

普通高等教育“十二五”规划教材

模具CAD

主 编 曹岩 杜江
副主编 陶毅 王蕊



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育“十二五”规划教材

模 具 CAD

主 编：曹 岩 杜 江

副主编：陶 毅 王 蕊

参 编：李朝朝 董爱民 程维中 洪亚瑾

袁 艳 姚 慧 姚敏茹



机 械 工 业 出 版 社

本书从使用者的角度出发,结合作者的多年实际经验,通过大量实例讲解,系统地介绍以 Pro/ENGINEER Wildfire 的 Pro/MOLD 及 Pro/ASSEMBLE 模块进行模具设计的基本思维方式和过程,包括塑料模具设计基础、注射成形基础知识与模具、模具设计工作流程及基本操作、简易模具设计、模具零件检测、靠破孔设计、以 UDF 设计浇道系统、斜滑块设计、哈夫块设计、一模多腔设计、注塑模设计、真空成形模具设计、模具设计变更、专家模座系统及应用例等。

本书内容全面,以图文方式进行讲解,直观易学。本书可作为各大中专院校的 CAD/CAM 专业教材和参考书,尤其适合机械、模具、汽车、工业设计、电子、家电、玩具等行业的模具设计专业人员使用。

为便于教学,各章案例中的模型文件在 www.cmpedu.com 中供老师下载,欢迎下载使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

模具 CAD/曹岩,杜江主编;陶毅,王蕊编. —北京:机械工业出版社, 2012.9

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-111-39326-9

I. ①模… II. ①曹…②杜…③陶…④王… III. ①模具-计算机辅助设计-高等学校-教材②模具-计算机辅助制造-高等学校-教材
IV. ①TG76-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 176132 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:丁昕祯 责任编辑:丁昕祯 吴超莉 任正一

版式设计:霍永明 责任校对:张媛

封面设计:张静 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·17.5 印张·414 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-39326-9

定价:34.00 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

模具是一种技术密集、资金密集型的产品，模具工业已被国家正式确定为基础产业。由于模具在很大程度上决定着产品的质量、效益和新产品的开发能力，因此模具生产技术水平的高低，已成为衡量一个国家产品制造水平高低的重要标志。

国外从 20 世纪 60 年代初就开始模具 CAD/CAM 的应用研究工作，到 20 世纪 70 年代已研制出模具 CAD/CAM 的专门系统，可应用于各种类型的模具设计和制造，并取得了显著效果，受到世界各国的普遍重视。1973 年美国 DIE COMP 公司率先研制出 PDDC 连续模系统；1977 年前捷克斯洛伐克金属加工工业研究院研制出可进行简单模、复合模及连续模的冲裁模设计的 KT 冲模 CAD 系统；1978 年日本机械工程实验室建立 ME1 连续模设计系统；1979 年日本旭光学工业公司研制出冲孔模和弯曲模 PENTAX 的 CAD 系统；1982 年日本日立公司开发冲模 CAD 系统；1985 年日本 NISSIN 精密机器公司采用了冲模 CAD/CAM 系统。随着仪器、仪表、家用电器、交通、通信和轻工业产品等行业的飞速发展，并且模具具有品种多、数量大、更新换代快、单件生产等特点，使模具 CAD 系统在设计 and 制造中的地位越来越重要，广泛应用于各大中型企业及科研单位。

模具设计是一个相对复杂的过程，需要按照一定的流程进行，例如先分析工件，再作工艺设计，最后进行模具结构设计，但具体进行时灵活性很大。模具 CAD 系统的开发能否最终为广大用户所接受，并与其设计习惯一致，是一个重要的问题。因此，必须考虑到所有可能遇到的问题，并提出解决的方案。

Pro/ENGINEER 是美国 PTC (Parametric Technology Corporation) 公司的 CAD/CAM 软件，集成了零件设计、产品装配、NC 加工、钣金设计、模具设计、逆向工程和应力分析等各种功能，广泛应用于电子、机械、模具、工业设计、汽车、家电、玩具等行业。而 Pro/MOLD 是 Pro/ENGINEER Wildfire 的模具设计模块，Pro/MOLD 可以对零件进行自动分模，自动产生塑料模具的型芯和型腔，然后设计模具的浇口、流道、冷却水道、顶针孔等模具结构，最终设计出能顺利脱模的模具零件。

本书从使用者的角度出发，结合编者多年实际经验，通过大量实例讲解，系统地介绍以 Pro/ENGINEER Wildfire 的 Pro/MOLD 及 Pro/ASSEMBLE 模块进行模具设计的基本思维方式和过程，包括塑料模具设计基础、注射成形基础知识与模具、模具设计工作流程及基本操作、简易模具设计、模具零件检测、靠破孔设计、以 UDF 设计浇道系统、斜滑块设计、哈夫块设计、一模多腔设计、注塑模设计、真空成形模具设计、模具设计变更、专家模座系统 (EMX) 及应用等。本书内容全面，以图文方式进行讲解，直观易学。可作为各大中专院校的 CAD/CAM 专业教材和参考书，尤其适用于机械、模具、汽车、工业设计、电子、家电、玩具等行业的模具设计等专业人员使用。

本书由曹岩、杜江担任主编，由陶毅、王蕊担任副主编。其中，第 1 章和第 2 章由王蕊编写；第 3 章由陶毅、李朝朝编写，第 4 章由李朝朝、程维中编写，第 5 章由程维中、李朝



朝编写，第6章由陶毅、李朝朝编写，第7章由程维中、李朝朝编写，第8章由洪亚瑾编写，第9章、第11~13章由董爱民编写，第10章由洪亚瑾编写，第14章由李朝朝、陶毅编写。校稿由曹岩、杜江完成。图片处理由袁艳、姚慧、姚敏茹完成。

由于编者水平有限，错误之处在所难免，望各位读者不吝赐教，编者在此深表感谢。

编 者

目 录

前言

第1章 塑料模具设计基础 1

1.1 模具简介 1

1.1.1 模具的概念 1

1.1.2 模具的作用 1

1.1.3 模具的分类 1

1.1.4 模具行业的发展趋势 1

1.2 模具材料 2

1.2.1 模具材料概述 2

1.2.2 塑料模具材料 3

1.3 塑料成形基本知识 4

1.4 塑件制品设计原则 5

1.4.1 塑件的尺寸、精度和表面粗糙度的设计 5

1.4.2 脱模斜度设计 5

1.4.3 塑件壁厚设计 5

1.4.4 加强筋设计 6

1.4.5 凸台设计 6

1.4.6 圆角和边缘修饰设计 6

1.4.7 孔、槽设计 7

1.4.8 标记和符号设计 7

1.4.9 嵌件设计 8

1.4.10 螺纹设计 8

1.4.11 飞边 8

简答题 9

第2章 注射成形基础知识与模具 10

2.1 注射成形基础知识 10

2.1.1 注射成形原理和工艺过程 10

2.1.2 注射成形设备 11

2.2 注射成形模具 11

2.2.1 注射成形模具的基本结构和

分类 11

2.2.2 塑料制品分析及型腔数目确定 12

2.2.3 注射机的技术规范 12

2.2.4 确定分型面 12

2.2.5 确定浇注系统 15

2.2.6 成形零件结构设计 21

2.2.7 确定侧凹处理方法, 进行侧面成形与抽芯机构的设计 21

2.2.8 顶出机构设计 24

2.2.9 拉料杆 25

2.2.10 辅助机构设计 26

简答题 26

第3章 模具设计工作流程及基本

操作 27

3.1 模具设计工作流程 27

3.2 Pro/ENGINEER Wildfire 模具设计

功能 29

3.2.1 设计功能 29

3.2.2 菜单结构 30

3.2.3 模具设计的配置 31

3.2.4 Pro/MOLDESIGN 术语英汉对照及定义 33

3.3 模具设计基本概念 36

3.3.1 设计模型 36

3.3.2 参照零件 36

3.3.3 工件 38

3.3.4 模具模型 40

3.3.5 模具基础元件 40

3.3.6 模具组件 40

3.4 模具设计基本操作 40



3.4.1 建立模具模型	40	简答题	72
3.4.2 设置收缩率	41	第6章 靠破孔设计	73
3.4.3 设计浇道系统	44	6.1 仪表外壳类塑料件模具设计	73
3.4.4 设计分型面	45	6.1.1 建立一个新的 Mold 文件	73
3.4.5 拆模	49	6.1.2 建立 Mold Model	73
3.4.6 模具分析	49	6.1.3 建立毛坯 (Workpiece)	73
3.4.7 填充	50	6.1.4 设置收缩率	74
3.4.8 开模	50	6.1.5 建立分型面	74
3.5 Pro/MOLDESIGN 文件	52	6.1.6 拆分型腔、型芯	78
3.5.1 文件类型	52	6.1.7 生成模具型腔、型芯零件	79
3.5.2 保存文件	52	6.1.8 生成浇注件	79
3.5.3 文件管理	53	6.1.9 定义开模动作	79
简答题	53	6.1.10 保存后退出	80
第4章 简易模具设计	54	6.2 手机外壳塑料件模具设计	80
4.1 简易分型面设计	54	6.2.1 建立一个新的 Mold 文件	80
4.2 分型面设计实例	55	6.2.2 装配 Mold Model	80
4.2.1 建立一个新的 Mold 文件	55	6.2.3 建立毛坯 (Workpiece)	81
4.2.2 装配 Mold Model	56	6.2.4 设置收缩率	81
4.2.3 建立毛坯 (Workpiece)	57	6.2.5 建立分型面	81
4.2.4 设置收缩率	57	6.2.6 拆分型腔、型芯	84
4.2.5 建立分型面	58	6.2.7 生成模具型腔、型芯零件	84
4.2.6 拆分型腔	58	6.2.8 生成浇注件	84
4.2.7 由下模型腔和上模型腔生成 型腔	58	6.2.9 定义开模动作	84
4.2.8 生成浇注件	59	6.2.10 保存后退出	86
4.2.9 定义开模	59	6.3 壳类零件的模具设计	86
4.2.10 保存后退出	60	6.3.1 建立一个新的 Mold 文件	86
简答题	60	6.3.2 装配 Mold Model	86
第5章 模具零件检测	61	6.3.3 建立毛坯 (Workpiece)	86
5.1 模具零件检测功能	61	6.3.4 设置收缩率	87
5.2 盖类模具零件检测实例	61	6.3.5 建立分型面	87
5.2.1 建立一个新的 Mold 文件	61	6.3.6 滑块头体积块设计	89
5.2.2 建立 Mold Model	61	6.3.7 拆分成形零件的体积块	90
5.2.3 建立毛坯 (Workpiece)	63	6.3.8 生成模具型腔、型芯滑块零件	91
5.2.4 设置收缩率	64	6.3.9 生成浇注件	91
5.2.5 建立分型面	64	6.3.10 定义开模动作	91
5.2.6 拆分模具型腔、型芯	65	6.3.11 保存后退出	93
5.2.7 产生模具型腔、型芯零件	66	简答题	93
5.2.8 生成浇注件	66	第7章 以 UDF 设计浇道系统	94
5.2.9 模具零件检测	66	7.1 建立 UDF 特征	94
5.2.10 定义开模动作	71	7.1.1 建立新的实体零件	94
5.2.11 保存后退出	72	7.1.2 建立 Cut 特征, 用以模拟浇口	95
		7.1.3 建立 Cut 特征, 用以模拟流道 (Gate)	95

7.1.4 建立 Cut 特征, 用以模拟主 浇道	96	第 10 章 一模多腔设计	148
7.1.5 将进浇系统特征 (前面的 3 个 Cut 特征) 设置为用户定 义特征	96	10.1 建立一个新的 Mold 文件	148
7.1.6 保存文件	97	10.2 建立 Mold Model	148
7.2 UDF 特征应用于浇道系统设计	97	10.3 设置收缩率	151
7.2.1 建立一个新的 Mold 文件	97	10.4 建立浇道系统	151
7.2.2 装配 Mold Model	97	10.5 建立型芯分型面	154
7.2.3 建立毛坯 (Workpiece)	98	10.6 开模	155
7.2.4 设置收缩率	98	10.7 抽取生成零件	156
7.2.5 使用 UDF 加入浇道系统特征	98	10.8 生成浇注件	157
7.2.6 建立分型面	99	10.9 定义开模动作	157
7.2.7 拆分型腔	100	10.10 保存后退出	158
7.2.8 由下模型腔和上模型腔生成 型腔	101	简答题	158
7.2.9 生成浇注件	101	第 11 章 注塑模设计	159
7.2.10 定义开模动作	101	11.1 建立一个新的 Mold 文件	159
7.2.11 保存后退出	102	11.2 建立 Mold Model	159
简答题	102	11.3 设置收缩率	160
第 8 章 斜滑块设计	103	11.4 建立型芯分型面	161
8.1 建立一个新的 Mold 文件	103	11.5 建立分型面	162
8.2 建立 Mold Model	103	11.6 开模	163
8.3 设置收缩率	105	11.7 以分型面作出上、下型腔	164
8.4 建立浇道系统	105	11.8 抽取生成零件	164
8.5 建立分型面	106	11.9 生成浇注件	165
8.6 开模	115	11.10 定义开模动作	165
8.7 抽取生成零件	119	11.11 保存后退出	167
8.8 生成浇注件	120	简答题	167
8.9 定义开模动作	120	第 12 章 真空成形模具设计	168
8.10 保存后退出	124	12.1 建立一个新的 Mold 文件	168
简答题	124	12.2 建立 Mold Model	168
第 9 章 哈夫块设计	125	12.3 设置收缩率	170
9.1 建立一个新的 Mold 文件	125	12.4 建立型芯分型面	170
9.2 建立 Mold Model	125	12.5 开模	176
9.3 设置收缩率	127	12.6 抽取生成零件	179
9.4 建立分型面	127	12.7 生成浇注件	180
9.5 开模	142	12.8 定义开模动作	180
9.6 抽取生成零件	143	12.9 保存后退出	182
9.7 生成浇注件	144	简答题	182
9.8 定义开模动作	144	第 13 章 模具设计变更	183
9.9 保存后退出	147	13.1 模具设计变更程序	183
简答题	147	13.2 模具设计变更实例	184
		13.2.1 第一次零件设计变更	184
		13.2.2 第二次零件设计变更	186
		13.2.3 第三次零件设计变更	194



简答题	205	14.4 EMX 模座设计应用实例	208
第 14 章 专家模座系统 (EMX) 及		14.4.1 热水器面板的模具设计	208
应用	206	14.4.2 手机塑料衬套的模具设计	253
14.1 专家模座系统 (EMX)	206	简答题	271
14.2 使用 EMX 创建模座的基本流程	206	参考文献	272
14.3 操作功能解释	206		

第 1 章 塑料模具设计基础

1.1 模具简介

1.1.1 模具的概念

模具是在工业生产中用注塑、吹塑、挤出、压铸或锻压成形、冶炼、冲压、拉伸等方法得到所需产品的各种模子和工具。

1.1.2 模具的作用

模具在现代工业生产中的作用主要体现在以下 3 个方面。

- 1) 在塑料、陶瓷、粉末冶金、锻造和压铸等行业应用非常广泛。
- 2) 模具采用压力加工产品，因此广泛应用于无屑加工。
- 3) 模具制造业代表着一个国家的制作技术水平。

1.1.3 模具的分类

模具分为冷作模具、热作模具和温作模具，详细分类如图 1-1 所示。

在这些模具中，塑料模具应用最为广泛，因此本书主要针对塑料模具讲解利用 Pro/ENGINEER 系统对其进行设计的方法和技巧。

1.1.4 模具行业的发展趋势

当前，整个工业生产的发展特点是产品品种多、更新快、市场竞争激烈。为了适应用户对模具制造的短交货期、高精度、低成本的迫切要求，模具必然会有如下发展趋势。

(1) 模具软件功能集成化

模具软件功能的集成化要求软件的功能模块比较齐全，同时各功能模块采用同一数据模型，以实现信息的综合管

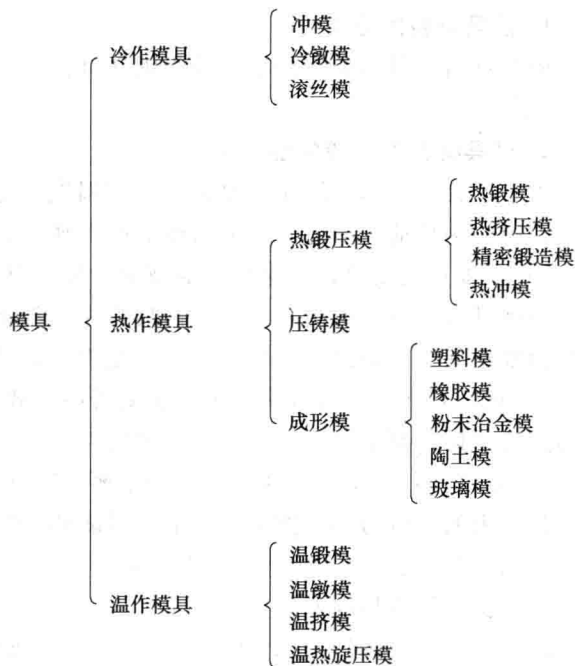


图 1-1 模具的分类



理与共享,从而支持模具设计、制造、装配、检验、测试及生产管理的全过程,达到实现最佳效益的目的。如英国 Delcam 公司的系列化软件就包括了曲面、实体几何造型、复杂形体工程制图、工业设计高级渲染、塑料模设计专家系统、复杂形体 CAM、艺术造型及雕刻自动编程系统、逆向工程系统及复杂形体在线测量系统等。集成化程度较高的软件还包括:Pro/ENGINEER、UG 和 CATIA 等。

(2) 模具设计、分析及制造的三维化

传统的二维模具结构设计已越来越不适应现代化生产和集成化技术要求。模具设计、分析及制造的三维化、无纸化要求新一代模具软件以立体的、直观的形式来设计模具,所采用的三维数字化模型能方便地用于产品结构的 CAE 分析、模具可制造性评价和数控加工、成形过程模拟及信息的管理与共享。

(3) 模具软件应用的网络化趋势

随着模具在企业竞争、合作、生产和管理等方面的全球化、国际化,以及计算机软硬件技术的迅速发展,使得在模具行业应用虚拟设计、敏捷制造技术既有必要,也有可能。

1.2 模具材料

模具制造是一个比较复杂的生产工艺过程,它包括模具的设计、模具材料的选择、热处理、机械加工、调试安装等过程。其中所选模具材料的性能水平、材质的优劣、热处理工艺是否得当,是影响模具使用寿命的关键因素。

1.2.1 模具材料概述

1. 模具材料的分类

模具材料按材料类别的不同分为钢铁材料、非钢铁金属材料和非金属材料 3 大类,如图 1-2 所示。

2. 模具材料的一般性能要求

由于模具的工作环境比较复杂,工作温度不稳定,需要承受高压、冲击、振动、摩擦、弯扭、拉伸等负荷,因此对其材料性能有很高的要求。

1) 硬度:硬度是模具钢的主要技术指标,模具在高应力的作用下欲保持其形状尺寸不变,必须具有足够强的硬度。冷作模具钢在室温条件下一般硬度保持在 60HRC 左右;热作模具钢根据其工作条件,一般要求保持在 40~55HRC。

2) 韧性:在工作过程中,模具承受着冲击载荷,为了减少在使用过程中的折断、崩刃等形式的损坏,要求模具钢具有一定的韧性。

3) 耐磨性:决定模具使用寿命最重要的因素往往是模具材料的耐磨性。模具在工作中承受相当大的压应力和摩擦力,要求模具能够在强烈摩擦下仍保持其尺寸精度。

4) 抗热性能:由于模具经常在高温环境下工作,并且温度还不停变化,因此要求模具材料具有良好的抗热性能。

5) 咬合抗力:咬合抗力实际上就是发生“冷焊”时的抵抗力,该性能对于模具材料较为重要。

3. 选择模具材料的一般原则

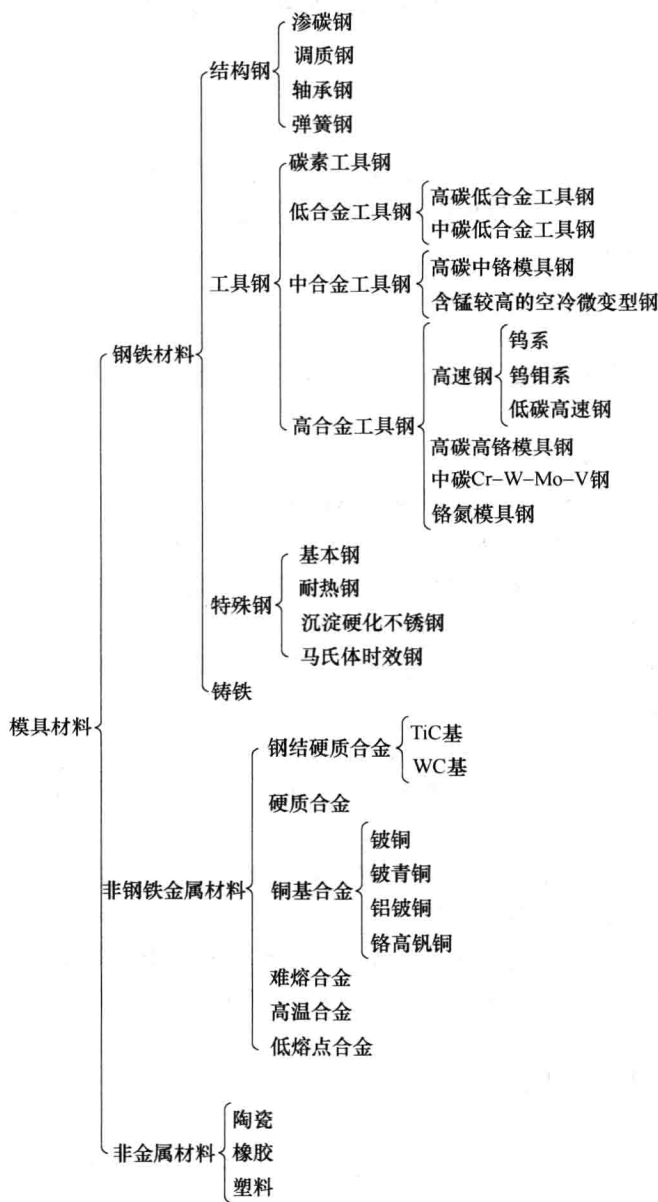


图 1-2 模具材料的分类

- 1) 使用性能高：包括材料的强度、硬度、塑性和韧性等。
- 2) 工艺性能良好：材料在满足使用性能的前提下，要求容易加工，且加工成本低。
- 3) 材料供应充足：选用资源丰富、供应量大的材料，所选材料的品种规格尽可能少，要便于采购。
- 4) 经济性合理：所选材料要求生产过程简单、成品率高、制造成本低。

1.2.2 塑料模具材料

随着塑料产品在国民经济各个部门的广泛应用，塑料模具所用钢材也得到了空前发展，

模具钢材使用量日益增大,同时对钢材的品种规格和形状提出了新的要求。

1. 模具成形零件材料的要求

1) 具有足够的强度、刚度、耐疲劳性和足够的硬度、耐磨性。成形含有硬质填料的增强塑料应具有更高的耐磨性。

2) 具有一定的耐热性和小的膨胀系数。尤其成形温度高的塑料(如聚碳酸酯、聚砒、聚苯醚等),要求模具具有良好的热稳定性,即在较高温度下强度、硬度没有明显的变化。

3) 热处理变形和开裂倾向小,在使用过程中尺寸稳定性好,对高精度的塑料制品,如光学镜片等,模具尺寸只允许微小的变化。

4) 具有优良的切削加工性能和抛光性以及表面装饰纹加工性。

5) 耐腐蚀性好。在模塑成形中会产生腐蚀性气体的塑料,对模具的耐腐蚀性要求较高。

2. 塑料模具钢的选用

选用模具材料和确定热处理要求时应注意以下两点。

(1) 根据模具零件的功用合理选择材料和正确确定热处理要求

对于与熔体接触并受熔体流动摩擦的零件(成形零件和浇注系统零件)和工作时有相对运动摩擦的零件(导向零件、推出和抽芯零件)以及重要的定位零件等,应分不同情况选用优质碳素结构钢、合金结构钢或工具钢等,并根据其工作提出热处理要求。对于其他结构零件,可视其重要性而定。

(2) 成形零件应分不同情况选择材料

选择的依据是塑料的类型及制品的尺寸、精度、质量、数量等的要求,并考虑模具制造条件。

对于要求表面有高的耐磨性而芯部有好的韧性,形状不太复杂的模具,可以选用渗碳钢。这种钢适宜采用冷挤压法制造型腔,并经渗碳、淬火、回火而成,有效地缩短了制模周期,减少了模具加工费用,提高了模具精度和互换性。对于形状简单、精度要求不高、产量不大的塑料制品,可选用优质碳素调制钢(一般为45钢)制造模具成形零件。

1.3 塑料成形基本知识

塑料的品种有很多,目前投入工业生产的也有很多,常用的有40多种。塑料按分子结构不同分为热塑性塑料和热固性塑料。

热塑性塑料在加热时,分子活动能力增强,链分子间容易产生相对运动,塑料形态由固态逐渐软化或者熔融成胶糊状态或黏稠流体状态,冷却后又变硬复原为固态。若温度过高且时间过长,材料将被破坏。

热固性塑料的分子结构是在塑料(树脂)加热成形后期逐渐形成的。在加热初期,具有可塑性,也会软化,能塑制成形。经过一定时间的加热、加压后,发生化学反应而固化。固化后的塑料冷却后再重新加热时就不能再软化。若加热温度过高,固化的塑料将被烧焦而毁坏。



1.4 塑件制品设计原则

为了顺利地设计出合格的模具,应该首先保证设计出适合模具加工的零件,也就是说零件设计是否合理是一个很重要的问题。零件设计是否合理主要从以下几个方面来考虑。

1.4.1 塑件的尺寸、精度和表面粗糙度的设计

1. 塑件的尺寸

塑件的尺寸应满足使用及安装要求,同时应考虑模具制造的工艺性能、设备性能(如注射机最大注射量、锁紧力、模板尺寸、压机最大压力、台面尺寸等)。还必须考虑塑料的流动性;对流动性能差和壁薄的塑件,尺寸不能设计得过大,防止塑件产生熔接痕或注射不足等缺陷。

2. 精度

精度由塑料制品的成形工艺方法的特点所决定。影响塑料制品精度的因素主要有:模具制造的精度、塑料成分及成形工艺条件等变化而引起的收缩率的波动,模具成形部件的磨损而引起的型腔尺寸变化,塑件的模具的结构特点等。因此,要合理地选择塑件精度,在满足使用要求的前提下尽可能选用低精度等级。

一般塑件的精度在7~8级;若将模具型腔、型芯尺寸的制造公差提高,并选用收缩率小且变化范围小的塑料,则成形塑件尺寸精度可达6级;在特殊情况下,塑件各项单独尺寸精度可达4级。

3. 表面粗糙度

塑件的表面粗糙度主要由模具型腔的表面粗糙度决定,因此一般模具型腔的表面粗糙度要比塑件低一个等级。塑件的表面粗糙度与成形工艺也有一定关系,例如压制件表面粗糙度低,注塑件若有瑕疵点则表面粗糙度高。塑件为了追求光滑美观,常常要求表面粗糙度低(Ra 值为 $0.1 \sim 0.8 \mu\text{m}$),为此模具型腔表面需要研磨抛光,透明制品要求型腔和型芯表面粗糙度相同。

1.4.2 脱模斜度设计

由于塑料冷却后产生收缩,会使塑件很紧地包住模具型芯或型腔中凸出的部分,如何使脱模容易是很重要的问题。为了便于塑件从模具内取出或从塑件内抽出型芯,防止塑件与模具成形表面的黏附,以及产生塑件表面被划伤、擦毛等情况,塑件的内外表面沿脱模方向都应有倾斜角度,即脱模斜度或出模斜度(一般为 $1^\circ \sim 3^\circ$,有时也可以小至 0.5°)。

脱模斜度的选取方向,一般内孔以小端为准,斜度由扩大方向取得;外形以大端为准,斜度由缩小方向取得,如图1-3所示。

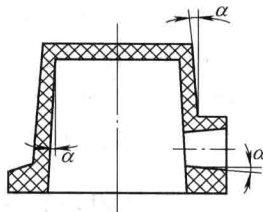


图1-3 脱模斜度

1.4.3 塑件壁厚设计

塑件的壁厚是重要的结构要素,由使用要求和工艺要求决定,对工艺的影响很大,因此



合理选择塑件的壁厚相当重要。就工艺上来说,壁厚过小,塑料在型腔中的流动阻力大,成形困难,特别对于形状复杂和大尺寸塑件容易出现充不满的缺陷或要较大提高注射压力;壁厚过大,不仅增加成本,还会延长冷却时间,加长成形周期,降低生产效率,此外,还容易产生缩孔、气泡等,如图 1-4 所示。

壁厚应以各处均匀一致为原则,但由于塑件的构造或成形上壁厚必须变化,并且由于经济原因亦需对壁厚作适当调整。设计壁厚时必须考虑以下内容:构造强度;脱模强度;能均匀分散冲击作用;嵌合金属件部分防止开裂(成形材料与金属材料的热膨胀系数不同,收缩时容易产生裂痕);结构对流动的阻碍,防止充填不足。

1.4.4 加强筋设计

加强筋的作用是指在不增加整个塑件厚度的条件下,加强塑件的刚度和强度。适当地使用加强筋,常可克服歪扭现象。对于由许多壁面组成的塑件而言,其中较大的面增设加强筋显得尤为重要。

在设计加强筋时,应避免塑料局部聚积,否则会产生缩孔、气泡。可将塑件实心部位改成空心,塑件内的加强筋应低于外壁 0.5mm 以上,使支承面易于平直。筋条的排列要顺着塑料在型腔内的流动方向,这样流动性好,并且料流平稳、收缩均匀、变形小。空心薄壁容器可在边沿、底部或侧部设置加强筋。加强筋的数量、结构形状、高度尺寸和布置形式,应根据塑件的具体情况而定。如图 1-5 所示为典型加强筋的设计形式,图 1-5b 就比图 1-5a 的结构好。

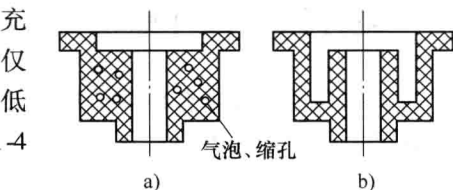


图 1-4 壁厚设计

a) 不合理 b) 较好

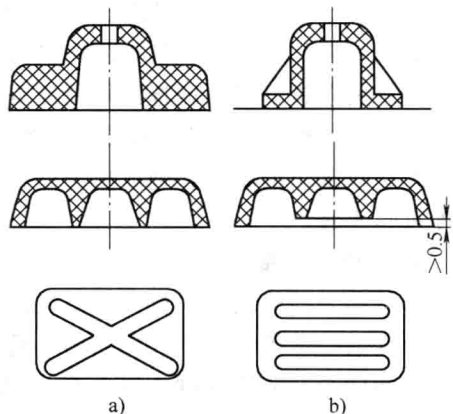


图 1-5 典型加强筋的设计形式

1.4.5 凸台设计

凸台是用来增强孔或装配附件的凸出部分。设计凸台时,除应考虑采用加强筋时考虑的一般问题外,在可能范围内凸台应当位于边角部位,其几何尺寸应小,高度不应超过其直径的两倍,并应具有足够的倾斜角度以便脱模。设计固定用的凸台时,除应保证有足够的强度外,在转弯处还不应有突变,如图 1-6 所示。

1.4.6 圆角和边缘修饰设计

塑件的边缘和边角带有圆角,可以增加塑件某部位或整个塑件的机械强度,有利于成形时塑料在模具内流动,也有利于塑件的顶出,塑料制品外形也美观大方。因此塑件除了使用上要求采用尖角或者由于不能成形出圆角之处外,塑件上的所有转角处应尽可能采用圆角过渡,因为尖角容易造成应力集中,导致塑件受力或受到冲击、振动时容易破裂,甚至在脱模

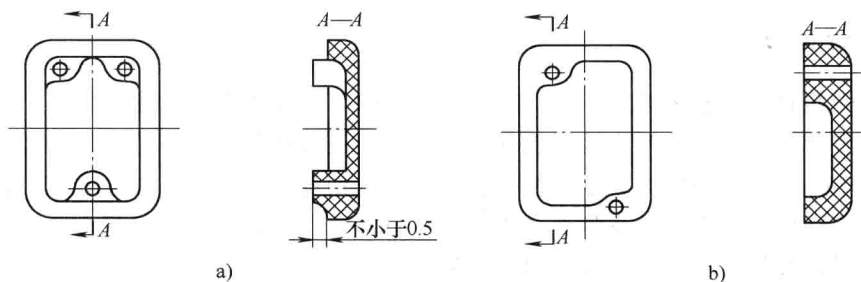


图 1-6 凸台

顶出过程中由于产生的内应力而开裂。圆角半径的大小与壁厚有关，常用内圆角的尺寸为 $R = 0.5A$ (R 为圆角半径值， A 为塑件壁厚)，外圆角的尺寸为 $R = 1.5A$ ，如图 1-7 所示。

另一方面，塑件的圆角同时导致与其对应的模具型腔部位也是圆角，使模具的结构强度增加，并有利于加工制造和热处理，减小变形开裂，延长模具使用寿命。但有些部位（如分型面型腔与型芯结合处）不宜采用圆角，防止成形时溢料或妨碍塑件脱模。

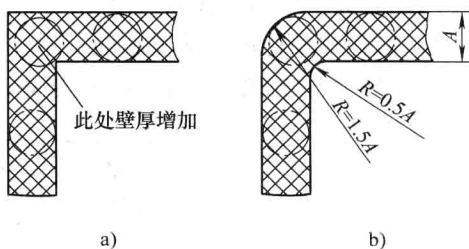


图 1-7 圆角设计

a) 未加圆角 b) 圆角

1.4.7 孔、槽设计

塑件上经常有孔或槽结构存在，各种孔或槽应尽可能设置在不容易削弱塑件强度的地方，并力求便于成形和避免增加模具的复杂性。一般在相邻孔之间以及孔道边沿之间，均应留有足够的距离，并尽可能使塑件的壁厚一些，防止在孔、槽处因装置零件而破裂。因此，在设计孔的位置尺寸时，应使孔的边距大于孔径；对固定孔和受力孔（槽），还应设置凸缘来加强，如图 1-8 所示。

1.4.8 标记和符号设计

塑料制品的表面经常有文字、图案等标志结构，主要有凸形、凹形和凸凹形 3 种。当标志为凸文时，模腔表面为凹文；当标志为凹文时，模腔表面为凸文。为了避免凸文被磨损和碰坏，常在凸文四周加一凸台，且凸台高度大于凸文高度，如图 1-9 所示。

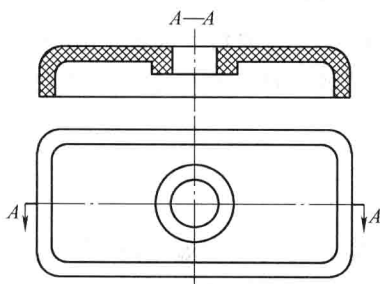


图 1-8 孔加强

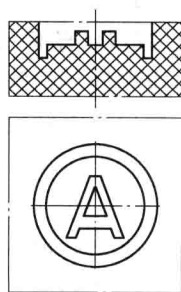


图 1-9 凹坑凸字的形式



1.4.9 嵌件设计

为了增强塑料制品整体或某一部位的强度和刚度,以满足拆装等使用要求,经常要在塑件的内部设置金属嵌件。有时也为了能导磁、导电、改善塑件成形工艺性而设置嵌件。设置嵌件能保证塑件的尺寸稳定性、制造精度,降低材料消耗和节约贵重材料。但嵌件会使模具结构复杂、工序增加,生产效率降低,难以实现自动化,导致塑件成本提高。

嵌件的形状有杆、销、板片和弯角等多种形态,嵌件的设计应满足以下原则。

1) 嵌件的定位要可靠,不会在模塑成形时发生移位或旋转,为此嵌件伸入塑件的一头通常制成方头、凹槽状或加入滚花。

2) 嵌件与塑件的连接要牢固,不容易松动和拉出。

图 1-10 所示为几种常见的嵌件形式。

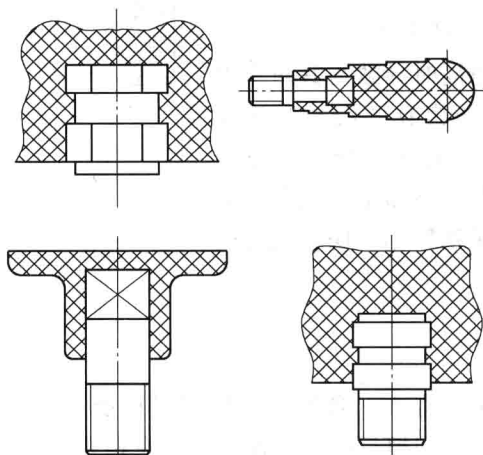


图 1-10 嵌件形式

1.4.10 螺纹设计

塑件制品上的螺纹可以注塑成形,也可以切削成形。塑料螺纹的强度比金属螺纹小,并且由于螺距易变化,其精度也较低。在经常拆卸和受力较大的部位,应采用金属螺纹嵌件来成形。塑料螺纹孔的外径一般不得小于 2mm,精度不高于 IT8 级,螺距不宜过小。为防止塑料螺纹第一牙崩裂或变形,无论是内螺纹还是外螺纹,其两端均应设置 0.5~1mm 的无螺纹段。由于加工模具螺纹成形零件的需要,塑件螺纹的起始和末尾端(进刀和退刀处)应留有 1~10mm 的过渡段,塑件螺纹孔有倒角的,其型芯也应做出倒角。在同一型芯上有两段螺纹时,其旋向应相同,螺距应相等,否则无法拧下型芯或塑件。塑件上的螺纹孔,也可以先注塑成光孔,然后再攻螺纹来制造。

1.4.11 飞边

飞边是指塑件成形后在分型面上及模具内活动成形零件的间隙中溢出的多余的塑料。飞边直接影响塑件的尺寸精度,去除飞边后也难免使塑件表面质量降低,故飞边位置的选择非常重要。通常,既要考虑飞边易于去除,又要考虑飞边位置不要露于塑件表面,以避免飞边