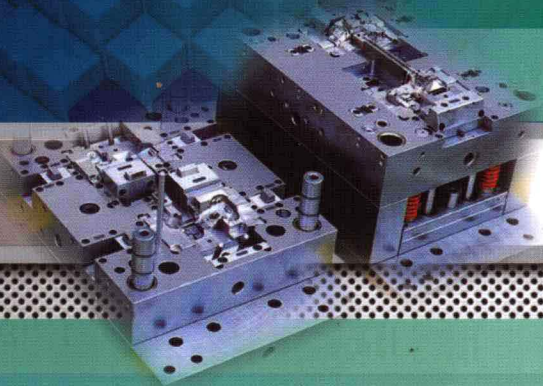


注射模设计 方法及实例解析

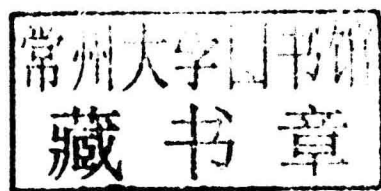
王 晖 刘军辉 主 编
曾志文 梁国栋 副主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

注射模设计方法及 实例解析

主 编 王 晖 刘军辉
副主编 曾志文 梁国栋
参 编 邱志文 钟燕辉



机械工业出版社

本书系统地介绍了注射模具设计的基本方法与实践经验,包括塑料产品设计、注塑机及注塑成型工艺、注塑成型模具结构与标准模架、分型面选择与成型零件设计、浇注系统设计、抽芯机构设计、推出机构设计、模具温度调节系统设计等内容。在讲解注射模具设计理论知识的同时,还加进了大量的企业一线经验设计,并且配合一个贯穿实例——遥控器后盖注射模具的全程设计与解析,最后还配有典型的注射模具结构分析。

本书可作为高等院校机械类、材料工程类专业本科生及专科生的教材,也可作为模具设计从业人员的培训教材,还可供从事注射模具设计与制造的技术人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

注射模设计方法及实例解析/王晖,刘军辉主编. —北京:机械工业出版社,2012.9

ISBN 978-7-111-39603-1

I. ①注… II. ①王…②刘… III. ①注塑-塑料模具-设计 IV. ①TQ320.66

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第203785号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:孔劲 责任编辑:孔劲 吕芳

版式设计:姜婷 责任校对:张征

封面设计:赵颖喆 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2013年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·19.25印张·2插页·484千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-39603-1

定价:52.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

模具工业是国民经济的基础工业，目前，电子、汽车、电机、电器、仪器、仪表、家电、通信和军工等产品中，60%~80%的零部件都要依靠模具成型，而注射模具又在各类模具中占有相当大的比例，因此，注射模具技术对我国的工业发展具有重大的意义。目前市场上模具设计方面的教材种类繁多，但大多以理论论述为主，与生产实际脱离。本教材在进行必要的理论讲解之后，更多的是对工厂模具设计实战经验进行讲解，且通过一个贯穿实例“遥控器后盖注射模具设计”论述理论与经验的运用，非常形象生动地向读者阐述了注射模具结构设计的方法与技巧，使读者能够零距离地接触企业模具设计过程。

本教材注重注射模具设计的实践性和经验性，内容包括了大量的工厂一线经验培训资料，展示了企业的模具设计工程师进行模具结构设计的方法与技巧。本教材共分为12章，第1章和第2章分别介绍了注塑成型基本知识和注射模具基础，为后续注射模具的设计打下基础；第3章介绍了塑料产品结构分析及合理化设计；第4章介绍了流行的注射模架型号；第5章介绍了塑件的分型及成型部件设计，使读者掌握分型面的设计知识；第6、8、9章介绍了注射模具三大系统的设计；第7章介绍了侧向抽芯系统设计；第10章介绍了小水口模相关机构设计及标准件的选用；第11章介绍了注射模具开发综合实例，进一步拓展读者视野；第12章列出了注射模具开发的相关资料。

本教材第1、2、3、4、6章由王晖编写，第5、7、8、9章由刘军辉编写，第10章由曾志文编写，第11、12章由梁国栋编写。参加本教材编写的还有邱志文和钟燕辉。

由于作者水平有限，书中难免会出现疏漏或不足之处，恳请大家批评指正。

编 者

目 录

前言

第1章 注塑成型基本知识..... 1

- 1.1 注塑成型过程分析..... 1
 - 1.1.1 注塑成型工艺的基本知识..... 1
 - 1.1.2 注塑成型的特点及原理..... 2
 - 1.1.3 注塑成型工艺过程..... 3
- 1.2 塑料的特性与识别..... 5
 - 1.2.1 塑料的基础知识..... 5
 - 1.2.2 塑料的分类及工艺特性..... 8
- 1.3 注塑机构造与选型..... 13
 - 1.3.1 注塑机的基本组成与分类..... 14
 - 1.3.2 注塑机基本参数及选型..... 16
- 1.4 常用模具材料的认识与选用..... 21
 - 1.4.1 注射模具的工作条件与失效形式..... 22
 - 1.4.2 塑料模具用钢的基本性能要求及使用分类..... 22

第2章 注射模具基础..... 24

- 2.1 模具的基本结构及零件作用..... 24
 - 2.1.1 注射模具的分类..... 24
 - 2.1.2 注射模具的基本结构..... 26
 - 2.1.3 注射模具的主要部件..... 28
- 2.2 模具图样的组成与解读..... 46
 - 2.2.1 模具组立图的基本组成与解读..... 46
 - 2.2.2 模具零件图的基本组成与解读..... 47
 - 2.2.3 总结及提高..... 49
- 2.3 注射模具设计步骤及要求..... 50
 - 2.3.1 注射模具设计的一般步骤..... 50
 - 2.3.2 注射模具设计的要求..... 53

第3章 塑料产品结构分析及合理化设计..... 54

- 3.1 塑料产品的设计规范及注塑缺陷

分析..... 54

- 3.1.1 塑料产品的设计步骤及要求..... 54
- 3.1.2 注塑缺陷分析..... 56
- 3.2 塑料产品的典型结构及相关工艺要求..... 61
 - 3.2.1 满足注塑工艺要求的产品结构..... 61
 - 3.2.2 满足模具合理化设计要求的产品结构..... 64
 - 3.2.3 满足产品装配要求的产品结构..... 67
 - 3.2.4 满足表面要求的产品结构..... 69
- 3.3 塑料产品结构的优化..... 70
 - 3.3.1 壳体厚度优化..... 70
 - 3.3.2 脱模斜度优化..... 71
 - 3.3.3 骨位尺寸优化..... 72
 - 3.3.4 柱和孔的尺寸优化..... 72
 - 3.3.5 止口的尺寸优化..... 74
 - 3.3.6 卡扣的尺寸优化..... 75
- 3.4 塑件结构分析实例解析..... 75
 - 3.4.1 脱模斜度分析..... 76
 - 3.4.2 孔、槽结构分析..... 77
 - 3.4.3 死角分析..... 79

第4章 模架的选择..... 81

- 4.1 模架的分类..... 81
 - 4.1.1 二板模标准模架..... 81
 - 4.1.2 三板模标准模架..... 83
- 4.2 模架关键尺寸的确定及选择原则..... 92
 - 4.2.1 模架关键尺寸的确定..... 92
 - 4.2.2 模架选择原则..... 97
- 4.3 模架中其他结构件的设置与确定..... 99
 - 4.3.1 导向定位系统的设置..... 99
 - 4.3.2 支承柱及垃圾钉的设置..... 100
 - 4.3.3 吊环孔、码模槽及撬模槽的

设置	101	6.4 拉料、冷料结构的合理化设计	146
4.4 模具的报价与订料	103	6.4.1 冷料穴及拉料钩的合理化设计	146
4.4.1 绘制报价图	103	6.4.2 抓料销的合理化设计	148
4.4.2 订料	105	6.5 引气、排气结构的合理化设计	149
4.5 模架的选择实例解析	106	6.5.1 排气系统的合理化设计	149
4.5.1 模架选择知识要点	106	6.5.2 引气装置的合理化设计	151
4.5.2 遥控器后盖模架选择分析	107	6.6 浇注系统设计实例解析	151
第5章 塑件的分型及成型部件设计	109	6.6.1 针点式浇口设计要点	151
5.1 分型面的分类与设计原则	109	6.6.2 遥控器后盖进浇设计细节分析	153
5.1.1 分型面的概念	109	第7章 侧向抽芯系统设计	155
5.1.2 分型面的分类	109	7.1 滑块结构系统设计	155
5.1.3 分型面的设计原则	111	7.1.1 后模滑块系统设计	155
5.2 成型零件的设计原则	114	7.1.2 前模滑块系统设计	162
5.3 型腔结构的设计及尺寸确定	117	7.1.3 内滑块系统设计	164
5.3.1 排位	117	7.1.4 哈夫模滑块系统设计	165
5.3.2 型腔结构设计	117	7.1.5 滑块系统设计要点	166
5.3.3 型腔尺寸设计	119	7.2 斜顶结构系统设计	171
5.4 型芯结构的设计与尺寸确定	121	7.2.1 斜顶结构	171
5.4.1 型芯结构设计	121	7.2.2 斜顶结构设计要点	172
5.4.2 型芯尺寸设计	122	7.3 侧向抽芯系统设计实例解析	173
5.5 胶位尺寸设计及成型部件的固定与定位	122	7.3.1 滑块系统设计	173
5.5.1 胶位尺寸设计	122	7.3.2 斜顶系统设计	175
5.5.2 成型部件的固定与定位	123	第8章 推出系统的设计及制造工艺	178
5.6 塑件分型及成型部件设计实例解析	124	8.1 顶针推出机构的设计及制造工艺	178
5.6.1 分型面设计	124	8.1.1 顶针的类型及特点	178
5.6.2 凹模结构设计	128	8.1.2 顶针的固定形式	179
5.6.3 凸模结构设计	130	8.1.3 顶针的设计要点及制造工艺	180
第6章 浇注系统的设计及制造工艺分析	132	8.2 推管推出机构的设计及制造工艺	182
6.1 浇注系统分类	133	8.2.1 推管的结构及特点	182
6.2 流道的设计及合理化制造工艺	134	8.2.2 推管推出机构设计要点	183
6.2.1 主流道的设计	134	8.3 推板推出机构的设计及制造工艺	184
6.2.2 分流道的设计	137	8.3.1 推板推出结构形式	184
6.3 浇口的合理化设计	140	8.3.2 推板推出机构的特点及适用场合	184
6.3.1 浇口的类型	140	8.3.3 推板推出机构设计要点	185
6.3.2 浇口设计要点	144	8.4 推块推出机构的设计	186

8.4.1 推块的结构形式	186	11.1 注射模具开发综合实例解析	224
8.4.2 推块的特点及适用场合	187	11.1.1 实例一：手机电池盖的模具设计	
8.4.3 推块推出机构设计要点	187	开发实例	224
8.4.4 推块推出机构示例	187	11.1.2 实例二：翻盖手机翻盖前壳的	
8.5 其他推出机构的设计	188	模具设计开发实例	238
8.6 复位机构的设计	193	11.2 注射模具典型结构点评	257
8.6.1 普通复位机构设计	193	11.2.1 没有任何成型机构的模具	257
8.6.2 先复位机构设计	194	11.2.2 有公模斜顶的大水口模	257
8.7 推出常见问题分析	194	11.2.3 有公模滑块的大水口模	259
8.8 推出系统设计实例解析	194	11.2.4 有母模斜顶的大水口模	259
8.8.1 推出系统类型的选择	194	11.2.5 简易小水口模	260
8.8.2 顶针的位置排布	195	11.2.6 有母模内滑块的简易小水	
8.8.3 推出系统相关零部件设计	196	口模	262
第9章 温控系统的设计	198	11.2.7 有母模外滑块的简易小水	
9.1 模具温度控制的原则和方式	198	口模	263
9.1.1 模具温度控制的原则	198	11.2.8 有母模外滑块的大水口模	264
9.1.2 模具温度控制的方式	199	第12章 注射模具开发相关资料	266
9.2 温控系统的作用及影响	199	12.1 常用塑料选型	266
9.3 冷却系统的设计	199	12.2 注塑机参数	272
9.3.1 概述	199	12.2.1 海天注塑机有关资料	272
9.3.2 冷却系统的设计原则	200	12.2.2 三菱注塑机有关资料	272
9.3.3 冷却系统的结构形式	203	12.2.3 模具型号与注塑机机型对应	
9.4 加热系统的设计	205	关系	273
9.5 冷却系统设计实例解析	206	12.2.4 顶棍孔	273
第10章 小水口模相关机构设计及		12.3 常用模具钢材选用	274
标准件的选用	210	12.3.1 常用模具成型零部件钢材选用	
10.1 顺序定距分型机构设计	210	方法及原则	274
10.1.1 常用定距机构的形式	211	12.3.2 常用模具非成型零部件钢材选用	
10.1.2 顺序定距分型机构的结构		方法及原则	275
设计	214	12.3.3 常用模具钢材参数	275
10.2 相关标准件的设计	219	12.4 模具常用名称中英文对照表	284
10.2.1 浇口套和定位圈的设计	219	12.5 常用公差配合	284
10.2.2 紧固件类标准件的选用	220	12.6 常用标准件参数选用资料	285
10.2.3 弹簧的选用	221	12.7 常用模架参数选用资料	299
10.2.4 拉料杆的设计	222	参考文献	302
第11章 注射模具开发综合实例	224		

第1章 注塑成型基本知识

模具的种类很多,有塑料模具、五金模具、陶瓷模具等。它的历史悠久,在现代工业中,模具有“工业之母”之称。在现实生活、国防设备、工业生产中,模具无处不存在,它所跨越的领域很宽。而在众多的模具类别当中,注射模具又是最大的一类,电脑、电视、电话、洗衣机、空调、风扇、打印机、手机等很多产品的零部件都是注塑成型的塑料制品。

随着改革开放的深入,我国国民经济的快速增长带动了塑料工业的快速发展,塑料机械产业的明显跃升,促使注塑产品的应用领域向国民经济几乎所有的部门拓展,而且具有较高技术含量和高附加值的注塑产品的开发应用不断增多,我国注塑行业的整体水平大大提高。产品产量大幅增加,在沿海经济发达地区,由于经济高速增长,急需注塑产品的配套服务,这给注塑行业的发展带来了机遇。目前,国内经济发达地区广东、浙江、上海、江苏和山东等省市的注塑产品产量约占全国总产量的65%以上,且从过去的劳动密集型逐渐向技术、资本密集型发展,生产力布局日趋合理。

现如今,各种复杂塑料注塑成型的结构件、功能件以及特殊用途的精密件已广泛应用于交通、运输、包装、储运、邮电、通信、建筑、家电、汽车、计算机、航空航天、国防等国民经济领域,成为不可缺少的重要的生产资料和消费资料。本书重点讲解注射模具的设计。

1.1 注塑成型过程分析

塑料加工成型的方法有很多种,但塑料制品的加工生产都是由成型加工、机械加工、装饰加工和装配加工4个连续过程组成的。塑料的成型加工就是指成型过程,是塑料制品生产的重要过程。塑料的成型方法有十几种,如注塑成型加工(注射成型加工)、挤出成型加工、压缩成型加工、吹塑成型加工、真空成型加工等。注塑成型加工是最常用和最主要的加工方法。

1.1.1 注塑成型工艺的基本知识

注塑成型加工也称注射成型加工,是塑料成型加工生产中普遍采用的方法。注塑成型加工采用螺杆或柱塞的推力,把塑化好的熔融塑料射入塑料模具型腔内,经过保压、冷却、固化后再打开模具推出制品。注塑成型适用于热塑性塑料和部分热固性塑料的连续性加工生产,其制品从小到大、从简单到复杂,尤其适用于批量生产,可以很方便地实现自动化和高速化,生产效率和经济效益都很高。

在注塑成型中,若要实现成型精密及生产稳定的目标,则必须组合原料、模具和机器这三个必要的物质条件。要使三者联系起来形成生产能力,就必须应用一定的技术方法,即注塑成型工艺技术。

1.1.2 注塑成型的特点及原理

1. 注塑成型特点

注塑成型具有成型周期短，能一次成型外形复杂、尺寸精确、带有金属或非金属嵌件的塑料制件，对各种塑料的适应性强，生产效率高，易于实现全自动化生产等一系列优点，因此注塑成型工艺广泛地用于塑件的生产。

2. 注塑成型原理

将颗粒状或粉状塑料从注塑机的料斗送进加热的机筒中，原料经过加热熔化呈流动状态后在柱塞或螺杆的推动下向前移动，通过机筒前端的喷嘴以很快的速度注入温度较低的闭合型腔中，充满型腔的熔料经冷却固化后即可保持模具型腔所赋予的形状，然后开模分型获得成型塑件。

此过程即为一个成型周期，通常从几秒钟至几分钟不等，时间的长短取决于塑件的大小、形状和厚度，以及模具的结构、注塑机的类型、塑料的品种和成型工艺条件等因素。

(1) 螺杆式注塑机注塑成型原理 如图 1-1 所示，螺杆式注塑机的成型原理为：颗粒状或粉状塑料从注塑机的料斗送入加热的机筒，在机筒的加热作用和螺杆的剪切摩擦热作用下逐渐熔融塑化，并不断被螺杆压实而推向机筒前端，产生一定的压力，使螺杆在转动的同时，缓慢地向后移动；当螺杆推到预定位置，触及限位开关时，螺杆即停止转动而后退，而

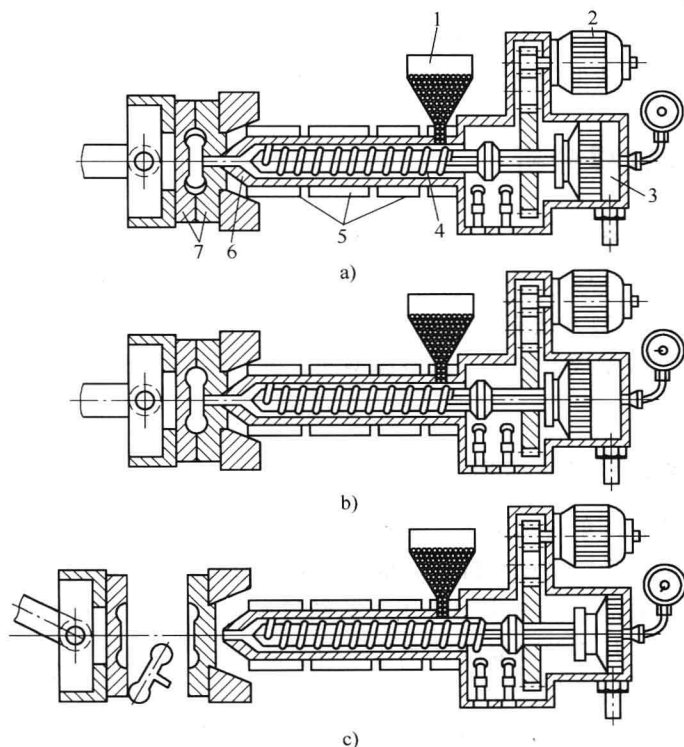


图 1-1 螺杆式注塑机的成型原理

a) 合模注射 b) 冷却保压 c) 开模推出制品预塑加热

1—料斗 2—传动装置 3—注射液压缸 4—螺杆 5—加热装置 6—喷嘴 7—注射模具

后注射活塞带动螺杆按一定的压力和速度将积存于机筒端部的塑料熔体经喷嘴注入模具型腔，充满型腔的熔料在受压情况下，冷却成型，获得型腔赋予的形状；开模分型取出塑件，即完成一个工作循环。

(2) 柱塞式注塑机注塑成型原理 如图 1-2 所示，塑料从料斗加入加热机筒，被机筒加热，并由活塞在高压、高速中推进，塑料塑化后经喷嘴注入模具型腔中，经保压、冷却、开模取得塑件，完成一个工作循环。

与螺杆式注塑机成型相比，柱塞式注塑机控制温度和压力比较困难，有效压力仅为柱塞式注塑机额定注射压力的 30% ~ 50%，使注射速度和塑化质量不均匀（塑化是指塑料在机筒内借助于加热和机械做功而软化成具有可塑性均匀熔体的过程）。目前工厂中广泛使用的是螺杆式注塑机，但还有不少是柱塞式注塑机。一般 60g 以下的小型塑件多用柱塞式注塑机，而热敏性塑料、流动性较差的塑料则多用螺杆式注塑机，中型或大型注塑机多为螺杆式。

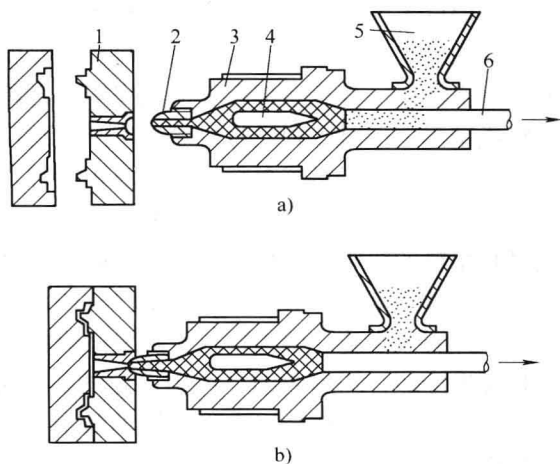


图 1-2 柱塞式注塑机成型原理

1—注射模具 2—喷嘴 3—机筒 4—分流梭
5—料斗 6—注射柱塞

1.1.3 注塑成型工艺过程

塑料注塑成型工艺过程包括：成型前的准备、注塑过程、塑件的后处理。

1. 成型前的准备

为了使注塑成型顺利进行，保证塑件质量，在注塑成型之前应进行如下准备工作。

(1) 对原料的预处理 根据各种塑料的特性及供料状况，一般在成型前应对原料进行外观（色泽、粒度及均匀性等）和工艺性能（熔融指数、流动性、收缩率等）检验。如果来料为粉料，则有时还需要进行捏合、塑炼、造料等操作。此外，有时还需要对粒料进行干燥。

有些塑料（如尼龙、聚碳酸酯、聚砜、有机玻璃）因其分子中含有亲水基因，容易吸湿，致使其含有不同程度的水分。当水分超过规定量时，塑件表面会出现银纹、斑纹和气泡等缺陷，甚至导致塑料在注塑时降解，严重影响塑件的外观和内在质量，故应进行干燥处理。对于不吸湿或吸湿性很小的塑料（如聚乙烯、聚丙烯），只要包装、运输、储存条件良好，一般不必干燥。但有时为了提高塑件外观质量，防止气泡产生，对于聚乙烯、ABS 塑料往往也进行干燥处理。

各种塑料的干燥方法，应根据其性能和具体条件进行选择。小批量生产用塑料，一般采用红外线干燥和热风循环烘箱干燥；高温下受热时间长容易氧化变色的塑料，如聚酰胺，宜采用真空烘箱干燥；大批量生产用塑料则通常采用负压沸腾干燥。一般延长干燥时间有利于提高干燥效果，但每种塑料在干燥温度下都有一段最佳干燥时间，延长干燥时间效果不大。对于已经干燥过的塑件，应注意保证成型前的干燥效果，以防塑料重新吸湿。

(2) 机筒的清洗 在注塑成型前，如果机筒内残余塑料与将要使用的塑料不一致以及

需要换颜色或发现塑料中有分解现象时,都需要对机筒进行清洗或更换。

柱塞式注塑机机筒内的存料量较多且机筒中间有分流梭,因此清洗较困难,必须拆卸清洗或者采用专用机筒。

螺杆式注塑机通常直接换料清洗。为节省时间和原料,换料清洗应根据塑料的热稳定性、成型温度范围及各种塑料之间的相容性等因素采取正确的清洗步骤。当新料的成型温度高于机筒内存料的成型温度时,应先将机筒温度升至新料的最低成型温度,然后加入新料,并连续对空注射,直至全部存料清洗完毕,再调整机筒温度进行正常生产。当新料成型温度比存料成型温度低时,则先将机筒温度升高到存料最佳的流动温度后切断电源,用新料在降温下进行清洗。当新料与存料成型温度相近时,则不必变更温度,直接清洗即可。

(3) 嵌件的预热 为了满足装配和使用强度的要求,塑件内常需要嵌入金属嵌件。由于金属和塑料的线胀系数相差很大,因而两者收缩率不一致,导致塑件冷却时嵌件周围出现裂纹而使塑件强度降低。除在设计塑件时加大嵌件周围的壁厚外,成型中对金属嵌件进行预热也是一种有效措施。因为预热后可减小熔料与嵌件的温度差,从而在成型中,使嵌件周围的熔料缓慢冷却,均匀收缩,产生一定的热料补缩作用,以防止嵌件周围产生过大的内应力。预热温度以不损伤金属表面所镀的锌层或铬层为限,一般为 $110 \sim 130^{\circ}\text{C}$ 。对于表面无镀层的铝合金或铜嵌件,预热温度可达 150°C 。

(4) 脱模剂的选用 脱模剂是为使塑件容易从模具中脱出而敷在模具表面上的一种助剂。注塑成型时,塑件的脱模主要依赖于合理的工艺条件和正确的模具设计,但由于塑件本身的复杂性或工艺条件控制不稳定,可能造成脱模困难,所以在实际生产中经常使用脱模剂。

使用脱模剂时,要求涂层适量和均匀,否则会影响塑件的外观及性能。尤其是注塑透明塑件时更应注意,否则,会因用量过度而出现毛斑或浑浊现象。

2. 注塑过程

注塑过程是塑料转变为塑件的主要阶段,包括加料、塑化、加压注射、保压、冷却定型和脱模等步骤。

(1) 加料 由注塑机的料斗落入一定量的料,以保证操作稳定、塑料塑化均匀,最终获得良好的塑件。通常其加料量由注塑机计量装置来控制。加料过多、受热的时间过长等容易引起塑料的热降解,同时使注塑机功率损耗增多;加料过少,机筒内缺少传压介质,型腔中塑料熔体压力降低,难于补塑(即补压),容易导致塑件出现收缩、凹陷、空洞甚至缺料等缺陷。

(2) 塑化 塑化是指塑料在机筒内经加热达到熔融流动状态,并具有良好的可塑性的全过程。就生产的工艺而言,对这一过程的总要求是:在规定时间内提供足够量的熔融塑料,塑料熔体在进入型腔之前要充分塑化,既要达到规定的成型温度,又要使塑化料各处的温度尽量均匀一致,还要使热分解物的含量达到最小值。这些要求与塑料的特性、工艺条件的控制及注塑机塑化装置的结构等密切相关。

(3) 加压注射 注塑机用柱塞或螺杆推动具有流动性和温度均匀的塑料熔体,从机筒中经过喷嘴、浇注系统,直至注入型腔。

(4) 保压 在模具中熔体冷却收缩时,继续保持施压状态的柱塞或螺杆迫使浇口附近的熔料不断补充进入模具中,使型腔中的塑料能成型出形状完整而致密的塑件,这一阶段称

为保压。保压的目的一方面是防止注射压力解除后,如果浇口尚未冻结,型腔中的熔料通过浇口流向浇注系统而导致熔体倒流;另一方面则是当型腔内熔体冷却收缩时,继续保持施压状态的螺杆或柱塞可迫使浇口的熔料不断补充进模具中,使型腔中的塑料能成型出形状完整而致密的塑件。

(5) 冷却定型 当浇注系统中的塑料已经冷却凝固时,继续保压已不再需要,此时可退回柱塞或螺杆,同时通入冷却水或空气等冷却介质,对模具进一步冷却,这一阶段称为冷却定型。实际上冷却定型过程从塑料注入型腔起就开始了,它是指从注射完成、保压到脱模前这一段时间。

(6) 脱模 塑件冷却到一定温度即可开模,在推出机构的作用下将塑件推出模外。

3. 塑件的后处理

塑件经注塑成型后,由于塑化不均匀或塑料在型腔中的结晶、定向和冷却不均匀,造成塑件各部分收缩不一致,或因为金属嵌件的影响和塑件的二次加工不当等原因,塑件内部不可避免地存在一些内应力。而内应力的存在往往导致塑件在使用过程中产生变形或开裂,因此应该设法消除。常需要进行适当的后处理,从而改善和提高塑件的性能,塑件的后处理主要指退火及调湿处理。

(1) 退火处理 把塑件放在一定温度的烘箱中或液体介质(如热水、热矿物油、甘油、乙二醇和液态石蜡等)中一段时间,然后缓慢冷却。

退火的温度一般控制在高于塑件的使用温度 $10\sim 20^{\circ}\text{C}$ 或低于塑料热变形温度 $10\sim 20^{\circ}\text{C}$ 。温度不宜过高,否则塑件会产生翘曲变形;温度也不宜过低,否则达不到后处理的目的。退火的时间取决于塑料品种、加热介质的温度、塑件的形状和壁厚、塑件精度要求等因素。退火处理的目的是:消除了塑件的内应力,稳定尺寸;对于结晶型塑料还能提高结晶度,稳定结晶结构,从而提高其弹性模量和硬度,但会降低断裂伸长率。

(2) 调湿处理 将刚脱模的塑件(聚酰胺类)放在热水中,以隔绝空气,防止氧化,消除内应力,加速达到吸湿平衡,稳定尺寸,称为调湿处理。因为聚酰胺类塑件脱模时,在高温下接触空气容易氧化变色。另外,这类塑件在空气中使用或存放又容易吸水而膨胀,需要经过很长时间尺寸才能稳定下来,所以要进行调湿处理。

经过调湿处理,还可以改善塑件的韧性,使其冲击强度和拉伸强度有所提高。

调湿处理的温度一般为 $100\sim 120^{\circ}\text{C}$,热变形温度高的塑料品种取上限,反之则取下限。调湿处理的时间取决于塑料的品种、塑件的形状和壁厚以及结晶度。达到调湿处理时间后,应缓慢冷却至室温。

但并不是所有的塑件都要进行后处理,如果塑件要求不严格则可以不必进行后处理。如聚甲醛和氯化聚醚塑件,虽然存在内应力,但由于高分子本身柔性较大和玻璃化转变温度较低,内应力能够自行缓慢消除,就可以不进行后处理。

1.2 塑料的特性与识别

1.2.1 塑料的基础知识

塑料一般由树脂和添加剂组成,其中树脂在塑料中起决定性作用。根据塑料产品用途和

性能要求的不同,有选择地添加不同的添加剂,可以获得具有所需性能的塑料产品。

1. 塑料的定义

塑料又可称为高分子聚合物,也有人称之为塑胶或树脂胶料。它是由许多分子构成的有机化合物,添加一些添加剂之后,通过加热、挤压、填充等过程,可使原本颗粒状态的固体变成有流动性的状态,最后又成为固体状态。

2. 塑料的组成

塑料由如下几部分组成。

(1) 树脂 树脂是塑料中主要的、必不可少的成分。它决定了塑料的类型,影响着塑料的基本性能,如力学性能、物理性能、化学性能和电气性能等;它胶粘着塑料中的其他成分,使塑料具有塑性或流动性,从而具有成型性能。简单组分的塑料中,树脂的质量分数约为90%~100%;复杂组分的塑料中,树脂的质量分数常为40%~60%。

树脂分为天然树脂和合成树脂。天然树脂中有树木分泌出来的脂物,如松香;有热带昆虫的分泌物,如虫胶;有从石油中得到的,如沥青。合成树脂是用人工合成的方法制成的树脂,如环氧树脂、聚乙烯、聚氯乙烯、酚醛树脂、氨基树脂等。由于天然树脂产量有限、性能较差等原因,远远不能满足目前工业生产的需要,所以在生产中,一般都采用合成树脂。无论是天然树脂还是合成树脂,均属于高分子化合物,称为高聚物(聚合物)。

(2) 填充剂 填充剂是塑料中重要但并非必不可少的成分。填充剂在塑料中的作用有两种:一种是为了减少树脂含量,降低塑料成本,从而在树脂中掺入一些廉价的填充剂(如碳酸钙),此时填充剂起增量作用;另一种是既起增量作用又起改性作用,即填充剂不仅使塑料成本大为降低,而且使塑料性能得到显著改善,扩大塑料的应用范围。

在许多情况下,填充剂起的作用是相当大的,如聚乙烯、聚氯乙烯等树脂中加入钙质填充剂后,便成为价格低廉的、具有足够刚性和耐热性的钙塑料;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地提高;用石棉作为塑料的填充剂,可提高其耐热性;有的填充剂还可以使塑料具有树脂所没有的性能,如导电性、导磁性、导热性等。

填充剂分为无机填充剂和有机填充剂。其形状有粉状、纤维状和层(片)状。粉状填充剂有木粉、纸浆、大理石粉、滑石粉、云母粉、石棉粉和石墨等;层(片)状填充剂有纸张、棉布、麻布和玻璃布等。

填充剂与其他成分机械混合,它们之间无化学作用,但填充剂具有与树脂牢固胶结的能力。

常用部分塑料填充剂及其作用见表1-1。

(3) 增塑剂 为了提高塑料的可塑性、流动性和韧性,改善成型性能,降低刚性和脆性,对于可塑性小、柔软性差的树脂,如硝酸纤维、醋酸纤维、聚氯乙烯等加入增塑剂是很有必要的。

一般来说,增塑剂为高沸点液态或低熔点固态的有机化合物,对其要求是:能与树脂很好地混溶而不起化学反应,不易从制件中析出及挥发,不降低制件的主要性能,无毒、无害、无色、不燃及成本低等。一般需要多种增塑剂混合才能满足多种性能要求。常用的增塑剂有樟脑、邻苯二甲酸二丁酯、邻苯二甲酸二辛酯等。

当然,同时需要了解的是增塑剂在使塑料的工艺性能得到改善的同时,会使树脂的某些性能如硬度、拉伸强度等降低。

表 1-1 常用部分塑料填充剂及其作用

序 号	填充剂名称	作 用
1	碳酸钙 (CaCO ₃)	用于聚氯乙烯、聚烯烃等 提高制件耐热性、硬度，塑件稳定性好，降低收缩率，降低成本 因遇酸易分解，不宜用于耐酸制件
2	粘土 (Al ₂ O ₃) 高岭土 滑石粉 石棉 云母	用于聚氯乙烯、聚烯烃等 改善加工性能，降低收缩率，提高制件的耐热性、耐燃性、耐水性及降低成本，提高制件刚性、尺寸稳定性以及使制件具有某些特性（如滑石粉可降低摩擦系数、云母可提高介电性能）
3	炭黑 (C)	用于聚氯乙烯、聚烯烃等 提高制件的导热、导电性能，也可用作着色剂、光屏蔽剂
4	二氧化硅 (白炭黑)	用于聚氯乙烯、聚烯烃、不饱和聚酯、环氧树脂等 提高制件的介电性能、抗冲击性能，可调节树脂的流动性
5	硫酸钙 亚硫酸钙	用于聚氯乙烯、丙烯酸类树脂等 降低成本，提高制件的尺寸稳定性、耐磨性
6	金属粉 (铜、铝、锌等)	用于各种热塑性工程塑料、环氧树脂等 提高塑料的导电、传热、耐热等性能
7	二硫化钼 石墨 (C)	用于尼龙浇注制件等 提高表面硬度，降低摩擦系数、热膨胀系数，提高耐磨性
8	聚四氟乙烯粉 (或纤维)	用于聚氯乙烯、聚烯烃及各种热塑性工程塑料 提高制件的耐磨性、润滑性
9	玻璃纤维	提高制件机械强度
10	木粉	用于酚醛树脂及聚氯乙烯等塑料的增量。塑件电性能优异，抗冲击性好，但色调、耐水性及耐热性差

(4) 着色剂 着色剂主要起装饰美观作用，同时还能提高塑料的光稳定性、热稳定性。

着色剂包括颜料和染料。颜料分为无机颜料和有机颜料。无机颜料是不溶性的固态有色物质，如钛白粉、铬黄、镉红、群青等，它在塑料中分散为微粒，通过表面遮盖作用而使塑料着色，与染料相比，其着色能力、透明性和鲜艳性较差，但耐光性、耐热性和化学稳定性较好。有机颜料的特性介于染料和无机颜料之间，如联苯胺黄、酞青蓝等。在塑料工艺中颜料应用较多。染料可溶于水、油和树脂中，有强烈的着色能力，且色泽鲜艳，但耐火性、耐热性和化学稳定性较差，如士林黄、士林蓝等。

(5) 润滑剂 润滑剂主要的作用是防止塑料在成型过程中发生粘模，同时还能改善塑料的流动性以及提高塑料表面的光泽程度。常用的润滑剂有硬脂酸、石蜡和金属皂类等。常用的热塑性塑料聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚酰胺和 ABS 等往往都要加入润滑剂。

(6) 稳定剂 稳定剂的作用是抑制和防止树脂在加工过程或使用过程中受热而降解。所谓降解是指聚合物在热、力、氧、水、光、射线等的作用下，大分子断链或化学结构发生有害变化的反应。

稳定剂主要有以下三种：

1) 热稳定剂。热稳定剂主要用于聚氯乙烯及其共聚物等，其作用是中和分解出来的盐酸 (HCl)，以防止大分子链进一步发生断链。常用的热稳定剂主要有金属盐类或皂类、有

机锡类、环氧化油和酯类。

2) 光稳定剂。光稳定剂是可以抑制光老化过程的物质，其可以防止地面紫外线断裂大分子链，避免发生光分解现象。常用的光稳定剂主要有紫外线吸收剂、光屏蔽剂、淬灭剂和自由基捕获剂。

3) 抗氧化剂。抗氧化剂能够防止塑料氧化降解，消除老化反应中生成的过氧化物的自由基，终止氧化的连锁反应。常用的抗氧化剂主要有酚类、胺类、硫化物和亚磷酸酯等。

1.2.2 塑料的分类及工艺特性

根据塑料的相关材料构成，与其他材料相比较有如下特性：

(1) 质量轻且坚固 一般塑料的密度只有钢的 1/8 ~ 1/4、铝的 1/2。碳纤维和硼纤维增强塑料可用于制造人造卫星、火箭、导弹上的高强度、刚度好的结构零件。

(2) 耐化学腐蚀 塑料对酸、碱、盐、气体和蒸汽具有良好的耐蚀性。特别是被称为塑料王的聚四氟乙烯，除了熔融的碱金属外，其他化学药品，包括能溶解黄金的沸腾王水都不能腐蚀它。

(3) 大部分为良好的绝缘体 由于塑料具有优良的电绝缘性和耐电弧性，其被广泛用于电子电气工业作为结构零件和绝缘材料，同时塑料良好的绝热保温和隔声吸声性能，使其广泛用于需要绝热和隔声的各种产品中。

(4) 具有光泽、部分透明或半透明 部分塑料具备透明特性，其光折度高，能够作为透明件进行加工使用。

(5) 用途广泛、效用多、容易着色、部分耐高温 塑料还具有润滑、减振等性能，广泛应用于工农业、日常生活、国防和科技领域。

(6) 加工容易、可大量生产、价格便宜 塑料的加工性能良好，可用多种方法加工成型。其有良好的可塑性、可挤压性、可纺丝性能，可以进行注塑、挤压、吹塑、压塑等加工。

塑料的优、缺点见表 1-2。

表 1-2 塑料的优、缺点

优 点	缺 点
大部分塑料的耐蚀性强，不与酸、碱反应 塑料制造成本低 耐用、防水、质轻 容易被塑制成不同形状 塑料是良好的绝缘体 塑料可以用于制备燃料油和燃料气，可以降低原油消耗	回收利用废弃塑料时，分类十分困难，而且经济上不合算 塑料容易燃烧，燃烧时产生有毒气体 塑料是由石油炼制的产品制成的，而石油资源是有限的

1. 塑料的分类

塑料的种类繁多，大约有 300 多种，常用的塑料也有几十种，而且每一品种又有多种牌号，为了便于识别和使用，需要对塑料进行分类。

(1) 按塑料的使用特性分 按塑料的使用特性分为通用塑料、工程塑料和功能塑料。

1) 通用塑料。通用塑料一般是指产量大、用途广、成型性好、价格便宜的塑料，主要有聚乙烯、聚苯乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、酚醛塑料和氨基塑料六大品种，约占塑料总产量

的75%以上。

2) 工程塑料。与通用塑料相比,工程塑料产量小,价格较高,但具有优异的力学性能、电性能、化学性能、耐磨性、耐热性、耐蚀性、自润滑性及尺寸稳定性,可代替一些金属材料用于制造结构零部件。

3) 功能塑料。功能塑料是指用于特种环境中,具有某一方面的特殊性能的塑料。主要有医用塑料、光敏塑料、导磁塑料等。这类塑料产量小,价格贵,但性能优异。

(2) 按塑料受热后呈现的基本特性分 按塑料受热后呈现的基本特性分为热塑性塑料和热固性塑料。

1) 热固性塑料 (Thermoset plastic)。如尿素树脂 (Urea resin)、环氧树脂 (Epoxy resin) 等,特点是不可以回收再次利用,注射模具比较少用这种材料成型。

2) 热塑性塑料 (Thermoplastic)。如 PVC 料、ABS 料、POM 料、PMMA 料、PC 料、PS 料等,特点是可以回收再次利用,注射模具一般都用这种材料成型,在此进行重点介绍。

2. 热塑性塑料的加工工艺性能

热塑性塑料具有独特的成型性能,因为其具有可挤压性、可模塑性、可延展性,所以可以通过各种成型加工方法来生产各种塑料制品,其中使用最广泛、最普遍的就是注塑成型加工。热塑性塑料加工成型的工艺性能如下。

(1) 塑料的流动性 塑料的流动是塑料加工成型的一个重要过程,所以塑料的流动性十分重要。塑料在一定温度与压力下,填充模具型腔的能力称为流动性能。影响流动性的因素如下:

1) 流动性与塑料原料的分子结构有关,不同的塑料有不同的流动性,要通过综合考虑来设置加工成型参数。

2) 流动性与塑料模具的结构有关,对模具的型腔设计,模具的浇口大小、位置、方向以及模具的冷却方式、排气等有直接的影响。

3) 流动性与注塑成型的加工条件有关,如温度、压力、速度、黏度、时间等因素都是需要考虑的,需要通过综合考虑来设置适当的加工成型参数。

(2) 塑料的结晶性能 在塑料加工成型过程中,熔体冷却产生结晶现象的塑料称为结晶型塑料,否则称为非结晶型塑料。可以根据塑料制品所呈现的透明度来辨别结晶型塑料和非结晶型塑料,结晶型塑料为不透明或半透明的,如聚甲醛等;非结晶型塑料为透明的,如有机玻璃等。也有个别例外的,如 ABS 塑料。

对于结晶型塑料,在模具型腔设计、选择注塑机及进行注塑成型加工时,需要注意的问题如下:

1) 塑料温度上升到成型温度时所需的热量较多,选择注塑机时要用塑化能力较强的机型。

2) 制品冷却时放出的热量较多,冷却系统的冷却要充分。

3) 熔融塑料熔融态与玻璃态的密度比较大,成型收缩也比较大,容易产生缩孔、气孔等缺陷。

4) 对于结晶型材料,要按其特性设置参数,结晶型塑料的结晶度与塑料制品的壁厚有关,结晶度低、冷却快、收缩小则透明度高;结晶度高、冷却慢、收缩大则透明度低。

5) 在注塑成型过程中,塑料的取向差异显著,内应力大,脱模后未结晶的分子有继续

结晶的倾向,处于能量不平衡状态,容易产生变形、翘曲等缺陷。

6) 结晶型塑料熔点范围窄,浇口套温度降低时容易发生塑料结晶堵塞,出现无法注入模具或堵塞进料口等现象。

(3) 塑料的收缩性能 塑料制品的收缩性能是指产品从模具中取出后,冷却到室温所发生的尺寸收缩。塑料制品产生收缩不仅与树脂本身的热胀冷缩性能有关,还与加工成型时的各种参数有关。所以,加工成型后塑料制品的收缩应称为成型收缩,图 1-3 所示为模具与产品的尺寸比较图,其中:

$$S = [(D_1 - D)/D_1] \times 100\% \quad (1-1)$$

式中 D ——室温下塑件的尺寸;

D_1 ——成型时塑件的尺寸;

S ——收缩率(%)。

根据式(1-1),模具设计尺寸为成型时塑件尺寸 D_1 ,而

$$D_1 = D/(1 - S)$$

即

$$D_1 = D(1 + S)/(1 - S^2)$$

因为塑料的收缩率一般来说远远小于1,所以 $(1 - S^2) \approx 1$,可以近似推出:

$$D_1 = D(1 + S) \quad (1-2)$$

该公式称为模具尺寸计算公式,可以作为日常注射模具设计中,考虑塑料收缩性能后确定型腔尺寸的参考。

相关要点说明如下:

1) 由于塑料本身的相关特性不同,因此不同的塑料具有不同的收缩率。

2) 塑料加工成型制品的形状和结构不同收缩率也不同,通常厚壁与薄壁制品的收缩率不同,内径和外径的收缩率不同。

3) 塑料加工成型时的流动方向对收缩率也有影响,在模具型腔设计的过程中,平行流向尺寸的收缩率大于垂直流向尺寸的收缩率。

4) 塑料加工成型时,塑料的温度、冷却时间、压力和速度等参数的设置都与制品的收缩率有关。通常情况下,温度高、压力小、冷却慢的制品收缩率就大。

(4) 塑料的热敏性能 塑料的热敏性能是指塑料对热的敏感性,在高温下受热时间较长或者模具进料口截面过小时,由于剪切力大,随着温度的提高,塑料容易发生变色、降聚或分解,具有这种特性的塑料称为热敏性塑料。热敏性塑料在分解时,会产生气体、固体等副产物,特别是有些塑料分解出来的气体具有刺激性气味和毒性,对人体有害,对设备和模具具有腐蚀作用。因此,在对热敏性塑料进行加工时,必须严格控制加工成型的温度,在原料中还要加入一定的稳定剂,以减弱热敏性。在进行模具型腔、流道、浇口设计时,针对热敏性塑料,要专门进行设计。

(5) 塑料的水敏性能 塑料的水敏性能是指塑料在常温下含有水分,在高温或高压下会发生分解的性能。在对各种不同的塑料进行加工时,要注意其含有水分的情况,要对加工设备进行检验,以达到工艺标准。例如,塑料聚碳酸酯在加工成型时,必须用烘箱进行干

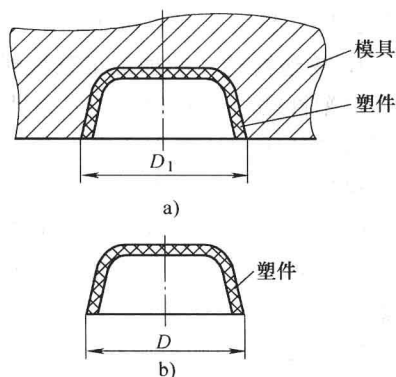


图 1-3 模具与产品的尺寸比较图