输入有关参数,可以进行熔体充填模具型腔时流动状态的分析、纤维取向的分析、型腔内压力状态的分析 and 温度分布的分析。这种技术可以优化塑件的设计、优化注射工艺、评估浇注系统的合理性和防止塑件缺陷的产生,为塑件及注射模具的正确设计提供了依据,比较优秀的模流分析软件如 Moldflow。

模具 CAD/CAM 系统是计算机辅助某一种类型模具的设计、计算、分析、绘图以及数控加工自动编程等的有机集成。模具 CAD/CAM 一体化技术是在模具 CAD 和模具 CAM 分别发展的基础上出现的,是计算机技术综合应用中的一个新的飞跃。采用 CAD/CAM 一体化技术,可以构建模具型腔或型芯的三维实体,可以生成刀具轨迹和数控加工代码,进行计算机仿真。通过计算机与数控加工机床 DNC 的通讯接口,型腔或型芯实体的加工程序可以传递给数控加工机床,在试切成功后,进行正式的模具加工。

此外,随着逆向工程技术、快速成型技术的发展,快速模具制造也已诞生,人工智能技术也将引进 CAD/CAM 系统。在工业发达的国家,CAD/CAE/CAM 技术在 20 世纪 80 年代中期已进入实用阶段,市场上已经有商品化系统软件出售。国内许多高校和研究所对 CAD/CAE/CAM 技术也专门进行了立项研究和实践,取得了一些成果。目前,我们国家的一些重点企业、一些合资和独资企业,在模具 CAD/CAE/CAM 技术的推广与应用方面已取得了初步的成功。但实事求是地讲,我国在该技术的应用与推广方面还存在着一定的差距,有待于进一步的改进与完善。

2) 各种模具新材料的研制和使用 模具材料的选用在模具的设计与制造中是一个比较重要的问题,它直接影响到模具的制造工艺、模具的使用寿命、塑件的成型质量和模具的加工成本等。国内外模具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途径的基础上进行了大量的研究工作,并且已开发了许多具有良好使用性能和加工性能好、热处理变形小的新型模具钢种,如预硬钢、新型淬火回火钢、马氏体时效钢、析出硬化钢和耐腐蚀钢等,经过应用,均取得了较为满意的技术和经济效果。另外,为了提高模具的寿命,在模具成型零件的表面强化处理方面也做了许多研究与工程实践,取得了很好的效果。目前,上述的研究与开发工作还在不断地深入进行,已取得的成果正在大力推广。

3) 塑料制件的微型化、超大型化和精密化 为了满足塑料制件在各种工业产品中的使