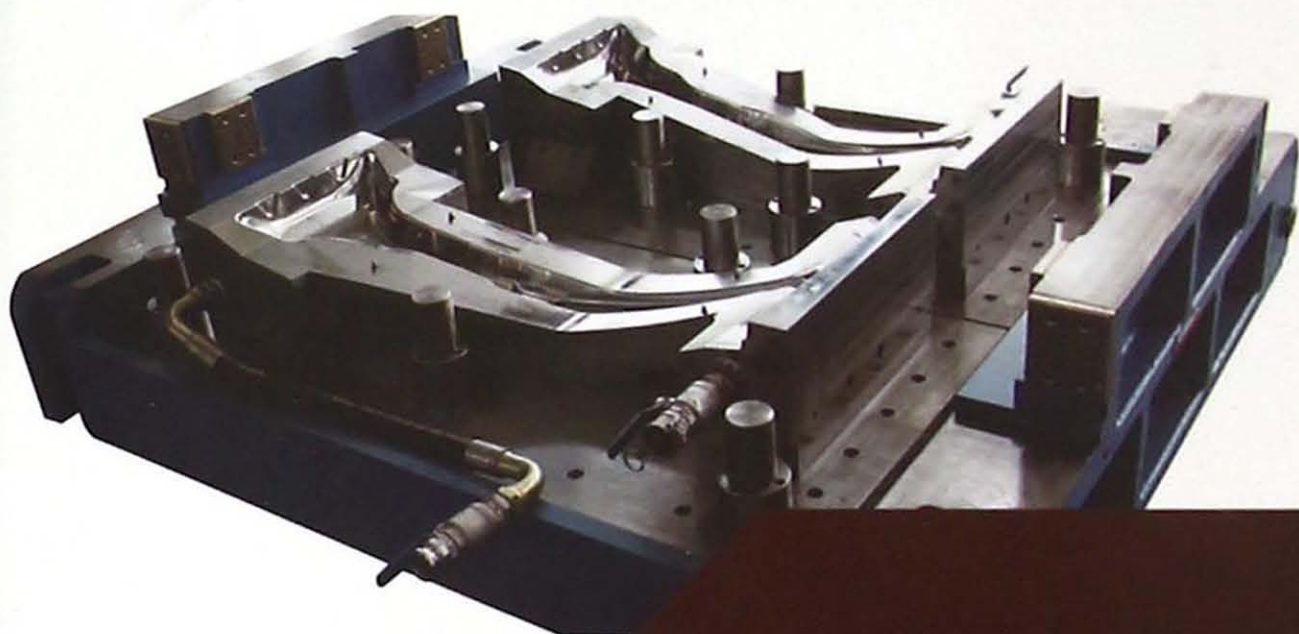




模具制造技术

◎ 主 编 孙 传
副主编 胡智土 范建锋



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

模具制造技术

主 编 孙 传

副主编 胡智土 范建锋



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

模具制造技术 / 孙传主编. —杭州: 浙江大学出版社, 2015. 6
ISBN 978-7-308-14685-2

I. ①模… II. ①孙… III. ①模具—制造—中等专业学校—教材 IV. ①TG76

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 097317 号

内容提要

本书以模具制造技术及其工艺方法为主线,阐述了模具机械加工基础、模具成形表面的机械加工方法、塑料模具加工基础知识、冲压模具加工基础知识、模具装配工艺、塑料模具及冲压模具装配等,同时介绍了模具电火花加工技术和模具成型表面的无屑加工技术等。书中的模具典型零件加工实例均来自于工程中常见的零件实例。

本教材可作为中职学校、技工院校模具设计与制造专业的教材,也可作为相关工程技术人员的参考用书。

模具制造技术

孙 传 主编

胡智土 范建锋 副主编

责任编辑 杜希武

封面设计 刘依群

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州金旭广告有限公司

印 刷 浙江省良渚印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 12

字 数 292 千

版 印 次 2015 年 6 月第 1 版 2015 年 6 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-14685-2

定 价 29.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部联系方式 (0571)88925591; <http://zjdxcbbs.tmall.com>



前 言

在电子、机电、电器、仪器、仪表、家电和通信等产品中,60%—80%的零部件,都要依靠模具成型。用模具生产制作所表现出来的高精度、高复杂度、高一致性、高生产率和低消耗,是其他加工制造方法所不能及的。工业产品大批量生产和新产品开发都离不开模具,因而模具是工业生产的重要基础工艺装备,有“工业之母”之称,模具工业在世界各国经济发展中都具有重要的地位。模具生产技术水平的高低,已经成为衡量一个国家产品制造水平高低的重要标志。目前,“模具制造技术”已经成为中职学校、技工院校模具设计与制造专业的一门必修课程。

为更好地满足中职学校、技工院校“模具制造技术”课程教学的需要,我们按教学大纲要求,结合多年教学实践经验,参考一些其他院校的经验,并针对社会对模具人才的要求以及我校学生的特点,编写了本书。

本书在注重基础知识、全面性的同时,又注重实用性。全书分成6章,分别为:

- 第1章 模具加工基础知识
- 第2章 模具成形表面的机械加工
- 第3章 塑料模具加工基础知识
- 第4章 冲压模具加工基础知识
- 第5章 模具装配工艺
- 第6章 塑料模具及冲压模具装配

书中安排有大量模具制造案例,且多数来自生产实际和教学实践,内容通俗易懂,方便教学。适用于中职学校、技工院校“模具制造技术”课程的教材,也可供有关工程技术人员参考。

本书由孙传、胡智土、范建锋、俞文斌、刘力行、刘春龙、董海泉等编写,其中孙传为本书主编,胡智土、范建锋为副主编。限于编写时间和编者的水平,书中必然会存在需要进一步改进和提高的地方。我们十分期望读者及专业人士提出宝贵意见与建议,以便今后不断加以完善。我们的联系方式:sunchuan1@tom.com。

我们谨向所有为本书提供大力支持的有关学校、企业和领导,以及在组织、撰写、研讨、修改、审定、打印、校对等工作中做出奉献的同志表示由衷的感谢。

最后,感谢浙江大学出版社为本书的出版所提供的机遇和帮助。

作者

2014年5月



目 录

第 1 章 模具加工基础知识	1
第 1 节 模具钳工基础知识	1
1.1 钳工的基本环境及加工设备认知	1
1.2 模具制造工艺规程设计	4
1.3 模具加工工艺的选择	4
1.4 模具制造工艺过程的基本要求	7
第 2 节 数控加工及特种加工基础知识	8
2.1 数控加工基本知识	8
2.2 模具数控加工及数控工艺设计	11
2.3 模具高速切削技术	16
2.4 电加工技术	18
第 3 节 模具成型面研抛技术	21
3.1 手工研抛和机械研抛技术	22
3.2 电解抛光与修磨	23
3.3 超声波抛光	25
第 4 节 模具热处理及表面处理技术	27
4.1 模具的热处理	27
4.2 模具的表面化学处理	38
4.3 模具的其他表面处理技术	46
第 2 章 模具成形表面的机械加工	50
第 1 节 铣削加工	50
1.1 铣削机床种类	50
1.2 普通铣削	51
1.3 工具铣削	55
第 2 节 磨削加工	58
2.1 成形磨削	58
2.2 坐标磨削	66
第 3 节 其他加工	69
3.1 钻削加工	69

3.2 镗削加工	69
第3章 塑料模具加工基础知识	73
第1节 塑料模具制造过程	73
1.1 模具图样设计	73
1.2 确定模具设计方案	74
1.3 制定模具加工工艺规程	74
1.4 组织模具零部件的生产	75
1.5 塑料注射模具装配与调试	76
1.6 模具检验与包装	76
第2节 塑料模具成型系统加工	76
2.1 成型部位基本知识	76
2.2 成型部位加工工艺分析及加工	78
第3节 浇注系统基础知识及加工	81
3.1 浇注系统基本知识	81
3.2 浇注系统的组成与分析	82
第4节 抽芯机构基础知识及加工	87
4.1 抽芯系统基本知识	87
4.2 侧型芯机构滑块加工及工艺分析	88
第5节 推出复位系统基础知识及加工	91
5.1 推出及复位系统的工艺分析	91
5.2 推出复位系统的孔加工	97
第4章 冲压模具加工基础知识	101
第1节 冲裁模具零件的加工基础	101
1.1 工艺的制定	101
1.2 冲裁模具零件的加工基础	103
1.3 冲模制造的工艺与生产特点	104
1.4 凸凹模的电加工方案与加工	107
第2节 单工序冲裁模具制造	118
2.1 单工序冲裁模具认知	118
2.2 工作零件的加工	120
2.3 导向零件的加工	124
2.4 模架零件	126
2.5 单工序冲裁模的装配	128



第3节 复合冲裁模具制造	133
3.1 复合冲裁模具认知	133
3.2 非圆形凸模零件的加工	136
3.3 卸料零件的加工	139
第5章 模具装配工艺	141
第1节 模具装配概述	141
1.1 模具装配精度要求	141
1.2 模具装配工艺方法	142
1.3 装配尺寸链	143
第2节 模具间隙的控制方法	146
2.1 冲压模具间隙的控制方法	146
2.2 注射模具间隙控制方法	148
第6章 塑料模具及冲压模具装配	151
第1节 塑料模具装配	151
1.1 塑料模具装配基本知识	151
1.2 塑料模具装配工艺过程	151
1.3 注射模具装配案例	167
第2节 冷冲模具装配	169
2.1 冲压模具装配基本知识	169
2.2 冷冲模具凹凸模的装配	173
2.3 冲裁模具装配案例	176
参考文献	181



第1章 模具加工基础知识

第1节 模具钳工基础知识

1.1 钳工的基本环境及加工设备认知

一、模具钳工的基本要求

模具生产的产品质量,与模具的精度直接相关。模具的结构,尤其是型芯、型腔,通常都是比较复杂的。一套模具,除必要的机械加工或采用某些特种工艺加工(如电火花加工、电解加工、激光加工等)外,余下的很大工作量主要靠钳工来完成的。尤其是一些复杂型腔的最终精修光整,模具装配时的调整、对中等,都靠钳工手工完成。

1. 模具钳工要具备的素质

- (1)熟悉模具的结构和工作原理。
- (2)了解模具零件、标准件的技术要求和制造工艺。
- (3)掌握模具零件的钳工加工方法和模具装配方法。
- (4)掌握常用模具的调整方法和维修方法。

2. 安全工作注意事项

由于模具钳工的工作场地很复杂,因此对安全技术及操作要求也很严格,模具钳工工作应遵守以下规定:

(1)作业场地要经常保持整齐清洁,搞好环境卫生;使用的工具和加工的零件、毛坯和原材料等放置要有次序,并且整齐稳固,以保证操作中的安全和方便。

(2)操作用的机床、工具要经常检查(如钻床、砂轮机、手电钻和锉刀等),发现损坏要及时停止使用,待修好再用。

(3)在钳工工作中,例如錾削、锯割、钻孔,以及在砂轮机上修磨工具等,都会产生很多切屑。清除切屑时要用刷子,不要用手去清除,更不要用嘴去吹,以免切屑飞进眼里造成不必要的伤害。

(4)使用电器设备时,必须使用防护用具(如防护眼镜、胶皮手套及防护胶鞋等),若发现防护用具失效,应及时修补更换。

二、钳工设备认知

1. 钳台和虎钳

钳台是钳工工作专用台,如图 1-1 所示,用来安装虎钳、放置工具及零件等。钳台离地面高度为 800~900mm,台面可覆盖铁皮或橡胶。

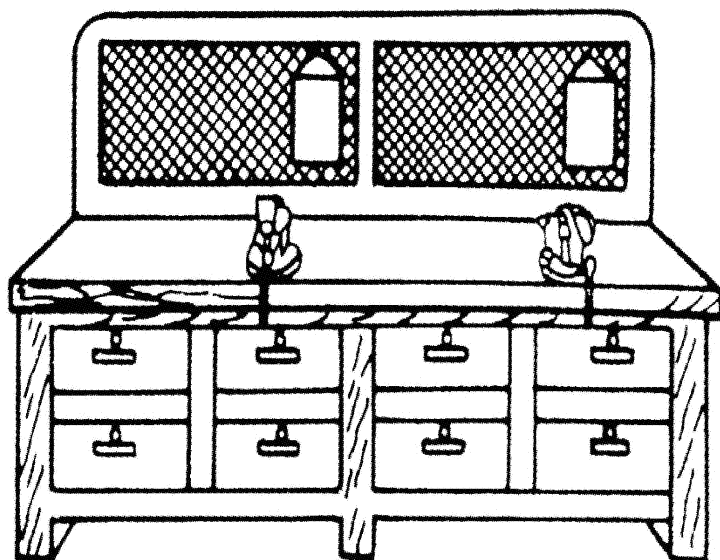


图 1-1 钳台

虎钳安装在钳台上,可分为固定式和活动式。如图 1-2 所示,用来夹持工件。虎钳应牢固安装在钳台上,夹持工件时用力应适中,一般要尽双手的力扳紧手柄,绝不能将虎钳手柄加长来增大加紧力。夹持精密工件时要用软钳口(一般用紫铜或黄铜皮);夹持软性或过大的工件时,不能用力过大,以防工件变形;夹持过长或过大的工件时,要另用支架支撑,以免使虎钳承受过大的压力。

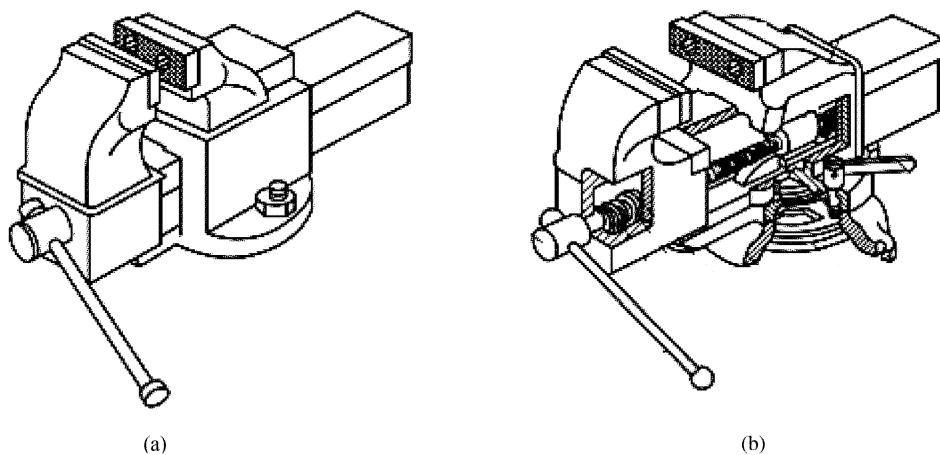


图 1-2 虎钳

2. 砂轮机

砂轮机用来刃磨钻头、铰子及其他工具,如图 1-3 所示。

使用者必须站在砂轮机侧面,不可正面对砂轮。开启电源,等砂轮运转正常后,再进行使用。搁架与砂轮应随时保持小于 3mm 的距离,否则容易发生事故,同时也不便于侧面刃磨。

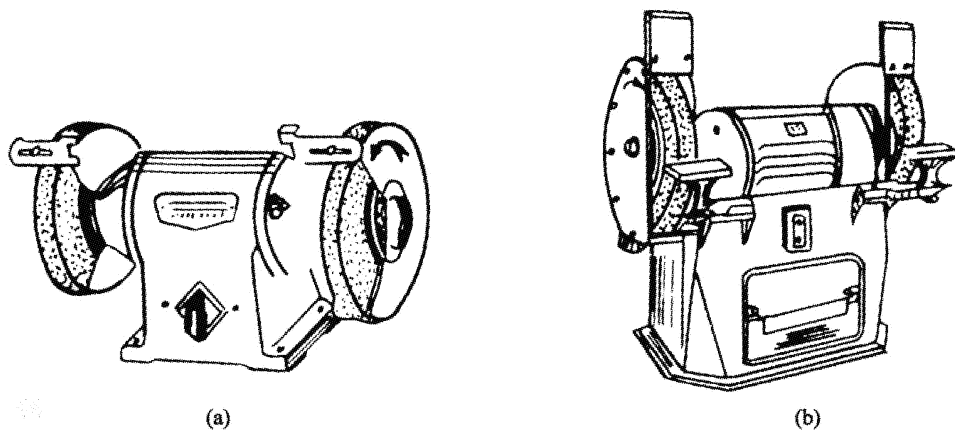


图 1-3 砂轮机

3. 钻床

钻床可分为台式铣床、立式钻床、摇臂钻床、手电钻。

(1)台钻。一种小型钻床,如图 1-4 所示,通常钻削直径在 13mm 以下孔的设备,由于转速高,效率高,使用方便,因此,是模具工人经常使用的设备之一。

(2)立式钻床。简称立钻,如图 1-5 所示。立钻是钻床中较为普遍的一种。具有不同的型号,用来加工各种不同尺寸的孔。

(3)摇臂钻床。在加工较大模具的多孔时,使用立钻就不合适了,因为立钻的主轴中心位置不能作前后、左右移动。当钻完一个孔,再钻另一个孔时,必须移动模具,使钻孔的位置对正中心,才能继续钻孔,而搬移大或重的模具比较困难,在这种情况下,使用摇臂钻床就比较方便(图 1-6)。

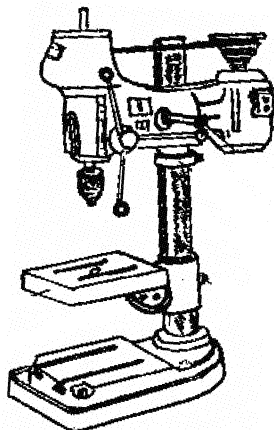


图 1-4 台钻

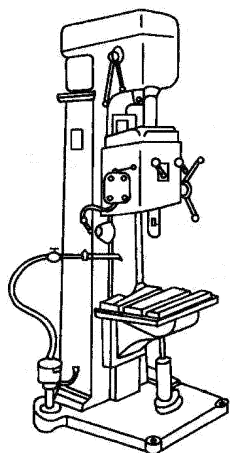


图 1-5 立式钻床

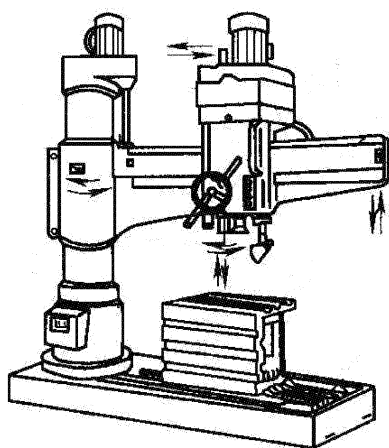


图 1-6 摇臂钻床

(4)手电钻。用来钻削 12mm 以下的孔,通常在不便于使用钻床钻孔的情况下使用。

1.2 模具制造工艺规程设计

一、模具制造特点

模具是工业生产的主要装备之一。一套模具制出后,通过它可以生产出数十万件制品或零件,但对于模具本身的制造,它的生产规模只能是单件生产,其生产工艺特征主要表现为:

(1)模具零件的毛坯制造一般采用木模、手工造型、砂型铸造或自由锻造加工而成,其毛坯精度较低,加工余量较大。

(2)模具零件除采用一般普通机床,如车床、万能铣床、内外圆磨床、平面磨床加工外,还需要采用高效、精密的专用加工设备和机床来加工,如仿型刨床、电火花穿孔机床、线切割加工机床、成形磨削机床、电解加工机床等。

(3)模具零件的加工,一般多采用通用夹具。

(4)一般模具广泛采用配合加工方法,对于精密模具应考虑工作部分的互换性。

(5)模具生产专业厂一般都实现了零部件和工艺技术及其管理的标准化、通用化、系列化,把单件生产转化为批量生产。

二、模具的生产过程

模具的生产过程,主要包括模具的设计、模具制造工艺规程的制定、模具原材料的运输和保存、生产的准备工作、模具毛坯制造、模具零部件的加工和热处理、模具的装配、试模与调整及模具的检验与包装的功能。

(1)制定工艺规程。工艺规程是指按模具设计图样,由工艺人员规定出整个模具或零部件制造工艺过程 and 操作方法。模具加工工艺规程常采用工艺过程卡片形式。工艺过程卡片是以工序为单位,简要说明模具或零部件加工及装配过程的一种工艺文件。它是生产部门及车间进行技术准备、组织生产、指导生产的依据。

(2)组织生产零部件。按零部件生产工艺规程或工艺卡片,组织零部件的生产。利用机械加工、电加工及其他工艺方法,制造出符合设计图样要求的零部件。

(3)模具装配。按规定的技术要求,将加工合格的零部件进行配合与连接,装配成符合模具设计图样结构总图要求的模具。

(4)试模与调整。将装配好的模具进行试模。边试边调整、校正,直到生产出合格的制品零件为止。

1.3 模具加工工艺的选择

一、模具加工方法

模具加工方法见表 1-1。

表 1-1 模具加工方法

	制模方法	使用模具	所需技术	加工精度
铸造方法	1. 用锌合金制造	冷冲、塑料、橡胶	铸造	一般
	2. 用低熔点合金	冷冲、塑料	铸造	一般
	3. 用铍(青)铜方法	塑料	铸造	一般
	4. 用合成树脂	冷冲	铸造	一般
切削加工	1. 一般机床	冷冲、塑料、压铸、锻造	熟练技术	一般
	2. 精密机床	冷冲、其他	熟练技术	精
	3. 仿形铣	全部	操作	精
	4. 仿形刨	全部	操作	一般
	5. 靠模机床	冷冲、其他	操作	精
	6. 数控机床	全部	操作	精
特种加工	1. 冷挤	塑料、橡胶	阴阳模	精
	2. 超声波加工	冷冲、其他	刀具	精
	3. 电火花加工	全部	电极	精
	4. 线切割加工	全部	—	精
	5. 电解加工	冲压、其他	电极	精
	6. 电解磨削	冷冲	成型模型	精
	7. 电铸加工	冷冲	成型模型	精
	8. 腐蚀加工	塑料、玻璃	图样模型	一般

二、冷冲模零件制造工艺方法

冷冲模零件制造工艺方法见表 1-2。

表 1-2 冷冲模零件制造工艺方法

序号	工艺方法	工艺说明	优缺点
1	手工锉削、压印法	先按图样加工好凸(凹)模,淬硬后以此作为样冲反压凹(凸)模,边压边锉削,使其成形	方法陈旧,周期较长,需较高的钳工及热处理技术,对工艺装配要求低,适用于一般设备缺乏的小型工厂模具加工
2	成型磨削	利用专用成型磨床,如 M8950 或在平面磨床上装置成型磨削夹具,进行凸凹模外形加工	加工精度高,解决了零件淬火后易变形的影响。但工艺计算复杂,需要制造许多高精度磨削工卡具
3	电火花加工	利用火花通过电极对模具进行穿孔加工	与成形磨削配合加工出电极和凸模后,对凹模进行穿孔,其加工精度高,解决了热处理变形及开裂问题,是目前广泛采用的加工工艺



续表 1-2

序号	工艺方法		工艺说明	优缺点
4	线切割	靠模线电极切割	利用靠模样板控制电极丝的运动来切割形孔	方法直观,工艺易掌握,废品少;但需制样板,其工艺复杂性增加。零件的加工精度取决于样板的精度
	加工工艺	光电跟踪线切割	利用光电头跟踪放大到一定比例的零件图样,通过电器装置及机械装置达到仿形加工	操作简便,可以加工任意几何形状的模具孔。但调整困难,易产生误差
		数字程序控制线切割	根据被加工图样,编好程序,打好纸带输入计算机,由计算机控制加工	综合了各种加工方法的优点,其加工精度高、废品少,可以加工各种形状的零件

三、型腔模加工工艺

型腔模加工工艺见表 1-3。

表 1-3 型腔模加工工艺

序号	加工工艺	工艺说明	优缺点
1	钳工修磨加工	根据图样采用车、铣粗加工后,由钳工修磨抛光成形	劳动强度大、加工精度低,质量不易保证
2	冷挤压型腔	温室下,利用加工淬硬的冲头对金属挤压成形	冲头可多次使用,比较经济,其表面作淬硬化后,提高了模具的寿命;粗糙度值低,无须再加工,需要大吨位挤压设备
3	电镀成形	利用电镀的原理使其成形	可以加工形状复杂、精度高的小型塑压模型腔但工艺时间长,耗电量大
4	电火花加工型腔	利用电火花放电腐蚀金属,对型腔加工成形	对操作工人技术等级要求低,易操作,减少了工时。型体采用整体结构还可以简化设计,是目前正在推广的加工工艺

四、模具零件加工工序的选择

模具零件的加工工序除按表 1-1 加工工艺方法划分外,还可按可达到的加工精度分为粗加工工序、精加工工序及光整加工工序(表 1-4)。

表 1-4 模具零件加工工序的选择

工序名称	加工特点	用 途
粗加工工序	从工件上切去大部分工件余量,使其形状和尺寸接近成品要求的工序,如粗车、粗镗、粗铣、粗刨及钻孔等 加工精度不低于 IT11,表面粗糙度 $Ra > 6.3 \mu m$	主要应用于要求不高或非表面配合的最终加工,也可作为精加工前的预加工

续表 1-4

工序名称	加工特点	用 途
精加工工序	从经过粗加工的表面上切去较小的加工余量,使工件达到较高精度及表面质量的工件。常用的方法有精车、精镗、铰孔、模孔、磨平面及成形面、电加工等	主要应用于模具工作零件,如凸、凹模的成形磨削及型腔模的定模芯、动模芯等零件的电加工
光整加工工序	从经过精加工的工件表面上切去很少的加工余量,得到很高的加工精度及很小的表面粗糙度值的加工工序	主要用于导柱、导套的研磨及成形模腔的抛光

五、模具成形零件的加工工序安排

模具成形零件加工工序安排一般为:

- (1)毛坯加工。
- (2)划线。
- (3)坯料加工,采用普通机床进行基准面或六面体加工。
- (4)精密划线,编制数控程序,制作穿孔底带、刀具与工装准备。
- (5)型面与孔加工,包括钻孔、镗孔、成形铣削加工。
- (6)表面处理。
- (7)精密成形加工,包括精密电位圆孔及型孔坐标磨削、成形磨削、电火花成形加工、电火花线切割加工及电解加工等。
- (8)钳工光整加工及整形。

1.4 模具制造工艺过程的基本要求

模具制造工艺过程应满足以下基本要求:

- (1)要保证模具的质量。模具在制造加工中,按工艺规程所生产出的模具,应能达到模具设计图样所规定的全部精度和表面质量的要求,并能批量生产出合格的制品零件来。
- (2)要保证制造周期。在制造模具时,应力求缩短制造周期,为此应力求缩短成形加工工艺路线,制定合理的加工工艺,编制科学的工艺标准,经济合理地使用设备,力求变单件生产为多件生产,采用和推行“成组加工工艺”。
- (3)模具的成本要低廉。为了降低模具成本,要合理利用材料,缩短模具制造周期,努力提高模具使用寿命。
- (4)要不断提高加工工艺水平。制造模具要根据现有条件,尽量采用新工艺、新技术、新材料,以提高模具生产效率,降低成本,使模具生产有较高的技术经济效益和水平。
- (5)要保证良好的劳动条件。模具钳工应在不超过国家标准规定的噪声、有害气体、粉尘、高温及低温条件下工作。

第2节 数控加工及特种加工基础知识

2.1 数控加工基本知识

一、数控加工的基本知识

1. 数控与数控机床

数字控制(Numerical Control, NC)是用数字化信号对机床的运动及其加工过程进行控制的一种方法,是一种自动控制技术。数控机床就是采用了数控技术的机床,或者说是装备了数控系统的机床。只需编写好数控程序,机床就能够把零件加工出来。

2. 数控加工

数控加工是指在数控机床上进行零件加工的一种工艺方法。

数控加工与普通加工方法的区别在于控制方式。在普通机床上进行加工时,机床动作的先后顺序和各运动部件的位移都是由人工直接控制。在数控机床上加工时,所有这些都由预先按规定形式编排并输入到数控机床控制系统的数控程序来控制。因此,实现数控加工的关键是数控编程。编制的程序不同就能加工出不同的产品,因此它非常适合于多品种、小批量生产方式。

3. 数控加工工艺设计

工艺设计是对工件进行数控加工的前期工艺准备工作,它必须在程序编制工作以前完成,因为只有工艺设计方案确定以后,程序编制工作才有依据。工艺设计是否优化,往往是造成数控加工成本多少和数控加工差错的主要原因之一,所以编程人员一定要先做好工艺设计,再考虑编程。工艺设计主要有以下内容:

- (1)选择并决定零件的数控加工内容。
- (2)零件图纸的数控加工工艺性分析。
- (3)数控加工的工艺路线设计。
- (4)数控加工的工序设计。
- (5)数控加工专用技术文件的编写。

二、数控机床的工作原理与分类

1. 数控机床的工作原理

数控机床加工零件时,首先要根据加工零件的图样与工艺方案,按规定的代码和程序格式编写零件的加工程序单,这是数控机床的工作指令。通过控制介质将加工程序输入到数控装置,由数控装置将其译码、寄存和运算之后,向机床各个被控量发出信号,控制机床主运动的变速、起停、进给运动及方向、速度和位移量,以及刀具选择交换,工件夹紧松开和冷却润滑液的开、关等动作,使刀具与工件及其他辅助装置严格地按照加工程序规定的顺序、轨迹和参数进行工作,从而加工出符合要求的零件。

2. 数控机床的组成

数控机床主要由控制介质、数控装置、伺服系统和机床本体等四部分组成,如图 1-7 所示。

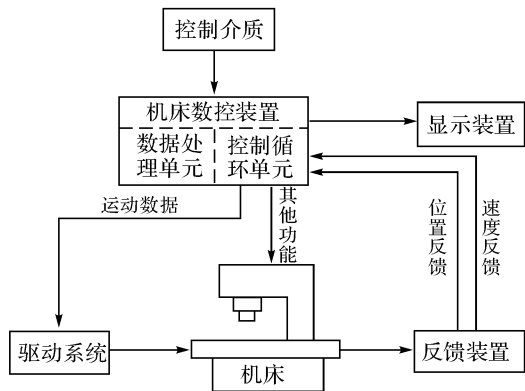


图 1-7 数控机床的组成

(1)控制介质。控制介质是用于记载各种加工信息(如零件加工工艺过程、工艺参数和位移数据等)的媒体,经输入装置将加工信息送给数控装置。常用的控制介质有标准的纸带、磁带和磁盘,还可以用手动方式(MDI 方式)或者用与上一级计算机通信方式将加工程序输入 CNC 装置。

(2)数控装置。数控装置是数控机床的核心,它的功能是接受输入装置输入的加工信息,经过数控装置的系统软件或逻辑电路进行译码、运算和逻辑处理之后,发出相应的脉冲送给伺服系统,通过伺服系统控制机床的各个运动部件按规定要求动作。

(3)伺服系统。伺服系统由伺服驱动电动机和伺服驱动装置组成,它是数控系统的执行部分。机床上的执行部件和机械传动部件组成数控机床的进给伺服系统和主轴伺服系统,根据数控装置的指令,前者控制机床各轴的切削进给运动,后者控制机床主轴的旋转运动。伺服系统有开环、闭环和半闭环之分,如图 1-8 所示。在闭环和半闭环伺服系统中,还需配有检测装置,用于进行位置检测和速度检测。

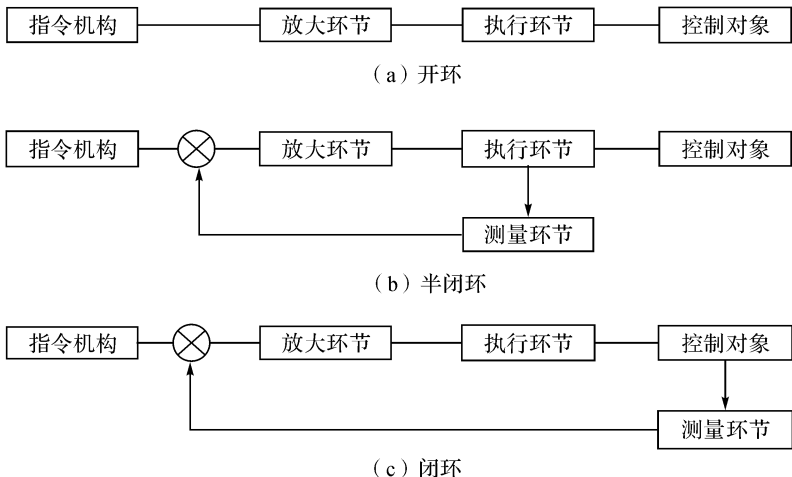


图 1-8 开环、闭环和半闭环

(4)机床本体。数控机床的本体包括:主运动部件,进给运动部件如工作台,刀架及传动部件和床身立柱等支撑部件,此外还有冷却、润滑、转位、夹紧等辅助装置。对加工中心类的数控机床,还有存放刀具的刀库,交换刀具的机械手等部件。

3. 数控机床的分类

国内外数控机床的种类有数千种,如何分类尚无统一规定。常见的分类方法有:按机械运动的轨迹可分为点位控制系统、直线控制系统和轮廓控制系统。按伺服系统的类型可分为开环控制系统、闭环控制系统和半闭环控制系统。按控制坐标轴数可分为两坐标数控机床、三坐标数控机床和多坐标数控机床。按数控功能水平可分为高档数控机床、中档数控机床和低档数控机床。

但从用户角度考虑,按机床加工方式或能完成的主要加工工序来分类更为合适。按照数控机床的加工方式,可以分成以下几类:

(1)金属切削类数控机床。有数控车床、数控铣床、数控钻床、数控镗床、数控磨床、数控齿轮加工机床和加工中心等。

(2)金属成形类数控机床。有数控折弯机、数控弯管机、数控冲床、数控旋压机等。

(3)特种加工类数控机床。有数控电火花线切割机床、数控电火花成形机床及数控激光切割焊接机等。

三、数控加工的特点与应用

1. 数控加工的特点

(1)加工精度高。数控机床是精密机械和自动化技术的综合,所以机床的传动精度与机床的结构设计都考虑到要有很高的刚度和热稳定性,它的传动机构采用了减小误差的措施,并由数控装置补偿,所以数控机床有较高的加工精度。数控机床的定位精度可达 $\pm 0.005\text{mm}$,重复定位精度为 $\pm 0.002\text{mm}$ 。而且数控机床的自动加工方式还可以避免人为的操作误差,使零件尺寸一致,质量稳定,加工零件形状愈复杂,这种特点就愈显著。

(2)自动化程度高和生产率高。数控加工是按事先编好的程序自动完成零件加工任务的,操作者除了安放控制介质及操作键盘、装卸零件、关键工序的中间测量以及观察机床的运动情况外,不需要进行繁重的重复性手工操作,因此自动化程度很高,管理方便。同时,由于数控加工能有效减少加工零件所需的机动时间和辅助时间,因而加工生产率比普通机床高很多。

(3)适应性强。当改变加工零件时,只需更换加工程序,就可改变加工工件的品种,这就为复杂结构的单件、小批量生产以及试制新产品提供了极大的便利,特别是普通机床很难加工或无法加工的精密复杂型面。

(4)有利于生产管理现代化。用数控机床加工零件,能准确地计算零件的加工工时,并有效地简化了检验和工夹具、半成品的管理工作,这些都有利于使生产管理现代化。

(5)减轻劳动强度,改善劳动条件。操作者不需繁重而又重复的手工操作,劳动强度和紧张程度大大改善,另外工作环境整洁,劳动条件也相应改善。

(6)成本高。数控加工不仅初始投入资金大(数控设备及计算机系统),而且复杂零件的编程工作量也大,从而增加了它的生产成本。

2. 数控加工的应用

从数控加工的一系列特点可以看出,数控加工有一般机械加工所不具备的许多优点,所