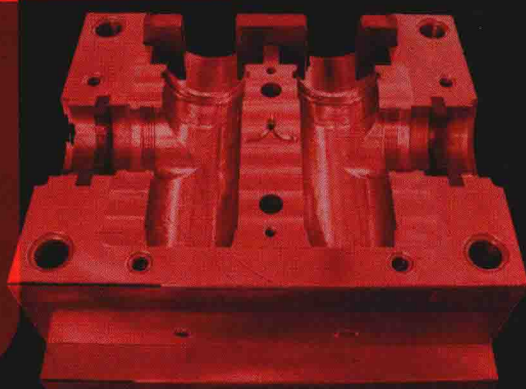
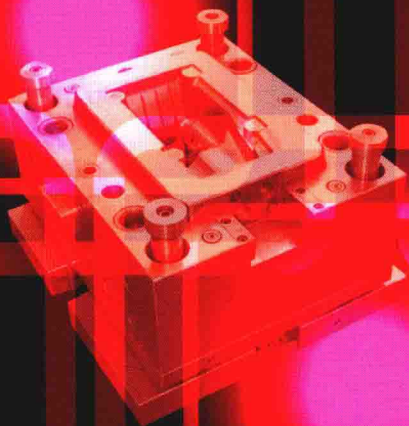


高等工科院校“十三五”规划教材

模具设计与制造简明教程 (塑料模具)

● 王 莺 王萌萌 主编

MUJU SHEJI
YU ZHIZAO
JIANMING JIAOCHENG
SULIAO MUJU



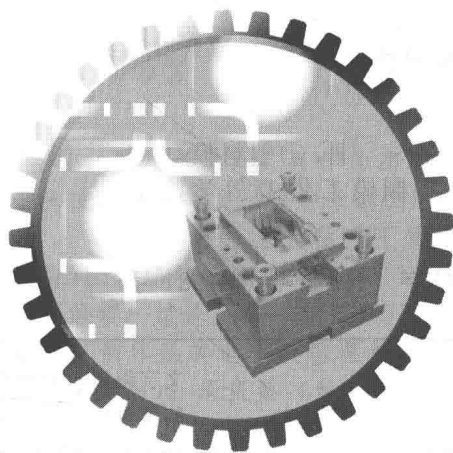
化学工业出版社

高等工科院校“十三五”规划教材

模具设计与制造简明教程

(塑料模具)

王 莺 王萌萌 主编
丁 旭 王沙沙 副主编
马迎亚 周庆娇 戚丽丽 参编
孟庆东 主审



MUJU SHEJI
YU ZHIZAO
JIANMING JIAOCHENG
SULIAO MUJU



化学工业出版社

· 北 京 ·

《模具设计与制造简明教程（塑料模具）》主要介绍了塑料模具设计基础，注射成型、挤出成型、压缩成型、压注成型、中空吹塑成型、真空成型、压缩空气成型、泡沫塑料成型等各类塑料成型工艺，塑料模具的制造，塑料注射模具的装配与检测，塑料模具用材料的选用，以及模具设计制作中的质量管理。本书根据教育部最新的专业与课程改革要求，按照“少而精、理论联系实际、学以致用”的原则编写。书中大量采集了实际生产中的先进经验，结合理论进行简明的叙述，通俗易懂。每一章后设置有小结和适量的思考练习题，以巩固和强化所学的知识。

为方便教与学，编者还配合本书设计制作了文、图、声并茂的电子课件（见 www.cipedu.com.cn）供读者使用。

《模具设计与制造简明教程（塑料模具）》可作为高等工科院校机械、机电类专业学生“塑料模具的设计与制造”课程的教材。亦可供高职、高专、技师学院及成人教育学校以及塑料模具的设计与制造培训教材使用。也可供塑料模具设计与制造技术人员参考。

图书在版编目（CIP）数据

模具设计与制造简明教程（塑料模具）/王莺，王萌主编. —北京：化学工业出版社，2017.5
高等工科院校“十三五”规划教材
ISBN 978-7-122-29318-3

I. ①模… II. ①王… ②王… III. ①塑料模具-设计-高等学校-教材 ②塑料模具-制模工艺-高等学校-教材 IV. ①TG7②TQ320.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2017）第 057581 号

责任编辑：刘俊之
责任校对：王素芹

文字编辑：吴开亮
装帧设计：韩 飞

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 刷：北京永鑫印刷有限责任公司
装 订：三河市宇新装订厂
787mm×1092mm 1/16 印张 10 1/4 字数 265 千字 2017 年 7 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

塑料制品在电子、汽车、仪器仪表、家电、通信、玩具等人们的日常生活中有极为广泛的应用。几乎所有的塑料制品都必须依靠塑料模具成型。用塑料模具生产制件所具备的高精度、高一致性、高生产率是任何其他加工塑料制品的方法所不能比拟的。为生产这些塑料制品必须设计制造出相应的塑料模具。因此,相关人员学习塑料模具设计与制造的基本知识,掌握塑料模具设计的基本方法就显得十分重要。

《模具设计与制造简明教程(塑料模具)》是根据高等院校应用型工科机械类、机电类专业的特点及要求编写的。塑料模具的结构有其自身的特点,模具的设计有其内在的规律,模具的制造也有其特殊的要求。本书就是针对这些特色而编写的,可以满足教学的需要,也可供相关的工程技术人员自学或参考阅读。

塑料模具设计与制造是一门实践性强的课程,本书的编写兼顾了理论和实践两个方面的内容。编者使用简洁明了的语言介绍了模具设计与制造的理论知识,同时辅用较多的模具结构简图,理论联系实际,还配置了实验。力求做到深入浅出、通俗易懂、内容完整、实用性强,体现“简明”的特点。每章都附有小结、思考题与习题,从而突出重点并加深学生对所学知识的理解。

为方便教与学,本书编者制作了文、图、声并茂的电子课件(见 www.cipedu.com.cn)供读者使用。

《模具设计与制造简明教程(塑料模具)》可作为高等院校机械类、机电类专业学生的教材,也可作为职业院校、成人教育、自学考试、电视大学及培训班的教材。

参加本书编写的单位(人员):青岛科技大学(王莺、王沙沙、马迎亚、戚丽丽);青岛技师学院(王萌萌);青岛林源塑料制品厂(丁旭);青岛海洋技师学院(周庆娇)。编写分工:王莺(前言、绪论、第一~四章);王萌萌(第五~七章);王沙沙(第三~七章的图表整理、制作及其电子教学课件的设计制作);丁旭(第五章中的两个实验设计指导和本章习题解);周庆娇(第六~七章的习题解);戚丽丽(第一、二章的图表整理、制作及其电子教学课件的设计制作);马迎亚(第一~四章的习题解)。

本书由王莺和王萌萌担任主编,丁旭和王沙沙为副主编。由王莺和王沙沙负责统稿。

本书承蒙青岛科技大学孟庆东教授对书稿精心审阅,并提出了许多宝贵意见。

本书在编写出版过程中得到各参编者所在学校的大力支持与协助。编写过程中借鉴、参考了部分同类教材及教学辅导教材、题解等有关教学参考书。谨此,一并对上述单位和个人表示衷心感谢!

由于编者水平所限,书中不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

2017年2月

目 录

绪 论	1
第一章 塑料模具设计基础	2
第一节 塑料概述	2
第二节 塑料成型模的功用与分类	7
第三节 塑料模具材料及其选用	8
第四节 塑料制件设计	10
本章小结	19
思考题与习题	20
第二章 塑料注射成型工艺与模具设计	21
第一节 注射成型工艺原理及工艺条件	21
第二节 注射成型过程	22
第三节 注射成型的工艺条件	23
第四节 注射机的基本结构与类型	24
第五节 注射模的结构组成	28
第六节 注射模浇注系统设计	31
第七节 成型零件设计	37
第八节 注射模的结构零部件设计	42
第九节 推出机构设计	46
第十节 侧向分型与抽芯机构	50
第十一节 注射模设计程序	57
第十二节 典型塑料注射模具设计实例	65
第十三节 双色注射成型工艺与模具	74
本章小结	79
思考题与习题	80
第三章 其他塑料成型工艺及模具	82
第一节 挤出成型工艺及模具	82
第二节 压缩成型工艺及模具	95

第三节	压注成型工艺与压注模	101
第四节	中空吹塑模具结构设计	107
* 第五节	真空成型	113
* 第六节	压缩空气成型	116
* 第七节	泡沫塑料成型	117
	本章小结	119
	思考题与习题	120
第四章	塑料模具的制造	122
第一节	塑料模具制造的概述	122
第二节	塑料注射模具的制造要点	124
第三节	塑料注射模具典型零件加工	127
	本章小结	129
	思考题与习题	130
第五章	塑料注射模具的装配与检测	131
第一节	塑料注射模具的装配工艺	131
第二节	模具的试模	135
第三节	注射模具质量检验简介	136
第四节	塑料注射模实验	138
	本章小结	145
	思考题与习题	145
第六章	塑料模具用材料的选用	146
第一节	塑料模具用材料的要求	146
第二节	制作塑料模具常用的材料	148
第三节	塑料模具钢的成型工艺	150
	本章小结	151
	思考题与习题	151
* 第七章	模具设计制作中的质量管理	152
第一节	健全有效的质量保证体系	152
第二节	合同评审	153
第三节	设计制作过程的质量控制	154
第四节	质量检验	154
第五节	质量体系的内审	156
	参考文献	157

绪 论

1869 年美国人海厄特发现了赛璐珞,并于 1872 年在美国建厂生产赛璐珞产品,从此开创了塑料工业,相应地也发展了模压成型技术。1920 年以后,随着高分子化学理论的发展,塑料工业也获得了快速发展。并且随着聚乙烯、聚氯乙烯和聚苯乙烯等通用塑料的发展,原料也从以煤为主转向了以石油为主,这不仅保证了高分子化工原料的充分供应,也促进了石油化工的发展,使原料得以多层次利用,创造了更高的经济价值。

今天,塑料制品在机电、仪表、化工、汽车和航空航天等领域得到了广泛的应用,并占据了重要地位。日常生活中使用的洗漱用具、塑料餐具(见塑料制品图)、塑料玩具及塑封电子产品等数不胜数,而且颜色也是多姿多彩。这些制品绝大部分是通过塑料模具制作出来的。塑料模具如何设计?它又是如何制造出来的?塑料模具使用的设备是什么样的?等等,就是本书要研究的问题。



塑料制品图

1. 塑料模具作为塑料工业的基础

随着市场经济的飞速发展,塑料模具受到了极大的挑战。汽车的内饰件、灯具反光镜等塑料制品具有复杂的外形,而钟表、DVD 光驱用传动齿轮等塑制件又有很高的精度要求。很短的制模周期、相当的寿命是模具制造的又一项重要指标,有的仅需几十、几百模次(可用简易快速制模法),有的(如制瓶用吹塑模)却需要上千万模次,制模周期要求越来越短。此外,各种特殊的成型方式的出现等因素,也都要求塑料模具技术有相应的提高。

2. 塑料模具的发展

塑料模具近年来在我国有了很大的发展,大量的新技术、新工艺、新材料得到推广应用,国际先进技术的引进,尤其是计算机技术和数控加工的飞速发展和在传统制造业中的应用,更加快了模具行业的发展。模具设计已从过去的凭经验、手工绘图,发展到今天通过人机对话就能迅速设计出模具的总图,运用模具 CAE 可以模拟塑料在模具中的流动状态,确定浇口位置,克服塑料成型中可能出现的问题,模具制造周期也得以大大缩短。所有这些都要求模具设计、制造技术人员要掌握大量涌现的新知识。本书的目的就是希望及时且较为系统地将最新的生产实践中的知识介绍给读者。

3. 本课程的学习方法

塑料模具的设计与制造技术是一种综合性技术,要求从事模具技术工作者密切注意和学习有关知识并运用到实际工作中,为模具行业的发展而努力。

第一章

塑料模具设计基础

高质量的塑料模具与塑料性能、成型工艺和制品设计密切相关，在学习塑料模具设计之前要先了解塑料性能、成型工艺和制品设计，为设计高质量塑料模具奠定基础。

第一节 塑料概述

本节将概述塑料的组成、分类、主要性能，以及它在机械、电子工业中的应用。

一、塑料的组成与分类

1. 塑料的组成

塑料是由合成树脂、添加剂组成的，在一定条件下可塑性成型，并在常温下能保持形状不变的材料。人工合成树脂是构成塑料的主要成分，常用的有 60 多种。合成树脂是高分子聚合物，它是由许许多多结构相同的普通分子组成的大分子，分子量一般都在 5000~10000 以上，其原料为煤和石油。人工合成树脂的合成方法主要有聚合反应和缩聚反应两种。由低分子化合物（单体）结合成高分子化合物时，不放出低分子物质的反应过程称为聚合反应。聚合反应生成的高聚物有聚氯乙烯、聚苯乙烯和聚乙烯等。由单体相互作用而生成高分子化合物（即高聚物）时，同时析出低分子物质的反应过程称为缩聚反应。缩聚反应生成的高聚物有酚醛树脂、氨基树脂和环氧树脂等。

添加剂是指填充剂、稳定剂、增塑剂、润滑剂、固化剂和着色剂等。

填充剂（或称填料）在塑料中占 40%~70%。它的作用是使塑料获得不同性能，减少树脂用量，以降低成本。为提高塑料机械强度，可加入纤维状填充剂。为增加绝缘性、耐热性和耐电弧性，则可用云母和石棉做填充剂。

稳定剂用于防止塑料在光照、热和其他条件影响下过早老化，以延长使用寿命。常用稳定剂有硬脂酸盐、铝化合物和环氧树脂等。

增塑剂用于增加树脂的塑性，有利于加工成型。它是熔点较低、沸点较高、能与高聚物相互溶解的有机化合物，配比适当可以增加柔软性、耐寒性和抗冲击强度等。常用的增塑剂有邻苯二甲酸二丁酯、磷酸三苯脂和氧化石蜡等。

润滑剂用于防止塑料在成型过程中发生粘模，还能改善塑料的流动性，起到使塑料制品表面光亮美观的作用。常用润滑剂有硬脂酸、石墨、二硫化钼等。

固化剂可以使高分子树脂由线型结构转变为不熔的体型结构。例如酚醛塑料,其黏结剂是线型结构的酚醛树脂,粉料在加工受热活化之后,在六亚甲基四胺固化剂作用下,经缩聚反应,会把线型结构交联成体型结构。不同的合成树脂对固化剂的选择不同,如环氧树脂用乙二胺作固化剂。

着色剂常用有机染料或无机染料,使塑料具有美丽的色彩。

此外,根据塑料用途不同,还可以加入其他添加剂,如发泡剂、抗静电剂和阻燃剂等。

2. 塑料的分类

塑料分类方法主要有以下两种。

(1) 按加热、冷却时具有的行为特性分

① 热塑性塑料,又称受热可熔性塑料。在常温下,它是硬的固体,加热后会变软,冷却后,还会变硬。这种塑料可反复加工,废品可以回收利用,如聚苯乙烯、聚酰胺、聚甲醛、聚砒等。由于其具有成型工艺简便、生产效率高和物理机械性能好等优点,所以,应用十分广泛。它的主要缺点是耐热性和刚性较低。

② 热固性塑料,又称受热不可熔塑料。在加热时它的化学结构发生了变化,加热时间越长,这种变化程度越深(交联反应),最后变为很硬的物体(硬化),这种物体不管再怎么加热也不会变软,为一次成型,废品不能回收利用,如酚醛树脂、环氧树脂、不饱和聚酯、聚酰亚胺等。它具有较高的耐热性能,一般工作温度在 $100\sim 200^{\circ}\text{C}$ 范围内。常温下它的变形小,尺寸稳定性好,弹性模量较高,表面硬度较大,具有良好的机械性能。自采用注射成型新工艺后,效率提高,成本下降,应用广泛。

(2) 按其使用范围和生产情况分

① 通用塑料。一般指产量大、用途广和成本低的一类塑料。该类塑料约占塑料总产量的80%,其中热塑性塑料比热固性塑料所占比重较大。通用塑料主要为酚醛塑料(电木)、氨基塑料(电玉)、环氧树脂塑料、聚乙烯等。其最大特点是具有可塑性,经成型后可直接获得有使用价值的塑料制品,基本上不需要后加工,废边料很少(平均只有5%~10%,而金属切削加工至少也要达到30%~40%),可制成各种形状、各种性能、不同颜色的制品。

② 工程塑料。常指在工程上作结构材料的各种塑料。其特点是具有机械强度好、耐高低温、耐腐蚀等优良的综合性能,可替代某些有色金属和各种合金钢制作机械零件。该类塑料主要包括聚碳酸酯、聚酰胺、聚甲醛、ABS(丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物)、聚砒、聚苯醚、聚对苯二甲酸丁二醇酯(PBT)等。

随着塑料应用范围的不断扩大,通用塑料和工程塑料之间的界限也变得越来越难以划分,如聚氯乙烯作为耐腐蚀材料,大量地应用于化工机械上。

二、塑料的主要性能

要正确选用塑料和分析评价塑料制品的质量,必须了解塑料的物理性能、机械性能、热性能、电性能和化学性能等主要性能。

1. 物理性能

(1) 重度 通用塑料的重度在 $(0.9\sim 1.5)\times 9.81\times 10^3\text{N/m}^3$ 之间,工程塑料的重度为 $(1.0\sim 2.2)\times 9.81\times 10^3\text{N/m}^3$ 。塑料比铝轻1/2左右,约为钢的1/4,为大多数有色金属的1/8~1/5,这对于交通工具、航空航天及机械装备来说,有着特殊的意义。

(2) 吸水性 塑料为有机高分子材料,其吸水性较无机材料(玻璃、陶瓷等)大,比木

材小,一般为 $0.01\% \sim 1.5\%$ 。吸水性与树脂、填料种类有关。

(3) 透气性 一般塑料的透气性均不太好,在使用上受到限制(薄膜、塑料鞋等希望有较好的透气性)。这一点对于聚乙烯、聚丙烯等尤为重要。

2. 机械性能

机械性能包括拉伸强度、弹性模量、压缩强度、弯曲强度、冲击强度、摩擦、磨损、蠕变、硬度等。

由于塑料品种不同,其机械性能差别很大,有些塑料是刚性材料(如聚苯乙烯、酚醛塑料、环氧树脂、氨基塑料等),而有些塑料则是柔性材料(如低密度聚乙烯、软聚氯乙烯等)。同一品种的塑料由于结构的不同,或是否加有增塑剂,既可制成刚性材料,又可制成柔性材料。

塑料的机械性能与加入填料、填料的形态及线型大分子是否结晶、取向、交联等有关。

(1) 拉伸强度 热塑性塑料的拉伸强度一般为 $50 \sim 100\text{MPa}$,而聚酰亚胺与芳香尼龙的拉伸强度可达 120MPa 。玻璃纤维增强尼龙拉伸强度为 200MPa ,相当于铸铁强度。热固性塑料因加入填料不同,拉伸强度在 $30 \sim 60\text{MPa}$ 之间。

(2) 弹性模量 塑料的弹性模量是比较低的,约为金属的 $1/10$ 。但由于塑料的比重小,其比强度和比弹性模量并不比金属低。塑料是目前比强度、比弹性模量较高的一种材料。

(3) 压缩强度 热塑性塑料的压缩强度一般为 $5 \sim 100\text{MPa}$ 。热固性塑料的压缩强度一般为 $70 \sim 280\text{MPa}$ 。

(4) 弯曲强度 在热塑性塑料中,聚甲醛弯曲强度为 $90 \sim 98\text{MPa}$,聚酰胺可达 210MPa ;热固性塑料为 $50 \sim 150\text{MPa}$,玻璃纤维布层塑料可达 350MPa 。

(5) 冲击强度 热塑性塑料的冲击强度一般为 $(2 \sim 15) \times 10^3 \text{J/m}^2$ (带缺口),聚碳酸酯可达 $(6.0 \sim 7.0) \times 10^6 \text{J/m}^2$;热固性塑料的冲击强度较低,如以木粉为填料的酚醛塑料为 $(4 \sim 6) \times 10^3 \text{J/m}^2$ (不带缺口)。

(6) 减摩、耐磨性 塑料的减摩、耐磨性能优于金属。塑料的摩擦系数比较低,很耐磨,如聚四氟乙烯、尼龙等本身还具有润滑性能,因此,它们是制造轴承、凸轮、密封圈等的好材料。

(7) 蠕变 对于塑料来说,在室温下受载荷后就会产生蠕变现象,载荷大时甚至会发生蠕变断裂,造成破坏,这种现象又称为冷流。塑料蠕变的机理是高聚物在外力长时间作用下,其中分子由蜷曲逐渐变为伸直,有的分子发生位移,导致不可逆的塑性变形。影响蠕变的因素有聚合物的结构、环境温度和作用力大小等。分子链的柔顺性对蠕变影响较大。

(8) 硬度 塑料品种不同,硬度各异。热塑性塑料如尼龙的洛氏硬度为 $110 \sim 118\text{HRC}$;热固性塑料如玻璃纤维增强塑料的洛氏硬度为 $105 \sim 120\text{HRC}$ 。

3. 热性能

塑料的热性能主要是指耐热性、导热性、热膨胀性、耐燃烧性和流动性。

(1) 耐热性 塑料的耐热性是用来确定其最高允许使用温度范围的,常用马丁耐热温度表示。

热塑性塑料的马丁耐热温度一般为 100°C 以下,少数几种(如聚苯醚、聚砒)可达 150°C 左右。热固性塑料的马丁耐热温度比热塑性塑料高,如酚醛塑料和三聚氰胺甲醛塑料为 150°C ,有机硅塑料可高达 300°C 。

塑料耐热等级见表 1-1。

表 1-1 塑料耐热等级

耐热等级/℃	塑料名称	耐热等级/℃	塑料名称
70	聚苯乙烯,ABS	130(B级)	增强聚碳酸酯
90(Y级)	聚甲醛,尼龙 1010	155(F级)	聚砒,硅酮塑料
105(A级)	聚丙烯,耐热有机玻璃	180(H级)	有机硅树脂,增强尼龙
120(E级)	聚三氟氯乙烯,氨基塑料	>180(C级)	聚四氟乙烯,聚酰亚氨

(2) 导热性 塑料的导热性差,一般为 $0.84\sim2.5\text{kJ}/(\text{m}\cdot\text{h}\cdot^{\circ}\text{C})$ 。而钢为 $189\text{kJ}/(\text{m}\cdot\text{h}\cdot^{\circ}\text{C})$,两者相差很大。

对于要求散热的制品,导热性差是一个缺点。对于塑料手把、驾驶盘、火箭和导弹用塑料而言,导热性不良则有利于保暖,且可起到保护作用。

(3) 热膨胀性 塑料的线膨胀系数比金属要大 $3\sim10$ 倍,因此,塑料与金属的紧密结合制品,常因线膨胀系数相差过大而造成开裂,甚至脱落。

(4) 耐燃烧性 是指塑料接触火焰时抵抗燃烧,或离开火焰时阻碍继续燃烧的能力。燃烧难易和气味等的差别,可用来简易地鉴别塑料的品种。表 1-2 列出的是常用塑料的燃烧特性实例。

表 1-2 常用塑料燃烧特性实例

塑料名称	燃烧难易	火焰状态	气味
有机玻璃	易燃	浅蓝,顶端白色	花果臭,烂菜臭
聚氯乙烯	难燃	黄色,下端绿色,白烟	刺激性酸味
ABS	易燃	黄色,黑烟	特殊味
聚乙烯	易燃	上端黄色,下端蓝色	燃烧石蜡的气味
尼龙	慢燃烧	蓝色,上端黄色	指甲烧焦味
聚砒	难燃	黄褐色烟	略带燃烧橡胶气味

(5) 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。热塑性塑料的流动性大小,一般用分子量大小、熔融指数(在一定温度和负荷下,其熔体在 10min 内通过标准毛细管的质量值)、阿基米德螺旋线长度、表观黏度及流动比(流程长度/制品壁厚)等一系列指数进行分析。分子量小、熔融指数高、螺旋线长度长、表观黏度小、流动比大的,流动性就好。部分热塑性塑料的流动性见表 1-3。热固性塑料流动性通常以拉西格流动性(以 mm 计)来表示,数值大则流动性好。热固性塑料流动性举例见表 1-4。挤塑成型应选用拉西格流动性为 150mm 以上的塑料,而注射成型时应选用拉西格流动性为 200mm 以上的塑料。

表 1-3 部分热塑性塑料的流动性

塑料名称	流动性
尼龙,聚乙烯,聚苯乙烯,聚丙烯,醋酸,纤维素,聚(4)甲基戊烯	好
改性聚苯乙烯(如 ABS、AS),有机玻璃,聚甲醛,聚氯醚	中
聚碳酸酯,硬聚氯乙烯,聚苯醚,聚砒,聚芳砒,氟塑料	差

表 1-4 热固性塑料流动性举例

塑料名称	拉西格流动性/mm
酚醛压塑料(一般工业电器)	100~180
酚醛压塑料(耐高频用)	100~130

4. 电性能

塑料是良好的绝缘体，但是，因为塑料内含某些杂质离子，可能有微量的导电性。由于各种塑料的组成和结构不同，因此电性能各有差异。

若将塑料放在电场中，当电场电压超过某一临界值时，会使其失去绝缘作用，此现象称为介质击穿。单位厚度的介质发生击穿时的电场电压称为击穿强度，单位为 kV/mm。例如，热塑性塑料的击穿强度在 15~40kV/mm 之间。

5. 化学性能

一般塑料都有较好的化学稳定性，耐酸、耐碱、耐腐蚀。塑料的化学性能随其种类及所加入的添加剂不同而异，如聚四氟乙烯能耐“王水”，硬聚氯乙烯能耐 90% 浓硫酸、各种浓度的盐酸和 60~80℃ 碱液。这是因为高聚物中分子链上含有碳—碳键、碳—氢键、碳—氧键，这些都是牢固的共价键，而且大分子链上能发生反应的官能团较少，因此塑料不容易和其他物质发生化学反应，具有较好的化学稳定性。

三、选用塑料应注意事项

- ① 了解塑料制品的工作条件，仔细分析所选用塑料的特性，选定最适宜的树脂品种、添加剂类型和配比，以期得到所要求的性能。然后选定最合适的成型方法。
- ② 塑料的导热性差，在用作旋转零件时，必须注意设计出最有利于散热的结构，如采用以金属为基体的复合塑料，或加入导热性良好的填料，或采取有利于散热的机械设计及制品设计等。
- ③ 工程塑料一般都易吸湿、吸水，特别是聚酰胺较为严重。选用要慎重，必要时可适当加入填料以降低其吸湿、吸水性。
- ④ 塑料蠕变性较大，在设计和制造时，必须预防蠕变和内应力的出现。例如，添加玻璃纤维后，可明显地改善其抗蠕变性。聚酰胺加入 30% 玻璃纤维填料后，其蠕变可减少到未加填料时的 10% 左右。

四、塑料在机械、电子工业中的应用

1. 塑料在机械工业中的应用

应用举例见表 1-5。

表 1-5 塑料在机械工业中的应用举例

零件类型	举例	特性要求	适用塑料
一般结构零件	罩壳、支架、管接头、手柄	较低的强度和耐热性，有较好的外观	改性聚苯乙烯、低压聚乙烯、改性聚丙烯、ABS 等
耐磨、传动零件	轴承、齿轮、凸轮、蜗轮、蜗杆、齿条	较高的强度、刚性、韧性、耐磨性、耐热变形	各种尼龙、聚甲醛、聚碳酸酯等
减摩自润滑零件	活塞环、机械动密封圈、轴承	机械强度要求不高，运动速度高，要求低摩擦系数	聚四氟乙烯、填充聚甲醛、低压聚乙烯
耐腐蚀零部件	化工容器、管道、泵、阀门、仪表等	耐强酸或强氧化性酸，耐碱	聚三氟、氯乙烯、聚氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、聚四氟乙烯等
耐高温零部件	高温下工作的结构传动件	能在 150℃ 以上温度下长期工作	氟塑料、聚苯硫醚、聚酰亚胺、聚砜、玻纤增强塑料

2. 塑料在电子工业中的应用

应用举例见表 1-6。

表 1-6 塑料在电子工业中的应用举例

应用举例	特性要求	适用塑料
线圈骨架	尺寸较大,形状特殊,在机械强度和绝缘性能满足的前提下,要壁薄	木粉填料的胶木粉、尼龙、增强尼龙、改性聚丙烯及聚对苯二甲酸丁二醇酯等
波段开关、微动开关、底座、隔板、外壳	介电性能好,结构牢固,耐热性好,不产生腐蚀性气体	主要采用热固性塑料,如三聚氰胺、胶木粉、层压板
通信机天线的绝缘子	绝缘性能和抗张强度高	可着色的增强尼龙或 ABS 塑料
机外壳、外框	外形美观,有一定强度、韧性和耐腐蚀性,价廉	聚苯乙烯、ABS、聚丙烯、结构泡沫塑料、改性胶木粉等

第二节 塑料成型模的功用与分类

1. 塑料制品的成型方法

塑料制品的成型方法很多,其中最主要的是注射、挤出、压制、压铸和气压成型等,而注射、挤出约占成型总数的 60% 以上。热塑性塑料多采用注射、挤出等方法成型。热固性塑料多采用压制、压铸法成型,也有采用注射法成型的。

2. 塑料成型模(塑料模)的功用

在高分子材料加工领域中,用于塑料制品成型的模具称为塑料成型模具,简称塑料模。在塑料材料、制品设计及加工工艺确定以后,塑料模设计对制品质量与产量具有决定性的影响。首先,模具结构对制品尺寸精度和形状精度,以及塑件的物理力学性能、内应力大小、表观质量与内在质量等均有着十分重要的影响。其次,在塑件加工过程中,塑料模结构的合理性对操作的难易程度具有重要的影响。再次,塑料模对塑件成本也有相当大的影响,除简易模具外,一般来说制模费用是十分昂贵的,大型塑料模更是如此。

在现代塑料制品生产中,合理的加工工艺、高效率的设备和先进的模具被誉为塑料制品成型技术的“三大支柱”,尤其是塑料模对实现塑件加工工艺要求、塑件使用要求和塑件外观造型要求起着无可替代的作用。高效全自动化设备也只有装上能自动化生产的模具,才能发挥其应有的效能。此外,塑件生产与产品更新均以模具制造和更新为前提。

我国塑料工业的高速发展对模具工业提出了越来越高的要求。国内塑料模具市场中注射模具的需求量最大。近年来,人们对各种设备和用品轻量化要求越来越高,这就为塑料制品提供了更为广阔的市场。塑料制品要发展,必然要求塑料模具随之发展。汽车、家电、办公用品、工业电器、建筑材料、电子通信等塑料制品主要用户行业近年来都高位运行、发展迅速,这些都会导致市场对模具的需求量大幅度增长,促进塑料模具产业快速发展。

3. 塑料模的分类

按照塑料制品成型的主要方法,塑料模具可分为很多类型,主要有注射模、挤出模、压缩模、压注模、吹塑模、真空成型模和热压印模等。

(1) 注射模 通过注射机的螺杆或活塞,使料筒内塑化熔融的塑料经喷嘴与浇注系统注

入型腔,并固化成型所用的模具称为注射模。注射模主要用于热塑性塑料制品成型,近年来也越来越多地用于热固性塑料制品成型。这是一类用途宽、占有比重大、技术较为成熟的塑料模具。

(2) 挤出模 用于连续挤出成型塑料型材的模具通称挤出模,也称为挤出机头。这是又一大类、品种繁多的塑料模具,主要用于塑料棒材、管材、板材、片材、薄膜、电线电缆的涂覆、复合型材及异型材等的成型加工,也用于中空制品的型坯成型,此种模具称为型坯模机头。

(3) 压缩模 使直接放入型腔内的塑料熔融,并固化成型所用的模具称为压缩模。压缩模主要用于热固性塑料制品的成型,但也可用于热塑性塑料制品成型,另外还可用于聚四氟乙烯塑件的冷压成型。

(4) 压注模 通过柱塞,使加料腔内塑化熔融的塑料经浇注系统注入闭合型腔,并固化成型的模具称为压注模。压注模多用于热固性塑料制品的成型。

(5) 吹塑模 吹塑成型是把塑性状态的塑料型坯置于模具内,压缩空气注入型坯后将其吹胀,使吹胀后制品的形状与模具内腔的形状相同,冷却定型后得到需要的产品。吹塑中空容器主要用于制造薄壁塑料瓶、桶以及玩具。吹塑成型的模具称为吹塑模。根据成型方法的不同,可分为挤出吹塑成型模、注射吹塑成型模、注射拉伸吹塑模等。

第三节 塑料模具材料及其选用

一、塑料模成型零件材料要求

塑料模成型零件材料选用的要求如下。

(1) 机械加工性能良好 要选用易于切削,且在加工后能得到高精度零件的钢种。为此,以中碳钢和中碳合金钢最常用,这对大型模具尤其重要。对需经电火花加工的零件,还要求该钢种的烧伤硬化层较薄。

(2) 抛光性能优良 注射模成型零件工作表面多需抛光达到镜面, $Ra \leq 0.05 \mu\text{m}$,要求钢材硬度以 35~40HRC 为宜,表面过硬会使抛光变得困难。钢材的显微组织应均匀致密,杂质较少,无疵痕和针点。

(3) 耐磨性和抗疲劳性能好 注射模型腔不仅受高压塑料熔体冲刷,而且还受冷热交变的温度应力作用。一般的高碳合金钢可经热处理获得高硬度,但韧性差,易形成表面裂纹,不宜采用。所选钢种应使注射模能减少抛光修模的次数,能长期保持型腔的尺寸精度,达到批量生产的使用寿命期限。这对注射次数在 30 万次以上和纤维增强塑料的注射生产尤其重要。

(4) 具有耐腐蚀性能 对有些塑料品种,如聚氯乙烯和阻燃型塑料,必须考虑选用有耐腐蚀性能的钢种。

二、塑料模零件材料的选用

热塑性注射模成型零件的毛坯、凹模和主型芯以板材和模块供应,常用 50 或 55 调质钢,硬度为 250~280HB,易于切削加工,旧模修复时的焊接性能较好,但抛光性和耐磨性

较差。

型芯和镶件常以棒材供应，采用淬火变形小、淬透性好的高碳合金钢，经热处理后在磨床上直接研磨至镜面。常用 9CrWMn、Cr12MoV 和 3Cr2W8V 等钢种，淬火后回火硬度大于 55HRC，有良好耐磨性；也有采用高速钢基体的 65Nb（65Cr4W3Mo2VNb）等新钢种的；价廉但淬火性能差的 T8A、T10A 也可采用。

注塑模具选用钢种时应按塑件的生产批量、塑料品种及塑件精度与表面质量要求确定，如表 1-7 所示。常用塑料模具零件材料的选用与热处理方法见表 1-8。

表 1-7 注塑模具钢种选用

塑料与制品	型腔注射次数	适用钢种	塑料与制品	型腔注射次数	适用钢种
PP、HDPE 等一般塑料件	10 万次左右	50、55 正火	精密塑料件	20 万次以上	PMS、SM1、5NISCa
	20 万次左右	50、55 调质	玻纤增强塑料	10 万次左右	PMS
	30 万次左右	P20		20 万次以上	SMP225CrNi3MoAL 氮 化、H13 氮化
	50 万次左右	SM1、5NISCa	PC、PMMA、PS 透明塑料		PMS、SM2
工程塑料	10 万次左右	P20	PVC 和阻燃塑料		PCR

表 1-8 常用塑料模具零件材料的选用与热处理方法

模具零件	使用要求	模具材料	热处理		说明
导柱、导套	表面耐 磨、有 韧 性、抗曲、 不易折断	20、20Mn2B	渗碳淬火	≥55HRC	用于导柱、导套
		T8A、T10A	表面淬火	≥55HRC	
		45	调质，表 面 淬 火，低 温回火	≥55HRC	
		黄铜 H62、青铜合金			用于导套
成型 零部件	强 度 高、耐 磨 性 好、热 处 理 变 形 小、有 时 还 要 求 耐 腐 蚀	9Mn2V、CrWMn、9CrWMn、CrW、 GCr15	淬 火，中 温回火	≥55HRC	用于制品生产批量大，强度、耐磨性要求高的模具
		Cr12MoV、4Cr5MoSiV、Cr6WV、 4Cr5MoSiV1	淬 火，中 温回火	>55HRC	用于生产批量大，强度、耐磨性要求高的模具，但热处理变形小，抛光性能较好
		5CrMnMo、5CrNi3Cr2W8V	淬 火，低 温回火	>46HRC	用于成型温度高，成型压力大的模具
		T8、T8A、T10、T10A、T12、T12A	淬 火，低 温回火	>55HRC	用于制品形状简单、尺寸不大的模具
		3 8CrMoAlA	调 质，氮 化	≥55HRC	用于耐磨性要求高并能防止热咬合的活动成型零件
		45、50、55、40Cr、42CrMo、35CrMo、 40MnB、 40MnVB、 33CrNi3MoA、 37CrNi3MoA、37CrNi3A、30CrNi3	调 质，淬 火（或表面 淬火）	>55HRC	用于制品批量生产的热塑性塑料成型模具
		10、15、29、12CrNi2、12CrNi3、 20CrMnTi、20CrNi4	渗碳淬火	>55HRC	容易切削加工或采用塑性加工方法制作小型模具的成型零部件

续表

模具零件	使用要求	模具材料	热处理		说明
成型零部件	强度高、耐磨性好、热处理变形小、有时还要求耐腐蚀	铍铜			导热性优良,耐磨性好,可铸造成型
		锌基合金、铝合金			用于制品试制或中小批量生产中的模具成型零部件,可铸造成型
		球墨铸铁	正火或退火	正火 ≥200HBS 退火 ≥200HBS	用于大型模具
主流道衬套	耐磨性好、有时要求耐腐蚀	45、50、55 以及可用于成型零件的其他模具材料	表面淬火	≥55HRC	
顶杆、拉料杆等	一定的强度和耐磨性	T8、T8A、T10、T10A	淬火,低温回火	≥55HRC	
		45、50、55	淬火	≥55HRC	
各种模板、推板、固定板、模座等	一定的强度和刚度	45、50、40Cr、40MnB、40MnVB、45Mn2	调质	>200HBS	
		结构钢 Q235-Q275			
		球墨铸铁			用于大型模具

第四节 塑料制件设计

一、塑料制件设计的基本原则

注射制品的形状结构、尺寸大小、精度和表面质量要求与注射成型工艺和模具结构的适应性称为制品的工艺性。如果制品的形状结构简单、尺寸适中、精度低、表面质量要求不高，则制品成型起来就比较容易，所需的注射工艺条件就比较宽松，模具结构也比较简单，这时可以认为制品的工艺性比较好；反之，则可以认为制品的工艺性较差。为设计出工艺性良好且满足使用要求的塑料制件，必须遵守以下基本原则。

- ① 在设计塑件时，应考虑原材料的成型工艺特性，如流动性、收缩率等。
- ② 在保证制品使用要求（如使用性能、物理性能与力学性能、电性能、耐化学腐蚀性能和耐热性能等）的前提下，应力求制件形状、结构简单和壁厚均匀。
- ③ 设计制品形状和结构时，应尽量考虑如何使它们容易成型，优化其模具的总体结构，使模具结构简单、易于制造。
- ④ 设计出的制品形状应有利于模具分型、排气、补缩和冷却。
- ⑤ 制品成型前后的辅助工作量应尽量减少，技术要求应尽量放低，同时在成型后最好不再进行机械加工。

二、塑件的结构设计

1. 脱模斜度

为便于塑件冷却后产生收缩,会紧紧地包住模具型芯或型腔中凸出的部分,为了使塑件易于从模具内脱出,防止塑件表面在脱模时划伤、擦毛等,在设计时沿脱模方向应具有合理的脱模斜度。

一般情况下,脱模斜度不包括在塑件公差范围内,否则在图样上应加以说明。在塑件图上标注时,内孔以小端为基准,斜度由扩大方向取得;外形以大端为基准,斜度由缩小方向取得,如图 1-1 所示。

脱模斜度一般依靠经验数据选取,其大小与塑料品种、塑件形状及模具结构等因素有关。通常情况下脱模斜度取 $30' \sim 1^{\circ}30'$,最小为 $15' \sim 20'$,成型型芯越长或型腔越深,则斜度应取偏小值;反之可选用偏大值。塑件高度不大时(小于 $2 \sim 3\text{mm}$),可不设计脱模斜度。

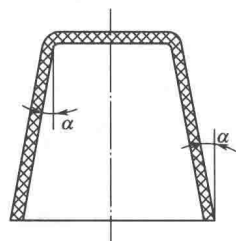


图 1-1 脱模斜度

2. 壁厚

塑件应有一定的壁厚才能满足使用时的强度和刚度要求,脱模时也能承受一定的脱模力。壁厚应设计合理。壁厚过小,成型时流动阻力大,大型复杂塑件难以充满型腔;壁厚过大,塑件内部会产生气泡、缩孔,外部会产生凹陷等缺陷,同时增加了成型时的冷却时间。

因此在保证塑件具有足够的强度和刚度、成型时有良好流动状态的条件下,塑件要有合适的厚度。热塑性塑件的壁厚一般不宜小于 $0.6 \sim 0.9\text{mm}$,常取 $1 \sim 4\text{mm}$ 。同一塑件壁厚应尽可能一致,否则会因冷却或固化速度不同产生附加内应力,使塑件产生翘曲、缩孔、裂纹甚至开裂。表 1-9 为塑件壁厚的改进示例。

表 1-9 改善塑件壁厚的方法

序号	不合理	合理
1		
2		
3		

3. 加强筋

加强筋的作用是在不增加壁厚的条件下,增加塑件的刚度和强度,避免塑件变形翘曲。此外,合理布置加强筋还可以改善充模流动性,减少内应力,避免气孔、缩孔和凹陷等缺陷。