

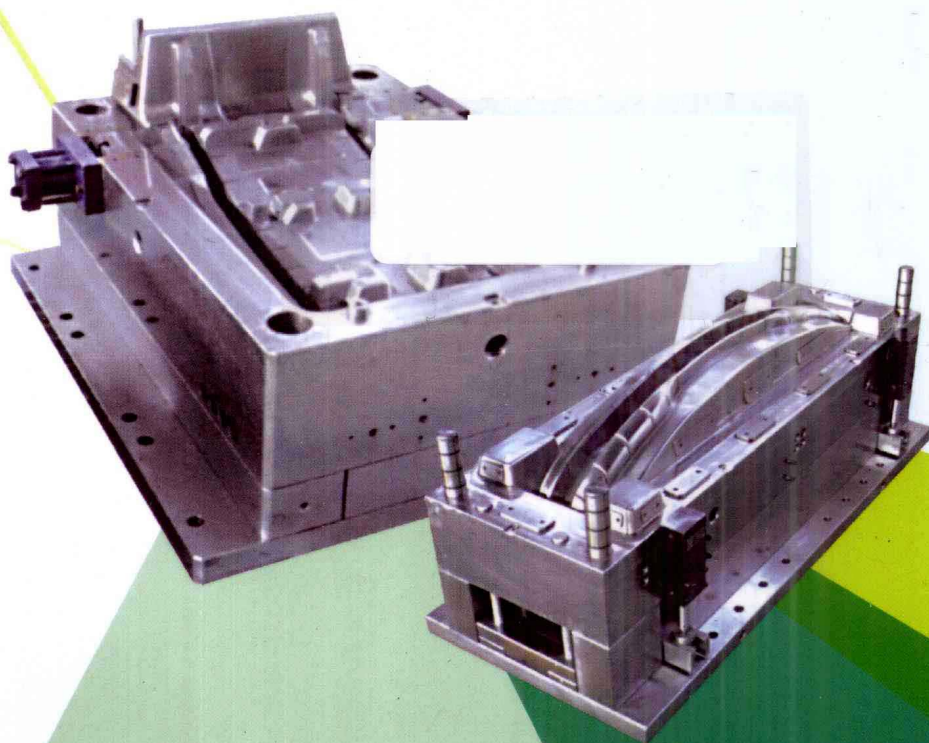


普通高等教育“十一五”国家级规划教材

模具设计与制造系列

注射模具设计与制造

李学锋 主编
窦安平 成虹 主审



 高等教育出版社

模具设计与制造系列

注射模具设计与制造

Zhushe Muju Sheji Yu Zhizao

	李学锋	主 编
李 冬	曹秀中	副主编
窦安平	成 虹	主 审



高等教育出版社 · 北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书基于面向高职高专模具设计与制造专业主要就业岗位的任务体系,以此为基础选取教学内容。内容选取考虑了高职高专学生特点,内容编排由简单到复杂,学做合一,突出信息化和案例化,旨在培养学生专业知识的综合应用能力。全书共7章,内容包括塑料注射模具设计与制造概论、二板式注射模具设计与制造、三板式注射模具设计与制造、侧抽芯注射模具设计与制造、注射模具 CAD/CAM、其他注射成型工艺和注射模具典型结构等。

本书可作为高等职业院校、高等专科学校、成人高校、民办高校及本科院校举办的二级职业技术学院模具专业、数控专业以及其他机械类相关专业的教学用书,还可作为有关专业社会从业人员的业务参考书及培训用书。

本书主编李学锋教授为2005年国家级精品课程“塑料模具设计与制造”主持人,2009年又根据基于工作过程导向的思想对课程教学进行了重新设计。在利用本书的教学过程中可参考本课程的教学网站:<http://www.cdavtc.edu.cn/jpkc/index.html>,其中设置有教学标准、教学指南、学习指南、网络课程、典型结构、实验实训、习题与答案、典型学习情境、素材资源和参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

注射模具设计与制造/李学锋主编. —北京:高等教育出版社,2010.1

ISBN 978-7-04-025413-6

I. ①注… II. ①李… III. ①塑料模具-设计-高等学校:技术学校-教材②塑料模具-制造-高等学校:技术学校-教材 IV. ①TQ320.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第243423号

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市西城区德外大街4号

邮政编码 100120

总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司

印 刷 廊坊市文峰档案印务有限公司

开 本 787×1092 1/16

印 张 28.25

字 数 650 000

插 页 1

购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

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

网上订购 <http://www.landaco.com>

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

畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2010年1月第1版

印 次 2010年1月第1次印刷

定 价 39.90元(含光盘)

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 25413-00

前 言

本书是贯彻教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)文件精神,根据培养从事塑料模具设计与制造的工程技术应用性人才的实际要求,在课程改革经验的基础上编写的。

本书的编写思路如下:(1)建立任务的驱动内容体系。基于制造类专业公共平台课程的基础,以培养学生从事注射模具设计与制造的工作能力为主线,按照加强针对性、突出实用性、体现先进性的原则,构建教材的内容体系。(2)由浅入深,突出综合能力的培养。各章教学内容与知识序列的建构基于工作过程并逐步形成与工作对应的应用性知识系统,章与章的专业知识在纵向上逐步形成学科知识体系的系统性(见“注射模具设计与制造”知识结构组成)。各章的注射模塑工艺的内容中融合了模具设计的要求,在模具设计中考虑模具制造的可行性,将工艺、设计和制造三方面的知识融合在一起,培养高职高专学生综合分析和解决问题的能力,强调了专业知识的综合应用性。(3)教材内容的案例化。以从接受设计任务到提交合格塑件的注射模具设计与制造的完整工作过程为案例贯穿各章。每章配有精心选择的习题、大型连续作业,便于学生巩固知识和提高完成任务的能力。(4)教材内容的信息化。教材配有以各种形式表现的丰富教学资源。

全书共7章。以塑件注射成型生产过程为主线,结合塑料模具设计员和模具制造工艺员的工作任务与工作流程,基于注射模具设计与制造生产过程,系统地介绍塑料注射模具设计、制造及案例。本教材由成都航空职业技术学院李学锋担任主编,负责全书的总体规划和组织实施工作。具体分工如下:李学锋编写绪论和第二章(除第二节的一、二),成都航空职业技术学院李冬编写第一章(除第五节)、第七章,成都电子机械高等专科学校彭治平编写第一章第五节,金华职业技术学院王志明编写第二章第二节的一、二,无锡职业技术学院曹秀中编写第三章,成都航空职业技术学院孙建丽编写第四章、第六章,成都航空职业技术学院李军编写第五章,并制作配套的光盘。本书由耐普罗机械苏州有限公司总经理窦安平博士、成都电子机械高等专科学校成虹教授担任主审。

本书编写过程中参考了许多国内外的论著资料,谨向所有参考文献的作者们表示深深的谢意。由于本书编者学识水平有限,疏漏与错误之处在所难免,敬请读者不吝赐教。

编 者

2009年11月

目 录

绪论	1
第一章 塑料注射模具设计与制造	
概论	4
第一节 塑料概念及性能	5
一、塑料的概念	5
二、塑料的性能	7
第二节 塑件的工艺性分析	16
一、塑件的材料分析	17
二、塑件尺寸精度与表面质量分析	17
三、塑件的结构工艺性分析	18
第三节 塑料注射成型工艺	30
一、注射成型设备的结构和作用	30
二、注射成型机分类	32
三、注射成型工艺	33
第四节 塑料注射模具设计导论	36
一、注射模具的结构及类型	36
二、注射模具典型结构组合	42
三、注射机有关工艺参数的校核	44
四、注射模具设计流程	52
第五节 塑料注射模具制造导论	55
一、模具零件制造工艺	55
二、模具装配基础	59
第六节 试模调整	61
一、试模前的准备工作	61
二、模具安装	62
三、成型参数确定	62
四、模具调试过程	63
习题与练习	63
第二章 二板式塑料注射模具设计	
与制造	67
第一节 二板式注射模具设计	71

一、二板式注射模具的基本结构	71
二、模具分型面	73
三、浇注系统的设计	77
四、成型零件设计及计算	105
五、推出机构的设计	121
六、结构零件的设计与标准件的选用	135
七、塑料模具材料的选用	156
八、温控系统设计	159
第二节 注射模具制造	167
一、成型零件	167
二、浇注系统的制造	183
三、推出机构主要零件的制造	187
第三节 二板式注射模具设计与制造	
案例	197
一、设计任务	197
二、仪表外壳注射工艺设计	197
三、仪表外壳注射模具设计	200
四、仪表外壳注射模具制造	213
习题与练习	223
第三章 三板式塑料注射模具设计	
与制造	225
第一节 三板式注射模具设计	227
一、三板式注射模具的基本结构	227
二、三板式注射模具浇注系统设计	231
三、排气与引气系统的设计	235
四、螺纹成型零件的设计	237
五、推出机构设计	243
六、标准模架的选择	251
第二节 三板式注射模具制造	253
一、点浇口的制造	253
二、点浇口模具的装配	254
第三节 三板式注射模具设计与制造	
案例	255

一、设计任务	255	一、产品图及技术要求	331
二、罩盖注射工艺设计	255	二、模具方案的确定	331
三、罩盖注射模具设计	258	三、模具三维设计工作过程	332
四、罩盖注射模具主要零件制造	263	第三节 二板式带抽芯的注射模具	
习题与练习	267	三维设计	346
第四章 侧抽芯注射模具设计与制造	269	一、产品图及技术要求	346
第一节 侧抽芯注射模具设计	271	二、模具方案的确定	346
一、侧抽芯注射模具的基本结构及类型	271	三、模具三维设计工作过程	350
二、模具分型面选择	283	四、模具装配运动仿真	370
三、推出机构设计	285	五、模具工程图制作及电极设计	372
四、斜导柱侧向分型抽芯机构设计	286	第四节 三板式注射模具三维设计	374
五、冷却系统设计	297	一、产品图及技术要求	374
第二节 侧抽芯注射模具制造	299	二、模具方案的确定	374
一、斜导柱的制造	299	三、模具三维设计工作过程	376
二、滑块的加工	300	第六章 其他注射成型工艺	388
三、斜导柱侧抽芯机构的装配	305	第一节 热流道注射成型	388
第三节 侧抽芯注射模具设计与制造案例	307	一、工艺说明	388
一、设计任务	307	二、热流道注射模具的类型	389
二、壳件注射成型工艺设计	307	三、适用材料	393
三、壳件侧抽芯注射模具设计	309	四、热流道的组成及作用	393
四、壳件侧抽芯注射模具制造	312	五、热流道注射模具设计步骤	398
习题与练习	319	第二节 精密注射成型	398
第五章 注射模具 CAD/CAM	321	一、工艺说明	398
第一节 导论	321	二、模具结构特点	399
一、模具三维设计是模具设计发展的必然趋势	321	三、适用材料	401
二、基于三维软件平台的注射模具设计方法	322	第三节 热固性塑料注射成型	401
三、UG 环境下注射模具设计制造的体系结构	324	一、工艺说明	401
四、UG 注射模具三维设计流程及功能	326	二、模具结构特点	402
五、UG 注射模具设计模块的框架结构	329	第四节 气体辅助注射成型	408
第二节 一个简单的注射模具三维设计	331	一、工艺说明	408
		二、工艺特点	409
		习题与练习	411
		第七章 注射模具典型结构	412
		一、双分型面注射模	412
		二、half 成型注射模	412
		三、盒盖内抽芯注射模	413
		四、自动脱螺纹和斜销分型抽芯的注射模	413

五、气动脱模注射模	413	十、双色注射模	419
六、透明片双层注射模	414	附录	421
七、标牌注射模	415	参考文献	441
八、双缸洗衣机水桶盖板注射模	415		
九、分线盒注射模	416		

绪 论

模具是制造业的重要基础装备。没有高水平的模具,就没有高水平的工业产品。模具技术是衡量一个国家产品制造水平的重要标志。模具的种类很多,塑料模具是其中之一。

塑料模具是生产塑件的重要工艺装备,它以其特定的形状通过一定方式使原料成型。各种塑料成型方法对应着不同模塑工艺和原理、结构特点各不相同的塑料模具。目前,塑料模具占模具总量近 40%,这个比例还在不断上升,其中注射成型是塑料加工中最普遍采用的方法,注射成型的工艺装备注射模具(如图 0-1 所示)在质量精度、制造周期以及注射成型过程中的生产效率等方面水平的高低,直接影响塑件的质量、产量、成本及产品的更新,也决定着企业在市场竞争中的反应能力和速度。近年来,随着塑料工业的飞速发展和通用与工程塑料零件在强度和精度等方面的不断提高,塑件的应用范围也在不断扩大,在家用电器、仪器仪表、建筑器材、汽车

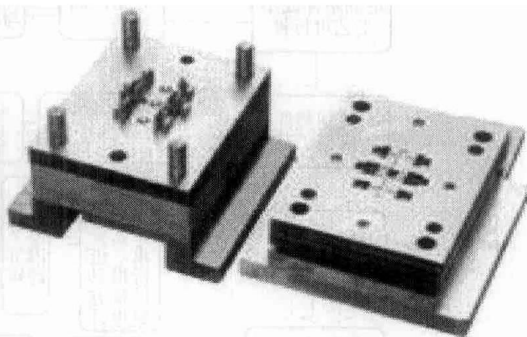


图 0-1 注射模具

工业、日用五金等众多领域,塑件所占的比例迅猛增加。国民经济领域的各个部门对塑件的品种和产量需求量愈来愈大,产品更新换代周期愈来愈短,用户对塑件的质量要求愈来愈高,因而对塑料模具和模具加工方法不断地提出新的任务和越来越高的要求,促使塑料模具设计和制造技术不断向前发展,推动着塑料工业生产高速发展。可以说,模具设计与制造水平标志着一个国家工业化发展的程度。

塑件的制造是一项综合性技术,围绕塑件成型生产将要用到有关成型物料、成型设备、成型工艺、成型模具及模具制造等方面知识,这些知识构成了塑件成型生产的完整系统。它大致可包括产品设计、塑料选择、塑件成型、模具设计与制造四个主要环节。在上述四个环节中,模具设计与制造是实现最终目标——塑件使用的重要手段之一。

本教材适用于模具设计与制造专业的高职高专学生。学生在学习本门课程前,必须了解未来岗位的工作任务和职业能力要求。

1. 塑料模具设计与制造岗位任务和职业能力

模具设计与制造专业的高职高专毕业生面对的主要岗位是塑料模具设计员、模具制造车间工艺员、模具装配调试操作工、模具加工中数控设备操作工、模具生产管理与计划调度员等。本教材以塑料模具设计员、模具制造车间工艺员的工作任务为主线组织教材内容,突出培养这两个工作岗位的职业能力。

✎ 注射模具设计与制造工作流程

注射模具设计与制造工作流程如图 0-2 所示。

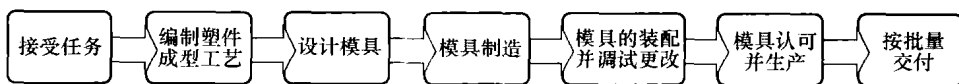


图 0-2 注射模具设计与制造工作流程

塑料模具设计员的工作任务与工作流程

塑料模具设计员的工作任务与工作流程如图 0-3 所示。

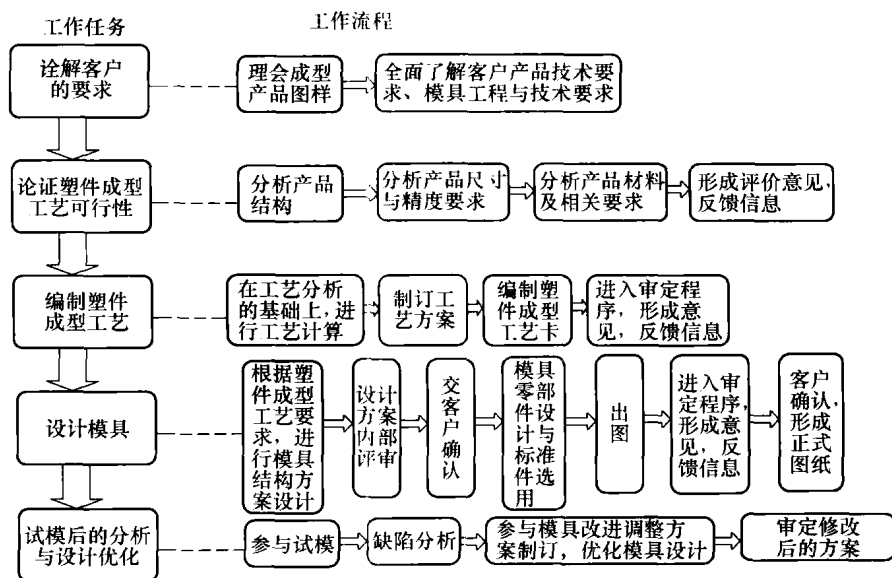


图 0-3 塑料模具设计员的主要工作任务与工作流程

塑料模具加工工艺员的工作任务与工作流程

塑料模具加工工艺员的工作任务与工作流程如图 0-4 所示。

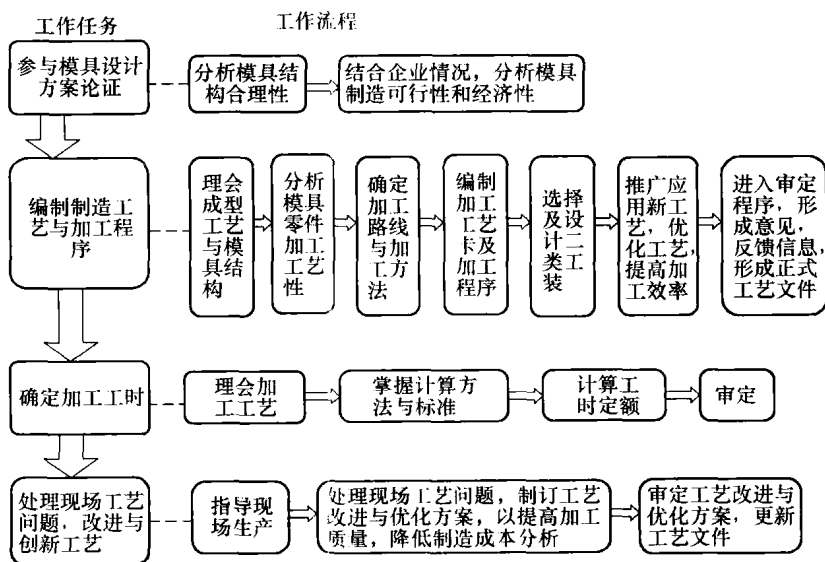


图 0-4 塑料模具制造工艺员的主要工作任务与工作流程

2. 本课程的教学目标

现代塑件可以采用各种方法成型,在多种成型方法中,塑料注射成型使用最为广泛,该类模具在塑料模具中也最复杂、最具代表性,如果掌握了这类模具的设计与制造技术,其他各类塑料模具设计与制造技术的学习和知识的应用就较易掌握了。

“注射模具设计及制造”是一门综合性专业课程,以塑件生产过程为主线,以培养学生能够完成塑料模具设计员和模具工艺员的工作任务为目的,集塑料注射模塑成型工艺、注射模具设计、注射模具制造为一体,三者相互渗透,相互补充,有机联系。

本课程的教学目标是使学生掌握模具设计与制造专业必备的基础理论和专门知识,有创新意识,具备中等偏复杂塑料模具设计与制造的工作能力,具备较强的专业技能和工作能力,能使用计算机及 CAD/CAM 软件工具,运用模具技术和相关工程技术,从事塑料注射成型工艺与模具设计、模具制造工艺编制、现代模具制造设备操作和模具项目生产组织与管理工作。

3. 本课程学习建议

本教材编写的第二章、第三章和第四章的教学内容都是基于工作过程编排的,旨在使学生建构起基于工作过程顺序的知识技能结构。上述三章分别选择塑件为教学载体承载本章的知识点,使学生边学习知识边应用知识,学完各章知识就会应用知识完成三板式(三板式、侧抽芯)注射模具设计与制造工作中塑件模塑工艺设计、模具设计和模具制造的工作任务。完成任务是为了实现对学生职业能力的培养。这三类注射模具设计与制造是由简单到复杂,因此这三章的知识点从本教材前言“‘注射模具设计与制造’知识结构组成”表中可以看出纵向是连续的。因此,建议学习完第二章、第三章和第四章后,学生按照本书的页码标识,梳理并组织由学科关联的知识点,形成一本“新书”。学生通过“学中做”和“做中学”形成自己的应用性知识体系,由操作归纳经验,由过程归纳程序,由问题归纳策略,由实践归纳技术,通过学生自己重组的教材内容,由技术归纳知识,逐渐从掌握经验技术上升为掌握理论知识,培养学生应用知识来发现问题、分析问题和解决问题的能力。

第一章 塑料注射模具设计与制造概论

学习目标

掌握塑料的概念和常用塑料的使用性能、工艺性能;具备分析塑件工艺性的能力;了解塑料注射成型的工艺过程;掌握塑料注射成型工艺条件的选择,了解工艺条件对塑件质量的影响;具备设计注射模具及成型工艺的能力;具备塑料成型加工车间工艺员的基本工作能力。

知识点及训练项目

1. 知识点

塑料概念及性能、塑件工艺性分析、注射成型工艺、注射模具典型结构、注射机参数校核、注射模具设计流程、注射模具零件制造工艺编制、注射模具装配流程及试模调整。

2. 训练项目

- (1) 载体:塑料电器盖板,如图 1-1 所示。
- (2) 设计要求:材料为聚丙烯(PP),生产批量为小批量,未注公差取 MT3 级精度。
- (3) 训练内容:编制塑料电器盖板零件模塑工艺,包括产品零件工艺性分析(塑料材料分析、表面质量分析及结构分析)及成型方案选择、工艺方案确定、模具类型和成型设备的选择等。

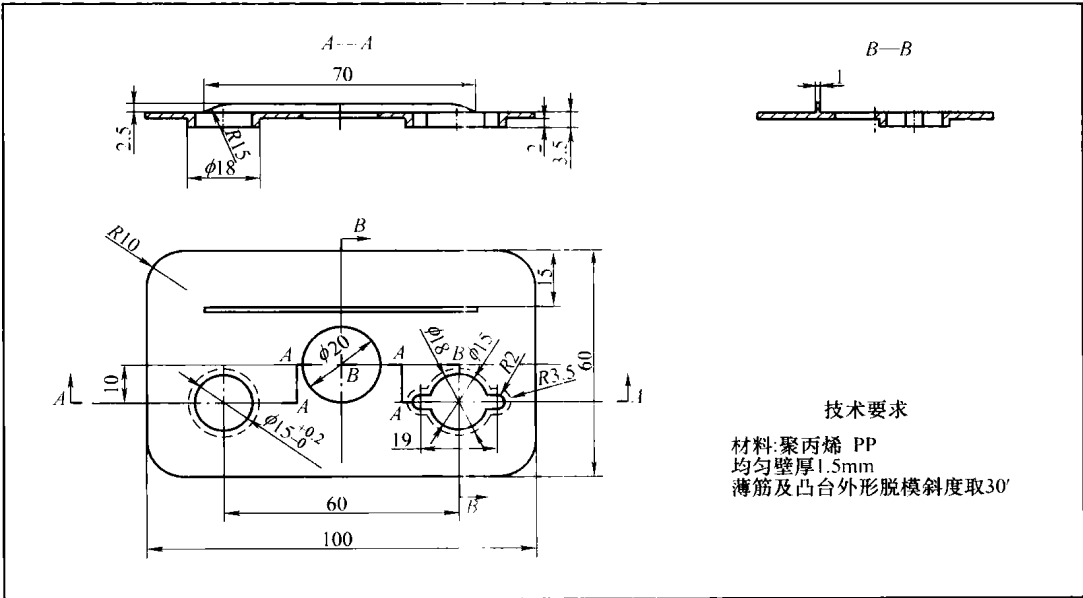


图 1-1 电器盖板塑件图

第一节 塑料概念及性能

一、塑料的概念

塑料是以高分子合成树脂(简称树脂)为基本原料,加入一定量添加剂,在一定温度和压力下可塑制成一定结构形状,并能在常温下保持形状不变的材料。

塑料的基本成分是树脂,是由一种或几种简单化合物通过聚合反应生成的一种高分子化合物,也称聚合物。聚合物是聚合反应生成的纯材料,它决定塑料的主要性能,但一般不单独使用,需加入添加剂后才成为塑料。塑料是在聚合物中加入各种添加剂后的合成材料。

(一) 塑料的成分

塑料由树脂和各种添加剂组成。树脂的结构特点直接决定塑料的性能,加入各种添加剂是为了改善塑料的性能和降低成本。

1. 树脂

树脂是塑料中最重要的成分,它决定了塑料的类型和基本性能(如热性能、物理性能、化学性能、力学性能等)。树脂的作用是胶粘塑料的其他成分,并使其具有可塑性、流动性和成型性能。

树脂按其来源不同可分为天然树脂和合成树脂。天然树脂可从自然界中得到,如松香、虫胶、沥青等,但产量有限且性能较差,在实际生产中很少使用。合成树脂是用人工合成的方法制成的树脂,成本较低,可大规模生产。合成树脂种类较多,性能较好,在塑料生产中得到广泛采用。常用的合成树脂有聚乙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚丙烯、酚醛树脂等。

常用树脂及塑料的英文缩写代号见附录1。

2. 填充剂

填充剂又称填料,是塑料中重要但并非必不可少的成分。填充剂在塑料中和其他成分机械混合,它们之间不发生化学作用。

填充剂在塑料中的主要作用有两个:一是减少树脂用量,降低塑料成本;二是改善塑料某些性能,扩大塑料的应用范围。例如聚乙烯、聚氯乙烯等树脂中加入钙质填料后,便成为十分廉价且具有足够刚度和耐热性的钙塑料;酚醛树脂中加入木粉后,既克服了它的脆性,又降低了成本;用玻璃纤维作为塑料的填充剂,能使塑料的力学性能大幅度提高;有的填充剂还可以使塑料具有导电性、导磁性、导热性等。

填充剂按其化学性能可分为有机填料和无机填料;按形状可分为粉状、纤维状和层状(片状)填料。粉状填料有木粉、大理石粉、滑石粉、云母粉、石棉粉、高岭土、石墨、金属粉等;纤维状填料有棉花、亚麻、玻璃纤维、碳纤维、硼纤维、金属须等;层状填料有纸张、棉布、石棉布、玻璃等。

3. 增塑剂

增塑剂是一种能够改善塑料的加工性能、延展性及膨胀性的高沸点有机化合物。树脂中加入增塑剂后分子间的距离增大,削弱了分子间的作用力,从而使塑料能在较低温度下具有良好的可塑性和柔软性。例如聚氯乙烯、醋酸纤维、硝酸纤维等塑料的刚性和脆性较大,为了改善其加工性能及柔韧性、弹性等其他性能,降低其刚性和脆性,通常需加入能与树脂相溶且不易挥发的增塑剂。加入增塑剂虽然可以改善塑料的工艺性能和使用性能,但降低了树脂的其他性能,如硬度、抗拉强度等,因此,要根据塑件的使用要求适量加入增塑剂。

对增塑剂的要求是:与树脂相溶性好,化学稳定性好,挥发性小,不易从塑件析出,无毒,无臭味,无色或色浅,不吸湿,价廉等。常用的增塑剂是液态或低熔点固态有机物,主要有甲酸酯类、磷酸酯类和氯化石蜡等。

4. 稳定剂

凡能阻缓塑料材料变质的物质称为稳定剂。在塑料中加入稳定剂可防止或抑制树脂在加工或使用过程中产生降解。所谓降解就是聚合物在外界因素(热、力、光、氧、水、射线、细菌等)作用下,大分子链断裂或分子结构发生有害变化的反应。降解能使聚合物性能大幅下降,无法加工甚至完全失去使用价值。

根据所发挥的作用,可将稳定剂分为以下三种:

(1) 热稳定剂。它的主要作用就是抑制或防止树脂在加工或使用过程中受热而降解。加入热稳定剂后可保证塑料顺利成型并延长制品的使用寿命。目前使用热稳定剂的塑料主要是聚氯乙烯。热稳定剂的种类很多,常用的有三盐基性硫酸铅、有机锡类、金属皂类、无毒液体稳定剂类等。

(2) 光稳定剂。它的主要作用是阻止树脂在光的作用下产生降解,从而使塑料变色,力学性能下降等。聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯等塑料中常加入光稳定剂。光稳定剂的种类较多,主要有紫外线吸收剂、紫外线猝灭剂、光屏蔽剂等。羟基二苯酮类是最常用的紫外线吸收剂;某些颜料如炭黑、氧化锌、氧化钛和絮凝状的金属等是常用的光屏蔽剂。

(3) 抗氧化剂。很多树脂在制造、加工、贮运和使用过程中会因氧化而导致降解,从而使其性能下降,而加入抗氧化剂后便可制止或推后聚合物在正常或较高温度的氧化。易于氧化而需采用抗氧剂的塑料有聚烯烃类、聚苯乙烯、聚甲醛、ABS等。

5. 润滑剂

为了防止塑料在成型过程中发生粘模现象和减少塑料与设备间的摩擦,同时还能改善塑料的流动性以及提高制品表面的光泽度而加入的添加剂称为润滑剂。常用塑料如聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚酰胺、ABS等往往都需要加入润滑剂。常用的润滑剂有硬脂酸及其盐类、石蜡等。

6. 着色剂

着色剂又称色料,主要起装饰美观作用,某些着色剂还能提高塑料的光稳定性、热稳定性和耐候性。

着色剂包括无机颜料、有机颜料和染料三类。其中无机颜料着色能力、透明性、鲜艳性较差,但耐光性、耐热性、化学稳定性较好,吸油量小,游移现象小,遮盖力强,如钛白粉、铬黄、镉红、群青等;染料的性能刚好与无机颜料相反,如分散红、士林黄、士林蓝等;有机颜料的特性介于染料和无机颜料之间,如联苯胺黄、酞青蓝、酞青绿等。在塑料工业中常采用的着色剂为颜料。

除一般的着色剂外,要使塑料具有特殊的光学性能,还可在塑料中加入珠光色料、磷光色料、荧光色料和金属絮片等。

塑料的添加剂除上述几种常用的以外,还有发泡剂、阻燃剂、固化剂、防静电剂、驱避剂、导电剂和导磁剂等。但并不是每一种塑料都要加入全部的添加剂,而是根据塑料品种和制品使用要求有选择地加入某些添加剂。

(二) 塑料的分类

塑料的品种较多,分类的方法也很多,常用的分类方法有以下两种:

1. 按塑料中树脂的分子结构和树脂的热性能分类

按这种方法可将塑料分为热塑性塑料和热固性塑料两大类。

1) 热塑性塑料

热塑性塑料中树脂的分子结构是线型或支链型。加热时塑料软化并熔融,成为流动的黏稠液体(即聚合物熔体),可塑制成一定形状的塑件,冷却后保持已成型的形状;再次加热还可软化熔融,仍具有可塑性。因此在热塑性塑料成型中产生的边角料及废品可回收再利用。

热塑性塑料约占所生产塑料的 70%,如常用塑料聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、ABS、聚酰胺、聚甲醛、聚碳酸酯、有机玻璃、聚砒、氟塑料等都属于热塑性塑料。

2) 热固性塑料

热固性塑料中树脂的分子结构在受热之初分子为线型结构,具有可塑性和可熔性,可塑制成一定形状的塑件。持续加热时线型分子主链间形成化学键(即交联),分子变为网状结构,继续加热时分子之间的交联反应进一步发展,最终成为体型结构,树脂成为既不溶解也不熔化的物质。固化后的塑料再加热也不会软化,不再具有可塑性。上述过程中既有物理变化又有化学变化,此过程不可逆,因此成型中的边角料和废品不可回收再生利用。酚醛塑料、氨基塑料、环氧树脂塑料、有机硅塑料、硅酮塑料等属热固性塑料。

2. 按塑料的性能及用途分类

可将塑料分为通用塑料、工程塑料和特种塑料三类。

1) 通用塑料

指产量大,用途广,价格低的一类塑料。主要包括聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、酚醛塑料和氨基塑料等,它们的总产量约占塑料总产量的一半以上。

2) 工程塑料

这类塑料常在机械装置中代替金属材料使用,一般具有较宽的使用温度范围(约为 $-40^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$),具有良好的机械性能,耐磨损性、耐腐蚀性、绝缘性和尺寸稳定性均较好。

目前使用较多的工程塑料有聚酰胺、聚碳酸酯、聚甲醛、ABS、聚砒、聚苯醚、氯化聚醚、聚四氟乙烯等。

3) 特种塑料

指具有某些特殊(如导热、导电、导磁等)性能的塑料。如氟塑料、聚酰亚胺塑料、有机硅树脂、环氧树脂、导电塑料、导磁塑料、导热塑料等。

二、塑料的性能

(一) 塑料的特性与用途

塑料材料和其他材料相比具有许多优良的特性,广泛地应用于各个领域。

(1) 密度小。塑料的密度一般在 $0.83 \sim 2.2 \text{ kg/cm}^3$ 之间,仅是钢材的 $1/8 \sim 1/4$ 。泡沫塑料的密度更小,密度一般小于 0.01 kg/cm^3 。塑料密度小,对于减轻机械设备的重量和节能具有重要的意义。

(2) 比强度和比刚度高。塑料的绝对强度比金属低,但其密度小,因此比强度(σ_b/ρ)和比刚度(E/ρ)相当高。尤其是以各种高强度的纤维状、片状和粉末状的金属或非金属为填料的增强塑料,其比强度和比刚度比金属还高。塑料的比强度和比刚度好,在某些场合(如空间技术领域)具有重要的意义,如碳纤维和硼纤维增强塑料可用于制造人造卫星、火箭、导弹中强度大和刚度高而重量轻的结构零件。

(3) 化学稳定性好。绝大多数塑料都有良好的耐酸、碱、盐、水和气体的性能,一般条件下它们不与这些物质发生化学反应。化学稳定性好使塑料在化工设备、工作在腐蚀条件下的设

备及日用品中广泛应用。最常用的耐腐蚀塑料是硬质聚氯乙烯,它可加工成管道、容器和化工设备的零部件。

(4) 电绝缘、绝热、隔声性能好。塑料具有优良的电绝缘性能和耐电弧性,在电力电子行业广泛用做绝缘材料,如电线电缆、旋钮插座、电器外壳等。塑料由于热导率很低,具有良好的绝热保温性能,可用于需要绝热和保温的产品或工程中。

(5) 耐磨和自润滑性好。塑料的摩擦系数小,耐磨性好,有很好的自润滑性,加上比强度高,传动噪声小,可以在液体介质、半干甚至干摩擦条件下有效地工作。它可以制成轴承、齿轮、凸轮和滑轮等机器零件,适用于转速不高、载荷不大的场合。

(6) 粘结性能好。塑料一般都具有一定的粘结性能,如俗称“万能胶”的环氧树脂,可以粘结木材、橡胶、皮革、玻璃、陶瓷等非金属材料,而且还可以粘结钢、铜、铝等金属材料。

(7) 成型和着色性能好。塑料在一定条件下具有良好的可塑性,可以采用多种成型方法高效率地成型出形状复杂的产品。塑料的着色比较容易,而且着色范围广,可染成各种颜色。

(8) 多种防护性能。除防腐和绝缘性能外,塑料还具有防水、防潮、防透气、防震、防辐射等多种防护性能。尤其是塑料经改性后,它的性能得到改善,应用领域更宽。

塑料有很多优良的特性,但和金属材料相比还有许多缺点。如塑料的机械强度和硬度较低,耐热和导热性差,一般塑料的工作温度仅在 100°C 以下,部分塑料吸水性大,易老化,膨胀和收缩性较大以及有蠕变特性等。这些缺陷使塑料在某些领域的应用受到限制,但是随着新品种塑料的问世以及塑料改性技术的发展,塑料的这些缺点都将会得到改进。

常用塑料的性能与用途见表 1-1。

表 1-1 常用塑料的性能用途

塑料品种	结构特点	使用温度	化学稳定性	性能特点	成型特点	主要用途
聚甲基丙烯酸甲酯 (有机玻璃) (PMMA)	线型结构非结晶型	小于 80°C	较好,但不耐无机酸,会溶于有机溶剂	是透光率最高的塑料,质轻坚韧,电气绝缘性能较好,表面硬度不高,质脆易开裂	成型前原料要干燥,注射成型时速度不能太高	透明制品,如窗玻璃、光学镜片、灯罩等
聚甲醛 (POM)	线型结构结晶型	小于 100°C	较好,不耐强酸	综合力学性能突出,比强度、比刚度接近金属	成型收缩率大,流动性好,熔融凝固速度快,注射时速度要快,注射压力不宜高。热稳定性较差	可代替钢、铜、铝、铸铁等制造多种结构零件及电子产品中的许多结构零件
聚碳酸酯 (PC)	线型结构非结晶型	小于 130°C ,耐寒性好,脆化温度为 -100°C	有一定的化学稳定性,不耐碱、酮、酯等	透光率较高,介电性能好,吸水性小、力学性能很好,抗冲击、抗蠕变性能突出,但耐磨性较差	熔融温度高,熔体黏度大,成型前原料需干燥,黏度对温度敏感制品要进行后处理	在机械上用作齿轮、凸轮、蜗轮、滑轮等,也用作电机电子产品零件、光学零件等

续表

塑料品种	结构特点	使用温度	化学稳定性	性能特点	成型特点	主要用途
氟塑料	线型结构结晶型	-195 ~ 250℃	非常好,可耐一切酸、碱、盐溶液及有机溶剂	摩擦系数小,电绝缘性能好。但力学性能不高,刚度差	成型困难,流动性差,成型温度高且范围小,需高温高压成型,一般采用烧结成型	防腐化工领域的产品、电绝缘产品、耐热耐寒产品、自润滑制品
酚醛塑料 (PF)	树脂是线型结构,塑料成型后变成体型结构	小于 200℃	不耐强酸、强碱	表面硬度高,刚性大,尺寸稳定,电绝缘性好,缺点是质脆,冲击强度差	适于压缩成型,成型性能好,模温对流动性影响大,注意预热和排气	根据添加剂的不同可制成各种塑件,用途广泛
氨基塑料	结构上有 -NH ₂ 基,树脂是线型结构,成型后变成体型结构	与配方有关,最高可达 200℃	脲甲醛、耐油、耐弱碱和有机溶剂,但不耐酸	表面硬度高,电绝缘性能好	常用于压缩、压注成型,成型前需干燥预热,流动性好,硬化快,模具应防腐	电绝缘零件、日用品、黏合剂、层压与泡沫制品等
聚乙烯 (PE)	线型结构结晶型	小于 80℃	较好,但不耐强氧化剂,耐水性好	质软,机械性能较差,表面硬度低	成型性能好,黏度与剪切速率关系较大,成型前可不预热	薄膜、管、绳、容器、电器绝缘零件、日用品等
聚氯乙烯 (PVC)	线型结构无定型	-15 ~ 55℃	不耐强酸和碱类溶液,能溶于甲苯、松节油、脂肪醇、环己酮溶剂	性能取决于配方,较广泛	成型性能较差,加工温度范围窄,热成型前有一道捏合工序	很广泛,薄膜、管、板、容器、电缆、人造革、鞋类、日用品等
聚丙烯 (PP)	线型结构结晶型	10 ~ 120℃	较好	耐寒性差,光氧作用下易降解老化,机械性能比聚乙烯好	成型时收缩率大,成型性能较好,易产生变形等缺陷	板、片、透明薄膜、绳、绝缘零件、汽车零件、阀门配件、日用品等
聚苯乙烯 (PS)	线型结构非结晶型	-30 ~ 80℃	较好,对氧化剂、苯、四氯化碳、酮、酯类等抵抗力较差	透明性好,电性能好,抗拉、抗弯强度高,但耐磨性差,质脆,抗冲击强度差	成型性能很好,成型前可不干燥,但注射时应防止滴料,制品易产生内应力,易开裂	装饰制品、仪表壳、灯罩、绝缘零件、容器、泡沫塑料、日用品等

续表

塑料品种	结构特点	使用温度	化学稳定性	性能特点	成型特点	主要用途
聚酰胺 (尼龙) (PA)	线型结构结晶型	小于 100℃ (尼龙 6)	较好,不耐强酸和氧化剂,能溶于甲酚、苯酚、浓硫酸等	抗拉强度、硬度、耐磨性、自润滑性突出,吸水性强	熔点高,熔融温度范围较窄,成型前原料要干燥。熔体黏度低,要防止流涎和溢料,制品易产生变形等缺陷	耐磨零件及传动件,如齿轮、凸轮、滑轮等;电气零件中的骨架外壳、阀类零件、单丝、薄膜等;日用品
ABS	线型结构非结晶型	小于 70℃	较好	机械强度较好,有一定的耐磨性。但耐热性较差,吸水性较大	成型性能很好,成型前原料要干燥	应用广泛,如电器外壳、汽车仪表盘、日用品等

(二) 塑料受热时的物理状态

塑料在受热时的物理状态对塑料的成型加工有着非常重要的意义,不同类型的塑料在受热时会表现出不同的物理状态。

1. 热塑性塑料在受热时的物理状态

热塑性塑料在恒定压力下,随着受热温度的变化表现出三种物理状态和两个转变,如图 1-2 所示。

1) 玻璃态

塑料在 T_g 温度以下的状态是坚硬的固体,称之为玻璃态(结晶型树脂为结晶态),它是大多数塑件的使用状态。处于此状态的塑料受外力作用时有一定的变形能力,且变形是可逆的,即外力消失后,形变也随之消失。在这种状态下,可进行车、铣、钻等切削加工,不宜进行大变形量的加工。

T_g 是大多数塑料成型加工的最低温度,是多数塑料使用温度的上限。在 T_g 以下某一温度,塑料受力容易发生断裂破坏,这一温度称为脆化温度,它是塑料使用温度的下限。

2) 高弹态

当塑料受热温度超过 T_g 时,由于聚合物的链段运动,塑料进入高弹态。处于这一状态的塑料类似于橡胶状态的弹性体,仍具有可逆的形变性质。在这种状态下,可进行真空成型、压延成型、中空成型、冲压、锻造等。但进行上述成型加工时,为得到所需形状和尺寸的塑件,成型后必须将塑件迅速冷却到 T_g 以下的温度。

从图 1-2 曲线 1 可以看到,线型非结晶型高聚物有明显的高弹态,而从曲线 2 可看到,线型结晶型高聚物无明显的高弹态,但它们在高温态温度阶段仍能产生一定程度的变形,只不过比较小而已。

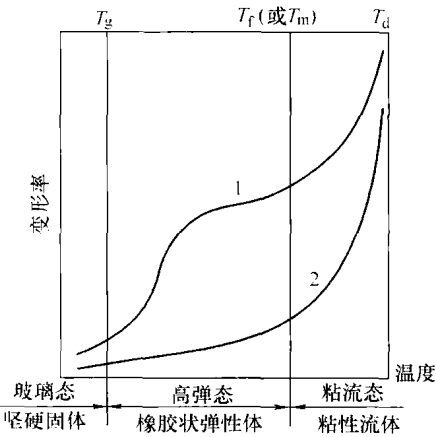


图 1-2 线性聚合物聚集态与温度的关系
1—非结晶型树脂;2—结晶型树脂;
 T_g —玻璃化温度 T_f —非结晶型塑料粘流温度
 T_d —分解温度 T_m —结晶型塑料熔点