

塑料模具设计与制造

王栓虎 主编

东南大学出版社

·南京·

内 容 提 要

本书是作者根据机械工程及自动化专业培养方案及教学改革的需要,在多年从事模具教学实践的基础上总结编写的。全书主要内容包括:绪论;塑料模具设计基础;注射模设计;热固性塑料压缩模设计;挤出成形机头设计;中空吹塑成形模具设计;真空成形与压缩空气成形模具;模具制造技术综述等。本书内容丰富,资料齐全,且紧密贴近生产实际;新工艺、新技术、新的发展领域占了很大比例;插图、图例几乎全部更新。既便于学习掌握,也富有参考价值,是一本具有较高水准的新教材。

本书可作为高等工科院校机械工程及自动化专业模具设计与制造专业课教材,也可作为材料成形与控制工程、高分子材料与工程等专业的选修课教材,还可供从事模具设计与制造的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

塑料模具设计与制造/王栓虎主编. —南京:东南大学出版社,2008.2

ISBN 978-7-5641-1106-9

I. 塑… II. 王… III. ①塑料模具-设计②塑料模具-制造 IV. TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 004940 号

塑料模具设计与制造

出版发行 东南大学出版社(南京市四牌楼2号 邮编 210096)

网 址 <http://press.seu.edu.cn>

电 话 (025)83795801(发行);57711295(传真)

出 版 人 江 汉

经 销 江苏省新华集团股份有限公司

印 刷 常州市武进第三印刷有限公司

版 次 2008年2月第1版 2008年2月第1次印刷

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 25.25

字 数 610千

印 数 1-4000

书 号 ISBN 978-7-5641-1106-9/TH·11

定 价 40.00元

(东大版图书凡因印装质量问题,请直接向读者服务部调换。电话:025-83792328)

前 言

模具是现代工业生产中重要的工艺装备之一,它在铸、锻、冲压、塑料、橡胶、玻璃、粉末冶金、陶瓷等生产行业中有着极为广泛的应用。模具设计与制造技术已成为衡量一个国家机械制造水平的重要标志。同时,在市场经济发展的今天,掌握模具设计与制造的基本理论与方法已广泛为广大同学所认同、喜爱。

《塑料模具设计与制造》是模具专业方向的一门必修课,同时也是机械工程及其自动化、高分子材料与工程、材料成形与控制工程专业的一门主要选修课。作者在二十余年的模具课程教学工作中,深感一本好的教材对学生学好该课程的重要性。为此,在比对了过去的、现有的各种教材的基础上,取长补短,形成了本书的编写思想。

全书在结构上可以分为四部分:第一部分是塑料模具设计基础,主要介绍有关塑料的基本知识、塑料成形特性及成形理论、塑料制品的设计等,它将对模具设计的质量产生重要作用。第二部分以塑料模具中最具代表性的注射模为重点,论述解决模具设计、制造的一般问题,是全书的重点。第三部分是其他各类塑料模具的设计,包括压缩模设计、挤出机头设计、中空吹塑成形模设计、真空成形与压缩空气成形模具等,重点剖析其特点。第四部分是模具制造技术综述,简要介绍有关模具制造的基本知识、新工艺、新技术等。

全书在内容安排上以常见的塑料模具设计为基本内容,同时注意吸收最近十多年发展起来的新工艺、新技术、新成果,另外还恰当地融入作者多年积累的模具设计与制造的体会和经验。本书结构工艺性增加了铰链的设计、铰链、搭扣等内容;注射模设计增加了热流道注射模的标准件及应用;推出机构设计介绍了采用分瓣式可涨缩型芯脱模、采用液压油缸驱动脱模、采用液压马达驱动脱模等;模具温度的控制方法介绍了采用模温机控制模温;比较详细地介绍了热固性塑料的注射成形、气辅注射成形制品设计及模具设计;热固性塑料压缩模设计介绍了一种新的热固性塑料 BMC 的应用;挤出成形机头设计增加了金属弹簧增强管机头、金属弹簧软管机头、塑料弹簧增强软管机头、三种波纹管机头等介绍;中空吹塑模具设计增加了箱包吹塑模、异形中空制品吹塑模的介绍。应该说这也是本书与其他教材不同之处,它完全符合与时俱进的科学发展观,是一本内容新颖、技术先进的教材。

本书的主要特点:

1. 全书体系结构合理,脉络自然清晰,既是一个整体,各章内容又相对独

立,增加了本书的系统性、完整性、合理性、可选择性。既可以作为教材讲授模具的成形、设计理论,又可作为工具参考书指导实践。

2. 全书的技术术语、名词、符号以及计量单位均采用了最新的国家标准。

3. 内容覆盖面广,学生既可学习模具设计与制造的一般理论与方法,同时还可了解到较先进的工艺技术,为合理设计模具结构及正确选择模具制造方法打下坚实的基础。

4. 全书以塑料模具中最具代表性的注射模为重点,解决模具设计制造的一般问题,其他各类模具侧重剖析特点,重点突出,繁简恰当,既方便教学,又适合自学,有助于开拓学生分析、认识问题的思路,培养学生的自学能力。

5. 我们花大力气精选、绘制了书中绝大部分插图和图例,而不是简单地照搬照抄其他书的图例。这样就使得本书是一本以新面孔出现在大家面前的教材。

本书由王栓虎主编,胡石玉副主编,龚光容主审。全书共八章,其中第1、3章由王栓虎编写,第2章由袁春华编写,第4、5章由胡石玉编写,第6、7章由夏海南编写,第8章由裴艳敏编写。此外,马永林、邵波、王建明等同志为本书的编写提供了部分模具设计与制造的经验数据。

本书的编写得到了南京理工大学各有关部门的热情关怀与支持,封面设计中采用的数控铣雕机图片是由南京能博机电制造有限公司提供的,在此表示衷心感谢!

当然,由于编者水平有限,加上时间仓促,书中会有不少缺点甚至错误,欢迎广大读者赐教。

编者
2007年10月

目 录

1	绪论	
1.1	塑料制品的生产	(1)
1.2	塑料成形模具	(2)
2	塑料模具设计基础	
2.1	塑料	(3)
2.1.1	塑料的特性	(3)
2.1.2	塑料的组成	(4)
2.1.3	塑料的分类	(6)
2.1.4	常用塑料简介	(7)
2.2	塑料的成形过程	(12)
2.2.1	聚合物的加热和冷却	(12)
2.2.2	聚合物的取向	(14)
2.2.3	聚合物熔体的流动和流变行为	(17)
2.2.4	成形过程中聚合物的化学变化	(29)
2.3	塑料件的结构工艺性	(32)
2.3.1	塑料的收缩性	(33)
2.3.2	塑件的几何结构	(34)
2.3.3	塑件的尺寸和精度	(56)
2.3.4	塑件表面质量	(61)
3	注射模设计	
3.1	注射成形的工艺过程	(63)
3.1.1	注射成形原理	(64)
3.1.2	注射成形工艺过程	(65)
3.1.3	注射成形工艺参数	(67)
3.2	注射模的典型结构及分类	(69)
3.2.1	注射模的典型结构	(69)
3.2.2	注射模的分类	(70)
3.3	注射模与注射机的关系	(74)
3.3.1	注射量与塑件质量	(74)
3.3.2	最大注射压力 P 与模腔压力 P_M	(76)
3.3.3	锁模力 F_S 与成型力 F_C 的关系	(76)
3.3.4	塑化量 M 与型腔数 n 的关系	(77)
3.3.5	安装部分与模具相关尺寸的关系	(77)
3.3.6	模具厚度 (H_m)、开模行程 (S) 的校核、最大开距 S_K	(78)
3.4	浇注系统设计	(80)
3.4.1	概述	(80)
3.4.2	主流道设计	(82)

3.4.3	分流道设计	(84)
3.4.4	浇口设计	(87)
3.4.5	冷料穴设计	(99)
3.4.6	无流道浇注系统设计	(102)
3.5	成型零部件结构设计	(114)
3.5.1	塑件在模具中的方位	(115)
3.5.2	型腔分型面的设计	(117)
3.5.3	排气槽的设计	(119)
3.5.4	成型零件的结构设计	(121)
3.6	成型零部件的尺寸设计	(127)
3.6.1	影响成型零件工作尺寸确定的因素	(127)
3.6.2	成型零件工作尺寸计算	(129)
3.6.3	成型零件的强度、刚度计算	(138)
3.6.4	其他零件的强度、刚度计算	(145)
3.7	合模导向及定位机构设计	(148)
3.7.1	导柱导向机构	(149)
3.7.2	锥面定位机构	(153)
3.8	推出机构设计	(154)
3.8.1	概述	(154)
3.8.2	推出力的计算	(156)
3.8.3	简单推出机构	(158)
3.8.4	二次推出机构	(164)
3.8.5	双推出机构	(171)
3.8.6	模具的顺序打开机构	(171)
3.8.7	浇注系统凝料的自动脱落	(174)
3.8.8	带螺纹塑件的推出机构	(176)
3.9	侧向分型与抽芯机构	(185)
3.9.1	概述	(185)
3.9.2	弹性元件驱动的分型与抽芯机构	(187)
3.9.3	斜销驱动的侧向分型与抽芯机构	(188)
3.9.4	弯销驱动的侧向分型与抽芯机构	(204)
3.9.5	斜导槽分型与抽芯机构	(206)
3.9.6	斜滑块侧向分型与抽芯机构	(207)
3.9.7	齿轮齿条侧向分型与抽芯机构	(210)
3.10	注射模具温度调节系统	(212)
3.10.1	模具温度控制的必要性	(212)
3.10.2	模具温度的控制方法	(212)
3.10.3	模具冷却装置的设计	(212)
3.11	热固性塑料的注射成形	(219)
3.11.1	热固性塑料注射成形原理及特点	(219)
3.11.2	热固性塑料注射成形的工艺条件	(220)
3.11.3	热固性塑料注射模具的设计要点	(221)
3.12	气辅注射成形制品设计和模具设计	(227)
3.12.1	概述	(227)
3.12.2	气辅注射成形的设计	(230)

3.12.3	气辅注射成形制品的常见缺陷及防治	(235)
4	热固性塑料压缩模设计	
4.1	概述	(237)
4.1.1	压缩成形的工艺过程	(237)
4.1.2	压缩模的分类	(237)
4.1.3	压缩模的典型结构	(239)
4.2	压缩模与压力机的关系	(242)
4.2.1	公称压力与成型压力	(246)
4.2.2	回程力与开模力	(246)
4.3	压缩模设计	(249)
4.3.1	型腔总体结构	(249)
4.3.2	凹凸模配合形式	(251)
4.3.3	成型零件设计	(254)
4.3.4	加料腔尺寸计算与结构设计	(257)
4.3.5	脱模机构(顶出系统)	(260)
4.3.6	侧向分型与抽芯机构	(269)
4.3.7	加热功率与加热装置	(271)
4.4	压缩模设计实例	(278)
5	挤出成形机头设计	
5.1	挤出成形概述	(280)
5.1.1	挤出成形的工艺过程	(280)
5.1.2	挤出成形设备与模具	(280)
5.1.3	挤出机头分类	(283)
5.2	管材挤出成形机头	(283)
5.2.1	典型结构	(283)
5.2.2	主要零件设计	(285)
5.2.3	壁厚调整	(288)
5.2.4	冷却定径	(289)
5.3	棒材挤出成形机头	(290)
5.3.1	典型结构及设计要点	(290)
5.3.2	定径套及设计要点	(291)
5.4	吹塑薄膜机头	(292)
5.4.1	概述	(292)
5.4.2	主要参数确定	(294)
5.4.3	结构设计	(295)
5.4.4	风冷环	(296)
5.5	其他机头简介	(297)
5.5.1	电线、电缆机头	(297)
5.5.2	弹簧管机头	(298)
5.5.3	波纹管机头	(300)
5.5.4	板材机头	(303)
5.5.5	异型材机头	(307)

6	中空吹塑成形模具设计	
6.1	概述	(311)
6.1.1	中空吹塑成形的工艺过程	(311)
6.1.2	中空吹塑成形的分类	(311)
6.1.3	中空塑件的设计	(314)
6.2	中空吹塑成形模具设计	(315)
6.2.1	中空吹塑成形模具设计要点	(315)
6.2.2	中空吹塑成形模具设计实例	(318)
7	真空成形与压缩空气成形模具	
7.1	真空成形模设计	(324)
7.1.1	真空成形特点	(324)
7.1.2	真空塑件的设计	(327)
7.1.3	真空成形模具设计	(327)
7.2	压缩空气成形模设计	(329)
7.2.1	压缩空气成形特点	(329)
7.2.2	塑件设计	(330)
7.2.3	压缩空气成形模具设计	(330)
8	模具制造技术综述	
8.1	模具材料	(332)
8.1.1	常用塑料模具用钢品种	(332)
8.1.2	模具材料的选择	(337)
8.2	模具型腔加工	(338)
8.2.1	电火花成形加工	(339)
8.2.2	电火花线切割加工	(346)
8.2.3	电铸加工	(356)
8.2.4	文字、皮纹、花纹加工	(361)
8.2.5	低压铸造	(368)
8.2.6	精密铸造	(370)
8.2.7	型腔表面的装饰加工	(373)
8.2.8	高速加工	(378)
8.3	塑料模装配与调整	(383)
8.3.1	型芯与固定板的装配	(383)
8.3.2	型腔凹膜与动、定模板的装配	(386)
8.3.3	过盈配合零件的装配	(387)
8.3.4	装配中的修磨	(387)
8.3.5	导柱、导套的镗孔与装配	(389)
8.3.6	滑块抽芯机构的装配	(391)
8.3.7	总装	(394)
	参考文献	(396)

1 绪论

塑料是继金属、陶瓷之后的第三大类应用最广的材料。因其材料本身易得、性能优越、加工方便而被广泛地应用于各行各业各个领域。

1.1 塑料制品的生产

塑料工业由塑料原料生产和塑料制品生产两大部分组成。塑料生产是指树脂和塑料原料的生产,通常由树脂生产工厂单独或联合完成;塑料制品生产则是根据塑料的性能,选择可能的成形加工手段,使其成为具有一定形状和使用价值的产品或型材,一般包括成形、机械加工、修饰、装配等,如图 1-1 所示。

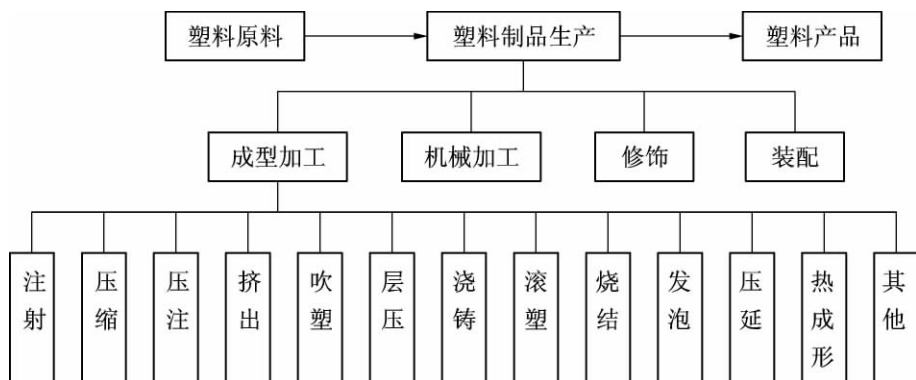


图 1-1 塑料产品的生产过程

此外,为了保证塑料产品的质量和满足特定的需求,在成形前后经常插入一些必要的处理。如成形前的预压、预热、干燥等预处理,成形后的快速定型、去应力等后处理等。

更为重要的是,塑料制品的生产是一个涵盖面非常广泛并在迅速发展着的新兴的工业领域,它不仅具有传统的产品的制造特点,还包括有塑料本身独有的并在不断产生和发展的各种制造工艺,成形加工则是塑料产品生产中最重要的且必不可少的生产过程,由此而推动着塑料成形技术的不断发展和进步。

我国的塑料工业虽然起步较晚但发展迅速,特别是进入 21 世纪以来,塑料原料生产已成为轻工业的支柱产业,而建立在塑料工业发展基础上的模具工业已成为国民经济中的独立行业,塑料产品也已渗透到交通运输、机械化工、电子电讯、建筑材料、日用消费品甚至航空航天各个领域,并显示出其巨大的优越性和发展潜力。可以毫不夸张地说,我们所处的 21 世纪将是一个塑料工业特别是模具工业空前发展的世纪。

1.2 塑料成形模具

模具是塑料产品成形加工中必不可少的工艺装备。尤其是优质的成形模具对满足塑料加工工艺要求、塑料产品的使用要求和结构设计起着决定性的作用,高效的成形设备只有配备相应的模具才有可能发挥其效能,而产品的生产和更新更是以成形模具的制造和更新为前提条件。这就要求塑料成形模具不仅能生产出在尺寸精度、外观、物理学性能等方面均能满足使用要求的优质制品,而且从模具的使用角度出发,要求能高效率、自动化生产,操作简便;从模具制造角度出发,要求结构合理,制造容易、成本低廉。

塑料成形方法不同,所使用的模具不论在成形原理方面,还是结构特征方面均有较大差异,常用的几类塑料成形模具见图 1-2。

近年来,塑料成形技术发展迅速。从模具设计与制造技术角度来看,主要有以下特点:

① 计算机模拟成形过程已经进入实用阶段。长期以来,人们一直期望能够在模具设计阶段就对成形过程中塑料熔体的流动行为、冷却定型过程、分子结晶及取向、残余因素应力等对产品质量的影响作出预测,这种愿望在计算机技术长足发展的今天正在不断地成为现实。同时也促成了模具计算机辅助工程分析这一很有生命力的学科方向的发展。

② 高效率、自动化、大型、微型、精密、高寿命的模具所占比重越来越大。伴随着成形工艺的不断更新,成形设备的技术含量、自动化程度及性能的不提高,对模具的自动化程度与原料消耗等均提出了更高的要求,如产品和浇注系统凝料的自动脱落、无凝料浇注系统的采用以及高可靠性的模具结构的应用等。伴随着塑料产品应用范围的扩大,对塑料件的精密化(尺寸公差在 0.01~0.05 mm)、微型化(质量在 0.1 g 以下)、大型化(质量在 150 kg 以上)的需求日益增大,从而要求成形设备与模具应与之相适应。

③ 模具 CAD/CAM 系统的推广应用从根本上改变了模具生产的面貌。传统的模具设计和加工过程是一个设计—制造—试模—修改的串行工作过程,制造周期长,模具成本高。采用 CAD/CAM 技术不仅可以实时地以人机交互方式完成塑件造型、模具设计(模具型腔生成、模具结构设计、标准模架选择、模具的各类工程图样绘制等)、加工信息生成等,还可以根据设计结果进行模具制造工艺规程设计、数控加工程序的自动编制、加工过程的模拟等。在 CAD/CAE/CAM 集成环境下还可完成模具生产的调度和管理,实现模具的自动化生产。当然,上述过程的实现需要先进的加工设备作为支撑条件。如数控车、铣、镗、磨削加工中心;数控电火花加工、数控线切割加工等特种加工机床;数控坐标磨、曲线磨、三坐标测量仪、数控电加工中心等高精度设备。

④ 不断提高模具标准化水平。实践证明,加速模具零部件标准化、专业化生产是缩短模具生产周期、降低模具成本的行之有效的途径,同时也是模具 CAD/CAE/CAM 向集成方向发展的必需前提,此外,实现模具的专业化生产还有利于提高模具制造用的高效精密设备的利用率,减少设备投入,提高整体效益。

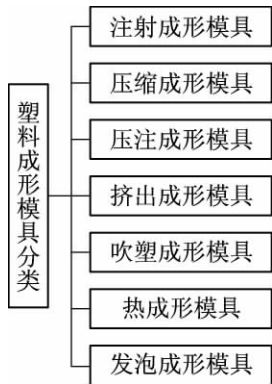


图 1-2 常用的几类塑料成形模具

2 塑料模具设计基础

要设计一副好的模具,首先需要对塑件所使用的原材料——塑料的性能、成形方法以及成形过程中的物理化学变化有一个正确的把握。因为只有充分了解塑料的成形性能和允许采用的成形方法,才能正确地选择成形设备和成形工艺,设计出合理的模具结构,以适应塑料成形性能的要求,保证加工出合格的塑料产品。因此,作为塑料模具设计基础,本章将在介绍塑料及其成形性能的基础之上,简要叙述塑料成形的基本原理以及塑料件常用的成形方法,最后给出塑料件设计的一般原则。

2.1 塑料

塑料是以高分子合成树脂为主要成分,在一定的温度和压力下可塑制成一定形状且在常温下保持形状不变的材料。

2.1.1 塑料的特性

我们所说的塑料指的是一大类材料,由于合成树脂的不同,塑料的性能差异很大,归纳起来,塑料具有如下主要特性:

① 密度小 用塑料制成的产品其密度一般在 $0.83\sim 2.2\text{ g/cm}^3$ 之间,约为铝的 $1/2$ 、铜的 $1/6$ 左右,有些泡沫塑料其密度仅有 $0.1\sim 0.2\text{ g/cm}^3$ 。所以,质轻是塑料的第一大特点。

② 比强度和比刚度高 塑料的强度、刚度虽然不如金属,但由于塑料的密度远比金属低,所以有好多塑料其比强度和比刚度均高出金属。如玻璃纤维增强塑料、碳纤维增强塑料等。比强度高的特点使塑料常用于制造人造卫星、火箭、导弹上既要强度高、又要质量轻的零件。

③ 化学稳定性好 塑料对酸、碱等具有良好的抗腐蚀能力,有些塑料不仅能耐受潮湿空气的影响,而且也能耐受酸、碱、盐、气体和蒸汽的化学腐蚀作用,在这方面它们大大地超过了金属。该特性使得塑料在化工设备以及日用工业品中得到广泛应用。如用硬质聚氯乙烯制成化工设备中的管道、容器等零部件。

④ 电绝缘性能好 塑料的导电率很低,一般均为绝缘材料,许多塑料对火具有自熄性,这就决定了塑料优越的电绝缘性能和耐电弧特性,所以被广泛应用于电机、电器、电子工业中做结构零件和绝缘材料。

⑤ 耐磨和自润滑性能好 钢与塑料的摩擦系数一般均在 0.1 以下。由于塑料具有摩擦系数小、耐磨性高、自润滑性好等特点,并具有一定的力学性能,因此常用来制造无法润滑工况下的轴承、齿轮、滑轮等传动件,如电子设备的传动机构和摩擦机构等。

⑥ 消音和减振性能好 软质和硬质泡沫塑料常用来作为消音、隔热、减振、保暖、过滤等材料使用。

⑦ 卓越的成形性能 塑料的成形性能优于金属、陶瓷及其他材料,主要表现在:成形方法多,成形设备简单、周期短、效率高、成本低廉。

塑料良好的使用性能决定了塑料用途广泛,塑料卓越的成形性能决定了塑料产品的发展速度,正因为如此,塑料已被广泛应用于工程技术和日常生活各个领域。

当然,塑料的性能并非完美无缺。如塑料在长期使用或存放过程中,由于各种因素作用,其性能随时间不断恶化甚至丧失,即所谓老化现象;绝大多数塑料都有一定的吸水性,由此可能影响到其电学性能、光学性能和某些力学性能;塑料在成形时的收缩特性将影响到塑件的尺寸精度和变形等。对此应该根据具体的使用要求采取适当的对策予以补救。

2.1.2 塑料的组成

工程上使用的塑料确切地讲是指多组分塑料,它是由某种合成树脂加入添加剂后组合而成的。其中合成树脂是主要成分,其主要作用是将塑料的其他成分加以粘合,并决定塑料的类型(热塑性或热固性)和主要性能;添加剂又称助剂,它是为了改性(改善塑料的成形性能和使用性能)和增量(改变塑料成分以降低成本)而加入的其他材料。根据改性的目的不同,添加剂的类型不同,差异也较大。常用的添加剂有:

1) 增塑剂

增塑剂是为了改进合成树脂在成形时的流动性能和增进塑件的柔软性而采用的添加剂,它是通过降低合成树脂分子之间的作用力来达到目的的。经过增塑的树脂,其软化点(或流动温度)、玻璃化温度、脆性、硬度、抗拉强度、弹性模量等均将下降,而耐寒性、柔顺性、伸长率等则会提高。

实际采用的增塑剂,除要求它们的相溶性好、挥发度低、化学稳定性高,对光、热稳定等外,还要求无色、无嗅、无毒、不燃、吸水性小,在水和肥皂水中的溶解度小,电性能好、塑件外观和手感好、价格低廉等。而一种增塑剂同时兼具这些性能是困难的,所以应在满足基本要求的前提下再按具体情况进行适当选择。

不同树脂可以使用的增塑剂是不同的,使用时可参考有关手册进行选用。

2) 稳定剂

稳定剂是为了阻止或抑制合成树脂受外界因素(光、热、氧霉菌等)作用而老化、降解(如开裂、起霜、变色、退光、起泡以至完全粉化、性能变劣等)所采用的添加剂。按所发挥的作用,常用的稳定剂有热稳定剂、光稳定剂、抗氧剂等。

(1) 光稳定剂

它包括紫外线吸收剂、光屏蔽剂等,如水杨酸苯酯等,其中主要作用是抑制和防止树脂发生光化降解。聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚碳酸酯等塑料中常加入光稳定剂。

(2) 热稳定剂

它的作用不但能抑制树脂在加工过程中的受热降解,使成形加工顺利进行,同时还能防止或延缓塑料在使用过程中受光、热、氧作用而引起的分解,提高其使用寿命。例如聚氯乙烯在加热时,产生分解现象,放出氯化氢气体,这种气体对聚氯乙烯的继续分解起着催化作用,促使聚氯乙烯进一步分解,最终造成树脂的结构破坏。为防止这种破坏,需要加入热稳定剂。

常用的热稳定剂有三盐基性硫酸铅、硬脂酸钡等。

(3) 抗氧化剂(包括金属离子纯化剂)

许多树脂在制造、储存、加工和使用过程中都会因氧化而加速降解,从而使塑料的性能恶化。加入抗氧化剂的目的就是为了延缓或抑制氧化速度。抗氧化剂按其作用机理分为主抗氧化剂(游离基抑制剂)和辅助抗氧化剂(氢过氧化物分解剂)。易于氧化而采用抗氧化剂的塑料有聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚氯乙烯、聚甲醛、ABS等。

选择稳定剂除要求对树脂的稳定效果要好以外,还有其他方面的要求,如相容性好、挥发性小、尽可能无色(塑件有透明要求时),加工条件下对热稳定、无毒或低毒、对化学品稳定等。

3) 填充剂(填料)

填充剂不仅可以改善塑料的成形加工性能、提高塑件的某些性能(因填充剂不同而异),而且可以降低成本甚至可以赋予塑料新的性能。填充剂一般都是粉末状物质,而且对树脂都呈惰性。为了改善树脂与填充剂的结合性能,一般需采用偶联剂先对填充剂进行处理,然后再加入合成树脂中。

加入填充剂后也有缺点,如粉状填料常使塑料的抗张和撕裂强度、耐低温性降低,大量加入时使成形性能和表面光泽下降,故应合理选择品种、规格和加入量。一般要求是:良好的分散性、浸润性,容易和树脂混合;加入后不会加速大分子的热分解;不会从塑料中迁移出来;对加工性能无严重损害,不严重磨损设备等。

填充剂中的纤维类材料,如玻璃纤维、碳纤维、碳化硅纤维、有机纤维等,对树脂的改性作用很强,所以也称为增强剂。由塑料基体与增强剂组成的复合材料被称为增强塑料,由于性能优越,其用途、用量增长速度很快。

4) 着色剂(色料)

着色剂是给予塑料以色彩或特殊光学性能的添加剂。加入着色剂不仅能使塑件鲜艳、美观,有时也能改善塑件的耐候性(如耐温度、耐光性等)。

成形加工中对色料的一般要求是热稳定性好,在加工熔融温度下不分解,不改变颜色和褪色;光稳定性好,在光作用下不褪色或变色太快;在树脂中易扩散,但不迁移或被水抽提;色彩鲜艳,着色力强;没有毒性,不污染产品,不影响产品的物理力学性能。

着色剂有三类:染料(有机物)、有机颜料、无机颜料,使用普遍的是无机颜料。需要注意的是,无机颜料在着色的同时,不同色料还会有其他作用,如有些色料会加速树脂老化、使塑件产生收缩变形等现象,故需慎重。

目前,配色已成为塑料工业中的一项专门技术。

5) 润滑剂

为改进塑料熔体的流动性能,减少或避免对模具的摩擦和粘附以及改进产品表面质量等而加入的一类添加剂称为润滑剂。

润滑剂可分为外、内两类。外润滑剂与树脂相容性较低,容易从熔体内向外排出,可在塑料熔体表层形成润滑薄层,主要用以改善塑料熔体与模具表面的摩擦。内润滑剂与树脂有较好的相容性,具有降低树脂分子间的内聚力作用,可以减少塑料熔体的内摩擦。

6) 防静电剂

不少塑件的表面常因在成形过程中与模具摩擦会积存静电,这不仅使塑件表面容易积

灰,而且对生产和使用不利,过大的静电,甚至会造成安全事故。为了使塑件具有适量的导电能力以避免静电在塑件表面积存,常需在塑料中加入适量的防静电剂。

7) 阻燃剂

不少塑料是可燃的,这给应用带来许多限制。为阻止和减缓其燃烧,使塑件有阻燃性和自熄性而采用的添加剂称为阻燃剂。

阻燃剂分“反应型”和“添加型”两大类。反应型阻燃剂在树脂合成时作为一个组分参与反应,主要用于热固性塑料。添加型阻燃剂在塑料加工成形时加入,一般用于热塑性塑料。作为实用阻燃剂,一般应具备如下性能:不降低树脂的使用性能,与树脂相溶性好,易均匀分散;在加工温度下不分解;耐久性好,长期不分解,不逸出;来源广泛,价格低廉。

8) 其他助剂

上述几类添加剂都是较为重要的,但在某些场合,为使塑件能够满足特殊的要求或便于成形,还会加入一些特殊助剂,其种类很多,很难给以完备描述,下面仅列几例:

① 塑料塑件中特别是电缆等常会被老鼠啃啮、白蚁蛀蚀,造成电器设备和输电设备等的损坏,发生重大事故。因此,在塑料中要加入防鼠剂和防蚁剂。

② 为了防止塑料塑件被霉菌侵蚀,需要在塑料中添加防霉菌剂。

③ 为了得到带有微孔结构的轻质泡沫塑料,需要在成形加工过程中加入能因受热变成气态或分解出气体的发泡剂。前者称为物理发泡剂,后者称为化学发泡剂。

④ 热固性塑料成形时,线型分子结构的合成树脂需转变成体型结构(称交联反应或硬化、固化等),为了促进这一反应过程而加入固化剂。

另外,塑料还可制成“合金”。即把不同品种和性能的塑料溶合在一起,或者将不同单体通过化学共聚等方法结合起来,组成改性品种。

2.1.3 塑料的分类

塑料是一个庞大的家族,并且随着应用范围的扩大、应用要求的提高,新的合成物正在以惊人的速度不断出现,因此塑料的分类不可能过细。下面是几种常用的分类方法:

1) 按塑料的应用分类

① 通用塑料 一般指产量大、用途广、价格低廉的一类塑料。常用的有聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、酚醛塑料、氨基塑料等。

② 工程塑料 一般指物理力学性能好,可代替金属作为工程材料使用的一类塑料。常用的有聚苯醚、聚酰胺、聚甲醛、聚碳酸酯、聚砜、ABS等。

2) 按塑料受热后的性能分类

① 热固性塑料 是指加热之初变软,可塑制成一定形状,但加热到一定程度则因化学反应而固化定型,再加热也不会软化,而过热则被分解破坏的一类塑料。如酚醛塑料、环氧塑料、氨基塑料等。

② 热塑性塑料 是指加热后变软,成为可流动的稳定粘稠液体,具有可塑性、可溶性,冷却后可变为固体,且上述过程可多次反复的一类塑料。如聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯等。

此外,按塑料的结晶形态还可分为结晶形塑料和非结晶形塑料。

2.1.4 常用塑料简介

塑料的性能虽然主要取决于合成树脂的性能,但在加入其他成分的合成树脂或添加剂,即经过配方以后,其性能可以在较大范围内得到调整。因此,下面提及的塑料的使用性能和成形性能是指不经过配方的塑料本身的成形性能以及由此而直接加工成试样所测得的材料的使用性能。

1) 聚乙烯

聚乙烯(Polyethylene,缩写 PE)属热塑性塑料。是目前产量最大的塑料之一。它在常温下呈白色、半透明的大理石状颗粒,燃烧时发出似石蜡燃烧时的气味,因而又名“高分子石蜡”。

聚乙烯按密度可分为三类:低密度聚乙烯 LDPE(密度为 $0.910\sim 0.925\text{ g/cm}^3$)、中密度聚乙烯 MDPE(密度为 $0.926\sim 0.940\text{ g/cm}^3$)、高密度聚乙烯 HDPE(密度在 0.941 g/cm^3 以上),密度越大,其力学性能越好。

聚乙烯密度小于水,所以塑件质轻;在常温下不溶于任何一种已知的熔剂,对很多化学药品稳定;在常温下绝大多数酸碱不与其反应,只有温度在 $90\text{ }^\circ\text{C}$ 以上时,硫酸和硝酸才能将其迅速破坏;柔软性、耐冲击性能好;电阻率很高,是优良的绝缘材料。但耐温性、耐光氧化性能差、易燃烧,可以通过改性方法来弥补。

聚乙烯成形性能好,可采用注、挤、吹、吸等方法成形;流动性很好,溢边值 0.02 mm 左右,且对压力变化敏感;质软易脱模,塑件有浅的侧凹槽时可强行脱模;冷却速度慢,模具应设有冷却系统以保证充分冷却;收缩率范围及收缩值均大(LDPE 为 $1.5\%\sim 5\%$ 、HDPE 为 $2.5\%\sim 6\%$),方向性明显,易变形翘曲,应合理控制模温,保证冷却均匀、稳定;成形温度范围小(约 $160\sim 180\text{ }^\circ\text{C}$),加热时间过长则易分解、烧伤,应合理控制料筒温度;宜采用高压注射($30\sim 80\text{ MPa}$),填充速度要快,保压要充分。

聚乙烯塑料作为高频电绝缘材料(如电线、电缆等)、薄膜、中空塑件材料等被广泛采用。

2) 聚氯乙烯

聚氯乙烯(Polyvinyl chloride,缩写 PVC)属热塑性塑料。目前世界产量仅次于聚乙烯居第二位。

从理论上来说,聚氯乙烯的分子结构为线型直链结构。但是研究证明,聚氯乙烯并非单纯的直链型结构,在多数有机溶剂中仍不易溶解,加热后的可塑性也很差。这就说明聚氯乙烯分子结构中存在有疏松的交联,从而决定了它虽属热塑性树脂,且具有弹性,但存在可溶和可溶性差的特性。这就决定了纯聚氯乙烯树脂不能直接用作塑料,一般都要加入增塑剂、填充剂、稳定剂、润滑剂等辅助材料经改性后使用。其塑件非常广泛,有管材、板材、型材、薄膜、纤维、涂料、人造革、电线电缆、泡沫塑料等。常用的成形方法有挤出、注射、压延等。

聚氯乙烯树脂本身呈白色粉末状固体,结晶度约 5% ,不溶于水、酒精和汽油,在醚、酮、芳香烃和氯代烷中能溶胀或溶解。没有明显的熔点, $130\text{ }^\circ\text{C}$ 软化可塑, $140\text{ }^\circ\text{C}$ 开始热分解。难燃烧,火源移开后能自熄。耐酸碱,化学稳定性好。

改性后按加入增塑剂量的多少可得软、硬两种聚氯乙烯。硬质聚氯乙烯的增塑剂用量小于 10% ,软质聚氯乙烯的增塑剂用量一般大于 30% 。硬质聚氯乙烯力学性能、电气性能良好;软质聚氯乙烯柔软而富有弹性,常温下弹性虽不及橡胶,但比橡胶耐光、耐腐蚀。

聚氯乙烯极易分解,特别在高温下与钢、铜等接触更易分解,分解时有腐蚀刺激性气味,建议模具型面应镀铬;成形温度范围小,应严格控制料温并防止死角滞料;由于流动性差,易产生熔接不良,浇注系统宜粗短并采用高压(70~200 MPa)快速充填。

3) 聚苯乙烯

聚苯乙烯(Polystyrene,缩写 PS),热塑性非结晶形塑料。常温下为无色透明珠状或粒状,无嗅无味。它是生产历史最久的塑料材料之一,产量仅次于PE、PVC,居第三位。

聚苯乙烯密度为 1.05 g/cm^3 ,熔化温度 $150\sim 180\text{ }^\circ\text{C}$,热分解温度为 $300\text{ }^\circ\text{C}$,能燃烧,燃烧时变软,起泡,发出浓黑的烟和特殊的臭味,放出气体有轻微毒性。聚苯乙烯具有良好的电气性能,仅略次于三聚氰胺甲醛塑料和聚四氟乙烯等优良材料,是机电和电子工业常用的材料;它对化学药品稳定,耐一般的酸、碱、盐,但溶于芳香烃、氯代烃、酮和酯类;它不吸潮,在紫外线作用下易变色;聚苯乙烯的透明度达90%以上,折光率较高(1.60),具有良好的光泽;在应力状态下,它还能产生应力-光学效应,根据这种现象,可用光学法测定这种塑料内部的应力分布。它对高能辐射不敏感,是X光室、放射性室等有高能射线场地装饰的好材料。

聚苯乙烯塑料塑件外表美观、敲击时能发出金属般清脆的响声,可进行机械加工,表面易于着色及印刷装饰,被广泛用来制作仪器仪表外壳、玩具、灯具、光学仪器零件和磁带盒等。聚苯乙烯泡沫塑料的导热系数不随温度变化,是制冷设备绝热的好材料。

聚苯乙烯是工业大规模生产树脂中最容易加工成形的品种之一。粒料可不添加助剂直接成形塑件。聚苯乙烯流动性较好,溢边值 0.03 mm 左右,主要成形方法是挤出和注射;收缩率很小($0.3\%\sim 0.5\%$),容易得到尺寸稳定的产品;为减小内应力,提高透明性,宜采用较高料温($200\text{ }^\circ\text{C}$ 左右)、较高模温($700\text{ }^\circ\text{C}$ 左右)、较低注射压力长注射时间成形;由于性脆,使用嵌件最好预热,塑件本身应避免应力集中;塑件成形时易产生热应力,常采用退火处理方法减少塑件内部的热应力和提高热变形温度。

4) 聚丙烯

聚丙烯(Polypropylene,缩写 PP),热塑性结晶性塑料。常温下为白色蜡状透明粒料,它比聚乙烯更透明、更轻,其密度只有 0.9 g/cm^3 。聚丙烯容易燃烧,燃烧时散发出汽油般的气味。聚丙烯的特点是原料价廉、来源广泛,成纤性好、密度小、强度高、耐磨等,总产量居世界第四位。

聚丙烯熔点在 $170\text{ }^\circ\text{C}$ 左右,热变形温度为 $150\text{ }^\circ\text{C}$;它的塑件可在 $110\text{ }^\circ\text{C}$ 以下长期使用,即使温度达 $90\text{ }^\circ\text{C}$ 时其强度也无明显下降,到 $100\text{ }^\circ\text{C}$ 时,也能保持常温强度的一半以上。聚丙烯材料的力学性能比聚乙烯高,塑件硬度较高,但韧性较低。然而经过牵伸的聚丙烯带具有很高的韧性和极好的弯曲疲劳寿命,经反复折叠 10^8 次也不断裂。聚丙烯的电介常数较小,并在很大的频率范围内稳定不变。它还具有良好的高、低频绝缘性,绝缘性能不受潮湿环境的影响,适宜制作电气产品。它在 $80\text{ }^\circ\text{C}$ 以下能耐酸、碱、盐,适宜制作化工容器内衬、管道等。但低温呈脆性,对氧比较敏感。

聚丙烯流动性较好(溢边值为 0.03 mm),且对压力和温度敏感。由于冷却速度快时生成小晶粒,慢时生成大晶粒,而熔体流入模腔时总是表面先冷却,因此,塑件内部的晶粒比表面的粗大,在厚壁或大尺寸制件中表现尤为明显。为了使塑件内外质地均匀,必须控制其冷却速度。

聚丙烯成形收缩率较大,约为 $1.0\% \sim 2.5\%$,模具设计时必须考虑收缩量。另外,成形温度对塑件质量影响明显,料温低时方向性强,模温低时塑件不光泽,模温高时易发生翘曲变形,所以必须注意控制料温和模温。

5) 聚酰胺

聚酰胺(Polyamide,缩写PA),商品名尼龙,热塑性结晶性塑料,使用最早的工程塑料。初期塑件主要是纤维塑件,目前已广泛应用于机械、汽车、化工、电器等行业中。

聚酰胺树脂是白色或淡黄色结晶颗粒,熔点 $180 \sim 230\text{ }^\circ\text{C}$;密度 1.14 g/cm^3 左右;耐油,耐化学溶剂,对酸有一定抗蚀力;不易燃,能自熄;易吸水,会溶胀;无毒性;易染色,也易被污染;经拉伸定向处理的尼龙,具有很高的抗拉强度,耐磨性高于一般用作轴承材料的铜、铜合金;韧性好,自润滑;可在 $-40 \sim 100\text{ }^\circ\text{C}$ 下长期使用,但耐光性差。聚酰胺不仅作为工程材料制作轴承、齿轮以及电器用结构零件,还可以喷涂到金属零件表面以提高耐磨性。

聚酰胺流动性好(溢边值 0.02 mm),易成形;但较易吸湿,成形前应预热、干燥;冷却速度对结晶性影响很大,因此应正确控制模温;成形收缩率范围大,收缩值大($0.3\% \sim 2.5\%$),模具设计时必须考虑好收缩量。

6) 聚碳酸酯

聚碳酸酯(Polycarbonate,缩写PC),热塑性非结晶性塑料。由于力学性能突出而被广泛关注。

聚碳酸酯塑料无毒无味,可作食具以及机械、电器和医疗器械等零件和设备。聚碳酸酯密度 1.2 g/cm^3 ,透明,微黄。熔化温度 $220\text{ }^\circ\text{C}$,分解温度 $310\text{ }^\circ\text{C}$,不易燃烧,在火焰上熔融、起泡、放出花果臭味,离火后能自熄。高温下易水解,无自润滑性。与其他塑料相容性差,对酸性及油类介质较稳定,但不耐碱、胺、酮等介质腐蚀,溶于氯代烃,长期浸入沸水中易引起开裂。

聚碳酸酯具有特殊的抗冲击性能和抗蠕变性能;使用温度可达 $120\text{ }^\circ\text{C}$ 以上,脆化温度低于 $-100\text{ }^\circ\text{C}$;对热能辐射、空气、臭氧等有良好的稳定性;介电性能好;透明度高。但有应力开裂现象,在高温潮湿的环境下易老化、变色和变脆。

由于聚碳酸酯具有上述综合性能,因而是目前比较理想的工程塑料,在电子工业中得到广泛地应用。要求具有较高强度、抗冲击、不变形的结构件,如接线板、支架、骨架、插头、开关、壳体等多用聚碳酸酯代替黄铜或合金。要求高强度、高刚性、尺寸稳定、耐磨的传动件,如轴承、齿轮、滑轮、凸轮等可用聚碳酸酯来制造。

聚碳酸酯的熔体粘度高,流动性差(溢边值 0.05 mm),浇注系统应粗短平直,浇口截面应大。其吸湿性虽小,但对水敏感,使用时必须干燥处理,含水量不得超过 0.2% ,否则会出现银丝、气泡及强度显著下降现象。

7) 聚甲醛

聚甲醛(Polyoxymethylene,缩写POM),是20世纪60年代合成的一种热塑性工程塑料。由于它具有优异的综合性能与广泛的应用前景,目前已成为工程塑料的主要品种之一。聚甲醛有均聚和共聚两种,后者因其耐碱、热稳定性能好而被更多地采用。

聚甲醛是一种结晶度高的线性聚合物。密度 $1.41 \sim 1.42\text{ g/cm}^3$;浅色,不透明颗粒;易燃烧,熔点为 $160 \sim 175\text{ }^\circ\text{C}$,分解温度 $235\text{ }^\circ\text{C}$;易着色;有良好的耐油、耐过氧化物性质,但不耐酸、不耐强碱、不耐日光紫外线的辐射。