

✱ 高等院校材料科学与工程专业规划教材 ✱

塑料注射成型 模具设计

陈世煌 陈可娟 编著

MJSJ



国防工业出版社

National Defense Industry Press

高等院校材料科学与工程专业规划教材

塑料注射成型模具设计

陈世煌 陈可娟 编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书以塑料制品注射成型的三个要素,即“三大技术支柱”(工艺、机械和模具)为主线,在简明地介绍注射成型工艺和机械的基础上,围绕与塑料注射模具设计有关的问题,从原材料的选择到制品的结构设计,从模具的结构组成到分类,从浇注系统到脱模机构的设计,从模具成型零部件的设计计算到温度的调控等都做了较为系统的介绍和阐述。与此同时,还对热流道、气体辅助注射、热固性塑料的注射、反应注射、注射吹塑成型等工艺和模具的设计技术以及注射模具的 CAD/CAM/CAE 等做了简单扼要的介绍。为使读者了解注射模具设计质量的问题,本书还对注射模具设计的质量管理做了简要的介绍。

本书理论联系实际,图文并茂,既有必要的理论探讨和计算,亦有一些可供参考的设计实例以及模具的安装调试技术。本书可作为高等院校与高分子材料成型工程技术有关专业的教材,亦可供从事模具设计和制造工程的技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

塑料注射成型模具设计/陈世煌,陈可娟编著. —北京:
国防工业出版社,2007.9
ISBN 978-7-118-05317-3
I. 塑…胶 II. ①陈…②陈… III. 塑料成型—塑料模具—
设计 IV. TQ320.66
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 133926 号

※

国防工业出版社出版发行
(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)
北京奥鑫印刷厂印刷
新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 20 $\frac{3}{4}$ 字数 480 千字
2007 年 9 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 36.00

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

在现代工业发展的进程中,模具的地位及其重要性日益为人们所认识。据有关专家统计,在全世界所有的制品中有75%以上是通过模具来成型的(包括金属、塑料、陶瓷和玻璃等材料的制品)。因此,从这一意义上来说,“模具是产品之母”已成为不争的事实和共识。也可以说,没有模具就没有产品。模具工业作为进入富裕社会的原动力之一,正推动着整个工业技术的进步。当今,模具就是“现代化”,模具就是“高效益”的观念,已被越来越多的人所接受。

塑料是20世纪才发展起来的高分子新型材料。目前世界上塑料的体积产量已经赶上和超过了钢铁,成为当前人类使用的一大类材料。从塑料原材料到塑料制品,其成型工艺又有三个要素:原材料、成型设备及工艺条件、成型模具。而在现代塑料制品的成型加工中,被誉为是成型技术“三大支柱”之一的塑料模具尤其是注射成型模具,其对实现制品加工工艺的要求、制品的使用和外观造型等,都起着无可替代的作用。就是高效全自动化的设备,也只有与具有自动化生产功能的先进模具相配合,才能发挥其应有的效能。当今,模具已经成为塑料制品生产与更新不可或缺的基础和前提。

模具作为现代工业基础之一,发展日新月异。由此可见,推动模具技术的进步应是刻不容缓的课题,尤其是在大型塑料注射模具的设计技术与制造水平上,常可标志一个国家工业化的发展程度。

本书紧紧围绕塑料制品成型工艺的三个要素(也是三大技术支柱)为主线,在广泛参考现有塑料模具设计的有关著作、文献,并结合编著者多年从事教学、科研的实际认识和体会的基础上,从原材料到制品的造型设计,从注射成型工艺到成型设备,从注射模具的结构组成、材料选择到设计技术等都比较全面和系统的介绍。与此同时,在重点介绍注射模具设计的基础上,对一些应用较广泛的新的注射工艺及模具技术,如热流道技术、气体辅助成型、热固性塑料的注射成型及模具、反应注射成型、注射吹塑成型和注射模具的CAD/CAM/CAE等均有所介绍。为使读者对注射模具设计质量的重视,本书还对此做了必要的介绍。

本书理论联系实际,实用性强。既有必要的理论推导和计算,又有一定的设计实例,全书图文并茂,以利于加深读者对模具结构和工作原理的理解。另外还列有有关的附录供读者查阅,希望能向读者提供较为丰富内容和资料。

本书由陈世煌(别名陈锋)负责第1、2、3、4、5、6章的撰写;由陈可娟负责第7、8、9、10、11、12章及附录的撰写。

在本书的编写过程中得到不少同行、同事们的支持和帮助,在此谨表示衷心的感谢。

本书可作为高等院校与高分子材料成型工程技术有关专业的教材,亦可供从事高分子成型工程技术的科研、工程技术人员参考、使用。

由于编著者水平有限,书中难免存在一些缺点和瑕疵,恳请广大读者批评指正。

编著者
2007年4月

目 录

第 1 章 绪论	1	3.2 注射成型制品的设计及	
1.1 塑料及其功用	1	结构工艺性	25
1.2 塑料模具的功能及其在		3.2.1 注射制品的精度	25
塑料加工工业中的地位	1	3.2.2 塑料制品的结构设计	
1.3 我国塑料注射成型及其		及工艺性	31
模具工业的现状	2	第 4 章 塑料注射成型模具的类型	
1.4 塑料注射成型模具的发展		及其材料的选用	47
趋势	3	4.1 注射成型模具的组成、	
第 2 章 塑料注射成型工艺及机械	7	分类及技术要求	47
2.1 塑料注射成型工艺	7	4.1.1 注射成型模具的组成	47
2.1.1 塑料注射成型过程	7	4.1.2 注射成型模具的类型	48
2.1.2 塑料注射成型过程的		4.1.3 其他注射成型模具	56
要素及其相互关系	7	4.1.4 塑料注射模具的技术	
2.1.3 聚合物在注射成型中		要求	64
应注意的几个问题	12	4.2 塑料注射模具材料的选用	65
2.2 塑料注射成型机械	14	4.2.1 注射模具的工作条件	65
2.2.1 塑料注射成型机的		4.2.2 模具常见的失效形式	65
结构功能及其组成	15	4.2.3 注射模具对材料的	
2.2.2 塑料注射成型机的		要求	66
类型	15	第 5 章 塑料注射模具浇注系统的	
2.2.3 塑料注射成型机的主要		设计	80
技术参数	16	5.1 普通浇注系统的设计	80
2.2.4 塑料注射成型机与模具		5.1.1 浇注系统的组成	80
的关系	17	5.1.2 浇注系统的设计原则	81
第 3 章 塑料注射成型制品的设计	24	5.1.3 浇注系统的布置	81
3.1 塑料注射成型制品的设计		5.1.4 流道系统的设计	82
原则和方法	24	5.2 无流道冷凝料的浇注	
3.1.1 制品的设计原则	24	系统设计	103
3.1.2 制品的设计过程	24	5.2.1 热流道浇注系统的	
3.1.3 注射成型制品材料的		分类	103
选择	25	5.2.2 热流道系统的尺寸	

计算	114	机构	137
第 6 章 脱模机构设计	117	6.7.4 液、气压分型抽芯	
6.1 概述	117	机构	158
6.1.1 脱模机构的典型结构		6.7.5 联合作用的侧抽芯	
及组成	117	机构	159
6.1.2 脱模机构的设计要求 ..	118	6.8 螺纹塑件脱模机构	160
6.1.3 脱模机构的分类	118	6.8.1 非旋转脱出螺纹的	
6.2 脱模力的计算	118	方式	161
6.2.1 圆锥形型芯脱模力的		6.8.2 旋转自动脱出螺纹	
计算	119	的方式	163
6.2.2 矩形台锥形型芯脱		6.9 浇注系统冷凝料	
模力计算	122	的脱出	169
6.3 简单的脱模机构	123	6.9.1 主浇道冷凝料的	
6.3.1 推杆(顶杆)脱模机构 ..	123	脱出方法	169
6.3.2 推管脱模机构	126	6.9.2 潜伏式浇口浇注	
6.3.3 推板脱模机构	127	系统冷凝料的脱出	170
6.3.4 活动镶件和型腔脱模		6.9.3 三板式(两分型面)	
机构	128	模具浇注系统凝料的	
6.3.5 组合式脱模机构	128	自动脱出	170
6.4 定模侧设脱模机构的		第 7 章 塑料注射模具成型零件	
形式	129	的设计	172
6.5 双脱模(顺序)脱模机构	130	7.1 模具的分型面设计	172
6.5.1 压缩空气顺序双脱模		7.1.1 分型面类型	172
机构	130	7.1.2 分型面选择的原则	172
6.5.2 弹簧顺序脱模机构	131	7.2 凹模(动模)的结构设计	176
6.5.3 拉钩顺序分型双脱模		7.2.1 整体式凹模	176
机构	131	7.2.2 整体嵌入式凹模	176
6.6 脱模机构的辅助装置	132	7.2.3 局部镶嵌式凹模	177
6.6.1 导向机构	132	7.2.4 大面积镶嵌组合式	
6.6.2 回程复位机构	132	凹模	177
6.6.3 定距分型拉紧机构	134	7.3 型芯的结构设计	178
6.7 侧向分型抽芯机构	134	7.3.1 整体式型芯	179
6.7.1 侧向分型抽拔力和抽		7.3.2 组合式型芯	179
拔距的计算	135	7.4 排气槽的设计	182
6.7.2 手动侧向分型抽芯		7.4.1 模具的排气方式	183
机构	136	7.4.2 排气槽尺寸设计	184
6.7.3 机械侧向分型抽芯		7.4.3 负压及真空排气	185

7.5	成型零部件的工作尺寸计算	186			的影响及提高的办法 ...	236
7.5.1	工作尺寸分类及有关约定	186		9.1.2	冷却系统设计计算	237
7.5.2	影响塑料制品尺寸精度的因素及控制措施	188		9.1.3	模具中冷却通道的设计	247
7.5.3	成型零部件工作尺寸计算方法	191		9.1.4	冷却控制系统	255
7.6	型腔的强度和刚度计算	207	9.2	模具的加热系统	256	
7.6.1	圆形型腔、型芯的尺寸计算	209	9.2.1	电阻加热装置设计	256	
7.6.2	矩形型腔、型芯的尺寸计算	212	9.2.2	电阻加热功率的计算 ...	257	
第8章	塑料注射模具的合模导向机构	225	第10章	塑料注射模具设计的基本程序及设计实例	260	
8.1	导柱导向机构设计	225	10.1	设计模具应注意的问题	260	
8.1.1	导柱典型结构及要求	225	10.2	注射模具设计的基本程序	262	
8.1.2	导向孔、导套的典型结构及设计要求	228	10.2.1	接受任务书	262	
8.1.3	导柱导向机构应用实例	231	10.2.2	收集、分析、消化原始资料	263	
8.1.4	导柱布置	232	10.2.3	确定模具结构方案 ...	263	
8.2	二次精定位结构设计	232	10.2.4	绘制模具图	265	
8.2.1	简易卧销精定位结构	233	10.2.5	校对、审图、打印出图	267	
8.2.2	锥面定位机构设计	233	10.2.6	试模及修模	269	
8.2.3	圆锥形导柱、导套精定位结构	234	10.2.7	整理资料进行归档 ...	269	
8.2.4	圆形、矩形锥面精定位件结构	234	10.3	设计实例	269	
8.2.5	型芯和滑块的精定位结构	234	第11章	注射模具 CAD/CAE/CAM	273	
第9章	模具的温度控制	236	11.1	注射模具 CAD	273	
9.1	模具的冷却系统	236	11.1.1	注射模具 CAD 系统的设计过程	273	
9.1.1	冷却效率对生产效率		11.1.2	注射模具结构 CAD ...	278	
			11.1.3	模具优化设计和成本估算	281	
			11.2	注射模具 CAE	281	
			11.2.1	注射成型 CAE 简介 ...	282	
			11.2.2	注射成型 CAE 模拟分析	282	
			11.3	注射模具 CAM 简介	286	

11.3.1	数控加工程序的 自动编制	287	12.3	模具采购过程的质量 管理	302
11.3.2	计算机辅助工艺 规划	288	12.4	模具制造过程的质量 管理	302
11.3.3	计算机辅助模具生 产管理	289	12.4.1	模具制造过程的 质量管理体系	302
11.4	注射模具 CAD/CAE/CAM 的发展	290	12.4.2	模具制造过程的 质量检测	302
11.4.1	CAD 专用软件	290	12.4.3	模具制造检验	304
11.4.2	CAE 专用软件	292	12.5	模具调试	305
11.4.3	CAM 专用软件	293	12.5.1	试模的准备	305
11.5	CAD/CAE/CAM 集成 软件	294	12.5.2	注射准备阶段	306
11.6	模具 CAD/CAE/ CAM 的发展趋势	296	12.5.3	注射、保压	308
第 12 章	注射模具生产质量管理 及模具质量分析	297	12.5.4	冷却脱模	308
12.1	概述	297	12.5.5	脱模后处理	308
12.2	模具设计过程的质量 管理	298	12.6	试模制品缺陷分析	309
12.2.1	模具设计过程的质 量管理体系	298	12.7	模具验收	310
12.2.2	模具设计过程质量 管理的实施	298	附录 1	注射模具常用术语 中英文对照	311
			附录 2	常用热塑性塑料主要 性能特点和工艺参数	314
			参考文献		324

第 1 章 绪 论

1.1 塑料及其功用

塑料是 20 世纪才发展起来的高分子新型材料。目前世界上塑料的体积产量已经赶上和超过了钢铁,成为当前人类使用的一大类材料。

塑料是以树脂为主要成分,加入各种能够改善其加工及使用性能的添加剂(如增塑剂、稳定剂、润滑剂、着色剂、阻燃剂、抗静电剂、填料及发泡剂等),在特定温度、压力等条件的作用下,能够成型为符合所设计的形状要求,并可在常温、常压下保持此形状的一类材料。目前,塑料中所使用的树脂,绝大部分是合成树脂。其种类繁多,可达上千种,并且随着合成化学工业的发展还在不断增加,塑料工业经常使用的树脂,主要有几十种(附录 2)。

塑料的密度低、比强度高,又具有耐腐蚀和绝缘性能。在较多的品种中,有的减摩或耐磨性能良好,有的防振抗冲性能优异,有的则是耐疲劳性能突出,这使得塑料制品在国民经济的各行各业,无论是机械仪表或电子电器,还是建筑、包装和交通工具等,或是在人们的日常生活中,都大量地使用着。塑料制品能得到如此广泛使用的另一原因是,它还具有良好的可加工性,可以用注射、挤出、压制等多种成型方法高效地生产各种制品,又可经纤维增强或改性(物理或化学的),在一定程度上改善制品所需的某些性能。另外,塑料材料易着色、可多样化进行修饰,经处理后以千姿百态和艳丽的容颜走进千家万户。

结构件是塑料制品用量最大的品种,并在声光电等领域已成为不可或缺的构件。例如,电子仪表、家用电器和通信设备等的机壳、机架和机座,建筑上的塑料管道、板条和门窗。汽车上的前后保险杠、仪表板和内饰件。塑料件作为电的绝缘零件,与金属导体、半导体器件相辅相成。近年来,透明的塑料制品,从镜片、光盘到照明灯具,又拓展了新的应用领域,有许多特殊的应用场合都非塑料件莫属。例如,输送腐蚀性介质的管道、阀和泵。音响和办公设备中的无噪声的塑料齿轮,无法用油润滑的轴承和导轨,只能采用减摩和耐磨的自润滑的塑料。还有瞬时高温要求和高速飞行器上的特殊制件等。

塑料也存在一些缺点,这使其在应用中也受到一定的限制。一般塑料的刚性差,如尼龙的弹性模量约为钢铁的 $1/100$;塑料的耐热性差,在长时间工作的条件下一般的使用温度在 100°C 以下,在低温下易开裂;塑料的热导率只有金属的 $1/600\sim 1/200$,这对散热来说是一个缺点,若是在长期受载荷作用下使用,即使温度不高,塑料也会渐渐产生塑性流动,即产生“蠕变”的现象;塑料易燃烧,在光和热的作用下性能容易变差,发生老化的现象。所以,在制品设计选择塑料时要注意这些问题。

1.2 塑料模具的功能及其在塑料加工工业中的地位

从塑料原材料到塑料制品,它所经过的生产流程,是由三个既相关又独立的部门所组

成的:一是原材料(树脂)的生产;二是塑料的生产;三是塑料制品的生产。这三个生产部门构成了塑料制品成型加工密不可分的工业系统。

将塑料成型为制品的工艺有三个要素:原材料、成型设备及工艺条件、成型模具。在现代塑料制品的成型加工中,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”。尤其是塑料模具,其对实现制品加工工艺的要求、制品的使用和外观造型,都起着无可替代的作用。就是高效全自动化的设备,也只有与具有自动化生产功能的先进模具相配合,才能发挥其应有的效能。此外,塑料制品的生产与产品更新均以模具设计制造和更新为前提。

在现代工业发展的进程中,模具的地位及其重要性日益为人们所认识。据有关专家统计,在全世界所有的制品中约有 75% 以上是用模具来成型的(包括金属、陶瓷和玻璃等材料的制品)。因此,从这一意义上来说,“模具是产品之母”是不争的事实。也可以说,没有模具就没有产品。模具工业作为进入富裕社会的原动力之一,正推动着整个工业技术的进步。

1.3 我国塑料注射成型及其模具工业的现状

塑料注射成型是一种间歇式的成型方法,也是塑料制品的主要成型方法之一。它可以成型形状复杂、尺寸精确及带有嵌件的各种塑料制品。全世界约有 30% 的塑料原材料是用于注射成型的。由此可以看出,注射模具所担当的重要角色及所起的重要作用。

近些年来,我国塑料模具在设计、制造技术、CAD 技术、CAPP 技术方面都得到相应的开发和推广应用。特别是在大型、精密和多型腔注射模具的设计、制造技术方面已取得了很大的进步,模具的寿命明显提高,交货期也大大缩短。

在注射模具的设计、制造技术方面,CAD/CAM/CAE 技术的应用水平上了一个新台阶,不少厂商和研究开发单位陆续引进了相当数量的 CAD/CAM 系统和塑料模具分析软件等。这些系统和软件的引进,在我国模具行业中,实现了 CAD/CAM 的集成,并能支持 CAE 技术对成型过程,如充模和冷却等进行计算机模拟,取得了一定的技术经济效益,促进和推动了我国模具 CAD/CAM 技术的发展。但与国外相比仍有较大差距,具体数据见表 1-1。

表 1-1 国内外塑料模具技术比较表

项 目	国 外	国 内
注射模型腔精度/mm	0.005~0.01	0.02~0.05
型腔表面粗糙度 / μm	$R_a0.01\sim0.05$	$R_a0.20$
非淬火钢模具寿命 /万次	10~60	10~30
淬火钢模具寿命 /万次	160~300	50~100
热流道模具使用率 /%	80 以上	总体不足 10
标准化程度 /%	70~80	小于 30
中型塑料模具生产周期/月	1 个月左右	2~4 个月
在模具行业中的占有量 /%	30~40	25~30

我国自主开发的塑料模具 CAD/CAM 系统有了很大发展,主要开发的有 CAXA 系统、注射模具 HSC5.0 系统及 CAE 软件等,这些软件具有适应我国模具的具体情况、能在计算机上应用且价格较低等特点。为进一步普及模具 CAD/CAM 技术创造了良好的条件。表 1-2 为我国在设计技术与软件的应用方面与发达国家的对比。

表 1-2 塑料模具设计技术应用状况的对比

技术名称	发达国家			中 国		
	美国	日本	德国	香港	台湾	大陆
CAD 应用	75%	75%	70%	50%	40%	30%
CAE 应用	50%	50%	50%	40%	30%	15%
Flow 软件	普及	普及	普及	70%	50%	20%
Cool 软件	普及	普及	普及	70%	50%	20%

近年来,我国已较广泛地采用一些新的塑料模具钢,如: P20、3Gr2Mo、PMS、SM I、SMII 等,对模具的质量和使用寿命有着直接的重大影响,但总体使用量仍较少。塑料模具标准模架、标准推杆和弹簧等越来越广泛得到应用,并且出现了一些国产的商品化的热流道系统元件。但目前我国模具标准化程度的商品化程度一般在 30% 以下,和国外先进工业家已达到 70%~80% 相比,仍有差距。表 1-3 则为塑料模加工技术状况的对比。

表 1-3 塑料模具加工技术状况的对比

技术名称	发达国家	中国大陆
CAM 及 NCP4 及 5 轴联动 NCP 软件	加工周期缩短 60%, 模具成本降低 30%, 生产效率提高 60%	已在部分工厂开展研究或被列入“九五”技改项目
热流道技术及热管技术	大量使用, 已形成了系列和标准	20 世纪 70 年代开始研究, 迄今尚无标准
模具标准件级标准模架	已普及, 并实现了系列化和商品化	已有国家标准, 但系列化和标准化尚待规模化
专用模具钢材 (H13/ P20)	使塑料模具的不同类型专用模具钢系列化	列入国家“八五”计划, 已有部分成果

1.4 塑料注射成型模具的发展趋势

随着人类社会的进步和高新技术的不断发展,世界各国均不断投入重金研究和开发新的模具设计与制造技术。这些新技术包括设计技术、材料选择和加工技术、管理与维修技术等多种领域,属于系统工程技术。总的来说,主要围绕下列几个领域进行。

1. 提高大型、精密、复杂、长寿命模具的设计水平及比例

这是由于塑料模具成型的制品日渐大型化、复杂化和高精度要求以及因高生产率要求而发展的一模多腔所致。

2. 注射模具 CAD 实用化与集成化

(1)注射模具 CAD 的实用化。是在塑料模具设计制造中全面推广应用 CAD/CAM/CAE 技术。目前,CAD/CAM 已发展成为一项比较成熟的共性技术。近年来,模具 CAD/CAM 技术的硬件与软件价格已降低到中小企业普遍可以接受的程度,为其进一步普及创造了良好的条件;基于网络的 CAD/CAM/CAE 一体化系统结构初见端倪,其将解决传统混合型 CAD/CAM 系统无法满足实际生产过程分工协作要求的问题;CAD/CAM 软件的智能化程度也将逐步提高;塑料制件及模具的 3D 设计与成型过程的 3D 分析将在我国塑料模具工业中发挥越来越重要的作用。

注射模具 Moldflow 或 C-flow 及 Moldcool 或 C-cool 等软件已经商品化。美国 ACT 公司推出了 1998 年最新版本 C-Mold 系统软件,注射模具 CAD 实用化已进入了新的里程。我国相关的主管部门对注射模具 CAD 实用化进程亦十分重视,在“八五”期间已投入巨资开发出了注射模具 CAD/CAM/CAE 的集成系统软件。该系统由以下八个部分所组成:

复杂曲面几何造型图像软件;轴数控加工编程软件;注射级塑料物性数据库软件;流动仿真模拟分析软件;模温分析模拟软件;模具应力应变计算分析软件;CAD/CAM/CAE 集成系统软件;注射模具设计实用专家系统软件。

目前,美国 PSP 公司的 IMES 专家系统,能帮助模具设计人员用专家知识解决注射模具的设计质量问题。德国 IKV 研究所的 CADMOULD 系统,可用于注射模具的流动、冷却分析和力学性能校核。澳大利亚 MOLDFLOW 公司的注射模具 CAE 软件 MF,具有流动模拟、冷却分析、翘曲分析和应力分析等功能。

(2)塑料模具 CAD/CAE/CAM 的集成化。机械技术与电子技术的密切结合,以更多地采用图形输出、数控数显、计算机程序控制的设计与加工一体化方法,实现高层次、多工位加工,使塑料模具在质量、效率上产生一个新的飞跃。这种集成化的工作流程(图1-1)是集设计、分析与制造为一体。此外,激光造型与成型技术将在新产品的开发中显示出越来越重要的作用。另外,正在研究和应用模具的高速测量技术与逆向工程。采用三坐标测量仪或三坐标扫描仪实现逆向工程是塑料模具 CAD/CAM 的关键技术之一。研究和应用多样、调整、廉价的检测设备也是实现逆向工程的必要前提。

3. 塑料模具专用钢材系列化

应用优质材料和先进的表面处理技术对于提高模具的寿命和质量显得十分必要。“八五”期间,我国也组织了一批钢铁企业,专门研究和开发塑料模具专用钢材系列,但还需要继续扩大、推广和完善。

现在,塑料模具用钢材已形成了较为完善的体系,大致可分为如下五种类型:①基本型,如 55 钢,使用硬度小于 20HRC,切削加工性能好。②预硬型,这类钢是在中、低碳钢中加入一些适量合金元素的低合金钢,淬透性高、工性能好,调质后的使用硬度应为(25~35)HRC,属最大族系通用塑料模具钢。③时效硬化型,这类钢是在中、低碳钢中加入 Ni、Cr、Al、Cu、Ti 等合金元素的合金钢,其磨性和耐腐蚀性都优于预硬钢,经时效处理后,硬度可高达(40~50)HRC。多用于较复杂、精密或大批量生产长的寿命塑料模具。④热处理硬化型,这类钢所制得的型腔能达到很高的镜面,并可进行表面的强化处理,用其制造的模具经淬火和回火处理后,使用硬度可达(50~60)HRC。⑤马氏体时效钢和粉末冶金

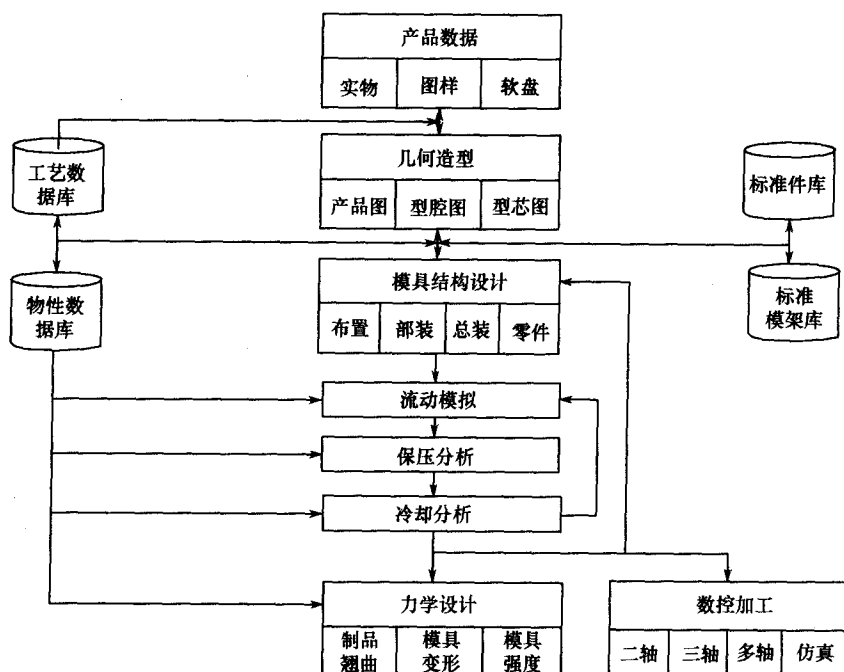


图 1-1 塑料注射模具 CAD/CAE/CAM 集成系统框图

模具钢,其适用于要求高耐磨性、耐腐蚀性、高韧性和镜面的塑料模,此类钢均是采用粉末冶金法制造的模具钢。

4. 塑料模标准化

提高塑料模具标准化水平和标准件的使用率。

模具标准化程度及其标准零件的制造规模与范围,常可标志一个国家的工业化程度。使用标准模架及其标准零件,可节省金属材料 30%,降低成本 25%,对于模具工业的发展具有十分重要的战略意义。

我国塑料模具的标准化,在国家标准 GB4169.1/11—84、GB/1255.1—90 和 GB/T1256.1—90 等三个文件的推动下,已取得了长足进步,并必将在未来的塑料模具的发展中,继续发挥越来越重要的作用。然而,与发达国家相比,我国模具标准件的水平 and 模具标准化的程度仍较低,与国外差距甚大,在一定程度上制约着我国模具工业的发展,为提高模具质量和降低模具制造成本,模具标准件的应用要大力推广。为此,首先要制定统一的国家标准,并严格按标准生产;其次要逐步形成规模生产,提高商品化程度、提高标准件的质量、降低成本;再次是要进一步增加标准件的规格品种。

5. 推广应用热流道技术、气(水)体辅助注射成型技术和高压注射成型技术

采用热流道技术的模具可提高制件的生产率和质量,并能大幅度节省原材料和能源,所以广泛应用这项技术是塑料模具的一大变革。制定热流道元器件的国家标准,积极生产价廉高质量的元器件,是发展热流道模具的关键。气体辅助及目前正在开发研制的水辅助注射成型也可在保证产品质量的前提下,大幅度地降低成本,目前在汽车和家电行业中正逐步推广使用。气(水)体辅助注射成型比传统的普通注射工艺有更多的工艺参数需要确定和控制,而且常用于较复杂的大型制品,模具设计和控制的难度较大,因此,开发其

成型流动分析软件,显得十分重要。为了确保塑料件的精度,继续研究开发高压注射成型工艺与模具也非常重要。

塑料注射模具的设计和制造技术可以说是一项高分子材料加工成型的系统工程,要设计、制造出一套能成型出高质量、高效率而成本又适宜的塑料制品,其所涉及和应考虑的问题是复杂而多的。本书将围绕这些问题进行交流和讨论。

第 2 章 塑料注射成型工艺及机械

要使塑料成为具有实用价值的材料,必须将其成型为制品。注射成型几乎占整个塑料制品成型的 30% 以上,因此,在全面介绍塑料注射模具的设计之前,先概要地介绍其成型工艺过程、工艺条件、成型设备及其与模具的关系是很有必要的。

2.1 塑料注射成型工艺

注射成型是在高压状态下将已熔融的塑料熔体以高速注入到闭合的模具型腔内,经冷却(对于热塑性塑料)或加热(对于热固性塑料)定型后得到和模具型腔形状完全一致的塑料制品的一种成型方法。

注射成型必须满足三个必要条件:一是塑料必须以熔融的状态被注入到模具的模腔;二是注入的塑料熔体必须具有足够的压力和流动速度以完全充满模具模腔;三是需有符合制品形状和尺寸并满足成型工艺要求的模具。因此,要完成注射成型则必须具备塑料塑化、熔体注射和成型这三种基本功能及其调控机制。

2.1.1 塑料注射成型过程

不同的注射成型机的动作程序可以不完全一致,但其动作可大致归结为如图 2-1 所示的基本程序。注射过程从所要完成的工艺内容来看大致可以分为:预塑化、合模、注射装置前移、注射、保压、注射装置复位、制品冷却开模、制品顶出等动作所组成的周期性过程。

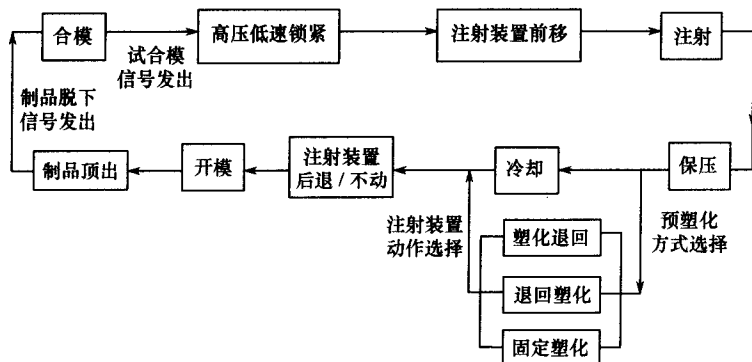


图 2-1 注射成型工艺过程示意图

2.1.2 塑料注射成型过程的要素及其相互关系

塑料制件的注射成型过程(图 2-2)可分为三个区段。在第一区段,塑料在旋转螺杆与料筒之间进行输送、压缩、熔融和塑化,并将塑化好的塑料熔体储存在料筒前端(螺杆头

部与喷嘴之间),待注射成型之用。在第二区段,储存在料筒端部的塑料熔体由于受到螺杆(或柱塞)向前的推压作用,通过喷嘴、模具的主流道、分流道和浇口开始注入模腔。在第三区段,塑料熔体经浇口注入模腔过程中的充模流动、相变及固化。这一区段的流变过程非常复杂,涉及三维流动、相迁移理论、不稳定传热等过程并交织在一起。

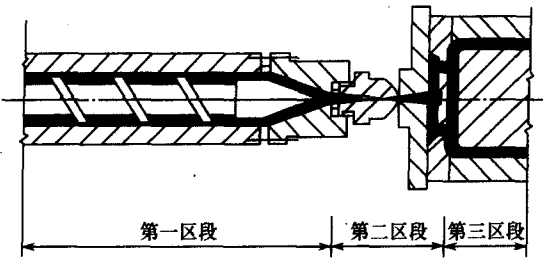


图 2-2 注射成型过程塑料熔体流动的三个区段

整个注射成型过程由以下诸要素构成。

(1)注射压力。在注射成型过程中的注射压力是指注射机螺杆(或柱塞)头部所提供的最大压强。注射压力 p_0 也是模腔压力的源头,它可由每台注射机的油压表上读出的最大值 p_i 换算得到,即

$$p_0 = p_i \left(\frac{D}{D_s} \right)^2 = p_i \left(\frac{p_{\max}}{p} \right) \tag{2-1}$$

式中: p_0 为调用的最大注射压力(MPa); D 为注射液压缸的活塞直径(mm); D_s 为注射螺杆或柱塞的直径(mm); p' 为注射机的最大注射压力(MPa); $p_{\max}$ 为注射机液压泵的额定油压(MPa); p_i 为注射过程中油压表上的最大值(即表压)(MPa)。

(2)模腔压力。广义的模腔(又称型腔)压力是模内塑料熔体流经位置和时间的函数。模腔压力链的位置状态如图 2-3 所示。主流道末端 A 处具有最大的分型面上的压力 p_A ; 浇口 B 处具有塑件模腔最大的压力 p_B ; A、B 两处常是压力的测定点。喷嘴的出口 Z 处的压力 p_Z 是模具浇注系统压力的源头。在双分型注射模具的型腔板上,浇注系统较复

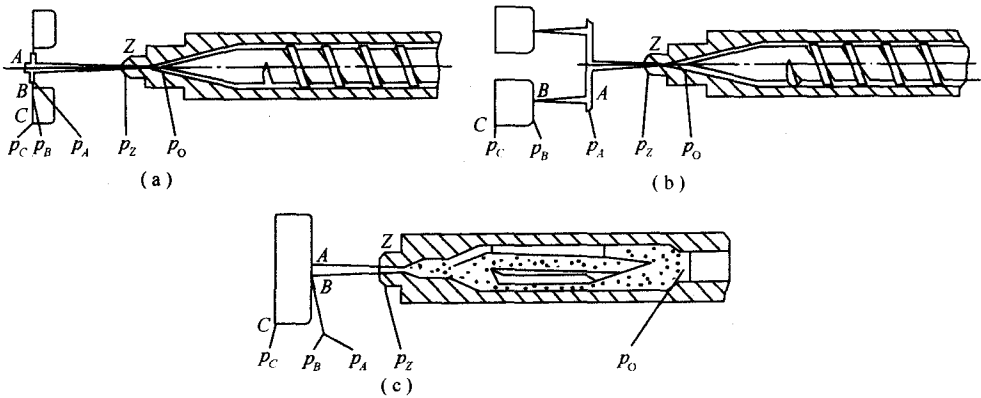


图 2-3 注射成型模腔压力链示意

(a)单分型面注射模具; (b)双分型面注射模具; (c)柱塞式单型腔注射模具。