



高等职业教育“十二五”规划教材
数控技术应用专业系列

模具数控加工技术

● 主编 蒋建强 曹振平



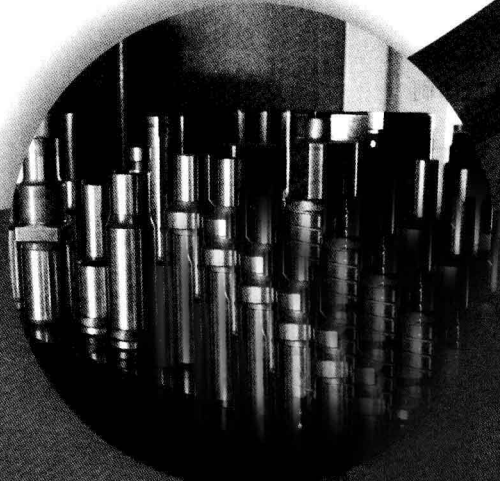
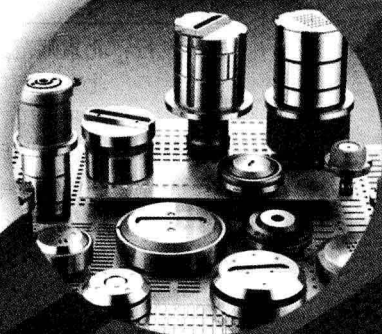
北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社



高等职业教育“十二五”规划教材
数控技术应用专业系列

模具数控加工技术

● 主 编 蒋建强 曹振平
副主编 张义平
参 编 何建秋 万昌烨 蔡梦廖 杜玉湘
胡明清 曹承栋 吴子安 魏 娜
王利锋 马 立 董虎胜 蒋 璐
赵 艳 赵 明



图书在版编目(CIP) 数据

模具数控加工技术 / 蒋建强, 曹振平主编. —北京: 北京师范大学出版社, 2011.9

(21 世纪高职高专系列规划教材)

ISBN 978-7-303-12895-2

I. ①模… II. ①蒋…②曹… III. ①模具—数控机床—加工—高等职业教育—教材 IV. ① TG76

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 090242 号

出版发行: 北京师范大学出版社 www.bnup.com.cn

北京新街口外大街 19 号

邮政编码: 100875

印 刷: 北京京师印务有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 184 mm × 260 mm

印 张: 19.5

字 数: 391 千字

版 次: 2011 年 9 月第 1 版

印 次: 2011 年 9 月第 1 次印刷

定 价: 33.00 元

策划编辑: 周光明

责任编辑: 周光明

美术编辑: 高 霞

装帧设计: 弓禾碧工作室

责任校对: 李 茵

责任印制: 孙文凯

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 010-58800697

北京读者服务部电话: 010-58808104

外埠邮购电话: 010-58808083

本书如有印装质量问题, 请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话: 010-58800825

前言

模具是当今工业生产中使用得极为广泛的主要工艺装备,是最重要的工业生产手段及工艺发展方向,一个国家工业水平的高低,在很大程度上取决于模具工业的发展水平,模具工业的发展水平,是一个国家工业水平的重要标志之一,模具制造是一切制造之首,加快技能型人才培养,更离不开对模具人才的培养。现代模具技术首先必须要有先进的机床和工艺,其次更要有优秀的模具人才——模具技师来作保证;现代模具技术是体现在模具设计和模具操作上,模具的质量与精度,同样要靠先进的机床、工艺和优秀的模具技师来保证。在先进的国家,模具制作已实行“无纸化”,模具师靠电脑进行设计,产品加工就是向电脑输入数据,进行模具开发。再先进的数控机床,没有好的模具人才,没有长期的技能培养,是操作不了的。因此,出版《模具数控加工技术》这本教材,加快模具人才的培养显得十分必要。

本书较全面地讲述了现代模具的先进制造技术,并通过各种典型实例来分析和研究模具的设计和加工方法,全书共分7章,包括模具制造的基础知识、模具高速雕铣加工技术、模具电火花成型加工技术、数控电火花线切割加工技术、Mastercam X² 模具数控加工技术、Pro/ENGINEER WildFire 5.0 模具数控加工技术、UG NX 7.5 模具数控加工技术。

本书内容丰富,简明扼要,图文并茂,兼顾模具加工的先进性与实用性,全书的实例均来自生产实践,由浅入深,通俗易懂。是一本实用性强、适用面广的教材,是一本涉及面广,内容丰富的模具数控加工技术教材。可作为高职高专数控、模具、机械制造及相关专业的教材,也可供从事冲压模具生产制造人员、工程设计人员、大中专院校学生以及自学者学习使用。

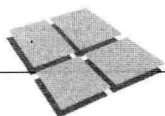
本书由苏州经贸职业技术学院教授、高级工程师蒋建强,苏州高等职业技术学校副教授曹振平主编,苏州市职业大学教授张义平副主编,其中第1、5章由蒋建强编写,第2、3、4章由曹振平编写,第6、7章由张义平编写。参加本书部分章节编写工作的还有何建秋、万昌烨、蔡梦彦、杜玉湘、胡明清、曹承栋、吴子安、魏娜、王利锋、马立、董虎胜、蒋璐、赵艳、赵明等,同时感谢他们的大力协助和支持。

由于作者水平有限,从事模具制造技术工作经验不足,书中难免有不少缺点或错误之处,恳请读者提出批评。

编者
2011年4月

目 录

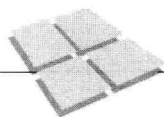
第 1 章 模具制造的基础知识	1	2.2.1 进入 SKY 系统	23
1.1 模具的生产过程和工艺过程	1	2.2.2 F1 自动方式操作	23
1.1.1 模具的生产过程	1	2.2.3 子功能菜单的使用	24
1.1.2 模具的工艺过程	2	2.2.4 加工程序文件的运行控制	26
1.1.3 现代模具制造的设备配置与组合	4	2.2.5 自动方式下 F、S 的倍率控制	26
1.2 模具制造工艺过程	5	2.3 F2 手轮方式操作	26
1.2.1 工艺过程的组成	5	2.3.1 手脉功能详细说明	27
1.2.2 制造工艺过程的步骤	6	2.3.2 手脉使用的注意事项	28
1.2.3 工艺规程的内容和常用格式	6	2.4 F3 手动方式操作	28
1.3 零件图的工艺分析	7	2.4.1 手动方式的进入	28
1.3.1 零件的结构分析	7	2.4.2 手动方式界面	28
1.3.2 机械产品的结构工艺性	8	2.5 F4 返参方式操作	31
1.4 本课程的性质、任务和要求	10	2.5.1 返参方式的进入	31
习题 1	11	2.5.2 返参方式界面	31
第 2 章 模具高速雕铣加工技术	12	2.6 F5 管理方式操作	34
2.1 高速雕铣加工技术概述	12	2.6.1 管理方式的进入	34
2.1.1 高速雕铣加工的基本概念	12	2.6.2 管理方式界面	34
2.1.2 高速雕铣的工艺特点及在模具制造中的应用	14	2.7 软件控制限位的设置	37
2.1.3 SKDX5060 高速数控铣床简介	19	2.7.1 使用机床的注意事项	37
2.1.4 SKDK5060 型高速数控铣床的键盘设定及鼠标运用	21	2.7.2 软限位的设置	38
2.1.5 SKDK5060 型高速数控铣床的系统启动及关闭	22	2.7.3 软限位的检查	38
2.2 SKDK5060 型高速数控铣床的操作方式及功能	23	2.8 编程	38
		2.8.1 系统定义	39
		2.8.2 插补功能实例	45
		2.8.3 进给功能	49
		2.8.4 其他功能	50
		2.8.5 辅助功能	58
		2.9 补偿功能	59



2.9.1 高速铣刀具补偿功能的类型	59
2.9.2 刀具长度补偿(G43、G44、G49)	60
2.9.3 刀具半径补偿(G40、G41、G42)	62
2.9.4 标准固定循环	64
习题 2	73
第 3 章 模具电火花成型加工技术	75
3.1 概述	75
3.1.1 电火花加工的特点	75
3.1.2 电火花加工的用途	75
3.1.3 电火花加工机床的组成及作用	76
3.1.4 实现电火花加工的条件	76
3.1.5 电火花加工的两个重要效应	77
3.2 电火花加工的主要工艺指标	79
3.2.1 加工速度	79
3.2.2 工具电极损耗	79
3.2.3 表面粗糙度	80
3.2.4 放电间隙	80
3.2.5 电火花加工工艺技术的基本矛盾及解决	81
3.3 NH7145NC 电火花成型机基本操作	83
3.3.1 NH7145NC 电火花成型机用途和特点	83
3.3.2 主要规格及工艺指标	84
3.3.3 系统组成	84
3.3.4 操作面板使用说明	85
3.3.5 维护	86
3.4 数控操作说明	87
3.4.1 NH7145NC 电火花成型机操作	87
3.4.2 操作面板说明	88
3.4.3 加工说明	90

3.4.4 加工举例	92
3.4.5 加工复杂工件	93
3.5 操作工艺	95
3.5.1 工具电极	95
3.5.2 排渣与排气	97
3.6 加工实例	99
3.6.1 一般盲孔的电火花加工	99
3.6.2 电火花加工表面粗糙度样板实例	101
3.6.3 浅型腔花纹模的电火花加工实例	102
3.7 电火花机床维护	103
3.7.1 注意事项	103
3.7.2 安全操作、防火事项	103
3.7.3 维修条例	104
习题 3	106
第 4 章 数控电火花线切割加工技术	108
4.1 概述	108
4.1.1 数控电火花线切割机床简介	108
4.1.2 电火花线切割的工作原理	108
4.1.3 电火花线切割加工工艺	111
4.2 HF 线切割自动编程	113
4.2.1 全绘图方式编程	113
4.2.2 界面及功能模块的介绍	114
4.2.3 辅助线绘图编程实例	119
4.2.4 轨迹线绘图编程实例	127
4.3 高级绘图功能	128
4.3.1 常用曲线	128
4.3.2 列表线	132
4.3.3 变图形	133
4.3.4 “变图块”功能	135
4.3.5 “变轨迹”功能	138
4.3.6 “修整”功能	139

4.3.7 “测量”功能	140	5.6.4 钻孔	178
4.3.8 “等分”功能	140	5.6.5 实体验证	182
4.3.9 “调图”功能	140	5.7 综合实例二	183
4.3.10 “其他”功能	142	5.7.1 曲面造型	183
4.3.11 “回退”功能	143	5.7.2 三维曲面粗加工	188
4.4 HF 电火花线切割加工		5.7.3 曲面残料粗加工	194
操作	143	5.7.4 曲面平行铣削精加工	199
4.4.1 参数设置	144	习题 5	203
4.4.2 移轴	145	第 6 章 Pro/ENGINEER WildFire 5.0	
4.4.3 检查	146	模具数控加工技术	204
4.4.4 读盘	147	6.1 数控加工原理	204
4.4.5 空走	147	6.1.1 数控加工的基本原理	204
4.4.6 回退	147	6.1.2 数控铣削加工基础	205
4.4.7 定位	147	6.1.3 数控车削加工基础	208
4.4.8 回原点	148	6.1.4 数控线切割加工基础	209
4.4.9 对中和对边	148	6.2 Pro/NC 数控加工界面	211
4.4.10 自动切割	148	6.2.1 启动 Pro/ENGINEER 数控	
4.4.11 显示图形	148	加工模块	211
4.4.12 其他	149	6.2.2 数控加工用户界面	212
4.5 加工实例	149	6.3 Pro/ENGINEER 数控加工	
习题 4	152	的一般流程	214
第 5 章 Mastercam X² 模具数控加工		6.3.1 Pro/NC 功能模块	214
技术	153	6.3.2 Pro/NC 的基本流程	214
5.1 Mastercam 简介	153	6.4 加工制造模式	216
5.1.1 实体模块简介	153	6.5 操作实例	218
5.1.2 铣削模块简介	154	6.6 数控加工实例	231
5.2 Mastercam X ² 工作界面	156	6.6.1 初始化设置	232
5.3 快捷键	157	6.6.2 体积块粗加工操作	237
5.3.1 常用快捷键	157	6.6.3 过切检查	242
5.3.2 快捷键定义	159	6.6.4 体积块铣削编辑	243
5.4 文件管理	160	6.6.5 体积块精加工操作	246
5.4.1 打开文件	160	6.6.6 后处理	249
5.4.2 保存文件	161	习题 6	251
5.4.3 输入输出文件	161	第 7 章 UG NX 7.5 模具数控加工	
5.5 系统规划	162	技术	253
5.6 综合实例一	164	7.1 UG NX 7.5 模具数控加工	
5.6.1 造型	164	概述	253
5.6.2 挖槽粗加工	169	7.1.1 UG CAM 概述	253
5.6.3 挖槽精加工	174	7.1.2 UG CAM 加工类型	253



7.1.3 加工术语及定义	254	7.5 编程加工准备	278
7.1.4 UG CAM 的其他功能 ...	255	7.6 编写加工程序	282
7.1.5 UG CAM 加工基本 流程	256	7.6.1 编写型腔铣程序	282
7.2 UG NX 7.5 CAM 加工 环境	258	7.6.2 编写轮廓粗加工程序	285
7.2.1 加工环境初始化	258	7.6.3 编写深度加工轮廓 程序 1	288
7.2.2 工作界面简介	258	7.6.4 编写深度加工轮廓 程序 2	291
7.2.3 菜单	259	7.6.5 编写平面铣程序	293
7.2.4 工具条	260	7.7 程序模拟仿真	296
7.2.5 操作导航器	262	7.8 生成加工代码	298
7.3 UG NX 7.5 数控车削粗加工 实例	263	7.9 编写工单列表	299
7.4 UG NX 7.5 数控螺纹车削 加工实例	270	习题 7	300
		参考文献	302

第1章 模具制造的基础知识

模具是工业产品生产用的工艺装备,主要应用于制造业和加工业。它是和冲压、锻造、铸造成型机械,同时和塑料、橡胶、陶瓷等非金属材料制品成型加工用的成型机械相配套,作为成型工具来使用的。

模具属于精密机械产品,因为它主要由机械零件和机构组成,如成型工作零件(凸模、凹模),导向零件(导柱、导套等),支承零件(模座等),定位零件等;送料机构,抽芯机构,推(顶)料(件)机构,检测与安全机构等。

为提高模具的质量、性能、精度和生产效率,缩短制造周期,其零、部件(又称模具组合),多由标准零、部件组成。所以,模具应属于标准化程度较高的产品。一副中小型冲模或塑料注射模,其构成的标准零、部件可达90%,其工时节约率可达25%~45%。

1.1 模具的生产过程和工艺过程

1.1.1 模具的生产过程

模具的生产过程即是从接受客户产品图(或样品)和相关的技术资料、技术要求并与客户签订模具制造合同起,至试模合格交付商品模具和进行售后服务的全过程的总称。此过程包括下述各生产阶段:

(1)对制品工艺结构和技术要求的分析、判别,并以此确定制品的成型工艺和成型模具的类型和总体结构。

(2)成型模具总装结构的设计,在完成总装配结构设计的基础上:

①完成成型件的造型和结构设计以及浇注、定位导向、侧向分型抽芯、推出、温控、排溢各系统的设计;

②确定标准件(标准模架等)、通用件的规格型号和相关要求;

③确定各成型件结构件的材料和热处理要求。

(3)根据模具设计图和技术要求,确定模具的制造工艺规程,编制工艺过程卡和工序卡。

(4)根据第3项的工艺文件进行以下工作:

①标准件(首先是标准模架)、通用件的配置选购和进厂入库时的检验;

②成型件、结构件毛坯加工;

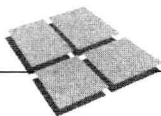
③成型件加工程序(如线切割、数铣、磨或加工中心加工的程序)的编制;

④与上述各项加工相适应的工具、夹具、刀具、量具的配置。

(5)模具成型件结构件的加工和热处理。

(6)装配:经检验,各成型件、结构件、标准件、通用件均合格的前提下(即尺寸精度、位置精度、表面质量、热处理等均满足要求)进行组装和总装。

(7)试模验收,交付使用。总装完成后进行试模并检验其试模样品。样品合格,且



试模后模具无异常现象,即可根据合同要求或模具技术条件验收。

(8)模具投产后,制品质量状况和模具使用状况的信息反馈、记录、整理存档以及相应的售后服务工作(如开展模具使用、维护保养、维修更新、库房管理的建议和指导)。

上述八项过程即为模具生产全过程。

1.1.2 模具的工艺过程

模具制造的工艺过程是模具生产过程的重要组成部分,即是将模具设计图转变为具有一定使用功能和实用价值的能连续生产出合格制品的商品模具的全过程。共包括成型件、结构件的加工;标准件、通用件的采购;模具组装和总装,试模验收交货这几个工艺过程。

1. 模具制造的基本要求和特点

在模具生产中,除了正确进行模具设计、采用合理的模具结构外,还必须以先进的模具制造工艺作为保证。制造模具时,应满足以下几个基本要求:

(1)制造精度高。为了生产合格的产品和发挥模具的效能,设计、制造的模具必须具有较高的精度。模具的精度主要是由模具零件精度和模具结构的要求来决定的。为了保证制品精度,模具工作部分的精度通常要比制品精度高2~4级;模具结构对上下模之间的配合有较高要求,因此组成模具的零件都必须有足够的制造精度。

(2)使用寿命长。模具是比较昂贵的工艺装备,其使用寿命长短直接影响产品成本的高低,因此,除了小批量生产和新产品试制等特殊情况下,一般都要求模具有较长的使用寿命。在大批量生产的情况下,模具的寿命是先决条件。

(3)制造周期短。模具制造周期的长短主要取决于制模工艺和生产管理水平的高低。为了满足生产需要,提高产品竞争能力,必须在保证质量的前提下尽量缩短模具制造周期。

(4)模具成本低。模具成本与模具结构的复杂程度、模具材料、制造精度要求及加工方法等有关,必须根据制品要求合理设计模具和制定其加工工艺。

上述四项指标是相互关联、相互影响的,片面追求模具精度和使用寿命必然会導致制造成本的增加。当然,只顾降低成本和缩短制造周期而忽视模具精度和使用寿命的做法也是不可取的。在设计与制造模具时,应根据实际情况作全面考虑,即在保证制品质量的前提下,选择与制品生产量相适应的模具结构和制造方法,使模具成本降低到最低限度。

模具制造属于机械制造范畴,但与一般机械制造相比,它具有许多特点:

①单件生产。用模具成型制品时,每种模具一般只生产1~2副,所以模具制造属于单件生产。每制造一副模具,都必须从设计开始,制造周期比较长。

②制造质量要求高。模具制造不仅要求加工精度高,而且还要求加工表面质量好。一般来说,模具工作部分制造公差应控制在 $\pm 0.01\text{mm}$;工作部分的表面粗糙度 R_a 要求小于 $0.8\mu\text{m}$ 。

③形状复杂。模具的工作部分一般都是二维或三维复杂曲面,而不是一般机械的简单几何体。

④材料硬度高。模具实际上相当于一种机械加工工具,硬度要求高,一般采用淬

火工具钢或硬质合金等材料,采用传统的机械加工方法制造有时十分困难。

2. 模具制造的工艺过程

模具制造的工艺过程如图所示,首先根据制品零件图或实物进行工艺分析,然后进行模具设计、零件加工、装配调整、试模,直到生产出符合要求的成品。

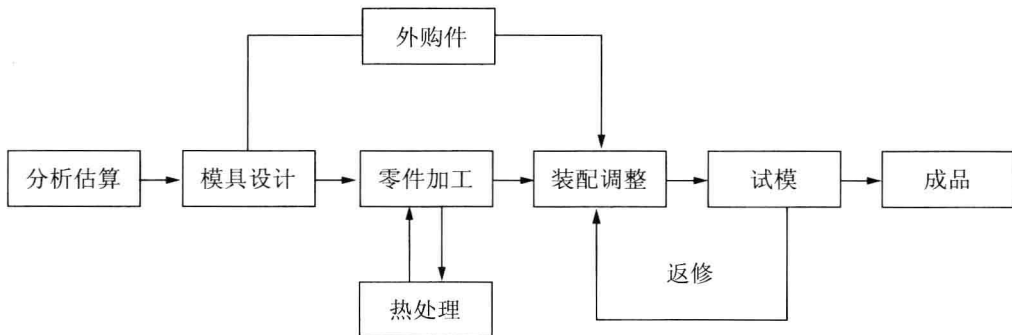


图 模具制造的工艺过程

(1)分析估算:在接受制造模具的委托时,首先根据制品零件图样或实物分析研究采用什么样的成型方案、确定模具套数、模具结构及主要加工方法,然后估算模具费用及交货期等。

(2)模具设计:经过认真的工艺分析,然后进行模具设计。

①装配图设计 模具设计方案及结构确定后,就可绘制装配图。

②零件图设计 根据装配图拆分绘制零件图,使其满足装配关系和工作要求,并注明尺寸、公差、表面粗糙度等技术要求。

(3)零件加工:每个需要加工的零件都必须按照图样制定其加工工艺,然后分别进行毛坯准备、粗加工、半精加工、热处理及精加工或修研、抛光。

(4)装配调整:装配就是将加工好的零件组合在一起构成一副完整的模具。除紧固定位用的螺钉和销钉外,一般零件在装配调整过程中仍需一定的人工修研或机械加工。

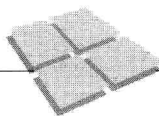
(5)试模:装配调试好的模具,需要安装到机器设备上试模。检查模具在运行过程中是否正常,所得到的成品是否符合要求。如有不符合要求的则必须拆下模具加以修正,然后再次试模,直到能够完全正常运行并能加工出合格的成品。

3. 模具零件的主要加工方法

模具零件绝大多数为金属材料,主要的加工方法有机械加工、特种加工和表面精加工等。

(1)机械加工:机械加工(即传统的切削与磨削加工)与现代数控机床加工,是模具制造中不可缺少的一种重要加工方法。即使采用其他方法加工制造模具,机械加工也常作为零件粗加工和半精加工的主要方法。机械加工的主要特点是加工精度和生产效率高,通用性好,用相同的设备和工具可以加工出各种形状和尺寸的工件。但是,用机械加工方法加工形状复杂的工件时,其加工速度很慢,高硬度材料难以加工。

(2)特种加工:特种加工是有别于传统机械加工的加工方法,因为它不是用力进行加工的,所以不要求工具的硬度大于工件的硬度。它是直接利用电能、声能、光能、化学能等来去除工件上的余量,以达到一定形状、尺寸和表面粗糙度要求的加工方法,



其中包括电火花成型加工、电火花线切割加工、超声波加工、激光加工、化学加工等。

1.1.3 现代模具制造的设备配置与组合

1. 模具零件加工所需的设备配置

1) 标准件、通用件加工的设备配置

为满足标准件、通用件大批量、专业化生产的要求、不同零件的不同配置如下：

(1) 模板加工

模板加工应配以铣、镗为主的、能自动换刀的数控铣、镗精加工机床，用以加工模板的各板面和模板上的孔；还应配置精密平面磨床或精密立式磨床对模板各板面以及板上的孔（尤其是基准面）进行精加工以保证各平面相互的平行度和垂直度；配以数控铣床或精密坐标镗床，用以保证模板上精密孔距的精度要求以及孔与板件结构尺寸相互位置的精度要求。

(2) 圆形零件加工的设备配置

① 圆柱形零件如导柱、推杆、拉杆、复位杆斜销等零件加工，应配置车床、精密仪表专用车床、数控车床进行粗加工和半精加工，再配以精密外圆磨床等进行精加工。

② 圆筒形零件的加工设备配置 比如导套加工，除配置精密仪表车床、数控车床进行粗加工和半精加工之外，还需配置精密内圆磨床、内圆研磨机等设备。

③ 长径比特别悬殊的杆件加工，除配以圆柱形零件加工所需的机床外，还应配以专用夹具以保证其同轴度和平直度的精度要求。而长径比特别悬殊的推管加工则应以枪钻、深孔钻和相应的专用深孔加工机床和夹具。用机械加工无法完成的 0.8 mm 以下的小孔和小孔推管则只好用激光来加工了。

2) 成型件加工的设备配置

非圆形凸模和型芯的加工常用线切割机，而非圆形的凹模和型腔则多用电火花成型机加工成型。形状不规则的形面以及带有沟槽、凸起和曲面的复杂形面，应配置数控铣床或加工中心，组成 CAD/CAM 的成型加工系统。上述复杂形面的精加工和超精加工还需配置成型磨床、精密坐标磨床等设备。根据制品和模具成型件的不同结构，成型件还可以进行冷挤压成型加工或采用压印修磨成型。因此需配置相应规格和功能的压力机以及专用定位夹具。

2. 模具装配所需设备的配置与组合

按其装配工艺要求，首先是成型件与标准模架中的成型件固定板的装配定位、导向和平稳地装入。为保证其装配精度，装配时应有专用定位工具和定位基准，还应配置相适应的压力机。然后是结构件与模板的装配；模板之间的组装，都必须选择设计、制造中的基准面作为装配基准，经定位件定位（比如定位销钉等）和导向后装入并紧固；其后是装配时有配合要求的两零件中之一的研磨、修配（比如斜滑块斜面与固定板斜面固定孔的涂红粉研配；楔紧件与侧抽芯滑块斜面的修配；要求成型通孔的型芯与模板的涂红粉研配；导柱与导套的研配等）以及装配后的配磨、配铣，比如数个支承钉装入顶板后，应一同磨平，以保证其高度的一致；再如型芯或成型型腔镶套装入固定板后，型芯或镶套带台阶的大端应与模板同磨，保证齐平，亦即型芯或镶套台阶的高度应比台阶孔的高度大 0.05~0.1 mm 才行。导柱和带台阶导套装入模板后，其大端台阶也应与模板一同磨平。

在上述装配过程中,如果是小模具,零件的传送、移动、翻转等,均可由模具装配钳工完成。如果是中等模具或大型模具,则需配置吊装装置或模具专用装配翻转机以减轻工人的劳动强度,提高装配效率而且更加方便和安全。

最后是试模,也应配置吊装装置或模具装卸机。

总之,模具制造既要高效率还应高质量。为达此目的,零件粗加工应配置高速高效的加工设备,而精加工则要配置高精度高效率的精加工或超精加工设备。同时还应配置相适应的专用刀具、夹具,必需的辅助工具和相应的量具进行优选组合。比如CNC加工中心,应配置三坐标测试仪;精密坐标镗床则应配置光学投影仪等。大进刀量的高速铣削粗加工,当然应配置优质硬质合金铣刀和有足够强度的夹具。

1.2 模具制造工艺过程

模具制造工艺过程可定义为:直接改变生产对象的形状、尺寸、相互位置及性能,将其转变为成品或半成品的过程。它是模具生产过程的主要部分,即从生产准备到验收、试模合格之前,属于制造工艺过程。

模具制造工艺过程是模具设计过程的延续,是使设计图样转变为具有使用功能、使用价值的模具实体的制造过程。因此,根据设计要求,正确、合理地确定其工艺内容、工艺性质和方法,尤其是正确地制定成型件形面加工的工艺组合,对优化模具制造工艺过程,提高工艺过程技术先进性和经济性,并能高精度、高效率地完成任务,达到模具设计的要求具有非常重要的作用。

1.2.1 工艺过程的组成

模具零件基本上都是机械零件,只是模具成型件的形面较为复杂,常由二维、三维形面构成,常需采用成型加工工艺。但从总体来说,基本上属于机械加工。这些零件加工工艺过程的组成有以下内容:

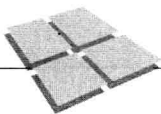
(1)工序。一个或一组工人在一个工作地点对同一个或同时对几个工件所连续完成的那一部分工艺过程称为工序。工序是构成工艺过程的基本单位,判断加工内容是否属于同一个工序,关键在于是否连续加工同一零件。例如,在“加工中心”机床上加工模具零件的复杂型腔,只要不去加工另一个零件,则所有的加工内容都属于同一工序。

(2)安装。工件(或装配单元)经一次装夹后所完成的那一部分工序称为安装。一个工序中可以只有一次安装,也可以有多次安装。

(3)工位。为了完成一定的工序部分,一次装夹工件后,工件(或装配单元)与夹具或设备的可动部分一起相对刀具或设备的固定部分所占据的每一个位置称为工位。

(4)工步。在加工表面和加工工具不变的情况下,所连续完成的那一部分工序称为工步。加工表面与加工工具只要改变一个,就应算作另一工步,如对同一个孔进行钻孔、扩孔、铰孔,应作为三个工步。在工艺卡片中,按工序写出各加工工步,就规定了一个工序的具体操作方法及次序。

(5)工作行程。切削工具在加工表面上切削,每切去一层材料称为一个工作行程,一个工步里可以有一个工作行程,也可以有多个工作行程。如外圆的余量较多,在粗车工步中可以有多个工作行程。



(6)工序的集中与分散。某一个工序中的加工内容很少,称为工序分散。最简单的工序仅有一次安装,一个工位,一个工步及很少的工作行程。若一个工序的加工内容很多,有较多的工步及工作行程,有时甚至需要多次安装,这种情况称为工序集中。零件如采用工序集中进行加工,则整个加工过程中所需的机床数量少,便于生产管理,但需要技术水平较高的操作工人。一般情况下,还需多次定位,以达到零件的加工要求,因而生产效率较低。模具零件的加工多采用这种方式。在数控机床(例如“加工中心”机床),可在一次装夹条件下,将成型零件不同形面的加工工序,及它们的粗、中、精加工工作,采用数字顺序控制,按程序依次完成,而且同一程序可使其完全再现。这样仅需一次安装,既保证了精度,又避免多次装卸工件所耗费的时间。如果在普通机床上加工该零件,则往往几个相互有位置精度要求的表面,只能分别安排在不同工序或不同的安装中进行加工,就会存在装夹误差,不易达到加工要求。

1.2.2 制造工艺过程的步骤

(1)首先应对模具的设计意图和整体结构、各零部件的相互关系和功能以及配合要求等有详尽透彻的了解,即把每个零部件的加工工艺性和装配性都吃透。这样才能事先发现问题,修改设计使之便于加工和装配。只有这样方能制定出切合实际、正确无误、行之有效的工艺过程。

(2)根据每个零件的数量确定其采用单件生产还是多件生产方式(多型腔模具)。

(3)根据所采用的毛坯类型确定毛坯的下料尺寸。

(4)根据图纸的技术要求,选定主要加工面的加工方法和定位基准,并确定该零件的加工顺序。

(5)确定各工序的加工余量即各工序尺寸和公差以及技术要求。

(6)配置相应的机床、刀具、夹具、工具、量具。

(7)确定各工序的切削参数和工时定额。

(8)填写并完成工艺过程综合卡的制定,经审批后下达实施。

1.2.3 工艺规程的内容和常用格式

1. 工艺规程的内容

(1)工艺规程应具有模具或零件的名称、图号、材料、加工数量和技术要求等标题栏;有编制、审核、批准者的签字栏和签字日期。

(2)工艺规程必须明确毛坯尺寸和供货状态(锻坯、型坯)。

(3)工艺规程必须明确工艺定位基准(应力求与设计基准一致)。

(4)工艺规程必须确定成型件的加工方法和顺序;确定各工序的加工余量、工序尺寸和公差要求以及工装、设备的配置。

(5)工艺规程必须确定各工序的工时定额。

(6)工艺规程必须确定装配基准(应力求与设计、工艺基准一致),装配顺序、方法和要求。

(7)工艺规程必须确定试模要求和验收标准。

2. 工艺规程的常用格式

工艺规程包括加工工艺规程、装配工艺规程和检验规程三部分,但通常以加工工艺规程为主而将装配和检验规程的主要内容加入其中。而生产中常以工艺规程卡和工

序卡来指导、规范生产。工艺规程卡的格式如表 1-1 所示。

表 1-1 工艺规程卡

编 制		签 字	日 期	模具名称				代用材料		
				模具编号						
校 审				加工件名称				毛坯尺寸		
				加工件图号				90×76×52		
批 准				材料名称				件 数		
				材料牌号				1		
工序	工种	机床号	加工说明和 技术要求		工时定额	实际 工时	制造者	工序检验员	检具	质量
1										
2										
3										
4										
5										
6										
:										
现场工艺执行			签 字	日 期	质量情况				等 级	

1.3 零件图的工艺分析

对于模具产品的生产，设计图纸就相当于工作指令，同时也是设计工艺过程的基本原始资料。工艺人员在拟订工艺方案的时候，首先要认真领会该产品的功用和各零件的结构特点，分析其工艺性、基准情况以及应该采用什么样的加工方法。然后了解各项技术要求，分析关键所在，建立起如何保证加工质量的概念。

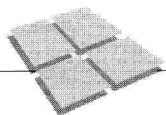
为了加工出合格的零件必须在认真分析产品图纸，尤其是各个零件图的基础上，才能考虑工序安排及其他各项内容。

1.3.1 零件的结构分析

1. 零件的几何形状分析

机械零件都是根据需要使用而设计的，所以各个零件的形状、尺寸相差很大。但如果从形体上分析，都是由单一的表面所组成，这些表面大致可分为以下两种：

(1)基本表面。属于一般常见的简单几何形状，如平面、圆柱面、圆球面以及由这



些表面所派生的圆锥、圆台、棱柱、棱台等。

(2)特形表面。都由较为复杂的曲线、曲面所组成,如螺旋面、椭圆或椭球面、抛物面、双曲面及渐开线或摆线齿轮表面等。

简单的零件可由一种表面构成;复杂的零件可能由好几种表面所构成。需进一步分析各组成表面的连接形式,在头脑里构成一个立体形象,而后才可以较为正确地选择加工方法,研究怎样入手加工。

2. 产品精度分析

在零件图上,零件的尺寸精度按图纸所注尺寸公差决定,形状、位置精度则按公差框格标注,表面粗糙度由符号 Ra 表示。在装配图上,位置精度则按公差框格标注。有些特殊要求,如零件上的镀层、装配中运动件的运动精度和平衡性等则由另注技术要求表示。

零件的精度、粗糙度要求和零件的几何形状,决定了它应采取什么样的加工方法。一般,精度要求和粗糙度要求是相适应的,精度、粗糙度要求高的,需要采取精密的加工方法,同时需要预加工,整个工艺过程的工序数较多。例如,轴类零件外圆加工都是车削,如果直径要求在 8 级精度以上,表面粗糙度要求的轮廓平均算术偏差 $Ra \leq 2.5 \mu m$,需要经过车削后再磨外圆。如果长度大于直径的 5 倍,则需多次车削加工而后磨削。精度超过 6 级,表面粗糙度要求的轮廓平均算术偏差 $Ra < 0.16 \mu m$,磨削之后还需超精加工。

一个零件由许多表面构成。其中起主要作用的表面,如轴类零件的轴颈、壳体类零件的底面和轴承孔,其精度和粗糙度要求比同零件上其他表面高,这类表面称为“主要表面”,采用哪些工艺措施来保证主要表面的精度是设计工艺过程的关键。

产品装配时的装配精度主要由零件制造精度来保证,但有一些配合精度要求特别高的,可按零件实际精度选配;位置精度特别高的可在装配后配作。因此,图纸上的精度要求也决定了产品的装配工艺。

3. 各零件所用原材料

原材料对工艺设计的影响主要有两个方面。一是毛坯方案,如铸铁应该选择铸造毛坯,锻件应该选择锻造毛坯;二是精加工方案,如钢材精加工用磨削,有色金属用车削、铣削。

4. 其他技术要求

零件的结构分析还应注意其他方面的技术要求。

(1)热处理、表面处理及其他防腐处理。

(2)特殊检验方法,如磁力探伤、X 光检查、荧光检验等。

(3)其他要求,如动平衡、退磁处理等。

对于这些技术要求,一般每一项单独列一个工序。

1.3.2 机械产品的结构工艺性

机械产品除了满足使用性能之外,还应该便于加工制造,能够采用高效率、低成本的加工方法,必须避免因设计不合理而造成的加工困难。在同样的生产条件下,采用较经济的方法保质保量把产品加工出来,即是产品的“结构工艺性好”。

一个产品,其结构工艺性越好,就越有利于优质高产。但是,结构工艺性的优劣,

除了与各个零件本身特点有关之外，还应考虑整机的装配工艺性和生产类型。生产类型不同，对结构工艺性的判断就不完全一样。设计人员在设计机械产品时，应该充分考虑其结构工艺性，工艺人员应该严格审查图纸的结构工艺性。

衡量产品的结构工艺性一般包括以下各项：

1. 原材料

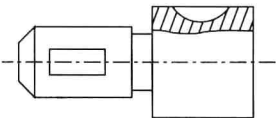
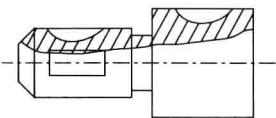
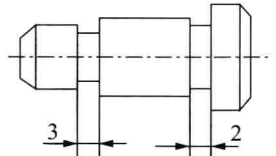
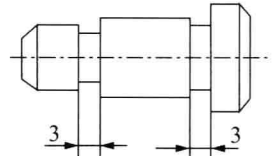
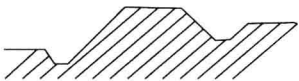
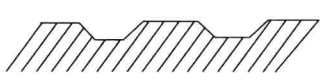
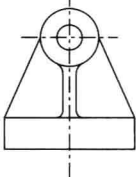
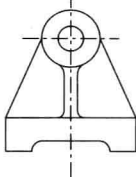
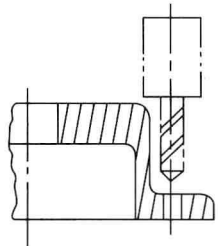
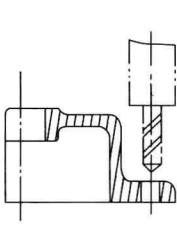
机械零件所采用的原材料，除满足强度要求外，还应考虑以下两个方面：

- (1)便于采购。不随意使用贵重、稀缺材料。
- (2)便于加工。不随意使用在原始状态下具有过高硬度、过高韧性的材料。

2. 各表面形状、结构应便于加工

表 1-2 列出了几种零件的结构，并对零件结构的工艺性进行了比较。

表 1-2 零件结构的工艺性比较

序号	结构的工艺性不好	结构的工艺性好	说 明
1			键槽的尺寸、方位相同，可在一次装夹中加工出全部键槽，提高生产率
2			退刀槽尺寸相同，可减少刀具种类，减少换刀时间
3			三个凸台表面在同一平面上，可在一次进给中加工完成
4			底面带槽，既可以减少加工面积，又能保证良好接触
5			壁厚均匀，铸造时不容易产生缩孔和应力，小孔与壁距离适当，便于引进刀具