



教育部 高职高专规划教材

型腔模具设计 与制造

● 章 飞 主编 陈国平 副主编



化学工业出版社
教材出版中心

教育部高职高专规划教材

型腔模具设计与制造

章 飞 主 编
陈国平 副主编

化学工业出版社

教材出版中心

·北 京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

型腔模具设计与制造/章飞主编. —北京: 化学工业出版社, 2003. 7

教育部高职高专规划教材

ISBN 7-5025-4074-1

I. 型… II. 章… III. 型腔模-高等学校: 技术学院-教材 IV. TG76

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 045179 号

教育部高职高专规划教材

型腔模具设计与制造

章 飞 主 编

陈国平 副主编

责任编辑: 高 钰

责任校对: 李 林

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社 出版发行

教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 29½ 字数 739 千字

2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4074-1/G · 1172

定 价: 45.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分吸取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

前 言

本教材是根据全国高等职业（高职）教育协作会专门课指导委员会，模具设计与制造专业课程与教材建设指导小组确立的模具设计及制造专业主干课程体系及其教材内容纲要编写的。

以培养生产第一线高级应用型人才为目标的高等职业技术教育，对课程体系的设置和课程内容的构建提出了新的要求，主要体现在教材体系间的衔接性、教材结构的整合性或综合性、教材内容的实用性等方面。本教材正是力图从这些要求出发，扼要介绍了型腔制品的生产过程、常用材料及其基本性能、成型方法与工艺，型腔模具技术的现状与发展。详细介绍了塑料和铝合金型腔制品的成型工艺性设计，塑料模和压铸模的类型及其基本结构，模具与成型设备的关系、浇注系统设计、成型工作零件设计、导向机构设计、顶出与复位机构设计、侧向分型与抽芯机构设计、加热和冷却装置设计、模具成型零件的加工方法与工艺要点、典型型腔模具的设计实例，以及压缩模和传递模的类型及基本结构、成型工作零件的结构设计及其加工方法与工艺要点、模具设计及制造实例等。另外，为扩大学生的知识面，加强本教材的实用性，对塑料制品的其他成型方法所用模具的典型结构，如热固性塑料注射模、挤出模、发泡成型模、中空成型模等，以及典型型腔模具标准化知识，如塑料模具技术标准体系与零件标准、模架标准、压铸模技术标准等也作了较全面的介绍。全教材内容的教学时间大约为 120 个学时。

本教材由章飞任主编，陈国平任副主编。全书共 8 章，第一章、第八章由章飞编写，第二章、第五章由卢端敏编写，第三章由曹红云编写，其中第十一节由吴会高编写，第四章由章南编写，第六章由杨安编写，第七章由陈国平编写。

本教材在编写的过程中，一方面得到了全国高职教育模具设计与制造专业课程及教材建设指导小组的热情支持和关怀。另一方面也得到了有关企业的模具设计和制造工程技术人员，以及参加编写人员及其所在学校的大力帮助，在此一并致以衷心的感谢。

鉴于编者参与模具设计和制造工程实践的机会和水平有限，书中疏漏、欠妥，甚至错误之处在所难免，敬请广大读者不吝批评指正。

编 者

2003 年 3 月

内 容 提 要

本书以高等职业教育培养目标为主线,根据我国型腔模具在生产中应用的普遍性,分别以不同的侧重点介绍了型腔制品的生产过程,以及常用材料、成型方法;型腔模具技术的现状与发展;塑料和铝合金型腔制品的成型工艺性设计;塑料注射模、压缩模、传递模和铝合金压铸模,以及塑料制品的其他成型方法所用模具的类型及其基本结构、浇注系统、成型工作零件、各种机构、加热和冷却装置等设计的基本方法,模具成型工作零件的加工方法与工艺要点;典型型腔模具的设计实例,以及标准化等内容。并在各章后附有具有不同难度的练习题或论述题。

本书可作为高职高专模具专业学生教材,也可供课程设计实践,以及从事塑料和压铸模具设计和制造的工程技术人员作参考用书。

目 录

第一章 概述	1	习题	282
第一节 型腔制品的成型方法与生产过程	1	第五章 塑料传递模设计	284
第二节 型腔制品的常用材料及其性能	4	第一节 传递模的类型及特点	284
第三节 型腔制品的成型方法与过程	15	第二节 液压机的选择	287
第四节 型腔模具技术现状与发展方向	30	第三节 传递模的设计要点	288
习题	35	第四节 传递模的典型结构	295
第二章 型腔制品的工艺性设计	36	习题	297
第一节 塑料制品的工艺性设计	36	第六章 金属压铸模	299
第二节 铝合金压铸制品的工艺性设计	53	第一节 金属压成型铸概述	299
习题	58	第二节 压铸机的选用	306
第三章 塑料注射模具	60	第三节 浇铸系统的设计	312
第一节 注射模的类型及其基本结构	60	第四节 排溢系统的设计	321
第二节 注射模与注射机关系	64	第五节 分型面的设计	326
第三节 普通浇注系统设计	74	第六节 成型零件和结构零件的设计	327
第四节 成型零件设计	101	第七节 加热与冷却装置的设计	340
第五节 导向机构设计	128	第八节 压铸模的选材及技术要求	343
第六节 推出与复位机构设计	131	第九节 常用压铸模结构	347
第七节 侧向分型与抽芯机构设计	149	第十节 压铸模设计与加工要点	352
第八节 加热和冷却装置设计	170	习题	361
第九节 模架设计	180	第七章 其他型腔模设计	363
第十节 塑料注射模设计实例	183	第一节 热固性塑料注射成型模设计	363
第十一节 注射模典型零件的制造	195	第二节 挤出模具	369
习题	233	第三节 发泡成型模具	390
第四章 压缩模的设计	235	第四节 中空成型用模具	400
第一节 压缩模的类型及基本结构	235	习题	413
第二节 压缩模结构确定	238	第八章 型腔模具零部件的标准化	414
第三节 成型零件结构设计	244	第一节 塑料模具技术标准体系	414
第四节 导向机构设计	254	第二节 塑料注射模零件标准及术语	426
第五节 推出与复位机构设计	255	第三节 塑料注射模模架标准及应用	441
第六节 抽芯机构设计	266	第四节 压铸模具技术标准	450
第七节 模架设计	269	习题	458
第八节 模具零件的加工工艺要点	271	附录	459
第九节 压缩模设计实例	273	参考书目	462

第一章 概 述

本章导读：型腔制品几乎涉及到日用产品、工业产品等各个领域。型腔模具是大批量、高质量生产型腔制品的重要装备和保证。了解型腔制品的概念、型腔制品的材料及其主要性能以及型腔制品的成型方法与工艺参数，对学习型腔模具的设计与制造至关重要。在学习本章时，没有必要把上述问题全面、深刻地弄清楚，只要了解一个大概轮廓就可以了。另一方面，可以到型腔制品的生产现场、型腔模具的设计和制造的现场，看一看，问一问，就能大大提高学习本章的效率。

第一节 型腔制品的成型方法与生产过程

根据型腔制品的材料、尺寸、形状和批量的不同，型腔制品的生产过程也不一样。

一、型腔制品的概念

型腔制品是指将加温至粘流态或液态、半液态的材料，用一定的压力和速度，将其压入模具的型腔经冷却定型而成型的零件或产品。成型型腔制品所用的模具称为型腔模具。型腔制品几乎在各个领域都有所应用。

计算机：显示器外壳套件、鼠标套件、键盘套件、主机箱套件、打印机、扫描仪外壳套件等塑料注塑件。

通信产品：手机、电话机、传真机、寻呼机等外壳塑料件。

家电产品：电视机、电冰箱、洗衣机、录像机、VCD与DVD、音响、热水器的外壳，以及桶、盆等塑料注塑件。

摩托车：发动机缸体、左右曲轴箱、链轮盖、气缸头等铝合金压铸件。

汽车：变速箱体、轮毂、大巴座椅扶手等铝合金压铸件。

.....

二、型腔制品的成型方法

决定型腔制品成型方法的主要因素是制品本身的材料、尺寸、形状和批量，其中批量和材料是关键因素。合理地选择制品的成型方法，对制品的生产成本有重要影响。

一般地说，型腔制品的成型方法可以分为机械加工和模具成型两种。严格地说，对于大、中批量的型腔制品，采用机械加工成型几乎是不现实和不可能的，而往往都是采用模具成型进行生产。

1. 机械加工成型

机械加工成型是指直接对常温状态下的材料进行车、铣、刨、磨、钻等机械加工的成型。由于型腔制品的多样性，往往不仅仅是采用某一种机械加工，而是需要多种机械加工的组合加工，才能完成整个制品的生产。正是这种机械加工的不连续性、不一致性、加工效率极低等特点，机械加工只能用于型腔制品的单件或试制生产，或用作模具成型后的补充加工。

2. 模具成型

模具成型是指对加温至一定温度的材料，用合适的压力和速度将其压入模具型腔的成型。模具成型具有以下两个显著优点：

- ① 生产效率高；
- ② 加工的高度一致性。

正是模具成型的这些显著优点，模具成型技术在各种产品的制造中得到了十分广泛的应用。

三、型腔制品的生产过程

型腔制品的生产过程如图 1-1 所示。

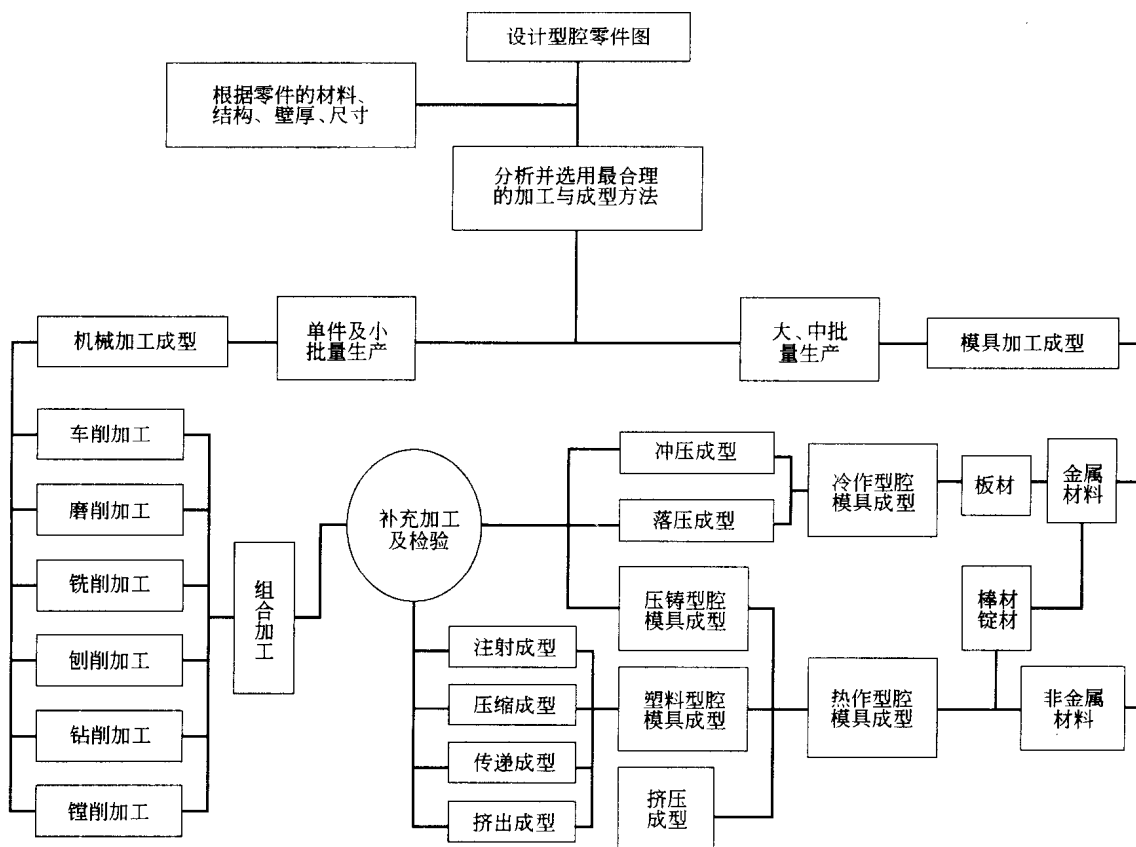


图 1-1 型腔制品的生产过程

1. 设计型腔零件图

根据型腔制品的使用和工作要求设计型腔制品图纸。设计的内容主要是三维造型设计 (CAD)，设计工具现大都是使用计算机辅助设计软件。目前最常用和流行的设计软件有 AutoCAD/R14/2000 系列、Mastercam、UG、CAXA、SolidWorks 等，而且这些软件大部分都具有较完善的辅助制造功能，即 (CAM)。

制造业模式的变化必将产生对新技术的需求，也必将导致 CAD/CAM 技术的发展。作为产品制造的重要工艺装备、国民经济的基础工业之一的模具工业将直接面对竞争的第一

线,并将向以下三方面发展。

一是协同创新设计。为缩短产品上市周期,让模具设计充分理解产品设计的意图,在制造流程中各个环节所采用的计算机辅助设计(CAD)系统可能不一定相同,这就要求未来的CAD系统要具备协同设计的能力,对上下环节的数据要能够随时交换,对所产生的数据彼此能够处理,而且对数据的产生及处理也需要标准化。

二是模具制造信息更加丰富,制造过程更加高效。目前,模具制造企业已经较广泛地采用了数控加工。为了保证加工质量、提高加工效率、改进制造流程,有较多的模具制造企业开始采用多坐标数控加工、高速铣削加工,以及基于快速原型的模具制造等方法。CAM将充分利用网络及仿真等技术,通过合理地规划制造过程,使企业发挥最大的潜力,以取得最大的效益。

三是应用APS模式,发挥制造资源优势。在CAM应用中运用APS模式,即产生各种专门技术的应用服务单位,为模具企业提供技术服务,整个社会是一个大的模具制造企业,按照价值链和制造流程分工,将制造资源最优发挥。

必须说明的是,型腔零件设计是产品开发人员的任务,而如何将零件图纸加工成产品则是模具设计人员的任务。现在尽管由于科技的进步使得这两者的界限不像传统的分工那么明显了,不管是产品设计还是模具设计,计算机辅助设计与制造技术已经使得产品与模具设计及制造一体化了。但在规模化、集约化生产模式的今天,产品开发生计设计和产品加工设计之间的主要任务还是不同的。前者主要考虑的问题是产品的使用性,而后者主要考虑的是加工成型的可能性与方便性。

2. 确定成型方法

由前所述,影响确定制品成型方法的最主要因素是制品的材料和批量。所以在确定制品的成型方法时,除了要考虑制品的结构复杂程度、尺寸大小、精度高低等因素外,要重点考虑制品的批量和材料。

制品的批量因素与成型方法:批量决定了是用机械加工还是模具加工成型。一般来说,对于批量小,如单件生产或试制等,由于采用模具成型费用极大,故大都采用机械加工的成型方法,或采用简易、经济的模具加工成型。对于中、小批量的制品,大都选用模具成型。

制品的材料因素与模具成型的类型:当采用模具成型时,不同的材料,所用的成型模具类型也是不同的。对于塑料制品,如果是热塑性塑料,一般都采用注射模注射成型;如果是热固性塑料,一般都采用压缩或传递模压制成型。对于低熔点金属制品,一般都采用压铸模压力铸造成型。

3. 模具设计与制造

当制品的成型确定为模具成型之后,模具设计及其制造就是制品成型的关键。由于科学技术的进步,传统意义上的模具设计及制造流程已经有了较大的变化,即形成了现代的模具设计及制造流程,如图1-2所示。

由于计算机辅助设计软件的不断完善和成熟,和制品设计一样,模具设计技术已不是传统意义上的设计。模具的设计与制品设计之间可以直接进行数据信息交换,即首先进行制品的三维造型设计,然后应用软件直接将制品的三维模型转换为模具的型腔和型芯模型,然后再附加模架、浇注系统、抽芯机构等,即完成整副模具设计。

由于数控加工设备的发展,使得传统上的设计与制造之间的衔接正在发生着革命性的变化,即形成“无图纸化”生产。现代计算机辅助设计与制造软件,可以将设计模型的数据信

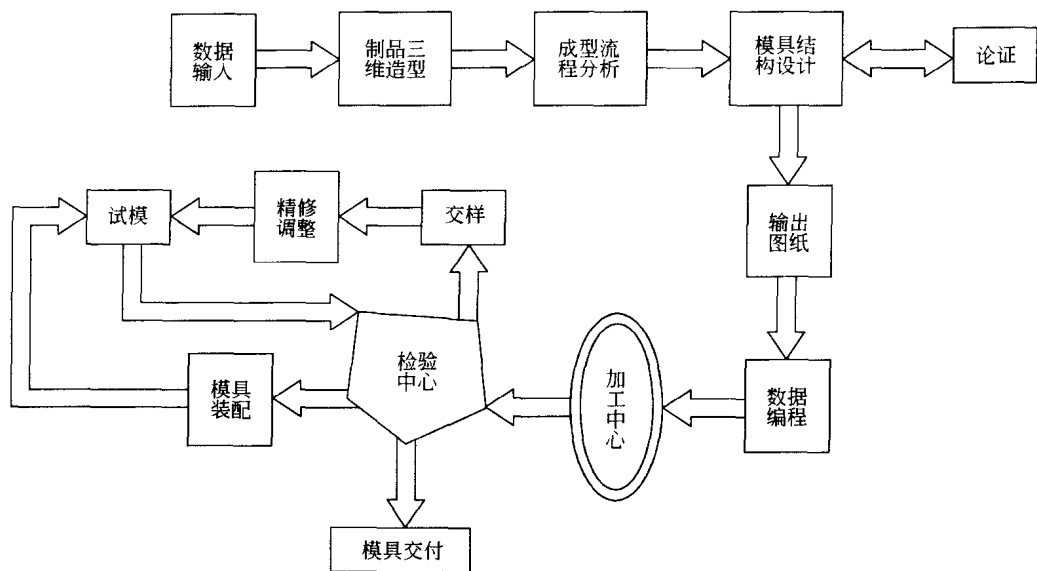


图 1-2 模具设计与制造流程

息引入到制造软件中，再由用户输入所需要的加工工艺参数后，生成 NC 加工程序，直接输送到数控加工设备进行加工。

4. 型腔制品的成型

经试模检验合格后的模具，即可用来进行制品的生产。不同类型的模具，所用的成型设备、成型过程及其工艺参数也是不同的。例如注射模具所需要的设备是塑料注射机，金属压铸模具所用的设备是压铸机等。

5. 型腔制品成型后的修整

经模具成型的制品，有的可以直接使用，有的还需要进行补充加工，如去浇口、去毛刺、机械加工、表面处理等。

由此可见，模具是制品生产的关键工艺装备。模具的质量直接影响制品的质量以及生产效率和成本。

第二节 型腔制品的常用材料及其性能

了解型腔制品的材料及其性能，对模具设计十分必要。本节主要介绍应用最广泛的塑料和压铸铝合金材料。

一、塑料及其特性

(一) 塑料的成分

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，可在一定温度和压力下塑化成型的高分子合成材料。

塑料均以合成树脂为基本成分，并根据需要加入适当的添加剂。其组成成分如下。

1. 树脂

树脂是在受热时软化，在外力作用下有流动倾向的聚合物。它在塑料中起粘接作用，所

以也称粘料。树脂主要决定塑料的类型（热塑性或热固性）和主要性能（物理性能、化学性能、力学性能和电性能等）。树脂可分为天然树脂和合成树脂两大类，由于天然树脂的来源少，价格贵，所以很少采用，一般都采用合成树脂。

2. 添加剂

在树脂中添加不同的添加剂，可以改变塑料的性能。常用的添加剂有以下几种。

① 填料。填料在塑料中主要起增强作用，有时还可以使塑料具有树脂所没有的新性能。正确使用填料，可改善塑料的性能，扩大其使用范围，也可减少树脂的含量。

填料按其形状有粉状、纤维状和片状。常用的粉状填料有木粉、滑石粉、铁粉、石墨粉等；纤维状填料有玻璃纤维、石棉纤维等；片状填料有麻布、棉布、玻璃布等。

② 增塑剂。增强剂是为改善塑料的性能和提高柔软性而加入塑料中的一种低挥发性物质。

常用的增强剂有邻苯二甲酸酯类、癸二酸酯类、磷酸酯类、氯化石蜡等。

③ 稳定剂。稳定剂是指能阻缓材料变质的物质。常用的稳定剂有二盐基性亚磷酸铅、三盐基性硫酸铅、硬脂酸钡等。

（二）塑料的特点

塑料主要有以下特点。

① 质量轻。塑料的密度一般在 $0.9 \sim 2.3 \text{g/cm}^3$ 范围内，约为铝的 $1/2$ ，铜的 $1/6$ 。

② 比强度和比刚度高。塑料的强度和刚度虽然不如金属好，但塑料的密度小，所以其比强度（ σ/ρ ）和比刚度（ 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材好。

③ 化学稳定性好。塑料对酸、碱等化学药物具有良好的抗腐蚀能力。因此，在化工设备以及日用和工业品中得到广泛应用。

④ 电绝缘性能好。塑料具有优越的电绝缘性能和耐电弧特性，所以广泛应用于电机、电器和电子工业中做结构零件和绝缘材料。

⑤ 耐磨和减磨性能好。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。

⑥ 消声和吸振性能好。用塑料制成的传动摩擦零件，噪声小，吸振性好。

（三）塑料的类型及其性能

塑料的品种繁多，按塑料中合成树脂的分子结构及热性能的不同，可分为热固性塑料和热塑性塑料两大类。

1. 热固性塑料

热固性塑料中的树脂分子结构最终是体形的。热固性塑料的感观特征表现为：在初受热时变软，可以制成一定的形状，但加热到一定时间或加入固化剂后，就硬化定型，再加热则不熔融也不溶解，形成体形状（网状）结构，在加热和冷却过程中，既有物理变化又有化学变化。例如酚醛塑料、环氧塑料、氨基塑料等。热固性塑料制品一旦损坏不能回收再利用。

常用的热固性塑料有酚醛、氨基聚酯、聚邻苯二甲酸二丙烯酸酯塑料等。它们主要用于压缩、传递成型。

热固性塑料与模具设计有关的特性主要是工艺特性和成型特性。

（1）工艺特性

① 收缩率。塑料从模具中取出冷却到室温后，会发生尺寸收缩，这种性能称为收缩性，

衡量收缩性大小的参数用收缩率表示。由于树脂本身不仅产生热胀冷缩,而且收缩还与各种成型因素有关,所以成型后塑件的收缩率,称为成型收缩率。成型收缩率的形式及特点如下。

塑件的线性尺寸收缩:由于热胀冷缩,塑件脱模时的弹性恢复、塑件变形等因素,会导致塑件脱模冷却到室温后其尺寸缩小。因此,在设计模具型腔、型芯等成型工作零件时,应予以补偿。

收缩方向性:成型时塑料分子按方向排列,使塑件呈现各向异性,沿料流动方向则收缩大、强度高,沿料流动垂直方向则收缩小、强度低。另外,成型时因塑料各部位密度及填料分布不均匀,故收缩率也不均匀,产生收缩差,使塑件发生翘曲、变形、裂纹,尤其在传递和注射成型时其方向性更为明显。因此,在设计模具时应考虑收缩的方向性,按塑件形状、料流方向来选取收缩率。

后收缩:塑件成型时,由于各种成型因素的影响,塑件内存在残余应力,塑件脱模后残余应力发生变化,使塑件发生再收缩。一般塑件在脱模后 10h 内收缩变化最大,24h 后基本稳定,但最后稳定要经 30~60 天。

后处理收缩:有时塑件按其性能及工艺要求,在成型后需要进行热处理或表面处理,处理后也会导致塑件尺寸发生变化,这种变化称为后处理收缩。在设计模具时,对高精度的塑件则应考虑后收缩及后处理收缩的误差,并予以补偿。

影响收缩率的主要因素有以下几个方面。

(a) 塑料品种。每类塑料的收缩率各不相同,即使同类塑料,但由于填料、相对分子质量及配比等不同,则收缩情况及方向性也各不相同。

(b) 塑件特性。塑件的形状、尺寸、壁厚、嵌件等,对收缩率的影响也较大。

(c) 模具结构。模具分型面及加工方向、浇注系统的形式及尺寸,对塑件的收缩及方向性亦有影响。

(d) 成型工艺方法。传递和注射成型一般收缩较大,方向性明显。另外,成型温度与压力、保压时间等对收缩及方向性均有影响。

② 流动性。塑料在一定温度与压力下填充型腔的能力称为流动性。这是设计模具时必须考虑的一个重要因素。流动性好的塑料,在成型时容易溢料,填充型腔不密实,塑件组织疏松,树脂、填料易积聚,易粘模,硬化过早等缺陷;流动性差的塑料则会填充不足,不易成型。由此可见,选用塑料的流动性必须与塑件要求、成型工艺性及成型条件相适应。对面积大、嵌件多、型芯及嵌件细弱、有狭窄深槽、薄壁的复杂形状塑件,应选用流动性好的塑料。在模具设计时,应根据塑料流动性来设计浇注系统、分型面及进料方向等。

③ 硬化特性。热固性塑料在成型过程中,在加热的条件下软化转变成可塑性粘流态,随之流动性增大,可迅速填充型腔,与此同时密度不断增加,流动性迅速下降,熔料逐渐固化。在模具设计时对硬化速度快,保持流动状态短的塑料,则应注意要便于装料和装卸嵌件,并选择合理的成型条件,以避免过早硬化或硬化不足,导致塑件成型不良。

硬化速度应适合成型工艺要求,例如注射、传递成型时应要求在塑化、填充时化学反应慢、硬化慢,应保持较长时间的流动状态,当充满型腔后能快速硬化。

(2) 成型特性

热固性塑料的成型特性与塑料的品种、所含填料及其粒度与均匀度有关,如细填料流动性好,但预热不易均匀,充入空气多不易排除,传热不良,成型时间长。粗填料则易使塑料

不光泽，表面不均匀。塑料过粗或过细均直接影响比容、压缩率以及模具加料室的容积。

常用热固性塑料的成型特性和应用见表 1-1。

表 1-1 常用热固性塑料的成型特性和应用

塑料名称	成型特性和应用
酚醛塑料	① 含水分、挥发物等应预热排气 ② 模温对流动性影响较大，一般超过 160℃时流动性迅速下降 ③ 收缩及方向性较大 ④ 硬化速度慢，硬化时放出热量大，厚壁、大型塑料制品内部温度易过高，故易发生硬化不均及过热 ⑤ 成型性能好，适用于压缩成型，部分适用于传递成型，个别适用于注射成型
氨基塑料	① 含水分及挥发物多，易吸潮而结块，使用时要预热干燥，要注意排气 ② 成型温度对塑料的质量影响较大。温度过高易发生分解、变色、气泡、开裂、变形、色泽不均；温度过低时则流动性差、欠压、不光泽，故应严格控制温度 ③ 流动性好，硬化速度快，因此装料、合模和加压速度要快 ④ 性脆、嵌件周围易应力集中，尺寸稳定性差 ⑤ 用于压缩和传递成型
有机硅塑料	① 压制温度较高，硬化速度慢，流动性好 ② 压缩成型后制品要经高温固化处理 ③ 适用于压缩成型 ④ 主要用于封装电子元件的低压传递成型
环氧树脂	① 流动性好，收缩小 ② 硬化速度快，装料后应立即加压成型，硬化时一般不需要排气 ③ 一般预热温度为 140~170℃，成型压力为 10~20MPa

2. 热塑性塑料

热塑性塑料中的树脂分子结构是线形或支链形的。热塑性塑料的感观特征表现为：在特定温度范围内能反复加热和冷却硬化，在加热和冷却过程中，一般只有物理变化而无化学变化。例如，聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯等。

常用的热塑性塑料有聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、苯乙烯-丁二烯-丙烯腈 (ABS)、改性聚甲基丙烯酸甲酯 (有机玻璃)、聚酰胺 (尼龙)、聚甲醛、聚碳酸酯、聚砒、聚苯醚、聚四氟乙烯等。

热塑性塑料与模具设计有关的特性主要是工艺特性和成型特性。

(1) 工艺特性

① 收缩率。热塑性塑料成型收缩的形式与热固性塑料类似。影响热塑性塑料成型收缩的主要因素有以下几个方面。

(a) 塑料品种。热塑性塑料在成型过程中由于存在结晶化引起的体积变化，内应力强，塑件内的残余应力大，分子取向性强等因素，因此与热固性塑料相比收缩率较大，方向性明显。此外，脱模后收缩和后处理收缩也比热固性塑料大。

(b) 塑件特性。塑件成型时，熔料与模具型腔表面接触层的冷却较快，形成较低密度的固态层。由于塑料的导热性差，其内层缓慢冷却而形成收缩大的高密度固态层，因此塑件壁越厚则收缩越大。

(c) 浇口形式和尺寸。这些因素直接影响料流方向、密度分布、保压补塑及成型时间。

(d) 成型条件。模具温度、注射压力、保压时间等对塑件的收缩均有直接影响。

在模具设计时,应根据各种塑料的收缩范围、塑件的壁厚、形状、进料口形式及尺寸,按经验确定塑件各部位的收缩率,再计算模具型腔尺寸。对高精度的塑件,在模具设计时应留有修模余地,通过试模后逐步修正模具,以达到塑件尺寸、精度要求。

② 流动性。塑料流动性可以从塑料的相对分子质量、熔融指数、阿基米德螺旋线长度、表观粘度及流动比(流程长度/塑件壁厚)等进行分析。相对分子质量小、熔融指数高、螺旋线长、表观粘度小、流动比大的塑料,则流动性好。按模具设计要求,可将流动性分为三类:流动性好,如尼龙、聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯;流动性中等,如改性聚苯乙烯(ABS)、有机玻璃、聚甲醛、氯化聚醚等;流动性差,如聚碳酸酯、聚硬氯乙烯、聚苯醚、聚砒、氟塑料等。

影响流动性的主要因素有以下几个方面。

(a) 温度。料温高则塑料的流动性增大,料温对流动性的影响大小视不同塑料而异,所以在成型时可通过调节温度来控制流动性。

(b) 压力。注射压力增大则熔融塑料受剪切作用大,其流动性也随之增大。特别是聚乙烯、聚甲醛对压力的反应十分敏感,所以在成型时可通过调节注射压力来控制流动性。

(c) 模具结构。模具浇注系统的形式、尺寸和布置,冷却系统设计的合理性,熔料流动阻力(如型腔表面粗糙度、流道截面积、型腔形状和排气系统)等因素都直接影响到熔料在型腔内的流动性。

③ 结晶性。热塑性塑料按其冷凝时有无出现结晶现象,可分为结晶型塑料和非结晶型两大类。

塑料的结晶现象是指塑料由熔融状态到冷凝状态的过程中,分子由无次序的自由运动状态而逐步排列成为正规模型倾向的一种现象。

从外观特征来看,一般结晶型塑料是不透明或半透明的,非结晶型塑料是透明的。但也有例外,如聚-4-甲基戊烯为结晶型塑料,却有高透明性,ABS为非结晶型塑料,但却不透明。

对于结晶型塑料在模具设计及选择注塑机时应注意以下几点。

(a) 料温上升到成型温度所需要的热量多,要选用塑化能力大的设备。

(b) 冷凝时放出的热量大,模具需要充分冷却。

(c) 塑件成型后收缩大,易发生缩孔、气孔。

(d) 塑件壁较薄时,冷却快,结晶度低,收缩小。塑件壁较厚时,冷却慢,结晶度高,收缩大。因此,应合理控制模具温度。

(e) 塑料各向异性明显,内应力大,脱模后塑件易发生变形翘曲。

(f) 塑料结晶熔点范围窄,易发生未熔粉注入型腔或堵塞进料口。

④ 热敏性和水敏性。热敏性是指某些塑料对热较为敏感,在料温高和受热时间长的情况下就会产生变色、降聚、分解的特性。具有这种特性的塑料称为热敏性塑料,如硬聚氯乙烯、聚甲醛、聚三氟氯乙烯等。为防止热敏性塑料在成型过程中出现变色、分解现象,一方面可在塑料中加入热稳定剂,另一方面应选用螺杆式注塑机,正确控制成型温度和成型周期,同时应及时消除分解物,对模具和设备采取防腐措施。

水敏性是指某些塑料(如聚碳酸酯)即使只含有少量水分,但在高温、高压下也会发生

分解。对这类塑料在成型之前,必须预先加热干燥。

⑤ 应力开裂和熔融破裂。有些塑料对应力敏感,成型时易产生内应力且质脆易裂,塑件在外力或溶剂作用下会发生开裂现象。为此,除在原料内加入附加剂提高抗裂性外,对原料还应注意干燥,同时选用合理的成型条件和结构合理的塑件;在设计模具时应增大脱模斜度,选用合理的进料口和顶出机构;在成型时应适当调节料温、模温、注射压力及冷却时间,尽量避免塑件在冷脆的情况下脱模;在塑件成型后要进行消除内应力后处理,以提高抗裂性。

当一定熔融指数的聚合物熔体,在恒温下通过喷嘴孔时,其流速超过一定值后,挤出的熔体表面发生明显的横向裂纹称为熔融裂纹。发生熔融裂纹会影响塑件的外观和性能,故若选择熔融指数高的聚合物,在模具设计时应加大喷嘴、流道和浇口截面,降低注射速度和提高料温。

⑥ 热性能和冷却速度。各种热塑性塑料有不同的比热容、导热率、热变形温度等热性能。比热容高的塑料在塑化时需要的热量大,应选用塑化能力大的注射机。热变形温度高的塑料冷却时间短,脱模早,但脱模后要防止冷却变形。导热率低的塑料冷却速度慢,必须充分冷却,要加强模具冷却效果。

(2) 成型特性

常用热塑性塑料的成型特性与主要技术指标见表 1-2。

表 1-2 常用热塑性塑料的成型特性与主要技术指标

塑料名称	成 形 特 性	主要技术指标	
		收缩率/S	熔点/℃
聚乙烯 (PE) (低压)	① 结晶型塑料,吸湿性小 ② 流动性极好,溢流间隙值为 0.02mm 左右,流动性对压力变化敏感 ③ 加热时间长则发生分解 ④ 冷却速度快,必须充分冷却,设计模具时应设冷料穴和冷却系统 ⑤ 收缩性大,方向性明显,易变形翘曲,结晶度及模具冷却条件对收缩率影响大,应控制模温 ⑥ 易用高压注射,料温要均匀,填充速度应快,保压要充分 ⑦ 不易采用直接浇口注射,否则会增加内应力,使收缩不均匀和方向性明显。应注意选择浇口位置	高密度: 1.5~3.0	高密度: 105~137 低密度: 105~125
聚丙烯(PP)	① 结晶型塑料,吸湿性小,易发生分解 ② 流动性极好 ③ 冷却速度快,浇注及冷却系统应缓慢散热 ④ 收缩率大,易发生缩孔、变形,方向性明显 ⑤ 应注意控制成型温度,料温低则方向性明显,模温低于 50℃,塑件不光泽,易产生焊接不良,有流痕;模温高于 90℃,则易发生翘曲和变形 ⑥ 塑件厚度要均匀,避免缺口、尖角	纯: 1.0~3.0 玻璃纤 维增强: 0.4~0.8	纯: 170~176 玻璃纤 维增强: 170~180
聚氯乙烯 (PVC) (硬质)	① 非结晶型塑料,吸湿性小,极易分解 ② 流动性差 ③ 成型温度范围小,应严格控制料温 ④ 模具浇注系统应短粗,浇口截面积要大,不要有死角	硬: 0.6~1.0 软: 1.5~2.5	硬: 160~212 软: 110~160

续表

塑料名称	成 形 特 性	主要技术指标	
		收缩率/S	熔点/℃
聚苯乙烯 (PS)	① 非结晶型塑料,吸湿性小,不易分解,性脆易断,热膨胀系数大,易产生内应力 ② 流动性好 ③ 宜用高料温,高模温,低注射压力,延长注射时间有利于降低内应力,防止缩孔和变形 ④ 可采用各种形式的浇口,浇口与塑件连接处应圆滑过渡。脱模斜度取 2° 以上,顶出力要均匀 ⑤ 塑件壁厚应均匀,不宜有嵌件、缺口、尖角,各面应圆滑连接	一般型: 0.5~0.6 冲击型: 0.3~0.6	一般型: 131~165
苯乙烯-丁二烯-丙烯腈共聚物 (ABS)	① 非结晶型塑料,吸湿性强,要充分干燥 ② 流动性中等 ③ 宜用高料温、高模温、较高压力注射 ④ 模具浇注系统对料流阻力较小,应注意选择浇口的位置和形式。脱模斜度取 2° 以上	0.4~0.7	130~160
改性聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA) (有机玻璃)	① 非结晶型塑料,吸湿性大,不易分解,性脆,表面硬度低 ② 流动性中等 ③ 易用高压注射,并采用高料温和高模温,可增加流动性,降低内应力,减少方向性,改善透明性和强度 ④ 模具注射系统对料流阻力要小,脱模斜度应大一些	—	—
聚酰胺 (PA) (尼龙)	① 结晶型塑料,吸湿性大,易分解 ② 流动性极好 ③ 收缩率大,方向性明显,易发生缩孔和变形 ④ 应注意控制模温,否则对结晶度和塑件性能有影响 ⑤ 可采用各种形式的浇口,浇口与塑件连接处应圆滑过渡,流道和浇口截面尺寸大一些为好,以利于成型 ⑥ 塑件壁不宜太厚,并应均匀	纵向: 1.3~2.3 横向: 0.7~1.7	205
聚甲醛 (POM)	① 结晶型塑料,吸湿性大,极易分解 ② 流动性中等,并且对注射压力变化十分敏感 ③ 结晶度高,结晶时体积变化大,收缩率大 ④ 模具应加热,而且加热温度较高,并注意正确控制模温,以保证塑件质量。喷嘴应单独加热,并适当控制喷嘴温度 ⑤ 模具浇注系统对料流阻力较小,浇口截面宜取大一些,避免死角积料	1.5~3.0	180~200
聚碳酸酯 (PC)	① 非结晶型塑料,吸湿性极小,不易分解 ② 流动性差,并且对温度变化很敏感 ③ 成型收缩率小,塑件精度高 ④ 模具应加热,模温对塑件质量影响较大,应正确控制模温 ⑤ 熔融温度高,粘度较大,冷却速度快,模具浇注系统应以粗、短为宜,并设冷料穴,宜采用直接浇口 ⑥ 塑件壁不宜太厚,应均匀,避免有尖角、缺口	纯: 0.5~0.7 20%~30% 短玻璃 纤维增强: 0.05~0.5	纯: 225~250 20%~30% 短玻璃纤 维增强: 235~245