

·模具技术丛书·



简明塑料成型工艺与模具 设计手册

黄晓燕 主编
申开智 主审



上海科学技术出版社

模具技术丛书

简明塑料成型工艺 与模具设计手册

黄晓燕 主编
申开智 主审

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

简明塑料成型工艺与模具设计手册/黄晓燕主编.
上海:上海科学技术出版社,2006.1
(模具技术丛书)
ISBN 7-5323-8135-8

I. 简... II. 黄... III. ①塑料成型—技术手册
②塑料模具—设计—技术手册 IV. TQ320.66-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 073628 号

世纪出版集团 出版、发行
上海科学技术出版社

(上海钦州南路 71 号(临) 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

苏州望电印刷有限公司印刷

开本 850×1156 1/32 印张 15.125

字数 395 000

2006 年 1 月第 1 版

2006 年 1 月第 1 次印刷

印数 1-4 300

定价:35.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向工厂联系调换

内 容 提 要

本手册系统介绍了塑料的性能、塑料制品的设计和各类塑料成型工艺及模具,在重点论述热塑性塑料注射成型工艺及模具设计的基础上,对热固性塑料注射模、无流道注射模、精密注射模的设计作了较为详细的介绍,同时还介绍了压缩、传递、挤出、中空、真空、压缩空气成型工艺及模具。内容丰富,覆盖面广。手册中列举了各类模具的典型结构,并辅以简单的文字说明和应用实例,给出了常用的公式和图表,力求理论联系实际,是一本查阅方便,实用性很强的工具书。

本手册可供从事塑料成型工艺及模具设计、制造的工程技术人员和工人使用,也可供大中专院校师生参考。

前 言

塑料工业是当今极具活力的一门行业,塑料制品通常通过模具而成型。在塑料件的实际生产中,主要的技术工作往往集中在成型工艺和模具设计两个方面,工艺与模具设计是密不可分的。为适应我国塑料工业飞速发展的需要,我们编写了这本《简明塑料成型工艺与模具设计手册》。

本手册全面系统地阐述了塑料的特性,塑料件工艺性及设计原则,在重点论述热塑性塑料注射成型工艺及模具设计的基础上,对无流道注射模、热固性塑料注射模、精密注射模、气体辅助注射模等最新成果作了扼要介绍,对压缩、传递、挤出成型工艺及模具设计作了较为详细的介绍,同时还简要介绍了中空、真空、压缩空气等模塑成型工艺及模具,覆盖塑料模种类广,内容全面。在注射模、压缩模、传递模、挤出模等的章节中,针对各自的成型特点,选编了各种典型的模具结构,并辅以实用性较强的图例和明晰化的分析,力求理论联系实际,既反映出先进的设计理念,又总结了实用的设计经验。

本手册编者为从事塑料成型工艺及模具设计方面科研和教学的工作者,参加本手册编写工作的有成都大学的许强、河南机电高等专科学校的杨占尧、成都 715 模具加工中心的刘伟、聂志萍、成都电子机械高等专科学校的黄晓燕、罗刚。成都电子高等机械专科学校的刘春惠完成了手册中表格的编排和校验。本手册由黄晓燕主编,许强任副主编,四川大学申开智教授主审。

本手册编写过程中得到了作者所在单位领导及同行的大力支持,同时还引用了不少其他作者的文献资料,在此向他们一并表示感谢。

由于编者水平有限,错误和不足之处恳请读者批评指正。作者的 E-mail 地址为:hxylxwj@126.com。

编 者

目 录

第 1 章 塑料概述	1
1.1 塑料的组成	1
1.2 塑料的分类	2
1.3 常用塑料的性能与应用	4
第 2 章 塑件设计	11
2.1 塑件结构工艺设计.....	11
2.1.1 尺寸和精度.....	11
2.1.2 收缩率.....	16
2.1.3 表面质量.....	20
2.1.4 结构形状.....	21
2.1.5 脱模斜度.....	22
2.1.6 壁厚.....	22
2.1.7 加强肋及其他增强结构.....	25
2.1.8 支承面.....	27
2.1.9 圆角.....	27
2.1.10 孔	29
2.1.11 嵌件	29
2.1.12 标记、符号、图案和文字	32
2.1.13 凸凹纹	33
2.1.14 螺纹	34
2.1.15 齿轮	36
2.1.16 铰链	37
2.1.17 塑件结构设计实例	38
2.2 塑件造型设计.....	41

2 目 录

2.2.1	造型设计的概念	41
2.2.2	造型设计的基本要素	41
2.2.3	造型设计的特征	42
2.2.4	造型设计的基本原则	42
2.2.5	塑件的计算机辅助设计	43
第3章	塑料注射成型工艺与模具设计	44
3.1	塑料注射成型工艺	44
3.1.1	注射工艺过程	45
3.1.2	注射成型主要工艺条件	51
3.2	注射模典型结构及分类	57
3.2.1	注射模典型结构	57
3.2.2	注射模分类	64
3.3	注射机和注射模的关系	70
3.3.1	型腔数量的确定和校核	70
3.3.2	注射量校核	72
3.3.3	注射压力校核	72
3.3.4	锁模力校核	72
3.3.5	装模部分相关尺寸校核	74
3.3.6	开模行程校核	76
3.3.7	推顶装置校核	79
3.4	普通浇注系统设计	80
3.4.1	浇注系统组成	80
3.4.2	浇注系统设计	81
3.4.3	浇注系统断面尺寸确定	104
3.5	成型零部件设计	106
3.5.1	分型面选择	107
3.5.2	排气系统设计	111
3.5.3	成型零部件结构设计	116
3.5.4	成型零部件工作尺寸计算	123
3.5.5	成型零件的强度和刚度计算	131

3.6 注射模结构与辅助零部件设计	135
3.6.1 导向机构设计	135
3.6.2 其他结构零件设计	145
3.6.3 标准模架	156
3.7 推出机构设计	169
3.7.1 推出机构分类及设计原则	169
3.7.2 脱模力计算	169
3.7.3 一次推出机构	170
3.7.4 二级推出机构	181
3.7.5 浇注系统凝料的脱出和自动坠落	185
3.7.6 定模推出机构	188
3.7.7 螺纹塑件推出机构	190
3.8 抽芯机构设计	194
3.8.1 抽芯机构分类	194
3.8.2 抽芯机构抽拔力和抽芯距的计算	196
3.8.3 斜销抽芯机构	197
3.8.4 弯销抽芯机构	212
3.8.5 斜滑块抽芯机构	214
3.8.6 齿轮齿条抽芯机构	219
3.9 温度调节系统	220
3.9.1 模具温度调节的基本原则	220
3.9.2 冷却通道传热面积及冷却水孔的确定	221
3.9.3 冷却系统设计	224
3.9.4 加热系统设计	231
3.10 无流道注射模设计	237
3.10.1 概述	237
3.10.2 无流道注射模结构	238
3.10.3 无流道注射模零部件设计	250
3.11 热固性塑料注射模设计	255
3.11.1 热固性塑料注射成型工艺	255

4 目 录

3.11.2	热固性塑料注射成型用原料和设备	256
3.11.3	热固性塑料注射模设计要点	257
3.11.4	热固性塑料温流道注射模	265
3.12	精密注射成型与模具	266
3.12.1	精密注射成型概念	266
3.12.2	精密注射成型用塑料	267
3.12.3	精密注射成型工艺	267
3.12.4	精密注射成型用注射机	268
3.12.5	精密注射模设计要点	269
3.13	气体辅助注射成型与模具	272
3.13.1	气体辅助注射成型原理	272
3.13.2	气体辅助注射成型方法	273
3.13.3	气体辅助注射成型设备	275
3.13.4	气体辅助注射成型特点	276
3.14	注射模设计实例	277
3.14.1	注射成型工艺规程的编制	277
3.14.2	注射模的结构设计	280
3.14.3	模具设计的有关计算	283
3.14.4	模具加热与冷却系统的设计	286
3.14.5	注射机有关参数的校核	288
3.14.6	绘制模具总装图和非标零件工作图	288
3.14.7	注射模主要零件加工工艺规程的编制	289
第4章	塑料压缩成型工艺与模具设计	294
4.1	压缩成型工艺	294
4.1.1	压缩成型工艺	295
4.1.2	压缩成型工艺条件	297
4.2	压缩模结构及分类	299
4.2.1	压缩模典型结构	299
4.2.2	压缩模分类	301
4.3	压缩模与压力机的关系	303

4.3.1	压力机	303
4.3.2	压缩模有关工艺参数的校核	303
4.4	压缩模成型零件设计	311
4.4.1	型腔总体设计	311
4.4.2	型腔配合结构和尺寸	313
4.4.3	凹模加料室的设计	322
4.5	压缩模结构零部件设计	325
4.5.1	导向零件设计	325
4.5.2	脱模机构设计	326
4.5.3	侧向分型抽芯机构的设计	336
4.6	压缩模典型结构	339
4.6.1	移动式压缩模	339
4.6.2	固定式压缩模	341
第5章	塑料传递成型工艺与模具设计	343
5.1	传递成型工艺	343
5.1.1	传递成型工艺	344
5.1.2	传递成型工艺条件	344
5.2	传递模结构及分类	345
5.2.1	传递模典型结构	345
5.2.2	传递模分类	345
5.3	传递模与压力机的关系	349
5.3.1	普通液压机的选择	349
5.3.2	专用液压机的选择	350
5.4	传递模零部件设计	350
5.4.1	加料室和柱塞	351
5.4.2	浇注系统设计	356
5.4.3	排气槽设计	359
第6章	塑料挤出成型工艺与模具设计	360
6.1	挤出成型工艺	360
6.1.1	挤出成型原理	360

6.1.2	挤出成型设备	361
6.1.3	挤出成型工艺	364
6.1.4	挤出成型工艺条件	370
6.2	挤出成型机头概述	373
6.2.1	机头的作用及分类	373
6.2.2	挤出成型模具典型结构分析	373
6.2.3	挤出成型机头设计原理	375
6.2.4	机头与挤出机的连接	376
6.3	管材挤出成型机头	380
6.3.1	管材挤出成型机头典型结构	380
6.3.2	挤管机头零部件的设计	382
6.3.3	管材定型模设计	386
6.3.4	挤管成型机头设计实例	389
6.4	棒材挤出成型机头	390
6.4.1	棒材典型机头结构	390
6.4.2	棒材定型模设计	392
6.5	板材和片材挤出成型机头	394
6.5.1	鱼尾式机头	395
6.5.2	支管式机头	396
6.5.3	螺杆式机头	398
6.5.4	衣架式机头	400
6.5.5	板材、片材厚度调节	401
6.6	吹塑薄膜挤出成型机头	402
6.6.1	吹塑薄膜工艺	402
6.6.2	吹塑薄膜挤出成型机头典型结构	403
6.6.3	吹塑薄膜的冷却风环	411
6.7	电线电缆挤出成型机头	412
6.7.1	电线挤出成型机头(挤压式包覆机头)	412
6.7.2	电缆挤出成型机头(套管式包覆机头)	413
6.8	异型材挤出成型机头	414

6.8.1	异型材的分类	414
6.8.2	异型材挤出机头	415
6.8.3	机头设计要点	416
6.8.4	异型材定型模	418
6.8.5	定型模设计要点	420
第7章	其他塑料成型工艺与模具设计	422
7.1	中空成型	422
7.1.1	中空吹塑成型工艺	422
7.1.2	中空吹塑成型模具典型结构	426
7.1.3	中空吹塑成型模具设计要点	426
7.2	真空成型	431
7.2.1	真空成型工艺	431
7.2.2	真空成型模具设计要点	433
7.3	压缩空气成型	435
7.3.1	压缩空气成型工艺	435
7.3.2	典型的压缩空气成型模具	436
7.3.3	压缩空气成型模具设计要点	437
附录	439
附录 A	塑料及树脂缩写代码(国家标准 GB/T 1844—1995)	439
附录 B	常用热塑性塑料的主要技术指标	442
附录 C	常用热固性塑料的主要技术指标	448
附录 D	常用塑料注射成型机技术参数	453
附录 E	常用液压机的主要技术参数	457
附录 F	注射模塑的缺陷及其可能产生原因的分析	459
附录 G	常用热塑性塑料注射成型工艺参数	462
参考文献	468

第 1 章 塑料 概 述

随着高分子材料合成技术、材料改性技术及高分子材料成型工艺的不断发展,塑料在工业产品与日常用品方面获得了广泛的应用。

1.1 塑料的组成

塑料是以树脂为主要成分的高分子材料,在一定温度和压力下具有可塑性,且模塑成型后,能保持形状尺寸不变并满足一定的使用性能。

塑料中的主要成分是树脂,树脂有天然树脂和合成树脂,塑料大多采用合成树脂。除了树脂之外,塑料中还含有多种成分的添加剂,表 1-1 为塑料的组成。

表 1-1 塑料的组成

成 分	基 本 功 能	说 明
树 脂	塑料的主要成分,决定了塑料的主要性能,如物理、化学、机械、电等方面的性能及成型性能	单一组分的塑料中,树脂几乎是 100%,多组分塑料中,树脂起粘剂的作用,将其他成分胶结成一个整体,树脂含量可占 30%~90%
润 滑 剂	利于塑料的成型流动和塑件的脱模,减少塑料与模具间的摩擦,防止发生黏附	可分为内润滑剂和外润滑剂两种。润滑剂用量要适量,常低于 1%
增 塑 剂	提高塑料的弹性、可塑性、流动性,改善塑料的低温脆性,使塑件变得柔软和抗振	最典型的塑料如聚氯乙烯,加入适量的增塑剂后,得到软质聚氯乙烯

(续)

成分	基本功能	说明
稳定剂	抑制和防止塑料因受热、光、氧等作用而发生降解、氧化断链、铰链等现象,使塑料的性能稳定	针对引起塑料变质的因素,稳定剂有光稳定剂、热稳定剂和抗氧化剂等
着色剂	使塑件色彩丰富,美观宜人。要使塑料具有特别的光学性能,可加入金属絮片、珠光色料、磷光色料或荧光色料等	可分为无机颜料、有机颜料、有机染料三类。选用时,除考虑着色效果外,应着重考虑塑件的用途。如对盛放食品的塑料器皿,须选用无毒、无臭、防迁移的着色剂
抗静电剂	防止塑件在加工和使用过程中因摩擦产生静电的积聚	静电除了影响塑件的性能,还会造成安全隐患,如矿井下使用的聚乙烯、聚氯乙烯等塑件,若产生静电会产生火花放电而引起爆炸
发泡剂	促使塑料内部产生大量的气孔	有物理发泡和化学发泡两类
阻燃剂	使塑件难以燃烧,能自行熄灭	用于室内装饰、矿井等有防火要求的场所
交联剂	即固化剂,使大分子发生交联,由受热后可塑的线型结构变成热稳定的体型结构	如环氧树脂只有在加入胺类等固化剂后才能成型为坚硬的塑件
填充剂	即填料,可降低产品成本,改善和增强塑料性能。塑料的硬度、刚度、强度、电绝缘度、导电性、耐热性、成型收缩率,塑件尺寸稳定性等都可通过添加相应的填充剂得到改善	常用的填充剂有粉状、纤维状和片状三种。粉状填料主要有木粉、滑石粉、云母粉、石英粉、石墨粉、金属粉等;纤维状填料主要有玻璃纤维、碳纤维、金属丝、棉花、亚麻等;片状填料主要有纸张、石棉布、棉布等

除表 1-1 所列添加剂外,还可加入其他助剂。如加入适量的铜等导电材料的微粒可制成导电塑料;在聚酯纤维中掺入能产生远红外线效应的精密陶瓷,从而产生发热效应,可制作防寒抗冷的衣物等。

1.2 塑料的分类

塑料的品种很多,分类方法也很多,表 1-2 是按不同方式进行的塑料分类。

表 1-2 塑料分类

分类方式	类别	基本特征	典型塑料
受热行为和树脂的分子结构	热塑性塑料	尚未成型时,树脂分子结构呈线型或支链状线型,加热时变软并熔融,成为黏稠液体,冷却固化后定型成塑件。可反复加热成型。成型中,主要发生物理变化,仅有少量化学变化,物理变化过程是可逆的	聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚氯乙烯、ABS、聚甲基丙烯酸甲酯、聚甲醛、尼龙、聚碳酸酯、聚砜等
	热固性塑料	尚未成型时,树脂为线型聚合物分子;成型时,分子通过自带的反应活点与交联剂作用而发生交联反应,塑件内部树脂固化为体型分子,既不熔化又不溶解,不再具有可塑性。成型中,既有物理变化又有化学变化	酚醛塑料、氨基塑料、环氧塑料、有机硅塑料、硅酮塑料、脲醛、三聚氰胺甲醛、不饱和聚酯等
塑料的性能及用途	通用塑料	原料来源丰富,产量大,价格便宜,应用范围广的塑料	聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、酚醛和氨基塑料
	工程塑料	综合性能优良,在工程技术中作为结构材料的塑料,其力学性能、耐磨擦性、耐腐蚀性、尺寸稳定性等较高	ABS、尼龙、聚甲醛、聚碳酸酯、聚苯醚、聚砜及各种增强塑料
	特种工程塑料	产量少,价格贵,分别在耐高温、耐辐射、耐烧蚀、导电、导磁、感光 and 医用等方面有突出性能	氟塑料、聚酰亚胺、聚苯硫醚、PPS、PEK 等
分子结晶状态	结晶性塑料	分子规则排列且保持其形状	聚乙烯、聚丙烯、尼龙等
	非结晶性塑料	长链分子成无规线团(热塑性塑料)或结成网状(热固性塑料)且保持其形状的塑料	聚苯乙烯、ABS、聚碳酸酯等
高分子主链的元素结构	碳链高分子	主链全由碳原子构成,多属加聚物	聚乙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯等
	杂链高分子	主链除碳原子外还有 O、N、S、P 等原子,多属缩聚物	尼龙、不饱和聚酯塑料、聚氨基甲酸酯等
	元素高分子	主链不一定含碳原子,主要由 Si、O、N、Al、P、Ti 等元素构成,多属缩聚物	有机硅树脂等

1.3 常用塑料的性能与应用

常用热塑性塑料的性能与应用见表 1-3, 常用热固性塑料的性能与应用见表 1-4。

其他塑料(如各种改性塑料)的性能与应用, 需参考其实验数据来确定, 原料生产厂家一般会提供相关资料。

常用塑料及树脂缩写代号和中、英文名称见附录 A。

表 1-3 常用热塑性塑料的性能与应用

塑料名称		特 点		应 用
代 号	模塑材料	优 点	缺 点	
HDPE	高密度聚乙烯	<ol style="list-style-type: none"> 1. 密度小, 在 -70°C 下保持软质 2. 耐酸碱及有机溶剂 3. 介电性能好 4. 成本低, 成型加工方便 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 胶结和印刷困难 2. 自熄性差 	机器罩、盖、手柄, 机床低速导轨、滑道, 工具箱, 日用品及周转箱等
PP	聚丙烯	<ol style="list-style-type: none"> 1. 质轻, 刚硬有韧性 2. 抗弯强度高, 抗疲劳, 抗应力开裂 3. 高温下仍保持其力学性能 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 耐候性差 2. 低温脆性 	化工容器、管道、片材、叶轮、法兰、接头、绳索、打包带、纺织器材、电器零件、汽车配件等
PB	聚丁烯	<ol style="list-style-type: none"> 1. 密度小 2. 抗冲击强度高 3. 耐化学腐蚀性好 4. 可在 105°C 下长期使用 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 耐候性差 2. 自熄性差 	化工管道、散热器衬里、接头、容器、仪器仪表表壳等
PS	聚苯乙烯	<ol style="list-style-type: none"> 1. 透明, 刚硬 2. 成本低, 成型加工方便 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 易破裂 2. 易刮伤 3. 易老化 	电器及指示灯罩、盖、手柄、建筑装饰品、日用品等
ABS	丙烯腈-丁二烯-苯乙烯	<ol style="list-style-type: none"> 1. 力学性能和热性能好, 硬度高, 表面易镀金属 2. 耐疲劳和抗应力开裂、抗冲击强度高 3. 耐酸碱等化学性腐蚀 4. 成本低, 成型加工方便, 容易修饰 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 耐候性差 2. 耐热性不够理想 	机器盖、罩, 仪表壳, 手电钻壳, 风扇叶轮, 收音机、电话和电视机等壳体, 电器零件, 汽车零件, 机械及常规武器的零部件等

(续)

塑料名称		特 点		应 用
代 号	模塑材料	优 点	缺 点	
PA6	尼龙 6	<ol style="list-style-type: none"> 1. 强度高 2. 抗蠕变性好, 抗疲劳强度高, 抗冲击强度高 3. 耐油等化学溶剂与试剂 4. 耐磨性优良 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 吸水性大, 影响尺寸稳定, 并使一些力学性能下降 2. 干燥环境下冲击强度降低 	各种轴套、轴承、密封圈、垫片、联轴器、管道等
PA66	尼龙 66	<ol style="list-style-type: none"> 1. 刚硬, 强度高于其他聚酰胺品种 2. 比尼龙 6 和尼龙 610 的屈服强度大 3. 在较宽的温度范围内仍有较高的强度、韧性、刚性和低摩擦因数 4. 耐油等化学溶剂与试剂 5. 耐磨性好 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 吸湿性高 2. 在干燥环境下抗冲击强度降低 3. 成型加工工艺不易控制, 易流涎 	各种齿轮、凸轮、蜗轮、轴套、轴瓦等耐磨零件等
PA610	尼龙 610	<ol style="list-style-type: none"> 1. 力学性能介于尼龙 6 和尼龙 66 之间 2. 吸水性较小, 尺寸稳定 3. 比尼龙 66 稍硬且韧 	抗拉强度及伸长率比尼龙 6 低	齿轮、轴套、机器零部件等
PA1010	尼龙 1010	<ol style="list-style-type: none"> 1. 半透明, 韧而硬 2. 吸水性比尼龙 6 和尼龙 66 小 3. 力学性能与尼龙 6 相似 4. 耐磨性好 5. 耐油性性能突出 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 完全干燥条件下变脆 2. 受气候影响强度下降 	叶轮、齿轮、保持架、凸轮、蜗轮、轴套等机械零件, 汽车、拖拉机零件等
FRPA	玻璃纤维增强尼龙	<ol style="list-style-type: none"> 1. 机械强度成倍提高, 冲击强度也相应提高 2. 线膨胀系数小 3. 热性能提高 1 倍以上 4. 吸水性小, 尺寸稳定 5. 质硬而韧 	表面光泽度差	叶轮、螺旋桨、机床零件、螺母、轴瓦、电动机风扇、手电钻壳体、齿轮、凸轮及耐高温的机械零部件等