

模具制作 与装配

主编 李卫民 王 荣

模 具 制 作 与 装 配

主 编 李卫民 王 荣
参 编 谢宝智 陈晓明
主 审 秦松祥



机 械 工 业 出 版 社

本书从内容上兼顾理论基础和设计实践两个方面,以工作过程为导向,针对每一工作过程,以冲模和塑料模具制造工艺为主线进行编写。

本书由工艺设计引出基础理论,将整个课程内容分为四个项目来讲授,在传统的模具制造工艺教材的基础上,引入了企业模具制造中最实用的加工过程与方法,按照项目教学法的思路增加了典型实例。通过贯穿始终的案例讲解基础理论的实际应用,并附以丰富的图表进行说明,实现了陈述性知识与过程性知识的整合、实践技能与理论知识的整合。本书理论够用,案例讲解详尽,实用性强,便于教学和自学。

本书可作为高等职业技术学院机械制造、模具设计、数控加工和机电一体化等专业的教学用书,也可供从事机械制造、模具设计、数控加工和机电一体化等工作的工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

模具制作与装配/李卫民,王荣主编. —北京:机械工业出版社, 2013. 1

ISBN 978-7-111-41212-0

I. ①模… II. ①李… ②王… III. ①模具—制造—高等职业教育—教材②模具—组装—高等职业教育—教材 IV. ①TG76

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 011919 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:孔 劲 责任编辑:孔 劲 吕 芳

版式设计:霍永明 责任校对:卢惠英

封面设计:姚 毅 责任印制:乔 宇

三河市国英印务有限公司印刷

2013 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·13.5 印张·266 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-41212-0

定价:29.00 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

本书是按照以工作过程为导向，以项目化教学方法为要求的思路进行编写的。

1) 本书充分体现了“理论必须够用为度，实践动手能力为本”的高技能技术应用型人才培养的思想，对冲压工艺与模具设计的相关知识进行了必要的组合，抽象的理论阐述少，工程实际案例多，并兼顾了教材的深度与广度的有机结合。

2) 本书以冲模和塑料模具制造工艺为主线，详细介绍了零件工艺分析、毛坯选择、材料确定以及加工工艺路线的设计。

3) 全书结构严谨，语言简洁，表述明确，通俗易懂，案例的实用性和可操作性强，便于教学的组织与实施，也便于学生自学。

在设计的这四个项目中，融入了冲模和塑料模具制造工艺的知识点。通过对这四个项目的学习，能掌握冲模和塑料模具制造工艺制订方面的基本知识。为了让读者在学习中抓住重点以及培养思考问题的能力，在每个任务的开头列有本任务的学习目的与要求、学习重点和学习难点，供学习时参考。

本书由泰州职业技术学院李卫民和王荣任主编，秦松祥教授主审。绪论、任务1.1、任务1.2、任务2.1、任务4.1、任务4.2由泰州职业技术学院李卫民编写；任务3.1、任务3.2、任务3.3、任务3.4由泰州职业技术学院王荣编写；任务1.3、任务1.4、任务1.5由常州轻工职业技术学院谢宝智编写；任务2.2、任务3.5由江苏海事职业技术学院陈晓明编写。全书由李卫民统稿。

编写基于工作过程的项目教学法的教材任务繁重，由于水平有限，以及编写时间仓促，书中难免会有不妥之处，恳请各位读者和使用本教材的教师及时批评指正以便调整和改进。

编 者

目 录

前言

绪论	1	2.2.1 浇口套的加工	101
项目1 模具制造工艺基础	9	2.2.2 滑块的加工	102
任务1.1 模具制造基本概念	9	2.2.3 斜导柱的加工	107
任务1.2 模具制造基础	16	项目3 模具工作零件的加工	109
1.2.1 定位基准的选择	17	任务3.1 凸模的加工	111
1.2.2 工艺路线的拟订	24	3.1.1 圆形凸模的加工	111
1.2.3 加工余量的确定	28	3.1.2 非圆形凸模的加工	113
1.2.4 工序尺寸及其公差确定	31	任务3.2 型芯的加工	127
1.2.5 机床与工艺装备的选择	32	3.2.1 非圆形塑料模型芯	
1.2.6 工艺文件	33	的加工	128
任务1.3 模具材料选择	35	3.2.2 方形型芯的加工	145
1.3.1 模具及模具材料分类	36	任务3.3 型孔的加工	152
1.3.2 模具材料的选用原则	37	3.3.1 圆形型孔的加工	152
1.3.3 冷作模具材料选择	39	3.3.2 非圆形型孔的加工	155
1.3.4 塑料模具材料选择	46	任务3.4 型腔的加工	160
任务1.4 毛坯的选择与加工	50	任务3.5 凸凹模的加工	176
1.4.1 毛坯选择	51	项目4 模具装配	179
1.4.2 毛坯加工	56	任务4.1 冲模的装配	179
任务1.5 模具装配基础	66	4.1.1 冲模装配的技术要求	179
1.5.1 装配尺寸链的基本概念	66	4.1.2 冲模零件的固定装配	183
1.5.2 装配尺寸链的极值解法	67	4.1.3 冲模的装配方法	191
1.5.3 模具装配的方法	67	4.1.4 试模	198
1.5.4 模具装配工艺过程	70	任务4.2 塑料模的装配	200
项目2 模具辅助零件的加工	72	4.2.1 塑料模装配的技术要求	201
任务2.1 冲模模架的加工	72	4.2.2 注射模部件的装配	202
2.1.1 导柱和导套的加工	73	4.2.3 注射模的装配	205
2.1.2 上、下模座的加工	92	4.2.4 试模	206
任务2.2 塑料模具模架的加工	98	参考文献	209

绪 论

在现代工业生产中，模具是重要的工艺装备之一，它在铸造、锻造、冲压、塑料、橡胶、玻璃、粉末冶金、陶瓷等行业中得到了广泛应用。

模具是由多种机械加工零部件（模架、标准零部件）构成的成形工具，它与各种相应的成形机械（压力机、塑料注射机、压铸机等）配合使用，通过改变金属和非金属材料的形状、尺寸、相对位置及其性质，使之成为符合要求的制品或半成品。

1. 模具制造技术在模具工业中的地位

模具作为机械、电子、轻工和国防等行业生产的重要工艺装备，其性能的好坏、寿命的长短直接影响模具的质量和经济效益；模具材料的工艺性能将影响模具加工的难易程度、模具加工的质量和加工费用。因此，在模具设计时，除设计出合理的模具结构外，还应选用合适的模具材料及热处理方法，这样才能使模具获得良好的工作性能和长的使用寿命。所以世界各国都在不断地开发模具新材料，改进强化热处理新工艺和新技术。

现代模具的特点，一是量大面广，品种繁多；二是作为批量生产，模具在提高经济效益方面起着关键的作用；三是模具生产影响到产品开发、更新换代和发展速度；四是模具的成本占产品成本的 20% 左右，它的寿命影响到产品成本；五是现代模具向大型化、复杂化、精密化和自动化发展。随着机械技术的迅速发展，对模具的使用寿命、精度和表面粗糙度等提出了更高的要求。模具制造业已经成为一个发展极为迅速的产业。在许多工业发达国家，模具制造业的产值已经超过机床行业，成为经济发展的一个支柱产业。

上述特点导致对模具的要求越来越高，对模具材料及制造工艺的要求也越来越高，因为模具材料和制造工艺对模具的使用寿命、精度和表面粗糙度有着重要的影响。所以，研究开发高性能的模具材料，采用先进的生产工艺生产优质、低成本的模具材料，根据模具的工作条件合理选用材料，采用适当的热处理技术以充分发挥模具材料的潜力，根据模具材料的性能特点选用合理的模具结构，根据模具材料的特性采用相应的制造工艺等是十分重要的，这就要求大力推广新材料、新工艺和新技术。

2. 国内外模具制造工艺概况

(1) 模具材料技术发展概况 近年来，我国模具钢生产技术发展较快，规模从小到大，从仿制到研制，目前模具钢产量已达到世界前列。经修订的标准 GB/T

1299—2000《合金工具钢》中有 37 个钢种,包括了冷作、热作和塑料模具用钢系列。我国生产的模具钢按使用来分,塑料模具钢约占 50%,冷作模具钢约占 28%,热作模具钢约占 20%,其余为特殊模具钢约占 2%。由于产品技术要求的不断提高,高档模具钢的进口量逐年上升,进口量约为每年 6 万吨左右。

汽车、化工、电子信息、机械等行业的飞速发展带动了模具工业的发展,将为模具材料开辟广阔的市场。2012 年中国汽车销量的增长占全球增量的 40%,在 2011~2016 年间,中国汽车销量的增长几乎会占到整个亚洲增量的 70%,需用的模具材料将占市场较大的份额,也需要研究一批具有更高性能的模具钢。

模具工况条件的日益苛刻对模具钢的冶金质量、外观质量和力学性能提出了更高的要求。目前从低级到高级、从低合金到高合金已研制了一系列新型优质的高性能模具材料。

1) 近年来,国内模具钢生产企业的投入力度也较大,北方建立了东北特钢公司,南方建立了宝钢特钢公司的模具钢生产基地,并投入大量资金进行设备和技术的更新,改进生产工艺技术规程,使模具材料的质量得到进一步提升,逐步向国外的模具钢生产标准靠拢,生产出我国高质量、高性能的模具钢产品。

为改善模具材料的性能,提供尺寸精度高的产品,采用精锻机和快锻液压机锻造,以提高钢材的精度。通过机械加工,提高六面光和削皮模具材料的产量。

2) 根据前面分析的国内模具材料市场方面的情况,为了解决市场混乱、技术含量低、售后服务差等问题,建立一个良好有序的模具材料市场已成为当务之急。

3) 我国经济已步入一个高速成长期,未来的 5~10 年,汽车模具、家电行业、建筑装潢三大行业的兴衰将对模具市场产生相当重要的影响,特别是汽车工业的发展。根据中国模具工业协会对国内模具市场发展的预测,我国模具生产将以 15% 的速度增长。

模具钢产量 2006 年达 62 万吨,2012 年产量将达到 100 多万吨。这必将给模具材料市场打出一片天地,也将给与模具材料生产有关的冶炼质量、生产工艺和热处理技术等方面带来更大的发展空间。

(2) 模具制造工艺发展概况 世界上一些工业发达国家的模具工业发展迅速。据介绍,有些国家的模具总产值已超过了机床工业的总产值,其发展速度超过了机床、汽车、电子等工业。模具技术,特别是制造精密、复杂、大型、长寿命模具的技术,已成为衡量一个国家机械制造水平的重要标志之一。为了适应工业生产对模具的需求,在模具生产中采用了许多新工艺和先进的加工设备,这不仅改善了模具的加工质量,也提高了模具制造的机械化、自动化水平。计算机的应用为模具设计和制造开辟了新的道路,预计工业发达国家的模具工业还将有新的发展。

近年来,我国的模具工业有较大发展。全国已有模具生产企业数万个,拥有职

工几百万人，每年能生产上百万套模具。我国模具工业的发展有以下特点：

1) 模具向大型化、高精度方向发展。10 年前，精密模具的精度一般为 $5\mu\text{m}$ ，现已达到 $2\sim 3\mu\text{m}$ ，精度为 $1\mu\text{m}$ 的模具也已上市。

2) 多工位级进模和长寿命硬质合金模具的生产及应用领域有了进一步扩大，多功能复合模具将进一步发展。新型多功能复合模具除了冲压成形零件外，还要完成叠压、攻螺纹、铆接和锁紧等组装任务，因此对钢材的性能要求越来越高。

3) 热流道模具在塑料模具中所占的比例将逐渐提高。

4) 随着塑料成形工艺的不断改进与发展，气辅模具及适应高压注射成形等工艺的模具将随之发展。

5) 标准件的应用将日益广泛。模具标准化及模具标准件的应用将极大地缩短模具制造周期，还能提高模具的质量和降低模具制造成本。

6) 随着车辆和电动机等产品向轻量化发展，压铸模^①所占的比例将不断提高，同时，对压铸模的寿命和复杂程度也将提出越来越高的要求。

7) 以塑代钢、以塑代木的进程进一步加快，塑料模具所占的比例将不断增大。由于机械零件的复杂程度和精度不断提高，对塑料模具的要求也将越来越高。

8) 为满足新产品试制和小批量生产的需要，我国模具行业制造了多种结构简单、生产周期短、成本低的简易冲模，如钢皮冲模、聚氨酯橡胶模、低熔点合金模具、低合金模具、三合冲模等。

9) 先进加工设备的大量运用使模具制造业的技术水平迅速提高。数控机床、数控电火花加工机床、加工中心等加工设备已在模具生产中得到广泛应用，并成功研制了单层电镀金刚石成形磨轮和电火花成形磨削专用机床，加工效果良好。对型腔的加工正在根据模具的不同类型采用电火花加工、电解加工、电铸加工、陶瓷型精密铸造、冷挤压、超塑性成形以及利用照相腐蚀技术加工型腔皮革纹表面等多种新型工艺，模具的计算机辅助设计和制造 (CAD/CAM) 已进行全面开发和应用。

尽管如此，与发达国家相比，我国的模具工业仍存在较大差距，主要表现为模具品种少、精度差、寿命低、生产周期长等。中、低档模具市场竞争加剧，产品价格降低过度，对产品质量造成不良影响，并降低了许多模具生产企业的效益。模具制造技术相对落后，远不能适应国民经济发展的需要，严重影响了生产品种的发展和质量的提高。由于许多模具（尤其是精密、复杂、大型模具）国内还不能制造，不得不从国外高价引进。我国企业技术装备还相对比较落后，劳动生产率也较低，模具生产专业化、商品化、标准化程度也不够高。产品结构调整的任务较重，人才紧缺，管理滞后的状况依然突出。与国际水平相比，模具企业的管理落后更甚于技术落后，整个行业人才缺乏，特别是中、高水平的技术人才和经营管理人才缺乏。

① 压铸模，铸造中现称为压铸型，本书中仍称为压铸模。

为了尽快改变这种状况，国家已采取了许多措施促进模具工业的发展，争取在较短的时间内使模具生产基本适应各行业产品发展的需要。

3. 模具制造的基本要求

在工业产品的生产中，应用模具的目的在于保证产品的质量，提高生产率和降低成本等。因此，除了正确进行模具设计，采用合理的模具结构外，还必须有良好的模具制造技术。制造模具时，不论采取哪一种方法都应该满足如下几个要求。

(1) 制造精度高 为了生产合格的产品和发挥模具的效能，模具设计和制造必须具有较高的精度。模具的精度主要由制品精度要求和模具结构决定，为了保证制品的精度和质量，模具工作部分的精度通常要比制品精度高 2 ~ 4 级。模具结构则对上、下模之间的配合有较高的要求，组成模具的零件都必须有足够的制造精度，否则模具将不可能生产出合格的制品，甚至会导致模具无法正常使用。

(2) 使用寿命长 模具是比较昂贵的工艺装备，目前模具制造费用约占产品成本的 10% ~ 30%，其使用寿命将直接影响生产成本。因此，除了小批量生产和新产品试制等特殊情况下，一般都要求模具具有较长的使用寿命，在大批量生产的情况下，模具的使用寿命更加重要。

(3) 制造周期短 模具制造周期的长短主要决定于制造技术和生产管理水平的高低。为了满足生产的需要，提高产品的竞争能力，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、制造精度要求以及加工方法有关。模具技术人员必须根据制品要求合理设计和制订其加工工艺，努力降低模具制造成本。

必须指出，上述四个指标是互相关联、相互影响的。片面追求模具精度和使用寿命必将导致制造成本的增加，只顾降低成本和缩短周期而忽略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，应根据实际情况全面考虑，即应在保证产品质量的前提下，选择与生产相适应的模具结构和制造方法，使模具成本降低到最小。如果要提高模具制造的综合指标，就应该认真研究现代模具制造理论，积极采用先进制造技术，以满足现代工业发展的需要。

4. 模具加工程序

模具加工的一般程序是：模具标准件准备→坯料准备→模具零件形状加工→热处理→模具零件精加工→模具装配。

冲模由凸模、凹模、导向、顶出等部分组成，注射模及压铸模由型腔部分的定模以及型芯部分的动模，还有导向、顶出、支承等部分组成。一副模具的零件多达 100 种以上。其中除了标准件可以外购，直接进行装配外，其他零件都要进行加工。

坯料准备是为各模具零件提供相应的坯料。其加工内容按原材料的类型不同而

异。对于锻件或切割钢板要进行六面加工，除去表面黑皮，将外形尺寸加工到满足要求，磨削两平面及基准面，使坯料的平行度和垂直度符合要求。直接应用标准模块，则坯料准备阶段不需要再进行任何加工，是缩短制模周期的最有效方法。模具设计人员应尽可能选用标准模块。

模具零件形状加工的任务是按要求对坯料进行内外形状的加工。例如，按冲裁凸模所需形状进行外形加工，按冲裁凹模所需形状加工型孔、紧固螺栓孔及销钉孔。又如按照注射模型芯的形状进行内、外形状加工，或按型腔的形状进行内形加工。

热处理是使经初步加工的模具零件半成品达到所需的硬度的过程。

模具零件的精加工是对淬硬的模具零件半成品进行进一步加工，以满足尺寸精度、形状精度和表面质量的要求。针对精加工阶段材料较硬的特点，大多数采用磨削加工和精密电加工方法。

无论是冲模还是注射模都有预先加工好的标准件供模具设计人员选用。现在，除了螺栓、销钉、导柱、导套等一般标准外，还有常用圆形和异形冲头、导销、推杆等各种标准件。此外还开发了许多标准组合，使模具标准化达到更高的水平。模具制造中的标准化程度越高，则加工周期越短。

模具装配的任务是将已加工好的模具零件及标准件按模具总装配图的要求装配成一副完整的模具。在装配过程中，需要对某些模具零件进行抛光和修整。试模后还需要对某些部位进行调整和修正，使模具生产的制件符合图样要求，而且模具能正常地连续工作，模具加工过程才结束。在整个模具加工过程中还需要对每一道加工工序的结果进行检验和确认，才能保证装配好的模具达到设计要求。

5. 模具加工方法的分类

模具加工方法主要分为切削加工及非切削加工两大类。这两类中各自所包含的各种加工方法见表 0-1。

表 0-1 模具加工方法

分 类	加 工 方 法	机 床	使用工（刀）具	适 用 范 围
切削加工	平面加工	龙门刨床 牛头刨床 龙门铣床	刨刀 刨刀 端面铣刀	对模具坯料进行六面加工
	车削加工	车床 数控车床 立式车床	车刀 车刀 车刀	加工内外圆柱锥面、端面、内槽、螺纹、成形表面以及滚花、钻孔、铰孔和镗孔等
	钻孔加工	钻床 横臂钻床 铣床 数控铣床 加工中心	钻头、铰刀 钻头、铰刀 钻头、铰刀 钻头、铰刀 钻头、铰刀	加工模具零件的各种孔

(续)

分 类	加 工 方 法	机 床	使用工（刀）具	适 用 范 围
切削加工	钻孔加工	深孔钻	深孔钻头	加工注射模冷却水孔
	镗孔加工	卧式镗床 加工中心 铣床	镗刀 镗刀 镗刀	镗削模具中的各种孔
		坐标镗床	镗刀	镗削高精度孔
	铣削加工	铣床 数控铣床 加工中心	立铣刀、端面铣刀 立铣刀、球头铣刀 立铣刀、球头铣刀	铣削模具各种零件
		仿形铣床	球头铣刀	进行仿形加工
		雕刻机	小直径立铣刀	雕刻图案
	磨削加工	平面磨床	砂轮	磨削模板各平面
		成形磨床 数控磨床 光学曲线磨床	砂轮 砂轮 砂轮	磨削各种形状模具零件的表面
		坐标磨床	砂轮	磨削精密模具孔
		内、外圆磨床	砂轮	圆形零件的内、外表面
		万能磨床	砂轮	可实施锥度磨削
	电加工	型腔电加工	电极	用上述切削方法难以加工的部位
		线切割加工	线电极	精密轮廓加工
		电解加工	电极	型腔和平面加工
	抛光加工	手持抛光机	各种砂轮	去除铣削痕迹
		抛光机或手工抛光	锉刀、砂纸、 油石、抛光剂	对模具零件进行抛光
非切削加工	挤压加工	压力机	挤压凸模	难以切削加工的型腔
	铸造加工	铍铜压力铸造 精密铸造	铸造设备 石膏型铸造设备	铸造注射模型腔
	电铸加工	电铸设备	电铸母模	精密注射模型腔
	表面装饰纹加工	蚀刻装置	装饰纹样板	在注射模型腔表面加工

通常，按照模具的种类、结构、用途、材质、尺寸、形状、精度及使用寿命等各种因素选用相应的加工方法。各种加工方法均有可能达到所要求的加工精度和经济精度。为了降低生产成本，根据模具各部位的不同要求尽可能使用各种加工方法的经济精度。

6. 传统模具制造向现代模具制造的过渡

传统模具技术主要是根据设计图样，用仿形加工、成形磨削以及电火花加工方

法来制造模具。近年来，随着计算机网络的高速发展，引发了一场信息技术革命，并构造了一个全球范围的虚拟环境，极大地缩短了人与人之间的距离。计算机技术、自动化技术、网络通信技术，这三者的有机结合给现代制造技术准备了技术条件和奠定了物质基础。

现代模具制造是伴随这些技术的发展而提出并得到实质性应用的。模具制造能够利用 CAD/CAE/CAPP/CAM 技术和数控加工技术有效地对整个设计制造过程进行预测评估，迅速获得样本，有利于争取订单、赢得客户，同时节省大量的模具试制材料费用，降低模具返修率，缩短生产周期，大大降低了模具成本。在此期间，人们还针对新的技术环境进行了深入的探讨研究，甚至可以利用网络通信技术，在世界范围内组织最精良的动态联盟队伍来完成每个项目，快速解决各种难题。可见，高新技术的发展给模具注入了新的生机，模具制造现代化正成为国际模具业发展的一种趋势。国内模具业也正从传统模具制造模式向着现代模具制造模式过渡。

7. 现代模具制造技术的特点

1) 传统制模的质量依赖于人为因素，再现能力差，整体水平不易控制；现代制模的质量依赖于物化因素，再现能力强，整体水平容易控制。

2) 传统制模采用串行方式进行，易造成设计与制造脱节，重复劳动多，加工周期长；现代制模则采用并行方式进行，设计和制造基于共同的数学模型，可以在模具总体工艺方案的指导下通过公共数据库并行通信，相互协调，共享信息，重复劳动少，加工周期短。

3) 传统制模只能通过试模来完成对模具质量的评价，返修多，成本高；现代制模则通过计算机数据模拟和仿真技术来完善模具结构，返修少，成本低。

正因为有了各种新的制造途径和手段，模具制造水平得到了有效的提高。表 0-2 反映了传统模具制造与现代模具制造技术水平的差别。

表 0-2 传统模具制造与现代模具制造的技术比较

项 目	分 类	传统模具制造	现代模具制造
精度/mm	冲模（定转子模）		
	尺寸精度	0.01 ~ 0.016	0.002 ~ 0.005
	步距精度	0.01 ~ 0.02	0.002 3 ~ 0.005
	塑料模具（电视机外壳模具）	0.05 ~ 0.1	0.005 ~ 0.01
	锻模	0.05 ~ 0.1	0.02 ~ 0.03
表面粗糙度 $Ra/\mu\text{m}$	冲模	1.6 ~ 0.8	0.4 ~ 0.2
	塑料模具	0.8 ~ 0.4	0.1 ~ 0.05
	压铸模	0.4 ~ 0.2	0.1
	锻模	1.6 ~ 0.8	0.4
制造周期	汽车覆盖件模具	1 年左右	6 ~ 7 个月
	电视机外壳模具	7 ~ 8 个月	2 ~ 3 个月
	化油器压铸模	4 ~ 5 个月	2 ~ 3 个月
	锥齿轮锻模	3 ~ 4 个月	1 ~ 2 个月

(续)

项 目	分 类	传统模具制造	现代模具制造
使用寿命	定转子级进模（硬质合金）	3 000 万次~5 000 万次	2 亿次~6 亿次
	电视机外壳模具	10 万件~20 万件	60 万件以上
	化油器压铸模	5 万件~10 万件	40 万件以上

8. 本课程的性质和要求

模具制造工艺是一门综合性较强、理论知识涉及面广的课程，是模具设计与制造专业的一门核心专业课。机械基础、工程材料及材料成形工艺、数控机床及编程、冲压模具设计、塑料模具设计、模具钳工等课程的有关内容都将在本课程中得到综合的应用。

学生在学完本课程后应达到如下基本要求：

- 1) 了解模具材料与热处理技术的发展现状和发展趋势。
- 2) 掌握模具材料及热处理技术与模具使用性能、寿命、成本之间的关系。
- 3) 掌握常用冷作模具材料和塑料模具材料的牌号、性能特点，并能合理选用。
- 4) 掌握金属切削的基本知识、基本理论，能正确选用刀具和机床完成金属切削加工。

5) 初步掌握模具制造的工艺过程和特点、模具零件机械加工工艺、特种加工工艺、模具工作零件的其他成形加工方法及模具装配工艺，具备编制中等复杂程度模具的工艺文件、简单的模具装配工艺文件的能力。

6) 能够运用模具的加工技术、质量测试技术、装配调试技术和使用维护技术初步分析和解决模具设计制造、生产中常见的质量、工艺方面的问题，为就业打下必要的基础。

本课程具有很强的实践性和综合性，因此，学习本课程时除了重视理论学习之外，还要重视实训和实习，注意理论与实践的结合，向具有丰富实际经验的工程技术人员学习，注重应用；在教学中应多采用项目化教学方法，并培养学生的自学能力，以增加课堂的信息量和提高课时的利用率，并在后续课程和生产实习、顶岗实习等教学环节中反复练习、巩固提高。

项目 1 模具制造工艺基础

任务 1.1 模具制造基本概念

【学习目的与要求】

- 了解生产过程及其组成。
- 学习工艺过程及其组成。
- 了解工艺规程的制订原则及步骤。
- 会分析工艺过程中的工序、装夹、工步、进给。

【学习重点】

- 掌握工艺过程及其组成。

【学习难点】

- 结合实例理解工序、工位、工步的概念。

1. 过程

生产过程是将原材料或半成品转变为成品的各有关劳动过程的总和。它主要包括：

(1) 产品投产前的生产技术准备工作 此过程主要完成产品投入生产前各种生产资料和生产组织等方面的准备工作，包括产品的试验研究和设计、工艺设计和专用工艺装备的设计及制造。

(2) 毛坯的制造过程 如毛坯的锻造、铸造和冲压等。

(3) 零件的各种加工过程 如机械加工、特种加工、焊接、热处理和表面处理等。

(4) 产品的装配过程 包括部件装配、总装配、检验、调试和油封等。

(5) 各种生产服务活动 包括生产中的原材料、半成品、标准件、外购件、工具的供应、运输、保管以及产品的涂装、包装和发送等。

为了便于组织专业化生产和提高劳动生产率，现代工业生产的发展趋势是自动化、专业化生产。这样各工厂的生产过程就变得比较简单，有利于保证质量、提高效率 and 降低成本，如模具零件毛坯的生产由专业化的毛坯生产工厂来承担，模具上的导柱、导套、顶杆等零件和模架的生产，由专业化的标准件厂来完成。这既有利于保证模具上各种零件的质量，也利于降低成本，对专业化零部件制造厂和模具制造厂都是有利的。

2. 工艺过程及其组成

在模具产品的生产过程中，将与把原材料变为成品直接有关的过程（如毛坯

的制造、机械加工、热处理和装配等过程)称为工艺过程。用机械加工的方法直接改变毛坯的形状、尺寸和表面质量,使之成为产品零件的工艺过程,称为机械加工工艺过程。确定合理的机械加工工艺过程后,以文字形式形成的加工技术文件,即为模具的机械加工工艺规程。

机械加工工艺过程是由一个或若干个按顺序排列的工序所组成的,而每一个工序又可细分为装夹、工位、工步和进给等。毛坯依次经过这些工序而变为成品。

(1) 工序 工序是一个或一组工人,在一个工作地点对同一个(或同时对几个)工件进行加工,所连续完成的那一部分工艺过程。它是组成工艺过程的基本单元,又是生产计划和经济核算的基本单元。划分工序的依据是工作地点(或设备)、加工对象(工件)是否变动以及加工是否连续完成。如果其中之一有变动或者加工不是连续完成,则构成另一道工序。

如何判断一个工件在一个工作地点的加工过程是否连续呢?现以一批工件上某孔的钻、铰加工为例说明。如果每一个工件在同一台机床上钻孔后就接着铰孔,则该孔的钻、铰加工过程是连续的,应计为一道工序。若在该机床上将这批工件都钻完孔后再逐个铰孔,对一个工件的钻、铰加工过程就不连续了,钻、铰加工应该划分成两道工序。

图 1-1 所示为模柄及其毛坯,模柄的机械加工工艺过程可划分为三道工序,见表 1-1。

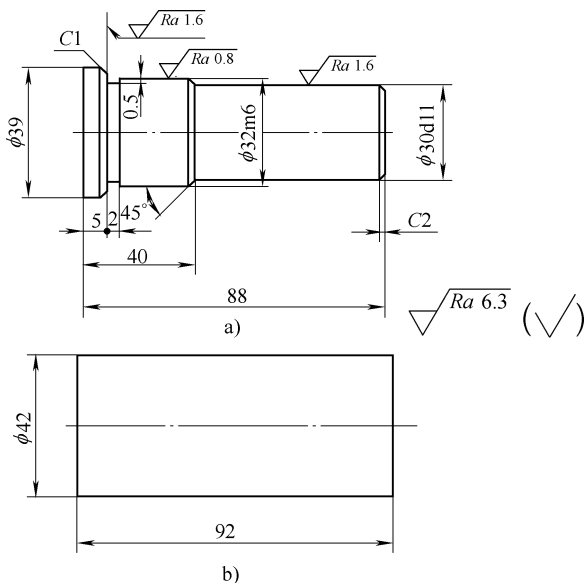


图 1-1 模柄及其毛坯

a) 模柄 b) 毛坯

表 1-1 模柄的工艺过程

工序编号	工序内容	设 备
1	车两端面钻中心孔	车床
2	车外圆 ($\phi 32\text{mm}$ 留磨削余量)、车槽并倒角	车床
3	磨 $\phi 32\text{mm}$ 外圆	外圆磨床

(2) 装夹与工位 确定工件在机床上或夹具中占有正确位置的过程称为定位。为防止在加工过程中因受切削力、重力、惯性力等的作用破坏定位, 工件定位后应将其固定, 使其在加工过程中保持定位位置不变, 这种操作称为夹紧。将工件在机床上或夹具中定位、夹紧的过程称为装夹。在一道工序中, 有时工件需要进行多次装夹, 如表 1-1 中的工序 1, 当车削第一个端面、钻中心孔时要进行一次装夹, 调头车另一端面、钻中心孔又需要重新装夹工件, 所以完成该工序, 工件要进行两次装夹。多一次装夹, 不单增加了装卸工件的辅助时间, 同时还会产生装夹误差。因此, 在工序中应尽量减少装夹次数。为了减少工件装夹的次数, 常采用各种回转工作台、回转夹具或移位夹具, 使工件在一次装夹中先后处于几个不同的位置进行加工。此时, 工件在机床上占据的每一个加工位置都称为一个工位。图 1-2 所示为利用回转工作台换位, 使一个工件依次处于装卸工件 (工位 I)、钻孔 (工位 II)、扩孔 (工位 III) 和铰孔 (工位 IV) 四个工位的加工实例。

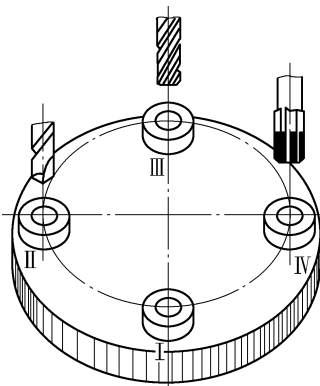


图 1-2 回转多工位加工

(3) 工步 在一个工序内, 往往需要用不同的刀具和切削用量, 对不同的表面进行加工。为了便于分析和描述工序的内容, 工序还可进一步划分为工步。当加工表面、切削工具和切削用量中的转速与进给量均不变时, 所完成的那部分工序称为工步。表 1-1 中的工序 1 可划分成四个工步 (车端面、钻中心孔、车另一端面、钻中心孔)。决定工步的两个因素 (加工表面、加工工具) 之一发生变化, 或者这两个因素虽然没有变化, 但加工过程不是连续完成, 则一般应划分为另一工步。当工件在一次装夹后连续进行若干个相同的工步时, 为了简化工序内容的叙述, 在工艺文件上常将其填写为一个工步, 如图 1-3 所示, 对零件的四个 $\phi 10\text{mm}$ 的孔连续进行钻削加工, 在工序中可以写成一个工步——钻 $4 \times \phi 10\text{mm}$ 孔。

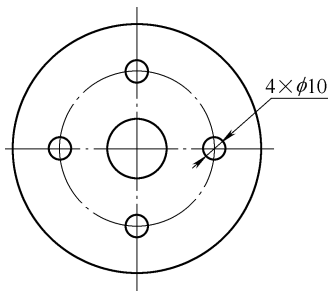


图 1-3 孔径相等的多孔工件加工

为了提高生产率,用几把刀具或者用复合刀具,同时加工同一工件上的几个表面,称为复合工步。在工艺文件上,复合工步应视为一个工步,图 1-4 所示为用一把钻头和三把车刀同时加工内孔和外圆的复合工步。图 1-5 所示为用复合刀具钻孔、铤锥面的复合工步。

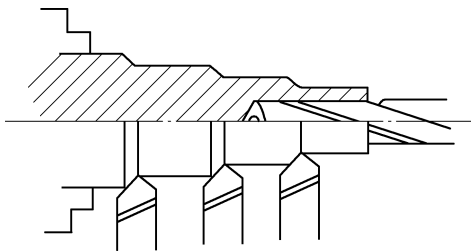


图 1-4 阶梯轴的多刀加工

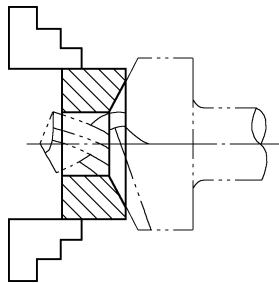


图 1-5 用复合刀具钻孔、
铤锥面的复合工步

(4) 进给 有些工步,由于需要切除的余量较大或其他原因,需要对同一表面进行多次切削。刀具从被加工表面上每切下一层金属层即称为一次进给。如图 1-6 所示,车削两个不同直径的外圆柱面时应划分为两个工步,第一个工步车 $\phi 80\text{mm}$ 外圆仅一次进给,第二个工步车 $\phi 60\text{mm}$ 外圆为两次进给。

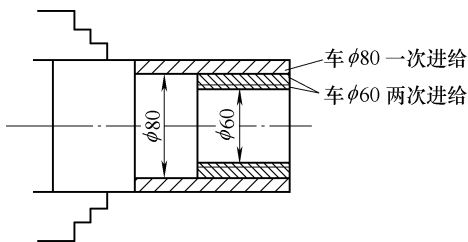


图 1-6 车削不同直径外圆

3. 生产纲领和生产类型

(1) 生产纲领 企业在计划期内应生产的产品产量(年产量)和进度计划称为生产纲领。

某种零件的年产量可用以下公式计算

$$N = Qn(1 + \alpha + \beta)$$

式中 N ——零件的年产量,单位为件/年;

Q ——产品的年产量,单位为台/年;

n ——每台产品中该零件的数量,单位为件/台;

α ——该零件的备品率;

β ——该零件的平均废品率。

年产量的大小对工厂的生产过程和生产组织起决定性的作用。采用不同的生产纲领时,各工作地点的专业化程度、所用工艺方法、机床设备和工艺装备也各不相同。

(2) 生产类型的确定 企业(或车间、工段、班组、工作地点)生产专业化

程度的分类称为生产类型。按产品生产纲领的大小和品种的多少将生产类型划分为单件生产、成批生产和大量生产三种。

1) 单件生产的基本特点是产品品种较多, 每种产品仅生产一件或数件, 同一个工作地点的加工对象经常改变, 且很少重复生产。例如: 重型机械产品的制造、新产品的试制等多属于这种生产类型, 一般工厂的工具车间所进行的专用模具、夹具、刀具、量具的生产也多属于单件或小批生产。

2) 成批生产的基本特点是产品品种多, 且同一产品均有一定的数量, 工作地点的加工对象周期性地更换。例如机床制造、机车制造以及模具中常用的标准模板、模座、导柱、导套的生产等多属于成批生产。一次投入或生产的同一产品(或零件)的数量称为生产批量。按照批量的大小, 成批生产又分为小批生产、中批生产和大批生产。小批生产在工艺方面接近单件生产, 常常将两者相提并论。中批生产的工艺特点介于单件生产和大量生产之间。大批生产在工艺方面接近大量生产。

3) 大量生产的基本特点是产品品种单一而固定, 同一产品产量很大, 大多数工作地长期进行一个零件某道工序的加工, 生产具有严格的节奏性。例如汽车、自行车、缝纫机、轴承的制造等, 常常以大量生产的方式进行。

生产类型不同, 产品制造的工艺方法、所采用的设备和工艺装备以及生产的组织形式等均不相同。各种生产类型的工艺特征见表1-2。

表 1-2 各种生产类型的工艺特征

类 型 特 点	单 件 生 产	成 批 生 产	大 量 生 产
加工对象	经常改变	周期性改变	固定不变
毛坯的制造方法及加工余量	铸件用木模、手工造型, 锻造用自由锻。毛坯精度低, 加工余量大	部分铸件用金属型, 部分锻件采用模锻。毛坯精度中等, 加工余量中等	铸件广泛采用金属型机器造型。锻件广泛采用模锻以及其他高生产率的毛坯制造方法。毛坯精度高, 加工余量小
机床设备及其布置形式	采用通用机床。机床按类别和规定大小采用“机群式”排列布置	采用部分通用机床和部分高生产率的专用机床。机床设备按加工零件的类别分工段排列布置	广泛采用高生产率的专用机床及自动机床。按流水线形式排列布置
工艺装备	多用标准夹具, 很少采用专用夹具, 靠划线及试切法达到尺寸精度 采用通用刀具与万能量具	广泛采用专用夹具, 部分靠划线进行加工 较多采用专用刀具和专用量具	广泛采用先进的高效夹具, 靠夹具及调整法达到加工要求 广泛采用高生产率的刀具和量具
对操作工人的要求	需要技术熟练的操作工人	操作工人需要一定的技术熟练程度	对操作工人的技术要求较低, 对调整工人的技术要求较高

(续)

类型特点	单件生产	成批生产	大量生产
工艺文件	有简单的工艺过程卡片	有较详细的工艺规程，对于重要零件需要编制工艺卡片	有详细编制的工艺文件
零件的互换性	广泛采用钳工修配	零件大部分有互换性，少数用钳工修配	零件全部有互换性，某些配合要求很高的零件采用分组互换
生产率	低	中等	高
单件加工成本	高	中等	低

表 1-3 所列是按产品年产量划分的生产类型，供确定生产类型时参考。

表 1-3 年产量与生产类型的关系

生产类型		同类零件的年产量/(件/年)		
		轻型零件 (质量 < 100kg)	中型零件 (质量为 100 ~ 2000kg)	重型零件 (质量 > 2000kg)
单件生产		< 100	< 10	< 5
成批生产	小批	100 ~ 500	10 ~ 200	5 ~ 100
	中批	500 ~ 5 000	200 ~ 500	100 ~ 300
	大批	5000 ~ 50 000	500 ~ 5 000	300 ~ 1 000
大量生产		> 50 000	> 5 000	> 1 000

4. 工艺规程制订的原则和步骤

(1) 工艺规程的作用与内容 工艺规程是记述由毛坯加工成为零件的过程的一种工艺文件，它简要地规定了零件的加工顺序，选用的机床、工具、工序的技术要求及必要的操作方法等。因此，工艺规程具有指导生产和组织工艺准备的作用，是生产中必不可少的技术文件。

工艺规程的形式很多，随各企业的生产条件、组织形式和生产的加工批量的不同而不同。生产的工艺规程可以分为零件的机械加工工艺规程、检验工艺规程、装配工艺规程等，但主要以零件的机械加工工艺规程为主，其他工艺规程则按需要而定。合理的工艺规程对保证产品质量、提高劳动生产率、降低原材料及动力消耗、改善工人的劳动条件等都有十分重要的意义。在生产过程中工艺规程有以下几方面的作用。

1) 工艺规程是指导生产的重要技术文件。合理的工艺规程是在总结广大工人和技术人员长期实践经验的基础上，结合工厂的具体生产条件，根据工艺理论和必要的工艺试验而制订的。按照它进行生产，可以保证产品质量、较高的生产效率和

经济性。经批准生效的工艺规程在生产中应严格执行，否则，往往会使产品质量下降，生产效率降低。但是，工艺规程也不应是固定不变的，工艺人员应注意及时总结经验，吸收国内外先进工艺技术，对现行工艺规程不断地进行改进和完善，使其能更好地指导生产。

2) 工艺规程是生产组织和生产管理工作的基本依据。有了工艺规程，在产品投产之前，就可以根据它进行原材料、毛坯的准备和供应；机床设备的准备和负荷的调整，专用工艺装备的设计和制造；生产作业计划的编排，劳动力的组织以及生产成本的核算等，使整个生产有计划地进行。

3) 工艺规程是新建或扩建工厂或车间的基本资料。在新建或扩建工厂、车间的工作中，根据产品零件的工艺规程及其他资料，可以统计出所建车间应配备机床设备的种类和数量，计算出车间所需面积和各类人员数量，确定车间的平面布置和厂房基建的具体要求，从而提出有根据的筹建或扩建计划。

(2) 制订工艺规程的原则 制订工艺规程的基本原则是：保证以最低的生产成本和最高的生产效率，可靠地加工出符合设计图样要求的产品。因此在制订工艺规程时，应从工厂的实际条件出发，充分利用现有设备，尽可能采用国内外的先进技术和经验。工艺规程首先要保证产品的质量，同时要争取最好的经济效益。在制订工艺规程时，要遵循以下几个方面的原则。

1) 技术上保持先进性。在制订工艺规程时，要了解国内外本行业工艺技术的发展。通过必要的工艺试验，优先采用先进工艺和工艺装备，同时还要充分利用现有的生产条件，以提高工艺技术水平。

2) 经济上保持合理性。在一定的生产条件下，可能会出现几个能够保证工件技术要求的工艺方案。此时应全面考虑，通过核算或评比选择经济上最合理的方案，使产品的能源、物资消耗和成本最低，使企业获得良好的经济效益。

3) 产品质量具有可靠性。工艺规程要充分考虑和采取一切确保产品质量的必要措施，以期能全面、可靠和稳定地达到设计图样上所要求的精度、表面质量和其他技术要求。

4) 具有良好的劳动条件。制订的工艺规程必须保证工人具有良好而安全的劳动条件。尽可能采用机械化或自动化的措施，把工人从笨重的体力劳动中解放出来。

制订工艺规程时应具有相关的原始资料。主要包括产品的零件图和装配图；产品的生产纲领；有关手册、图册、标准、类似产品的工艺资料和生产经验；工厂的生产条件（机床设备、工艺设备、工人技术水平等）以及国内外有关工艺技术的发展情况等。这些原始资料是编制工艺规程的出发点和依据。

(3) 编制工艺规程的大致步骤

1) 研究零件图并审查工艺。分析产品零件图和装配图，熟悉产品用途、性能

和工作条件。了解零件的装配关系及其作用，分析制订各项技术要求的依据，判断其要求是否合理，零件结构工艺性是否良好。通过分析找出主要的技术要求和关键技术问题，以便在加工中采取相应的技术措施。如有问题，应与有关设计人员共同研究，按规定的手续对图样进行修改和补充。

2) 确定生产类型。

3) 确定毛坯的种类和尺寸。在确定毛坯时，要熟悉本厂毛坯车间（或专业毛坯厂）的技术水平和生产能力，各种钢材、型材的品种规格。应根据产品零件图和加工时的工艺要求（如定位、夹紧、加工余量和结构工艺性），确定毛坯的种类、技术要求及制造方法。在必要时，应和毛坯车间技术人员共同确定毛坯图。

4) 拟订工艺路线。工艺路线是指产品或零部件在生产过程中，由毛坯准备到成品包装入库，经过企业各有关部门或工序的先后顺序。拟订工艺路线是制订工艺规程时十分关键的一步，需要提出几个不同的方案进行分析对比，寻求一个最佳的工艺路线。其中，正确选择定位基准和主要表面的加工方法极为重要。

5) 确定工序尺寸、公差及其技术要求。

6) 确定各工序使用的机床设备及刀具、夹具、量具和辅助工具。

7) 确定切削用量及时间定额。

8) 填写工艺文件。生产中常见的工艺文件有机械加工工艺过程卡片、机械加工工艺卡片、机械加工程序卡片，它们分别适合于在不同的生产情况下采用。

任务 1.2 模具制造基础

【学习目的与要求】

- 了解基准的概念，掌握基准的类型及基准的选择原则。
- 会分析定位基准，并能正确选择。
- 能合理选择零件的表面加工方法。
- 会拟订合理的加工工艺路线。
- 能合理选择零件表面的加工余量。
- 会合理拟订工序尺寸及其公差。
- 能合理选择工序的机床与工艺装备。

【学习重点】

- 定位基准的分析。
- 合理加工余量的确定。
- 工序尺寸及其公差确定的基本方法。
- 合理选择工序的机床与工艺装备。

【学习难点】

- 定位基准的实例分析。

- 合理选择实际零件的表面加工方法。
- 拟订出合理的加工工艺路线。
- 基准不重合时工序尺寸及其公差计算。

1.2.1 定位基准的选择

在制订零件加工的工艺规程时,正确选择工件的定位基准有着十分重要的意义。定位基准选择得好坏,不仅影响零件加工的位置精度,而且对零件各表面的加工顺序也有很大的影响。本任务先建立一些有关基准和定位的概念,然后再讨论定位基准选择的原则。

1. 基准的概念及分类

零件都是由若干表面组成的,各表面之间有一定的尺寸和相互位置要求。零件表面间的相对位置要求包括两方面:表面间的距离尺寸精度和相对位置精度(如同轴度、平行度、垂直度和圆跳动等)要求。研究零件表面间的相对位置关系离不开基准,不明确基准就无法确定零件表面的位置。基准就其一般意义来讲,就是零件上用以确定其他点、线、面的位置所依据的点、线、面。基准按其作用不同,可分为设计基准和工艺基准两大类。

(1) 设计基准 在零件图上确定某些点、线、面的位置时所依据的那些点、线、面,即在设计图样上所采用的基准称为设计基准。如图1-7所示,零件的轴线 $O-O$ 是外圆和内孔的设计基准。端面 A 是端面 B 、端面 C 的设计基准,内孔 $\phi 20H7$ 的轴线是 $\phi 40h6$ 外圆柱面径向圆跳动和端面 B 圆跳动的基准。这些基准是从零件的使用性能和工作条件要求出发,为使零件具有适当的结构工艺性而选定的。

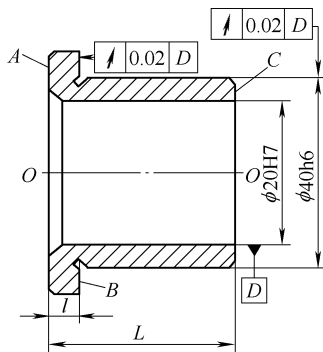


图 1-7 零件设计基准

(2) 工艺基准 零件在加工和装配过程中所使用的基准称为工艺基准。工艺基准按用途不同,又分为工序基准、定位基准、测量基准和装配基准。

1) 在工序图上用来确定本工序被加工表面加工后的尺寸、形状、位置的基准称为工序基准。如图1-8a所示,设计图上键槽底面位置尺寸 S 的设计基准为轴线 O 。由于工艺上的需要,在铣键槽工序中,键槽底面的位置尺寸按工序图1-8b标注,轴套外圆柱面的最低

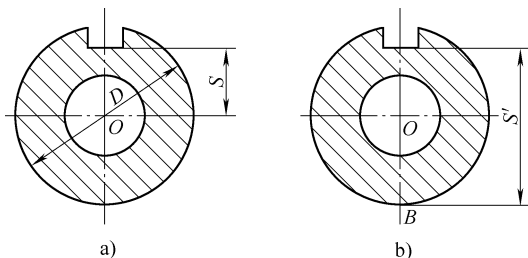


图 1-8 零件的工序基准

a) 轴套零件图 b) 轴套铣键槽工序图

母线 B 为工序基准。

2) 在加工时, 使被加工工件在机床或夹具中占据正确位置 (即将工件定位) 所使用的基准称为定位基准。如图 1-9a 所示, 在加工轴套零件键槽的工序中, 工件以内孔在心轴上定位, 则孔的轴线 O 是定位基准。若工件以外圆柱面在支承板上定位, 如图 1-9b 所示, 则母线 B 为该工序的定位基准。

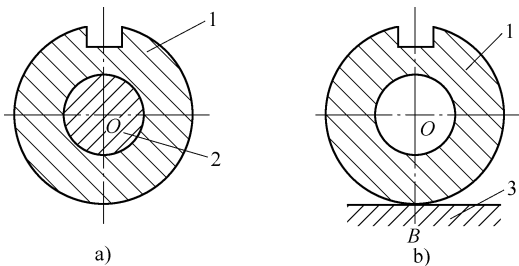


图 1-9 零件的定位基准

a) 工件以心轴定位 b) 工件以支承板定位

1—轴套 2—心轴 3—支承板

3) 零件检测时, 用以测量已

加工表面的尺寸及位置所使用的基准称为测量基准。图 1-10 所示为检验零件大端侧平面位置尺寸所采用的两种测量方法。图 1-10a 所示为用极限量规测量, 母线 $a-a$ 为测量基准; 图 1-10b 所示为用游标卡尺测量, 大圆柱面上距侧平面最远的圆柱母线为测量基准。

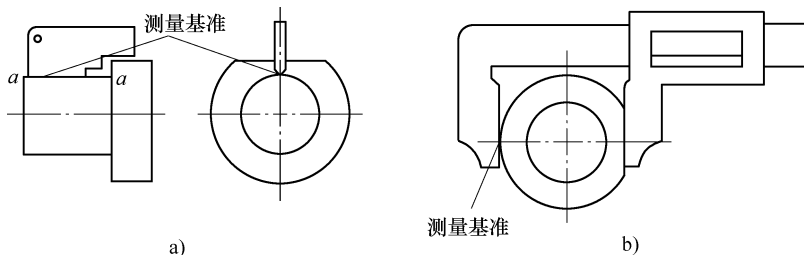


图 1-10 零件的测量基准

a) 用极限量规测量 b) 用游标卡尺测量

4) 装配时用来确定零件或部件在产品中的相对位置所采用的基准称为装配基准。装配基准通常就是零件的主要设计基准。例如, 图 1-7 所示零件的 $\phi 40h6$ 及端面 B 即为装配基准。

2. 工件定位的基本要求及方法

在机械加工中, 工件被加工表面的尺寸、形状和位置精度取决于工件相对于刀具和机床的正确位置和运动。制订零件的机械加工工艺规程时, 必须选择工件上一组 (或一个) 几何要素 (点、线、面) 作为定位基准, 将工件装夹在机床或夹具上以实现正确定位。工件正确定位应满足以下要求。

1) 应使工件相对于机床占据一个正确的位置。例如, 车削图 1-11 所示的零件时, 为了保证被加工表面 (尺寸为 D 的内孔) 相对于外圆柱面的同轴度要求, 工件定位时必须使设计基准 (外圆柱面的轴线 $O-O$) 与机床主轴的回转轴线重合,

加工后内、外圆柱面的同轴度即能达到要求。

对于图 1-12a 所示的支架，为了保证加工表面 B 与设计基准 A 的平行度要求，工件定位时必须使设计基准与机床的工作台面垂直，且与工作台的纵向运动方向相平行，如图 1-12b 所示。

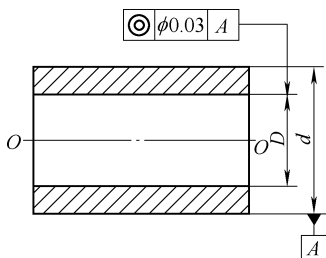


图 1-11 筒形零件

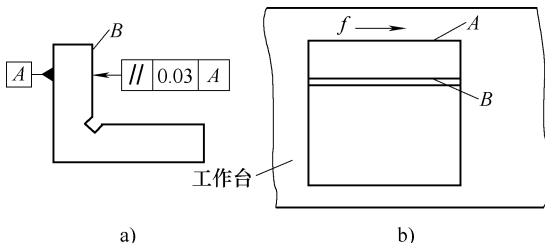


图 1-12 支架

2) 要保证加工精度，位于机床或夹具上的工件还必须相对于刀具有一个正确的位置。在生产中，工件、刀具之间的相对位置常用试切法或调整法来保证。

试切法是一种通过试切—测量—调整—再试切，反复进行直到被加工尺寸达到要求的加工方法。图 1-13a 所示为试切法加工。加工之前工件和刀具的轴向位置并未确定，而是经过多次切削、测量、调整刀具位置来得到尺寸 l 。

调整法是先调整好刀具和工件在机床上的相对位置，并在一批零件的加工过程中保持这个位置不变，以保证工件被加工尺寸的方法。图 1-13b 所示为用调整法加工一批工件获得工序尺寸。通过反装的三爪确定工件的轴向位置，用挡铁调整好刀具与工件的相对位置，并保持挡铁位置不变，加工每一个工件时都使其具有相同的轴向位置，以保证尺寸 l 。

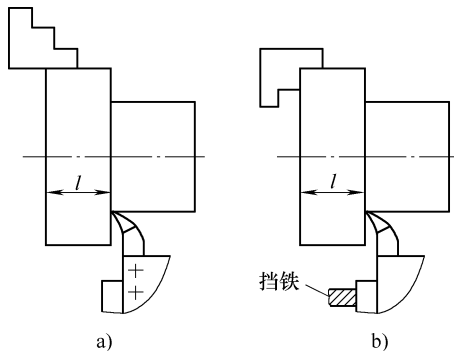


图 1-13 零件加工

a) 试切法加工 b) 调整法加工

试切法一般在单件小批生产中采用，调整法多用于成批和大量生产。

3. 定位基准的选择

设计基准已由零件图给定，而定位基准可以有多种不同的方案。定位基准不仅影响工件的加工精度，而且对于同一个被加工表面，所选用的定位基准不同，其工艺路线也可能不同。所以选择工件的定位基准是十分重要的。在机械加工的最初工序中，只能用工件毛坯上未经加工的表面作定位基准，这种定位基准称为粗基准。用已经加工过的表面作定位基准则称为

精基准。在制订零件的机械加工工艺规程时，总是先考虑选择怎样的精基准定位把工件加工到设计要求，然后考虑选择什么样的粗基准定位，把用作精基准的表面加工出来。如果工件上没有能作为定位基准用的恰当表面，此时就必须在工件上专门设置或加工出定位的基面，称为辅助基准。例如，如图 1-14 所示，车床小刀架的工艺凸台 A 应和定位面 B 同时加工出来，以使定位稳定可靠。辅助基准在零件工作中并无用途，完全是为了工艺上的需要，加工完毕后如有必要可以去掉辅助基准。

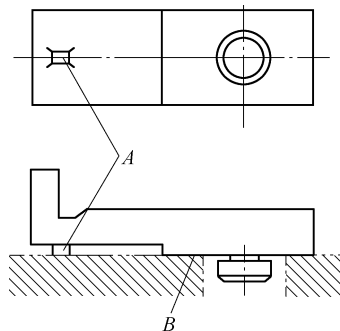


图 1-14 具有工艺凸台的刀架毛坯

关于如何正确地选择定位基准的问题，在生产中已总结出了一些规律。

(1) 粗基准的选择 在起始工序中，工件只能选择未经加工的毛坯表面定位，这种定位表面称为粗基准。粗基准选择得好坏，对以后各加工表面加工余量的分配，以及工件上加工表面和非加工表面间的相对位置均有很大的影响。因此，必须重视粗基准的选择。选择粗基准时要为后续工序提供必要的定位基面。

选择粗基准时主要应考虑如何保证各加工表面都有足够的加工余量，非加工表面的尺寸、位置应符合图样要求。一般应注意以下几个问题。

1) 如果要求保证加工表面与非加工表面之间的相互位置精度，则应选非加工表面为粗基准。例如，图 1-15 所示的壳体零件，外圆柱表面 A 为非加工表面，为了保证镗孔后壁厚均匀，应选外圆柱表面 A 为粗基准。

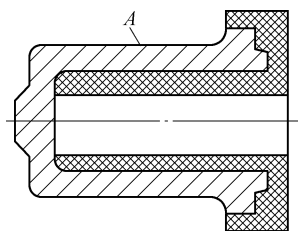


图 1-15 壳体零件加工的粗基准选择图

2) 若必须保证工件上某重要表面的加工余量均匀，则应选择该表面为粗基准。

如图 1-16 所示，车床床身的导轨面是重要表面，希望在加工导轨面时切去一层薄而均匀的余量，使其表面层保留均匀的金相组织，以获得较高的均匀一致的力学性能，增强导轨的耐磨性。因此应先以导轨面为粗基准，加工床身底面，然后以床身底面为精基准加工导轨面，以保证导轨面的加工余量小而均匀。

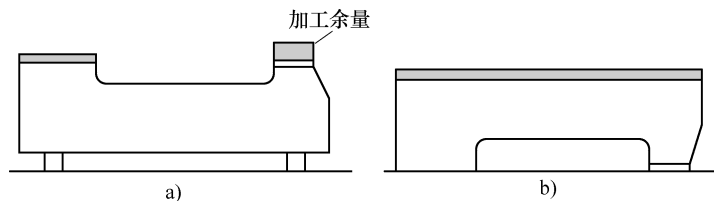


图 1-16 床身加工的粗基准选择

a) 以导轨面（粗基准）定位加工床身底面 b) 以床身底面（精基准）定位加工导轨面

3) 如果零件上有几个非加工表面, 则应以其中与加工表面相互位置精度较高的非加工表面作粗基准。

如图 1-17a 所示, 箱体零件的内壁面 A 和面 B 均为非加工表面。为了防止与孔同轴装配的齿轮外圆与内壁面 A 相碰, 设计时已考虑留有间隙 Δ (图 1-17b), 并由尺寸 t_1 和 s 保证。

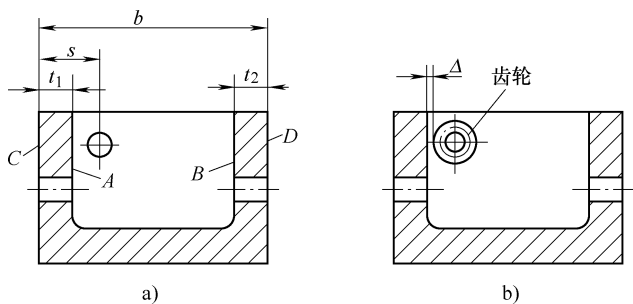


图 1-17 箱体零件示意图

a) 尺寸示意图 b) 装配示意图

加工时若选与孔相互位置精度要求较高的面 A 为粗基准加工面 C (图 1-18a), 保证尺寸 t_1 , 然后再以面 C 为基准加工孔, 保证尺寸 s (图 1-18b), 则装配间隙 Δ 可以间接获得保证。齿轮外圆就不会与内壁面 A 相碰。反之, 若以面 B 作为粗基准加工面 D , 保证尺寸 t_2 , 然后以面 D 为精基准加工面 C , 保证尺寸 b , 最后以面 C 为精基准加工孔, 保证尺寸 s , 则尺寸 t_1 除了受尺寸 b 和 s 的加工误差影响外, 还受毛坯内壁面 A 和面 B 之间的距离尺寸的影响。由于毛坯尺寸误差较大, 故尺寸 t_1 的误差也随之增大, 当尺寸 t_1 大到使间隙 Δ 为负值时, 则齿轮必然与内壁面 A 相碰, 无法进行装配。

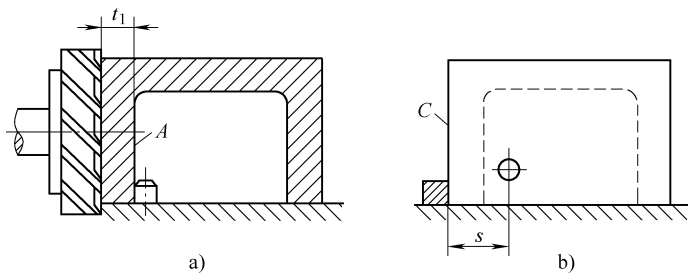


图 1-18 箱体加工的粗基准选择

4) 若零件上每个表面都要加工, 则应选加工余量最小的表面为粗基准。

如图 1-19 所示, 铸造毛坯应选择外圆柱面为粗基准。因为铸件外圆的加工余量一般都小于内孔的加工余量。又由于内外圆柱面同轴度误差的影响, 如果以内圆

柱面为粗基准加工外圆，则可能由于余量不够，使工件报废。

5) 选作粗基准的表面，应尽可能平整，不能有飞边、浇注系统、冒口或其他缺陷。使工件定位稳定可靠，夹紧方便。

6) 一般情况下粗基准不重复使用。一般毛坯，由于表面粗糙、精度低，如果两次装夹中重复使用同一粗基准，会造成相当大的定位误差。例如图 1-20 所示的小轴，如重复使用毛坯表面 *B* 定位分别加工表面 *A* 和表面 *C*，必然使表面 *A* 和表面 *C* 之间产生较大的同轴度误差。但在某些加工中，当零件的主要定位要求已由精基准保证，还需要限制某个自由度，且定位精度要求不高时，在无精基准可以选用的情况下，也可以选用粗基准来限制这个自由度。

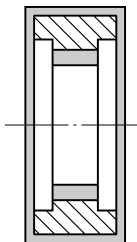


图 1-19 加工铸造毛坯

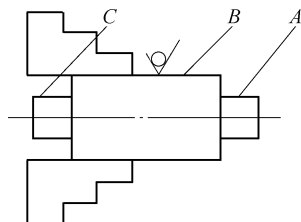


图 1-20 小轴的加工

上述粗基准选择的原则，每一项都只能说明一个方面的问题，实际应用时往往会出现几项内容相互矛盾的情况。这时要全面考虑各种因素，灵活运用上述原则，保证重点。

(2) 精基准的选择 在最终工序和中间工序中，应采用已加工的表面定位，这种定位基面称为精基准。精基准的选择不仅影响工件的加工质量，而且与工件装夹是否方便、可靠也有很大的关系。选择精基准时主要应考虑如何减少定位误差，保证加工精度，使工件装夹方便、可靠，夹具结构简单。因此，选择精基准一般应遵循以下原则。

1) 选择被加工表面的设计基准为定位基准，以避免因基准不重合引起基准不重合误差，这样容易保证加工精度，这就是基准重合原则。

如图 1-21 所示，当加工表面 *B* 和表面 *C* 时，从基准重合的原则出发，应选择表面 *A*（设计基准）为定位基准。加工后表面 *B* 和表面 *C* 相对于表面 *A* 的平行度取决于机床的几何精度，尺寸精度误差则取决于机床一刀具—工件等工艺系统的一系列因素。轴类零件的大多数工序都可以采用两端中心孔定位（即以轴线为定位基准），以保证各主要加工表面的尺寸精度和位置精度。

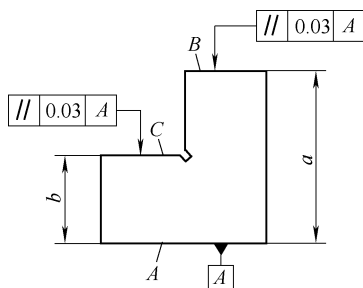


图 1-21 基准重合工件示例

2) 当工件以某一组精基准定位, 可以比较方便地加工其他各表面时, 应尽可能在多数工序中采用同一组精基准定位, 这就是基准统一原则。

例如, 轴类零件的大多数工序都采用顶尖孔为定位基准, 齿轮的齿坯和齿形加工多采用齿轮的内孔及基准端面为定位基准。

采用统一基准能用同一组基面加工大多数表面。不仅可以避免因基准变换而引起的定位误差, 而且在一次装夹中能加工出较多的表面, 既便于保证各个被加工表面间的位置精度, 又有利于提高生产率。

3) 有些精加工或光整加工工序要求加工余量小而均匀, 这时应尽可能用加工表面自身为精基准, 而该表面与其他表面之间的位置精度应由先行工序予以保证, 这就是自为基准原则。

如在导轨磨床上磨削导轨时, 装夹后用百分表找正工件的导轨表面本身, 此时床脚仅起支撑作用。此外磨孔、铰孔及浮动镗孔等都是自为基准的例子。

4) 当两个被加工表面之间位置精度较高、要求加工余量小而均匀时, 多以两表面互为基准进行加工, 这就是互为基准原则。

如图 1-22a 所示, 导套在磨削加工时为保证 $\phi 32H8$ 与 $\phi 42k6$ 的内外圆柱面间的同轴度, 可先以 $\phi 42k6$ 的外圆柱面作定位基准, 在内圆磨床上加工 $\phi 32H8$ 的内孔, 如图 1-22b 所示。然后再以 $\phi 32H8$ 的内孔作定位基准, 在心轴上磨 $\phi 42k6$ 的外圆, 则容易保证各加工表面都有足够的加工余量, 达到较高的同轴度要求, 如图 1-22c 所示。

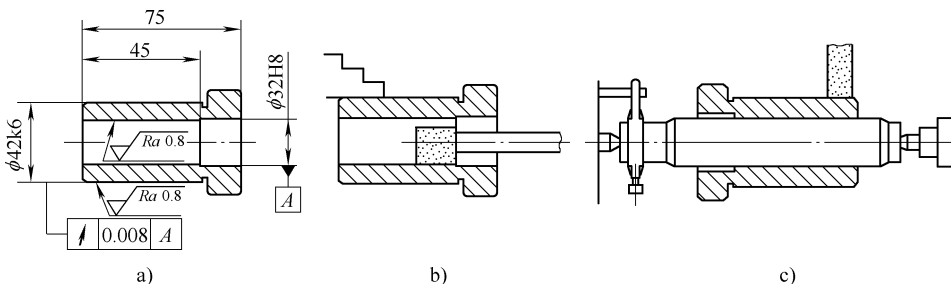


图 1-22 采用互为基准磨内孔和外圆

a) 工件简图 b) 用自定心卡盘磨内孔 c) 在心轴上磨外圆

互为基准原则特别适用于用高频感应淬火把齿面淬硬后, 进行磨齿加工的精密齿轮。因淬硬层较薄, 要求磨削余量小而均匀, 磨削时先以齿面为基准磨内孔, 然后再以内孔为基准磨齿面。

5) 定位基准的选择应便于工件的装夹与加工, 并使夹具的结构简单。

上述精基准选择原则, 每一条都只说明一个方面的问题, 在实际应用时有可能出现相互矛盾的情况, 所以在实际应用时一定要全面考虑, 灵活应用。必须指出,

定位基准的选择不能单单考虑本工序定位、夹紧是否合适，而应结合整个工艺路线进行统一考虑，使先行工序为后续工序创造条件，使每个工序都有合适的定位基准和夹紧方式。

4. 工件的装夹方法

工件装夹得好坏是机械加工中的重要问题，它不仅直接影响加工精度、工件装夹得快慢及稳定性，还影响生产率的高低。为了保证加工表面与其设计基准间的相对位置精度，工件装夹时应使加工表面的设计基准相对于机床占据一正确的位置。

在各种不同的机床上加工零件时，有各种不同的装夹方法。装夹方法可以归纳为直接找正法、划线找正法和采用夹具装夹法三种。

(1) 直接找正法 采用这种方法时，工件在机床上应占有的正确位置是通过一系列的尝试获得的。具体的方法是将工件直接装在机床上后，用百分表或划针盘上的划针，以目测法校正工件的正确位置，一边校验一边找正，直至符合要求。

直接找正法的定位精度和找正的快慢取决于找正精度、找正方法、找正工具和工人的技术水平。它的缺点是花费时间多，生产率低，且要凭经验操作，对工人技术的要求高，故仅用于单件、小批量生产中。此外，对工件的定位精度要求较高时，例如误差小于 $0.01 \sim 0.05\text{mm}$ 时，采用夹具难以达到要求（因其本身有制造误差），就不得不使用精密量具，并由有较高技术水平的工人用直接找正法来定位，以达到精度要求。

(2) 划线找正法 此方法是在机床上用划针按毛坯或半成品上所划的线来找正工件，使其获得正确位置的一种方法。此方法要多一道划线工序，划出的线本身有一定的宽度，在划线时又有划线误差，校正工件位置时还有观察误差，因此该法多用于生产批量较小、毛坯精度较低以及大型工件等不宜使用夹具的粗加工中。

(3) 采用夹具装夹法 夹具是机床的一种附加装置，它在机床上相对于刀具的位置在工件未装夹前已预先调整好了，所以在加工一批工件时不必再逐个找正定位，就能保证加工的技术要求，既省工又省事，是高效的定位方法，在成批和大量生产中广泛应用。

1.2.2 工艺路线的拟订

制订机械加工工艺规程时，应该在充分调查研究的基础上，提出多种方案进行分析比较。因为工艺路线不但影响加工的质量和生产效率，而且影响工人的劳动强度、设备投资、车间面积、生产成本等。

拟订工艺路线就是制订工艺过程的总体布局。其主要任务是选择各个表面的加工方法和加工方案，确定各个表面的加工顺序以及整个工艺过程中的工序数目等。

除合理选择定位基准外，拟订工艺路线时还要考虑表面加工方法、加工阶段的划分、工序的集中与分散和加工顺序四个方面。

1. 表面加工方法的选择

1) 首先要保证加工表面的加工精度和表面粗糙度的要求。由于获得同一精度及表面粗糙度的加工方法往往有若干种, 实际选择时还要结合零件的结构形状、尺寸大小以及材料和热处理等要求。例如对于 IT7 级精度的孔, 采用镗削、铰削、拉削和磨削均可达到要求, 但型腔体上的孔一般不宜选择拉孔或磨孔, 而常选择镗孔或铰孔, 孔径大时选择镗孔, 孔径小时选择铰孔。

2) 工件材料的性质对加工方法的选择也有影响。如淬火钢应采用磨削加工, 对于非铁金属零件, 为避免磨削时堵塞砂轮, 一般都采用高速镗、精密铣或高速精密车削进行精加工。

3) 在选择表面加工方法时, 除了首先要保证质量要求外, 还应考虑生产效率和经济性的要求。大批量生产时, 应尽量采用高效率的先进工艺方法。但是在年产量不大的生产情况下, 采用高效率加工方法及专用设备, 则会因设备利用率不高造成经济上的损失。此外, 通过任何一种加工方法所获得的加工精度和表面质量均有一个相当大的范围, 但只在一定的精度范围内这种方法才是经济的。这种一定范围的加工精度, 即为该种加工方法的经济精度。选择加工方法时, 应根据工件的精度要求选择与经济精度相适应的加工方法。

4) 为了能够正确地选择加工方法, 还要考虑本厂、本车间现有的设备情况及技术条件, 充分利用现有设备, 挖掘企业潜力, 发挥工人及技术人员的积极性和创造性。同时也应考虑不断改进现有的方法和设备, 推广新技术, 提高工艺水平。

2. 加工阶段的划分

对于加工质量要求较高的零件, 工艺过程应分阶段进行, 这样才能保证零件的精度, 充分利用人力、物力资源。机械加工的工艺过程一般可分为以下几个阶段:

(1) 粗加工阶段 主要任务是切除各加工表面上的大部分加工余量, 使毛坯在形状和尺寸上尽量接近成品。因此, 在此阶段中应采取措施尽可能提高生产效率。

(2) 半精加工阶段 它的任务是使主要表面消除粗加工留下的误差, 达到一定的精度及留有精加工余量, 为精加工做好准备, 并完成一些次要表面(如钻孔、铣槽等)的加工。

(3) 精加工阶段 精加工阶段主要是去除半精加工所留的加工余量, 使工件各主要表面达到图样要求的尺寸精度和表面粗糙度。

(4) 光整加工阶段 对于精度和表面粗糙度要求很高(如 IT6 级及 IT7 级以上的精度, 表面粗糙度 Ra 值小于或等于 $0.4\mu\text{m}$) 的零件可采用光整加工。光整加工一般不用于纠正几何形状和相互位置误差。

工艺过程分阶段的主要原因有如下几项:

(1) 保证加工质量 工件粗加工时切除金属较多, 产生较大的切削力和较多

切削热，同时也需要较大的夹紧力，而且加工后内应力要重新分布。在这些力和热的作用下，工件会发生较大的变形。如果不分阶段而连续进行粗、精加工，就无法避免上述原因所引起的加工误差。加工过程分阶段后，粗加工造成的加工误差通过半精加工和精加工即可得到纠正，以达到逐步提高零件的加工精度，降低零件的表面粗糙度，保证零件加工质量的目的。

(2) 合理使用设备 加工过程划分阶段后，粗加工可采用功率大、刚度 high、精度低的高效率机床加工，以提高生产效率。精加工则可采用高精度机床加工，以确保零件的精度要求。这样既充分发挥了设备的各自特点，又做到了设备的合理使用。

(3) 便于安排热处理工序 对于一些精密零件，粗加工后安排去应力的时效处理，可减少内应力变形对精加工的影响。而半精加工后安排淬火不仅容易满足零件的性能要求，而且淬火引起的变形也可通过精加工工序予以消除。

(4) 便于及时发现毛坯缺陷和保护已加工表面 由于工艺过程分阶段进行，在粗加工各表面之后，可及时发现毛坯缺陷（气孔、砂眼和加工余量不足等），以便修补或发现废品，以免将本应报废的工件继续进行精加工，浪费工时和制造费用。

应当指出，拟订工艺路线时一般应遵循工艺过程划分加工阶段的原则，但是在具体运用时又不能绝对化。当加工质量要求不高，工件的刚度足够高，毛坯质量高，加工余量小时可以不划分加工阶段。在自动机床上加工的零件以及某些运输、装夹困难的重型零件，也可不划分加工阶段，而在一次装夹下完成全部表面的粗、精加工。对于重型零件可在粗加工之后将夹具松开以消除夹紧变形。然后再用较小的夹紧力重新夹紧，进行精加工，以利于保证重型零件的加工质量。但是对于精度要求高的重型零件，仍要划分加工阶段，并适时进行时效处理以消除内应力。上述情况在生产中需要按具体条件来决定。

3. 工序的集中与分散

对于同一工件的同样加工内容，可以安排两种不同形式的工艺规程：一种是工序集中的工艺规程，另一种是工序分散的工艺规程。所谓工序集中，是使每个工序中包括尽可能多的工步内容，因而使总的工序数目减少，夹具的数目和工件的装夹次数也相应地减少。所谓工序分散，是将工艺路线中的工步内容分散在更多的工序中去完成，因而每道工序的工步少，工艺路线长。

工序集中和工序分散的特点都很突出。工序集中有利于保证各加工面间的相互位置精度，有利于采用高生产效率的机床，节省装夹工件的时间，减少工件的搬动次数。工序分散可使每个工序使用的设备和夹具比较简单，调整、对刀比较容易，对操作工人的技术水平要求较低。

传统的流水线、自动线生产多采用工序分散的组织形式（个别工序也有相对

集中的形式,例如箱体类零件采用专用组合机床加工孔系等)。这种组织形式可以实现高效率生产,但是适应性较差,特别是那些工序相对集中、专用组合机床较多的生产线,转产比较困难。

采用高效自动化机床,以工序集中的形式组织生产(典型的例子是采用加工中心组织生产),除了具有上述工序集中生产的优点以外,生产适应性更强,转产相对容易。因而尽管这种生产方式设备价格昂贵,仍然得到越来越多的应用。

4. 加工顺序的安排

(1) 机械加工顺序的安排 安排机械加工顺序时,应考虑以下几个原则:

1) 当零件需要分阶段进行加工时,先安排各表面的粗加工,中间安排半精加工,最后安排主要表面的精加工和光整加工,这就是先粗后精原则。

由于次要表面的精度要求不高,一般经粗、半精加工即可完成;对于那些与主要表面相对位置关系密切的表面,通常置于主要表面精加工之后进行加工。

2) 零件上的装配基面和主要工作表面等先安排加工,这就是先主后次原则。

键槽、紧固用的光孔和螺孔等,由于加工面小,又和主要表面有相互位置要求,一般应安排在主要表面达到一定精度之后(如半精加工之后)进行加工,但应在最后精加工之前进行加工。

3) 每一加工阶段总是应先安排基面加工工序,这就是基面先行原则。

例如在轴类零件的加工中采用中心孔作为统一基准,因此每个加工阶段开始时总是钻中心孔,以作为精基准,并使其具有足够的精度和表面粗糙度(常常高于原来图样上的要求)。如果精基准不止一个,则应按照基面转换的次序和逐步提高精度的原则安排加工。例如精密轴套类零件,其外圆和内孔就要互为基准,反复进行加工。

4) 对于模座、凸凹模固定板、型腔固定板、推板等一般模具零件,因平面所占轮廓比例较大,用平面定位比较稳定可靠。因此,其工艺过程总是选择平面作为定位精基准,先加工平面再加工孔,这就是先面后孔原则。

(2) 热处理工序的安排 模具零件常采用的热处理工艺有退火、正火、调质、时效、淬火、回火、渗碳和渗氮等。按照热处理的目的,上述热处理工艺可大致分为预备热处理和最终热处理两大类。

1) 预备热处理包括退火、正火、时效和调质等。这类热处理的目的是改善加工性能,消除内应力,为最终热处理做组织准备,其工序位置多在粗加工前后。

2) 最终热处理包括各种淬火、回火、渗碳和渗氮处理等。这类热处理的目的主要是提高零件材料的硬度和耐磨性,常安排在精加工前后。

3) 辅助工序包括工件的检验、去毛刺、清洗和涂防锈油等。其中检验工序是主要的辅助工序,它对保证零件质量有着极为重要的作用。检验工序应安排在:

① 粗加工全部结束后,精加工之前。

- ② 零件从一个车间转向另一个车间前后。
- ③ 重要工序加工前后。
- ④ 特种性能检验（磁力探伤、密封性检验等）前。
- ⑤ 零件加工完毕，进入装配过程和成品库时。
- ⑥ 钳工去毛刺常安排在易产生毛刺的工序之后，检验及热处理工序之前。

1.2.3 加工余量的确定

1. 加工余量的概念

(1) 工序余量和加工总余量 加工余量分为工序余量和加工总余量。工序余量是每一工序在被加工表面切除的金属层厚度。

若以 Z_i 表示工序余量 (i 表示工序号)，对于图 1-23 所示的加工表面，则有

$$Z_2 = A_1 - A_2 \quad (\text{图 1-23a})$$

$$Z_2 = A_2 - A_1 \quad (\text{图 1-23b})$$

式中 A_1 ——上道工序的公称尺寸；

A_2 ——本道工序的公称尺寸。

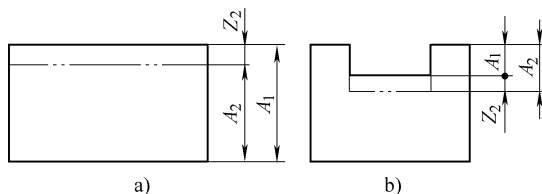


图 1-23 单边加工余量

图 1-23 所示的加工余量是单边余量。对于对称表面或回转体表面，其加工余量是对称分布的双边余量，如图 1-24 所示。

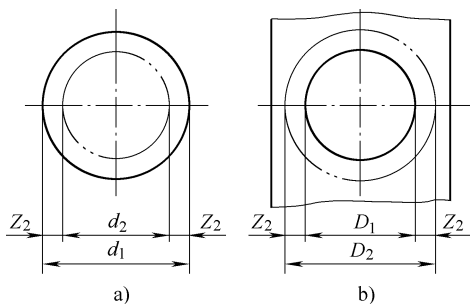


图 1-24 双边加工余量

a) 外圆柱面 b) 孔

对于轴

$$2Z_2 = d_1 - d_2 \quad (\text{图 1-24a})$$

对于孔 $2Z_2 = D_2 - D_1$ (图 1-24b)

式中 $2Z_2$ ——直径上的加工余量;

d_1 、 D_1 ——上道工序的直径;

d_2 、 D_2 ——本道工序的直径。

而加工总余量是毛坯尺寸与零件图的设计尺寸之差,也称毛坯余量。它等于同一加工表面各道工序的余量之和,即

$$Z_{\text{总}} = \sum_{i=1}^n Z_i$$

式中 $Z_{\text{总}}$ ——加工总余量;

Z_i ——第 i 道工序的余量;

n ——机械加工的工序数目。

图 1-25 所示为轴和孔的加工总余量及各工序余量的分布情况。图 1-25 中还给出了各工序尺寸及毛坯尺寸的制造公差。工序尺寸的公差一般规定在零件的人体方向(使工序尺寸的公差带处在被加工表面的实体材料方向)。对于被包容面(轴),公称尺寸为最大工序尺寸。对于包容面(孔),公称尺寸为最小工序尺寸。毛坯尺寸的公差一般采用双向标注。

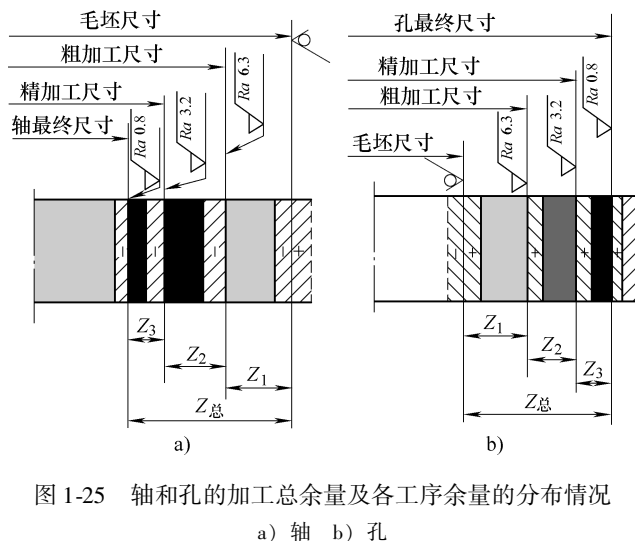


图 1-25 轴和孔的加工总余量及各工序余量的分布情况

a) 轴 b) 孔

(2) 基本余量、最大余量、最小余量 基本余量、最大余量和最小余量如图 1-26 所示。

由于毛坯尺寸和工序尺寸都有制造公差,加工总余量和工序余量都是变动的。加工余量有基本余量(简称余量)、最大余量和最小余量之分。例如,对于图 1-26 所示的外表面加工,则

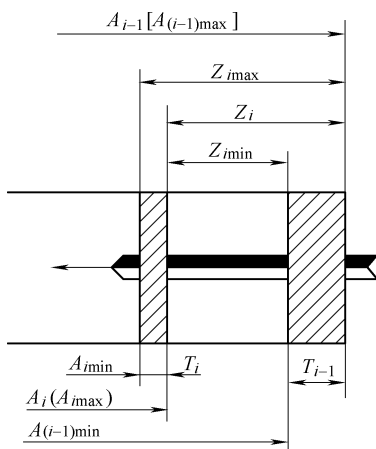


图 1-26 基本余量、最大余量和最小余量

基本余量 (Z_i) 为 $Z_i = A_{i-1} - A_i$

最大余量 (Z_{imax}) 为 $Z_{imax} = A_{(i-1)max} - A_{imin} = Z_i + T_i$

最小余量 (Z_{imin}) 为 $Z_{imin} = A_{(i-1)min} - A_{imax} = Z_i - T_{(i-1)}$

式中 A_{i-1} 、 A_i ——前道和本道工序的公称工序尺寸；

$A_{(i-1)max}$ 、 $A_{(i-1)min}$ ——上道工序的最大、最小工序尺寸；

A_{imax} 、 A_{imin} ——本道工序的最大、最小工序尺寸；

$T_{(i-1)}$ 、 T_i ——上道和本道工序的工序尺寸公差。

加工余量的变化范围称为余量公差 (T_{Zi})。它等于上道工序和本道工序的工序尺寸公差之和，即

$$T_{Zi} = Z_{imax} - Z_{imin} = (Z_i + T_i) - (Z_i - T_{i-1}) = T_i + T_{i-1}$$

一般情况下，工序尺寸的公差按入体原则标注，即被包容尺寸（轴的外径，实体的长、宽、高）的最大加工尺寸就是公称尺寸，上极限偏差为零，而包容尺寸（孔径、槽宽）的最小加工尺寸就是公称尺寸，下极限偏差为零。毛坯的尺寸公差按双向对称偏差形式标注。

2. 影响加工余量的因素

加工余量的大小直接影响零件的加工质量和成本。余量过大使机械加工的劳动量增加，生产率下降。同时也会增加材料、工具、动力的消耗，使生产成本提高。余量过小不易保证产品质量，甚至出现废品。

确定工序余量的基本要求是：各工序所留的最小加工余量能保证被加工表面在上道工序所产生的各种误差和表面缺陷被相邻的后续工序去除，使加工质量提高。以车削图 1-27a 所示的圆柱孔为例，分析影响加工余量大小的因素，如图 1-27b、c 所示，尺寸 d_1 、 d_2 分别为上道和本道工序的工序尺寸。影响加工余量的因素比较复杂

杂,除毛坯的制造状态影响第一道工序的加工余量外,其他工序加工后的状态也对其下道工序的加工余量有影响,主要包括:

- 1) 被加工表面上由前道工序产生的表面粗糙度 Ra_1 和表面缺陷层深度 H_1 。
- 2) 被加工表面上由前道工序产生的尺寸误差和几何形状误差。
- 3) 前道工序引起的被加工表面的位置误差 ρ_1 。
- 4) 本道工序的装夹误差 ε_2 。

对称表面或回转体表面,工序的最小余量为

$$2Z_2 \geq T_i + 2(Ra_1 + H_1) + 2|\rho_1 + \varepsilon_2|$$

非对称表面的加工余量是单边的,则

$$Z_2 \geq T_i + Ra_1 + H_1 + |\rho_1 + \varepsilon_2|$$

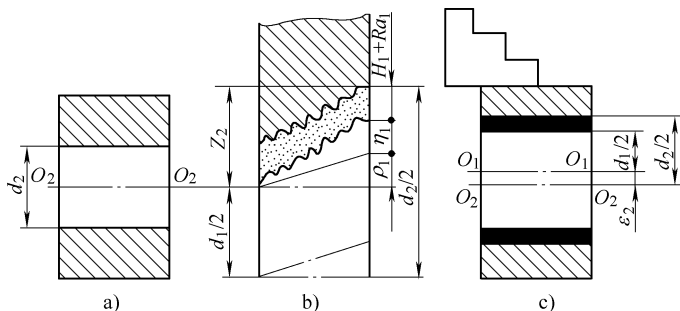


图 1-27 影响加工余量的因素

$O_2 O_2$ —回转轴线 $O_1 O_1$ —加工前孔的轴线

3. 加工余量的确定

确定加工余量的方法有计算法、查表法和经验法三种。

(1) 计算法 如果对影响加工余量的因素比较清楚,则采用计算法确定加工余量比较准确。要弄清影响余量的因素,必须具备一定的测量手段,掌握必要的统计分析资料。在掌握了各种误差大小的条件下,才能比较准确地计算加工余量。

(2) 查表法 此法主要以根据工厂的生产实践和实验研究积累的经验所制成的表格为基础,并结合实际加工情况对数据加以修正,确定加工余量。这种方法方便、迅速,在生产上应用较广泛。

(3) 经验法 由一些有经验的工程技术人员或工人,根据经验确定加工余量的大小。由经验法确定的加工余量往往偏大,这主要是因为主观上怕出废品的缘故,这种方法在模具生产中广泛采用。

1.2.4 工序尺寸及其公差的确

某工序加工应达到的尺寸称为工序尺寸。正确确定工序尺寸及其公差是制订零

件工艺规程的重要工作之一。工序尺寸及其公差的大小不仅受到加工余量大小的影响,而且与工序基准的选择有密切的关系。

生产上绝大部分加工面都是在基准重合(工艺基准和设计基准重合)的情况下进行加工的,所以,掌握基准重合情况下工序尺寸与公差的确定过程非常重要,现介绍如下。

1) 确定各加工工序的加工余量。

2) 从终加工工序开始(即从设计尺寸开始)到第二道加工工序,依次加上每道加工工序的加工余量,可分别得到各工序的公称尺寸(包括毛坯尺寸)。

3) 除终加工工序以外,其他各加工工序按各自所采用加工方法的加工经济精度确定工序尺寸公差(终加工工序的公差按设计要求确定)。

4) 填写工序尺寸,并按入体原则标注工序尺寸公差。

例如,某轴的直径为50mm,其尺寸精度要求为IT5,表面粗糙度要求为 $Ra = 0.04\mu\text{m}$,并要求高频感应淬火,毛坯为锻件。其工艺路线为:粗车—半精车—高频感应淬火—粗磨—精磨—研磨。现在来计算各工序的工序尺寸及公差。

(1) 先用查表法确定加工余量 由工艺手册查得:研磨余量为0.01mm,精磨余量为0.1mm,粗磨余量为0.3mm,半精车余量为1.1mm,粗车余量为4.5mm。由公式可得加工总余量为6.01mm,取加工总余量为6mm,把粗车余量修正为4.49mm。

(2) 计算各加工工序的公称尺寸 研磨后工序的公称尺寸为50mm(设计尺寸)。其他各工序的公称尺寸依次为:

精磨 $50\text{mm} + 0.01\text{mm} = 50.01\text{mm}$

粗磨 $50.01\text{mm} + 0.1\text{mm} = 50.11\text{mm}$

半精车 $50.11\text{mm} + 0.3\text{mm} = 50.41\text{mm}$

粗车 $50.41\text{mm} + 1.1\text{mm} = 51.51\text{mm}$

毛坯 $51.51\text{mm} + 4.49\text{mm} = 56\text{mm}$

(3) 确定各工序的加工经济精度和表面粗糙度 由《机械加工工艺手册》查得:研磨后为IT5, $Ra = 0.04\mu\text{m}$ (零件的设计要求);精磨后选定为IT6, $Ra = 0.16\mu\text{m}$;粗磨后选定为IT8, $Ra = 12.5\mu\text{m}$;半精车后选定为IT11, $Ra = 2.5\mu\text{m}$;粗车后选定为IT13, $Ra = 16\mu\text{m}$ 。

(4) 公差的确定与标注 根据上述加工经济精度查公差表,将查得的公差数值按入体原则标注在工序的公称尺寸上。查工艺手册可得锻造毛坯的极限偏差为 $\pm 2\text{mm}$ 。

1.2.5 机床与工艺装备的选择

制订机械加工工艺规程时,正确选择设备与工艺装备是保证零件加工质量,提

高生产率及经济性的一项重要措施。

1. 设备的选择

在选择设备时,应注意以下几点:

1) 设备的主要规格尺寸应与零件的外廓尺寸相适应,即小零件应选小的设备,大零件应选大的设备,做到设备的合理使用。

2) 设备的精度应与工序要求的加工精度相适应。对于高精度的零件加工,在缺乏精密设备时,可通过设备改造“以粗干精”。

3) 设备的生产率应与加工零件的生产类型相适应,单件小批生产选择通用设备,大批量生产选择高生产率的专用设备。

4) 设备选择还应结合现场的实际情况。例如设备的类型、规格及精度状况,设备负荷的平衡状况以及设备的分布排列情况等。

2. 夹具的选择

在大批大量生产的情况下,应广泛使用专用夹具,在工艺规程中应提出设计专用夹具的要求。单件小批生产应尽量选择通用夹具(或组合夹具),如标准卡盘、平口钳、回转工作台等。工、模具制造车间的产品大都属于单件小批生产,但对于结构复杂,精度很高的工、模具零件,非专用工艺装备难以保证其加工质量时,也应使用必要的二类工艺装备,以保证达到其技术要求。在批量大时也可选择适当数量的专用夹具以提高生产效率。

3. 刀具的选择

刀具的选择主要取决于所确定的加工方法、工件材料、所要求的加工精度、生产率和经济性、机床类型等。原则上应尽量采用标准刀具,必要时可采用各种高生产率的复合刀具和专用刀具。刀具的类型、规格以及公差等级应与加工要求相适应。

4. 量具的选择

量具的选择主要根据检验要求的准确度和生产类型来决定。所选用的量具能达到的准确度应与零件的精度要求相适应。单件小批生产广泛采用通用量具,大批量生产则采用极限量规及高生产率的检验仪器。

1.2.6 工艺文件

指导工人操作和用于生产、工艺管理等的各种技术文件称为工艺文件,在模具机械加工中常见的有以下几种。

1. 模具制造工艺过程卡

工艺过程卡是以工序为单元,以表格的形式简要说明模具及其零件(主要是凸模和凹模)加工(或装配)过程的工艺文件,从中可以了解并明确制造工艺流程和加工方案。表1-4为某工厂的模具制造工艺过程卡。

表 1-4 模具制造工艺过程卡

			工艺过程卡								
零件名称			模具编号			零件编号					
材料名称			毛坯尺寸			件数					
工序	机号	工种	施工简要说明		定额工时 /min	实做工时	制造人	检验	等级		
工艺员			年 月 日		零件质量等级						

2. 模具制造工艺卡

工艺卡是按照模具及其零件某一工艺阶段的内容而编制的工艺文件。它仍以工序为单元，详细说明某一工艺阶段中的工序内容、工艺参数（切削用量等）、操作要求和采用的机床与工艺装备等。

3. 模具制造工序卡

对于特别重要的、关键的工序，根据模具制造工艺过程卡或工艺卡的内容，按工序及其内容编制而成的表格形式的工艺文件称为模具制造工序卡。包括：工序简图，该工序的工艺参数（如工序尺寸与公差、每工步的切削用量）定额工时，操作要求以及所用的机床与工艺装备等的说明与规定。表 1-5 为某工厂的模具制造工序卡。

表 1-5 模具制造工序卡

模具				模具编号		工序号							
零件				零件编号									
坯料材料				坯料尺寸				坯料件数					
序 号	机 号	工 种	工序内容及工 艺要求说明				工时						
							工艺参数（机械加工切削用量、电加 工工艺规范）					工艺装备	
工艺员			年 月 日				制造者			年 月 日			
检验员			年 月 日				检验纪要						

对凸模、凹模的制造来说，在采用高效、精密机床，如 CNC 加工中心或铣、镗（钻）床加工时，编制详细的工序卡是制订 CNC 机床加工程序的依据。

任务 1.3 模具材料选择

【学习目的与要求】

- 了解模具材料的分类及选用原则。
- 掌握常用冲模材料的选择及热加工工艺的制订方法。
- 掌握常用塑料模具材料的选择及热加工工艺的制订方法。

【学习重点】

- 掌握常用冲模材料的选择及热加工工艺的制订方法。
- 掌握常用塑料模具材料的选择及热加工工艺的制订方法。

【学习难点】

- 常用冲模材料的选择及热加工工艺的制订方法。
- 常用塑料模具材料的选择及热加工工艺的制订方法。

随着工业技术的迅速发展,为了提高产品质量、降低生产成本、提高生产效率和材料利用率,国内外的机械制造业广泛采用各种先进的无切削、少切削工艺,如压力铸造、精密冲裁、精密锻造、冷挤压及等温超塑性成形等新技术,代替传统的切削加工。据统计,目前家用电器约80%的零部件依靠模具加工,机电工业中约70%的零部件采用模具成形,塑料制品、陶瓷制品、橡胶制品、建材产品的大部分也采用模具成形。

1959年我国根据资源状况,制订了我国原冶金工业部标准 YB 7—1959;到1977年,在调整原有钢种系列的基础上,吸收我国历年来钢种开发的成就,制订了我国第一个合金工具钢国家标准 GB/T 1299—1977;1985年,对该标准进行了修订,颁发了 GB/T 1299—1985;2000年再次修订,颁发了 GB/T 1299—2000。逐步建立起具有中国特色的、接近世界先进水平的,包括冷作模具钢、热作模具钢、塑料模具钢和无磁模具钢的模具钢种系列,基本可以满足使用部门和生产部门的需要。

1.3.1 模具及模具材料分类

模具是一种高效率的工艺装备,在冶金、电子、轻工、机械制造等行业的生产中广泛应用,而模具的使用效果、使用寿命在很大程度上取决于模具设计和制造水平,尤其与模具材料的选用和热处理质量的好坏有关。

1. 模具分类

为了便于模具材料的选用,通常按照工作条件将模具分为冷作模具、热作模具和型腔模具三大类。

(1) 冷作模具 根据工艺特点,可将冷作模具分为冲裁模和冷变形模具两类。冲裁模主要包括各种薄板冲裁模和厚板冲裁模;冷变形模具主要包括各种冷挤压模、冷镦模、拉深模和冷弯曲模等。

(2) 热作模具 热作模具可分为热冲切模具、热变形模具和压铸模具三类。热冲切模具包括各种热切边模具和热切料模具;热变形模具包括各种锤锻模具、压力机锻模具和热挤压模具;压铸模具包括各种铝合金压铸模具、铜合金压铸模具及钢铁材料压铸模具等。

(3) 型腔模具 根据成形材料的不同,可将型腔模具分为塑料模具、橡胶模具、陶瓷模具、玻璃模具和粉末冶金模具等。

2. 模具材料分类

模具钢的成分、性能及用途各不相同,分类依据是:按合金元素含量的不同一般把模具钢分为碳素工具钢、低合金模具钢、中合金模具钢、高合金模具钢;按用途不同分为冷作模具钢、热作模具钢、塑料模具钢三大类;其余还有按性能分类的。能用于制造模具的材料很多,通常可分为钢铁材料、非铁金属材料和非金属材

料三大类，目前应用最多的还是钢铁材料。

(1) 钢铁材料 用于制造模具的钢铁材料主要是冷作模具钢、热作模具钢、塑料模具钢三类。

(2) 非铁金属材料 用于制造模具的非铁金属材料主要有铜基合金、低熔点合金、高熔点合金、难熔合金、硬质合金、钢结硬质合金等。

(3) 非金属材料 用于制造模具的非金属材料主要有陶瓷、橡胶、塑料等。

1.3.2 模具材料的选用原则

一般应根据模具加工能力和模具的工作条件，结合模具材料的性能和其他因素，来选择符合要求的模具材料。对于某一种类的模具，很多材料从基本性能上看都能符合要求，然而必须根据所制成模具的使用寿命、生产率、模具制造工艺的难易程度及成本高低来做出综合评价。这就必须同时考虑模具材料的使用性能、工艺性能和生产成本等因素。

1. 模具材料的使用性能

各种模具的工作条件不同，对模具材料的性能要求也不相同。通常要根据模具的工作条件和使用寿命要求，合理地选用模具材料及热处理工艺，使之达到主要性能最优，其他性能损失最小的最佳状态。对各类模具材料提出的使用性能要求主要包括硬度、强度、塑性、韧性等。

(1) 硬度和热硬性 硬度是衡量材料软硬程度的性能指标。作为成形用的模具应具有足够高的硬度，这样才能确保使用性能和使用寿命。如冷作模具一般硬度在 52 ~ 60HRC 范围内，而热作模具的硬度一般在 40 ~ 52HRC 范围内。

硬度实际上是一种综合的力学性能，通过硬度可以间接地反映零件的强度、塑性、韧性、疲劳抗力和耐磨性等力学性能指标。因此，模具材料的各种性能要求在图样上只通过标注硬度来表示。

热硬性是指模具在受热或高温条件下保持高硬度的能力。多数热作模具和某些冷作模具应具有一定的热硬性才能满足模具的工作要求。

钢的硬度和热硬性主要取决于钢的化学成分、热处理工艺以及钢的表面处理工艺。

(2) 耐磨性 模具在工作中承受很大的摩擦，从而导致模具磨损。所以，耐磨性是衡量模具使用寿命的重要指标。

模具的磨损形式很复杂，主要有磨粒磨损、黏着磨损、氧化磨损和疲劳磨损等。如冷作模具的磨损形式通常是磨粒磨损和黏着磨损，而热作模具的磨损形式主要是氧化磨损。磨损形式不同，影响耐磨性的因素也各不相同。一般情况下，主要的影响因素是硬度和组织。当冲击载荷较小时，耐磨性与硬度成正比关系；当冲击载荷较大时，并非表面硬度越高耐磨性越好，超过一定的硬度值之后耐磨性反而下

降。钢的组织中，铁素体的耐磨性最差、马氏体的耐磨性较好、下贝氏体的耐磨性最好。另外，碳化物的性质、数量和分布状态对耐磨性也有显著的影响。

(3) 强度和韧性 强度是衡量材料变形抗力和断裂抗力的性能指标。

评价冷作模具材料塑性变形抗力的性能指标主要是常温下的屈服强度。评价热作模具材料变形抗力的指标为高温屈服强度。当模具的工作应力超过模具材料的相应屈服强度时，模具就会产生过量塑性变形而失效。

反映冷作模具材料的断裂抗力的性能指标是室温下的抗拉强度、抗压强度和抗弯强度等。反映热作模具材料的断裂抗力的性能指标除了抗拉强度等之外，还包括断裂韧度（即反映裂纹扩展的抗力指标），因为大多数热作模具的断裂属于表面热疲劳裂纹扩展所造成的断裂。

韧性是材料在冲击载荷作用下抵抗产生裂纹的一种特性，反映了模具的脆断抗力，常用冲击韧度 α_k 来评定。冷作模具材料多在高硬度状态下使用，在此状态下 α_k 值很小，很难相互比较，因而常根据静弯曲挠度的大小来比较其韧性的高低。对于工作时承受巨大冲击载荷的模具，必须把冲击韧度作为一项重要的性能指标。

影响强度和韧性的主要因素有：材料的化学成分、冶金质量、晶粒大小、组织类型以及碳化物的形状、数量、大小及分布。所以，根据模具的工作条件和性能要求，合理地选择模具钢的化学成分、组织状态及热处理工艺，就能够得到最佳的强韧性配合。

(4) 疲劳抗力 疲劳抗力是反映材料在交变载荷作用下抵抗疲劳破坏的性能指标。根据不同的应用场合，有疲劳强度和小能量多冲抗力等。热作模具大多数在急冷急热条件下工作，必然发生不同程度的冷热疲劳，因此还要把冷热疲劳抗力作为热作模具材料的一项重要性能指标。

2. 模具材料的工艺性能

在模具生产成本中，材料费用只占 15% 左右，而机械加工、热处理、装配和管理等费用占 80% 以上。所以，模具材料的工艺性能就成为影响模具生产成本和制造难易的主要因素之一。模具材料的工艺性能主要有如下几种。

(1) 可加工性 钢材的可加工性主要包括切削、磨削、抛光、冷拔和锻压等加工性。模具钢大多属于过共析钢和奥氏体钢，热加工性能和冷加工性能都不太好，必须严格控制热加工和冷加工的工艺参数。近年来为改善钢的切削加工性，在钢中加入易切削元素或改变钢中夹杂物的分布状态，从而提高模具的表面质量和减少刀具的磨损。

随着电子技术的发展，数控机床和加工中心乃至计算机控制技术的广泛运用，模具钢除应具有良好的切削加工性外，还要有良好的镜面抛光性能、电加工性能以及压印模加工性能等。

(2) 淬硬性和淬透性 淬硬性主要取决于钢的碳含量，淬透性主要取决于钢

的化学成分和淬火前钢的原始组织。模具对这两种性能的要求根据其使用条件不同各有侧重,对于要求整个截面有均匀一致性能的模具,如热作模具、塑料模具,则高的淬透性显得更重要些;而对于只要求有高硬度的小型冷作模具,如冲裁落料模具,则更偏重于高的淬硬性。

(3) 淬火温度和热处理变形 为了便于生产,要求模具钢的淬火温度范围尽可能宽些,特别是当模具采用火焰淬火时,要求模具钢有更宽的淬火温度范围。除部分采用预硬钢制作的模具外,绝大多数模具是在切削加工后,通过热处理而获得所需的组织和性能。因此要求淬火时尺寸变化小,各向具有相近似的变化,且组织稳定。

(4) 脱碳敏感性 模具钢在锻造、退火或淬火时,若在无保护气氛下加热,其表面层会产生脱碳等缺陷,而使模具的寿命缩短。脱碳敏感性主要取决于钢的化学成分,特别是碳含量。

1.3.3 冷作模具材料选择

冷作模具材料主要用于制造在冷状态(室温)条件下进行压制成形的模具,如冲模、冷拉深模、冷挤压模、压印模等。冷作模具材料应用量大,使用面广,其主要性能要求有强度、硬度、韧性和耐磨性。采用的钢号很多,一般采用高碳过共析钢和莱氏体钢,如碳素工具钢、低合金油淬冷作模具钢、空淬冷作模具钢、高碳高铬型冷作模具钢、高耐磨高强模具钢、低碳高速工具钢和基体钢及用粉末冶金工艺生产的高合金模具材料等。

选择冷作模具材料时,首先应考虑所选材料制作模具的寿命长短,同时兼顾材料的工艺性和经济性;其次要综合考虑模具结构,工作条件,制品的形状、尺寸,材质性质,加工精度,生产批量等方面对模具的影响。在模具材料选定之后,还必须配以正确的热处理,这样才能保证模具的使用性能和寿命。

1. 冲裁模的选材及热处理特点

(1) 冲裁模的选材

1) 薄板(厚度 $\leq 1.5\text{mm}$)冲裁模的主要失效形式是磨损,其选材的依据是制品的生产批量、尺寸大小和复杂程度。一般的,对于小批量(< 1000 件)、尺寸小、形状简单的薄板冲模,选用T8A、T10A;对于中、小批量($10^3 \sim 10^5$ 件)、形状较复杂、尺寸较大的冲裁模,选用9Mn2V、9CrWMn、CrWMn、GCr15等钢种;对于大批量($> 10^6$ 件)、尺寸较大、形状复杂的模具,选用Cr12MoV、Cr12Mo1V1、Cr4W2MoV、GM等钢种;对于负荷较大的易损小冲头,选用W6Mo5Cr4V2、W18Cr4V、GD、GM等钢种;对于特大生产批量,可选用GM、YG15、YG20、DT等材料。

2) 厚板冲裁模承受的载荷大,刃口更易磨损,凸模更易崩刃、折断,因此选

材主要考虑材料的强韧性和耐磨性。

厚板冲裁模传统用材情况是：对于小批量生产，选用 T8A、9SiCr、5CrW2Si 等钢种；对于大批量生产，主要选用 W18Cr4V、W6Mn5Cr4V2 钢制作凸模，而用 Cr12MoV 或 Cr12Mo1V1 钢制作凹模。由于传统钢种的耐磨性不够，韧性差，所以模具的寿命不高。

为了提高厚板冲裁模的寿命，可选用新型模具钢，如 LD、65Nb、012A1、GD、CH-1 等钢种。各种冲裁模的常用材料可参考表 1-6。冲裁模辅助零件的选材可参考表 1-7。

表 1-6 冲裁模的常用材料参考表

模 具 种 类	加 工 对 象	材 料	要求硬度（HRC）	
			凸 模	凹 模
薄板冲裁模	软料薄板（<1mm）	锌合金，T8A，T10A	56 ~ 60	37 ~ 40
	硬料薄板	CrWMn，9CrWMn，Cr5Mo1V，GM	48 ~ 52	62 ~ 64
	小批量简单件	T10A，Cr2	58 ~ 62	
	中、小批量复杂件	9Mn2V，9CrWMn，CrWMn，CH-1，GD	60 ~ 62	62 ~ 64
	大批量冲裁件	Cr5Mo1V，Cr6WV，Cr12MoV，Cr12Mo1V1，GM，YG15	60 ~ 62	62 ~ 64
			66 ~ 68（硬质合金）	
	高精度冲裁件	GCr15，CrWMn，Cr12Mo1V1，ER5	58 ~ 60	60 ~ 62
			56 ~ 58（易折断件）	
各种易损小冲头	软硅钢片小型件	CrWMn，Cr12，Cr4W2MoV，ER5	60 ~ 62	60 ~ 64
	硬硅钢片中型复杂件	Cr5Mo1V，Cr6WV，Cr4W2MoV，Cr12MoV，Cr12Mo1V1	57 ~ 59 （复杂易损件）	58 ~ 60 （复杂易损件）
		W18Cr4V，W6Mo5Cr4V2，6W6，GM	59 ~ 61	
厚板冲裁模	低碳钢中厚板	T8A，9SiCr，60Si2Mn，Cr12MoV，CH-1，012A1，CG-2	54 ~ 58	57 ~ 60
	低碳钢厚板	6CrW2Si，Cr6WV，Cr5Mo1V，Cr12Mo1V1，6W6	52 ~ 56	56 ~ 58
	奥氏体钢板	Cr12MoV，Cr12Mo1V1，W18Cr4V，LD	56 ~ 61	57 ~ 60
	高强度钢中厚板	Cr4W2MoV，W6Mo5Cr4V2，6W6，65Nb，LD	58 ~ 61	57 ~ 60
精冲模		Cr12，Cr12MoV，Cr12Mo1V1，Cr4W2MoV，W6Mo5Cr4V2	60 ~ 62	61 ~ 63

表 1-7 冲裁模辅助零件的选材及热处理要求

零 件 名 称	选 用 材 料	热处理硬度（HRC）
上模块、下模板	HT200、ZG310-570、Q235	
导柱、导套	T8A、T10A 或 Q235	60 ~ 62（Q235 渗碳淬火）
垫板、定位板、挡板、挡料销	45	43 ~ 47

2) 厚板冲裁模承受载荷较重, 常产生崩刃和折断。提高模具寿命的关键是热处理工艺要保证获得高的强韧性, 在此前提下, 尽量提高模具的耐磨性。

① 采用低温淬火即适当降低传统淬火温度。实践证明, 无论是对于碳素工具钢、合金工具钢, 还是高速工具钢, 低温淬火都可以不同程度地提高材料的韧性和冲击疲劳抗力, 降低模具脆断、脆裂的倾向性。常用冷作模具钢的低温淬火和低温回火强韧化处理工艺见表 1-9。

表 1-9 常用冷作模具钢的低温淬火和低温回火强韧化处理工艺

牌 号	常规淬火温度/℃	低温淬火、低温回火工艺	硬度 (HRC)
CrWMn	820 ~ 850	800 ~ 810℃ 加热, 150℃ 热油中冷却 10min, 210℃ 回火一次, 1.5h	58 ~ 60
Cr12	970 ~ 990	850℃ 预热, 930 ~ 950℃ 加热保温后油冷, 320 ~ 360℃ 回火两次, 每次 1.5h	52 ~ 56
Cr12MoV	1 020 ~ 1 050	980 ~ 1 000℃ 加热保温后油冷, 400℃ 回火	56 ~ 59
W18Cr4V	1 260 ~ 1 280	1 200℃ 加热保温后油冷, 600℃ 回火两次, 每次 1h	59 ~ 61
W6Mo5Cr4V2	1 150 ~ 1 200	1 160℃ 加热保温后油冷, 300℃ 回火	59 ~ 61

② 采用分级淬火和等温淬火。分级淬火和等温淬火不仅可减少模具的变形和开裂, 而且是提高冷作模具强韧化效果的主要方法, 常用冷作模具钢的分级淬火和等温淬火工艺规范见表 1-10。

表 1-10 常用冷作模具钢的分级淬火和等温淬火工艺规范

牌 号	分级淬火或等温淬火工艺	处理后的硬度 (HRC)	使用范围
60Si2Mn	870℃ 加热保温后油冷, 再加热到 790℃ 保温后, 以 40℃/h 冷至 680℃ 保温后炉冷至 550℃ 出炉空冷。然后加热至 870℃ 保温后在 250℃ 等温 1h	55 ~ 57	冷镦模
9SiCr	850℃ 加热保温后, 240 ~ 250℃ 等温 25min, 空冷	56 ~ 60	推丝模
	850℃ 加热保温, 240 ~ 250℃ 等温 25min, 空冷, 200 ~ 250℃ 回火		
	850℃ 加热保温后, 210℃ 等温, 250℃ 回火两次		
CrWMn	820 ~ 840℃ 加热, 240℃ 等温 1h, 空冷	57 ~ 58	冷挤压凸模、钟表元件小冲头等
	830 ~ 840℃ 加热, 240℃ 等温 1h, 空冷, 250℃ 回火 1h	57 ~ 58	
	810 ~ 820℃ 加热, 240℃ 等温 1h, 空冷, 250℃ 回火 1h	54 ~ 56	
Cr12	980℃, 200 ~ 240℃ 分级 10min 后油冷 20min, 180 ~ 200℃ 回火	61 ~ 64	硅钢片冲模
	980℃ 加热, 260℃ 等温 4h, 200 ~ 240℃ 回火		
Cr12MoV	1 000℃ 加热, 280℃ 分级淬火, 550℃ 回火	54 ~ 56	滚丝模、下料冲模等
	1 000℃ 加热, 280℃ 等温 4h, 400℃ 回火	54 ~ 56	
	980℃ 加热, 260℃ 等温 2h, 200℃ 回火	55 ~ 57	

(续)

牌 号	分级淬火或等温淬火工艺	处理后的硬度 (HRC)	使 用 范 围
W18Cr4V	1 250 ~ 1 270℃ 加热, 240 ~ 260℃ 等温 3h, 560℃ 回火三次, 每次 1h	62 ~ 64	冲头
Cr4W2	1 000℃ 加热, 260℃ 等温 1h, 220℃ 回火三次	56 ~ 58	弹簧孔冲模
MoV	1 020℃ 加热, 260℃ 等温 1h, 520℃ 回火 2h, 220℃ 回火 2h	58 ~ 59	

③ 采用细化处理即细化奥氏体和细化碳化物, 处理方法是多次重复加热淬火。例如 Cr12MoV 钢的细化处理工艺是: 1 150℃ 加热油淬, 650℃ 回火, 1 000℃ 加热油淬, 650℃ 回火, 1 030℃ 加热油淬, 170℃ 等温 30 min, 空冷, 170℃ 回火。经细化处理后, 不仅提高了钢的强韧性, 而且耐磨性也得到了提高。

2. 冷镦模的选材及热处理特点

(1) 冷镦模的选材 根据承载情况, 冷镦模可分为轻载冷镦模和重载冷镦模。

1) 轻载冷镦模主要用于生产形状简单、变形量小、变形速率低的冷镦件。对于这类模具, 主要选用 T10A、60Si2Mn、GCr15、9SiCr 和 Cr12MoV 等钢种。

T10A 强韧性、耐磨性均不高, 只适用于制作 420mm 以下、形状简单、受载轻、寿命要求不高的凸模和凹模。

60Si2Mn 钢韧性较好, 但耐磨性、屈服强度不高, 只适合制作轻载、快速冷镦凸模和凹模。

9SiCr 属于低合金工具钢, 耐磨性、强韧性都高于 T10A。常用来制作截面较厚、形状较复杂的冷镦模。标准件行业常用该钢制作冷镦凸模。

2) 重载冷镦模用于生产变形量较大、形状复杂的冷镦件, 按照生产批量大小, 可进行如下选择:

① 对于中、小批量 (< 10 万件) 生产, 选用 Cr12MoV、W18Cr4V、W6Mo5Cr4V2 及新型冷作模具钢, 如 6W6、65Nb、012A1、LD、CH-1 等钢种。

② 对于大批量生产, 可选用 YG15、YG20 和 DT 等硬质合金。硬质合金一般做成镶块, 外附模套, 模套材料可用合金结构钢或合金工具钢, 如 5CrMnMo、5CrNiMo、40Cr、60Si2Mn 等。

Cr12MoV 钢用于冷镦模极易产生表面剥落、崩刃、断裂, 寿命较低; 高速工具钢承载能力很高, 但因其韧性较差, 因此不宜制作形状复杂受冲击较大的凸模。

(2) 冷镦模的热处理特点 冷镦模的主要失效形式是由韧性不足引起的开裂或折断, 因此, 保证模具获得高强韧性是热处理的关键。

冷镦模的淬硬层一般控制在 1.5 ~ 4mm, 当淬硬层过浅时, 模具易产生凹陷或急剧磨损; 当淬硬层过深时, 韧性就不足。根据冷镦模硬化层的这一要求, 通常采用以下处理方法:

1) 采用喷水淬火处理方法。这一方法最适合用于 T10A 等碳素工具钢制造的冷镦凹模。喷水淬火法与整体淬火相比, 材料韧性高, 硬度均匀, 硬化层沿模具型

腔轮廓均匀分布，这样可避免过早开裂，模具寿命可提高 2 ~ 3 倍。

2) 采用快速加热工艺以减少冷锻模的淬火变形。通常快速加热的温度比正常淬火温度高 100 ~ 150℃，盐浴淬火加热时间为 3 ~ 4s/mm。快速加热可以获得细小的奥氏体晶粒，不仅能减少淬火变形，而且可提高模具的韧性。

3) 采用充分回火的处理方法。冷锻模回火必须充分，应在 2h 以上，并进行多次回火，使其淬火内应力全部释放，以提高抗脆断、脆裂的能力，整体淬火的合金钢模具更需如此。

3. 冷挤压模的选材及热处理特点

(1) 冷挤压模的选材 冷挤压模的选材，首先要考虑材料的承载能力是否满足模具高强韧性的要求；其次是考虑挤压件的生产批量大小对模具材料的耐磨性要求；另外，还要考虑材料的耐回火性是否能承受挤压过程中所产生的热负荷。

根据挤压工艺、挤压件材质和冷挤压模寿命要求，冷挤压模的材料可选用碳素工具钢、低合金工具钢、Cr12 型钢、高速工具钢及新型冷作模具钢等。具体选用时应注意以下几点：

1) 碳素工具钢和低合金工具钢淬透性、强韧性和耐磨性较差，使用中易折断、弯曲和磨损，只用作挤压应力较小、批量不大的正挤压模具。

2) Cr12 型钢是正挤压模具普遍采用的钢种，但在使用中，因韧性低、碳化物偏析严重、脆断倾向大，正逐步被新型冷作模具钢替代。

3) 高速工具钢适合制作承受高挤压载荷的反挤压凸模，但高速工具钢与 Cr12 型钢有同样的问题，即韧性低、易脆断。为了克服高速工具钢的缺点，保持其优点，生产中常用低温淬火的方法来提高钢的抗断裂能力。

4) 新型冷作模具钢，如降碳高速工具钢、基体钢等用于冷挤压模时性能提高效果十分显著，但对于大批生产用的模具，其耐磨性差。

5) 大批生产用的冷挤压模应采用硬质合金，应用最多的是钢结硬质合金，常用来制作冷挤压凹模。

冷挤压模的常用材料见表 1-11。

表 1-11 冷挤压模的常用材料

模具种类	加工对象	材 料		要求硬度 (HRC)
轻载冷 挤压模	铝合金	凸模	60Si2Mn, CrWMn, Cr5Mo1V, Cr6WV, Cr12MoV, W18Cr4V, LD	60 ~ 62
		凹模	T10A, Cr12MoV, Cr12Mo1V1, W6Mo5Cr4V2, 65Nb	58 ~ 60
			YG15, YG20	
	铜合金	凸模	Cr12MoV, W18Cr4V, LD	60 ~ 62
		凹模	CrWMn, Cr4W2MoV, Cr12Mo1V1, 65Nb	58 ~ 60

(续)

模具种类	加工对象	材 料		要求硬度 (HRC)
重载冷挤压模	钢 (挤压力 1 500 ~ 2 000MPa)	凸模	Cr12MoV, W6Mo5Cr4V2, 6W6, 65Nb, LD, CH-1	60 ~ 62
		凹模	CrWMn, Cr4W2MoV, Cr12Mo1V1, 65Nb, LD	58 ~ 60
			YG15, YG20	
	钢 (挤压力 2 000 ~ 2 500MPa)	W6Mo5Cr4V2, W18Cr4V, 65Nb, LD GT35, TLMW50		61 ~ 63 66 ~ 72
		YG15, YG20, DT		
模具型腔 挤压凸模	一般中小件	T10A, 9SiCr, GCr15		59 ~ 61
	大型复杂件	5CrW2Si		59 ~ 61 (渗碳)
	复杂精密件	Cr12MoV, Cr12Mo1V1		59 ~ 61
	批量压制件	65Nb, LD, 6W6, W6Mo5Cr4V2		59 ~ 61
	高强度件	Cr12, W6Mo5Cr4V2, W18Cr4V		61 ~ 63

(2) 冷挤压模的热处理特点 为了满足冷挤压模的高强韧性和高耐磨性要求,热处理时必须注意以下几点:

1) 对于易断裂或胀裂、耐回火性和耐磨性要求不高的冷挤压模,一般采用常规工艺的下限温度淬火,以便获得细小的马氏体,再经回火就可以得到高的强韧性。

2) 高碳高合金钢制成冷挤压模,淬火后残留奥氏体较多,一般采用较长时间或多次回火,以便控制和稳定残留奥氏体量,消除应力,提高韧性,稳定尺寸。

3) 对于以脆性破坏为主、韧性不足的冷挤压模,常采用等温淬火、分级淬火、低温淬火、低温回火等强韧化处理工艺,并注意充分回火。

4) 应用表面强化处理。采用表面强化处理后可提高模具的耐磨性和抗咬合的能力,提高寿命。为了获得高的表面硬度,对冷挤压模常采用表面渗氮、氮碳共渗和渗硼等工艺。如 Cr12MoV 冷挤压凹模经 990℃ 盐浴渗硼后,使用寿命可提高 3 倍;又如,活塞销冷挤压凸模,采用 W6Mo5Cr4V2 钢制造,经气体氮碳共渗后,寿命提高 2 倍以上。

5) 在使用过程中进行低温去应力退火。在使用一段时间后,常将冷挤压模的成形部位再进行低温去应力退火,其目的是消除由于挤压载荷交变作用引起的应力集中和疲劳。

4. 冷拉深模的选材及热处理特点

(1) 冷拉深模的选材 冷拉深模需要良好的耐磨性和抗黏附性。因此这类模具选材时,主要考虑拉深件的板料厚度、复杂程度、变形量、尺寸大小和生产批量

对耐磨性和抗黏附性的要求。

一般的,对于小批量生产的轻载模具,可选用 T8A、T10A、CrWMn、9CrWMn 等钢种;对于大中型模具,由于材料费用所占比例较大,所以在满足模具使用性能要求的前提下,尽量采用价格低廉的材料,如耐磨性和抗黏附性好的球墨铸铁等;对于大批生产用的模具或模具上磨损严重的部位,可采用镶嵌模块的方式解决,即在合金铸铁模套中镶嵌性能较好的合金钢或硬质合金。

(2) 冷拉深模的热处理特点 提高冷拉探模寿命的关键在于热处理时要保证获得良好的耐磨性和抗黏附性,为此应注意以下工艺特点。

1) 要避免模具表面产生氧化、脱碳。氧化、脱碳会造成模具淬火后硬度不足,或出现软点。当表面硬度低于 500HV 时,模具表面就会出现拉毛现象。同时还要防止磨削引起的二次回火而降低表面硬度。

2) 表面处理可以有效提高冷拉深模的抗磨损和抗黏附能力。因此,常对模具进行渗氮、渗硼、镀硬铬、渗钒等处理。例如:Cr12 钢制螺母拉深凸凹模,经 980℃ 淬火,200℃ 回火后,使用寿命为 1 000 ~ 2 000 件;经渗钒(TD 法)及淬火、回火,寿命提高到 10 000 件。

冷拉深模的典型热处理工艺见表 1-12。

表 1-12 冷拉深模的典型热处理工艺

牌 号	工 艺 规 范
Cr12MoV	1) 1 030℃ 淬火, 200℃ 硝盐分级 5 ~ 8min, 160 ~ 180℃ 回火 3h, 硬度为 62 ~ 64HRC 2) 1 050 ~ 1 080℃ 油淬, 500℃, 回火三次, 每次 2h, 450 ~ 480℃ 离子渗氮
QT500-7	600 ~ 650℃ 预热, 890℃ ± 10℃ 淬入盐水中冷至 550℃, 入油冷至 250℃, 入热油 (180 ~ 220℃) 进行分级淬火, 160 ~ 180℃ 回火 5 ~ 7h
7CrSiMnMoV (CH-1)	890℃ 油淬, 200℃ 回火 2h, 硬度为 60 ~ 62HRC

1.3.4 塑料模具材料选择

塑料模具的结构和形状比较复杂,制造成本较高,为了保证模具有较长的使用寿命,合理选用模具材料品种、正确选择和实施模具的热处理方法极为重要。

1. 塑料模具的选材

(1) 塑料模具成形件的材料选用 选择塑料模具成形件的材料时,根据模具的具体情况可从以下几方面考虑。

1) 根据塑料制品的种类和质量要求选用。塑料制品的种类往往对塑料模具的工作条件产生很大的影响。ABS、聚氯乙烯和聚四氟乙烯等塑料成形时,在一定的成形温度下会分解产生具有腐蚀性的气体而对塑料模具产生腐蚀作用。因此,这类塑料模具的成形件常选用耐蚀性塑料模具钢,如 18Ni 及 40Cr13 等;若选用普通材

料制作模具,则需要镀铬或其他耐蚀性材料进行表面处理。

对于生产以玻璃纤维作增强剂的热塑性塑料制品的注射模或热固性塑料制品的压缩模,要求模具具有高硬度、高耐磨性、高的抗压强度和较高的韧性,以防止模具型腔表面过早磨损或受高压而局部变形。因此,这类塑料模具成形件多选用淬硬型塑料模具钢,如 T10A、9Mn2V、CrWMn、Cr12MoV 等。若选用低、中碳钢,则应进行渗碳淬火处理。

对于高速成形的塑料制品,其模具表面的工作温度在短时间内会超过 400℃。为了保证塑料模具的使用精度并防止塑料制品在脱模后由于温度过高而发生变形,模具材料应有良好的导热性,为此可选用高强度铝合金来制造。

对于透明塑料成形模具,要求模具材料有良好的镜面抛光性能和高耐磨性,并且要求材料中的非金属夹杂物和气孔要极少,显微组织也要均匀。这时最好选用能获得高硬度的超纯净钢。实践表明,大多数时效硬化型模具钢如 PMS、06Ni (06Ni6CrMoVTiAl) 等都具有优良的镜面抛光性,是较理想的钢种,而预硬钢 3Cr2Mo、8Cr2S、5NiSCa 等,镜面抛光性中等或较好,也可选用。表面有装饰花纹的塑料制品,则要求模具材料有良好的装饰加工性。

2) 根据塑料制品的生产批量要求选用。塑料制品生产批量很小时,对模具的耐磨性及使用寿命要求不高,可选用铝合金、锌合金、碳素钢及合金结构钢等制造;对于批量大的塑料制品成形模具,应根据其工作条件对模具质量的要求来选材,一般选用高级优质塑料模具钢。

3) 根据塑料模具加工方法的不同要求选用。塑料模具的成形加工方法有多种,一般的塑料模具都可通过冷挤压成形、超塑性成形、铸造成形、切削加工成形和电加工成形等方法制作。因此,应尽可能选用具有与模具成形加工方法相应,并具有较好的加工工艺性能的模具材料。由于大多数塑料模具都需要经过切削加工成形,因而模具材料的切削加工性往往是最受重视的加工工艺性能。

4) 根据塑料制品的尺寸大小及精度要求选用。对于大型高精度的注射成形模具,当塑料制品生产批量大时,可选用预硬钢制造,如 3Cr2Mo、8Cr2S、4Cr5MoSiV、P4410、SM1、PMS 钢等,由于模具加工成形后不再进行热处理,所以可以保证模具高精度的要求。

5) 根据模具的制造难度和交货期限要求选用。塑料制品形状越复杂,模具型腔的加工也越困难,因而必须选用加工性能好和热处理变形小的模具材料。塑料制品越大,型腔的切削加工量一般也越大,大用量切削时,切削力也大。因此大制品的塑料模具最好选用易切削钢。塑料制品较小时,模具型腔体积小,切削量和切削力通常也较小。所以小型模具往往可选用预硬化型模具钢制造。

用户有时要求塑料模具的交货期越短越好,采用铸造尤其是精密铸造方法制造塑料模具是缩短加工周期的好方法,此时常需要选择特别适合于铸造成形的铝合金

或锌合金。对于钢制塑料模具，若选用易切削预硬钢，也可大大缩短制模周期。

(2) 塑料模具辅助零件的材料选用 因为塑料模具辅助零件的抛光性、耐蚀性等要求较低，所以可选用常用的塑料模具钢，经过合理的热处理，使用性能完全能达到要求，因此降低了模具造价。

2. 塑料模具的热处理特点

(1) 塑料模具热处理的基本要求

1) 获得合适的工作硬度和足够的韧性。根据塑料模具的工作条件，模具经过热处理应获得适中的硬度和足够的强韧性。不同种类塑料模具的工作硬度要求见表 1-13。

表 1-13 不同种类塑料模具的工作硬度要求

模 具 类 型	工 作 硬 度	说 明
形状简单、加工含有无机填料的塑料模具	56 ~ 60HRC	要求在高的压力下耐磨的模具
形状简单的小型高寿命塑料模具	54 ~ 58HRC	保证较高耐磨性的同时，具有好的强韧性
形状复杂、精度高、淬火微变形的塑料模具	45 ~ 50HRC	用于易折断的部件
软质塑料模具	280 ~ 320HBW	用于无填充剂的软质塑料
高强度热塑性塑料模具	52 ~ 56HRC	用于尼龙、聚甲醛等硬质塑料和光学塑料

2) 确保淬火微小变形。为使塑料模具达到精度要求，要确保热处理变形极小。淬火时，首先要考虑防止模具型腔发生翘曲变形，为此应对变形量进行一定的限制。

3) 表面无缺陷易于抛光。塑料模具型腔面的光洁程度要求较高，在热处理过程中，应特别注意保护型腔表面，防止表面产生各种缺陷（如加热淬火留下的氧化皮痕迹、表面受到侵蚀、脱碳或增碳、残留奥氏体量过多等），否则将给下一步抛光工序造成困难，甚至无法抛光。

4) 确保满足强度要求。尤其是对于热固性塑料模具，因为其承载较重，并且长时间受热，周期性受压，因此，要求模具在热处理后，有足够高的抗压塌和抗起桔皮的能力，即要保证满足强度要求。

(2) 塑料模具的热处理特点

1) 渗碳钢塑料模具热处理时，为使塑料模具成形件或其他摩擦件有高硬度、高耐磨性和高韧性，在工作中不致脆断，要选用渗碳钢制造，并将渗碳、淬火和低温回火作为最终热处理。

① 渗碳技术要求。压制含硬质填料的塑料时，模具的渗碳层厚度要求为 1.3 ~ 1.5mm；压制软质塑料时，渗碳层厚度为 0.8 ~ 1.2mm；带尖角、薄边等的模具，渗碳层厚度为 0.2 ~ 0.6mm。渗碳层碳的质量分数以 0.7% ~ 1.0% 为宜。渗碳层组织中应避免出现粗大的未溶碳化物、网状碳化物、过量的残留奥氏体等。

② 渗碳工艺方法。以采用分级渗碳工艺为宜，即在 900 ~ 920℃ 保温 1 ~ 1.5h 进行高温快速渗碳，而在温度为 820 ~ 840℃ 的中温，保温 2 ~ 3h 渗碳以增加渗碳层厚度。

对于碳素渗碳钢模具，分级渗碳后，需要重新加热淬火；对于优质渗碳钢模具，分级渗碳后可直接空冷淬火，但应注意此工艺会使型腔表面氧化，应在通入压缩氮气的冷井中空冷，以保护表面，防止氧化。

对于用低碳钢和工业纯铁冷挤压成形的小型精密模具，仅用渗碳淬火处理，硬度和耐磨性往往不够。中温碳氮共渗后直接淬入温度为 100 ~ 120℃ 的热油中冷却，硬度提高，变形减小。

2) 淬硬钢塑料模具热处理时要注意两点，首先，形状比较复杂的模具，在粗加工后就进行热处理时，必须保证热处理变形最小，对于精密模具，变形应小于 0.05%。其次，注意保护型腔面的光洁程度，力求通过热处理使金属内部组织均匀。

为达到以上要求，在热处理时应采取以下适当的工艺措施：

① 淬火加热应在保护气氛炉中或在严格脱氧后的盐浴炉中进行。考虑到模具多是单件生产，若采用普通箱式电阻炉加热，应在型腔面上涂保护剂。

② 在淬火加热时，为了减小热应力，要控制加热速度。特别是对于合金元素含量多，传热速度较慢的高合金钢和形状复杂、断面厚度变化比较大的模具零件，一般要经过 2 ~ 3 级的预热。

③ 在淬火冷却时，为减小冷却变形，在淬硬的前提下应尽量缓冷，如合金工具钢多采用热浴等温淬火或者预冷淬火等。

④ 淬火后应及时回火，回火温度一定要高于模具的工作温度，并且要避免可能出现回火脆性的温度区间；回火时间应足够长，以免因回火不充分使模具出现堆塌变形；回火时间长短视模具的材料和断面尺寸而定，但至少要有 40 ~ 60min。

3) 预硬钢是以预硬态供货的，一般不需要热处理而直接加工使用，但有时需要对供材进行改锻，改锻后的模坯必须进行热处理。预硬钢的预备热处理通常采用球化退火，目的是消除锻造应力，获得均匀的球状珠光体组织，降低硬度，提高塑性，改善模具的切削加工性能或冷挤压成形性能。部分预硬钢的退火工艺见表 1-14。

表 1-14 部分预硬钢的退火工艺

牌 号	退火工艺规程	硬度 (HBW)
3Cr2Mo	760 ~ 790℃ 加热保温后以 <8℃/h 的速度缓冷	183 ~ 217
5NiSCa	760 ~ 780℃ 加热保温 2 ~ 4h，炉冷至 680 ~ 700℃ 等温 4 ~ 6h，炉冷至 500℃ 出炉	≤229
8Cr2S	790 ~ 810℃ 加热保温 2h，炉冷至 700℃ 等温 4 ~ 6h，炉冷至 550℃ 出炉	≤229
3Cr2NiMo	750 ~ 780℃ 加热保温，650 ~ 700℃ 等温 2 ~ 4h，炉冷至 500℃ 出炉	≤255

预硬钢的预硬处理工艺简单，多数采用调质处理，由于这类钢淬透性良好，淬火时可采用油冷、空冷或硝盐分级淬火。为满足模具的各种工作硬度要求，高温回火的温度范围很宽。调质后获得回火索氏体组织，硬度均匀。部分预硬钢的预硬处理工艺见表 1-15。

表 1-15 部分预硬钢的预硬处理工艺

牌 号	加热温度/℃	冷 却 方 式	回火温度/℃	预硬硬度（HBW）
3Cr2Mo	830 ~ 840	油冷或 160 ~ 180℃ 硝盐分级淬火	580 ~ 650	183 ~ 217
5NiSCa	880 ~ 930	油冷	550 ~ 680	≤229
8Cr2S	860 ~ 900	油冷或空冷	550 ~ 620	≤229
3Cr2NiMo	830 ~ 860	油冷或硝盐分级淬火	550 ~ 650	≤255

4) 时效硬化钢塑料模具的热处理工艺包括两步基本工序。首先进行固溶处理，即把钢加热到高温，使各种合金元素溶入奥氏体中，完成奥氏体化后淬火，获得马氏体组织。第二步进行时效处理，利用时效强化达到最后要求的力学性能。

固溶处理一般在盐浴炉、箱式炉中进行，加热系数分别可取 1min/mm、2 ~ 5min/mm，淬火采用油冷，淬透性好的钢种也可空冷。如果锻造模坯时能准确控制终锻温度，锻造后可直接进行固溶处理。

时效处理最好在真空炉中进行，若在箱式炉中进行，为防止型腔表面氧化，炉内需要通入保护气氛，或者使用氧化铝粉、石墨粉、铸铁屑，在装箱条件下进行时效。装箱保护加热要适当延长保温时间，否则难以达到时效效果。部分时效硬化型塑料模具钢的热处理规范见表 1-16。

表 1-16 部分时效硬化型塑料模具钢的热处理规范

牌 号	固溶处理工艺	时效处理工艺	时效硬度（HRC）
06Ni	800 ~ 850℃ 油冷	510 ~ 530℃ 保温 6 ~ 8h	43 ~ 48
PMS	800 ~ 850℃ 空冷	510 ~ 530℃ 保温 3 ~ 5h	41 ~ 43
25CrNi3MoAl	880℃ 水冷或空冷	520 ~ 540℃ 保温 6 ~ 8h	39 ~ 42
SM2	900℃ 保温 2h，油冷，再经过 700℃ 等温 2h	510℃ 保温 10h	39 ~ 40

任务 1.4 毛坯的选择与加工

【学习目的与要求】

- 了解毛坯的种类、应用场合。
- 掌握毛坯选择的方法。
- 能正确选择零件的毛坯。

【学习重点】

- 毛坯的选择。
- 锻造工艺的确定。

【学习难点】

- 毛坯选择实例。
- 锻造方式的确定。

1.4.1 毛坯选择

工艺技术人员在编制工艺规程时，必须考虑毛坯方案。正确选择毛坯，对降低生产成本作用较大。

1. 毛坯的分类和选择原则

用于制造模具零件毛坯的有型材、型材焊接件、铸件、锻件四类。铸造毛坯又分为砂型铸造件、金属型铸造件、压力铸造件和精密铸造件。锻造毛坯又分为自由锻件、普通模锻件和精密模锻件等。究竟选用哪一种毛坯合适，应根据所用材料、零件结构、复杂程度、生产类型和本厂的生产条件几个方面来决定。表 1-17 供选择时参考。

表 1-17 各类毛坯的特点及适用范围

毛 坯 形 式	制 造 精 度	加 工 余 量	原 材 料	零 件 尺 寸	零 件 形 状	适 用 的 生 产 类 型	生 产 成 本
型材		大	各种材料	小型	简单	各种类型	低
型材焊接件		一般	钢材	大中型	较复杂	单件	低
砂型铸造件	IT15 级以下	大	铸造青铜为主	各种尺寸	复杂	各种类型	较低
自由锻件	IT15 级以下	大	钢材为主	各种尺寸	较简单	单件小批	较低
普通模锻件	IT11 ~ IT15 级	一般	钢材、锻铝、铜	中小型	一般	中批、大批量	一般
金属型铸造件	IT10 ~ IT13 级	较小	铸铝为主	中小型	较复杂	中批、大批量	一般
精密锻造件	IT8 ~ IT11 级	较小	钢材、锻铝	中小型	较复杂	中批、大批量	较高
压力铸造件	IT9 ~ IT11 级	小	铸铁（钢）、青铜	中小型	复杂	中批、大批量	较高
精密铸造件	IT7 ~ IT10 级	很小	铸铁（钢）、青铜	小型为主	复杂	中批、大批量	高

此外，异型钢材、粉末冶金材料、工程塑料等的应用都在迅速推广，它们可以用来制造小余量、无余量毛坯。有些精密铸造件，只需要精加工即可成为成品，有些根本不需要机械加工，即可直接装配在产品中使用。

2. 零件的技术要求分析

零件的技术要求包括下列几个方面：主要加工表面的尺寸精度，主要加工表面的形状精度，主要加工表面之间的相互位置精度，各加工表面的表面粗糙度以及表

面质量方面的其他要求，热处理要求及其他要求。

根据零件结构的特点，在认真分析了零件主要表面的技术要求之后，对零件的加工工艺即有了初步的认识。

首先，根据零件主要表面的精度和表面质量的要求，初步确定达到这些要求所需要的最终加工方法，然后再确定相应的中间工序及粗加工工序所需要的加工方法。例如，对于孔径不大的 IT7 级精度的内孔，最终加工方法采取精铰时，则精铰孔之前通常要经过钻孔、扩孔和粗铰孔等加工。

其次要分析加工表面之间的相对位置要求，包括表面之间的尺寸联系和相对位置精度。认真分析零件图上尺寸的标注及主要表面的位置精度，即可初步确定各加工表面的加工顺序。

零件的热处理要求影响加工方法和加工余量的选择，对零件加工工艺路线的安排也有一定的影响。例如，要求渗碳淬火的零件，热处理后一般变形较大。对于零件上精度要求较高的表面，工艺上要安排精加工工序（多为磨削加工），而且要适当加大精加工工序的加工余量。例如尺寸相同的两外圆柱面 $\phi 32h10$ 及 $\phi 32h7$ 的加工，前者经车削加工即可达到精度要求，后者在车削后再进行外圆磨削加工则较为合理。

在研究零件图时，如发现图样上的视图、尺寸标注、技术要求有错误或遗漏，或零件的结构工艺性不好时，应提出修改意见。但修改时必须征得设计人员的同意，并经过一定的批准手续。必要时应与设计者协商进行改进分析，以确保在保证产品质量的前提下，更容易将零件制造出来

3. 毛坯的形状、尺寸和结构工艺性

需要根据被加工零件的情况设计毛坯图，在设计毛坯图时应注意两方面问题。

(1) 毛坯的形状和尺寸 工艺人员在分析产品图样之后，应该确定所负责工艺过程中零件的毛坯方案，而后在编制工艺过程的同时，逐步确定毛坯的尺寸和形状，画出毛坯图。

具体方法是：先根据所采用的毛坯方案，估计各表面的工序数，由各工序的加工余量决定毛坯的尺寸，即在原零件尺寸的基础上加上各表面在各工序中所有加工余量的总和，构成初步形状，然后根据毛坯制造和零件机械加工所要求的结构工艺来修改其形状，绘制毛坯图。

零件的形状和尺寸对毛坯选择有重要影响。例如对于阶梯轴，如果各台阶直径相差不大，可直接采用棒料作毛坯，使毛坯准备工作简化。当阶梯轴各台阶直径相差较大时，宜采用锻件作毛坯，以节省材料和减少机械加工的工作量。对于大型零件，目前大多选择自由锻造和砂型铸造的毛坯，而中小型零件，根据不同的生产类型可以选择自由锻、模锻、精密锻造、砂型铸造、金属型铸造、熔模铸造、压力铸造等方法制造的毛坯。

(2) 毛坯的结构工艺性 为了有利于毛坯成形, 有利于机械加工, 在设计毛坯时应充分注意其结构工艺性。

1) 在分析铸件的结构工艺时应从分型面、预制孔等几个方面加以考虑。

① 分型面。分型面一般取在制件中间部位界面较大处, 由于在液态金属冷凝过程中, 缺陷、夹杂大部分都集中在上部, 所以上半部的加工余量应比下半部略大些。

② 预制孔。为了减轻毛坯质量, 减小机械加工量, 带孔零件的毛坯应制出预制孔, 但小孔不便制出。

③ 铸件的壁厚。为了便于液态金属的流动, 防止局部出现严重缩孔, 铸件壁厚应均匀, 并且转接处应带圆角, 如图 1-28a。禁止采用图 1-28b 所示的形状。

④ 加强筋。为减轻铸件的质量, 铸件结构往往有许多凹缺。但铸铁性能较脆, 所以在凹缺的地方应加上加强筋, 如图 1-29 所示。

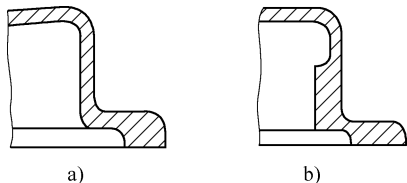


图 1-28 铸件

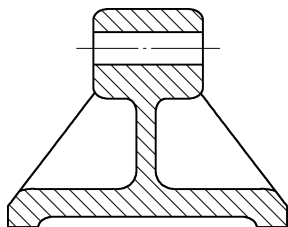


图 1-29 带加强筋的铸件

⑤ 大型铸件的上表面应尽量不采取水平位置。由于铸件上部易集中气孔、夹杂或出现充填不足的现象, 而大型铸件上表面面积又较大, 因此最好做成斜面, 并把冒口放置在这一部分, 以保证铸件质量, 如图 1-30 所示

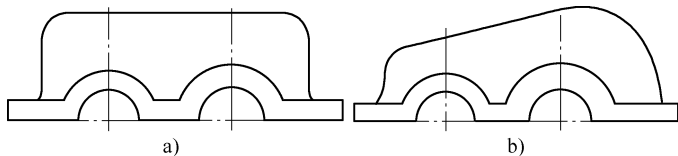


图 1-30 减速箱盖

a) 不合理 b) 合理

2) 在分析锻造的结构工艺性时应从分模面、圆角等几个方面进行考虑。

① 分模面。应选择在两个尺寸最大、互相垂直的外廓尺寸所在的平面上。因为模锻件有飞边, 大都用整体 (两块, 最多三块) 模坯, 分模面在最大外廓部位有利于拔模。

② 圆角和斜度。为了便于锻件成形, 在转接处应有圆角; 为便于拔模, 锻件的拔模方向表面应有斜度或锥度。一般上模部分的斜度或锥度大于下模部分, 如

图 1-31 所示。外形尽量简单、平直，以便于制造模膛，利于锻造成形。

③ 预制孔。锻件锻造后，金属内部的晶粒被压扁或拉长成纤维状，提高了材料的强度，所以带孔零件最好制出预制孔，如图 1-32 所示。

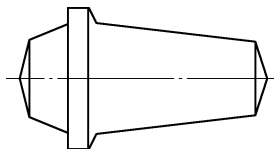


图 1-31 锻件的拔模斜度

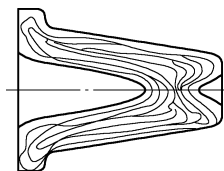


图 1-32 锻件内部晶粒的纤维状分布与预制孔

3) 为满足工艺需要，在工件上增设的凸台称为工艺凸台，如图 1-33 所示，图中 *A* 为工艺凸台，*B* 为被加工表面。该工艺凸台可防止在加工 *B* 面时，由切削力所引起的工件变形。在工艺凸台加工后，若其影响零件的外观和使用性能，则应将其切除。

4) 为使毛坯制造方便和易于机械加工，可以将若干个小零件制成一个毛坯，如图 1-34b 所示，经加工后再切割成单个零件（图 1-34a）。在计算毛坯长度时，除考虑切割零件的个数（*n*）外，还应考虑切断时切口的宽度（*B*）。

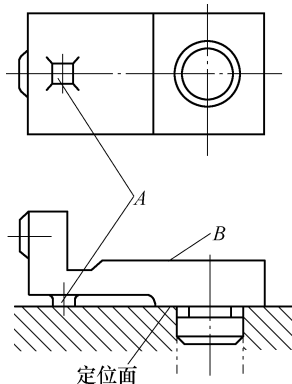


图 1-33 有工艺凸台的铸件毛坯

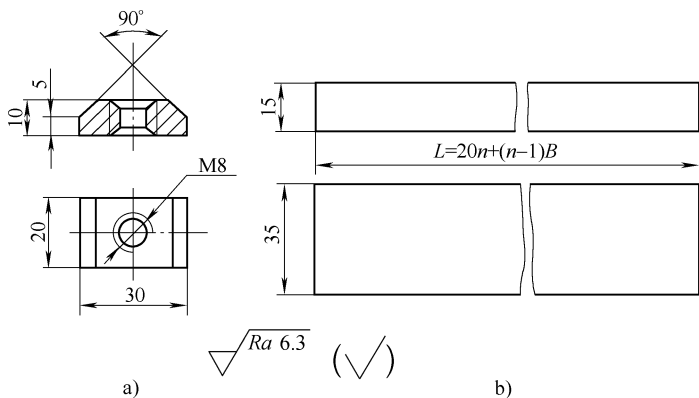


图 1-34 一坯多件的零件和毛坯

5) 某些形状比较特殊的零件，单独加工比较困难，例如图 1-35a 中的圆弧 *R14mm*，此时可将两个（或数个）零件组合在一起，如图 1-35b 所示，使 *R14mm* 的圆弧面成为一个整圆，使加工容易。加工合格后再将其分割成两个零件。

6) 有些零件，如轴瓦、砂轮用平衡块、车床走刀系统的开合螺母、半圆弧开

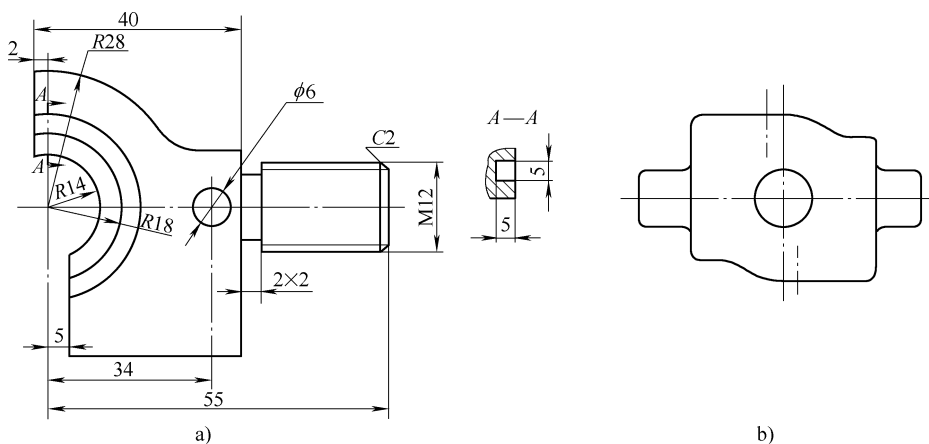


图 1-35 组合毛坯

a) 零件 b) 毛坯

口的扇形、半圆形零件等，为了加工方便而且能保证加工质量，可把两件或更多件零件组成整体，采用整体毛坯，在圆弧部分加工完毕之后在切开。

有些小零件外形较简单，一个方向都是直线，如图 1-36 所示，在设计毛坯时可把若干件合成一个大毛坯，加工后再切开。

为了减小工件的装夹变形，对于薄壁类零件应考虑多件合成一个毛坯，从而减少加工的装夹部位。

有些小型、精度较高的轴类零件，为了保证各部分的位置精度，毛坯需要加长，用于装夹，以免加工时调头装夹误差过大。

有些零件，如小型整体式刀具，切削部位要用高速工具钢，刀柄部分一般只用普通碳素钢就可以了，毛坯料件应分成两部分，通过焊接形成一个整体。

表 1-18 列出了几种零件的结构并对零件结构的工艺性进行对比。

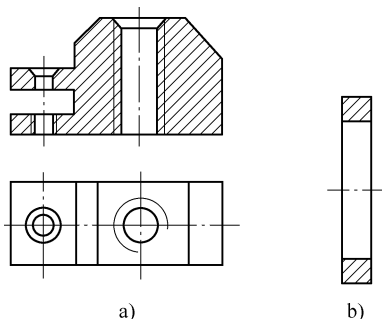


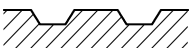
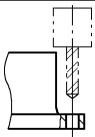
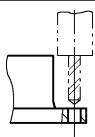
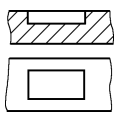
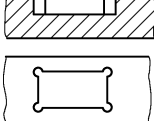
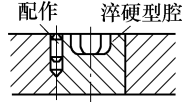
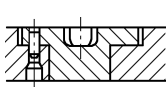
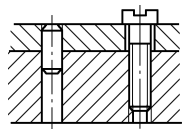
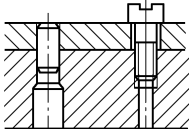
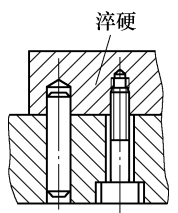
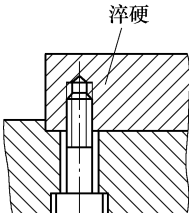
图 1-36 外形简单的小零件

a) 支承 b) 垫片

表 1-18 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

(续)

序 号	结构的工艺性不好	结构的工艺性好	说 明
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			小孔与壁距离适当, 便于引进刀具
5			方形凹坑的四角加工时无法清角
6			型腔淬硬后, 骑缝销孔无法用钻铰方法配作
7			销孔太深, 增加铰孔工作量。螺孔太长, 没有必要
8			将淬硬型芯安装在模板上时, 定位销孔无法用钻铰方法配作。改为浅凹定位使加工容易

1.4.2 毛坯加工

任何需要加工的模具零件都要从毛坯开始加工。对于模具来说, 毛坯的形式多种多样, 其选择主要取决于模具的使用条件和结构形式, 这与一般零件毛坯的选择原则是相同的。

模具零件最常见的毛坯形式是锻件、型材、铸件等。模具重要的、结构复杂的工作零件一般采用锻造毛坯比较合理。模具一些较次要的和结构形状简单的零件采用热轧圆钢、钢板或型材作为毛坯比较合理。对于结构复杂且不利于或不允许拆散拼装的, 或批量很大的模具, 采用铸造毛坯较合理。这些原则并不是在任何情况下都是不变的, 应该根据本厂的具体生产条件和模具的技术要求, 全面权衡利弊, 进行合理的选择。

模具毛坯外形的机械加工方法通常是按照这些外形表面的几何特征和质量要求来进行选择的。旋转体表面, 如圆柱面和圆锥面等, 多在卧式车床上加工; 平面多

采用铣床和刨床加工，长而窄的平面，采用刨床加工效果更好。

在进行模具毛坯的加工时，由于外形表面粗糙、不平整，往往不便于装夹。因此，选择毛坯装夹面时，既要考虑对加工质量的影响，又要考虑装夹的稳定性和可靠性。

毛坯加工机床的选择主要考虑机床的生产效率、机床动力、机床各部分的刚度和强度等。在这些条件得到满足的情况下，机床应具备高的精度，这是因为进行毛坯外形表面加工时切除的金属量很大，而且这层被切除的金属硬度较高。

通常毛坯在进行机械加工前，应进行适当的热处理，尤其是采用铸件毛坯时，若不先进行退火处理，则会因铸造过程中产生的内应力分布不均匀而造成机械加工后毛坯严重变形，当这种变形量大于后续工序的加工余量时，则会产生不可修复的误差，从而使毛坯成为废品。另一方面，经过退火处理后，毛坯的组织均匀，硬度下降，既有利于满足材料性能的要求，又使切削加工变得容易进行。在正常情况下，毛坯的热处理是由专业的毛坯生产厂来完成的，因此，在订购毛坯时应向毛坯生产厂提出这一要求。对于一些精密模具或者结构复杂的模具，在进行毛坯外形加工后也要安排一些热处理工序，及时消除因切削大量金属而产生的内应力，降低零件中内应力作用不平衡的程度，以便将零件的变形控制在最小的范围内。

在进行毛坯的机械加工时，还应该正确选择刀具，采用适当的切削方法。在加工铸铁材料的毛坯时，可选用 YG8、YG6、YG4 等硬质合金刀具；加工 45 钢时，可选用 YT15、YT30 和 YT60 硬质合金刀具。为了保证刀具的使用寿命，在毛坯进行第一刀加工时，应当将切削深度适当取大些，使锋利的切削刃深入到毛坯硬皮层内，以避免切削刃被毛坯表层的硬皮磨钝或撞坏。

1. 锻件毛坯

模具零件毛坯的材料状态对模具加工的质量和模具寿命都有较大的影响。特别是模具中的工作零件大量使用高碳高铬工具钢，这类材料的冶金质量较差，存在严重的缺陷，如存在大量的共晶网状碳化物，这种碳化物很硬也很脆，而且分布不均匀，降低了材料的力学性能，恶化了热处理工艺性能，降低了模具的使用寿命。只有通过锻造，打碎共晶、网状碳化物，并使碳化物分布均匀，细化晶粒组织，充分发挥材料的力学性能，才能提高模具零件的加工工艺性和使用寿命。

综上所述，锻造的主要目的有如下几个方面。

1) 通过锻造得到合理的几何形状和机械加工余量，节省原材料和减少机械加工工作量，并使圆棒料的疏松和气泡等缺陷得到改善，提高了材料的致密度，并得到了良好的机械加工性能。

2) 通过锻造改善材料中碳化物分布不均匀的状态，使碳化物的不均匀度 ≤ 3 级（GB/T 14979—1994 中检验共晶碳化物不均匀度的第四评级图分为 1~8 级），

改善由于碳化物分布不均匀造成的热处理易开裂、硬度不均、脆性加大、冲击韧度降低,以及碳化物堆聚或呈网状出现在模具刃口处、易崩刃、折断和剥落的现象。提高了材料的热处理性能和模具的使用寿命。

3) 改善坯料加工的纤维方向,使纤维方向分布合理,满足不同类型模具的要求,提高模具零件的承载能力,同时通过合理的纤维方向,使模具零件的各向淬火变形趋于一致,提高材料的力学性能和使用性能。

通过锻造和预处理可以获得机械加工和热处理加工需要的金相组织,从而提高了模具零件的机械加工和热处理加工的工艺性。

2. 毛坯锻造的技术要求

(1) 毛坯的机械加工余量 为了保证制品零件的精度和表面质量,锻件的公称尺寸和零件相应尺寸之间的差值称为机械加工余量。加工余量的大小取决于零件要求的表面粗糙度和尺寸精度、模锻时发生的形状畸变的大小以及锻件的表面缺陷。

(2) 锻件热处理 为了消除锻造后毛坯的锻造应力,软化锻件,便于以后的机械加工,应进行退火、正火和调质处理。交付的锻件要有一定的硬度值。各种钢材锻件的硬度值见表 1-19。

表 1-19 各种钢材锻件的硬度值

钢 材 牌 号	硬 度 (HBW)	钢 材 牌 号	硬 度 (HBW)
12CrNi3	217	CrWMn	197 ~ 241
40Cr	207	Cr12	217 ~ 269
20Cr	179	Cr12MoV	207 ~ 255
45	197	5CrMnMo	197 ~ 241
T7/T7A	187	3Cr2W8V	207 ~ 255
T10/T10A	197	W18Cr4V	207 ~ 255
GCr15	170 ~ 207	5CrW2Si	207 ~ 255

(3) 改锻工艺 对于模具的主要零件,尤其是对热处理质量和使用寿命有较高要求的零件,坯料应采用改锻工艺,即坯料在锻造时经多次锻粗和拔长,以提高锻件的致密度,使内部组织均匀,提高其使用性能及力学性能。

(4) 锻造工艺要点 锻件表面不能有裂纹、氧化皮、脱碳层和表面锻造不平现象。尺寸应符合图样要求,内部不应有夹层现象。

锻造工艺要点如下:

1) 碳素工具钢及低合金钢的锻造工艺要点见表 1-20。

2) 高铬钢及高速工具钢的锻造工艺要点见表 1-21。

表 1-20 碳素工具钢及低合金钢的锻造工艺要点

钢 材 牌 号	锻造温度 $T/^{\circ}\text{C}$		冷 却 条 件	工 艺 要 求
	始 锻	终 锻		
T7 ~ T12 T7A ~ T12A	1 000 ~ 1 050	800 ~ 850	冷却或堆放缓冷	① 单件自由锻造 ② 需要改锻的要经过多次锻粗与拔长 ③ 加热时要经常翻动，工件之间要有间隙 ④ 加热时间：碳素钢为 1 ~ 1.5min/mm，低合金钢应延长时间
Cr 钢 GCr15 CrWMn	1 000 ~ 1 050	800 ~ 850	700℃ 以上风冷	
			700℃ 以下缓冷	
5CrMnMo 3Cr2W8V	1 000 ~ 1 050	850 ~ 900	堆放缓冷或保温炉冷却	
	1 050 ~ 1 100	850 ~ 900		

表 1-21 高铬钢及高速工具钢的锻造工艺要点

钢 材 牌 号	锻造温度 $T/^{\circ}\text{C}$		工 艺 要 求
	始 锻	终 锻	
Cr12	1 050 ~ 1 080	850 ~ 920	① 严格控制加热工艺规范, 并均匀烧透 ② 锻造时应采用反复锻粗与拔长的方法
Cr12MoV	1 050 ~ 1 100	850 ~ 900	
W6Mo5Cr4V2	1 050 ~ 1 100	920 ~ 950	
W18Cr4V	1 100 ~ 1 150	880 ~ 930	

(5) 模具零件锻造时间注意事项 锻件在锻造过程中的总损耗量包括烧损量、切头损耗、心料损耗三部分。烧损量包括坯料在加热和锻打时产生氧化皮而形成的损耗, 它和坯料的加热次数、加热条件有关, 经验表明, 当锻件质量小于 5kg 时加热 1 ~ 2 次, 锻件质量为 5 ~ 20kg 时加热 2 ~ 3 次, 锻件质量为 20 ~ 60kg 时加热 3 ~ 5 次。切头损耗指在锻造时由于切除锻件两端不平 and 裂纹部分而造成的损耗, 一般较小的锻件不考虑这部分损耗。心料损耗指锻件需要冲孔而产生的损耗。为了计算方便, 总损耗量可按锻件质量的 5% ~ 10% 选取。在加热 1 ~ 2 次锻成、基本无鼓形和切头时, 总损耗取 5%; 在加热次数较多和有一定鼓形时, 总损耗取 10%。

根据计算出的体积与质量, 依据材料库现有钢材的直径, 换算出所需要钢材的长度, 并留出加工余量。

锻造后坯料各个方向的外形尺寸, 应比零件各方向的实际尺寸放大 5 ~ 6mm, 即在各方向留有 5 ~ 6mm 的切削余量。用热轧圆钢棒车削零件时, 加工余量可按表 1-22 选取。对于长方体和正方体的坯料, 其加工余量可按经验数值选取。

表 1-22 热轧圆钢棒的最小机械加工余量 (单位: mm)

零件直径 D	加工余量 h	零件直径 D	加工余量 h
≤ 10	3 ~ 3.14	$30 < D \leq 50$	3.5 ~ 5
$10 < D \leq 30$	3 ~ 4	$50 < D \leq 100$	4 ~ 7

3. 坯料加工工序

长方体坯料的加工工序：备料—锻造—退火—刨六面—磨平面。

圆柱形坯料的加工工序：备料—车削加工—平磨上下面或磨内外圆表面。

机械加工后的各坯料应打上印记、编号，超过 20kg 零件的坯料，应在侧面设有供起吊的凸起及凹口或吊环孔。

4. 坯料的磨削余量

1) 矩形零件的磨削余量见表 1-23。

表 1-23 矩形零件的磨削余量 (单位：mm)

宽度 <i>B</i>	厚度 <i>h</i>	零件长度 <i>A</i>			
		100	100 ~ 250	250 ~ 400	400 ~ 450
≤200	≤18	0.30	0.40		
	19 ~ 30	0.30	0.40	0.45	
	31 ~ 50	0.40	0.40	0.45	0.50
	>51	0.40	0.40	0.45	0.50
>200	≤18	0.30	0.40		
	19 ~ 30	0.35	0.40	0.45	
	31 ~ 50	0.40	0.40	0.45	0.45
	>51	0.40	0.45	0.50	0.60

2) 圆柱形零件的磨削余量见表 1-24。

表 1-24 圆柱形零件的磨削余量 (单位：mm)

直径 <i>D</i>	零件长度 <i>L</i>					
	≤18	19 ~ 50	51 ~ 120	121 ~ 260	261 ~ 500	>500
≤18	0.20	0.30				0.50
19 ~ 50	0.30	0.30				0.50
51 ~ 120	0.30	0.35				0.55
121 ~ 260	0.30	0.35				0.55
261 ~ 500	0.35	0.40	0.45	0.45	0.50	0.60
>500	0.40	0.40	0.45	0.50	0.60	0.70

注：使用表 1-23 和表 1-24 时，表中所列的只是淬火后的磨削余量。对于非淬火零件，可适当减少20% ~ 40%。

3) 内孔与外圆的磨削余量见表 1-25。

表 1-25 内孔与外圆的磨削余量（长度 200mm）（单位：mm）

直径 <i>D</i>	材料：35 钢、45 钢、50 钢、Cr12 钢				材料：T8 钢、T10 钢、T10A 钢			
	内 孔		外 圆		内 孔		外 圆	
	壁厚≤15	>15	≤15	>15	≤15	>15	≤15	>15
6 ~ 10	0.25 ~ 0.35	0.30 ~ 0.35	0.35 ~ 0.50	0.25 ~ 0.50	0.25 ~ 0.30	0.25 ~ 0.30	0.35 ~ 0.50	0.35 ~ 0.60
11 ~ 20	0.35 ~ 0.40	0.40 ~ 0.45	0.40 ~ 0.55	0.30 ~ 0.55	0.30 ~ 0.40	0.35 ~ 0.40	0.40 ~ 0.55	0.40 ~ 0.65
21 ~ 30	0.40 ~ 0.50	0.50 ~ 0.60	0.40 ~ 0.55	0.30 ~ 0.55	0.40 ~ 0.50	0.35 ~ 0.45	0.40 ~ 0.55	0.40 ~ 0.70
31 ~ 50	0.55 ~ 0.70	0.60 ~ 0.70	0.40 ~ 0.55	0.30 ~ 0.55	0.55 ~ 0.70	0.40 ~ 0.60	0.40 ~ 0.55	0.55 ~ 0.75
51 ~ 80	0.65 ~ 0.80	0.80 ~ 0.90	0.45 ~ 0.60	0.30 ~ 0.60	0.65 ~ 0.80	0.50 ~ 0.60	0.45 ~ 0.60	0.65 ~ 0.85
81 ~ 120	0.70 ~ 0.90	1.00 ~ 1.20	0.60 ~ 0.80	0.35 ~ 0.70	0.70 ~ 0.90	0.55 ~ 0.75	0.60 ~ 0.80	0.70 ~ 0.90
121 ~ 180	0.75 ~ 0.85	1.20 ~ 1.40	0.70 ~ 0.90	0.50 ~ 0.90	0.75 ~ 0.95	0.60 ~ 0.80	0.70 ~ 0.90	0.75 ~ 0.95
181 ~ 260	0.80 ~ 1.00	1.40 ~ 1.60	0.80 ~ 1.00	0.60 ~ 1.00	0.80 ~ 1.00	0.65 ~ 0.85	0.80 ~ 1.00	0.80 ~ 1.00

注：如果内径/壁厚≥5 或者长度/外径≥2，选表中的上限值。

5. 锻造设备的选择

模具生产属于单件生产，模具锻件的锻造方式应该是自由锻，使用的锻造设备为空气锤或蒸汽锤。锻锤吨位的选择是否合理，直接影响锻件质量、锻造生产率和锤杆的使用寿命。如果锻锤吨位过小，则锻造打击能量不足，会造成锻打不透，锻件仅仅在表层发生一定的变形，而锻件心部的质量得不到改善，甚至发生恶化；如果锻锤吨位选择过大，则打击过重，容易出现断裂现象。因此为了获得优良的锻件，应该选取能量适当的锻锤，以充分的变形进行多向反复的锻打，控制锻件的质量。对于高合金模具钢应该进行反复的锻粗和拔长，以充分发挥模具材料的性能，从而为得到高质量和高寿命的模具打好基础。

对于高合金模具钢锻件，锻锤的吨位可以按表 1-26 进行选取。如果锻造低合金钢，锻件的质量或尺寸可以按加一倍选取。

表 1-26 锻造高合金钢时锻锤的吨位

锻锤吨位/kg	锻 造 范 围	
	反复锻拔时坯料的质量/kg	拔长的坯料的直径或边宽/mm
150	≤1	≤35
250	≤1.5	≤40
300	1 ~ 3	20 ~ 50
400	2 ~ 5	35 ~ 70
500	3 ~ 7	50 ~ 85
750	5 ~ 15	70 ~ 120
1 000	10 ~ 25	85 ~ 150

6. 锻造方式

锻件的锻造方式主要有轴向锻拔、横向锻拔和多向锻拔三种。

(1) 轴向锻拔 轴向锻拔又称纵向锻拔、单向锻拔或不变锻拔,它是沿着钢材的轴向,进行不变换方向的往复锻粗和拔长。轴向锻拔过程如图 1-37 所示。

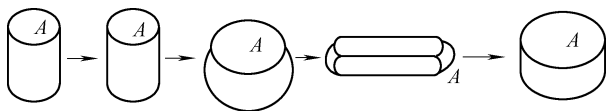


图 1-37 轴向锻拔示意图

为了便于拔长和减少锻粗过程中侧面开裂的现象,合金钢锻件广泛采用方柱锻粗,即先将棒料锻为四角为圆弧状的方柱体,再进行锻粗。如果要求锻件材料的纤维横向分布,轴向锻拔适用于工作表面沿圆周分布的模具零件,如圆盘剪刀和滚丝轮类的零件。

(2) 横向锻拔 横向锻拔又称径向锻拔,它是将钢材轴向锻拔之后,转 90° 沿垂直于纤维方向的多次锻拔,最终在锻粗或者拔长状态下进行整形。横向锻拔过程如图 1-38 所示。

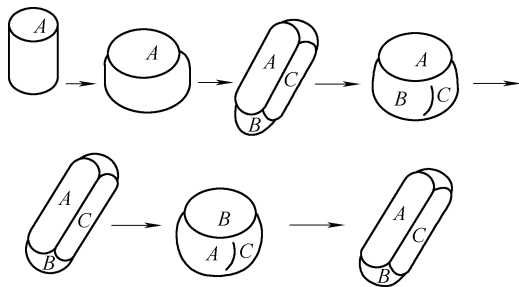


图 1-38 横向锻拔示意图

横向锻拔法的优点是:拔长时端面开裂倾向小,钢材最致密、塑性最好的表面始终处于拔长时的端面;由于钢材表层转移到锻坯的端面,纤维呈横向分布,锻件端面组织致密;锻件心部组织改善的效果好;锻件操作方便,有利于采用大锻粗比。横向锻拔法的主要缺点是:原钢材心部的纤维流向为横向,纤维外圆组织不均匀;纤维方向不易控制。它主要适用于工作型腔及刃口在端面及中心处的凸模、冷锻模、冷挤压模。不适用于工作部位在外圆周的及要求淬火微变形的精密模具。

(3) 多向锻拔 它综合了轴向锻拔和横向锻拔的特点,对原始材料从三个方向轮番进行反复锻拔。常见的多向锻拔过程如图 1-39 所示。

多向锻拔法是获得优质锻件坯料的一种常用锻造方法。它的特点是锻造变形均匀,容易锻透,组织全面改善,碳化物细碎。

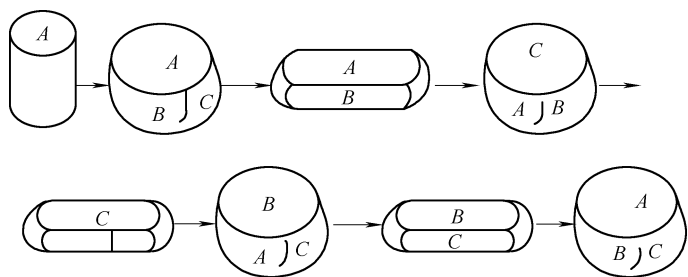


图 1-39 多向镦拔示意图

例 1-1 某模具零件的材料为 Cr12MoV，锻件尺寸为 $\phi 60\text{mm} \times 100\text{mm}$ 。下料尺寸：经计算最终确定备料尺寸为 $\phi 80\text{mm} \times 60\text{mm}$ 。设备：由《锻造设备手册》最终选定锻造设备为 750kg 锻锤。技术要求：在距离端面 30mm 处检查碳化物分布的不均匀度。锻造操作：采用轴向镦拔法，每次镦粗均由高 130mm 镦成高 40mm，每次镦粗比 $Y = 130/40 = 3.25$ 。检查：锻造质量见表 1-27。

表 1-27 不同镦拔次数的质量

镦拔次数	Y	碳化物不均匀度
2	6.5	5 级
4	13	3 级
8	26	1 级

例 1-2 某模具零件的外形尺寸为 $30\text{mm} \times 140\text{mm} \times 220\text{mm}$ ，材料为 Cr12MoV。锻件：尺寸为 $36\text{mm} \times 145\text{mm} \times 225\text{mm}$ ，质量为 9kg。技术要求：材料纤维方向垂直于模面，表面碳化物不均匀度 ≤ 3 级，中心碳化物不均匀度 ≤ 4 级。备料尺寸：查相关表格最终确定备料尺寸为 $\phi 85\text{mm} \times 210\text{mm}$ 。锻造方法：查相关表格知初锻温度为 $1\,050 \sim 1\,100^\circ\text{C}$ ，终锻温度为 $850 \sim 900^\circ\text{C}$ ，采用多向镦拔方法，5 次加热，8 次镦拔。锻造设备：查相关表格最终选定锻造设备为 1t 锻锤。

将三向循环 8 次镦拔成形的锻件和横向 1 次镦粗直接成形的锻件的质量进行比较，结果见表 1-28。

表 1-28 不同锻造方式的质量结果

零件外形尺寸 /mm × mm × mm	检查尺寸/mm	锻造方式	碳化物不均匀度	淬火变形量/mm		变形的各 向差异率
				ΔA	ΔB	
22 × 140 × 30	A = 63.8	横向 1 次镦粗直接成形	5 ~ 6 级	-0.05	+0.05	约 0.18%
	B = 51	三向循环 8 次镦拔成形	3 ~ 4 级	+0.02 -0.05	0 -0.05	约 0.03%

注：表中 A、B 的含义如图 1-37、图 1-38 和图 1-39 所示。

7. 锻件的质量要求

影响锻件质量的主要因素有四个：原材料的质量状态和配料情况；锻锤吨位的选择是否合理；锻件坯料的加热、冷却温度以及每次锻造变形量等工艺参数是否正确；锻造方式的选择和锻造比的大小。对锻件的质量有如下要求。

(1) 锻件的形状、尺寸要求 锻件的形式、尺寸应符合锻件图的要求，机械加工余量要符合规定的要求。

(2) 缺陷及脱碳层的深度 锻件表面的裂纹、折叠等缺陷及脱碳层的深度应控制在机械加工余量的 $1/3$ 以下。

(3) 碳化物不均匀等级 对于过共析碳素工具钢及合金工具钢，残留网状碳化物、带状碳化物及碳化物偏析三项均不应超过 2 级，形状简单、受力不大的模具零件不应超过 3 级。高碳高铬工具钢模具锻件的共晶碳化物不均匀度可以控制在 4 级左右；当共晶碳化物不均匀度 ≥ 5 级时，零件的工艺性及使用性能将急剧恶化。对于重载模具零件的锻件，共晶碳化物不均匀度应该 < 3 级。小规格的模具零件可以采用直径 $\leq 40\text{mm}$ 的圆棒料改锻，共晶碳化物不均匀度可以控制在 ≤ 2 级。

(4) 纤维方向的合理分布及钢材表面层的正确配置 圆棒料的表面组织比较致密，越向中心组织越差，圆棒锯切下料后两端面相当于心部组织，其力学性能差。因此，应将圆棒料的表面层配置在工作面上。锻造时，避免圆棒料的端面置于工作型腔处。对于型腔尺寸要求严格、淬火后不再加工的精密模具零件，锻件的纤维方向应平行于型腔的短轴（图 1-40a）或纤维方向垂直于型腔端面呈条状放射分布（图 1-40b）。最佳的纤维方向为无定向分布（图 1-40c 和图 1-40d），在这种情况下，不仅各方向的淬火变形量接近一致，便于控制，而且力学性能和耐磨性均能达到较高的水平。

对于重载模具或淬火后再进行尺寸加工的模具，其纤维方向应与最大拉应力方向平行或者保证纤维在型腔部位不间断。

(5) 锻件硬度及金相组织 锻件在锻造之后应及时进行球化退火等预处理，以消除锻件内残留的片状碳化物，形成有利于强韧性和冷、热加工工艺的球化体组织。常用模具钢材料球化退火硬度及金相组织要求见表 1-29。一般锻件在退火后，磨去脱碳层，检查硬度，精密，复杂和重载的模具要检查金相组织。

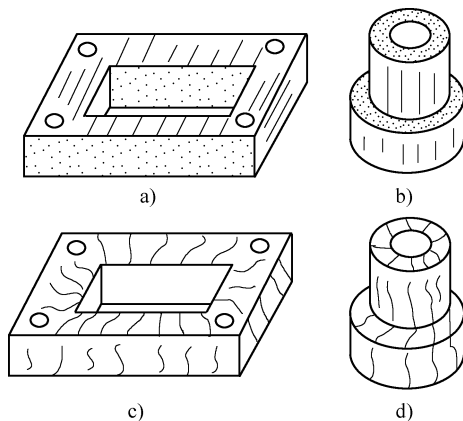


图 1-40 模具零件材料纤维方向分布图

表 1-29 常用模具钢材料球化退火硬度及金相组织要求

牌 号	球化退火 硬度 (HBW)	金 相 组 织	加热温度及保温时间	等温温度及持续时间
T7、T8、 T10、T12、 9Mn2V	163 ~ 187 170 ~ 207 ≤229	珠光体 1 ~ 5 级 珠光体 2 ~ 4 级, 网状碳化物 < 2 级 珠光体 2 ~ 5 级, 网状碳化物 < 2 级	750 ~ 770℃ 1 ~ 2h	680 ~ 700℃ 2 ~ 3h
Cr12 Cr12MoV W18Cr4V 5CrMnSiMoV Cr6WV	≤255 ≤241 ≤241 ≤241 ≤241	共晶碳化物不均匀度 ≤3 级	850 ~ 870℃ 3 ~ 4h	740 ~ 760℃ 4 ~ 5h
9SiCr CrWMn 9CrWMn MnCrWV	≤229 ≤241 ≤229 ≤229	珠光体 2 ~ 5 级, 网状碳化物 ≤2 级	790 ~ 810℃ 2 ~ 3h	700 ~ 720℃ 3 ~ 4h

8. 铸件毛坯

在模具零件中常见的铸件有冲模的上、下模座, 大型塑料模的框架等, 材料为灰铸铁 HT200 和 HT250; 精密冲裁模的上、下模座, 材料为铸钢 ZG270-500; 大、中型冲模的工作铸件零件, 材料为球墨铸铁和合金铸铁; 另外吹塑模具和注射模具中的铸造铝合金, 如铝硅合金 ZL102 等。

对于铸件的要求主要有:

- 1) 铸件的化学成分和力学性能应符合图样规定的材料牌号标准。
- 2) 铸件的形状和尺寸应符合铸件图的规定。
- 3) 铸件的表面应进行清砂处理; 去除结疤、飞边和毛刺, 其残留高度应小于 1 ~ 3mm。

4) 铸件内部, 特别是靠近工作面处不得有气孔、砂眼、裂纹等缺陷; 非工作面不得有严重的疏松和较大的缩孔。

5) 铸件应及时进行热处理, 铸钢件依据牌号确定热处理工艺, 一般以完全退火为主, 退火后硬度不大于 229HBW; 铸件应进行时效处理, 以消除内应力和改善加工性能, 铸铁件热处理后的硬度不大于 269HBW。

9. 半成品件

随着模具专业化和专门化的发展以及模具标准化水平的提高, 以商品形式出现的冲模模架、矩形凹模板、矩形模板、矩形垫板等零件 (GB/T 2851—2008, GB/T 2852—2008, JB/T 7643. 1 ~ 7643. 6—2008, JB/T 7644. 1 ~ 7644. 8—2008), 以及塑料注射模标准模架的应用日益广泛。采购这些半成品件后, 再进行成形表面和相关部位的加工, 对于降低模具成本和缩短模具制造周期都是大有好处的。这种毛坯形式应该成为模具零件毛坯发展的主导方向。

任务 1.5 模具装配基础

【学习目的与要求】

- 了解模具装配的特点及模具装配精度要求。
- 掌握模具装配尺寸链的分析与计算。
- 熟悉模具零件的固定方法。

【学习重点】

- 掌握模具装配尺寸链的分析与计算。

【学习难点】

- 模具装配尺寸链的分析与计算。

模具装配是模具制造过程中的关键工作，装配质量的好坏直接影响到制件的质量、模具本身的工作状态和使用寿命。模具的装配与其他机械产品的装配一样，是保证使用性能的关键，但模具的装配需要较多的调整，才能保证模具正常工作。

按照一定的精度标准和技术要求，将若干个零件组成部件或将若干个零件、部件组合成机构或机器的工艺过程，称为装配。装配的组织形式分为固定装配和移动装配，固定装配又分为分散装配和集中装配。将模具装配的全部工作适当分散为各种部件的装配和总装配，由一组工人在固定地点合作完成模具的装配工作，此种装配组织形式称为分散装配。从零件装配成部件或产品的全过程均在固定的工作地点，由一组（或一个）工人来完成，这种方法称为集中装配。其缺点在于对工人的技术水平要求较高，装配周期长，但装配的产品精度较高，可用于小批量生产的产品装配。

模具装配是装配的一种，且有其固有的特点，它一般属于单件小批量生产，装配精度要求高且需要的装配调整时间较多。因此模具装配适合采用集中装配的模式。模具装配可分为组件装配、部件装配和总装配等。模具装配的工作主要包括两个方面：一是将加工好的模具零件按图样要求进行组件装配、部件装配乃至总装配；二是在装配过程中进行一部分补充加工，如配作、配修等。

1.5.1 装配尺寸链的基本概念

装配的精度要求与影响装配精度的尺寸，按一定顺序首尾相接构成的封闭尺寸组合，称为装配尺寸链，如图 1-41 所示。

要保证的装配精度（ A_s ）称为尺寸链的封闭环，影响封闭环的尺寸 A_1 、 A_2 称为尺寸链的组成环。其中使封闭环随组成环的增大（或减少）而增大（或减小）的组成环称为增环，反之称为减环。

装配尺寸链具有封闭性和相关性，所谓封闭性是指组成尺寸链的各个尺寸按一

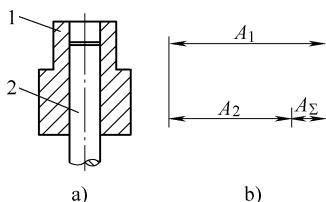


图 1-41 导柱与导套装配及装配尺寸链

a) 装配示意图 b) 装配尺寸链

1—导套 2—导柱 A_1 —导套的内径 A_2 —导柱的外径 A_Σ —装配间隙

定顺序构成一个封闭系统，相关性是指其中一个尺寸的变动将引起其他尺寸的变动。

利用装配尺寸链，可以根据装配的精度要求确定零件的制造精度或验算零件的制造精度能否满足装配的精度要求，合理选择装配方法能在一定的生产条件下经济合理地达到装配精度要求。

1.5.2 装配尺寸链的极值解法

所谓装配尺寸链的极值解法是在进行尺寸链计算时，将组成尺寸链的所有尺寸都取极限尺寸进行计算的方法。计算极限尺寸的公式如下：

$$A_{\Sigma \max} = \sum_{i=1}^m \vec{A}_{i \max} - \sum_{i=m+1}^{n-1} \overleftarrow{A}_{i \min}$$

$$A_{\Sigma \min} = \sum_{i=1}^m \vec{A}_{i \min} - \sum_{i=m+1}^{n-1} \overleftarrow{A}_{i \max}$$

式中 $A_{\Sigma \max}$ 、 $A_{\Sigma \min}$ ——封闭环的最大、最小尺寸；

$\vec{A}_{i \max}$ 、 $\vec{A}_{i \min}$ ——增环的最大、最小尺寸；

$\overleftarrow{A}_{i \max}$ 、 $\overleftarrow{A}_{i \min}$ ——减环的最大、最小尺寸；

m ——尺寸链的增环数；

n ——尺寸链的总环数。

用极值法解图 1-41 所示的装配尺寸链，已知 $\vec{A}_{\max} = A_1 = \phi 40^{+0.025}_0$ ， $\overleftarrow{A}_{\min} = A_2 = \phi 40^{0}_{-0.016}$ ，求封闭环的最大尺寸和最小尺寸：

最大尺寸 $A_{\Sigma \max} = 40\text{mm} + 0.025\text{mm} - (40\text{mm} - 0.016\text{mm}) = 0.041\text{mm}$

最小尺寸 $A_{\Sigma \min} = 40\text{mm} - 40\text{mm} = 0$

所以导柱、导套的配合间隙为 $0 \sim 0.041\text{mm}$ 。从计算结果可以看出，装配精度直接取决于相互配合零件的制造精度。

1.5.3 模具装配的方法

产品的装配方法是根据产品的产量和装配精度要求等因素来确定的，一般情况

下,产品的装配精度要求高,则零件的精度要求也高。但是根据生产的实际情况采用合理的装配方法,也可以用精度较低的零件来达到较高的装配精度。

常用的装配方法有以下几种。

1. 互换装配法

按照模具装配零件所能达到的互换程度,互换装配法又可分为完全互换法和不完全互换法。

(1) 完全互换法 从尺寸链各环的上极限尺寸与下极限尺寸出发进行尺寸链计算,不考虑各环实际尺寸的分布情况。按此法计算出来的尺寸加工各组成环,装配时各组成环不需要挑选或辅助加工,装配后即能满足封闭环的公差要求,即可实现完全互换。完全互换法是尺寸链计算中最基本的方法。

完全互换法的优点是装配质量稳定可靠,装配工作简单,易于实现装配工作的机械化及自动化,便于组织流水线作业和零部件的协作与专业化生产。但是当模具制造精度要求较高时,特别是尺寸链环数又较多时,各组成环所分得的制造公差就很小,即零件加工精度的要求变高,这给加工带来极大的困难,将会造成无法加工或加工成本大大提高。所以完全互换法仅适合于组成环数量少、装配精度不高的模具标准部件的大批量生产。

(2) 不完全互换法 不完全互换法是以保证大数互换为出发点的。生产实践和大量统计资料表明,在大量生产且工艺过程稳定的情况下,各组成环的实际尺寸趋近公差带中间的概率大,出现在极限值的概率小,仅为 0.27%,增环与减环以相反的极限值形成封闭环的概率就更小。所以,用完全互换法解尺寸链,虽然能实现完全互换,但往往是不经济的。

采用不完全互换法,不是在全部分产品中,而是在绝大多数模具中,装配时不需要挑选或修配,就能满足封闭环的公差要求,即保证大数互换。按大数互换法,在相同的封闭环公差条件下,可使组成环的公差扩大,从而获得良好的技术经济效益,也比较科学合理。在大批量生产中,当装配精度要求较高、组成环又比较多时,为了使零件加工不至于过分困难,宜采用不完全互换法进行装配。

2. 非互换装配法

由于模具装配的技术要求一般都很高,其装配尺寸链又较多,因此整副模具装配通常选择非互换装配法。

非互换装配法主要包括以下几种方法。

(1) 修配装配法 修配装配法是指各相关模具零件按现有工艺条件下经济可行的精度进行制造,而组装时,则根据实际需要,将指定零件的预留修配量修去,使之达到装配精度的方法。

图 1-42 所示为用于大型注射模具的浇口套组件的修配装配示意图。浇口套装入定模板后要求上面高出定模板 0.02mm,以便定位圈将其压紧。下表面则与定模

板平齐。为了保证零件加工和装配的经济可行性,上表面高出定模板平面的 0.02mm 由加工精度保证,下表面则选择浇口套为修配零件,预留高出定模板平面的修配余量 h ,将浇口套压入定模板配合孔后,在平面磨床上将浇口套下表面和定模板平面一起磨平,使之达到装配要求。

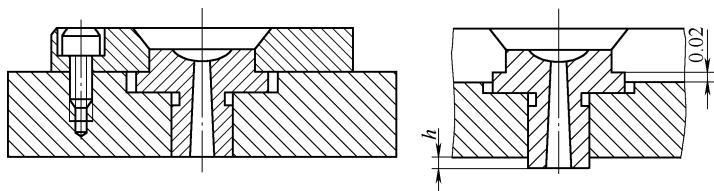


图 1-42 浇口套组件的修配装配示意图

修配装配法的主要优点是能在较大程度上放宽零件的制造公差,使其加工容易,而最终又能达到很高的装配精度要求。这对装配精度要求很高的多环尺寸链的模具装配特别有利,但必须在装配时增加一道修配工序。

(2) 调整装配法 按经济加工精度制造各相关模具零件,在装配时通过改变一个零件的位置或选定适当尺寸的调节件加入到尺寸链中进行补偿,以达到规定装配精度要求的方法称为调整装配法。

调整装配法分为可动调整装配法与固定调整装配法两种。

1) 可动调整装配法是指用移动、旋转等运动改变所选定的调节件的位置,来达到装配精度的方法。图 1-43 所示的可动调整装配法选用螺钉作为调节件,调整塑料注射模自动脱螺纹装置的滚动轴承的间隙。转动调整螺钉,可使轴承外环作轴向移动,使轴承外环、滚珠及内环之间保持适当的配合间隙。此法不用拆卸零件,操作方便。

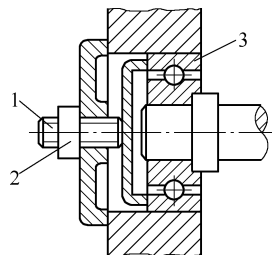


图 1-43 可动调整装配法

1—调整螺钉 2—锁紧螺母
3—滚动轴承

2) 固定调整装配法是指按一定的尺寸等级制造一套专用零件(如垫圈、垫片或轴套等),装配时选择某一尺寸等级的合适的调节件加入到装配结构中,从而达到装配精度的方法。图 1-44 所示为塑料注射模滑块型芯水平位置的固定调整装配法示意图。根据预装配时得到的间隙测量结果,从不同厚度的调整垫片中,选择一个适当厚度的调整垫片进行装配,从而达到所要求的型芯位置。

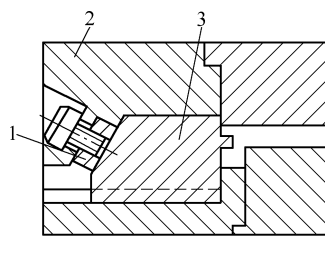


图 1-44 固定调整装配法

1—调整垫片 2—楔紧块 3—滑块型芯

(3) 分组装配法 分组装配法就是除整体的装配可采用互换或非互换的装配之外,还可

以将整体分成多个局部，对局部相关零件的配合也采用互换或非互换的装配，但是每组配合的尺寸公差要相等，以保证分组后装配对整体精度不产生影响。分组装配法常用在成批或大量的生产中，并且分组后零件的装配常采用互换装配的方法。

不同装配方法的优缺点比较见表 1-30。

表 1-30 不同装配方法的优缺点比较

序号	装配方法		工艺措施	被装件的精度	互换性	对装配技术水平的要求	装配组织工作	生产效率	生产类型	对环数的要求	装配精度
1	互换装配法	完全	按完全互换法确定零件公差	较高或一般	完全互换	低	—	高	各种类型	少	较高
2		不完全	利用概率论原理确定零件公差	较低	多数互换	高	—	高	大批大量	少	低
3	非互换装配法	分组装配法	零件测量分组	按经济精度	组内互换	较高	复杂	较高	大批大量	少	高
4		修配装配法	修配一个零件	被装件的精度	无	高	—	低	单件成批	—	高
5		调整装配法	可动 调整一个零件尺寸 固定 增加一个零件尺寸	按经济精度	无	高	— 较复杂	较低 较高	各种类型 大批大量	—	高

1.5.4 模具装配工艺过程

模具装配的工艺过程一般由四个阶段组成，即准备、组件装配、总装配、检验调试，其方法见表 1-31。

表 1-31 模具装配工艺过程

工 艺 过 程		工 艺 说 明
准备阶段	研究装配图	装配图是进行装配工作的主要依据，通过对装配图的分析研究，了解要装配模具的结构特点和主要技术要求，各零件的安装部位、功能要求和加工工艺过程，与有关零件的连接方式和配合性质，从而确定合理的装配基准、装配方法和装配顺序
	清理检查零件	根据总装配图零件明细表，清点和清洗零件，检查主要零件的尺寸和形位精度，查明各部分配合面的间隙、加工余量以及有无变形和裂纹等缺陷
	布置工作场地	准备好装配时所需的工具、夹具、量具及材料和辅助设备，清理好工作台

(续)

工 艺 过 程	工 艺 说 明
组件装配阶段	① 按照各零件所具有的功能进行组件组装，如模架的组装，凸模和凹模（或型芯和型腔）与固定板的组装，卸料和推件机构的组装等 ② 组装后的组件必须符合装配技术要求
总装配阶段	① 选择好装配的基准件，安排好上模、下模（定模、动模）的装配顺序 ② 将零件及组装后的组件，按装配顺序组装结合在一起，成为一副完整的模具 ③ 模具装配完后，必须保证装配精度满足规定的各项技术要求
检验调试阶段	① 按照模具验收技术条件，检验模具各部分的功能 ② 在实际生产条件下进行试模，调整、修正模具，直到生产出合格的制件

项目 2 模具辅助零件的加工

模架大都为标准件，可直接购得，但一些特殊的冲模零件、塑料模零件则需要自制模架。模架的主要作用是把模具的其他零件连接起来，并保证模具的工作部分在工作时具有正确的相对位置。

任务 2.1 冲模模架的加工

【学习目的与要求】

- 了解导柱、导套、上模座和下模座在模具中的作用。
- 综合分析冲模辅助零件的加工方法和制造过程。
- 掌握冲模辅助零件的工艺分析及工艺规程的编制方法。

【学习重点】

- 综合分析冲模辅助零件的加工方法和制造过程。
- 掌握冲模辅助零件的工艺分析及工艺规程的编制方法。

【学习难点】

- 冲模辅助零件的加工方法和制造过程。
- 冲模辅助零件的工艺分析及工艺规程的编制。

机械产品中，众多零件为平板状，例如冲模的上模座和下模座、凸模固定板、凹模固定板、卸料板、推件板等。该类零件一般为六面体或近似六面体。功能往往是支承、固定、连接，或作为模具型腔，图 2-1 所示为常见的滑动导向冲模模架。

尽管这些模架的结构各不相同，但它们的主要组成零件上模座和下模座都是平板状零件，在工艺上主要是进行平面及孔系的加工。模架中的导柱和导套是机械加工中常见的轴类和套类零件，在工艺上主要是进行内、外圆柱表面的加工。本任务仅以后侧导柱模架为例，介绍冲模模架组成零件的加工工艺。

一般受力不大的固定板选用 Q235A 钢。动模板、定模板、动模座、定模座选用 45 钢，调质后硬度可达到 230 ~ 270HBW。垫板、支承板选用 45 钢，淬火后硬度可达到 43 ~ 48HRC。当要求耐磨性高时可选用 T8A 和 T10A 钢，硬度可达到 54 ~ 58HRC。模座可采用 HT200 灰铸铁，也可采用 45 钢或 Q235A 钢制造，有时也选用 ZG 270-500、ZG 200-400 等。

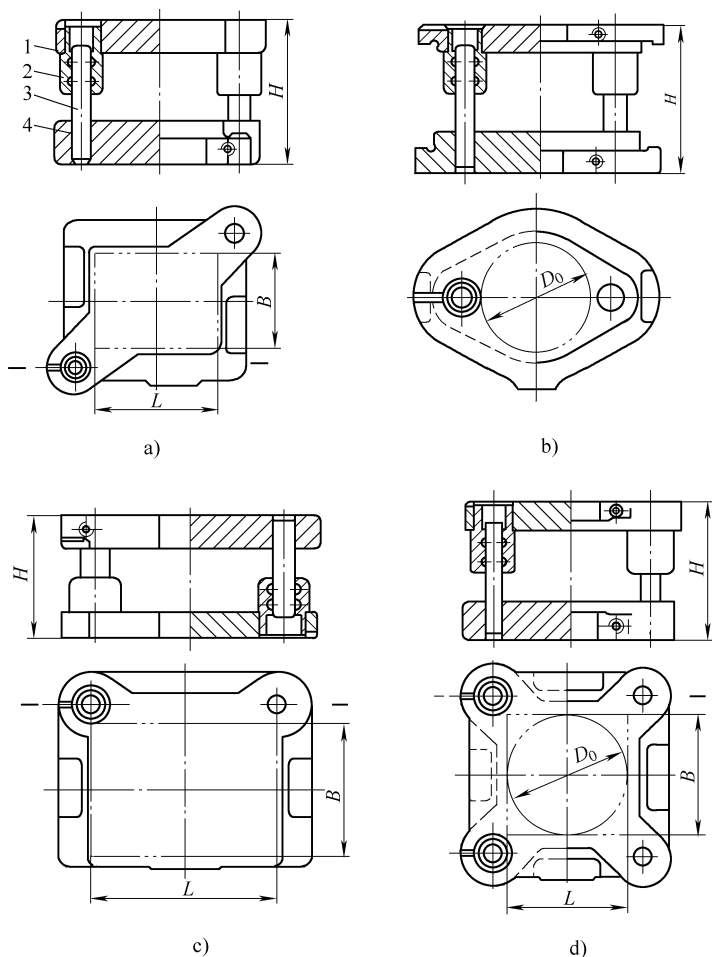


图 2-1 滑动导向冲模模架

a) 对角导柱模架 b) 中间导柱模架 c) 后侧导柱模架 d) 四导柱模架

1—上模座 2—导套 3—导柱 4—下模座

2.1.1 导柱和导套的加工

根据图 2-2 所示的冲模标准导柱和导套,合理选用机床设备,编写出导柱和导套的加工工艺路线,保证各尺寸、几何公差等符合图样的要求。

1. 工艺分析

导柱和导套这两种零件在模具中起导向作用,以保证凸、凹模在工作时具有正确的相对位置。为了保证导向良好,导柱和导套装配后应保证模架的活动部分移动平稳,无阻滞现象。所以,在加工中除了保证导柱和导套配合表面的尺寸和形状精度外,还应保证导柱和导套各自配合面之间的同轴度要求。

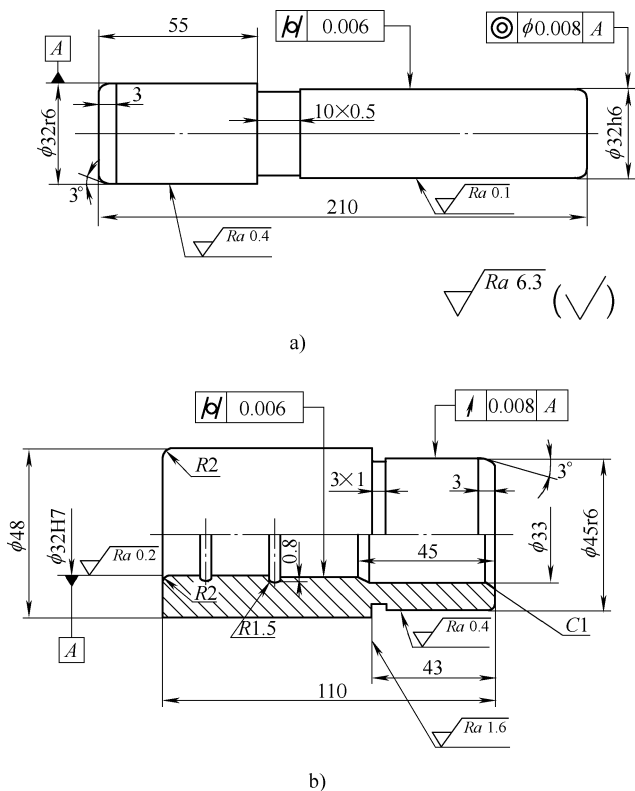


图 2-2 冲模标准导柱和导套

a) 导柱 b) 导套

2. 毛坯选择

构成导柱和导套的基本表面都是回转体表面，按照图 2-2 所示的结构尺寸和设计要求，可以直接选用适当尺寸的热轧圆钢制作毛坯。常用材料为 20 热轧圆钢（还有 T8A 及 T10A 钢等，用热处理淬火即可达到规定的硬度要求）。

3. 知识讲解

在各种机械中，具有外圆表面的零件占有很大的比例，例如轴类、套筒类、圆盘类等零件。外圆表面的技术要求包括：尺寸与形状精度（直径与长度的尺寸精度，圆度和圆柱度等形状精度）；位置精度（与其他外圆面或孔的同轴度、与端面的垂直度等）；表面质量（表面粗糙度、表面硬度、残余应力等）。

外圆表面的加工方案主要有以下三种，供选用时参考。

方案一：粗车→半精车→磨。

方案二：粗车→半精车→粗磨→精磨→研磨或超级光磨。

方案三：粗车→半精车→精车→精细车→研磨。

一般最终工序采用车削的加工方案,适用于各种金属(淬火钢除外)。

最终工序采用磨削的加工方案,适用于淬火钢、未淬火钢和铸铁,但不宜加工强度低、韧性大的非铁金属。磨削前的车削精度无需很高,较短的大型工件,可选用立式车床;单件生产,应选用卧式车床;成批生产时,一般选用回轮车床和转塔车床加工套类及盘类零件,轴类零件则选用仿形车床及多刀车床;大量生产选用车床加工。

(1) 车削加工 车床的加工范围很广,适应性很强。在车床上可以钻中心孔、车外圆、车端面、车槽、切断工件、钻孔、扩孔、铰孔、镗孔、车锥体、车螺纹及车特形面等。

1) 车外圆(图2-3a)是车床上最基本的加工方法。工件夹持在卡盘或其他夹具上,对于较长的工件,为提高切削的平稳性,还要采用安装在尾座上的活顶尖顶紧另一端。工件由车床主轴带动旋转,车刀由刀架带动作纵向移动。用这种方法可以加工光轴、阶梯轴、套类及圆盘类零件等的外圆柱面。

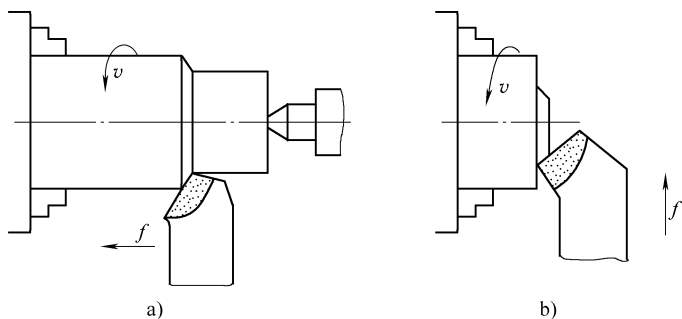


图2-3 车外圆和车端面

a) 车外圆 b) 车端面

2) 车端面(图2-3b)时,工件作旋转运动,车刀作横向移动。用这种方法可以加工轴、套、盘类零件的端面。

3) 车环槽和切断(图2-4)时,工件作旋转运动,切断刀作横向移动。车环

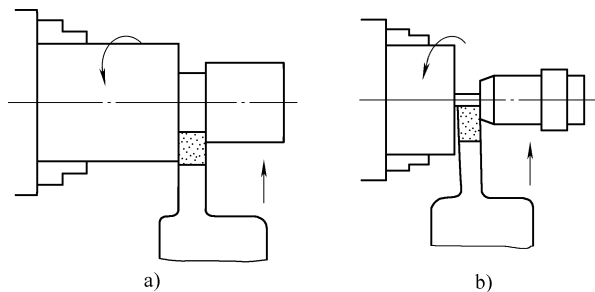


图2-4 车环槽和切断

a) 车环槽 b) 切断

槽时，刀具切至工件槽深为止；切断时，刀具切至工件断开为止。

4) 钻孔、扩孔和铰孔（图 2-5）时，工件作旋转运动，通过安装在尾座套筒中的钻头、扩孔钻和铰刀的纵向移动来完成钻、扩、铰的加工。

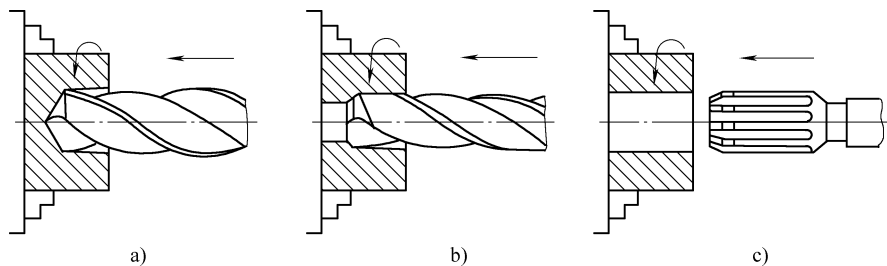


图 2-5 钻孔、扩孔和铰孔

a) 钻孔 b) 扩孔 c) 铰孔

5) 镗孔（图 2-6）时，工件作旋转运动，夹持在刀架上的镗孔刀作纵向移动，从而完成对工件内孔的镗削加工。

6) 车锥体的方法有几种，这里仅介绍两种。

① 采用宽刃刀（图 2-7a）车锥体时，将宽刃车刀的刀刃搬至所需要的角度，工件作旋转运动，车刀作纵向或横向移动，即可车出锥体。这种方法只能车锥度要求不高的短锥面。

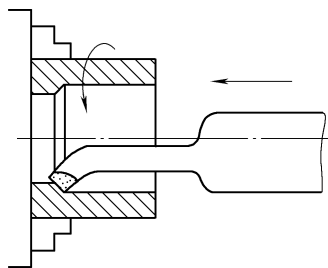


图 2-6 镗孔

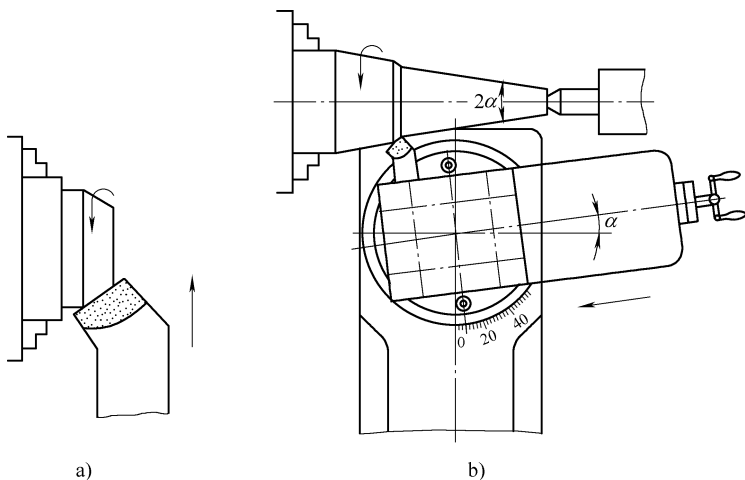


图 2-7 车锥体

a) 车短锥 b) 转动小滑板车锥体

② 转动小滑板车锥体（图 2-7b）时，搬动刀架小滑板使其转角等于工件圆锥斜角。工件作旋转运动，转动小滑板手柄进行手动进给，就可以车出所需要的锥体。

7) 车螺纹（图 2-8）时，螺纹车刀的刃口形状决定了螺纹截面的形状，采用某种形状的螺纹车刀，就能相应地车出这种截面形状的螺纹。车螺纹时，必须严格保证车床主轴每转一周，刀架移动一个导程。

8) 车特形面时，对要求不高的特形面，可以同时转动中、小滑板手柄，通过纵、横进给运动的配合来加工出所需要的特形面。

对于精度和形状要求较高的特形面，应采用成形车刀（将刀刃磨成与特形面截面形状相符的形状）。工件作旋转运动，成形车刀作横向移动（图 2-9），就可以车出特形面。

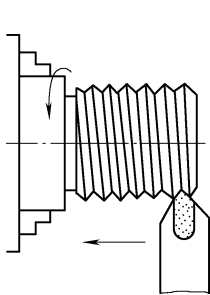


图 2-8 车螺纹

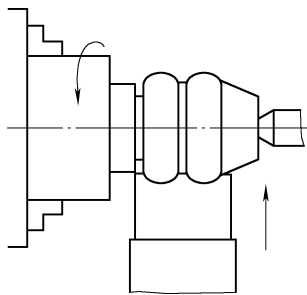


图 2-9 用成形车刀车特形面

车床的种类很多，其中卧式车床的通用性好，应用最为广泛。在模具制造中卧式车床主要用于加工凸模、凹模、导柱、导套、顶杆、型芯和模柄等零件。

工件的加工通常经过粗车、半精车和精车等工序而达到要求。根据模具零件的精度要求，车削一般是外旋转表面加工的中间工序，或作为最终工序。

车削加工是圆柱形零件的常用加工方法。车削加工一般可分为四种：粗车、半精车、精车和精细车。

粗车：主要用于零件的粗加工，作用是去除工件上的大部分加工余量和表层硬皮，为后续加工做准备。加工余量为 $1.5 \sim 2\text{mm}$ ，加工后的尺寸精度可达 IT11 ~ IT13，表面粗糙度 Ra 值可达 $12.5 \sim 50\mu\text{m}$ 。

半精车：在粗车的基础上对零件进行半精加工，进一步减少加工余量，降低表面粗糙度，加工余量为 $0.8 \sim 1.5\text{mm}$ ，加工尺寸精度可达 IT8 ~ IT10，表面粗糙度 Ra 值可达 $3.2 \sim 6.3\mu\text{m}$ ，一般可用作中等精度要求零件的终加工工序。

精车：在半精车的基础上对零件进行精加工，加工余量为 $0.5 \sim 0.8\text{mm}$ ，加工后的尺寸精度可达 IT7 ~ IT8，表面粗糙度 Ra 值可达 $1.6 \sim 3.2\mu\text{m}$ 。

精细车：主要用于非铁金属的精加工。加工余量小于 0.3mm ，加工后的尺寸精度可达 IT6 ~ IT7，表面粗糙度 Ra 值可达 $0.32 \sim 1.25\mu\text{m}$ 。

(2) 磨削加工 磨削加工是用高速回转的砂轮或其他磨具以给定的背吃刀量(或称切深),对工件进行加工的方法。根据工件被加工表面的形状和砂轮与工件之间的相对运动,磨削分为外圆磨削、内圆磨削、平面磨削和无心磨削等几种主要加工类型。此外,还有对凸轮、螺纹、齿轮等零件进行磨削加工的专用磨床。

磨削加工与其他切削加工相比,有以下特点:能加工硬度很高的材料,如淬硬钢、硬质合金、玻璃、陶瓷等;能获得很高的加工精度和很小的表面粗糙度。

组成砂轮的砂粒几何形状不规则,多数砂粒呈负前角,且磨削速度高,工件材料硬,因此磨削过程中产生大量的切削热,使磨削温度升高。故磨削需要进行充分的冷却润滑,以提高加工表面的质量和生产效率。

磨削加工一般是粗加工或半精加工后的最后一道工序,故磨削加工往往在很大程度上影响着机械产品的质量。

1) 为了达到模具的尺寸精度和表面粗糙度等要求,有许多模具零件必须经过外圆磨削加工。

外圆磨床主要用于各种零件的外圆加工,如圆形凸模、导柱、导套和顶杆等零件的外圆磨削。其加工方式是以高速旋转的砂轮和低速旋转的工件进行磨削,工件相对于砂轮作纵向往复运动。外圆磨削的尺寸精度可达 IT5 ~ IT6,表面粗糙度值 Ra 为 $0.2 \sim 0.8 \mu\text{m}$,若采用高光洁磨削工艺,表面粗糙度 Ra 值可达 $0.025 \mu\text{m}$ 。磨削加工一般既可以用于零件的粗加工又可以用于零件的精加工,是外圆表面精加工的主要加工方法,特别适用于淬硬性材料的粗、精加工。

外圆磨削用砂轮的外圆周面来磨削工件的外回转表面,如图 2-10 所示。它不仅能加工圆柱面,还能加工圆锥面、端面(台阶部分)、球面和特殊形状的外表面等。这种磨削方式按照不同的进给方向又可分为纵磨法和横磨法两种形式。

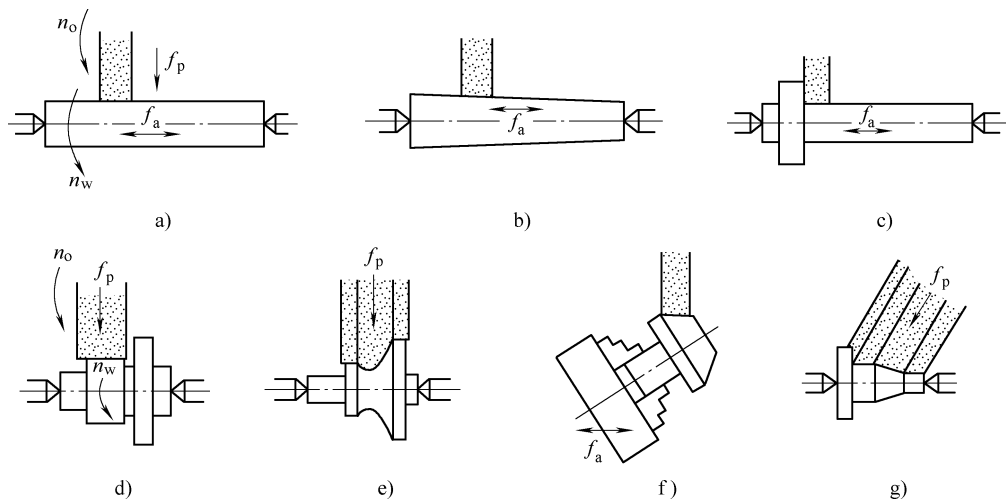


图 2-10 外圆磨削加工的各种方式

① 采用纵磨法磨削外圆时，砂轮的高速旋转为主运动。工件作圆周进给运动，同时随工作台沿工件轴向作纵向进给运动。每单次行程或每往复行程终了时，砂轮作周期性的横向进给，从而逐渐磨去工件径向的全部磨削余量。采用纵磨法时，每次的横向进给量小，磨削力小，散热条件好，并且能以光磨的次数来提高工件的磨削精度和表面质量，因而加工质量高，是目前生产中使用最广泛的一种磨削方法。

② 采用横磨法磨削外圆时，砂轮宽度比工件的磨削宽度大，工件不需要作纵向进给运动，砂轮以缓慢的速度连续或断续地沿工件径向作横向进给运动，直至达到工件尺寸要求为止。横磨法因砂轮宽度大，一次行程就可完成磨削加工过程，所以加工效率高，同时它也适用于成形磨削。然而，在磨削过程中砂轮与工件接触面积大。磨削力大，必须使用功率大、刚性好的磨床。此外，磨削热集中、磨削温度高，势必影响工件的表面质量，必须给予充分的切削液来降低磨削温度。

在外圆磨床上加工外圆、台阶端面和外圆锥面的磨削工艺要点见表 2-1。

表 2-1 磨削工艺要点

	工艺内容	工艺要点
砂轮	① 磨非淬硬钢，棕刚玉，F46 ~ F60，M ~ N ② 磨淬硬钢，>50HRC ③ 棕刚玉、白刚玉、单晶刚玉，F46 ~ F60，L ~ N	① 半精磨时 ($Ra = 0.8 \sim 1.6\mu\text{m}$)，建议采用粒度为 F36 ~ F46 的砂轮 ② 精磨时 ($Ra = 0.2 \sim 0.4\mu\text{m}$)，采用粒度为 F46 ~ F60 的砂轮
外圆磨削用量	① 砂轮圆周速度。陶瓷结合剂砂轮的磨削速度 $\leq 35\text{m/s}$ ，树脂结合剂砂轮的磨削速度 $> 50\text{m/s}$ ② 工件圆周速度。一般取 $13 \sim 20\text{m/min}$ ，淬硬钢 $\geq 26\text{m/min}$ ③ 磨削深度。粗磨时取 $0.02 \sim 0.05\text{mm}$ ，精磨时取 $0.005 \sim 0.015\text{mm}$ ④ 纵向进给量。粗磨时取砂轮宽度的 $0.5 \sim 0.8$ ，精磨时取砂轮宽度的 $0.2 \sim 0.3$	① 当被磨工件刚性差时，应将工件转速降低，以免产生振动，影响磨削质量 ② 当要求工件表面粗糙度值小和精度高时，精磨后，应在不进刀的情况下再光磨几次
工件装夹方法	① 前后顶尖装夹，具有装夹方便、加工精度高的特点，适用于装夹长径比大的工件 ② 用自定心卡盘或圆爪单动卡盘装夹，适用于装夹长径比小的工件，如凸模、顶块、型芯等 ③ 用卡盘和顶尖装夹较长的工作 ④ 用反顶尖装夹，磨削细长的小尺寸轴类工件，如小型芯、小凸模等 ⑤ 配用心轴装夹，磨削有内外圆同轴度要求的薄壁套类工件，如凹模镶件等	① 淬硬件的中心孔必须准确刮研，并使用硬质合金顶尖和适当的顶紧力 ② 用卡盘装夹的工件，一般采用工件夹头装夹，能在一次装夹中磨出各段台阶外圆，保证同轴度 ③ 由于模具制造的单件性，通常采用带工艺夹头的心轴，并按工件孔径配磨，一次性使用，心轴定位面锥度一般取 $1:7\,000 \sim 1:5\,000$

(续)

	工 艺 内 容	工 艺 要 点
一般 外圆 面磨削	① 纵向磨削法。工件与砂轮同向转动，工件相对砂轮作纵向运动。一次纵行程后，砂轮横向进给一次磨削深度。磨削深度小，切削力小，容易保证加工精度，适于磨削长而细的工件 ② 横向磨削法（切入法）。工件与砂轮同向转动，并作横向进给连续切除余量。磨削效率高，但磨削热大，容易烧伤工件，适于磨较短的外圆面和短台阶轴，如凸模、圆型芯等 ③ 阶段磨削法。是横磨法与纵向磨法的综合应用，先用横磨法去除大部分余量，留有 0.01 ~ 0.03mm 作为纵磨余量，适于磨削余量大、刚度高的工件	① 对于台阶轴如凸模的磨削，在精磨时要减小磨削深度，并多用光磨行程，这样有利于提高各段外圆面的同轴度 ② 磨台阶轴时，可先用横磨法沿台阶切入，留 0.03 ~ 0.04mm 余量，然后用纵磨法精磨
台阶 端面 磨削	① 磨削轴上带退刀槽的台阶端面时，先用纵磨法磨外圆面，再将工件靠向砂轮端面 ② 磨削轴上带圆角的台阶端面时，先用横磨法磨外圆面，并留小于 0.05mm 的余量，再纵向移动工件（工作台），磨削端面	① 为消除磨削痕迹，减小磨削表面粗糙度值和提高精度，应在终磨前对工件进行短距离手动纵向往复磨削 ② 在磨削大余量时，可提高磨削效率
外圆 锥面 磨削	① 转动工作台磨外圆锥面。受一般外圆磨床工作台的最大回转角的限制，只能磨削圆锥角小于 14°的圆锥面。装夹方便，加工质量好 ② 转动头架磨外圆锥面。将工件直接装在头架卡盘上，找正后磨削，适用于短而锥度大的工件 ③ 转动砂轮架磨外锥面。适合磨削长而锥度大的工件。磨削时工件用前后顶尖装夹，工件不作纵向运动，砂轮作横向连续进给运动。若圆锥母线大于砂轮宽度，则采用阶段磨削法	① 磨退刀槽台阶端面的砂轮，端面应修成内凹形带圆角的台阶端面，则修成圆弧形 ② 为保证台阶端面的磨削质量，在磨至无火花后，还需要光磨一段时间 ③ 磨外圆锥面时，通常采用内圆锥面为基准，配合磨外圆锥面的方法

2) 内圆磨削是指用砂轮磨削工件内孔的磨削方式。它可以在专用的内圆磨床上进行，也能够具备内圆磨头的万能外圆磨床上实现。内圆磨削可以分为普通内圆磨削、无心内圆磨削和砂轮作行星运动的磨削几种方式。

与外圆磨削相比，内圆磨削所用的砂轮和砂轮轴的直径都比较小。为了获得所要求的砂轮线速度，就必须提高砂轮主轴的转速，故容易发生振动，影响工件的表面质量。此外，由于内圆磨削时砂轮与工件的接触面积大，发热量集中，冷却条件差以及工件热变形大，特别是砂轮主轴刚性差，易弯曲变形，所以内圆磨削不如外圆磨削的加工精度高。在实际生产中，常采用减少横向进给量、增加光磨次数等措施来提高内孔的加工质量。

3) 平面磨削常见方式有四种，如图 2-11 所示。工件安装在具有电磁吸盘的矩形或圆形工作台上作纵向往复直线运动或圆周进给运动。由于砂轮宽度的限制，需要砂轮沿轴线方向作横向进给运动。为了逐步地切除全部余量，砂轮还需要周期性地沿垂直于工件被磨削表面的方向进给。

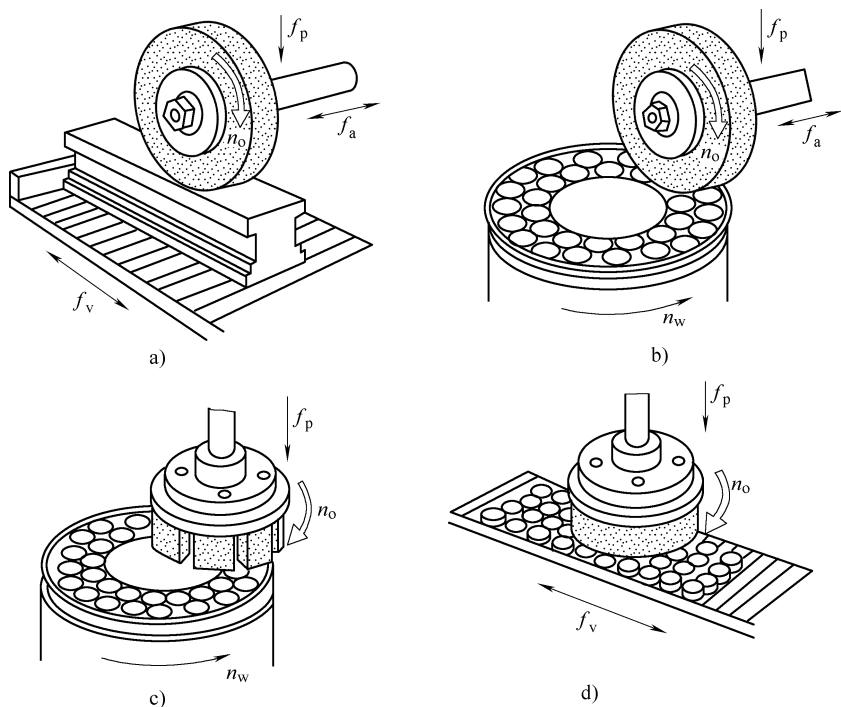


图 2-11 平面磨削方式

- a) 卧轴矩台平面磨床磨削 b) 卧轴圆台平面磨床磨削
c) 立轴圆台平面磨床磨削 d) 立轴矩台平面磨床磨削

图 2-11a、b 属于圆周磨削。这时砂轮与工件的接触面积小，磨削力小，排屑及冷却条件好，工件受热变形小，且砂轮磨损均匀，所以加工精度较高。然而，砂轮主轴呈悬臂状态，刚性差，不能采用较大的磨削用量，生产效率较低。

图 2-11c、d 属于端面磨削，砂轮与工件的接触面积大，同时参加磨削的磨粒多。另外磨床工作时主轴承受压力，刚性较好，允许采用较大的磨削用量，故生产效率高。但是，在磨削过程中，磨削力大，发热量大，冷却条件差，排屑不畅，造成工件的热变形较大，且砂轮端面沿径向各点的线速度不等，使砂轮磨损不均匀，所以这种磨削方法的加工精度不高。

(3) 孔加工 在实体材料上加工出孔或扩大已有孔的刀具称为孔加工刀具，如麻花钻、中心钻、扁钻、深孔钻等，它们可以在实体材料上加工出孔，而铰刀、扩孔钻、镗刀等可以在已有孔的材料上进行扩孔加工。

孔加工刀具的特点是：大部分孔加工刀具为定尺寸刀具，刀具本身的尺寸精度和形状精度不可避免地对孔的加工精度有重要的影响。由于孔加工刀具的尺寸受到被加工孔直径的限制，刀具横截面尺寸较小，特别是用于加工小直径孔和深径比（孔的深度与直径之比）较大的孔的刀具，其横截面尺寸更小，所以刀具刚性差，

切削不稳定, 易产生振动。孔加工刀具是在工件已加工表面的包围之中进行切削加工的, 切削呈封闭或半封闭的状态, 因此排屑困难, 切削液不易进入切削区, 难以观察切削过程中的实际情况, 这对工件质量、刀具寿命都将产生不利的影响。

根据以上所述, 加工一个孔的难度要比加工外圆大得多。孔加工刀具的材料、结构、几何要素等将会直接影响被加工孔的质量。

1) 在钻床上进行钻削加工时, 刀具安装在机床主轴的前端, 工件用夹具或直接固定在机床工作台上 (在较大而笨重的工件上钻小孔时可不夹紧)。主运动是钻床主轴带动刀具的旋转运动, 进给运动是主轴的轴向移动。

钻床的加工范围较广。在钻床上采用不同的刀具, 可以完成钻中心孔、钻孔、扩孔、铰孔、攻螺纹、铤钻埋头孔、修刮端面 and 镗孔等工作 (图 2-12)。

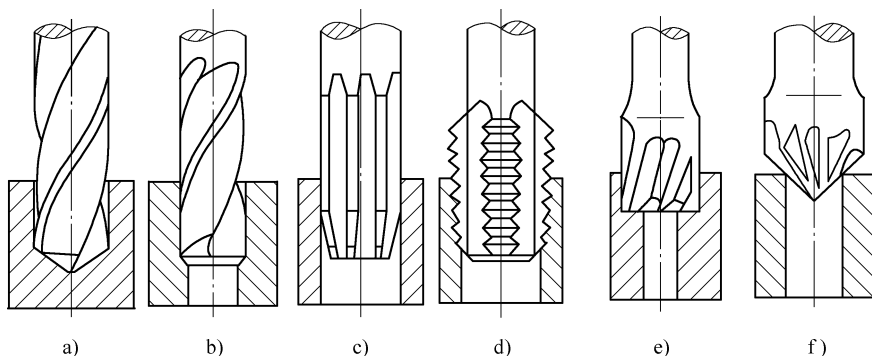


图 2-12 钻床上常用的加工方法

a) 钻孔 b) 扩孔 c) 铰孔 d) 攻螺纹 e) 铤钻锥形埋头孔 f) 铤钻锥形埋头孔

钻削加工的特点是: 钻削主要用于孔加工; 钻孔是一种半封闭式切削, 切屑变形大, 排屑困难, 而且难于冷却润滑, 故钻削温度较高; 钻削力较大, 钻头容易磨损。

经常需要在各类机器零件上钻孔, 因此钻削的应用还是很广泛的。但由于钻削的精度较低, 表面较粗糙, 一般加工精度在 IT10 以下, 表面粗糙度 Ra 值大于 $12.5\mu\text{m}$, 生产效率也比较低。因此, 钻孔主要用于粗加工, 例如精度和表面粗糙度要求不高的螺钉孔、油孔和螺纹底孔等。但精度和表面粗糙度要求较高的孔, 也要以钻孔作为预加工工序。单件、小批生产中, 中小型工件上的小孔 (一般 $D < 13\text{mm}$) 常用台式钻床加工, 中小型工件上直径较大的孔 (一般 $D < 50\text{mm}$) 常用立式钻床加工; 大中型工件上的孔应采用摇臂钻床加工; 回转体工件上的孔多在车床上加工。

2) 扩孔是用于扩大孔径、提高孔质量的一种孔加工方法。它可用于孔的最终加工或铰孔、磨孔前的预加工。扩孔的加工精度为 IT9 ~ IT10 级, 表面粗糙度 Ra 值为 $3.2 \sim 6.3\mu\text{m}$ 。

3) 铰孔用于中小直径孔的半精加工和精加工。铰刀加工时加工余量小, 刀具齿数多、刚性和导向性好, 铰孔的加工精度可达 IT6 ~ IT7 级, 甚至 IT5 级。表面粗糙度 Ra 值可达 $0.4 \sim 1.6\mu\text{m}$, 所以得到广泛应用。

4) 攻螺纹是用丝锥在光孔内加工出内螺纹的方法。丝锥由切削部分、校准部分和柄部组成。在钻床上攻螺纹时, 柄部传递机床的转矩, 切削完毕钻床主轴需要立即反转, 用以退出丝锥。

用板牙在圆杆表面上切出完整的螺纹, 称为套螺纹。板牙的结构如图 2-13 所示, 可任选一面套螺纹。

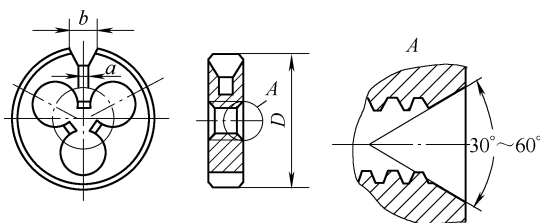


图 2-13 板牙

5) 镗孔是一种应用非常广泛的孔加工方法。它可以用于孔的粗加工、半精加工和精加工, 可

以用于加工通孔和不通孔。对工件材料的适应范围也很广, 一般非铁金属、灰铸铁和结构钢等都可以镗削。镗孔可以在各种镗床上进行, 也可以在卧式车床、回轮车床或转塔车床、铣床和数控机床、加工中心上进行。与其他孔加工方法相比, 镗孔的一个突出的优点是, 可以用一种镗刀加工一定范围内各种不同直径的孔, 尤其是对于直径很大的孔, 它几乎是可供选择的唯一方法。此外, 镗孔可以修正上一工序所产生的孔的相互位置误差, 这一点是其他很多孔加工方法所难以做到的。

镗孔的加工精度一般为 IT7 ~ IT9 级, 表面粗糙度 Ra 值为 $0.8 \sim 6.3 \mu\text{m}$ 。如在坐标镗床、金刚石镗床等高精度机床上镗孔, 加工精度可达 IT6 以上, 表面粗糙度 Ra 值一般为 $0.8 \sim 1.6 \mu\text{m}$, 用超硬刀具材料对铜、铝及其合金进行精密镗削时, 表面粗糙度 Ra 值可达 $0.2 \mu\text{m}$ 。

由于镗刀和镗杆的截面尺寸及长度受到所镗孔直径和深度的限制, 所以镗刀(及镗杆)的刚性比较差, 容易产生变形和振动, 加之切削液的注入和排屑困难, 以及观察和测量的不便, 所以生产效率较低, 但在单件和中、小批生产中, 仍是一种经济的应用广泛的加工方法。

(4) 机床夹具 现代自动化生产中, 数控机床的应用已越来越广泛。数控机床夹具必须适应数控机床的高精度、高效率、多方向同时加工、数字程序控制及单件小批生产的特点。为此, 对数控机床夹具提出了一系列新的要求: 推行标准化、系列化和通用化; 发展组合夹具和拼装夹具, 降低生产成本; 提高精度; 提高夹具的高效自动化水平。

根据所使用机床的不同, 用于数控机床的通用夹具通常可分为以下几种。

1) 数控车床夹具主要有自定心卡盘、单动卡盘、花盘等。

自定心卡盘的构造如图 2-14 所示, 可自动定心, 装夹方便, 应用较广, 但它的夹紧力较小, 不便于夹持外形不规则的工件。

单动卡盘的构造如图 2-15 所示, 其四个爪都可单独移动, 安装工件时需要找正, 夹紧力大, 适用于装夹毛坯及截面形状不规则和不对称的较重、较大的工件。

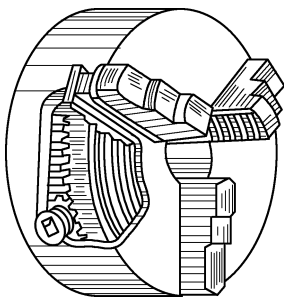


图 2-14 自定心卡盘的构造

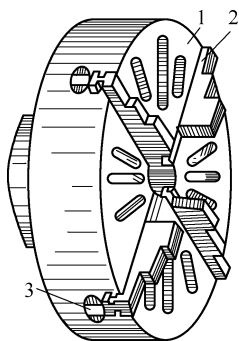


图 2-15 单动卡盘的构造

1—卡盘体 2—卡爪 3—丝杆

通常用花盘装夹不对称和形状复杂的工件，装夹工件时需要反复校正和平衡。

2) 数控铣床常用的夹具是平口钳，先把平口钳固定在工作台上，找正钳口，再把工件装夹在平口钳上，这种方式装夹方便，应用广泛，适用于装夹形状规则的小型工件，平口钳的构造如图 2-16 所示。

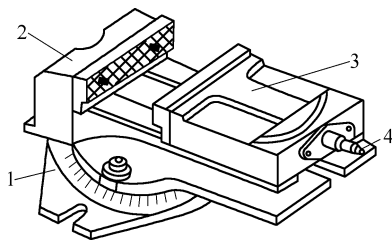


图 2-16 平口钳的构造

1—底座 2—固定钳口
3—活动钳口 4—螺栓

3) 数控回转工作台是各类数控铣床和加工中心的理想配套附件，有立式工作台、卧式工作台和立卧两用回转工作台等不同类型的产

品。立卧两用回转工作台在使用过程中可分别以立式和水平两种方式安装于主机工作台上。工作台工作时，利用主机的控制系统或专门配套的系统，完成与主机相协调的各种必需的分度回转运动。

为了扩大加工范围，提高生产效率，加工中心除了沿 X 、 Y 、 Z 三个坐标轴的直线进给运动之外，往往还有 A 、 B 、 C 三个回转坐标轴的圆周进给运动。数控回转工作台作为机床的一个旋转坐标轴由数控装置控制，并且可以与其他坐标联动，使主轴上的刀具能加工到工件除安装面及顶面以外的周边。回转工作台除了用来进行各种圆弧加工或与直线坐标进给联动进行曲面加工以外，还可以实现精确的自动分度。因此回转工作台已成为加工中心一个不可缺少的部件。

4) 组合夹具是一种标准化、系列化、通用化程度很高的工艺装备，我国目前已基本普及。组合夹具由一套预先制造好的不同形状、不同规格、不同尺寸的标准元件及部件组装而成。

组合夹具一般是为某一工件的某一工序组装的专用夹具，也可以组装成通用可调夹具或成组夹具。组合夹具适用于各类机床，但以钻模和车床夹具用得最多。

组合夹具把专用夹具的设计、制造、使用、报废的单向过程变为组装、拆散、

清洗入库、再组装的循环过程。可用几小时的组装周期代替几个月的设计制造周期，从而缩短了生产周期；节省了工时和材料，降低了生产成本；还可减小夹具库面积，有利于管理。

组合夹具的元素精度高、耐磨，并且实现了完全互换，元件精度一般为 IT6 ~ IT7 级。用组合夹具加工的工件，位置精度一般可达 IT8 ~ IT9 级，若精心调整，可以达到 IT7 级。

由于组合夹具有很多优点，又特别适用于新产品试制和多品种小批量生产，所以近年来发展迅速，应用较广。组合夹具的主要缺点是体积较大，刚性较差，一次投资多，成本高，这使组合夹具的推广应用受到一定限制。

组合夹具分为槽系和孔系两大类。

① 为了适应不同工厂、不同产品的需要，槽系组合夹具分大、中、小型三种规格。图 2-17 所示为钻盘类零件径向孔的组合夹具。

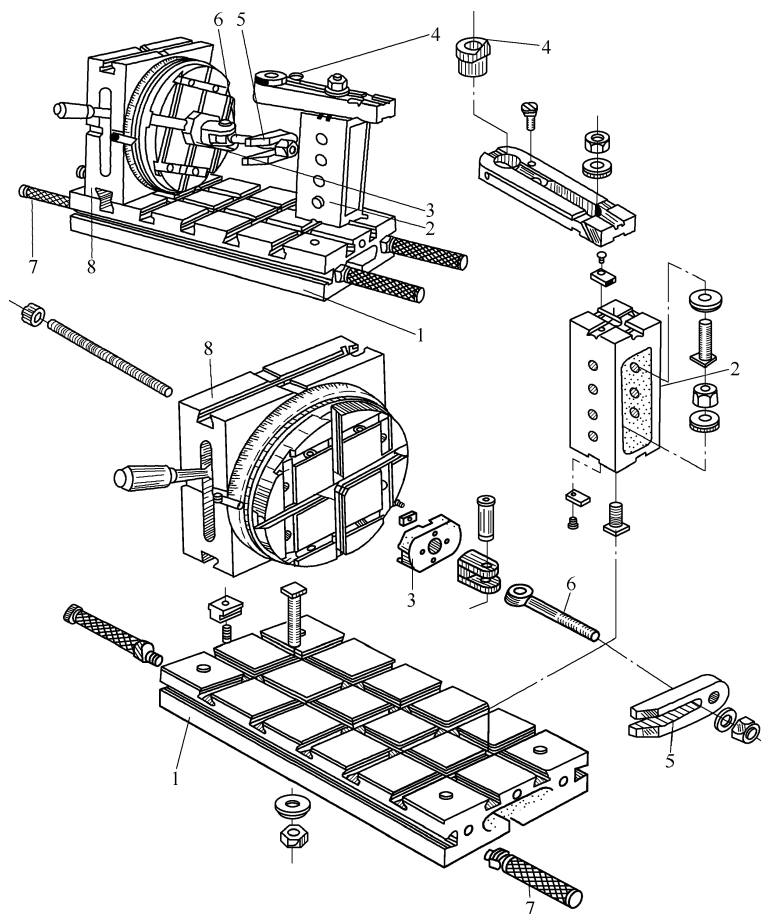


图 2-17 钻盘类零件径向孔的组合夹具

1—基础件 2—支承件 3—定位件 4—导向件 5—夹紧件 6—紧固件 7—其他件 8—合件

② 图 2-18 所示为孔系组合夹具组装示意图。元件与元件间用两个销钉定位，一个螺钉紧固。定位孔孔径有 10mm、12mm、16mm、24mm 四个规格，相应的孔距为 30mm、40mm、50mm、80mm，孔径公差为 H7，孔距极限偏差为 $\pm 0.01\text{mm}$ 。

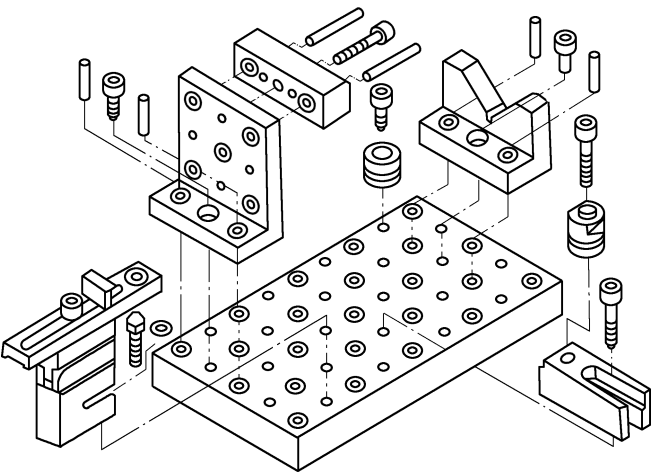


图 2-18 孔系组合夹具组装示意图

孔系组合夹具的元件每面用两圆柱销定位，属于允许使用的过定位。其定位精度高，刚性比槽系组合夹具好，组装可靠，体积小，元件的工艺性好，成本低，可用作数控机床夹具。但组装时元件的位置不能随意调节，常用偏心销钉或部分开槽元件进行弥补。

4. 主要表面加工方案的选择

导柱和导套主要是外圆柱面和内孔加工，为获得所要求的精度和表面粗糙度，外圆柱面和孔的加工方案及加工精度可参考表 2-2 和表 2-3。

表 2-2 外圆柱面的加工方案及加工精度

序号	加工方法	经济精度 (公差等级表示)	经济表面粗糙度 $Ra/\mu\text{m}$	适用范围
1	粗车	IT11 ~ IT13	12.5 ~ 50	适用于淬火钢以外的各种金属
2	粗车—半精车	IT8 ~ IT10	3.2 ~ 6.3	
3	粗车—半精车—精车	IT7 ~ IT8	0.8 ~ 1.6	
4	粗车—半精车—精车—滚压（或抛光）	IT7 ~ IT8	0.025 ~ 0.2	
5	粗车—半精车—磨削	IT7 ~ IT8	0.4 ~ 0.8	主要用于淬火钢，也可用于未淬火钢，但不宜加工非铁金属
6	粗车—半精车—粗磨—精磨	IT6 ~ IT7	0.1 ~ 0.4	
7	粗车—半精车—粗磨—精磨—超精加工（或轮式超精磨）	IT5	0.012 ~ 0.1	

(续)

序号	加工方法	经济精度 (公差等级表示)	经济表面粗糙度 $Ra/\mu\text{m}$	适用范围
8	粗车—半精车—精车—精细车 (金刚车)	IT6 ~ IT7	0.025 ~ 0.4	主要用于要求较高的非铁金属加工
9	粗车—半精车—粗磨—精磨—超精磨 (或镜面磨)	IT5 以上	0.006 ~ 0.025	极高精度的外圆加工
10	粗车—半精车—粗磨—精磨—研磨	IT5 以上	0.006 ~ 0.1	

表 2-3 孔的加工方案及加工精度

序号	加工方法	经济精度 (公差等级表示)	经济表面粗糙度 $Ra/\mu\text{m}$	适用范围
1	钻	IT11 ~ IT13	12.5	加工未淬火钢及铸铁的实心毛坯,也可用于加工非铁金属。孔径小于 15 ~ 20mm
2	钻—铰	IT8 ~ IT10	1.6 ~ 6.3	
3	钻—粗铰—精铰	IT7 ~ IT8	0.8 ~ 1.6	
4	钻—扩	IT10 ~ IT11	6.3 ~ 12.5	加工未淬火钢及铸铁的实心毛坯,也可用于加工非铁金属。孔径大于 15 ~ 20mm
5	钻—扩—铰	IT8 ~ IT9	1.6 ~ 3.2	
6	钻—扩—粗铰—精铰	IT7	0.8 ~ 1.6	
7	钻—扩—机铰—手铰	IT6 ~ IT7	0.2 ~ 0.4	大批大量生产 (精度由拉刀的精度而定)
8	钻—扩—拉	IT7 ~ IT9	0.1 ~ 1.6	
9	粗镗 (或扩孔)	IT11 ~ IT13	6.3 ~ 12.5	
10	粗镗 (粗扩)—半精镗 (精扩)	IT9 ~ IT10	1.6 ~ 3.2	除淬火钢外各种材料,毛坯有铸出孔或锻出孔
11	粗镗 (粗扩)—半精镗 (精扩)—精镗 (铰)	IT7 ~ IT18	0.8 ~ 1.6	
12	粗镗 (粗扩)—半精镗 (精扩)—精镗—浮动镗刀精镗	IT6 ~ IT7	0.4 ~ 0.8	
13	粗镗 (扩)—半精镗—磨孔	IT7 ~ IT8	0.2 ~ 0.8	主要用于淬火钢,也可用于未淬火钢,但不宜用于非铁金属
14	粗镗 (扩)—半精镗—粗磨—精磨	IT6 ~ IT7	0.1 ~ 0.2	
15	粗镗—半精镗—精镗—精细镗 (金刚镗)	IT6 ~ IT7	0.05 ~ 0.4	主要用于精度要求高的非铁金属加工
16	钻—(扩)—粗铰—精铰—珩磨 钻—(扩)—拉—珩磨 粗镗—半精镗—精镗—珩磨	IT6 ~ IT7	0.025 ~ 0.2	精度要求很高的孔
17	以研磨代替上述方法中的珩磨	IT5 ~ IT13	0.006 ~ 0.1	

图 2-2 所示冲模标准导柱和导套的主要加工面及拟订的加工方案包括:

1) $\phi 32r6$, $Ra = 0.4\mu\text{m}$, 粗车—半精车—粗磨—精磨。

- 2) $\phi 32r6$, $Ra = 0.1 \mu m$, 粗车—半精车—磨削—精磨—研磨。
- 3) 外圆, $\phi 45r6$, $Ra = 0.4 \mu m$, 粗车—半精车—粗磨—精磨。
- 4) 内孔, $\phi 32h7$, $Ra = 0.2 \mu m$, 钻—粗镗—精镗—粗磨—精磨—研磨。
5. 工艺路线的拟订

导柱拟订路线一：双顶尖法。下料—车端面、钻中心孔—车外圆—热处理—研中心孔—磨削—研磨。

导柱拟订路线二：工艺夹头法。下料—车端面、钻中心孔—车外圆—热处理—研中心孔—磨削—研磨—线切割。

在导柱的加工过程中，外圆柱面的车削和磨削都是以两端的中心孔定位的，这样可使外圆柱面的设计基准与工艺基准重合，并使各主要工序的定位基准统一，易于保证外圆柱面间的位置精度和使各磨削表面都有均匀的磨削余量。由于要用中心孔定位，因此在外圆柱面进行车削和磨削之前总是先加工中心孔，以便为后续工序提供可靠的定位基准。所以，优先选择路线一。

导套拟订路线：下料—车端面、内孔、外圆—热处理—磨内、外圆—研内孔。

6. 工艺实施

基准重合、统一：以中心孔定位。

导柱中心孔的修正：可采用磨、研磨和挤压方法。

中心孔的形状精度和同轴度对加工质量有直接影响，特别是加工精度要求高的轴类零件时，保证中心孔与顶尖之间的良好配合是十分重要的。若中心孔有较大的同轴度误差，将导致中心孔和顶尖不能良好接触，影响加工精度，尤其是当中心孔出现圆度误差时，直接反映到工件上是工件也产生圆度误差，如图 2-19 所示。

导柱在热处理后修正中心孔，目的在于消除中心孔在热处理过程中可能产生的变形和其他缺陷，使磨削外圆柱面时能获得精确定位，以保证外圆柱面的形状和位置精度要求。

修正中心孔可以采用磨、研磨和挤压等方法，可以在车床、钻床或专用机床上进行。图 2-20 所示为在车床上用磨削方法修正中心孔。可在被磨削的中心孔处加入少量煤油或机油，手持工件进行磨削。用这种方法修正中心孔效率高，质量较好；但砂轮磨损快，需要经常修整。

用研磨法修整中心孔，是用锥形的铸铁研磨头代替锥形砂轮，在被研磨的中心孔表面加研磨剂进行研磨。如果用一个与磨削外圆的磨床顶尖相同的铸铁顶尖作为

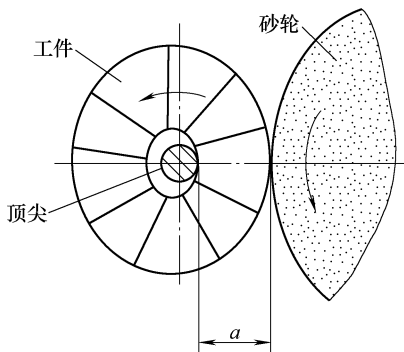


图 2-19 中心孔的圆度误差
使工件产生圆度误差

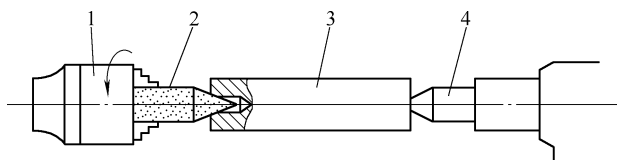


图 2-20 用磨削方法修正中心孔

1—自定心卡盘 2—砂轮 3—工件 4—顶尖

研磨工具，将铸铁顶尖和磨床顶尖一起磨出 60° 圆锥角后研磨出中心孔，则可保证中心孔和磨床顶尖达到良好配合，能磨削出圆度和同轴度误差不超过 0.002mm 的外圆柱面。

图 2-21 所示为挤压中心孔的硬质合金多棱顶尖。挤压时多棱顶尖装在车床主轴的锥孔内，其操作和磨顶尖孔相类似，利用车床的尾顶尖将工件压向多棱顶尖，通过多棱顶尖的挤压作用来修正中心孔的几何误差。此法生产效率极高（只需要几秒钟），但质量稍差，一般用于修正精度要求不高的顶尖孔。

磨削导套时正确选择定位基准，对保证内、外圆柱面的同轴度是十分重要的。可以先磨好内孔，再把导套装在专门设计的锥度心轴上，如图 2-22 所示，以心轴两端的中心孔定位（使定位基准和设计基准重合），借助心轴和导套间的摩擦力带动工件旋转，从而实现磨削外圆柱面。这种操作能获得较高的同轴度，并可使操作过程简化，生产效率提高。这种心轴应具有高的制造精度，其锥度在 $1:5000 \sim 1:1000$ 的范围内选取，硬度在 60HRC 以上。

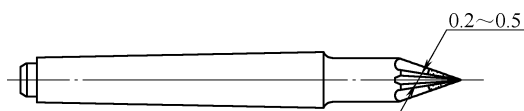


图 2-21 多棱顶尖

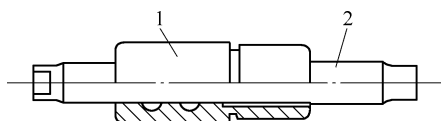


图 2-22 用小锥度心轴安装导套

1—导套 2—心轴

导柱和导套研磨加工的目的在于进一步提高被加工表面的质量，以达到设计要求。在生产数量大的情况下（如专门从事模架生产），可以在专用研磨机床上研磨；单件小批生产，可以采用简单的研磨工具（图 2-23 和图 2-24），在普通车床上进行研磨。研磨时将导柱安装在车床上，由主轴带动旋转，在导柱表面均匀地涂上一层研磨剂，然后套上研磨工具并用手将其握住，作轴线方向的往复直线运动。研磨导套与研磨导柱相类似，由主轴带动研磨工具旋转，手握套在研磨工具上的导套，作轴线方向的往复直线运动。调节研磨工具上的调整螺钉和调整螺母，可以调整研磨套的直径，以控制研磨量的大小。

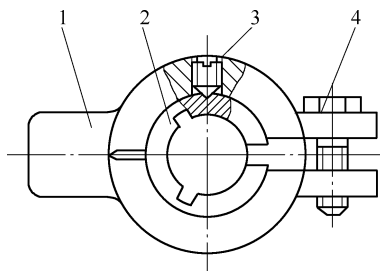


图 2-23 导柱研磨工具

1—研磨架 2—研磨套
3—限位螺钉 4—调整螺钉

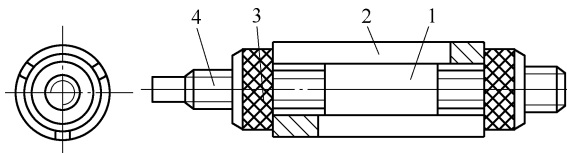


图 2-24 导套研磨工具

1—锥度心轴 2—研磨套 3—调整螺母 4—调整螺钉

磨削和研磨导套孔时常见的缺陷是喇叭口（孔的尺寸两端大中间小），造成这种缺陷的原因来自以下两方面：

1) 磨削内孔时，若砂轮完全处在孔内（如图 2-25 中实线所示），则砂轮与孔壁的轴向接触长度最大，磨杆所受的径向推力也最大，由于刚度原因，它所产生的径向弯曲位移使磨削深度减小，孔径相应变小。当砂轮沿轴向往复运动到两端孔口部位时，砂轮必将超越

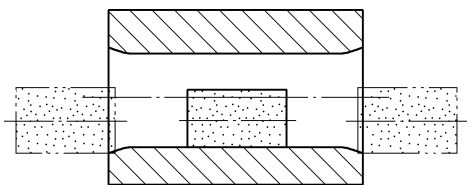


图 2-25 磨孔时喇叭口的产生

两端口，径向推力减小，磨杆产生回弹，使孔径增大。要减小喇叭口，就要合理控制砂轮相对孔口端面的超越距离，以便使孔的加工精度达到规定的技术要求。

2) 研磨时工件的往复运动使磨料在孔口处堆积，在孔口处切削作用增强。所以，在研磨过程中应及时清除堆积在孔口处的研磨剂，以防止和减轻这种缺陷的产生。

研磨导柱和导套用的研磨套和研磨棒一般用铸铁制造。研磨剂用氧化铝或氧化铬（磨料）与机油或煤油（磨液）混合而成。

按被研磨表面的尺寸大小和要求，一般导柱和导套的研磨余量为 0.01 ~ 0.02mm。

将导柱、导套的工艺过程进行适当归纳，大致可划分成如下几个加工阶段：备料阶段（获得一定尺寸的毛坯）→粗加工和半精加工阶段（去除毛坯的大部分余量，使其接近或达到零件的最终尺寸）→热处理阶段（达到需要硬度）→精加工阶段→光整加工阶段（使某些表面的表面粗糙度达到设计要求）。

在各加工阶段中应划分多少工序，零件在加工中应采用什么工艺方法和设备等，应根据生产类型、零件的形状、尺寸大小、零件的结构工艺性以及工厂的设备技术状况等条件综合考虑。在不同的生产条件下，加工同一零件所采用的加工设备、工序的划分也不一定相同。

通过以上分析，导柱和导套的加工工艺路线见表 2-4 和表 2-5。

表 2-4 导柱的加工工艺路线

工 序 号	工 序 名 称	工 序 内 容	设 备
1	下料	按尺寸 $\phi 35\text{mm} \times 215\text{mm}$ 切断	锯床
2	车端面、钻中心孔	车端面保证长度为 215.5mm，钻中心孔 调头车端面保证长度为 210mm，钻中心孔	卧式车床
3	车外圆	车外圆至 $\phi 32.4\text{mm}$ ，切 $10\text{mm} \times 0.5\text{mm}$ 槽至尺寸， 车端部 调头车外圆至 $\phi 32.4\text{mm}$ ，车端部	卧式车床
4	检验		
5	热处理	按热处理工艺进行，保证渗碳层深度为 0.8 ~ 1.2mm，表面硬度为 58 ~ 62HRC	
6	研磨中心孔	研磨中心孔 调头研磨另一端中心孔	卧式车床
7	磨削外圆	磨削 $\phi 32\text{h}6$ 外圆，留研磨余量为 0.01mm 调头磨削 $\phi 32\text{r}4$ 外圆至尺寸	外圆磨床
8	研磨外圆	研磨 $\phi 32\text{h}6$ 外圆至图样要求，抛光圆角	卧式车床
9	检验		

表 2-5 导套的加工工艺路线

工 序 号	工 序 名 称	工 序 内 容	设 备
1	下料	按尺寸 $\phi 52\text{mm} \times 115\text{mm}$ 切断	锯床
2	车外圆及内孔	车端面保证长度为 113mm，钻 $\phi 32\text{mm}$ 孔至 $\phi 30\text{mm}$ ， 车 $\phi 45\text{mm}$ 外圆至 $\phi 45.4\text{mm}$ ，倒角 车 $3\text{mm} \times 1\text{mm}$ 退刀槽至尺寸，镗 $\phi 32\text{mm}$ 孔至 $\phi 31.6\text{mm}$ ，镗油槽 镗 $\phi 33\text{mm}$ 孔至尺寸，倒角	卧式车床
3	车外圆、倒角	车 $\phi 48\text{mm}$ 的外圆至尺寸，车端面保证长度为 110mm，倒内外圆角	卧式车床
4	检验		
5	热处理	按热处理工艺进行，保证渗碳层深度为 0.8 ~ 1.2mm，表面硬度为 58 ~ 62HRC	
6	磨削内、外圆	磨削 45mm 外圆至图样要求，磨削 32mm 内孔，留 研磨余量为 0.01mm	万能外圆磨床
7	研磨内孔	研磨 $\phi 32\text{H}7$ 内孔至图样要求，研磨圆弧	卧式车床
8	检验		

2.1.2 上、下模座的加工

根据如图 2-26 所示的后侧导柱标准冲模模座，合理选用机床设备，编写出上、下模座的加工工艺路线，保证各尺寸、几何公差等符合图样的要求。

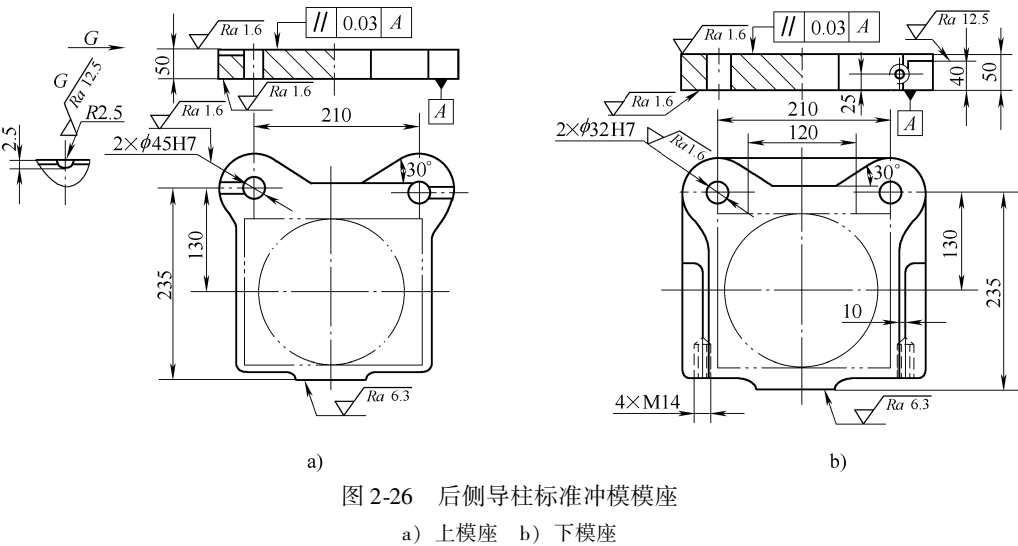


图 2-26 后侧导柱标准冲模模座

1. 工艺分析

上、下模座通常用铸铁或铸钢作为坯料，经过铣削（或刨削）加工后，在平面磨床上磨削上、下两平面，以保持其平行度。为保证模架的装配要求，使模架工作时上模座沿导柱上、下移动平稳，无阻滞现象，加工后应保证：模座的上、下平面保持平行，不同尺寸模座的平行度公差见表 2-6；上、下模座上导柱、导套安装孔的孔间距离尺寸应保持一致；孔的轴线应与模座的上、下平面垂直，对于安装滑动导柱的模座，其垂直度公差不超过 0.01mm（100mm 尺寸）。为了保证安装导柱和导套的孔垂直于底面，应在磨削上、下两平面后再加工孔。孔的加工可在坐标镗床、铣床、摇臂钻床或专门的双轴镗孔机上进行。

表 2-6 模座上、下平面的平行度公差 (单位：mm)

公 称 尺 寸	公 差 等 级		公 称 尺 寸	公差等级	
	IT4	IT5		IT4	IT5
	公 差 值			公 差 值	
40 ~ 63	0. 008	0. 012	250 ~ 400	0. 020	0. 030
63 ~ 100	0. 010	0. 015	400 ~ 630	0. 025	0. 040
100 ~ 160	0. 012	0. 020	630 ~ 1 000	0. 030	0. 050
160 ~ 250	0. 015	0. 025	1 000 ~ 1 600	0. 040	0. 060

2. 毛坯选择

单件生产模座、模板时，一般都是选用钢板，气割下料直接切削加工。成批生产或大型零件一般采用铸造毛坯（如 HT200 铸件）进行时效处理。

3. 知识讲解

（1）铣削加工 铣削加工主要用于各种平面及沟槽的加工。在铣削加工过程中，铣刀的旋转为主运动，装在工作台上的工件相对于刀具的运动为进给运动。铣刀为多刃刀具，铣削时每个刀齿周期性断续地参加切削，所以刀刃散热条件好，生产效率较高。铣削时，刀齿交替切削，产生冲击，且切削厚度是变化的，因而铣削力也是不断变化的，使铣刀磨损较快，缩短了寿命。铣削主要用于粗加工或半精加工。

在铣床上进行铣削加工时，由于铣刀旋转方向与工件进给方向有相同和相反两种情况，因此铣削可分为顺铣和逆铣两种，如图 2-27 所示。顺铣时，铣刀旋转方向与工件进给方向一致。铣刀作用在工件上的力的方向与工件进给方向相同。由于机床进给机构中的丝杠和螺母之间都存在间隙，这样，就会引起工件连同工作台一起沿进给方向窜动，使铣刀受到冲击，甚至会损坏铣刀。因此，当进给丝杠与螺母之间存在较大的间隙时不应该采用顺铣，必须先调整好丝杠和螺母之间间隙，之后方可采用顺铣。逆铣时，铣刀旋转方向与工件进给方向相反，铣刀作用在工件上的力的方向与进给方向相反，进给丝杠和螺母之间总是保持紧密的接触，不会出现以上不利现象。一般情况下，铣削加工多采用逆铣。

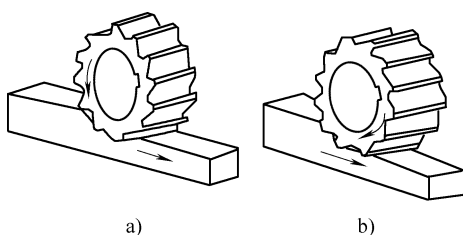


图 2-27 顺铣和逆铣

a) 顺铣 b) 逆铣

顺铣虽然存在上述缺点，但是与逆铣相比，还有其独特的优点，如消耗功率小，刀刃磨损小，铣削时铣刀一直压在工件上，工作比较平稳，振动小，加工表面的表面粗糙度值较小。所以在精铣时，有时也采用顺铣。

在铣床上可使用各种不同类型的铣刀加工出平面、台阶面、各种键槽、V 形槽、T 形槽、燕尾槽、螺旋槽及切断工件、铣削齿轮和蜗轮齿面等。下面介绍几种常见的铣削方法。

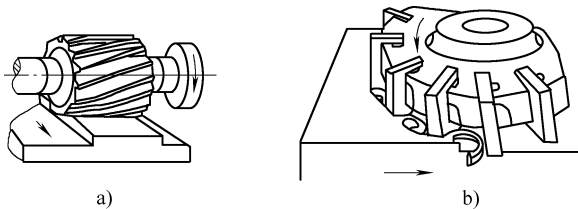


图 2-28 铣水平面

a) 用圆柱铣刀铣削 b) 用面铣刀铣削

1) 可以在卧式铣床上用圆柱形铣刀来铣削水平面（图 2-28a），也可以在立式铣

床上用面铣刀来铣水平面（图 2-28b）。

2) 可以在卧式铣床上用面铣刀铣垂直面（图 2-29a），也可以在立式铣床上用立铣刀铣垂直面（图 2-29b）。

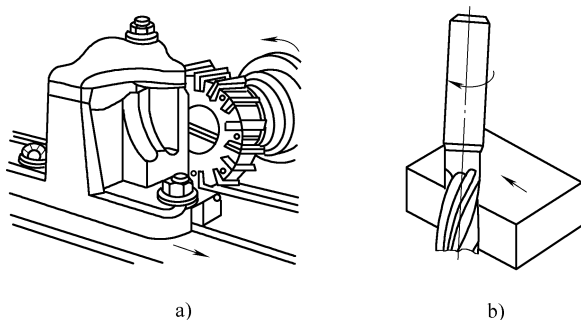


图 2-29 铣垂直面

a) 用面铣刀铣削 b) 用立铣刀铣削

3) 可以在卧式铣床上用角度铣刀直接铣出斜面（图 2-30a），或者在立式铣床上将铣头转至所需要的角度来铣削斜面（图 2-30b），还可以将工件转至所需要的角度来铣削斜面。

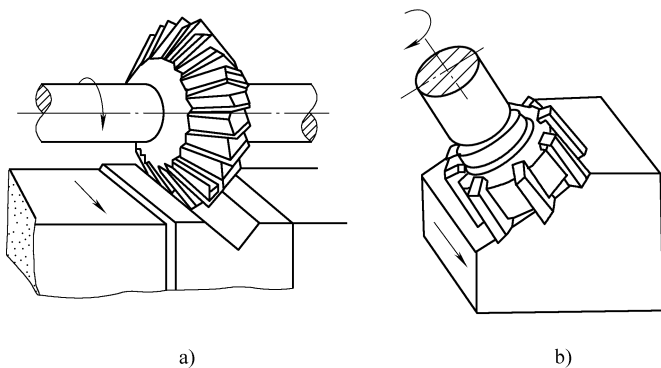


图 2-30 铣斜面

a) 用角度铣刀铣削 b) 转动铣头铣削

4) 可以在卧式铣床上用圆盘铣刀铣直槽（图 2-31a），也可以在立式铣床上用立铣刀铣直槽（图 2-31b）。

5) 铣 T 形槽时先用圆盘铣刀铣出直槽（图 2-32a），或用立铣刀铣出直槽，然后用 T 形槽铣刀铣出 T 形槽（图 2-32b）。

6) 铣特形面采用成形铣刀铣削（图 2-33）。

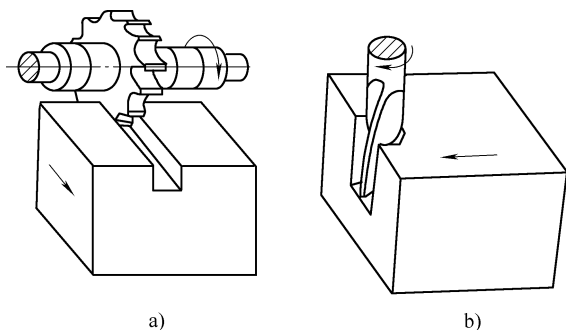


图 2-31 铣直槽

a) 用盘形铣刀铣削 b) 用立铣刀铣削

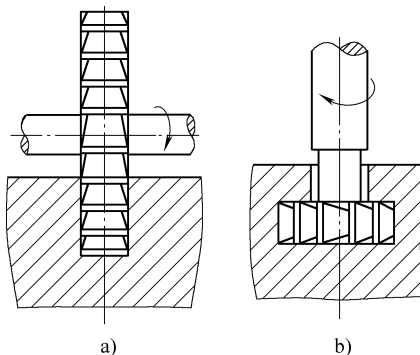


图 2-32 铣 T 形槽

a) 第一步：铣直槽 b) 第二步：铣出 T 形槽

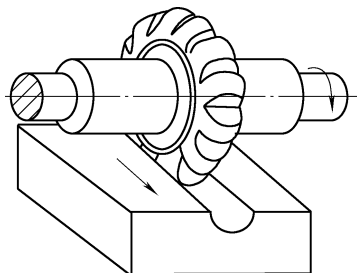


图 2-33 铣特形面

(2) 刨削加工 刨削是平面加工的主要方法之一，对工件进行刨削加工时，用机用虎钳或螺栓将工件固定在刨床的工作台上，刨刀则安装在刀架上，依靠刨刀与工件之间所产生的相对直线运动来完成对工件表面层的切削。

刨削（包括插削）主要用于加工各种平面和沟槽。刨削时，主运动是刨刀（牛头刨）或工作台（龙门刨）的往复直线运动，进给运动则是工作台带动工件（牛头刨）或刀架带动刨刀（龙门刨）的间歇直线移动。刨削加工是单程的切削加工，返程时不切削，故生产效率较低。刨削为间断切削，每一行程开始吃刀有冲击，易使刀具崩刃或损坏，故切削速度受到限制。刨削的切削速度较低，因此所产生的切削热不多，除精刨外，一般刨削皆不需要采用切削液。精刨时可获得较高的精度和较小的表面粗糙度值。

刨削加工的经济精度为 IT8 ~ IT9 级，最高可达 IT6 级。表面粗糙度 Ra 值为 $1.6 \sim 6.3 \mu\text{m}$ ，最高可达 $0.8 \mu\text{m}$ 。

根据刀具与工件相对运动方向的不同，刨削可分为水平刨削和垂直刨削两种，

水平刨削一般称为刨削，垂直刨削则称为插削（图 2-34）。目前在一些小型工厂中，刨削仍然是加工平面和沟槽等工序采用的主要方法。在单件、小批生产和维修中，刨削加工方法得到了广泛的使用。

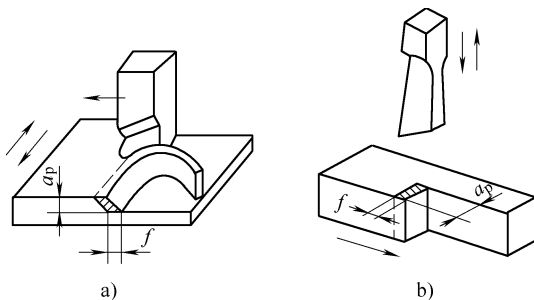


图 2-34 刨削与插削

a) 刨削 b) 插削

刨削主要用来加工平面（包括水平面、垂直面和斜面），也广泛地用于加工直槽，如直角槽、燕尾槽和 T 形槽等。如果进行适当的调整和增加某些附件，还可以用来加工齿条、齿轮、花键和母线为直线的成形面等。刨削的加工范围如图 2-35 所示。

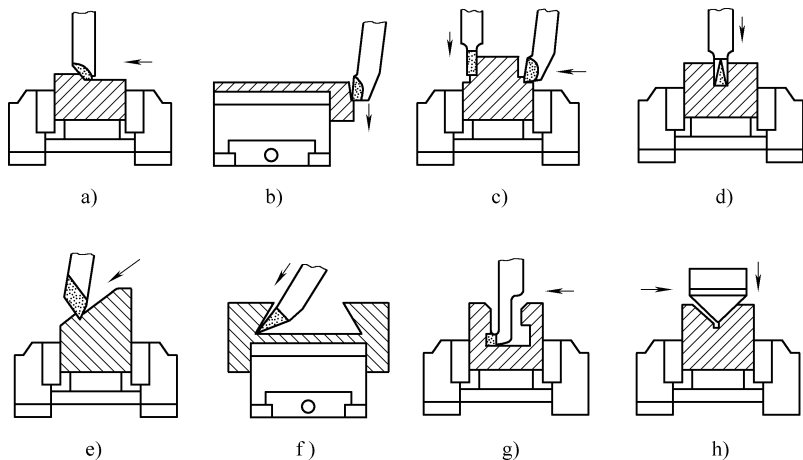


图 2-35 刨削加工范围

a) 刨平面 b) 刨垂直面 c) 刨台阶 d) 刨直角槽 e) 刨斜面 f) 刨燕尾槽 g) 刨 T 形槽 h) 刨 V 形槽

4. 主要表面加工方案的选择

模具零件中有许多平面需要加工，这些有平面加工要求的零件主要集中在板类零件。模具的板类零件主要有以下几种：塑料模具中的定模型腔板、动模型腔板、定模和动模固定板、支承板、推杆固定板、推板、流道推板、成形件推板、滑块、导滑块、楔紧块、支承块、热流道板、拉板和定距拉板等。冲模中的凹模板、凸模固定板、凸模垫板、卸料板、导向板等。

模板类零件的结构特点是：这类零件一般由六个平面组成，上面有沟槽和孔，主要的加工表面是平面。在平面加工中常用的加工方法是：铣削加工、刨削加工和磨削加工三种。其相应的加工机床是铣床、刨床和磨床。

为了加工方便和易于保证加工技术要求，在各工艺阶段应先加工平面，再以平面定位加工孔系（先面后孔）。平面的加工方案及加工精度见表 2-7。

表 2-7 平面的加工方案及加工精度

序号	加工方法	经济精度 (公差等级表示)	经济表面粗糙度 $Ra/\mu\text{m}$	适用范围
1	粗车	IT11 ~ IT13	12.5 ~ 50	端面
2	粗车—半精车	IT8 ~ IT10	3.2 ~ 6.3	
3	粗车—半精车—精车	IT7 ~ IT8	0.8 ~ 1.6	
4	粗车—半精车—磨削	IT6 ~ IT8	0.2 ~ 0.8	
5	粗刨（或粗铣）	IT11 ~ IT13	6.3 ~ 25	一般为不淬硬平面 （端铣的表面粗糙度 Ra 值较小）
6	粗刨（或粗铣）—精刨（或精铣）	IT8 ~ IT10	1.6 ~ 6.3	
7	粗刨（或粗铣）—精刨（或精铣）—刮研	IT6 ~ IT7	0.1 ~ 0.8	精度要求较高的不淬硬平面，批量较大时宜采用宽刃精刨方案
8	以宽刃精刨代替上述刮研	IT7	0.2 ~ 0.8	
9	粗刨（或粗铣）—精刨（或精铣）—磨削	IT7	0.2 ~ 0.8	精度要求高的淬硬平面或不淬硬平面
10	粗刨（或粗铣）—精刨（或精铣）—粗磨—精磨	IT6 ~ IT7	0.025 ~ 0.4	
11	粗铣—拉	IT7 ~ IT9	0.2 ~ 0.8	大量生产，较小的平面 （精度视拉刀精度而定）
12	粗铣—精铣—磨削—研磨	IT5 以上	0.006 ~ 0.1	高精度平面

图 2-26 所示后侧导柱标准冲模模座的主要加工面及拟订的加工方案包括：

- 1) 孔， $2 \times \phi 45H7$ ， $Ra = 1.6\mu\text{m}$ ，钻—粗镗—半精镗—精镗。
- 2) 平面， $Ra = 1.6\mu\text{m}$ ，粗刨（或粗铣）—半精刨（或半精铣）—粗磨。

5. 工艺路线的拟订

先面后孔：备料—刨（或铣）平面—磨平面—划线—钻孔—镗孔—铣油槽。

6. 工艺实施

上模座的加工工艺工艺路线见表 2-8，下模座的加工工艺路线与上模座的加工工艺路线相似。

表 2-8 上模座的加工工艺路线

工 序 号	工序名称	工序内容	设 备
1	下料	铸造坯料	
2	刨平面	刨上、下平面，保证尺寸为 50.8mm	牛头刨床
3	磨平面	磨上、下平面，保证尺寸为 50mm	平面磨床

(续)

工 序 号	工 序 名 称	工 序 内 容	设 备
4	钳工划线	划前部平面和导套孔中心线	
5	铣前部平面	按划线铣前部平面	立式铣床
6	钻孔	按划线钻导套孔至 $\phi 43\text{mm}$	立式钻床
7	镗孔	和下模座重叠, 一起镗孔至 $\phi 45\text{H7}$	镗床或立式铣床
8	铣槽	按划线铣 $R2.5\text{mm}$ 圆弧槽	卧式铣床
9	检验		

任务 2.2 塑料模具模架的加工

【学习目的与要求】

- 了解浇口套、滑块和斜导柱在模具中的作用。
- 综合分析塑料模具辅助零件的加工方法和制造过程。
- 掌握塑料模具辅助零件的工艺分析及工艺规程的编制方法。

【学习重点】

- 综合分析塑料模具辅助零件的加工方法和制造过程。
- 掌握塑料模辅助零件的工艺分析及工艺规程的编制方法。

【学习难点】

- 塑料模具辅助零件的加工方法和制造过程。
- 塑料模具辅助零件的工艺分析及工艺规程的编制。

注射模的结构与塑料种类、制品的产量、注射工艺条件、注射机的种类等多项因素有关, 因此, 其结构可以有多种变化。无论各种注射模结构之间的差异有多大, 它们在基本结构组成方面都有许多共同的特点。在图 2-36 所示的注射模中, 根据各零件与塑料的接触情况, 可以将模具的组成零件分为以下两类:

(1) 成形零件 指与塑料接触并构成型腔的那些零件。它们决定了塑料制品的几何形状和尺寸, 如凸模(型芯)形成制件的内形, 而凹模(型腔)形成制件的外形。

(2) 结构零件 指除成型零件以外的模具零件。这些零件具有支承、导向、排气、推出制品、侧向抽芯、侧向分型、温度调节、引导塑料熔体向型腔流动等功能。

在结构零件中, 合模导向装置与支承零件构成注射模模架, 如图 2-37 所示。

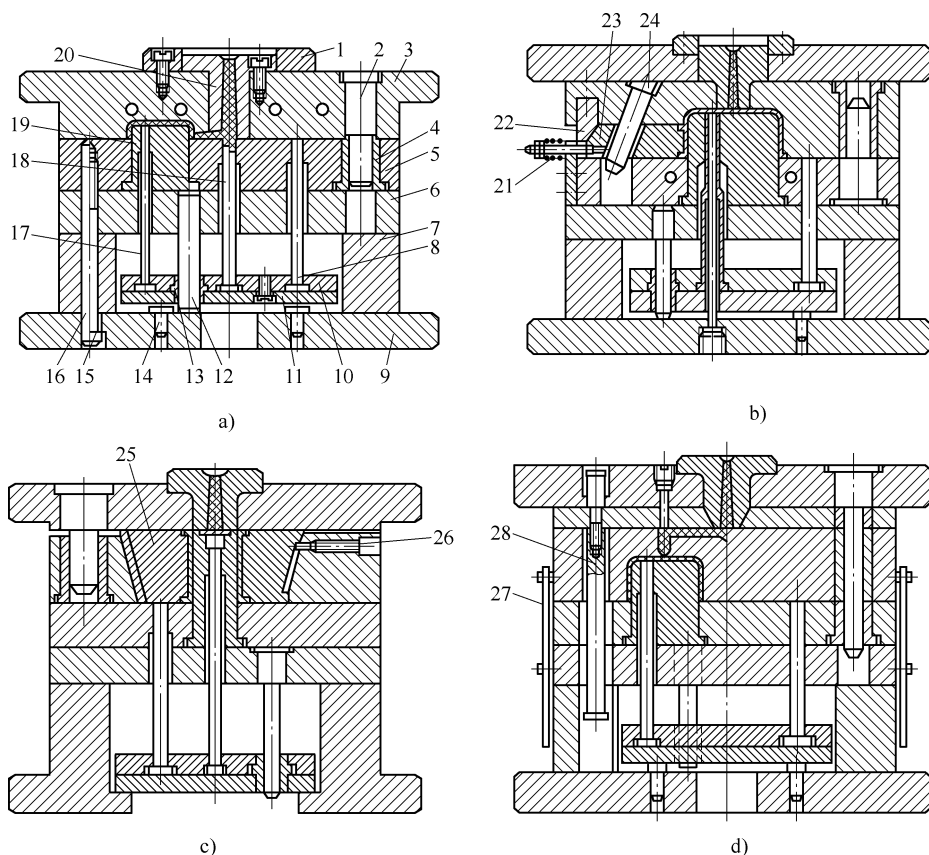


图 2-36 不同结构形式的注射模模架

a) 普通标准模架注射模 b) 侧型芯式注射模 c) 拼块式注射模 d) 三板式注射模

1—定位圈 2—导柱 3—凹模 4—导套 5—型芯固定板 6—支承板 7—垫块 8—复位杆 9—动模座板
10—推杆固定板 11—推板 12—推板导柱 13—推板导套 14—限位钉 15—螺钉 16—定位销 17—推杆
18—拉料杆 19—型芯 20—浇口套 21—弹簧 22—楔紧块 23—侧型芯滑块 24—斜导柱 25—斜滑块
26—限位螺钉 27—定距拉板 28—定距拉杆

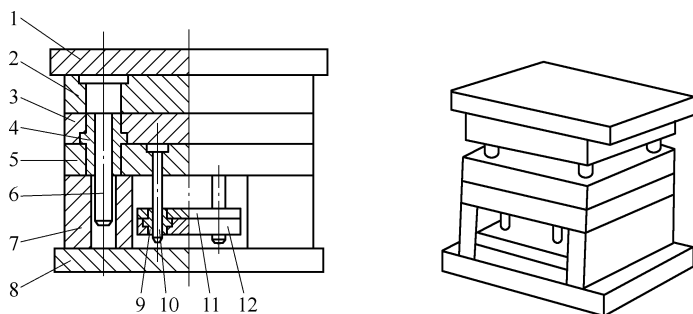


图 2-37 注射模模架

1—定模座板 2—定模板 3—动模板 4—导套 5—支承板 6、10—导柱
7—垫块 8—动模座板 9—推板导套 11—推杆固定板 12—推板

1. 模架的技术要求

模架是用来安装或支承成形零件和其他结构零件的基础，同时还要保证动、定模上有关零件的准确对合（如凸模和凹模），并避免模具零件间的干涉。因此，模架组合后其安装基准面应保持平行，其平行度公差等级见表 2-9。导柱、导套和复位杆等零件装配后要运动灵活、无阻滞现象。模具主要分型面闭合时的贴合同隙值应符合下列要求：Ⅰ级精度模架为 0.02mm，Ⅱ级精度模架为 0.03mm，Ⅲ级精度模架为 0.04mm。

有关注射模模架组合后的详细技术要求，可参阅 GB/T 12555—2006 和 GB/T 12556—2006。

表 2-9 中小型注射模模架分级指标

项 目 序 号	检 查 项 目	主参数/mm		精 度 分 级		
				Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
				公 差 等 级		
1	定模座板的上平面对动模座板的下平面的平行度	周界	≤400	IT5	IT6	IT7
			400 ~ 900	IT6	IT7	IT8
2	模板导柱孔的垂直度	厚度	≤200	IT4	IT5	IT6

2. 模架零件的加工

若从零件结构和制造工艺考虑，图 2-36 所示模架的基本组成零件有三种类型：导柱、导套及各种模板（平板状零件）。导柱、导套的加工主要是内、外圆柱面加工，适用于不同精度要求的内、外圆柱面的各种工艺方法、工艺方案及基准选择等在冲模模架的加工中已经讲到，这里不再重述。支承零件（各种模板、支承板）都是平板状零件，在制造过程中主要进行平面加工和孔系加工，在平面加工中要特别注意防止变形，保证装配时有关结合平面的平面度和平行度要求。

在粗加工后若模板有弯曲变形，则在磨削加工时电磁吸盘会把这种变形矫正过来，而磨削后加工表面的形状误差并不会得到矫正。为此，应在电磁吸盘未接通电流时，将适当厚度的垫片垫入模板与电磁吸盘间的间隙中，再进行磨削。上、下两面用同样的方法交替进行，可获得 0.02mm (300mm² 尺寸内) 以下的平面度公差值。若需要精度更高的平面，应采用刮研的方法加工。

为了保证动、定模板上导柱、导套安装孔的位置精度，根据实际加工条件，可采用坐标镗床、双轴坐标镗床或数控坐标镗床进行加工。若无上述设备且精度要求较低，也可在卧式镗床或铣床上，将动、定模板重叠在一起，一次装夹，同时镗出相应的导柱和导套的安装孔。在对模板进行镗孔加工时，应在模板平面精加工后以模板的大平面及两相邻侧面作定位基准，将模板放置在机床工作台的等高垫铁上。各等高垫铁的高度应严格保持一致，对于精密模板，等高垫铁的高度差应小于

3 μm 。工作台和等高垫铁应用干净的布擦拭,彻底清除切屑和粉末。模板的定位面应用细油石打磨,以去掉模板在搬运过程中产生的划痕。在模板大致达到平行后,将其轻轻夹住,然后以长度方向的前侧面为基准,用百分表找正后将其压紧,最后将工作台再移动一次,进行检验并加以确认。模板用螺栓加垫圈紧固,压板的着力点不应偏离等高垫铁中心,以免模板产生变形,如图2-38所示。

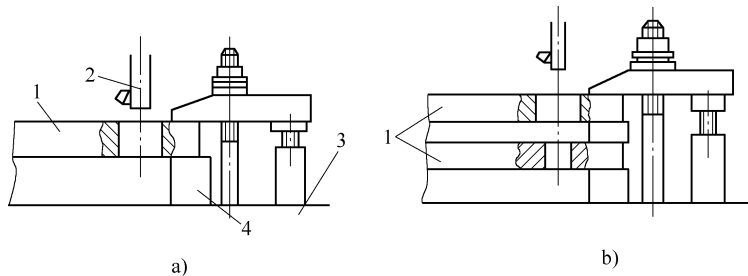


图2-38 模板的装夹

a) 模板单个镗孔 b) 定、动模板同时镗孔
1—模板 2—镗刀 3—工作台 4—等高垫铁

2.2.1 浇口套的加工

根据图2-39所示的注射模模架浇口套,合理选用机床设备,编写出其加工工艺路线,保证各尺寸、几何公差等符合图样的要求。

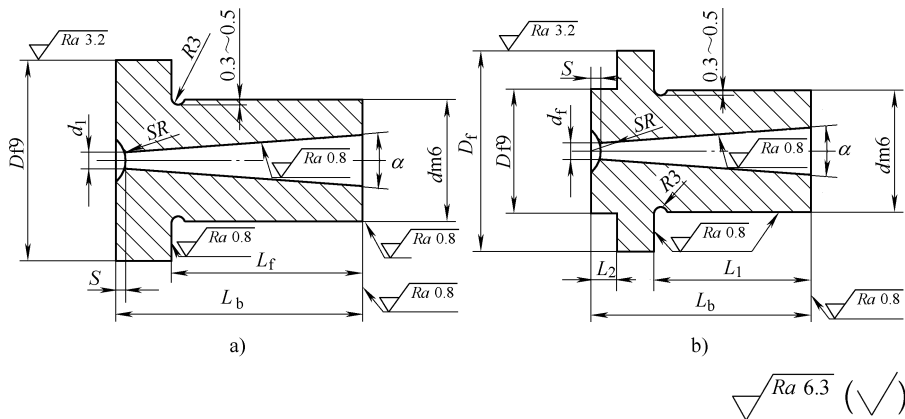


图2-39 注射模模架浇口套

a) A型 b) B型

1. 工艺分析

常见的浇口套有两种类型,如图2-39所示的A型和B型。图2-39b中B型结

构的浇口套在模具装配时，用固定在定模上的定位圈压住左端台阶面，防止注射时浇口套在塑料熔体的压力作用下退出定模。浇口套小端直径与定模上相应孔的配合为 H7/f9。

2. 毛坯选择

由于注射成形时浇口套要与高温塑料熔体和注射机喷嘴反复接触和碰撞，因此浇口套一般采用碳素工具钢 T8A 制造，局部采用热处理，硬度为 57HRC 左右。

3. 工艺实施

与一般套类零件相比，浇口套锥孔大（其小端直径一般为 3 ~ 8mm），加工较难，同时还应保证浇口套锥孔与外圆同轴，以便在模具安装时通过定位圈使浇口套与注射机的喷嘴对准。

浇口套的加工工艺路线见表 2-10。

表 2-10 浇口套的加工工艺路线

工 序 号	工 序 名 称	工 序 内 容	设 备
1	备料	按零件结构及尺寸大小选用热轧圆钢或锻件作毛坯 保证直径和长度方向上有足够的加工余量 若浇口套凸肩部分的长度不能保证可靠夹持，应将毛坯长度适当加长	锯床
2	车削加工	车外圆 d 及端面，留磨削余量 车退刀槽达到设计要求 钻孔 加工锥孔达到设计要求 调头车外圆 D_1 达到设计要求 车外圆 D ，留磨削余量 车端面保证尺寸 L_b 车球面凹坑达到设计要求	卧式车床
3	检验		
4	热处理		
5	磨削加工	以锥孔定位磨外圆 d 及 D 达到设计要求	外圆磨床
6	检验		

2.2.2 滑块的加工

1. 侧型芯滑块的加工

根据图 2-40 所示的注射模模架侧型芯滑块，编写出其加工工艺路线，保证各尺寸、几何公差等符合图样的要求。

（1）工艺分析 当注射成形带有侧凹或侧孔的塑料制品时，模具必须带有侧向分型或侧向抽芯机构，如图 2-36b、c 所示。图 2-41 所示为一种斜导柱抽芯机构的结构图。图 2-41a 所示为合模状态，图 2-41b 所示为开模状态。在侧型芯滑块上装有侧型芯或成形镶块。侧型芯滑块与导滑槽可采用不同的结构组合，如图 2-42 所示。

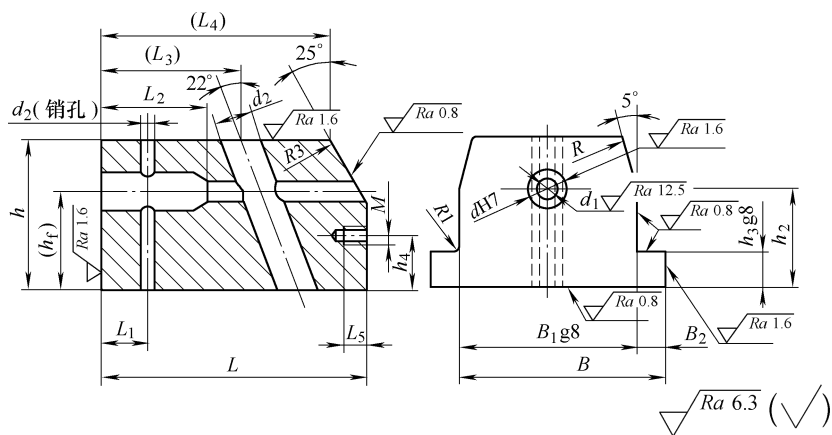


图 2-40 注射模模架侧型芯滑块

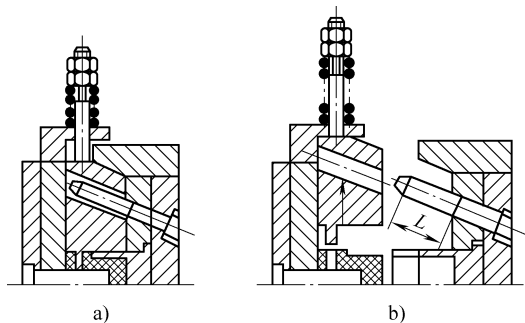


图 2-41 斜导柱抽芯机构的结构图

a) 合模状态 b) 开模状态

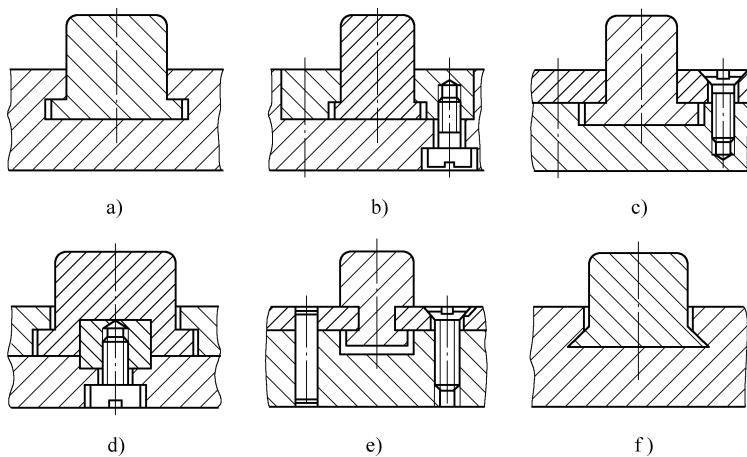


图 2-42 侧型芯滑块与导滑槽的常见结构

从以上结构可以看出，侧型芯滑块是侧向抽芯机构的重要组成零件，注射成形和抽芯的可靠性需要靠它的运动精度来保证。侧型芯滑块与导滑槽的配合特性常选用 H8/g7 或 H8/h8，其余部分应留有较大的间隙，两者配合面的表面粗糙度值 $Ra < 0.63 \sim 1.25 \mu m$ 。滑块材料常采用 45 钢或碳素工具钢，导滑部分可局部或全部淬硬，硬度为 40 ~ 45HRC。

导滑槽应保证侧型芯滑块在里面运动平稳、无上下窜动和左右摆动并运动自如。由于导滑槽主要由平面组成，其加工比较简单，主要由刨削、铣削和平面磨削完成。

(2) 毛坯选择 侧型芯滑块选择工具钢或合金工具钢锻造毛坯，锻造后退火，硬度为 170 ~ 250HBW。

(3) 工艺实施 侧型芯滑块的加工工艺路线见表 2-11。

表 2-11 侧型芯滑块的加工工艺路线

工 序 号	工 序 名 称	工 序 内 容	设 备
1	备料	将毛坯锻成平行六面体，保证各面有足够的加工余量	
2	铣削加工	铣六面	立式铣床
3	钳工划线		
4	铣削加工	铣导滑部分，留磨削余量 铣各斜面达到设计要求	立式铣床
5	钳工划线	去毛刺、倒钝锐边 加工螺孔	
6	热处理		
7	磨削加工	磨滑块导滑面达到设计要求	平面磨床
8	镗型芯固定孔	将滑块装入导滑槽内 按型腔上侧型芯孔的位置确定侧滑块上型芯固定孔的位置 尺寸 按上述位置尺寸镗滑块上的型芯固定孔	立式铣床
9	镗斜导柱孔	动模板和定模板组成，楔紧块将侧型芯滑块锁紧 将组成的动模板和定模板装夹在卧式镗床的工作台上 按斜导柱孔的斜角偏转工作台，镗孔	卧式镗床

2. 组合滑块的加工

根据图 2-43 所示的组合滑块，编写出其加工工艺路线，保证各尺寸、几何公差等符合图样的要求。

(1) 工艺分析 组合滑块起到导向、抽芯作用，需要具有非常好的耐磨性。加工过程中为满足平行度和垂直度要求，选择宽 60mm 的底平面和与其垂直的侧面为基准。斜导柱孔的尺寸精度要求低，与斜导柱的配合间隙大，使抽芯运动滞后于开模运动，动、定模分开很小的距离后，斜导柱才开始接触滑块抽芯。斜导柱孔表

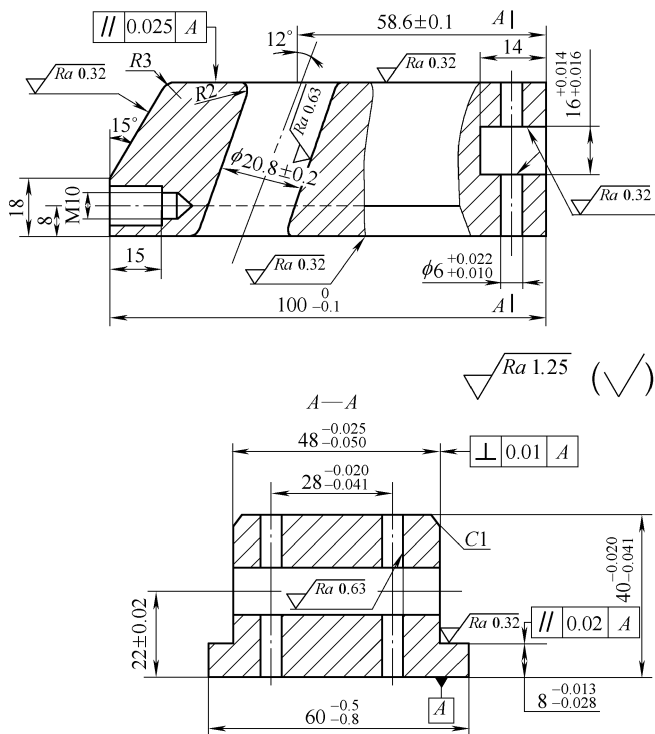


图 2-43 组合滑块

面的表面粗糙度低且有一定的硬度。滑块要进行热处理并在热处理后研磨内孔。为保证其与模板孔的同轴度，与模板装配后应进行配合加工。

在滑块加工中，为保证其位置精度必须选择合理的定位基准。在这里，可选择宽 60mm 的底平面和与其垂直的侧面为定位基准。滑块的斜导柱孔尺寸精度要求低，与斜导柱在工作中配合间隙大，其主要目的是使抽芯运动滞后于开模运动。因此要求斜导柱孔表面和斜导柱外圆表面作滑动接触，斜导柱孔表面的表面粗糙度低且有一定的硬度。故应对滑块进行热处理，并在热处理后，通过内孔研磨修正热处理造成的变形及降低表面粗糙度。

斜导柱孔也可在模具装配后进行配合加工。

(2) 毛坯选择 选择工具钢或合金工具钢，锻造毛坯，锻造后退火，硬度可达到 170 ~ 250HBW。

(3) 主要加工表面 平面，IT6 ~ IT7， $Ra = 0.32\mu\text{m}$ ；内孔，IT6 ~ IT7， $Ra = 0.63\mu\text{m}$ 。

(4) 工艺路线的拟订 这是一个带有斜导柱孔的滑块，加工时主要应保证各平面的加工精度和表面粗糙度、固定侧型芯圆孔的位置精度和尺寸要求。

一般的讲，对于不同精度要求的滑块，其加工工艺方案也不同，可以有如下选择（仅对滑块平面加工而言）：

- 1) 粗刨—粗磨 (IT8 ~ IT9, $Ra = 1.25 \sim 2.5\mu m$)。
- 2) 粗刨—半精刨 (IT8 ~ IT10, $Ra = 2.5 \sim 10\mu m$)。
- 3) 粗刨—半精刨—精刨 (IT7 ~ IT8, $Ra = 0.63 \sim 2.5\mu m$)。
- 4) 粗刨—精刨—精磨 (IT6, $Ra = 0.16 \sim 1.25\mu m$)。
- 5) 粗铣—精铣 (IT8 ~ IT10, $Ra = 0.63 \sim 2.5\mu m$)。
- 6) 粗铣—精铣—粗磨—精磨 (IT6 ~ IT7, $Ra = 0.32 \sim 1.25\mu m$)。
- 7) 粗铣—精铣—粗磨—精磨—研磨 (IT6 ~ IT7, $Ra = 0.01 \sim 0.1\mu m$)。

根据图 2-43 所示组合滑块的要求和以上工艺方案情况, 其工艺过程可选择如下: 锻造毛坯—退火 —粗加工—半精加工—热处理—精加工—光整加工。

(5) 工艺实施 组合滑块的加工工艺路线见表 2-12。

表 2-12 组合滑块的加工工艺路线

工 序 号	工 序 名 称	工 序 内 容	设 备
1	备料	锻造毛坯 110mm × 70mm × 50mm (双边余量 10mm)	锯床
2	热处理	退火硬度 ≤ 240HBW	
3	刨 (铣) 平面	刨 (铣) 六个面 101mm × 60mm × 40.6mm	刨床
4	磨平面	磨六个面 100.2mm × 60 ^{-0.5} _{-0.8} mm × 40.2mm	平面磨床
5	划线、钻孔、攻螺纹	划两侧面、导轨、凹槽、15°斜面的尺寸线 划 M10、2 × φ6mm 孔的中心线 钻 M10 攻螺纹底孔 φ8.5mm, 并攻螺纹 钻 2 × φ6mm 孔至 φ5.9mm	
6	铣削	铣两侧面, 保证尺寸 48.6mm 和导轨尺寸 8.5mm 铣削 15°斜面, 保证与底面距离为 18.4mm 铣凹槽 15.8mm, 槽深达到图样要求	立式铣床
7	磨削	磨两侧面保证尺寸 48.2mm, 导轨尺寸 8.3mm	平面磨床
8	钻孔、镗孔	钻 φ20.8mm 斜孔至 φ18mm, 镗 φ20.8mm 斜孔至尺寸, 留研磨余量 0.04mm (与定模板同时镗)	钻床
9	检验		
10	热处理	对导轨、15°斜面、φ20.8mm 内孔局部热处理, 保证硬度为 54 ~ 58HRC	
11	磨平面	磨上、下平面达到尺寸要求 磨滑动导轨至尺寸要求 磨两侧面至尺寸要求 磨凹槽至尺寸要求 磨斜角 15°至尺寸要求 磨端面至尺寸要求	平面磨床
12	研磨内孔	研磨 φ20.8mm 斜孔至要求 (可与模板配装研磨)	
13	钻孔、铰孔	与型芯配装后钻 2 × φ6mm 孔并配铰孔	钻床
14	钳工装配	对 2 × φ6mm 孔安装定位销	
15	检验		

2.2.3 斜导柱的加工

1. 工艺分析

斜导柱的结构形状如图 2-44 所示。其中图 2-44a 所示为普通形式，其截面一般为圆形；图 2-44b 所示的斜导柱为了减小其与滑块间的摩擦，将斜导柱铣出两个相对平面，其宽度 b 为斜导柱直径的 0.8 倍。为便于斜导柱导入滑块，斜导柱头部通常做成半球形或圆锥形。呈圆锥形时其半锥角应大于斜导柱的斜角 α ，以免在斜导柱的有效长度脱离后其头部仍然继续驱动滑块。

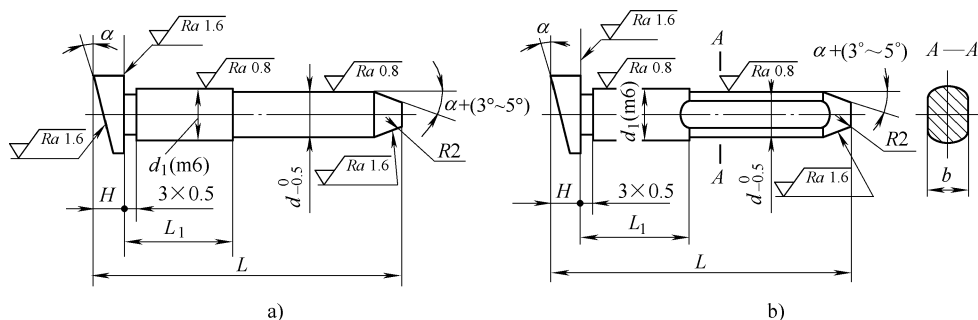


图 2-44 斜导柱

加工过程中要满足配合面精度和滑动面表面粗糙度的要求，同时还要满足圆柱面间的同轴度要求，表面硬度通过精加工前安排热处理来达到要求。

2. 毛坯选择

斜导柱的材料一般用 T8A 钢、T10A 钢或渗碳处理的 20 钢，淬火硬度在 55HRC 以上，工作表面经磨削加工后保持有 $Ra = 0.8 \mu\text{m}$ 的表面粗糙度。

构成斜导柱的主要表面为不同直径的同轴圆柱表面。根据其尺寸和材料，可直接选用热轧圆钢为坯料。

3. 主要加工表面

圆柱面： d_1 (m6), $d_{-0.5}^0$, $Ra = 0.8 \mu\text{m}$ 。

4. 工艺路线的拟订

根据斜导柱的不同精度和表面粗糙度要求，可较经济地达到要求的常见加工方法有如下几种：

- 1) 粗车—半精车—铣 (IT10 ~ IT11, $Ra = 2.5 \sim 5.0 \mu\text{m}$)。
- 2) 粗车—半精车—精车—铣 (IT9, $Ra = 1.25 \sim 2.5 \mu\text{m}$)。
- 3) 粗车—半精车—铣—磨削 (IT7 ~ IT9, $Ra = 0.63 \sim 1.25 \mu\text{m}$)。
- 4) 粗车—半精车—铣—粗磨—精磨 (IT6, $Ra = 0.32 \sim 0.63 \mu\text{m}$)。

以上四个方案中，1) 和 2) 适合不淬硬的斜导柱加工，而 3) 和 4) 适合需要

淬硬的斜导柱加工。根据上述内容，斜导柱的加工也可归纳为备料、粗加工、半精加工、热处理和精加工等步骤。

5. 工艺实施

斜导柱的加工工艺路线见表 2-13。

表 2-13 斜导柱的加工工艺路线

工 序 号	工 序 名 称	工 序 内 容	设 备
1	下料	T10A， $\phi 40\text{mm} \times 155\text{mm}$ 切断	锯床
2	车端面、 钻中心孔	自定心卡盘夹持车端面、钻中心孔，粗车外圆至 $\phi 38\text{mm}$ 调头车端面至尺寸 150mm ，钻中心孔，其中一端中心孔 深 16mm	卧式车床
3	车削	用双顶尖车各外圆至图 2-44 所示尺寸 车 25° 锥面及退刀槽，倒圆角	卧式车床
4	铣削	铣 20° 斜面	立式铣床
5	检验	按工序图检验	
6	热处理	淬火、回火， $50 \sim 55\text{HRC}$	
7	研中心孔	研两端中心孔	卧式车床
8	磨削	磨外圆 $\phi 30\text{mm}$ 至尺寸	外圆磨床
9	检验		

项目 3 模具工作零件的加工

模具的工作零件（或成形零件）一般比较复杂，而且有较高的加工精度要求，其加工质量直接影响到产品的质量与模具的使用寿命。模具工作零件工作型面的形状多种多样，但归纳起来不外乎两类：一是外工作型面，包括型芯与凸模等工作型面；二是内工作型面，如各种凹模的工作型面，按照工作型面的特征又可分为型孔与型腔两种。

成形零件的加工方法根据加工条件和工艺方法可分为三大类，即通用机床加工、数控机床加工和采用特种工艺加工。

通用机床加工模具零件，主要依靠工人的熟练技术，利用铣床、车床等进行粗加工、半精加工，然后由钳工修正、研磨、抛光。这种工艺方案，生产效率低、周期长、质量也不易保证。但设备投资较少，机床通用性强，作为精加工、电加工之前的粗加工和半精加工又不可缺少，因此仍被广泛采用。

数控机床加工是指采用数控铣床、加工中心等机床对模具零件进行粗加工、半精加工、精加工以及采用高精度的成形磨床、坐标磨床等进行热处理后的精加工，并采用三坐标测量仪进行检测。这种工艺降低了对熟练工人的依赖程度，生产效率高，特别是对于一些复杂的成形零件，采用通用机床加工很困难，不易加工出合格的产品，采用数控机床加工显然是很理想的，但是一次性投资大。

所谓特种工艺，主要是指电火花加工、电解加工、挤压、精密铸造、电铸等成形方法。

模具常用加工方法能达到的加工精度、表面粗糙度和所需的加工余量见表 3-1。

表 3-1 模具常用加工方法能达到的加工精度、表面粗糙度和所需的加工余量

加 工 方 法		本道工序的经济加工余量 (单面)/mm	经济加工精度	表面粗糙度 $Ra/\mu\text{m}$
刨削	半精刨	0.8 ~ 1.5	IT10 ~ IT12	6.3 ~ 12.5
	精刨	0.2 ~ 0.5	IT8 ~ IT9	3.2 ~ 6.3
铣削	靠模铣	1 ~ 3	0.04mm	1.6 ~ 6.3
	粗铣	1 ~ 2.5	IT10 ~ IT11	3.2 ~ 12.5
	精铣	0.5	IT7 ~ IT9	1.6 ~ 3.2
	仿形雕刻	1 ~ 3	0.1mm	1.6 ~ 3.2

(续)

加工方法		本道工序的经济加工余量 (单面)/mm	经济加工精度	表面粗糙度 $Ra/\mu\text{m}$
车削	靠模车	0.6 ~ 1	0.24mm	1.6 ~ 3.2
	成形车	0.6 ~ 1	0.1mm	1.6 ~ 3.2
	粗车	1	IT11 ~ IT12	6.3 ~ 12.5
	半精车	0.6	IT8 ~ IT10	1.6 ~ 3.2
	精车	0.4	IT6 ~ IT7	0.8 ~ 1.6
	精细车、金刚车	0.15	IT5 ~ IT6	0.1 ~ 0.8
钻		—	IT11 ~ IT14	6.3 ~ 12.5
扩	粗扩	1 ~ 2	IT12	6.3 ~ 12.5
	细扩	0.1 ~ 0.5	IT9 ~ IT10	1.6 ~ 6.3
铰	粗铰	0.1 ~ 0.15	IT9	3.2 ~ 6.3
	精铰	0.05 ~ 0.1	IT7 ~ IT8	0.8
	精细铰	0.02 ~ 0.05	IT6 ~ IT7	0.2 ~ 0.4
镗削	粗镗	1	IT11 ~ IT12	6.3 ~ 12.5
	半精镗	0.5	IT8 ~ IT10	1.6 ~ 6.3
	高速镗	0.05 ~ 0.1	IT8	0.4 ~ 0.8
	精镗	0.1 ~ 0.2	IT6 ~ IT7	0.8 ~ 1.6
	精细镗、金刚镗	0.05 ~ 0.1	IT6	0.2 ~ 0.8
	坐标镗	0.1 ~ 0.3	0.01mm	0.2 ~ 0.8
磨削	粗磨	0.25 ~ 0.5	IT7 ~ IT8	3.2 ~ 6.3
	半精磨	0.1 ~ 0.2	IT7	0.8 ~ 1.6
	精磨	0.05 ~ 0.1	IT6 ~ IT7	0.2 ~ 0.8
	精细磨、超精磨	0.005 ~ 0.05	IT5 ~ IT6	0.025 ~ 0.1
	仿形磨	0.1 ~ 0.3	0.01mm	0.2 ~ 0.8
	成形磨	0.1 ~ 0.3	0.01mm	0.2 ~ 0.8
钳工划线		—	0.25 ~ 0.5mm	
钳工研磨		0.002 ~ 0.015	IT5 ~ IT6	0.025 ~ 0.05
电火花成形加工		—	0.05 ~ 0.1mm	1.25 ~ 2.5
电火花线切割		—	0.005 ~ 0.01mm	1.25 ~ 2.5
电解成形加工		—	$\pm (0.05 \sim 0.2) \text{ mm}$	0.8 ~ 3.2
电解抛光		0.1 ~ 0.15	—	0.025 ~ 0.8
电解磨削		0.1 ~ 0.15	IT6 ~ IT7	0.025 ~ 0.8
照相腐蚀		0.1 ~ 0.4	—	0.1 ~ 0.8
超声抛光		0.02 ~ 0.1	—	0.01 ~ 0.1
磨料流动抛光		0.02 ~ 0.1	—	0.01 ~ 0.1
冷挤压		—	IT7 ~ IT8	0.08 ~ 0.32

注：经济加工余量是指本道工序比较合理、经济的加工余量。本道工序的加工余量要视加工公称尺寸、工件材料、热处理状况、前道工序的加工结果等具体情况而定。

热处理工艺：淬火，950 ~ 1 000℃油冷；淬火，980℃油冷，180℃回火 2h。
毛坯选择锻件。

(3) 主要表面加工方案的选择 直径为 D 的圆柱面：粗车—半精车—磨削；
直径为 d 的圆柱面：粗车—半精车—磨削—精磨。

(4) 工艺路线的拟订 根据零件特点，考虑两种加工方案。

方案一：双顶尖法，备料—锻造—热处理—车端面、外圆—热处理—研中心孔—磨削。

方案二：工艺夹头法，备料—锻造—热处理—车端面、外圆—热处理—磨削—去除夹头（车端面时留夹头的余量）。

(5) 工艺实施 圆形冲孔凸模的加工工艺路线见表 3-2。

表 3-2 圆形冲孔凸模的加工工艺路线

工 序 号	工 序 名 称	工 序 内 容	设 备
1	下料	按尺寸 $(D_1 + 2\text{mm}) \times (L + 30\text{mm})$ 切断	锯床
2	锻造	锻成圆柱形，留余量	
3	热处理	退火，硬度 $\leq 240\text{HBW}$	
4	车端面 钻中心孔	车端面及中心孔 车直径为 D 、 d 的圆柱面，单面磨削余量 0.3mm	卧式车床
5	检验		
6	热处理	淬硬，58 ~ 64HRC	
7	研磨中心孔	研磨中心孔 调头研磨另一端中心孔	卧式车床
8	磨削外圆	磨外圆 D 及 d 至尺寸	外圆磨床
9	平磨	平磨端面	平面磨床
10	检验		

2. 圆形拉深凸模的加工

图 3-2 所示为圆形拉深凸模，其材料为 Cr12MoV 钢，硬度为 60 ~ 64HRC。合理选用机床设备，编写其加工工艺路线，保证各尺寸、几何公差等符合图样的要求。

Cr12MoV 模具钢的淬透性、淬火并回火后的硬度、强度、韧性比 Cr12 钢高，直径为 300mm 以下的工件可完

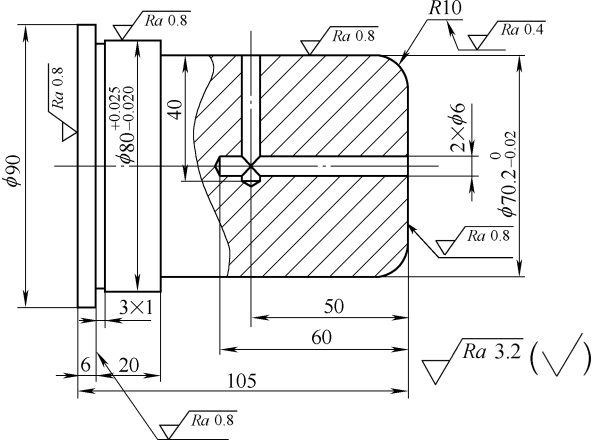


图 3-2 圆形拉深凸模

全淬透，淬火变形小，但高温塑性较差。

Cr12MoV 钢多用于制造截面较大、形状复杂以及工作负荷较重的合种模具和工具。

热处理规范：淬火，950 ~ 1 000℃油冷；1 020℃淬火，200℃回火 2h。

毛坯选择锻件。

根据工艺分析结果，圆形拉深凸模的加工工艺路线见表 3-3。

表 3-3 圆形拉深凸模的加工工艺路线

工 序 号	工 序 名 称	工 序 内 容	设 备
1	下料	热轧圆钢，锯床切断	锯床
2	锻造	锻成 $\phi 100\text{mm} \times 115\text{mm}$	
3	热处理	退火，硬度 $\leq 240\text{HBW}$	
4	车削	粗车 $\phi 70.2\text{mm}$ 、 $\phi 80\text{mm}$ 留单边磨削余量 $0.2 \sim 0.3\text{mm}$ ， $\phi 90\text{mm}$ 至尺寸， $R10\text{mm}$ 留单边余量 0.05mm ，钻 $\phi 6\text{mm}$ 孔，车槽、车端面至尺寸	卧式车床
5	钳工	划线、钻垂直孔 $\phi 6\text{mm}$ 至尺寸	钻床
6	检验		
7	热处理	淬火 + 低温回火至 $60 \sim 64\text{HRC}$	
8	磨削外圆	磨 $\phi 70.2\text{mm}$ 、 $\phi 80\text{mm}$ 至尺寸	外圆磨床
9	磨平面	平磨端面（装配后左端面仍要磨）	平面磨床
10	精修	用油石在车床上修 $R10\text{mm}$ ，使其光洁、圆滑	卧式车床
11	检验		

3.1.2 非圆形凸模的加工

根据图 3-3 所示的非圆形凸模，合理选用机床设备，编写其加工工艺路线，保证各尺寸、几何公差等部分符合图样的要求。

1. 工艺分析

非圆形凸模的制造方法采用配作法。冲孔加工时，凸模是基准件，凸模的刃口尺寸决定制造尺寸，凹模型孔加工是以凸模制造时刃口的实际尺寸为基准来配制冲裁间隙的。因此，凸模是保证产品型孔尺寸的关键零件。非圆形凸模的外形是长方体，其尺寸为 $22\text{mm} \times 32\text{mm} \times 45\text{mm}$ 。在开始加工时，应首先保证其外形尺寸。非圆形凸模的成形表面是图 3-3 中的曲面 L ，其尺寸如图 3-3 所示。其固定部分是矩形，它和成形表面呈台阶状，属于小型工作零件。其在淬火前的加工方法采用仿形刨削

或压印法,淬火后的精加工可以采用坐标磨削和钳工修研法。

2. 毛坯选择

非圆形凸模的材料为 MnCrWV 钢,其热处理硬度为 58 ~ 62HRC,属于低合金工具钢,也属于低变形冷作模具钢,具有良好的综合性能,是锰铬钨系钢的代表钢种。其中含有微量的钒,能抑制网状碳化物的生成,提高淬透性和降低热敏感性,使晶粒细化。

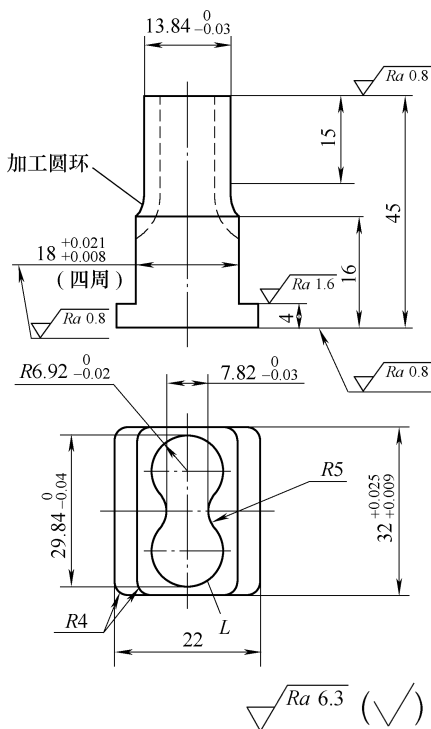
非圆形凸模为实心零件,各部位尺寸差异不大,热处理时较易控制形变,易达到图样要求。

毛坯选择锻件。

3. 工艺路线的拟订

复杂型面凸模的制造工艺应根据凸模的形状、尺寸和技术要求并结合本单位设备情况等具体条件来制订。

凸模的非圆形工作型面,大致分为平面结构和非平面结构两种。加工以平面构成的凸模型面(或主要是平面)比较容易,可采用铣削或刨削的方法对各表面逐次进行加工,如图 3-4 所示。



型面 $Ra\ 0.4/Ra\ 6.3$
零件名称: 冲孔模凸模
材料: MnCrWV 钢
热处理: 58 ~ 62HRC

图 3-3 非圆形凸模

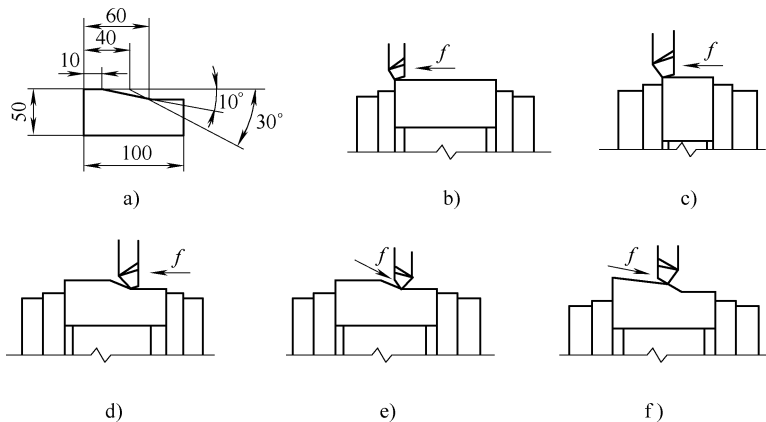


图 3-4 平面结构凸模的刨削加工

- a) 凸模 b) 刨四面 c) 刨两端面 d) 刨小平面
e) 刨 30°斜面 f) 刨 10°斜面

采用铣削方法加工平面结构的凸模时，多采用立式铣床和万能工具铣床进行加工。这类模具中某些倾斜平面的加工方法有以下几种。

- 1) 装夹工件时使被加工斜面处于水平位置进行加工，如图 3-5 所示。
- 2) 使刀具相对于工件倾斜一定的角度对被加工表面进行加工，如图 3-6 所示。

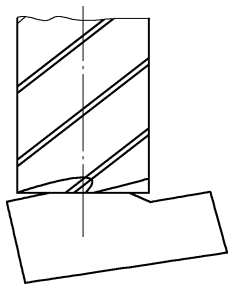


图 3-5 工件斜置铣削

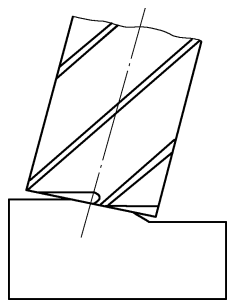


图 3-6 刀具斜置铣削

- 3) 将刀具制成一定的锥度对斜面进行加工，这种方法一般很少用。

加工非平面结构的凸模（图 3-7）时，可根据凸模的形状、结构特点和尺寸大小采用车床、仿形铣床、数控铣床或通用铣（刨）床等进行加工。

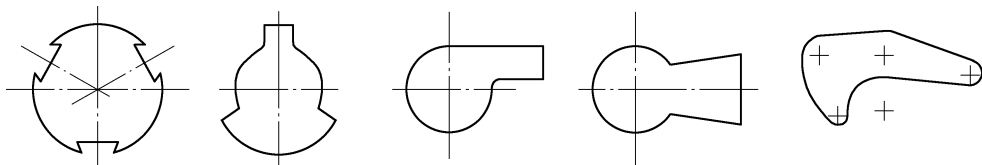


图 3-7 非平面结构的凸模

采用仿形铣床或数控铣床加工，可以减轻劳动强度，容易获得所要求的形状尺寸。数控铣削的加工精度比仿形铣削高。仿形铣削是靠仿形销和靠模的接触来控制铣刀运动的，因此，仿形销和靠模的尺寸形状误差、仿形运动的灵敏度等会直接影响零件的加工精度。无论是仿形铣削还是数控铣削，都应采用螺旋齿铣刀进行加工，这样可使切削过程平稳，容易获得较小的表面粗糙度值。

在普通铣床上加工凸模是采用划线法进行加工的。加工时按凸模上划出的刃口轮廓线，手动操作机床工作台（或机床附件）进行切削加工。这种加工方法对操作工人的技术水平要求高，劳动强度大，生产效率低，加工质量取决于工人的操作技能，而且会增加钳工的工作量。

当采用铣削、刨削方法加工凸模的工作型面时，由于结构原因不能用一种方法加工出全部型面（如凹入的尖角和小圆弧）时，应考虑采用其他加工方法对这些部位进行补充加工。在某些情况下，为便于机械加工需要将凸模做成组合结构。

4. 知识讲解

(1) 成形磨削 成形磨削是成形表面精加工的一种方法，具有高精度、高效率的优点。在模具制造中，成形磨削主要用于精加工凸模、凹模拼块及电火花加工用的电极等零件。

形状复杂的模具零件，一般是由若干平面、斜面和圆柱面等简单形状的表面组成的，其轮廓线由若干直线和圆弧组成，其模具刃口形状如图 3-8 所示。成形磨削的原理就是把零件的轮廓分成若干直线与圆弧，然后按照一定的顺序逐段磨削，使之达到图样上的技术要求。

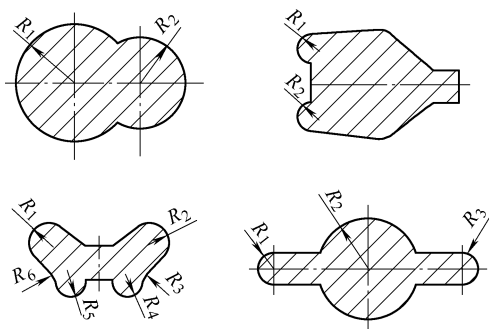


图 3-8 模具刃口形状

1) 成形砂轮磨削法是将砂轮修整成与工件被磨削表面完全吻合的形状进行磨削加工，以获得所需要的成形表面，如图 3-9 所示。此法一次所能磨削的表面宽度不能太大。为获得一定形状的成形砂轮，可将金刚石固定在专门设计的修整夹具上对砂轮进行修整。

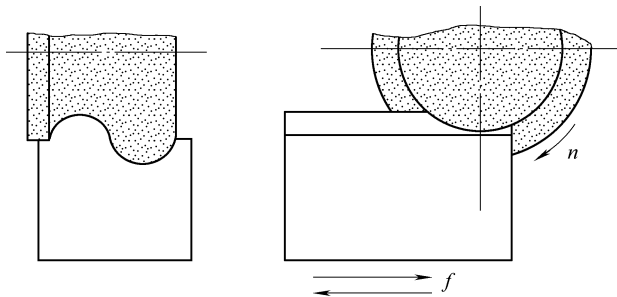


图 3-9 成形砂轮磨削法

2) 夹具磨削法是借助于夹具，使工件的被加工表面处在所要求的空间位置上（图 3-10），或使工件在磨削过程中获得所需的进给运动，从而磨削出成形表面。图 3-10 所示为用夹具磨削圆弧面的加工示意图。工件除作纵向进给（由机床提供）外，还可以借助夹具作断续的圆周进给，这种磨削圆弧的方法称为回

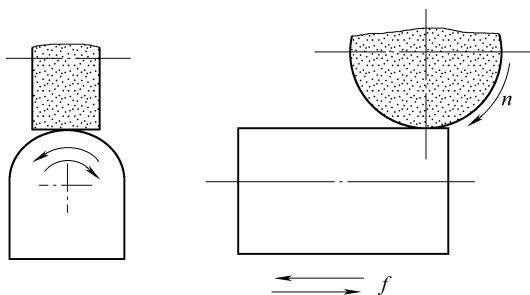


图 3-10 用夹具磨削圆弧面的加工示意图

转法。

常见的成形磨削夹具具有以下几种。

① 如图 3-11a 所示, 正弦精密平口钳主要由带有精密平口钳的正弦规和底座组成。工件 3 装夹在精密平口钳 2 上, 在正弦圆柱 4 和底座 1 的定位面之间垫入量块, 可使工件倾斜一定的角度, 以磨削工件上的倾斜表面, 如图 3-11b 所示。量块尺寸按下式计算:

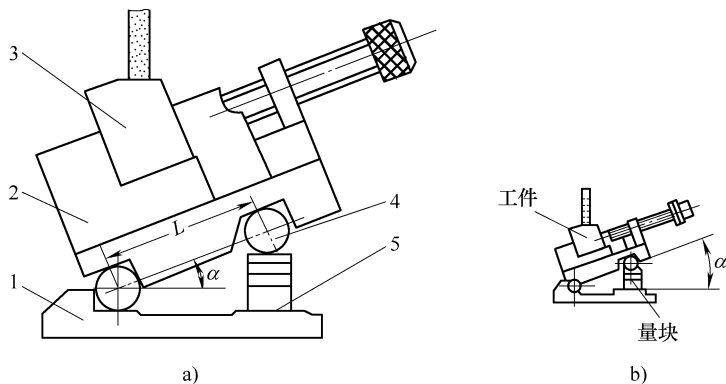


图 3-11 正弦精密平口钳及磨削示意图

a) 正弦精密平口钳 b) 磨削示意图

1—底座 2—精密平口钳 3—工件 4—正弦圆柱 5—量块

$$H_1 = L \sin \alpha$$

式中 H_1 ——垫入量块的尺寸, 单位为 mm;

L ——正弦圆柱的中心距, 单位为 mm;

α ——工件需要倾斜的角度, 单位为 ($^{\circ}$)。

正弦精密平口钳的最大倾斜角度为 45° 。为了保证磨削精度, 应使工件在夹具内正确定位, 工件的定位基面应预先磨平并保证垂直。

② 正弦磁力夹具的结构和应用情况与正弦精密平口钳相似, 两者的区别在于正弦磁力夹具用磁力代替平口钳夹紧工件, 如图 3-12 所示。电磁吸盘能倾斜的最大角度也是 45° , 其适于磨削扁平工件。

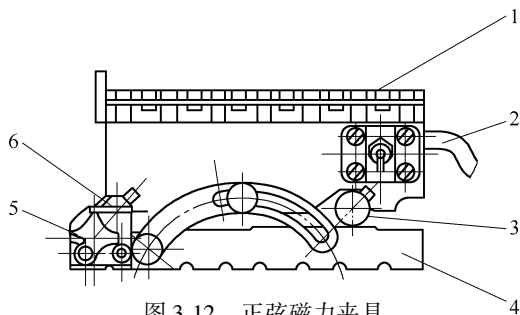


图 3-12 正弦磁力夹具

1—电磁吸盘 2—电源线 3、6—正弦圆柱
4—底座 5—锁紧手轮

例 3-1 图 3-13 所示的凸模采用正弦磁力夹具在平面磨床上磨削斜面 a 、斜面 b 及平面 c 。除面 a 、面 b 、面 c 外, 其余各面均已加工到设计要求。

30°, 砂轮圆周修整出部分圆锥角为 60° 的圆锥面, 如图 3-14d 所示。

砂轮的外圆柱面与处于水平位置的面 b 部分微微接触, 再使砂轮慢速横向进给, 直到面 c 也出现微小的火花, 加工结束, 如图 3-14e 所示。

③ 正弦分中夹具主要用于加工具有一个回转中心的工件, 如图 3-15 所示。正弦分中夹具主要由正弦头、尾架和底座三部分组成, 加工时工件装在两顶尖之间, 可根据工件的长度调节尾架的位置。转动安装在蜗杆 8 上的手轮, 可通过蜗杆副驱动前顶尖转动, 进而由鸡心夹头带动工件转动。利用正弦头右侧面的分度头, 可控制工件的回转角度, 要求一般精度时直接在分度盘上读取, 要求精度高时, 可在垫板与正弦圆柱间垫量块进行调节。

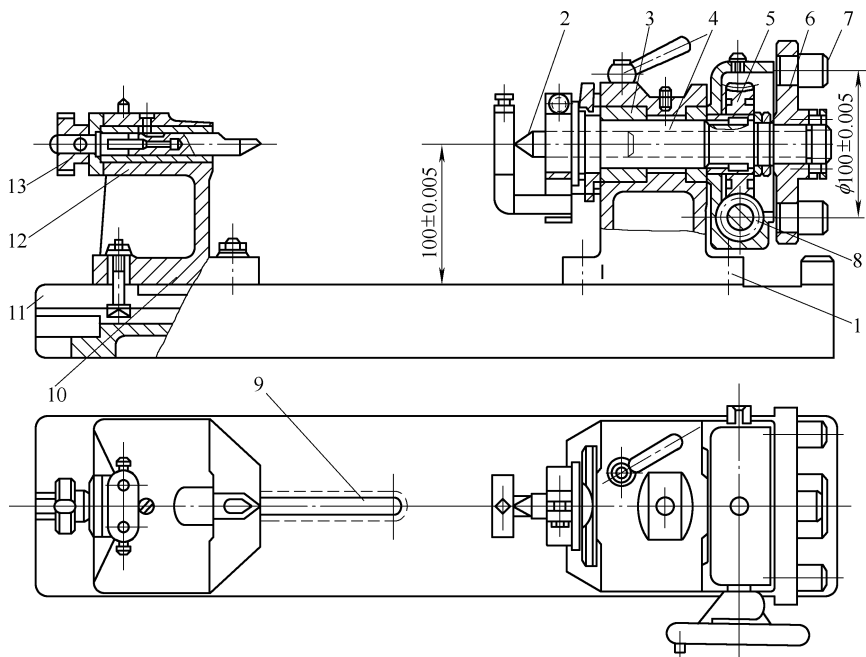


图 3-15 正弦分中夹具

- 1—支架 2—前顶尖 3—轴套 4—主轴 5—蜗轮 6—分度盘 7—正弦圆柱
8—蜗杆 9—定向键 10—尾架 11—底座 12—后顶尖 13—手轮

设正弦圆柱中心至夹具主轴中心的距离为 L ($L = D/2$, D 为正弦圆柱中心所在圆的直径), 当其中一对正弦圆柱处于水平位置时, 在该正弦圆柱下面所垫量块的高度为 H_0 , 如图 3-16a 所示。

当垫量块的正弦圆柱在过夹具回转中心的水平线之下时, 如图 3-16b 所示, 应垫量块的高度为

$$H_1 = H_0 - L \sin \alpha \quad (3-1)$$

式中 α ——工件所需转动的角度, 单位为 ($^\circ$)。

当垫量块的正弦圆柱在过夹具回转中心的水平线之上时,如图 3-16c 所示,应垫量块的高度为

$$H_2 = H_0 + L \sin \alpha \quad (3-2)$$

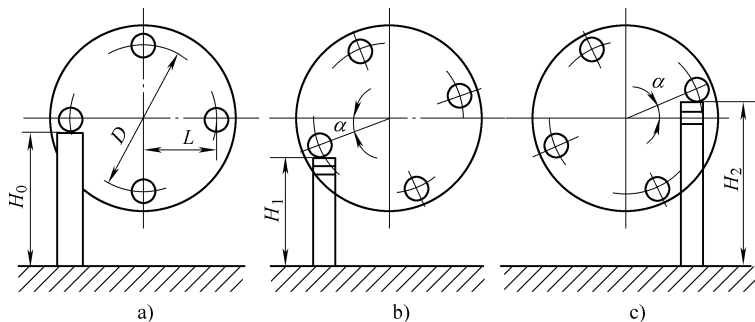


图 3-16 应垫量块高度的计算

为了减少磨削时的计算,可根据式(3-1)和式(3-2)计算出 $0^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$ 时应垫量块的高度。

在正弦分中夹具上,工件的装夹方法通常有心轴装夹法和双顶尖装夹法。

心轴装夹法:图 3-17 所示为心轴装夹。如果工件 2 上有内孔,当此孔的中心是外成形表面的回转中心时,可在孔内装入心轴 1。否则在工件 2 上做出工艺孔,用来安装心轴 1。利用心轴 1 两端的中心孔将心轴 1 和工件 2 夹持在分中夹具的两顶尖之间。当夹具主轴 5 回转时,可通过鸡心夹头 4 带动工件 2 一起回转。

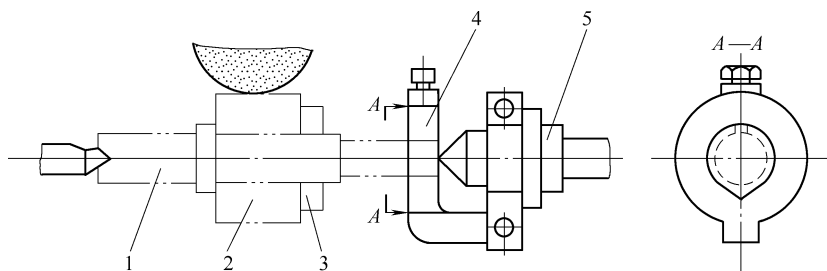


图 3-17 心轴装夹

1—心轴 2—工件 3—螺母 4—鸡心夹头 5—夹具主轴

双顶尖装夹法:当工件没有内孔,也不允许在工件上做工艺孔时,可采用双顶尖装夹法,如图 3-18 所示。工件除带有一对主中心孔外,还有一个副中心孔,用于拨动工件。加长顶尖 1 装在夹具的主轴孔内。副顶尖 2 可在叉形滑板 3 的槽内上下移动,并能借助螺母 4 调节至所需的长度。若将副顶尖做成弯的,可扩大其使用范围。

采用这种方法装夹时,要求加长顶尖、副顶尖与中心孔的锥度密切配合,而且要顶紧才能保证加工精度,但副顶尖对工件的推力不能过大,否则会使工件产生弯曲。

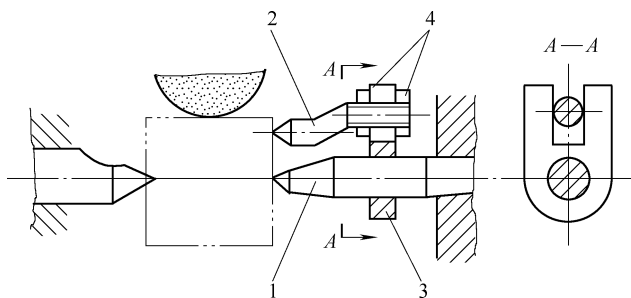


图 3-18 双顶尖装夹

1—加长顶尖 2—副顶尖 3—叉形滑板 4—螺母

用正弦分中夹具磨削工件时，被磨削表面的尺寸是用测量调整器、量块和百分表进行比较测量的。

测量调整器由三脚架与量块座组成，如图 3-19 所示，量块座 2 能沿着三脚架 1 斜面上的 V 形槽上、下移动，当移动到所需的位置时，可用螺母将其锁紧。为了保证测量的精度，测量调整器应制造得很精确，要求量块座 2 能沿三脚架 1 的斜面移到任意位置上，量块座 2 的支承面 A 和 B 分别与测量调整器的安装基准面 D 和 C 保持平行。

在正弦分中夹具上，无论磨削圆弧还是直线，都是以夹具中心线为基准，用测量调整器、量块和百分表进行测量的。为此，首先应调整量块座的位置，使它能反映出夹具的中心高。为了便于测量，通常把量块座的面 B 调节到比夹具中心低 50mm 的位置。其调节方法如图 3-20 所示。在夹具的顶尖间装上一根直径为 d 的标准圆柱，并在量块座的面 B 上安放一块高 50mm 的量块以及高度为 $d/2$ 的量块组。调整量块座的位置，使百分表在量块组和圆柱上的读数相同。取下量块组，则高度为 50mm 块规的上表面与夹具中心线等高。

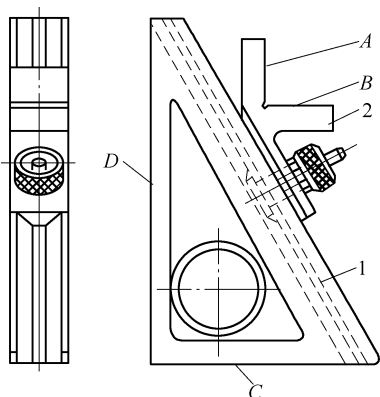


图 3-19 测量调整器

1—三脚架 2—量块座

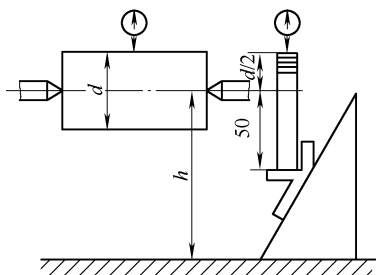


图 3-20 夹具中心高的测量

当被测量表面高于夹具中心时,可在 50mm 量块上加入量块组,使百分表在量块组表面与被测量表面的读数相同。这样,量块组的高度就等于被测量表面至夹具中心的距离。设被测量表面至夹具中心的距离为 s ,则量块组上表面的测量高度为

$$H = h + s$$

式中 h ——夹具中心高。

当被测量表面低于夹具中心时,应将 50mm 量块取去,在面 B 上安装高度为 $(50\text{mm} - s)$ 的量块组即可。量块组上表面的测量高度为

$$H = h - s$$

④ 万能夹具可加工具有多个回转中心的工件,如图 3-21 所示。工件定位以后随主轴来回旋转,磨出以该回转中心为轴线的圆弧面。与正弦分中夹具相比,其结构上主要多出了由一对相互垂直的精密丝杠螺母副组成的十字滑板部分,该部分可带动工件相对于夹具主轴沿 X 与 Y 两个方向移动,从而使工件上不同的回转中心分别与夹具主轴重合,磨出复杂曲面上的各部分圆弧面。

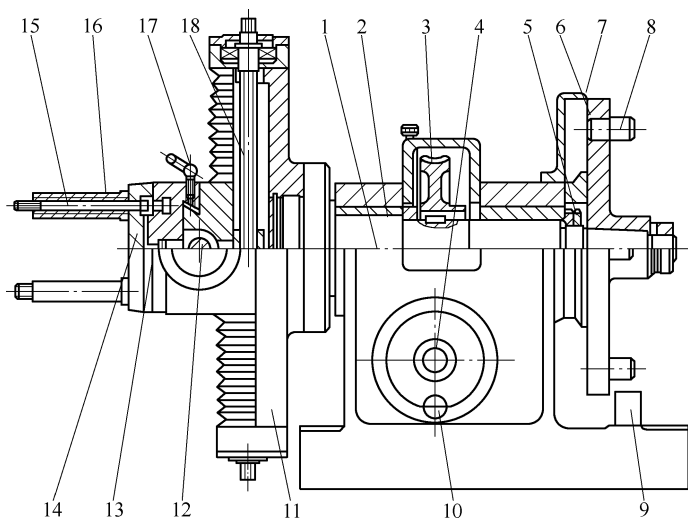


图 3-21 万能夹具

- 1—主轴 2—轴套 3—蜗轮 4—蜗杆 5—紧固螺母 6—分度盘 7—刻度盘
8—正弦圆柱 9—量块垫板 10—手轮 11、12—十字滑板 13—横滑板
14—转盘 15—螺钉 16—垫柱 17—手柄 18—丝杠

万能夹具比正弦分中夹具更为完善,它除了能使工件回转之外,还可以使工件在互相垂直的方向上移动,以调整工件的回转中心,使工件与夹具主轴的中心重合。工件在两个互相垂直方向上的移动是通过十字滑板实现的。万能夹具上工件的装夹方法通常有四种。

用螺钉紧固工件(图 3-22):在工件上预先做好工艺螺钉孔($M8 \sim M10$),用

螺钉和垫柱将工件紧固在转盘上。螺钉的数目视工件大小而定,较大的工件用2~4个;较小的工件可用1个,但磨削用量应适当减小。垫柱的数目与螺钉数相同,其长度应适当,要保证砂轮退出时不致碰坏夹具。此外,为了保证装夹精度,要求各垫柱的高度一致。用这种方法紧固工件,一次装夹便能把工件的整个轮廓磨削出来。

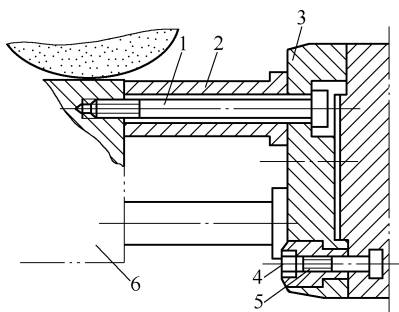


图 3-22 螺钉紧固工件

1、5—螺钉 2—垫柱 3—转盘
4—滚花螺母 6—工件

用精密平口钳装夹:精密平口钳(图3-23)主要由底座1、活动钳口2和传动螺杆3组成。它与一般的平口钳相似,但其制造精度

较高。用螺钉和垫柱将精密平口钳安装在转盘上(图3-24),便可利用平口钳夹紧工件。为了保证装夹精度,工件上装夹与定位的面(面a、b、c)应事先经过磨削。这种方法装夹方便,但在一次装夹中只能磨削工件上的一部分表面。

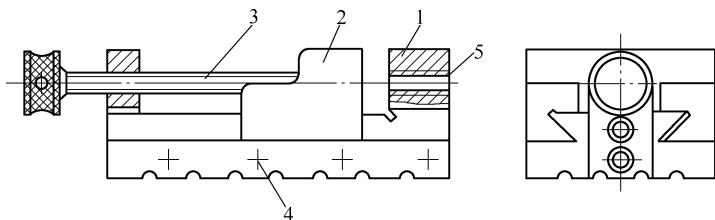


图 3-23 精密平口钳

1—底座 2—活动钳口 3—传动螺杆 4、5—螺孔

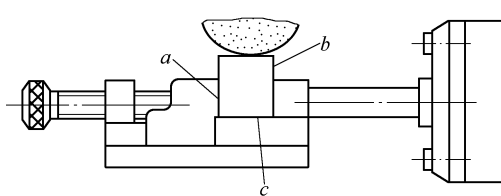


图 3-24 精密平口钳装夹

用磁力平台装夹(图3-25):将磁力平台装在转盘上,利用它来吸牢工件。这种方法装夹方便、迅速,适于磨削扁平的工件。它与精密平口钳装夹法相似,在一次装夹中只能磨削工件上的一部分表面。

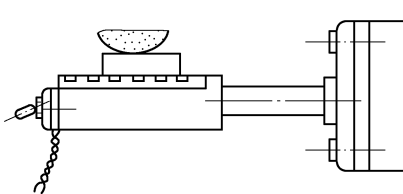


图 3-25 磁力平台装夹

用磨回转体的夹具装夹:需要磨削圆球

面或圆锥面时,可用这种方法装夹。磨回转体的夹具的结构如图 3-26 所示。被磨削的工件装在弹簧夹头 1 内,拧紧螺母 2 将工件夹紧,旋转手轮 3 可使弹簧夹头和工件绕夹具中心回转。将此夹具安放在磁力平台上(图 3-27),利用磁力将它吸牢。磨削时,借助于磨回转体夹具的回转和万能夹具的回转,可以加工工件上的球面。若使磁力平台倾斜一定的角度,则可利用磨回转体夹具的回转来磨削工件的锥面。

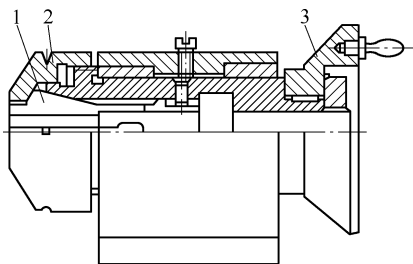


图 3-26 磨回转体的夹具

1—弹簧夹头 2—螺母 3—手轮

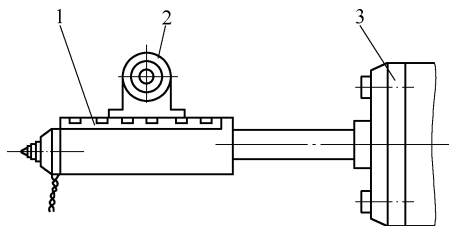


图 3-27 磨回转体夹具的装夹

1—磁力平台 2—磨回转体夹具 3—转盘

万能夹具用于磨削直线与圆弧或圆弧与圆弧相连接的各种形状复杂的工件。磨削平面或斜面时,需要将加工的平面或斜面依次转至水平(或垂直)位置,以便砂轮的圆周(或端面)进行磨削。利用分度盘控制回转角度以及用测量调整器、量块和百分表对被加工表面进行比较测量的方法均与正弦分中夹具相同。利用万能夹具加工圆弧面的方法是调整十字滑板,使被加工圆弧的中心与夹具中心重合,磨削时用手轮旋转蜗杆,通过蜗轮带动工件回转。

(2) 光学曲线磨床上的仿形磨削 在光学曲线磨床上进行仿形磨削时,光学曲线磨床利用放缩尺,按放大样板或放大图对成形表面进行磨削加工,用于磨削平面、圆弧面和非圆形的复杂曲面,特别适合用于单件或小批生产中各种复杂曲面的磨削工作。主要用于磨削尺寸较小的凸模和凹模拼块。被加工零件的精度为 $\pm 0.01\text{mm}$, $Ra = 0.32 \sim 0.63\mu\text{m}$ 。图 3-28 所示为光学曲线磨床。

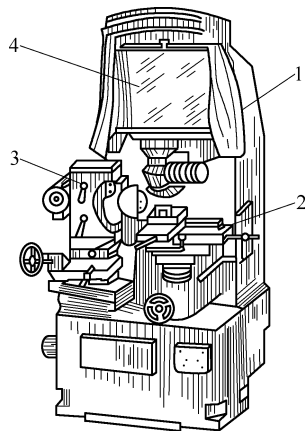


图 3-28 光学曲线磨床

1—床身 2—坐标工作台
3—砂轮架 4—光屏

砂轮架用来安装砂轮,它能作纵向和横向送进(手动),可绕垂直轴旋转一定的角度以便将砂轮斜置进行磨削,如图 3-29 所示。

光学曲线磨床的光学投影放大系统原理图如图 3-30 所示。

将被磨削表面的轮廓分段,如图 3-31a 所示。把每段曲线放大 50 倍绘图,如图 3-31b 所示。

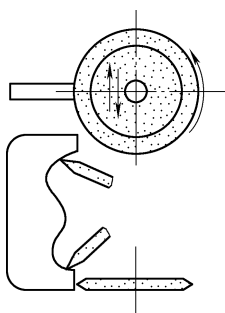


图 3-29 磨削曲线轮廓的侧边

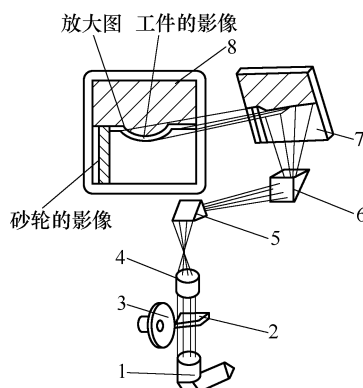


图 3-30 光学曲线磨床的光学投影放大系统原理图

1—光源 2—工件 3—砂轮 4—物镜
5、6—三棱镜 7—平镜 8—光屏

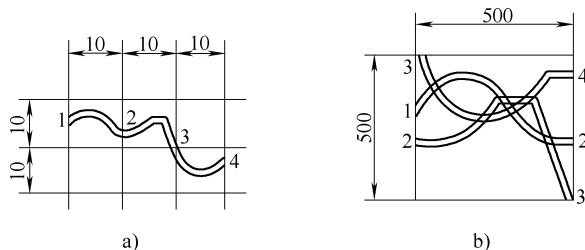


图 3-31 分段磨削

a) 被磨削平面的轮廓分段 b) 放大 50 倍的曲线

(3) 数控磨床上的成形磨削 在数控磨床上进行成形磨削时，在成形磨床或平面磨床上利用夹具或成形砂轮进行磨削，一般都是采用手工操作。因此，其加工精度在一定程度上依赖于工人的操作技巧。采用数控磨床主要是为了提高加工精度，便于采用电子计算机辅助设计和辅助制造模具，使模具制造朝着高质量、高效率、低成本和自动化的方向发展，目前，数控磨床在实际应用中收到了良好的效果。

图 3-32 所示为数控磨床。它以平面磨床为基础，其中工作台面纵向往复直线运动和前、后（横向）进给运动，砂轮除了作旋转运动外，还可以作垂直进给运动。其特点是采用数控装置对砂轮的垂直进给运动和工作台的横向进给运动进行控制。所谓数控是指用数字指令来控制机器的动作。在加工工件时，首先根据其图样编出程序，并按一定的格式将程序打成穿孔纸带，然后把穿孔纸带输入数控装置，使机器按预定的要求自动实现工件的加工。

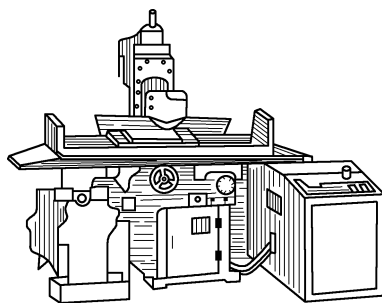


图 3-32 数控磨床

在数控磨床上进行成形磨削的方法主要有成形砂轮磨削法、仿形磨削法和复合磨削法。

1) 采用成形砂轮磨削法时, 首先利用数控装置控制安装在工作台上的砂轮修整装置, 使它与砂轮架作相对运动而得到所需的成形砂轮, 如图 3-33a 所示, 然后用此成形砂轮磨削工件。磨削时, 工件作纵向往复直线运动, 砂轮作垂直进给运动, 如图 3-33b 所示。这种方法适用于加工面窄、批量大的工件。

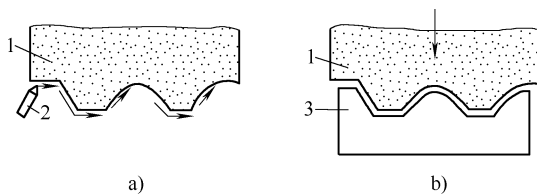


图 3-33 成形砂轮磨削

a) 砂轮修整装置 b) 磨削工件
1—砂轮 2—金刚刀 3—工件

2) 采用仿形磨削法时, 首先利用数控装置把砂轮修整成圆形或 V 形, 如图 3-34a 所示, 然后由数控装置控制砂轮架的垂直进给运动, 使砂轮的切削刃沿着工件的轮廓进行仿形加工, 如图 3-34b 所示, 这种方法适用于加工面宽的工件。

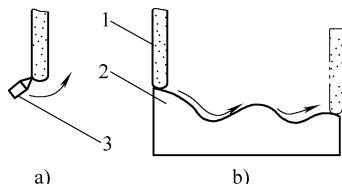


图 3-34 仿形法磨削

a) 修整砂轮 b) 磨削工件
1—砂轮 2—工件 3—金刚刀

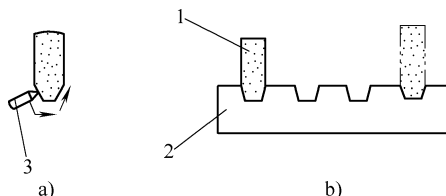


图 3-35 复合磨削

a) 修整成形砂轮 b) 磨削工件
1—砂轮 2—工件 3—金刚刀

成形磨削时, 凸模不能带凸肩, 如图 3-36 所示。当凸模形状复杂, 某些表面因砂轮不能进入而无法直接磨削时, 可考虑将凸模改成镶拼结构, 如图 3-37 所示。

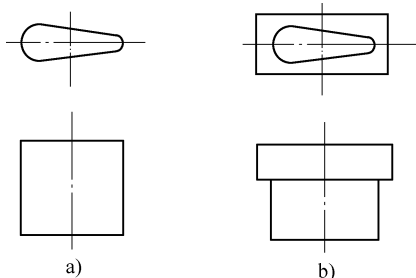


图 3-36 凸模结构

a) 无凸肩的凸模 b) 带凸肩的凸模

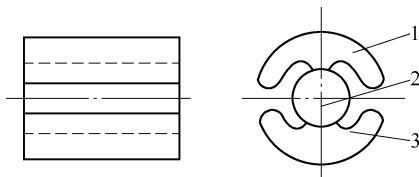


图 3-37 镶拼凸模

1、2、3—拼块

5. 工艺实施

非圆形冲孔凸模的加工工艺路线见表 3-4。此类结构加工工艺的不足之处就是淬火之前进行机械加工成形，这样势必带来热处理的变形、氧化、脱碳、烧蚀等问题，影响凸模的精度和质量。在选材时应采用热变形小的材料，并且要防止过烧和氧化等现象的产生。

表 3-4 非圆形冲孔凸模的加工工艺路线

工 序 号	工 序 名 称	工 序 内 容	设 备
1	下料	热轧圆钢，按尺寸 $\phi 40\text{mm} \times 43\text{mm}$ 在锯床上切断	锯床
2	锻造	锻成 $37\text{mm} \times 27\text{mm} \times 50\text{mm}$	
3	热处理	退火，硬度 $\leq 229\text{HBW}$	
4	或（刨铣）	铣六面至 $32.4\text{mm} \times 22\text{mm} \times 45.4\text{mm}$	立式铣床
5	平磨 (或万能工具磨)	六面至尺寸上限，基准面对直角尺，保证相互平行或垂直	平面磨床
6	钳工划线	去毛刺，钳工划线（或采用刻线机划线，或仿形刨划线）	
7	粗铣	铣型面及台阶至 $18\text{mm} \times 4\text{mm}$ ，留双边余量 $0.4 \sim 0.5\text{mm}$	立式铣床
8	仿形刨	按线找正，刨型面，留双边余量 $0.1 \sim 0.15\text{mm}$	刨床
9	钳工	修型面留余量 $0.02 \sim 0.03\text{mm}$ ，对样板，倒角 $R4\text{mm}$	
10	检验		
11	热处理	淬火、回火后保证表面硬度达到 $58 \sim 62\text{HRC}$	
12	平磨	平磨上、下面，找正、磨削尺寸 $18\text{mm} \times 32\text{mm}$	平面磨床
13	精研及抛光	钳工精研至尺寸	
14	检验		

任务 3.2 型芯的加工

【学习目的与要求】

- 综合分析型芯的加工方法和制造过程。
- 掌握型芯的工艺分析及工艺规程的编制方法。

【学习重点】

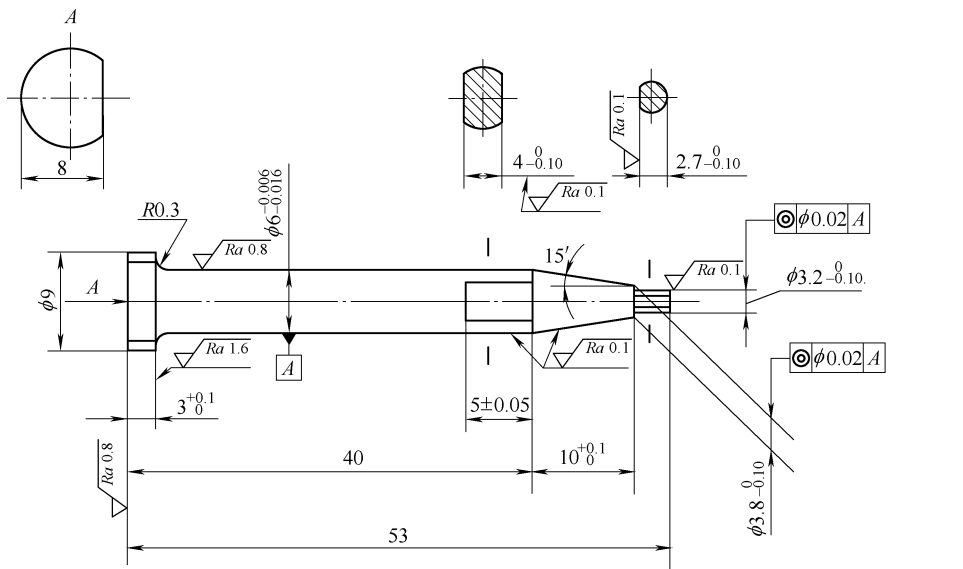
- 掌握型芯的工艺分析及工艺规程的编制方法。

【学习难点】

- 型芯工艺规程的编制。

3.2.1 非圆形塑料模型芯的加工

图 3-38 所示为非圆形塑料模型芯, 材料选用 MnCrWV 钢, 热处理后硬度达到 45~50HRC, 零件数量为 20 件, 表面粗糙度 Ra 值为 $0.1\mu\text{m}$, 表面经过镀铬处理, 抛光后表面粗糙度 Ra 值达到 $0.015\mu\text{m}$ 。合理选用机床设备, 编写其加工工艺路线, 保证各尺寸、几何公差等符合图样的要求。



零件名称: 型芯 材料: MnCrWV 钢 热处理硬度: 45~50HRC $\sqrt{Ra\ 6.3}$ ($\checkmark$)
数量: 20 件 表面镀铬 $Ra=0.1\mu\text{m}$, 抛光 $Ra=0.015\mu\text{m}$

图 3-38 非圆形塑料模型芯

1. 工艺分析

从非圆形塑料模型芯的形状上分析, 其长度与直径的比超过 5 : 1, 属于细长杆零件, 但实际长度并不长, 截面主要是圆形, 在车削和磨削时应解决加工装夹问题, 在粗加工车削时, 应对多个零件采用一件坯料, 这样既方便装夹, 又节省材料。在精加工磨削外圆时, 该零件的装夹方式有三种, 如图 3-39 所示。图 3-39a 所示的反顶尖结构, 适用于外圆直径较小、长度较大的细长凸模、型芯类零件, 当 $d < 1.5\text{mm}$ 时, 两端做成 60° 的锥形顶尖, 零件加工完毕后, 再切除反顶尖部分。图 3-39b 所示为加辅助顶尖孔结构, 其两端的顶尖孔应按 GB/T 145—2001 的要求加工, 适用于外圆直径较大的情况, 当 $d \geq 5\text{mm}$ 时, 其工作端的顶尖孔, 应根据零件的使用情况决定是否加长, 当零件不允许保留顶尖孔时, 在加工完毕后, 应切除附加长度和顶尖孔。图 3-39c 所示为在大端加长段的做法, 适用于长径比不太大的

情况。

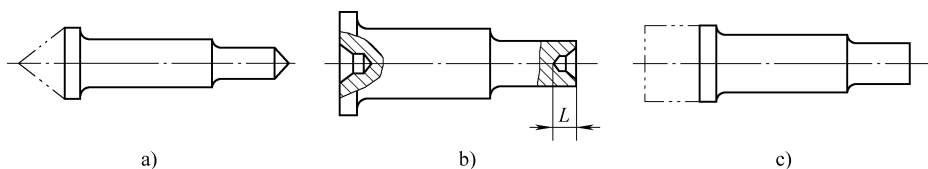


图 3-39 装夹方式

a) 反顶尖结构 b) 加辅助顶尖结构 c) 在大端加长段

非圆形塑料模型芯是细长轴，其材料为 MnCrWV 钢，热处理硬度为 45 ~ 50HRC，零件要求进行淬火处理。从零件形状和尺寸精度来看，加工方式主要是车削和外圆磨削，加工精度要求在外圆磨削的经济加工范围内。零件要求有脱模斜度时也在外圆磨削时一并加工成形。另外，外圆上的几处磨扁处，可在工具磨床上完成。

非圆形塑料模型芯在热处理时，不得有过大的弯曲变形，弯曲翘曲应控制在 0.1mm 内，该零件的表面要求耐磨、耐腐蚀，表面粗糙度能长期保持不变，长期在 250℃ 工作时表面不氧化，且要保证塑料件的表面质量和便于脱模。因此，该零件的成形表面应在磨削时保持表面粗糙度 Ra 值为 $0.4\mu\text{m}$ 的基础上，进行抛光加工，在模具试压后进行镀铬抛光处理。

零件采用圆棒形坯料，下料后直接进行加工。一模需要该零件 20 件，在加工上有一定的难度，为保证满足磨削精度和装配的要求，保证模具的生产进度，在开始生产时就应制作一部分备件，这也是模具生产的一个特色。在模具生产组织和工艺上都应充分考虑，总加工数量为 24 件，备件为 4 件。

2. 知识讲解

(1) 电火花加工 电火花加工是直接利用电能、热能对工件实施成形加工的，尤其是对于实现那些具有特殊性能（硬度高、强度高、脆性大、韧性好、熔点高）的金属材料和结构复杂、工艺特殊的工件的成形加工特别有效。在模具的制造过程中，一些形状复杂的型腔、型孔和型槽往往都采用电火花加工。电火花加工发展到今天，其技术在模具制造领域的应用已经非常成熟，成了主要的加工方法之一。电火花加工主要有电火花成形加工和电火花线切割加工，工厂习惯把电火花成形加工简称为电火花加工，本任务所指的电火花加工即是电火花成形加工。

电火花加工是通过工件和工具电极相互靠近时极间形成脉冲性火花放电，在电火花通道中产生瞬时高温，使金属局部熔化，甚至汽化，从而将金属腐蚀下来，达到按要求改变材料的形状和尺寸的目的的加工工艺，又称为放电加工或电蚀加工，英文简称为 EDM。

进行电火花加工时，工具电极和工件分别接脉冲电源的两极，并浸入工作液

中,或将工作液充入放电间隙,通过间隙自动控制系统控制工具电极向工件进给,当两电极间的间隙达到一定值时,两电极上施加的脉冲电压将工作液击穿,产生火花放电。

1) 电火花加工是靠局部热效应实现加工的,它和一般切削加工相比有如下特点:

① 由于电火花加工是一种腐蚀作用,对工具电极与工件材料的相对硬度没有要求,工具电极材料的硬度可以比工件材料的硬度低。所以,电火花加工适用于难于切削加工甚至无法加工的特殊材料,如淬火钢、硬质合金、耐热合金以及各种超硬材料。

② 由于电火花加工没有机械力作用,工件加工完成后不会产生变形,所以,它适合加工小孔、深孔、窄槽等,不会因为工具和工件的刚性太差而无法加工。各种型腔、型孔、立体型面和形状复杂的工件,均可采用成形电极一次成形。

③ 连续进行粗加工、半精加工和精加工,脉冲参数可以任意调节。加工中不需要更换工具电极,就可以在同一台机床上通过改变电规准(指脉冲宽度、电流和电压)连续进行粗加工、半精加工和精加工。精加工的尺寸精度可达 0.01mm ,表面粗糙度 Ra 值可达 $0.8\mu\text{m}$,微精加工的尺寸精度可达 $0.002 \sim 0.004\text{mm}$,表面粗糙度 Ra 值为 $0.05 \sim 0.1\mu\text{m}$ 。

④ 易于实现控制和加工自动化。

⑤ 电火花加工是根据电极形状复制工件的工艺过程,工件的加工质量很大程度上取决于电极制造,因此,精确地制造电极是加工过程的第一步。型腔或型孔越复杂,电极形状也就越复杂,加工制造也就越困难。

⑥ 电火花加工的蚀除率不高,一般情况下,能采用切削机床加工的简单型面就尽量不采用电火花加工。

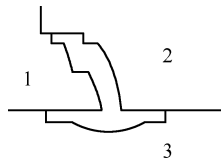
⑦ 电火花加工只适用于导电材料的工件。

2) 电火花加工由于具有其他加工方法无法替代的加工能力和独特的仿形效果,因此,在模具制造行业得到了广泛应用。

① 加工各种形状复杂的型腔和型孔。如冲模的型孔、锻模的型槽和注射模、吹塑模、压铸模等的型腔。

② 电火花加工常作为模具工作件淬火后的精加工工序。这不仅是因为其可以“以柔克刚”,还因为其可以消除由热处理引起的工件变形。

③ 对于图 3-40 所示的模具型孔或型腔,可以整体成形,而不必按图 3-40 所示的分成 1、2、3 三块的方式进行镶拼。这样不但提高了模具的强度,同时还降低了设计和制造的难度。



④ 可以用作模具工作零件的表面强化手段。经过电火花

图 3-40 镶拼凹模

表面强化的模具，其寿命可提高2~3倍。

⑤ 可以进行电火花磨削。对淬硬钢件、硬质合金工件进行平面磨削、内外圆磨削，坐标孔磨削以及成形磨削等。

⑥ 电火花加工可以用于刻字和刻制图案。

3) 电火花加工的加工规准又称为电规准、电加工规准，它是指根据不同的加工要求选择的一组电参数，其内容有：脉冲宽度 T_{on} 、脉冲峰值电流 I_p 和脉冲频率 f 。

电火花加工规准根据加工所能得到的型面质量及放电间隙的大小分为粗规准、中规准和精规准三种。其中粗规准主要用于粗加工，去除大部分加工余量；中规准是由粗规准转为精规准的过渡规准；精规准是达到电火花加工指标的主要规准。

正确选择电加工规准是保证电火花加工质量、提高加工速度的重要环节。不同的加工情况，对规准的选择也不同。在电规准的选择过程中，经验非常重要。表3-5给出了一般情况下加工规准的选择。

表 3-5 加工规准的选择

规 准	挡 数	工 艺 性 能	电 规 准 要 求			适 用 范 围
			脉冲宽度/ μs	脉冲峰值 电流/A	脉冲频率/ Hz	
粗	1~3	电极损耗小 ($<1\%$)， 生产率高，阴极性加工， 加工时不平动，不用强迫 排屑	石墨加工 钢，大于600	3~5 纯铜加工钢 可适当大些	400~600	R_a 可达 $12.5\mu m$ ， 用于一般零件 加工和型面粗 加工
中	2~4	电极损耗较小 ($<5\%$)， 平动修型，需要强迫排屑	20~400	小于20	大于2000	是粗、精规 准的转换规准， 也可提高表面 质量，达到尺 寸要求
精	2~4	电极损耗大 (20%~ 30%)，余量小 (0.01~ 0.05mm)，必须强迫排 屑、定时抬刀、平动修光	小于10	小于2	大于20000	型面最终加 工，达到图样 规定的表面粗 糙度和尺寸精度

4) 型孔的电火花加工。用电火花加工通孔的方法称为型孔的电火花加工。型孔电火花加工的特点是：能加工型孔复杂的整体式凹模；可直接利用其斜度加工凹模的斜度；加工的冲裁模间隙均匀，刃口平直耐磨，寿命长。其不足之处在于小的棱边及尖角处的加工比较困难。

① 常用的电火花穿孔加工方法有直接配合法、间接配合法、二次电极法和阶梯工具电极加工法等。

直接配合法：这种方法直接利用适当加长的凸模非刃口端作为电极对凹模进行加工，加工后将损耗的加长部分切除。加工时将凹模刃口端朝下，电火花加工完毕后会形成向上的喇叭口，如图 3-41 所示。实际使用时，作为电极的凸模应反过来安装使刃口向下，同时凹模也反过来安装使刃口向上，电火花加工时形成的喇叭口正好有利于冲模落料。由于凸、凹模电火花加工时的安装方向与它们工作时的方向都相反，因此，这种加工方法也称为反打正用法。

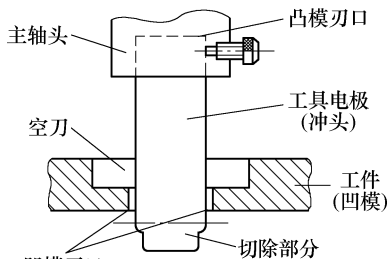


图 3-41 电火花穿孔直接配合法

用此法可以获得均匀的凸、凹模配合间隙，且能节省制造电极的费用和时间。但其加工速度低，易形成不稳定的二次放电。如果将凸模的加长部分改为粘结或焊上电加工性能好的电极材料，一端用成形磨削法磨出后作为电极，则可以克服上述缺点。

用直接配合法加工出的凸、凹模，其配合间隙的大小可通过改变电规准参数来调节。

间接配合法：将凸模和工具电极分别制造，但凸模留有一定的修配余量，用制造好的工具电极加工出凹模后，再按凹模的实测尺寸钳工修配凸模，以达到所要求的配合间隙。

间接配合法的优点是：可直接使用电极材料进行加工获得比较好的加工性能；加工间隙不受配合间隙的限制，配合间隙可由修配凸模来保证。其缺点是：需要两次加工，增加了加工作量；分别制作工具电极与凸模难以保证形状完全相同；用凹模尺寸修配凸模时难以保证间隙的均匀一致性，因而这种方法只能加工形状较简单的冲模。

二次电极法：这种方法是用一次电极制造二次电极，由此加工出凹模和凸模，并保证凸、凹模配合间隙的一种工艺方法。

当凸模加工较困难时，用凹形的一次电极加工出两个凸形件，其中一个为凸模，另一个作为二次电极，再用二次电极反拷贝加工出凹模。

二次电极法比较复杂，在普通冲裁模的型孔加工中使用较少，通常用于精密冲裁模具的加工。

阶梯工具电极加工法：这种方法在电火花穿孔加工中应用比较普遍。通常将工具电极分成两段，即截面尺寸较小的、采用较大电规准参数的粗加工段和截面尺寸较大的、用于保证加工精度的精加工段。其中粗加工段主要用于在极短的时间内去除大部分加工余量，因而所要求的是加工速度，采用的是大的电规准参数。有时根据模具的结构和尺寸特点，还会采用多阶梯的电极工具。

加工阶梯电极时,首先用直接成形法对整个电极进行加工,然后在电极端部一定长度范围内用化学腐蚀法均匀腐蚀掉一定的厚度。较常用的腐蚀方法是酸洗法,如草酸、硫酸、硝酸等,具体配方及适用材料可参见有关手册。

② 电火花穿孔加工的工艺过程包括选择加工方法、选择电极材料、设计并制造电极、准备穿孔零件毛坯、在机床上装夹校正电极、装夹校正被加工毛坯、调整机床主轴上下位置、加工准备、开机加工、规准转换与中间检查、零件检查。

选择加工方法:上面介绍了电火花穿孔加工的四种方法,可根据加工条件和加工要求酌情选用。

选择电极材料:根据待加工模具的硬度、金相组织、型腔的结构、待加工零件的精度要求等确定电极材料,如钢、铸铁、铜、石墨等。

设计并制造电极:根据模具的间隙、形状、刃口的有效长度、斜度、电极损耗和放电间隙等确定电极的截面形状、尺寸、精度、长度和表面硬度等,并采用一般切削加工、成形磨削、仿形刨、线切割等方法把它制造出来。

准备穿孔零件毛坯:完成电火花加工前的全部机械加工;穿孔部位留有适当且均匀的电加工余量;热处理达到其硬度要求;磨出上、下平面,去磁去锈;在刃口反面划出孔轮廓线。

在机床上装夹校正电极:简单结构的电极,可直接装夹于机床主轴头上;对于组合电极或镶拼式电极,应先将多个电极或多个电极拼块按工艺要求用通用或专用工具装夹成一体,然后安装在机床主轴头上。要校正工具电极与工作台面的垂直度,要求其在全长内不大于0.01mm。

装夹校正被加工毛坯:将被加工工件刃口面向下放在工作台面上,找准凹模90°基面与机床导轨的平行度,全长内不大于0.01mm,调准后把工件压紧固定。

调整机床主轴上下位置:使电极下端面与工件加工面保持合适的距离。

加工准备:选择加工极性,调整伺服机构,使工作液槽上升,令工件全部浸入工作液并低于液面60~80mm。调整充(抽)油压力,调整加工深度指示器,选好合适的电规准。先用最弱的电规准进行加工,观察接触面四周是否能产生电火花放电;若不放电,应继续调整,直到四周全产生电火花放电为止。调整合适后,紧固各调整螺钉,并用选定的电规准进行加工。

开机加工:根据加工深度及稳定性,调整进给速度,保持适当的加工电流。加工中随时检查加工深度、电极损耗、加工面情况等,发现问题随时调整。

规准转换与中间检查:加工至一定深度后,根据要求的间隙、刃口高度、斜度及电极损耗等情况,转换电规准,并随时检查及调整加工深度。

零件检查:在零件加工完成后,应主要检查放电间隙、刃口长度、斜度及表面粗糙度等指标是否符合图样要求。

5) 电火花用于加工型腔要比用于加工通孔困难得多。型腔是不通孔,其加工

余量大(电蚀量大),排气、排屑、工作液循环等条件差,工具电极损耗后无法靠加长电极及进给补偿。型腔的加工面积大,加工过程中要求电规准的调节范围也大。型腔形状复杂,使电极损耗不均匀。但利用电火花加工型腔,提高了模具的加工精度,减少了一些不必要的镶块,简化了模具结构,延长了寿命,缩短了模具制造周期,减少了手工操作,降低了劳动强度,降低了模具成本。利用电火花加工出的型腔,其表面粗糙度 Ra 值可达 $0.8 \sim 3.6 \mu\text{m}$ 。

因此,对型腔加工的主要要求是电蚀量大、电极损耗低,保证其加工精度和表面粗糙度要求。

① 加工方法包括单电极加工法、单电极平动法、单极—修正—平动法、多电极加工法四种。

单电极加工法:单电极加工法是指用一个电极加工出所需型腔。它可以直接加工形状简单、精度要求不高的型腔。但当型腔要求较高时,通常采用先预加工再电加工的方法完成型腔加工。为了提高电火花加工效率,在电火花加工前先采取机械切削的加工方法对型腔进行预加工,留出电火花加工余量,待型腔淬火后用一个电极进行精加工。留出的余量要均匀、适当。一般情况下,侧面单边余量留 $0.1 \sim 0.5 \text{mm}$,底面余量留 $0.2 \sim 0.7 \text{mm}$ 。多台阶复杂型腔的电加工余量还应适当减小。

单电极平动法:单电极平动法在模具型腔加工中的应用非常广泛,它采用一个电极完成型腔的粗加工、半精加工和精加工,如图 3-42 所示。先采用粗规准加工,然后利用平动头的平面小圆运动,按照粗、半精、精的顺序逐渐改变电规准,并依次加大平动量,修光型腔侧面,完成整个型腔的加工。平动加工的特点是只需要一个电极、一次安装便可完成加工,并且排屑方便。但是,难以获得高精度的型腔,尤其是清棱、清角差。单电极平动法属于常用加工方法,加工 100mm 深的型腔时,精度可达 0.1mm 。

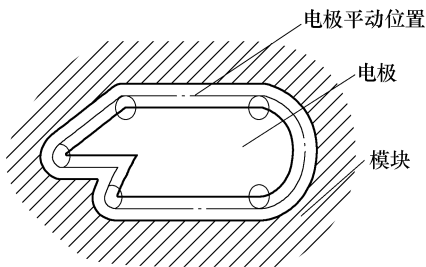


图 3-42 单电极平动加工示意图

单极—修正—平动法:这种方法和单电极平动法基本相同,只是先用一个电极进行粗加工和半精加工,然后卸下修整,再装夹后进行精加工。这种方法主要适用于表面粗糙度要求较高的型腔零件的加工。粗加工和半精加工时,需要的电极精度较低,而精加工时,经修整的电极其精度应与要求的精度相适应。在加工过程中,由于要进行一次修整拆装,因此为了保证精度,需要加装一套重复定位装置。

多电极加工法:这种方法是指用两个或两个以上电极加工同一副型腔的方法,如图 3-43 所示。所使用的电极尺寸,有相同的,也有不同的。在加工过程中,根据电极的损耗情况,随时进行更换。设计和制造多个电极时,要保证各电极之间的

相对精度,按不同规准的放电间隙制造不同尺寸的电极。对于这类电极,如果机械加工的方法较麻烦,可采用电铸、振动加压等方法。由于存在电极更换问题,电极安装时需要有定位基准,以保证电极之间的重复定位精度。

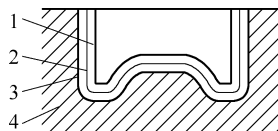


图 3-43 多电极加工示意图

1—粗加工电极 2—中加工电极
3—精加工电极 4—模块

多电极加工法的特点是仿形精度高,加工后型腔

尖角、棱角较清晰,表面粗糙度较低。主要用于型腔加工精度要求较高、无平动头等侧面修整装置的情况。

②一般加工工艺过程包括分析加工对象、选择加工方法、选择加工设备、选择电规准、选择电极材料、设计电极、制造电极、电加工前的准备、热处理安排、装夹与定位、开机加工、加工结束等。

分析加工对象:根据型腔的形状、尺寸,有无直壁侧面等情况可分成五种型腔。锻模、汽车覆盖件模具等的大型型腔;电视机外壳、较大型家电等的塑料模具的中大型型腔;弧齿锥齿轮模具、电风扇及一般玩具模具等的中小型型腔;加工宽度在2mm以下而深宽比又较大的窄槽型腔;工艺美术饰品模具、商标文字图案等精细浅型腔。

选择加工方法:前面介绍了型腔加工的几种方法,应根据加工对象、精度及粗糙度等要求选择加工方法。

选择加工设备:根据加工对象和加工方法选择加工设备,如设备的大小、定位精度、自动化程度、电源形式和功率、是否配有平动头或侧向加工装置等。

选择电规准:根据加工表面的表面粗糙度及精度要求确定电规准方案、各挡规准加工量、如何控制电极损耗等。

选择电极材料:根据加工对象选择电极材料。大中型型腔多采用石墨材料电极,中小型型腔,如窄槽、花纹等多采用纯铜电极等。

设计电极:按图样要求,并根据加工方法和电规准等设计电极横纵截面尺寸及公差。电极分低损耗加工的电极和有损耗加工的电极。

制造电极:根据电极的材料、电极的制造精度、尺寸大小、加工批量、生产周期等选择电极制造方法,如机械切削加工、压力振动加工、电铸加工、液压放电成形加工、成形烧结加工等。

电加工前的准备:对工件进行电火花加工前的金属切削加工和钻孔、攻螺纹、磨平面、去磁、去锈等。当需要对工件型腔进行预加工时,最好能为电火花加工留有均匀而又不致太小的加工余量,并且损耗特别大的地方要多去掉一些,才能保证电加工后不会留有明显的损耗痕迹。

热处理安排:对于需要淬火处理的型腔,应根据精度要求安排热处理工序。如型腔精度要求不高或淬火变形影响较小,可将热处理安排在电加工之后;如型腔精

度要求高、变形小，可将热处理安排在电火花粗加工之后和电火花精加工之前，但工件需要三次定位。也有将热处理安排在电加工之前的，但会使工件的其他加工困难，型腔表面硬度较低。

装夹与定位：根据工件的尺寸和外形选择或制造工件的定位基准，准备电极装夹夹具，对电极进行装夹和校正，调整电极的角度和轴线，然后，对工件进行定位和夹紧。

开机加工：选择加工极性，调整机床，保持适当的液面高度，调节电规准，保持适当的电流，调节进给速度、充油压力等，随时检查工作的稳定情况。

加工结束：进行清理并检查零件是否符合加工要求。

(2) 线切割加工 电火花线切割加工与电火花成形加工都是直接利用电能对金属材料进行加工的，同属于蚀除加工，其加工原理相似。线切割加工是利用不断运动的电极丝与工件之间产生的火花放电，将金属蚀除下来，实现轮廓切割的，如图 3-44 所示。

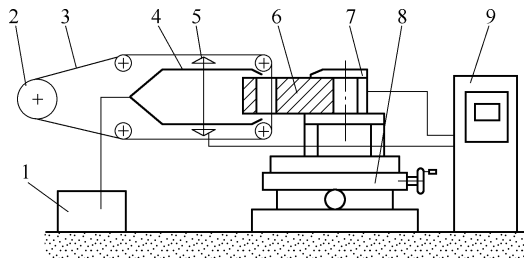


图 3-44 线切割加工原理图

1—工作液箱 2—储丝筒 3—电极丝 4—供液管 5—进电块
6—工件 7—夹具 8—纵横拖板 9—脉冲电源

1) 线切割加工与电火花加工相比较，具有四个主要特点。

① 线切割加工不需要单独制造电极。电火花加工必须精确地制造出电极，而线切割加工用的电极是金属丝成品（如钨丝、钼丝、黄铜丝，其中钼丝最常用），不需要重新制造。这对模具制造来说，节约了生产成本，缩短了制造周期。

② 不需要考虑电极损耗。电火花加工中电极损耗是不可避免的，并且还会因电极损耗影响加工精度。而在线切割加工中，电极丝始终按一定的速度移动，不但和循环流动的工作液一道带走电蚀产物，而且自身的损耗很小，其损耗量在实际工作中可以忽略不计，因此，不会因为电极损耗对工件精度造成影响。

③ 能加工精密细小、形状复杂的通孔零件或零件外形。线切割用的电极丝极细（一般为 $\phi 0.04 \sim \phi 0.2\text{mm}$ ），很适合加工微细模具、电极、窄缝和锐角以及用于贵重金属的下料等。

④ 不能加工不通孔。根据加工原理，线切割加工时，电极丝的运行状态是循

环走丝，而加工不通孔无法形成电极丝的循环。因此，线切割只能对零件的通孔或外形进行加工。

2) 按走丝速度的不同，可将线切割机床分为两种类型。

① 快速走丝线切割机床的电极丝作高速往复运动，一般走丝速度为 $8 \sim 10\text{m/s}$ ，是我国独创的线切割加工模式。快速走丝线切割机床上运动的电极丝能够双向往返运行，重复使用，直至断丝为止。电极材料常用直径为 $0.10 \sim 0.30\text{mm}$ 的钼丝（有时也用钨丝或钨钼丝）。对小圆角或窄缝进行切割时，也可采用直径为 0.06mm 的钼丝。工作液通常采用乳化液。快速走丝线切割机床结构简单、价格便宜、生产率高，但由于运行速度快，工作时机床振动较大。钼丝和导轮的损耗快，加工精度和表面粗糙度不如慢速走丝线切割机床，其加工精度一般为 $0.01 \sim 0.02\text{mm}$ ，表面粗糙度 Ra 值为 $1.25 \sim 2.5\mu\text{m}$ 。

② 慢速走丝线切割机床的走丝速度低于 0.2m/s 。常用黄铜丝，有时也采用纯铜、钨、钼和各种合金的涂覆线作为电极丝，铜丝直径通常为 $0.10 \sim 0.35\text{mm}$ 。电极丝仅从一个方向通过加工间隙，不重复使用，避免了因电极丝的损耗而降低加工精度。同时由于走丝速度慢，机床及电极丝的振动小，因此加工过程平稳，加工精度高，可达 0.005mm ，表面粗糙度 $Ra \leq 0.32\mu\text{m}$ 。慢速走丝线切割机床的工作液一般采用去离子水、煤油等，生产率较高。

3) 线切割的加工规准是指一组直接影响工艺指标的电参数，如矩形波脉冲电源的主要参数有：脉冲峰值电流、脉冲宽度、脉冲频率和电源电压。

线切割加工的工艺指标主要包括切割速度、表面粗糙度和加工精度。此外，放电间隙、电极丝损耗和加工表面层的变化也是反映加工效果的重要内容。其中加工精度是指加工后工件的尺寸精度、形状精度和位置精度。

影响工艺指标的因素很多，如机床精度、脉冲电源的性能、工作液的清洁度、电极丝与工件的材料及线切割工艺路线等。其中，脉冲电源的波形及参数（即加工规准）的影响是最直接的也是最大的。它们决定着放电痕（表面粗糙度）、蚀除率、切缝宽度的大小和电极丝的损耗。

选择加工规准是一个实践性很强的工作，很难说在哪一种加工条件下就一定应该选择某一组电参数，因为影响线切割加工工艺指标的因素太多，而且这些因素间既互相关联又互相矛盾。这里介绍的参数选择，只是针对不同的加工条件给出的一个定性方案。

① 当要求切割速度高时，对表面粗糙度的要求一般就不高，此时，可以选择高的电源电压、大的峰值电流和大的脉冲宽度。但是，由于切割速度与表面粗糙度间具有相互矛盾的关系，因此，在选择电规准时要掌握一个原则：在满足表面粗糙度要求的前提下再追求高的切削速度。

② 单个脉冲能量的大小对加工表面的表面粗糙度影响较大，因此，当要求表

面粗糙度值小时，应该选择小的脉冲宽度、小的峰值电流和低的电源电压，同时脉冲频率要适当。

③ 如前所述，脉冲宽度增大，电极丝损耗就减小。因此，当要求电极丝损耗小时，应该选择大的脉冲宽度。

④ 切割厚工件时，有两个明显的特点，一是切割量大，二是排屑困难。考虑这两方面的因素，当切割厚度加大时，应该选择高电压、大电流、大的脉冲宽度和大的脉冲间隔。脉冲间隔选得大一些，有利于排除电蚀产物，保证加工的稳定性和精度。

4) 线切割加工模具或其他工件的过程，一般可分为分析和审核图样、编程、线切割加工准备、线切割加工和检验五个步骤。

① 分析和审核图样。分析零件的尺寸精度要求、位置精度要求及表面粗糙度要求，是选择合适的电加工参数及加工路线的依据。

② 编程。无论采用何种形式的编程格式，都要根据加工要求确定间隙补偿量，确定切入程序和切出程序以及加工路线，原则是保证加工质量，减少加工变形。

③ 线切割加工准备。包括电极丝材料及直径的选择、工作液成分及配比的确定、脉冲参数的选择、坯料的粗加工、基准的加工、穿丝孔位置及孔径大小的确定、穿丝孔的加工、工件在线切割机床上的装夹及找正、电极丝坐标位置的确定等。

④ 线切割加工。按照程序要求进行线切割加工。

⑤ 检验。包括模具尺寸精度和配合间隙的检验、几何公差的检验、表面粗糙度的检验、表面力学性质的检验。

5) 对零件图进行工艺分析，是编制正确的线切割程序、选择电加工参数的依据。通常分析图样要从以下几方面着手。

① 对凹角或尖角处的尺寸进行分析。在线切割加工编程时，由于数控系统实际上是控制工作台相对于电极丝中心的运动轨迹的，因此，在按照加工工件的零件图进行编程时，由于存在电极丝的直径及电极丝与工件之间的放电间隙，因此不可避免地要考虑间隙补偿问题。对于 3B 格式编程，人工将间隙补偿量代入到每个坐标点进行计算；对于 4B 格式、G 代码编程，按照工件轮廓编程，数控系统按照曲线的形状（D 或 DD）自动进行间隙补偿（左补偿、右补偿）。

正是由于间隙补偿的存在，在工件的凹角处不能得到清角，而是半径等于 R 的圆弧。对于形状复杂的精密冲模，在凸、凹模设计图样上应注明拐角处的过渡圆弧半径 R 。

加工凹角时： $R_1 \geq d/2 + \delta$

加工尖角时： $R_2 = R_1 - \Delta$

式中 R_1 ——凹角圆弧半径；

R_2 ——尖角圆弧半径；

Δ ——凸、凹模配合间隙；

d ——电极丝直径。

② 对表面粗糙度和加工精度进行分析。线切割加工表面是由无数的小坑和凸起组成的，粗细较均匀，特别有利于保存润滑油，而机械加工表面则存在切削或磨削刀痕并具有方向性。在表面粗糙度相同的情况下，其耐磨性比机械加工的表面好。因此，采用线切割加工时，工件表面粗糙度的要求可以较机械加工方法降低半级到一级。此外，如果线切割加工的表面粗糙度等级提高一级，则切割速度将大幅度地下降。所以，图样中要合理地给定表面粗糙度。线切割加工所能达到的最低表面粗糙度值是有限的。若无特殊需要，对表面粗糙度的要求不能太高。同样，加工精度的给定也要合理，目前，绝大多数数控线切割机床的脉冲当量一般为每步0.001mm，由于工作台传动精度的限制，加上走丝系统和其他方面的影响，线切割的加工精度一般为IT6级左右，很高的加工精度要求是难于实现的。这也是根据图样精度要求判断能否用线切割加工实现的依据。

6) 数控线切割加工的工艺准备包括电极丝的选择、工作液的选择及压力和流量控制、脉冲参数的选择、坯料的准备、切割路线的确定、工件的装夹、确定电极丝的坐标位置、电极丝的上丝及紧丝、速度参数的选择九个步骤。

① 电极丝的选择包括电极丝材料的选择和直径的选择。电极丝的材料主要有纯铜、黄铜和钼等，表3-6给出了这些电极丝材料的特点及应用范围。

表 3-6 常用电极丝材料的特点及应用范围

材 料	线径/mm	特点及应用范围
纯铜	0.1 ~ 0.25	适合在切割速度要求不高或精加工时使用，丝不易卷曲，抗拉强度低，容易断丝
黄铜	0.1 ~ 0.30	适用于高速加工，加工面的蚀屑附着少，表面粗糙度和加工面的平直度较好
专用黄铜	0.05 ~ 0.35	适用于高速、高精度和理想的表面粗糙度加工以及自动穿丝，但价格高
钼	0.06 ~ 0.25	一般用于快速走丝，在进行微细、窄缝加工时，也可用于慢速走丝
钨	0.03 ~ 0.10	可用于各种窄缝的微细加工，价格昂贵

电极丝的直径 d 应根据工件的切缝宽度、工件厚度及拐角尺寸等来选择。由图3-45可知，电极丝直径 d 与拐角半径 R 的关系为 $d \leq 2(R-\delta)$ 。所以，在拐角小的微细线切割加工中，需要选用线径细的电极，但线径太细，能够加工的工件厚度也将会受到限制。线径与拐角极限半径和工件厚度的关系见表3-7。

表 3-7 线径与拐角极限半径和工件厚度的关系

电极丝直径 d/mm	拐角极限半径 $R_{\min}/\text{mm}$	切割工件厚度/ mm	电极丝直径 d/mm	拐角极限半径 $R_{\min}/\text{mm}$	切割工件厚度/ mm
钨 0.05	0.04 ~ 0.07	0 ~ 10	黄铜 0.15	0.10 ~ 0.16	0 ~ 50
钨 0.07	0.05 ~ 0.10	0 ~ 20	黄铜 0.20	0.12 ~ 0.20	0 ~ 100
钨 0.10	0.07 ~ 0.12	0 ~ 30	黄铜 0.25	0.15 ~ 0.22	0 ~ 100

② 目前应用较普遍的工作液是乳化液和去离子水。乳化液用于高速走丝线切割，去离子水主要用于低速走丝线切割。工作液通过泵、流量控制阀、压力控制阀、喷嘴供给系统，一定要控制好其流量和压力的大小。工作液的流量或压力大，冷却排屑的条件好，有利于提高切割速度和加工表面的垂直度。但是在精加工时，要减小工作液的流量或压力，以减少电极丝的振动。

③ 选择线切割加工的脉冲参数主要是指选择脉冲电压、峰值电流和脉冲宽度。脉冲参数的大小对加工工件的表面粗糙度及切割速度都有较大影响。

脉冲电压一般取 60 ~ 100V，电压升高可提高切割速度，但表面粗糙度值变大，电压太低，又影响切割速度，且使加工不稳定。峰值电流一般取 15 ~ 30A，它对表面粗糙度及切割速度的影响与脉冲电压相同。

脉冲宽度的大小对表面粗糙度与切割速度影响较大。在其他脉冲参数不变的情况下，增大脉冲宽度会增大脉冲能量和加工电流，切割速度会随之提高，但表面粗糙度值明显变大。在脉冲电压和峰值电流匹配比较合理的情况下，脉冲宽度的大小，决定着表面粗糙度值的大小。

表 3-8 中所列是以航天 502 乳化液为介质，对 100mm 以下厚度的工件进行切割时，脉冲参数的最佳参考值。

表 3-8 脉冲参数的最佳参考值

脉冲电压/V	峰值电流/A	脉冲宽度/ μ s	工艺指标预测
70 ~ 100	15 ~ 35	20 ~ 70	切割速度 $v \geq 160 \text{mm}^2/\text{min}$ ，表面粗糙度 $Ra = 2.5 \sim 5 \mu\text{m}$
70 ~ 100	15 ~ 25	2 ~ 6	切割速度 $v \geq 40 \text{mm}^2/\text{min}$ ，表面粗糙度 $Ra = 1.25 \sim 2.5 \mu\text{m}$
70 ~ 100	15 ~ 25	0.5 ~ 1	切割速度 $v \geq 20 \text{mm}^2/\text{min}$ ，表面粗糙度 $Ra = 0.63 \sim 1.25 \mu\text{m}$
70 ~ 100	10 ~ 20	0.1 ~ 0.3	切割速度 $v \geq 10 \text{mm}^2/\text{min}$ ，表面粗糙度 $Ra = 0.32 \sim 0.63 \mu\text{m}$
70 ~ 100	10 ~ 15	0.01 ~ 0.05	切割速度 $v \geq 5 \text{mm}^2/\text{min}$ ，表面粗糙度 $Ra = 0.16 \sim 0.32 \mu\text{m}$

④ 坯料的准备包括工件的预加工、加工基准的确定、穿丝孔的确定、切割路线的确定、工件的装夹等内容。

工件的预加工：可采用机械加工或直接用线切割进行粗加工（又称为二次切割法）。使用机械加工方法，速度快，成本低，周期短，但只能在工件淬火前进行。通常以线切割加工为主要工艺的工艺路线为下料→锻造→退火→机械粗加工→淬火与高温回火→磨削加工（退磁）→线切割加工→钳工修整。

用机械加工进行预加工只适合于精度要求较低、形状不复杂的工件。采用二次

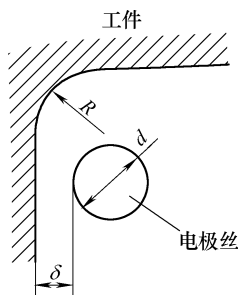


图 3-45 电极丝直径与拐角半径的关系

切割法可以准确地逼近工件形状,其精加工余量可留得小且均匀,而且预加工和精加工可在同一机床上一次装夹校正后完成。采用二次或多次切割法可以最大限度地减小工件材料线切割时产生的残余变形,因而这种方法常用于精密零件的线切割加工。二次切割法的主要缺点是加工周期长。

加工基准的确定:为了将工件和电极丝调整到要求的相对位置,形成既定的切割坐标系,工件必须可靠地装夹在机床上,即在机床上可靠地定位,因此工件在线切割加工前必须形成加工基准。

对于以底平面作为主要定位基准的工件(如凹模),当其侧面与底面垂直,并有两相邻侧面互相垂直时,应选这两个侧面作为工艺基准;当工件的侧面不是平面(如圆柱面)时,在工件技术要求允许的条件下,可加工出适当的侧平面作为工艺基准。如果侧面上不允许加工工艺平面,则只能在工件上划线作为工艺基准,但这种情况只适用于加工精度要求不高的工件。

在某些情况下,除选用侧平面作为工艺基准外,还可以同时选用工件上已加工好的内孔(包括位置及尺寸准确的穿丝孔)作为工艺基准,以保证工件的定位要求。无论内孔的设计要求如何,均可作为基准,孔的尺寸及位置精度都应保证工艺要求。

穿丝孔的确定:一般来说,线切割加工时,必须在工件上预先加工出穿丝孔,穿丝孔的位置和大小都会影响加工质量。在加工凸模和凹模时穿丝孔的位置是有所不同的。

加工凸模类零件时通常由外向内顺序切割。但坯件材料的割断,会在很大程度上破坏材料内部应力的平衡状态,使材料变形。因此最好不要使电极丝由坯件的外部切进去,而是将切割的起始点取在坯件预制的穿丝孔中,如图3-46c所示。

切割孔类工件时,穿丝孔的位置选在工件待切割型孔的中心,操作加工较方便。选在靠近待切割型孔的边角处时,切割无用轨迹最短。选在已知坐标尺寸的交点处时,有利于尺寸的推算。因此,要根据实际情况合理选取穿丝孔的位置。

穿丝孔的大小要适宜,一般不宜太小。如果穿丝孔很小,不但增加钻孔的难度,而且不便穿丝。太大也会增加工艺上的困难。一般选用直径为3~10mm的穿丝孔。如果预制孔采用车削等方法加工,在允许的范围内可适当加大直径。

⑤ 线切割加工工艺中,切割起始点和切割路线的安排合理与否,将影响工件变形的大小,从而影响加工精度。起割点应取在图形的拐角处,或取在容易将凸尖修去的部位。切割路线的安排主要以防止或减少模具变形为原则,一般以最后切割靠近装夹这一边的图形为宜。

图3-46a所示的切割路线是错误的,因为当切割完第一边,继续加工时,由于原来的主要连接部位被割离,余下的材料与夹持部分的连接较少,工件的刚度大为降低,容易产生变形而影响加工精度。如按图3-46b所示的切割路线加工,可减少

由于材料割离后残余应力重新分布而引起的变形。所以,一般情况下,最好将工件与其夹持部分分割的线段安排在切割路线的末端。对于精度要求较高的零件,最好采用图 3-46c 所示的方案,电极丝不是由坯件外部切入的,而是将切割起始点取在坯件上预制的穿丝孔中,这种方案可使工件的变形最小。

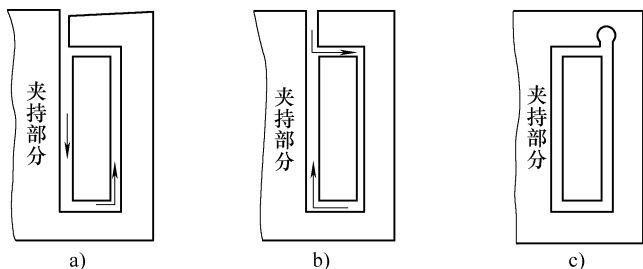


图 3-46 切割起点与切割路线的安排

⑥ 线切割加工时,一般在通用夹具上使用压板固定工件,也可以采用专用夹具。装夹工件时,必须保证工件的切割部位位于机床工作台纵横进给的允许范围之内。

悬臂支撑装夹如图 3-47 所示。这种方式装夹方便,通用性强。但工件一端呈悬梁状,使加工精度受到影响。

两端支撑装夹如图 3-48 所示。工件两端固定在夹具上,其装夹方便,支撑稳定,平面定位精度高,但不利于较小零件的装夹。

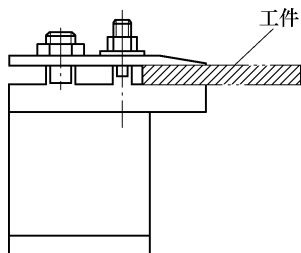


图 3-47 悬臂支撑装夹

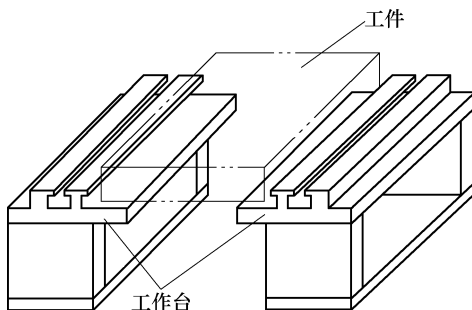


图 3-48 两端支撑装夹

桥式支撑装夹如图 3-49 所示,桥式支撑是在双端的夹具体下垫上两个支撑垫铁。其特点是通用性强,装夹方便,大、中、小工件的装夹都比较方便。

板式支撑装夹如图 3-50 所示,板式支撑夹具可以根据经常加工工件的尺寸而定,可呈矩形或圆形孔,并可增加 X 和 Y 两个方向的定位基准,装夹精度较高,适用于常规生产和批量生产。

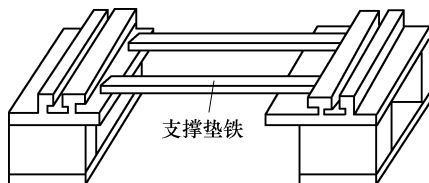


图 3-49 桥式支撑装夹

复式支撑装夹如图 3-51 所示,复式支

撑夹具是在桥式支撑夹具上,再装上专用夹具组合而成的,它装夹方便,特别适用于成批零件的加工,既可节省工件找正和调整电极丝相对位置等的辅助工时,又保证了工件加工质量的一致性。

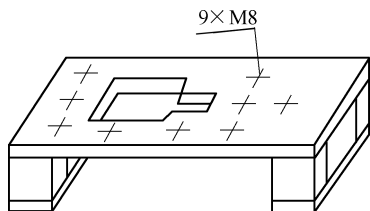


图 3-50 板式支撑装夹

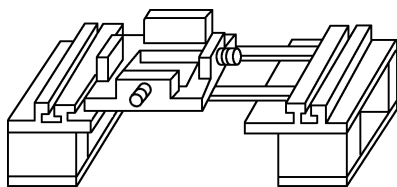


图 3-51 复式支撑装夹

⑦ 在数控线切割中,需要确定电极丝相对于工件基准面、基准线或基准孔的坐标位置。

目测法:对于加工要求较低的工件,确定电极丝与工件基准的相互位置时,可直接利用目视或借助于2~8倍放大镜来观察。如图3-52所示,利用穿丝孔划出的十字基准线分别沿划线方向观察电极丝与基准线的相对位置,根据两者的偏离情况移动工作台上的拖板,当电极丝与纵、横方向的基准线重合时,由工作台纵、横方向的读数就可确定电极丝中心的位置。

加工图形具有镜像、旋转等功能,所以分度夹具用得较少。

火花法:如图3-53所示,移动拖板使工件的基准面逐渐靠近电极丝,在出现火花的瞬间,记下拖板的相应坐标值,再根据放电间隙推算电极丝中心的坐标。使用火花法会使工件的基准面受到损伤,而采用电阻法可以克服这一缺点。

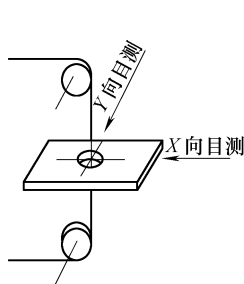


图 3-52 目测法确定电极丝的位置

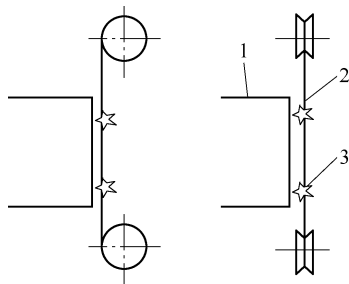


图 3-53 火花法调整电极丝的位置

1—工件 2—电极丝 3—火花

电阻法:使用万用电表的表笔分别接触工件与电极丝,在工件和电极丝接触的瞬間,其电阻挡的指针摆动,记下此时的拖板坐标,由此推算出电极丝中心的坐标位置。

自动找中心法:移动横向床鞍,使电极丝与孔壁相接触,记下坐标值 X_1 ,反向移动床鞍至另一导通点,记下相应的坐标 X_2 ,将拖板移至 X_1 与 X_2 绝对值之和的一半处。同理,移动纵向床鞍,记录下坐标值 Y_1 、 Y_2 ,将拖板移至 Y_1 与 Y_2

绝对值之和的一半处，即可找到电极丝与基准孔中心相重合的坐标，如图 3-54 所示。

⑧ 电极丝的上丝及紧丝是线切割操作的一个重要环节，它的好坏会直接影响工件的质量和切割速度。如图 3-55 所示，当电极丝张力适中时，切割速度最大。在上丝、紧丝的过程中，如果上丝过紧，超过电极丝弹性变形的限度，则由于频繁地往复弯曲、摩擦，加上放电时急热、急冷变换的影响，可能发生疲劳而造成断丝。高速走丝时，因上丝过紧而断丝往往发生在换向的瞬间，严重时即使空走也会断丝。

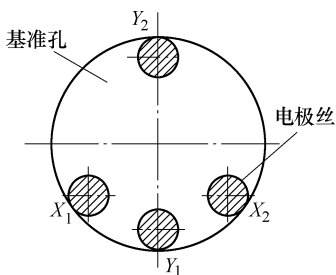


图 3-54 自动找中心法

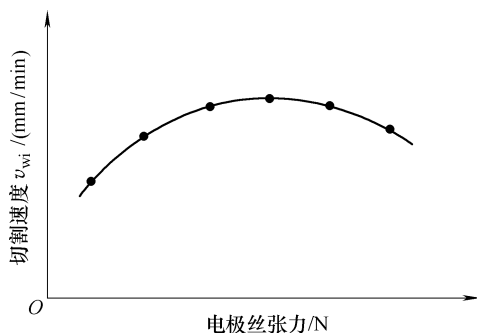


图 3-55 线切割电极丝张力与切割速度的关系

但若上丝过松，由于电极丝具有延伸性，在切割较厚的工件时，由于电极丝的跨距较大，除了它的振动幅度大以外，还会在加工过程中在放电压力的作用而弯曲变形，结果使电极丝的切割轨迹落后并偏离工件轮廓，即出现加工滞后现象，如图 3-56 所示，产生跟随误差和轮廓误差，最终导致形状与尺寸误差。例如，切割较厚的圆柱体时会出现腰鼓形状，严重时电极丝快速运转，容易跳出导轮槽或限位槽，而被卡断或拉断。所以，电极丝张力的大小，对运行时电极丝的振幅和加工稳定性有很大的影响，故在上电极丝时应采取适当的措施张紧电极丝。如在上丝过程中外加辅助张紧力，通常可逆转电动机，或上丝后再张紧一次（例如采用张紧手持滑轮）。

⑨ 这里的速度参数包括工作台的纵横向进给速度及电极丝的走丝速度。

工作台进给速度太快，容易产生短路和断丝；工作台进给速度太慢，加工表面的腰鼓形变形量就会加大，但表面粗糙度值较小。正式加工时，一般将试切的进给速度下降 10% ~ 20%，以防止短路和断丝。

走丝速度应尽量快一些。对快速走丝来说，这有利于减少电极丝损耗对加工精度的影响。尤其是对于

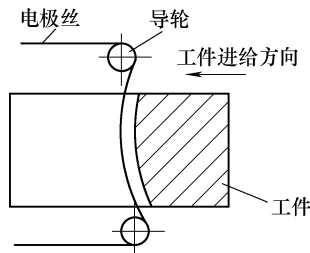


图 3-56 电极丝因上丝过松而弯曲滞后

厚工件的加工，由于电极丝的损耗，会使加工面产生锥度。一般走丝速度是根据工件厚度和切割速度来确定的。

3. 工艺实施

非圆形塑料模型芯的加工工艺路线见表 3-9。

表 3-9 非圆形塑料模型芯的加工工艺路线

工 序 号	工 序 名 称	工 序 内 容	设 备
1	下料	下圆棒料 $\phi 12\text{mm} \times 550\text{mm}$ ，8 件	锯床
2	车	按图样车削， $Ra = 0.1\mu\text{m}$ 及以下的表面留双边余量 $0.3 \sim 0.4\text{mm}$ ，两端在零件最长方向的长度之外做反尖顶	卧式车床
3	检验		
4	热处理	淬火、回火： $40 \sim 45\text{HRC}$ ，弯曲变形量 $\leq 0.1\text{mm}$	
5	研磨	研磨反尖顶	立式铣床
6	外圆磨	磨削 $Ra = 1.6\mu\text{m}$ 及以下的表面，尺寸磨至中限范围， $Ra = 0.4\mu\text{m}$	外圆磨床
7	抛光	抛光 $Ra = 0.1\mu\text{m}$ 外圆，达图样要求	卧式车床
8	线切割	切去两端的反尖顶	线切割机床
9	工具磨	磨尺寸为 2.7mm 的边、 4mm 的边至中限尺寸，磨尺寸为 8mm 的边	磨床
10	钳工	抛光两边至 $Ra = 0.1\mu\text{m}$	
11	钳工	模具装配（试压）	
12	电镀	试压后， $Ra = 0.1\mu\text{m}$ 的表面镀铬	
13	钳工	抛光 $Ra = 0.1\mu\text{m}$ 的表面	
14	检验		

3.2.2 方形型芯的加工

图 3-57 所示为方形型芯，材料为 CrWMn 钢，热处理后硬度达到 $54 \sim 58\text{HRC}$ ， 22.47mm 段以下端为基准，开制 10° 的脱模斜度。合理选用机床设备，编写其加工工艺路线，保证各尺寸、几何公差等符合图样的要求。

1. 工艺分析

(1) 零件组成表面 型芯的工作表面， $49.98\text{mm} \times 49.98\text{mm}$ 的固定端配合面，

喷涂技术、电刷镀技术和化学镀技术等。而且,传统的表面工程技术也在不断完善与发展之中。如热扩渗技术正由渗单一元素向多元共渗的方向发展,而熔盐渗金属法的出现与完善,为模具表面强化提供了廉价而优质的工艺途径。又如,传统的电镀技术已发展到复合电镀工艺,不仅可以完成高硬度的金属陶瓷涂层的电镀,而且可以电镀自润滑涂层,将其镀于模具内腔表面,可大大改善模具的脱模性能。

表面工程技术应用于模具表面可提高模具的表面硬度、耐磨性、耐蚀性和抗高温氧化性能,大幅度提高模具的使用寿命,提高模具表面的抗擦伤能力和脱模能力,提高生产率。采用碳素工具钢或低合金钢,表面增加涂层或经合金化处理后,可达到甚至超过高合金化模具材料乃至硬质合金的性能指标。这不仅可大幅度降低材料成本,而且可以简化模具制造加工工艺和热处理工艺,降低生产成本,可用于模具的修复。尤其是电刷镀技术可在不拆卸模具的前提下完成对模具表面的修复,且能保证修复后的工作面仍有足够小的表面粗糙度值,因而备受工程技术人员的重视。可用于模具表面的纹饰,以提高塑料制品的档次和附加值。

塑料模具成形零件的常用表面处理方法见表3-10。

表 3-10 塑料模具成形零件的常用表面处理方法

分 类	常用方法	所 达 硬 度	说 明
电化学方法 (电镀)	镀铬	约 1 000HV	提高塑料模具表面的硬度、耐磨性、耐蚀性和耐热性
化学方法	渗碳	1 000 ~ 1 200HV	淬火后,表层硬度大大提高,耐磨性极好
	渗氮		模具变形小,耐磨性比渗碳淬火还好
	碳氮共渗		
	氮碳共渗		
真空镀与气相镀	物理气相沉积 (PVD)	> 2 000HV	主要在塑料模具表层镀氮化钛、碳化钛、碳氮化钛,可使镀层附着力强,不易剥落,镀层致密,厚度均匀
	化学气相沉积 (CVD)		形成的镀层更不易剥落,目前主要用于硬质合金塑料模具的处理
	等离子化学气相沉积 (PCVD)		处理温度比 CVD 低而与 PVD 相当,所形成的硬质膜与基体的结合力大大高于 PVD

(1) 塑料模具型腔的电镀 塑料模具型腔电镀是指镀硬铬。目前镀铬分两种:一种以美观为主要目的,称为装饰镀铬;另一种以提高工件的表面硬度和耐磨性以及光亮度为主要目的,称为工业镀铬,工业镀铬又称为镀硬铬。装饰镀铬与镀硬铬的区别是:装饰镀铬的坯件需要在材料的表面先镀上一层铜膜,其镀铬层深度一般为 $0.25 \sim 1\mu\text{m}$; 镀硬铬时可不镀铜膜,而将铬直接镀在材料的表面上,其镀铬层深

度一般为 $8 \sim 1\,000\mu\text{m}$ 。

电镀前对型腔的要求：型腔表面应进行去污清洁处理；型腔表面不允许有损伤，表面粗糙度 Ra 值不大于 $0.8\mu\text{m}$ ；型腔表面如有通孔，应用铅等导电材料将其填塞；非镀铬表面应绝缘，涂以绝缘漆。

镀铬工艺过程如下：

1) 去污清洁。用丙酮等物质擦去型腔表面的脏物，表面有氧化皮时应进行酸洗。

2) 非镀铬表面绝缘。用聚氯乙烯胶布或绝缘清漆涂刷非镀铬表面，为保证绝缘性能应涂 $2 \sim 3$ 次。

3) 装挂型腔。将型腔用铅丝装挂在吊具上，装挂时应利用非镀表面的螺孔，如没有孔可利用可制作工艺孔。

4) 电解去油。将型腔放入电解去油槽内进行电解去油。电解去油槽内的液体介质由水、氢氧化钠 (NaOH)、碳酸钠 (Na_2CO_3)、磷酸钠 ($\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$)、硅酸钠 ($\text{Na}_3\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 等组成。

5) 热水清洗去油物质。

6) 冷水清洗。弱腐蚀前，型腔表面应保持润湿，否则不能转入弱腐蚀工序，而且要重新进行去油工序。

7) 弱腐蚀。将型腔放入体积分数为 $10\% \sim 20\%$ 的硫酸溶液中腐蚀 $0.5 \sim 1\text{min}$ 。

8) 冷水清洗弱腐蚀溶液。

9) 预热。将型腔放入配制好的镀铬槽内不通电预热 $3 \sim 10\text{min}$ 。

10) 阳极处理。将型腔接电源阳极通电 $0.5 \sim 1\text{min}$ ，提高镀层的结合力，以免型腔在使用后不久，出现镀层起皮剥落现象。

11) 镀铬。将型腔接阴极，置于电解液内通直流电源。在预先配好的镀液中控制温度、电流密度和时间进行电镀。

(2) 热扩渗技术。用加热扩散的方式使欲渗金属或非金属元素渗入金属材料或工件的表面，形成表面合金层的工艺，称为热扩渗技术，所获得的涂层称为扩渗层。其突出的特点是扩渗层与基材之间是靠形成合金来结合的（即所谓的冶金结合），具有很高的结合强度，这是其他涂层方法如电镀、喷镀、包镀或化学镀甚至物理气相沉积技术所无法比拟的。热扩渗技术又称为热渗镀技术或化学热处理技术。

热扩渗技术所用扩渗材料的选择范围很广。常用于热扩渗的合金元素包括碳、氮、硅、硼、锌、铝、钒、钛、钨、铌和硫等。上述元素除了锌外，都已在不同程度上应用于各类模具表面强化。而且，随着热扩渗技术的不断发展，二元乃至多元共渗工艺正在模具及其他工具的表面强化或改性中发挥越来越大的作用。

(3) 气相沉积技术 气相沉积技术是一种发展迅速、应用广泛的表面涂覆技

术,它不仅可以用来制备各种特殊力学性能(如超硬、高耐蚀、耐热和抗氧化等)的涂层,而且还可用来制备各种功能材料涂层和装饰涂层。

气相沉积技术按照成膜机理,可分为化学气相沉积(CVD)和物理气相沉积(PVD)两大类。

1) 化学气相沉积(CVD)是在高于800℃的温度下通过化学反应在气态下产生固体沉积的方法。

在CVD处理中,碳化物、金属、氮化物、硼化物、硅化物或氧化物在800~1100℃之间可以沉积到被加热的模具表面上。根据在模具上的位置和模具类型的不同,可以形成厚6~30μm,强度4000MPa的沉积层,例如,可沉积厚10μm的碳化钛镀层。沉积层能完全真实的复制模具表面,但表面机械加工的轨迹、刮痕和凹槽不会被CVD处理所掩盖。因此,模具表面在镀层前必须光滑,这也正是精加工时应完成的工作。

CVD处理所需的高温使基体材料降低了硬度和强度,该缺点必须通过另外的热处理和基体材料的硬化措施来补偿。

2) 在真空条件下,以各种物理方法产生的原子或分子沉积在基材上,形成薄膜或涂层的过程称为物理气相沉积(PVD)。

按照沉积时物理机制的差别,物理气相沉积可分为三种类型:真空蒸镀(VE)、真空溅射(VS)(又称阴极溅射)和离子镀(IP)。其中真空蒸镀是比较早的PVD工艺,涂层(膜)结合力低,在机械零件上的应用目前已不多;而真空溅射和离子镀所得的涂层(膜)结合力较高,目前正广泛应用。

与CVD技术相比,模具的PVD涂覆过程在550~800℃之间进行。在很多情况下低于基体材料的回火温度,因此涂覆后不再需要进一步的热处理。此工艺适用于所有的工具钢。采用PVD技术时,涂覆前的模具表面质量和清洁度直接影响涂覆后的表面质量。

PVD技术既能达到涂覆目的又能与表面轮廓保持相对独立,既不影响模具形状,也不影响模具尺寸。在正常情况下,一般只有小于5μm的尺寸变化和0.5μm的表面粗糙度值变化。

PVD层的使用大大减少了污迹的形成,在某些情况下能极大地延长模具的使用寿命。

(4) 表面纹饰技术 随着塑料加工工艺的不断提高,塑料制品已越来越广泛地应用于社会生活的各个方面。塑料制品表面装饰的多样性及逼真性对扩大其应用范围和提高其附加值有着重要的作用。

塑料制品表面纹饰的加工方法很多,总体上可分为成形后装饰和型腔内装饰两大类。成形后装饰的方法主要包括各种印制、镀层、热压、粘贴和镶嵌等。型腔内装饰主要有模具刻花、模内贴标签、镶嵌铭牌和二次注射成形等。表面纹饰技术的

不断提高使它的应用范围已扩大到家电、汽车、制革、造纸、橡胶、玻璃、建筑装饰、包装和服装等多个领域。

型腔内成形的塑料制品表面纹饰,主要包括各种文字、图案、不同粒度的亚光砂面和各种纹理花纹(木纹、皮革纹、桔皮纹等)。这些型腔内的纹饰随着塑料制品应用范围的扩大,经历了由简到繁的过程。其加工方法也由单一到多种,并与现代科技相关联,使纹饰的美观及逼真程度均达到了很高的水平。

1) 普通的机械加工主要用于型腔单一平面上的铣刻。它是应用历史较长的型腔加工技术,通常是铣刻凹下的简单几何线条和文字。铣刻前需要制作所设计的线条图案和文字的放大仿形靠模。通过操作靠模头在仿形样板上的轨迹,在型腔平面上加工出缩小的图案或文字。加工质量取决于机床结构、靠模精度和操作者的技术水平。这种方法的加工局限性较大,不能加工比较复杂的图形和自然纹理,不能在曲面和相邻的侧面上进行加工,是早期用于代替手工雕刻的一种工艺方法。

2) 电火花加工在型腔纹饰加工中的应用,主要在于亚光砂面、凹下的平面图案和凸起的文字和线条等。电火花加工可用于各种硬度和不同材质的金属材料。调整加工参数,可获得不同粒度的亚光砂面。平面图案和文字的加工质量取决于工具电极的铣刻精度和电规准参数。

3) 精密铸造和电铸加工均是通过在母模表面包铸金属材料形成模具型腔的加工方法。在型腔纹饰加工方面两者都具有如下特点:

① 复映性能好,可逼真地复映出母模表面的细微状态。所铸出的型腔表面一般不需要进行修正加工,因而可以直接从母模铸出型腔表面的木纹、皮革纹、布纹、桔皮纹等自然纹理。

② 可以用一个非破坏性的标准母模制出多个形状一致的模具型腔,适应规模化生产。

③ 如直接采用零件样品作为母模,则可使型腔制造过程脱离机械加工而变得简洁,缩短了制模周期,降低了生产成本。

电铸加工和精密铸造相比,具有复制精度高的特点。但这两种工艺都较复杂,易出现铸造缺陷,其应用受到一定的局限。

4) 随着计算机数控加工技术的发展,用它来加工模具型腔表面的纹饰有很大的优越性。

利用计算机可以方便地设计出各种美观、复杂的图案,并可随时调整和修改,还可以设计出各种有规律的或随机性的自然纹理。

通过计算机与加工设备的结合,对型腔表面的纹饰进行加工,可实现全面控制,提高了加工精度,并可在复杂的曲面上直接进行图形纹饰加工。这样可以缩短加工周期和降低成本。

5) 对模具型腔表面进行腐蚀处理来得到所需的表面纹饰是型腔表面纹饰加工的主要方法。其加工原理是把所需要的图形按一定比例放大绘制成原图,并用照相法精确地缩到照相底片上。底片上的图案经过曝光、显影的光化学反应,复制到涂有感光胶的型腔表面上。经过坚膜固化等处理,使感光胶的相应部分具有较高的抗蚀能力,再进行化学腐蚀,即可获得所需的型腔表面图案。蚀刻技术在模具型腔纹饰加工中的应用十分广泛。其最突出的优点是可以使纹饰图案在各种曲面上一次成形,并且仿真性较好。

利用照相腐蚀型腔的花纹图案,方法简单,一般腐蚀深度为0.3mm。但在操作时,一定要注意以下几点:

① 感光胶的配方有多种,聚乙烯醇感光胶只是其中的一例。但无论用何种配方配制的感光胶,都应注意避光保存,绝不能见光。

② 在感光腐蚀前,图案、文字画稿底片的制作很重要,该图案复制的好坏以及贴附表面的修整情况,将直接影响腐蚀质量。

③ 在曝光时,应注意使型腔各处感光均匀,其时间长短根据经验而定。

④ 型腔表面需要腐蚀处一定要清洁,若有余膜,可用刀尖将余膜修除;铁膜可用印刷油墨修补。在不需要腐蚀的地方,为防止酸蚀,应涂以虫胶片或清漆进行保护。

⑤ 在腐蚀时,应根据被腐蚀型腔材料的不同,选用不同的腐蚀液。其中,塑料模具型腔多为钢材制作,可用三氯化铁溶液腐蚀。

⑥ 在操作时,一定要注意安全,防止化学试剂伤害身体。

4. 主要表面的加工方法

型芯工作表面的表面粗糙度值 Ra 为 $0.8\mu\text{m}$, 尺寸精度为 IT7。 $49.98\text{mm} \times 49.98\text{mm}$ 固定端配合面的表面粗糙度值 Ra 为 $1.6\mu\text{m}$, 尺寸精度为 IT8。采用粗铣—精铣 ($Ra = 1.6\mu\text{m}$)—磨削 ($Ra = 0.8\mu\text{m}$) 加工。八处推杆导向孔配合面,与动模板合并进行线切割加工。

5. 加工工艺路线的拟订

方案一: 备料—锻造—退火—铣六面—磨六面—划线—铣台肩、成形面及槽—铣八处导向孔—修圆角—热处理—磨六面—坐标磨导向槽—研圆角。

缺点: 八处导向槽的铣削位置精度不能保证。

方案二: 备料—锻造—退火—铣六面—磨六面—划线—铣台肩、成形面及槽—修圆角、钻穿丝孔—热处理—磨六面—线切割八处导向孔—研圆角。

与方案一比较,方案二的优点: 能精确保证八处导向槽的位置精度。故优先选用方案二。缺点: 线切割时工件的装夹困难。

6. 工艺实施

方形型芯的加工工艺路线见表 3-11。

表 3-11 方形型芯的加工工艺路线

工 序 号	工 序 名 称	工 序 内 容	设 备
1	备料	下料后锻造成 60mm×56mm×46mm 的锻件	锯床
2	热处理	退火	
3	铣削	铣六面至尺寸 55mm×51mm×40.5mm	立式铣床
4	平磨	平磨六面，对角尺，留单面余量 0.2mm	平面磨床
5	钳工	对成形部位等划线	
6	铣削	铣两台肩及 2mm×0.5mm 的槽，铣成形面	立式铣床
7	钳工	研修圆角	
8	检验		
9	热处理	淬火、低温回火，保证硬度为 54~58HRC	
10	工具磨	磨成形面，保证对称，留单面余量 0.01mm	工具磨床
11	线切割	线切割八处导向孔	线切割机床
12	研磨	线切割面及圆角	
13	检验		

任务 3.3 型孔的加工

【学习目的与要求】

- 综合分析型孔的加工方法和制造过程。
- 掌握型孔的工艺分析及工艺规程的编制方法。

【学习重点】

- 掌握型孔的工艺分析及工艺规程的编制方法。

【学习难点】

- 型孔工艺规程的编制。

3.3.1 圆形型孔的加工

图 3-58 所示为圆形凹模型孔，材料为 Cr12 钢，硬度为 60~64HRC。合理选用机床设备，编写其加工工艺路线，保证各尺寸、几何公差等符合图样的要求。

1. 工艺分析

具有圆形型孔的凹模有以下两种情况：

(1) 单型孔凹模 这类凹模制造工艺比较简单，毛坯经锻造、退火后进行车削（或铣削）加工，及钻、镗型孔，并在上、下平面和型孔处留适当的磨削余量；再由钳工划线、钻所有固定用孔、攻螺纹、铰销孔，然后进行淬火、回火；热处理

后磨削上、下平面及型孔。

(2) 多型孔凹模 冲裁模中的连续模和复合模, 凹模有一系列圆孔, 各孔的尺寸及相互位置有较高的精度要求, 这些孔称为孔系。为保持各孔的相互位置精度要求, 常采用坐标法进行加工。

镶入式凹模如图 3-59 所示。固定板 1 不进行淬火处理。凹模镶件 2 经淬火、回火和磨削后分别压入固定板的相应孔内。固定板上的镶件孔可在坐标镗床上加工。图 3-60 所示为立式双柱坐标镗床。该机床的工作台能在纵、横移动方向上进行精确调整, 大多数工作台移动量的最小分度值为 0.001mm , 定位精度一般可达 $\pm(0.002 \sim 0.0025)\text{mm}$ 。工作台移动量数值的读取方法可采用光学式或数字显示式。

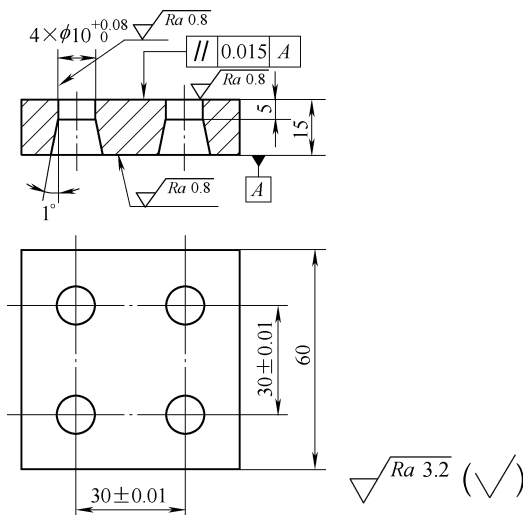


图 3-58 圆形凹模型孔

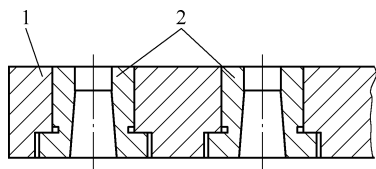


图 3-59 镶入式凹模

1—固定板 2—凹模镶件

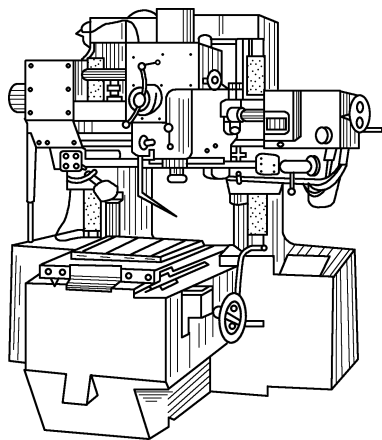


图 3-60 立式双柱坐标镗床

在坐标镗床上按坐标法镗孔, 是将各孔间的尺寸转化为直角坐标尺寸, 如图 3-61 所示。加工时将工件置于机床的工作台上, 用百分表找正相互垂直的基准面 a 、 b , 使其分别和工作台的纵、横运动方向平行后夹紧。使基准面 a 与主轴的轴线对准, 将工作台横向移动 X_1 ; 再使基准面 b 与主轴的轴线对准, 将工作台纵向移动 Y_1 。此时, 主轴的轴线与孔 I 的轴线重合, 可将孔加工到所要求的尺寸。

加工完孔 I 后,按坐标尺寸 (X_2 , Y_2) 及 (X_3 , Y_3) 调整工作台,使孔 II 及孔 III 的轴线依次和机床主轴的轴线重合,镗出孔 II 及孔 III。

在工件的安装调整过程中,为了使工件上的基准面 a 或 b 对准主轴的轴线,可以采用多种方法。图 3-62 所示为用定位角铁和光学中心测定器进行找正。

中心测定器 2 以其锥柄定位,安装在镗床主轴的锥孔内,在目镜 3 的视场内有两对十字线。定位角铁 1 的两个工作表面互成 90° , 在它的上平面上固定着一个直径约为 7mm 的镀铬钮,钮上有一条与角铁垂直工作面重合的刻线。使用时将角铁的垂直工作面紧靠工件 4 的基准面 (面 a 或面 b), 移动工作台从目镜观察,使镀铬钮上的刻线恰好落在目镜视场内的两对十字线之间,如图 3-63 所示。此时,工件的基准面已对准机床主轴的轴线。

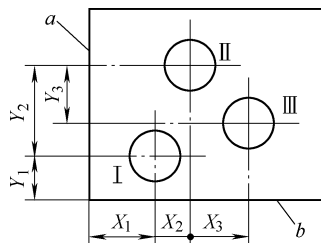


图 3-61 孔系的直角坐标尺寸

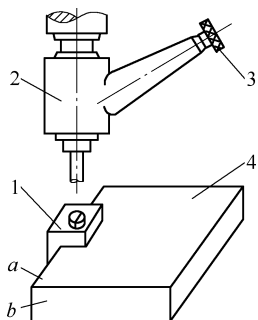


图 3-62 用定位角铁和光学中心测定器找正
1—定位角铁 2—中心测定器 3—目镜 4—工件

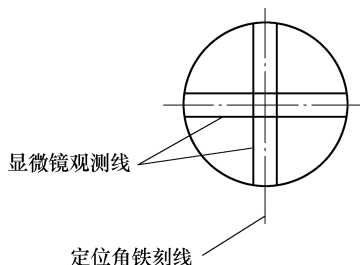


图 3-63 定位角铁刻线在显微镜中的位置

加工分布在同一圆周上的孔,可以使用坐标镗床的机床附件——万能回转工作台,如图 3-64 所示。转动手轮 3,转盘 1 可绕垂直轴旋转 360° ,旋转的读数精度为 $1''$,使用时将万能回转工作台置于坐标镗床的工作台上。当加工同一圆周上的孔时应调整工件,使各孔所在圆的圆心与转盘 1 的回转轴重合。转动手轮 2 能使转盘 1 绕水平轴在 $0^\circ \sim 90^\circ$ 的范围内倾斜某一角度,以加工工件上的斜孔。

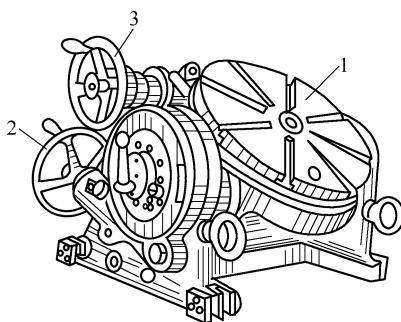


图 3-64 万能回转工作台
1—转盘 2、3—手轮

对于具有镶件结构的多型孔凹模,在缺少坐标镗床的情况下,也可在立式铣床上用坐标法加工孔系。为此,可在铣床工作台的纵、横运动方向上附加量块、百分表测量装置来调整工作台的移动距离,以控

制孔间的坐标尺寸，其距离精度一般可达 0.02mm。

整体结构的多型孔凹模，一般以碳素工具钢或合金工具钢为原材料，热处理后其硬度常在 60HRC 以上。制造时毛坯经锻造、退火，对各平面进行粗加工和半精加工，钻、镗型孔。在上、下平面及型孔处留适当的磨削余量，然后进行淬火、回火。热处理后，磨削上、下平面，以平面定位在坐标磨床上对型孔进行精加工。型孔的单边磨削余量通常不超过 0.2mm。

在对型孔进行镗孔加工时，必须使孔系的位置尺寸达到一定的精度要求，否则会給坐标磨床加工带来困难。最理想的方法是用加工中心进行加工，它不仅能保证各型孔相互间的位置尺寸精度要求，而且凹模上的所有螺孔、定位销孔的加工都可在一次装夹中全部完成，极大地简化了操作，有利于劳动生产率的提高。

2. 工艺实施

圆形凹模型孔的加工工艺路线见表 3-12。

表 3-12 圆形凹模型孔的加工工艺路线

工 序 号	工 序 名 称	工 序 内 容	设 备
1	下料	热轧圆钢，锯床切断	锯床
2	锻造	锻成 61mm×61mm×61mm	
3	热处理	退火硬度≤240HBW	
4	划线	在坐标镗床上划各孔的位置线	坐标镗床
5	钻孔	采用 φ8mm 钻头，留 2~3mm 的余量	立式钻床
6	镗孔	坐标镗孔系，留 0.02~0.03mm 研磨余量，锥孔可用万能镗刀架镗出或钳工铰出	坐标镗床
7	检验		
8	热处理	淬火+低温回火至硬度为 60~64HRC	
9	精磨	磨上、下两大平面	平面磨床
10	研磨	研磨各孔至尺寸（或坐标）	卧式车床
11	检验		

注：也可用线切割加工型孔。

3.3.2 非圆形型孔的加工

图 3-65 所示为非圆形凹模型孔，材料为 CrWMn 钢，硬度为 58~62HRC。合理选用机床设备，编写其加工工艺路线，保证各尺寸、几何公差等符合图样的要求。

1. 工艺分析

- (1) 零件组成表面 非圆形刃口表面，漏料孔，4×M10 螺孔，2×φ8mm 销孔，φ4mm 挡料销孔。
- (2) 主要表面分析 板类零件，上、下表面及相邻两侧面作为工艺基准。
- (3) 主要技术条件 刃口表面的表面粗糙度 Ra 值为 0.4μm，尺寸精度为 IT6；

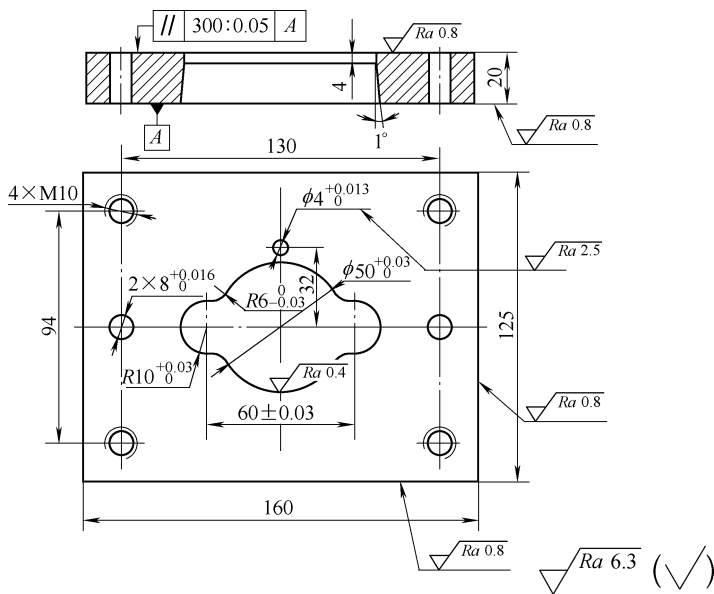


图 3-65 非圆形凹模型孔

外形表面的表面粗糙度 Ra 值为 $0.8\mu\text{m}$ 。保证上、下表面的平行度要求，零件需要经过热处理，保证硬度为 $58 \sim 62\text{HRC}$ 。

2. 毛坯选择

CrWMn 是冷作模具钢。淬火、回火后，可以获得高耐磨性，基体具有较高的强度和硬度，淬透性好，能满足凹模实际工作的力学性能要求，但切削加工较难。

根据零件特点，结合凹模高硬度、高耐磨性、足够的强度和韧性的力学性能要求，选择锻件作为毛坯。

3. 知识讲解

非圆形凹模型孔的机械加工比较困难。由于数控线切割加工技术的发展及其在模具制造中的广泛应用，许多传统的型孔加工方法都被该技术所取代。机械加工主要用于线切割加工受到尺寸大小限制或缺少线切割加工设备的情况。

带有非圆形型孔的凹模通常是将毛坯锻成长方体，加工各平面后进行划线，再将型孔中心的余料去除而成的。如图 3-66 所示，沿型孔轮廓线内侧顺次钻孔后，将孔两边的连接部分凿断，去除余料。如果工厂有带锯机，可先在型孔的转折处钻孔，然后用带锯机沿型孔轮廓线将余料切除，并按后续

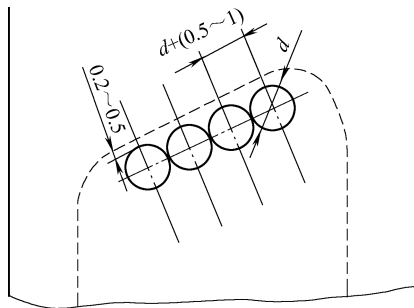


图 3-66 沿型孔轮廓线内侧钻孔

工序要求沿型孔轮廓线留适当的加工余量。用带锯机去除余料生产效率高。

当凹模尺寸较大时,也可用气(氧-乙炔焰)割方法去除型孔内部的余料。切割时型孔应留有足够的加工余量。切割后的模坯应进行退火处理,以便进行后续加工。

切除余料后,可采用以下方法对型孔进行进一步加工。

仿形铣削:在仿形铣床上采用平面轮廓仿形的方法,对型孔进行半精加工或精加工,其加工精度可达 0.05mm ,表面粗糙度 $Ra = 1.5 \sim 2.6\mu\text{m}$ 。仿形铣削加工容易获得形状复杂的型孔,可减轻操作者的劳动强度,但需要制造靠模,使生产周期延长。靠模通常都用容易加工的木材制造,受温度、湿度的影响极易变形,影响加工精度。

数控加工:用数控铣床加工型孔,容易获得比仿形铣削更高的加工精度。不需要制造靠模,通过数控指令使加工过程实现自动化,可降低对操作工人的技能要求,而且使生产效率提高。此外,还可采用加工中心对凹模进行加工。在加工中心上经一次装夹不仅能加工非圆形型孔,还能同时加工固定螺孔和销孔。

在无仿形铣床和数控铣床时也可在立式铣床或万能工具铣床上加工型孔。铣削时按型孔轮廓线手动操作铣床工作台纵、横运动进行加工。对操作者的技术水平要求高,劳动强度大,加工精度低,生产效率低,加工后钳工修正工作量大。

坐标磨床主要用于对淬火后的模具零件进行精加工,不仅能加工圆孔,也能对非圆形型孔进行加工;不仅能加工内成形表面,也能加工外成形表面。它是在淬火后进行孔加工的机床中精度最高的一种。

坐标磨床和坐标镗床类似,也是用坐标法对孔系进行加工,其坐标精度可达 $\pm(0.002 \sim 0.003)\text{mm}$,只是坐标磨床用砂轮作切削工具。机床的磨削机构能完成三种运动,即砂轮的高速自转(主运动)、行星运动(砂轮回转轴线的圆周运动)及砂轮沿机床主轴轴线方向的直线往复运动,如图3-67所示。

(1) **锥孔磨削** 磨削锥孔是由机床上的专门机构使砂轮在轴向进给的同时,连续改变行星运动的半径。锥孔的锥顶角大小取决于两者变化的比值,所磨锥孔的最大锥顶角为 12° 。

磨削锥孔的砂轮应修出相应的圆锥角,如图3-68所示。

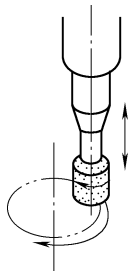


图 3-67 砂轮的三种运动

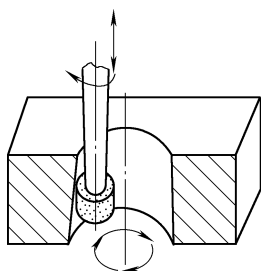


图 3-68 锥孔磨削

(2) 侧磨 这种加工方法是使用专门的磨槽附件进行的, 砂轮在磨槽附件上的装夹和运动情况如图 3-69 所示。该方法可以对槽及带清角的内表面进行加工。

综合运用基本磨削方法, 可以对一些形状复杂的型孔进行磨削加工, 如图 3-70 所示。磨削该凹模型孔时, 可先将回转工作台固定在机床工作台上, 用回转工作台装夹工件, 经找正使工件的对称中心与回转工作台的回转中心重合。调整机床使孔 O_1 的轴线与主轴轴线重合, 用内孔磨削方法磨出孔 O_1 的圆弧段。再调整工作台使工件上的孔 O_2 与主轴中心重合, 磨削该圆弧到要求尺寸。利用回转工作台将工件回转 180° , 磨削孔 O_3 的圆弧到要求尺寸。

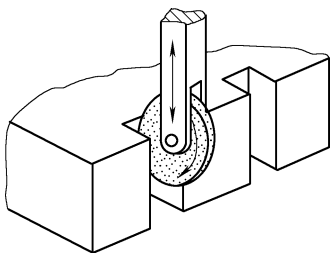


图 3-69 侧磨

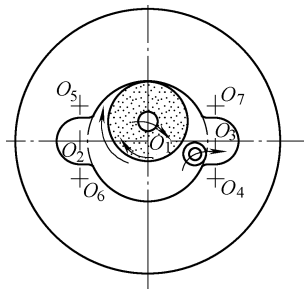


图 3-70 磨削异形型孔

随着数控技术在坐标磨床上的应用, 出现了点位控制坐标磨床和计算机数控连续轨迹坐标磨床, 前者适于加工尺寸和位置精度要求高的多型孔凹模等零件, 后者特别适于加工某些精度要求高、形状复杂的内外轮廓面。我国生产的数控坐标磨床, 如 MK2945 和 MK2932B 的数控系统均可作二坐标 (X 、 Y) 联动连续轨迹磨削。MK2932B 在磨削过程中, 还能同时控制砂轮轴线绕着行星运动的回转中心转动, 并与 X 、 Y 轴联动, 使砂轮处在被磨削表面的法线方向, 砂轮的工作母线始终处于磨床主轴的中心线上, 而且可用同一穿孔带磨削内、外轮廓。使用连续轨迹坐标磨床可以提高模具的生产效率。

当型孔形状复杂, 使用机械加工方法无法实现时, 凹模可采用镶拼结构, 这时可将内表面加工转变成外表面加工。凹模采用镶拼结构时, 应尽可能将拼合面选在对称线上 (图 3-71), 以便一次同时加工几个镶块; 凹模的圆形刃口部位应尽可能保持完整的圆形。例如, 图 3-72a 所示的拼合方式比图 3-72b 所示的拼合方式容易获得高的圆度精度。

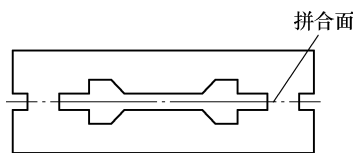


图 3-71 拼合面在对称线上

4. 主要表面的加工方法

内形刃口表面的表面粗糙度 Ra 值为 $0.4\mu\text{m}$, 尺寸精度为 IT6, 采用线切割加工刃口和挡料销孔, 再研磨; 外形表面的表面粗糙度 Ra 值为 $0.8\mu\text{m}$, 采用粗铣—

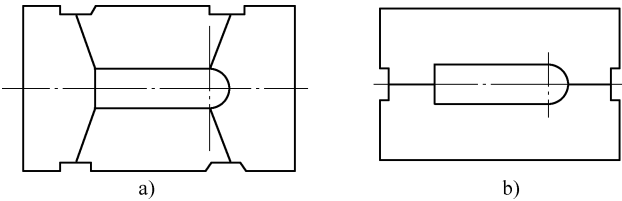


图 3-72 圆形刃口的拼合

精铣—磨削的工艺路线。

5. 工艺路线的拟订

方案一：备料—锻造—退火—铣六面—磨六面—划线、加工螺孔及销孔—铰销孔—铣型孔、修漏料孔—热处理—磨六面—坐标磨型孔。

特点：传统加工方法，普通铣削，挡料销与型孔的位置较难保证，加工困难。

方案二：备料—锻造—退火—铣六面—磨六面—划线、加工螺孔及销孔、穿丝孔—热处理—磨六面—线切割销孔及型孔—研磨型孔。

特点：挡料销与型孔的位置精度高，漏料斜孔一次切割，工艺简单，为现在模具加工的常用方法。优先选择方案二。

6. 工艺实施

非圆形凹模型孔的加工工艺路线见表 3-13。

表 3-13 非圆形凹模型孔的加工工艺路线

工 序 号	工 序 名 称	工 序 内 容	设 备
1	备料	将毛坯锻成平行六面体，尺寸为 166mm × 130mm × 25mm	锯床
2	热处理	退火硬度≤240HBW	
3	铣平面	铣平面，厚度留磨削余量 0.6mm，侧面留磨削余量 0.4mm	立式铣床
4	磨平面	磨上、下平面，留磨削余量 0.3 ~ 0.4mm，磨相邻两侧面，保证垂直	平面磨床
5	钳工划线	划出对称中心线、螺孔线及销孔线	
6	钻孔、攻螺纹	钻 4 个 φ8.5mm 螺纹底孔及 φ3mm 穿丝孔，攻螺纹 4 × M10	
7	检验		
8	热处理	按热处理工艺保证硬度为 58 ~ 62HRC	
9	磨平面	磨上、下面及其基准面达到要求	平面磨床
10	线切割	切割销孔及型孔，留研磨余量 0.01mm	快走丝线切割机床
11	研磨	研磨型孔达到要求	
12	检验		

任务 3.4 型腔的加工

【学习目的与要求】

- 综合分析型腔的加工方法和制造过程。
- 掌握型腔的工艺分析及工艺规程的编制方法。

【学习重点】

- 掌握型腔的工艺分析及工艺规程的编制方法。

【学习难点】

- 型腔工艺规程的编制。

图 3-73 所示为注射模型腔，材料为 CrWMn 钢，硬度为 50~55HRC。合理选用机床设备，编写其加工工艺路线，保证各尺寸、几何公差等符合图样的要求。

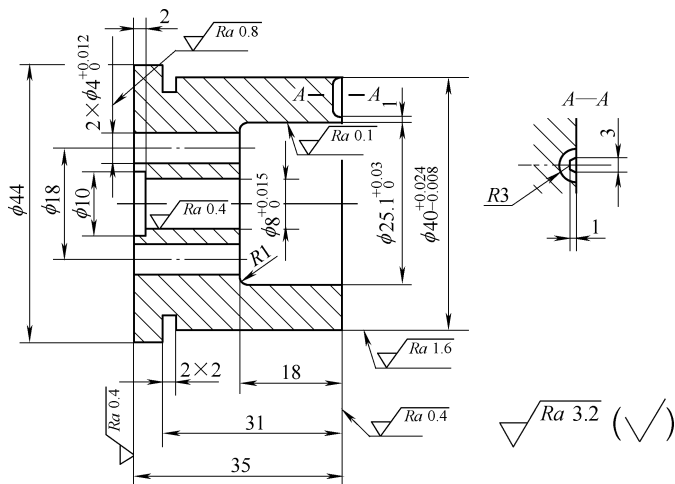


图 3-73 注射模型腔

1. 工艺分析

锻造后的坯料长度为 100mm，除包括两件型腔的长度、端面加工余量外，还包括切断槽宽度和磨削第二件时所夹持的料头长度。模具零件加工属于单件生产，工序安排上遵循集中的原则，所以车削各表面应该集中在同一工序，磨削各表面集中在同一工序完成。钳工工作包括压装型腔、与型腔固定板一起磨两大面、磨分流道和浇口。

根据零件特点，结合凹模高硬度、高耐磨性、足够的强度和韧性的力学性能要求，选择锻件作为毛坯。

2. 知识讲解

型腔的作用是成形制件的外形表面，加工精度和表面质量一般都要求较高。型

腔常常需要加工成各种形状复杂的内成形面或花纹, 工艺过程较为复杂。常见的型腔大致可以分为回转曲面和非回转曲面两种。回转曲面可用车床、内圆磨床和坐标磨床进行加工。而非回转曲面常常需要使用专门的加工设备进行加工或进行大量的钳工加工, 生产率较低。生产中应该充分利用各种设备的加工能力和附属装置, 尽量减少钳工的工作量。

(1) 车削加工型腔 车削加工法主要用于加工回转曲面的型腔或型腔的回转曲面部分。图 3-74 所示为对拼式压塑模型腔, 可用车削方法加工 $S\phi 44.7\text{mm}$ 的圆球面和 $\phi 21.71\text{mm}$ 的圆锥面。

保证对拼式压塑模上两拼块的型腔相互对准是十分重要的。为此在车削前对坯料应预先完成下列加工, 并为车削加工准备可靠的工艺基准。

1) 将坯料加工为平行六面体, 5° 斜面暂不加工。

2) 在拼块上加工出导钉孔和工艺螺孔 (图 3-75), 供车削时装夹用。

3) 将分型面磨平, 在两拼块上装导钉, 一端与拼块 A 过盈配合, 一端与拼块 B 间隙配合。

4) 将两拼块拼合后磨平四侧面及一端面, 保证垂直度 (用直角尺检查), 要求两拼块厚度保持一致。

5) 在分型面上以球心为圆心、以 44.7mm 为直径划线, 保证 $H_1 = H_2$, 如图 3-76 所示。

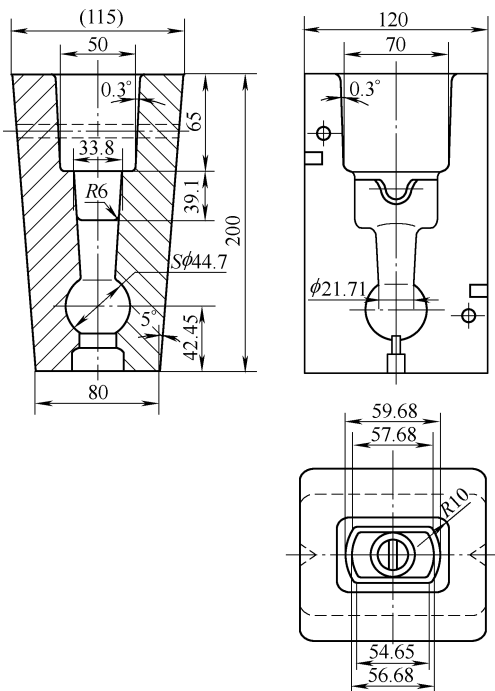


图 3-74 对拼式压塑模型腔

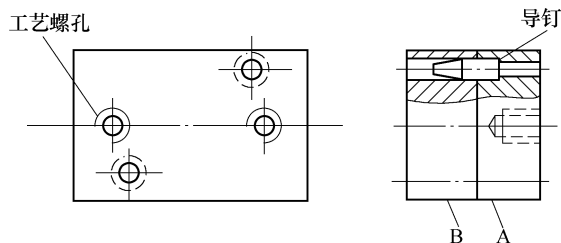


图 3-75 拼块上的工艺螺孔和导钉孔

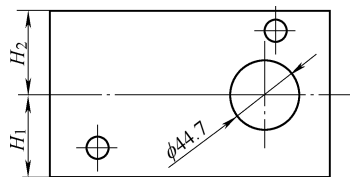


图 3-76 划线

(2) 铣削加工 分为用普通铣床和仿形铣床加工型腔两种。

1) 在用普通铣床加工型腔时, 使用最广的是立式铣床和万能工具铣床, 它们

大都可以对各种模具（如压缩模、注射模、压铸模、锻模等）的型腔，进行加工。由于模具生产多为单件生产，因此加工时常常是按模坯上划出的型腔轮廓线，手动操作机床工作台（或机床附件）进行切削加工。加工表面的表面粗糙度 Ra 值约为 $1.6\mu\text{m}$ ，所以加工时需要在被加工表面留适当的修磨、抛光余量，由钳工进行修整和抛光后才能成为合格的型腔。当采用普通铣床加工型腔时，工人的劳动强度大，生产效率低，对工人的操作技术水平要求也比较高。

加工型腔的过程中，当进给至型腔的转角处时，由于切削力的波动导致刀具倾斜造成误差。如图 3-77 所示，当刀具半径与型腔圆角半径 R 相同时，刀具在圆角上的倾斜变化将导致加工部位的斜度和尺寸发生改变。为避免出现这种现象，应选择比型腔圆角半径小的铣刀进行加工。

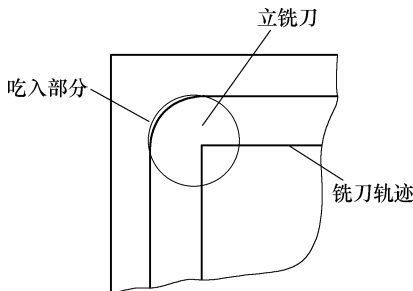


图 3-77 型腔圆角的加工

为了能加工出各种特殊形状的表面，必须准备各种不同形状和尺寸的铣刀。图 3-78 所示为适合于不同用途的单刃指形铣刀。这种铣刀制造方便，能用较短的时间制造出来，可及时满足加工的需要。刀具的几何参数应根据型腔和刀具的材料、刀具的强度和寿命以及其他切削条件合理进行选择，以获得较理想的生产效率和加工质量。

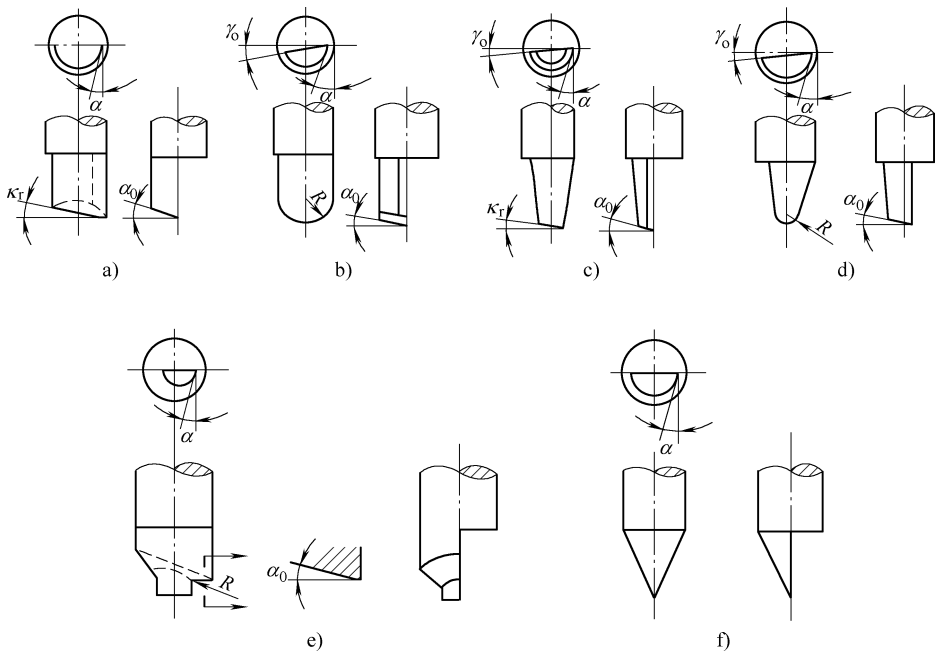


图 3-78 单刃指形铣刀

根据不同的加工条件还可采用双刃立铣刀（图 3-79）来铣削型腔。这种铣刀切削时受力平衡，铣削精度较高，能比单刃铣刀承受更大的切削量。双刃立铣刀有标准产品，可直接从市场上购买。此外，在某些特殊情况下及进行粗加工时也可以采用多刃的标准立铣刀进行加工。

为了提高铣削效率，对于某些铣削余量较大的型腔，铣削前可在型腔轮廓线的内部连续钻孔，孔的深度和型腔的深度接近，如图 3-80 所示。先用圆柱立铣刀粗铣，去除大部分加工余量后，再采用特形指形铣刀精铣。特形铣刀的斜度和端部形状应与型腔侧壁和底部转角处的形状相吻合。

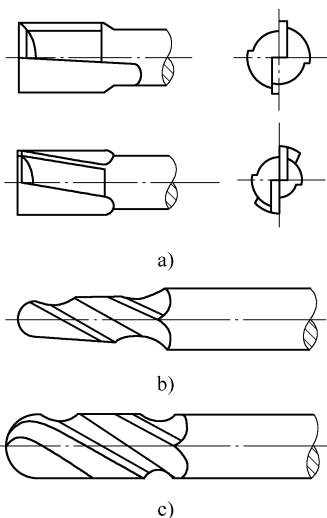


图 3-79 双刃立铣刀

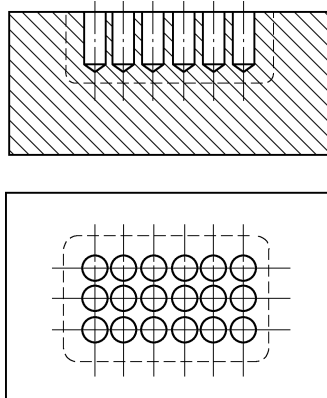


图 3-80 型腔钻孔示意图

图 3-81 所示为多型腔橡胶压模，采用普通铣床加工型腔。加工时除要保证各型腔的加工精度外，一个十分突出的问题是要保证上、下模的对应型腔相互对准。

为此，在立式铣床上利用回转工作台和圆头立铣刀进行铣削，用量块精确控制各型腔间的位置尺寸。为了保证型腔加工时有可靠的定位基准，上、下模毛坯经粗加工和半精加工后，先将大平面磨平，再将上、下模组合在一起磨侧面，并保证各面相互垂直（用直角尺检查）。铣削时，先使机床主轴的回转轴线与回转工作台的回转中心对正，将工件安放在回转工作台上，按划线找正，使一个 $R14\text{mm}$ 圆弧

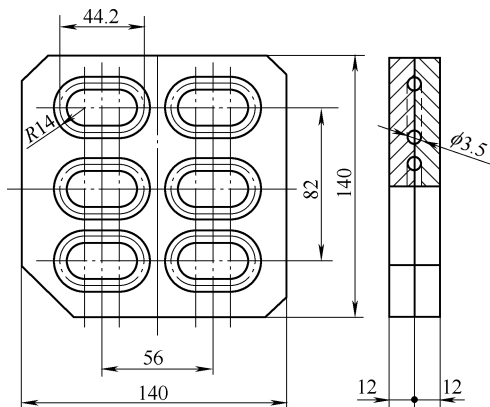


图 3-81 多型腔橡胶压模

的中心与回转工作台的回转中心重合, 再将两个定位块靠在工件的基准面上 (模坯上相互垂直的两个侧面), 如图 3-82a 所示, 分别将定位块及工件压紧。

移动铣床的工作台, 使铣刀和待铣削的圆弧槽对正, 转动回转工作台进行加工, 同时严格控制回转工作台的回转角度, 加工出一个 $R14\text{mm}$ 的圆弧槽。松开工件, 在定位块与工件之间垫入适当尺寸的量块, 如图 3-82b 所示, 使另一个 $R14\text{mm}$ 圆弧槽的中心与回转工作台的回转中心重合, 铣出该圆弧槽。用同样的方法将所有的圆弧槽加工出来。两定位块的位置一经确定就不再改变, 加工上、下模板时都以它定位并用同样的方法进行加工, 这样能较好地保证上、下模板上各对应型腔的位置对准。在铣削各型腔的直线部分时, 应保证它们与圆弧部分的衔接平整光滑。当然, 该橡胶压模型腔用数控铣削会更加方便。

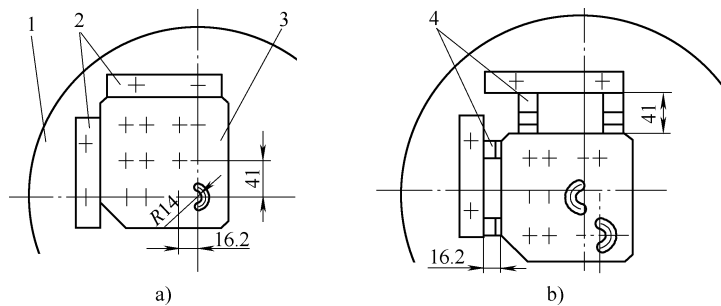


图 3-82 用回转工作台加工多型腔模板

a) 工件装夹并铣第一个圆弧槽 b) 铣第二个圆弧槽

1—回转工作台 2—定位块 3—工件 4—量块

2) 仿形铣床可以加工各种结构形状的类型, 特别适合于加工具有曲面结构的大尺寸型腔。

使用仿形铣床加工时按照预先制好的靠模, 在模坯上加工出与靠模形状完全相同的型腔, 这样能减轻工人的劳动强度, 提高铣削加工的生产率, 可以较容易地加工出形状较为复杂的型腔。型腔加工精度可达 0.05mm , 表面粗糙度 $Ra = 1.5 \sim 2.6\mu\text{m}$, 被加工表面并不十分平滑, 有刀痕, 型腔的窄槽和某些转角部位尚需钳工加以修整。所以, 加工后一般都需要对型腔表面进行进一步的修整。用仿形铣床加工型腔时, 对于不同的工件需要制造相应的靠模, 这就使模具的生产周期延长, 且靠模易变形, 影响加工精度。目前, 除了一些大的锻模尚用此方法加工外, 其余均由数控加工中心完成。

(3) 光整加工 光整加工是生产中常用的精密加工法, 一般是在精车、精镗、精铰和精磨的基础上进行加工。光整加工后可获得比普通磨削更高的精度 (公差等级为 IT5 ~ IT6 或更高) 和更小的表面粗糙度值 (Ra 值为 $0.008 \sim 0.1\mu\text{m}$)。常用的光整加工方法主要有以下几种: 研磨、珩磨、超级光磨、抛光。珩磨是研磨的发

展,也是磨削的特殊形式。超级光磨也称为超精加工,是在良好冷却润滑的条件下,用粒度极细的磨条在很低的恒定压力下 ($0.1 \sim 0.3 \text{MPa}$),以快而短的往复振动(每分钟往复行程数为 $600 \sim 1800$,振幅为 $2 \sim 6 \text{mm}$),对旋转工件 ($10 \sim 150 \text{m/min}$) 表面进行修磨。超级光磨应用很广,常用于加工外圆柱面,也可加工圆锥面、孔、平面和球面等。

1) 研磨和抛光的机理。研磨是使用研具、游离磨料对被加工表面进行微量加工的精密加工方法。在被加工表面和研具之间置以游离磨料和润滑剂,使被加工表面和研具之间产生相对运动并施以一定的压力,磨料产生切削、挤压等作用,从而去除表面凸起处,使被加工表面精度提高、表面粗糙度降低。研磨加工过程示意图如图 3-83 所示。

研磨的尺寸精度高。研磨采用极细的磨粒,在低速、低压作用下,逐次磨掉表面的凸峰金属,并且加工热量少,被加工表面的变形和变质层很轻微,可稳定地获得高精度表面。尺寸精度可达 $0.025 \mu\text{m}$ 。

研磨的形状精度高。由于是微量切削,研磨运动轨迹复杂,并且不受运动精度的影响,因此可获得较高的形状精度。球体圆度可达 $0.025 \mu\text{m}$,圆柱体圆柱度可达 $0.1 \mu\text{m}$ 。

研磨表面的表面粗糙度低。在研磨过程中,磨粒的运动轨迹不重复,有利于均匀磨掉被加工表面的凸峰,从而降低表面粗糙度。表面粗糙度 Ra 值可达 $0.1 \mu\text{m}$ 。

研磨表面的耐磨性提高。由于研磨使表面质量提高,摩擦因数减小,且有效接触表面积增大,从而使耐磨性提高。

研磨表面的疲劳强度提高。研磨表面存在着残余压应力,这种应力有利于提高零件表面的疲劳强度。

研磨不能提高各表面之间的位置精度。研磨多为手工作业,劳动强度大。

抛光加工过程与研磨加工过程基本相同,抛光加工过程示意图如图 3-84 所示。

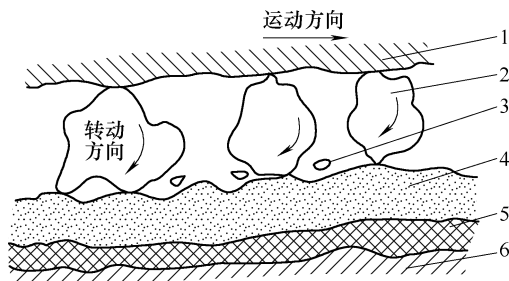


图 3-83 研磨加工过程示意图

1—研具 2—磨料 3—切屑 4—原加工变质层
5—研磨加工变质层 6—工件基体

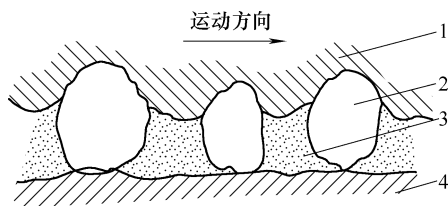


图 3-84 抛光加工过程示意图

1—软质抛光器具 2—细磨粒
3—微小切屑 4—工件

抛光是一种比研磨更细微磨削的精密加工。研磨时研具较硬,其微切削作用和

挤压塑性变形作用较强,在尺寸精度和表面粗糙度两方面都有明显的加工效果。在抛光过程中也存在着微切削作用和化学作用。由于抛光所用研具较软,因此还存在塑性流动作用。这是由于抛光过程中的摩擦现象使抛光接触点温度上升,从而引起热塑性流动。抛光的作用是进一步降低表面粗糙度,并获得光滑表面,但不能提高表面的形状精度和位置精度,而研磨却能提高零件的尺寸、位置精度及表面质量。

2) 目前,对模具成形表面的精度和表面粗糙度的要求越来越高,特别是高寿命、高精密模具,已发展到微米级精度。除了在加工中选用高精度、自动化的加工设备外,研磨抛光加工也是实现高精度的重要一环。

冲模、塑料模和金属压铸模的成形表面,除了一部分可以采用超精磨削加工达到设计要求外,多数成形表面和高精度表面都需要进行研磨抛光加工,而且大部分需要模具钳工手工作业完成。研磨抛光的工作量约占模具整个工作量的三分之一。

模具成形表面的表面粗糙度对模具寿命和制件质量都有较大的影响。在采用磨削方法加工成形表面时,加工表面不可避免地会出现微细磨痕、裂纹和伤痕等缺陷,这些缺陷对一些精密模具的影响尤为突出。

另外,各种中小型冲模和型腔模的型腔、型孔成形表面的精加工手段,主要为电火花成形加工和电火花线切割加工,在电加工之后成形表面形成一层薄薄的变质层。变质层上有许多缺陷,除几何形状规则的表面可以采用高精度的坐标磨削进行加工外,多数情况下需要依靠研磨抛光来去除变质层,以保证成形表面的精度和表面粗糙度要求。

3) 研磨抛光有很多种分类方法。

① 按研磨抛光过程中操作者参与的程度分为两种类型。

手工作业研磨抛光:对于型腔中窄缝、不通孔、深孔和死角部位的加工,手工研磨抛光方法仍占主导地位。

机械设备研磨抛光:主要依靠机械设备进行的研磨抛光。它包括一般研磨抛光设备加工和智能自动抛光设备加工,这是研磨抛光发展的主要方向。机械设备研磨抛光的质量不依赖于操作者的个人技艺,而且工作效率比较高,如挤压研磨抛光、电化学研磨抛光等。

② 按磨料在研磨抛光过程中的运动轨迹分为两种类型。

游离磨料研磨抛光:在研磨抛光过程中,利用研磨抛光工具系统给游离状态的研磨抛光剂以一定的压力,使磨料以不重复的轨迹运动进行微切削和产生微塑性挤压变形。

固定磨料研磨抛光:是指研磨抛光工具本身含有磨料,在加工过程中研磨抛光工具以一定的压力直接和被加工表面接触,磨料和工具的运动轨迹一致。

③ 按研磨抛光的机理分为两种类型。

机械式研磨抛光:利用磨料的机械能和切削力对被加工表面进行以微切削为主

的研磨抛光。

非机械式研磨抛光：主要依靠电能、化学能等非机械能形式进行的研磨抛光。

④ 按研磨抛光剂使用的条件分为三种类型。

湿研：将磨料和研磨液组成的研磨抛光剂连续加注或涂敷于研具表面，磨料在研具和被加工表面之间滚动或滑动，形成对被加工表面的切削作用。其加工效率较高，但加工表面的几何形状和尺寸精度不如干研。多用于粗研或半精研。

干研：将磨料均匀地压嵌在研具表层中，施以一定的压力利用压嵌的磨料进行研磨加工。可获得很高的加工精度和低的表面粗糙度，但加工效率低。一般用于精研。

半干研：类似于湿研，使用糊状研磨膏。粗、精研均可。

4) 研磨抛光的加工要素见表 3-14。

表 3-14 研磨抛光的加工要素

项 目		内 容
加工方式	驱动方式	手动、机动、数字控制
	运动形式	回转、往复
	加工面数	单面、双面
研具	材料	硬质：淬火钢、铸铁，软质：木材、塑料
	表面状态	平滑、沟槽、孔穴
	形状	平面、圆柱面、球面、成形面
磨料	材料	金属氧化物、金属碳化物、氮化物、硼化物
	粒度	0.01μm 至数十微米
	性能	硬度、韧性
研磨液	种类	油性、水性
	作用	冷却、润滑、活性化学作用
加工参数	相对运动速度	1 ~ 100m/min
	压力	0.001 ~ 3.0MPa
	时间	视加工条件而定
环境	温度	视加工要求而定，超精密型为 (20 ± 1)℃
	净化	视加工要求而定，超精密型使用 100 ~ 1 000 级净化间

5) 手工研磨抛光。

① 研磨抛光剂。磨料在机械式研磨抛光加工中对被加工表面起着微切削作用和微挤压塑性变形作用。磨料选择正确与否对加工质量起着重要作用。磨料的选择主要包括磨料的种类和粒度。

磨料的种类有氧化铝磨料、碳化硅磨料、金刚石磨料、氧化铁磨料和氧化铬磨

料等。常用磨料的主要物理、力学性能见表 3-15。一般根据被加工材料的软硬程度和表面粗糙度，以及研磨抛光的质量要求选择不同种类的磨料。常用磨料及其适用范围见表 3-16。磨料粒度及可以达到的加工表面粗糙度见表 3-17。

表 3-15 常用磨料的主要物理、力学性能

磨 料		显微硬度（HV）	抗弯强度/MPa	抗压强度/MPa	磨削温度/℃
氧化铝		1 800 ~ 2 450	87. 2	757	1 200
碳化硅		3 100 ~ 3 400	155	1 500	1 300 ~ 1 400
碳化硼		4 150 ~ 9 000	300	1 800	700 ~ 800
立方氮化硼		7 300 ~ 9 000	300	800 ~ 1 000	1 250 ~ 1 350
金刚石	天然	8 600 ~ 10 600	210 ~ 490	2 000	700 ~ 800
	人造		300		

表 3-16 常用磨料及其适用范围

磨 料		适 用 范 围
系 列	名 称	
刚玉系 (氧化铝系)	棕刚玉	粗研磨钢、铸铁和硬青铜
	白刚玉	粗研磨淬火钢、高速工具钢和非铁金属
	铬刚玉	研磨低表面粗糙度表面、钢件
	单晶刚玉	研磨不锈钢等强度高、韧性大的工件
碳化物系	黑碳化硅	研磨铸铁、黄铜、铝
	绿碳化硅	研磨硬质合金、硬铬、玻璃、陶瓷、石材
	碳化硼	研磨和抛光硬质合金、陶瓷、人造宝石等高硬度材料，为金刚石的代用品
超硬磨料系	天然金刚石	研磨硬质合金、人造宝石、玻璃、陶瓷、半导体材料等高硬、难切的材料
	人造金刚石	
	立方氮化硼	研磨高硬度淬火钢、高矾高钨钢、高速工具钢、镍基合金
软磨料系	氧化铁	精细研磨和抛光钢、淬硬钢、铸铁、光学玻璃及单晶硅
	氧化铬	

表 3-17 磨料粒度及可以达到的加工表面粗糙度

研 磨 方 法	磨 料 粒 度	能达到的表面粗糙度 $Ra/\mu\text{m}$
粗研磨	100 [#] ~ 120 [#]	0. 63 ~ 1. 25
	150 [#] ~ 280 [#]	0. 16 ~ 1. 25
精研磨	W40 ~ W14	0. 08 ~ 0. 32
精密件粗研磨	W14 ~ W10	< 0. 08
精密件半精研磨	W7 ~ W5	0. 04 ~ 0. 08
精密件精研磨	W5 ~ W0. 5	0. 01 ~ 0. 04

研磨抛光液在研磨抛光过程中起着调和磨料、使磨料均匀分布和冷却润滑的作用，通过改变磨料和研磨抛光液之间的比例来控制磨料在研磨抛光剂中的含量。研磨抛光液有矿物油、动物油和植物油三类。10 号机油应用最普遍，煤油在粗、精加工中都可使用；动物油中含有油酸活性物质，在研磨抛光过程中与被加工表面发生化学反应，可加速研磨抛光过程，又能提高零件表面光泽。常用研磨抛光液及其用途见表 3-18。

表 3-18 常用研磨抛光液及其用途

工 件 材 料		研 磨 抛 光 液
钢	粗研磨	煤油 3 份，机油 1 份，汽轮机油或锭子油少量，轻质矿物油适量
	精研磨	机油
铸铁		煤油
铜		动物油（熟猪油与磨料拌成糊状，再加 30 倍煤油），适量锭子油和植物油
淬火钢、不锈钢		植物油、汽轮机油或乳化油
硬质合金		航空汽油

研磨抛光膏是由磨料和研磨抛光液组成的研磨抛光剂。研磨抛光膏分为硬磨料研磨抛光膏和软磨料研磨抛光膏两类。

硬磨料研磨抛光膏中的磨料有氧化铝、碳化硅、碳化硼和金刚石等，常用粒度为 200[#]、240[#]、W40 等的磨粉和微粉，磨料硬度应大于工件硬度。

软磨料研磨抛光膏中的磨料多为氧化铝、氧化铁和氧化铬等，常用粒度为 W20 及以下的微粉。软磨料研磨抛光膏中含有油质活性物质，使用时根据需要可以用煤油或汽油稀释。

② 研磨抛光工具。研磨抛光时直接和被加工表面接触的研磨抛光工具称为研具。研具的材料很广泛，原则上研具材料的硬度应比被加工材料的硬度低，但研具材料过软，会使磨粒全部嵌入研具表面而使切削作用降低。

一般研具材料有低碳钢、灰铸铁、黄铜和纯铜，硬木、竹片、塑料、皮革和毛毡也是常用材料。灰铸铁中含有石墨，所以耐磨性、润滑性及研磨效率都比较理想，灰铸铁研具用于淬硬钢、硬质合金和铸铁材料的研磨。低碳钢的强度比灰铸铁高，用于较小孔径的研磨。黄铜和纯铜用于研磨余量较大的情况，加工效率也比较高。但用铜质研具加工后表面光泽性差，因此常用于粗研磨，再用灰铸铁研具进行精研磨。硬木、竹片、塑料和皮革等材料常用于窄缝、深槽及非规则几何形状的精研磨和抛光。

精密固定磨料研磨抛光研具的材料是低发泡氨基甲（乙）酸酯油石，可进行精密加工，其研磨抛光机理也是微切削作用，当加工压力增大时，油石与加工表面

的接触压力增大,参加微切削的磨粒增多,从而加速了研磨抛光过程。

普通油石一般用于粗研磨,它由氧化铝、碳化硅磨料和粘结剂压制烧结而成。使用时,根据型腔形状磨成需要的形状,并根据被加工表面的表面粗糙度和材料硬度选择相应的油石。当被加工零件的材料较硬时,应该选择较软的油石,否则反之。当被加工零件的表面粗糙度要求较高时,油石要细一些,组织要致密些。

研磨平板主要用于单一平面及中小铸件端面的研磨抛光,如冲裁凹模端面、塑料模中的单一平面分型面等。研磨平板采用灰铸铁材料,并在平面上开设相交成 60° 或 90° 、宽 $1\sim 3\text{mm}$ 、距离为 $15\sim 20\text{mm}$ 的槽。研磨抛光时需要在研磨平板上放上些微粉和抛光液。

外圆研磨环是在车床或磨床上对外圆表面进行研磨的一种研具。研磨环有固定式和可调式两类。固定式研磨环的研磨内径不可调节,而可调式研磨环的研磨内径可以在一定范围内调节,以适应环磨外圆不同或外圆变化的需要。

研磨芯棒是研磨内圆表面的一种研具,根据研磨零件的外形和结构不同,分别在钻床、车床或磨床上进行。研磨芯棒有固定式和可调式两类。固定式研磨芯棒的外径不可调节,芯棒外圆表面做有螺旋槽,以容纳研磨抛光剂。固定式研磨芯棒一般用于模具钳工在钻床上进行较小尺寸圆柱孔的加工。芯棒长度应为研磨零件长度的 $2\sim 3$ 倍。

6) 由于手工抛光要消耗很长的加工时间,劳动消耗大,因此对抛光的机械化、自动化要求非常强烈。随着现代技术的发展,在抛光加工中相继出现了电动抛光、电解抛光、超声抛光以及机械超声抛光等复合工艺。应用这些工艺可以减轻劳动强度,提高抛光的速度和质量。

① 圆盘式磨光机。图 3-85 所示为圆盘式磨光机,是一种常见的电动抛光工具,用手将其握住去除一些大型模具仿形加工后的走刀痕迹及倒角,其抛光精度不高,抛光程度接近粗磨。

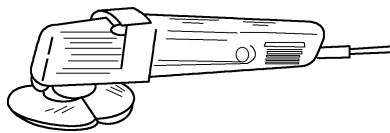


图 3-85 圆盘式磨光机

② 电动抛光机。这种抛光机主要由电动机、传动软轴及手持式研抛头组成。使用时电动机挂在悬挂架上,电动机起动后通过传动软轴使手持式研抛头产生旋转或往复运动。

电动抛光机备有三种不同的研抛头,以适应不同的研磨抛光工作。

手持往复式研抛头:这种研抛头工作时一端连接传动软轴,另一端安装研具或油石、锉刀等。通过传动软轴的传动,研抛头产生往复运动,可适应不同的加工需要。研抛头工作端还可按加工需要在 270° 范围内调整,将这种研抛头装上球头杆,配上圆形或方形铜(塑料)环作研具,手持研抛头沿研磨表面不停地均匀移动,可对某些小曲面或复杂形状的表面进行研磨,如图 3-86 所示。研磨时常采用金刚

石研磨膏作研磨剂。

手持直式旋转研抛头：这种研抛头可装夹 $\phi 2 \sim \phi 12\text{mm}$ 的特形金刚石砂轮，通过传动软轴的传动作高速旋转运动，加工时就像握笔一样握住研抛头进行操作，可对型腔的细小部位进行精加工，如图 3-87 所示。取下特形砂轮，装上打光球用的轴套，用塑料研磨套可研抛圆弧部位。装上各种尺寸的羊毛毡抛光头，可进行抛光工作。

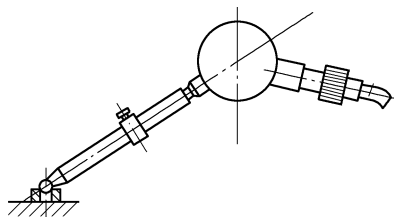


图 3-86 手持往复式研抛头的应用

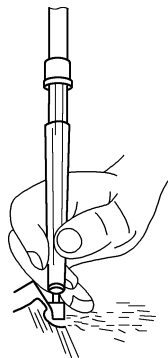


图 3-87 手持直式旋转研抛头的应用

手持角式旋转研抛头：与手持直式旋转研抛头相比，这种研抛头的砂轮回转轴与研抛头的直柄部分成一定的夹角，便于对型腔的凹入部分进行加工，与相应的抛光及研磨工具配合，可进行相应研磨和抛光工序的加工。

7) 研磨抛光余量及步骤。

① 研磨抛光余量。研磨抛光余量的大小取决于零件尺寸、原始表面粗糙度、精度和最终的质量要求，原则上研磨抛光余量要能去除表面加工痕迹和变质层。研磨抛光余量过大，将使加工时间延长，研磨抛光工具和材料消耗增多，加工成本增大；研磨抛光余量过小，则加工后达不到要求的表面粗糙度和精度。

② 研磨抛光步骤及注意事项。研磨抛光加工一般要经过粗研磨、细研磨、精研磨和抛光四个阶段。四个阶段中总的研磨抛光次数应依据研磨抛光余量以及初始和最终的表面粗糙度和精度而定。磨料的粒度从粗到细，每次更换磨料都要清洗工具和零件。

研磨抛光过程中磨料的运动轨迹要保证被加工表面各点均有相同的或近似的切削条件和磨削条件。磨料的运动轨迹可以往复和交叉，但不应该重复。要根据被加工表面的大小和形状特点选择适当的运动轨迹形式，可以有直线式、正弦曲线式、无规则圆环式、摆线式和椭圆线式等。

8) 模具零件的抛光工艺过程分为坯件准备、抛光工具及材料的选择等几个步骤。

① 坯件准备。模具零件在抛光前应满足下述两个条件：一是在抛光前坯件应

留有 0.1 ~ 0.15mm 的抛光余量，不能太大；二是预抛光坯件的表面粗糙度 Ra 值为 1.6 ~ 6.3mm。

② 抛光工具及材料的选择。抛光用的工具主要有手砂轮、抛光机（砂轮机可代用）、布轮、毡布、镊子、呢子布、细砂纸、丝绸和油石等。

抛光剂可用金刚砂研磨膏（或 Cr_2O_3 ）。

抛光液主要用煤油或煤油与机油的混合物、乙醇等。

③ 抛光的工艺过程。先粗加工坯件表面，用细锉进行交叉锉削或用刮刀刮平。锉削后，表面不应有明显的刀纹和加工划痕。用砂布进行表面磨光。用金刚砂抛光并用毡布或呢子布蘸取煤油或煤油与机油的混合物在被抛光表面磨。在用金刚砂研磨时，先用粒度比较大的粗金刚砂、后用中号及细粒度的金刚砂研磨。研磨后的表面，用呢子布蘸取细金刚砂的干粉再进行一次抛光，以获得美观光洁的表面。干抛光后的表面，再用丝绸擦干净。

拉深模、弯曲模、冷挤压模及型腔模回转体凸模、型芯等，可直接在抛光机上用布轮进行抛光，然后再用呢子布打光即可。

④ 抛光注意事项。抛光时，抛光的运动方向应经常变换，否则会有纹路出现；前一道工序结束后，必须将杂物清除；复杂的凸、凹模及型腔、型面的抛光，可以采用乙醇作为抛光液。

9) 电解修磨抛光是在抛光工件和抛光工具之间施以直流电压，利用通电后工件（阳极）与抛光工具（阴极）在电解液中发生的阳极溶解作用来进行抛光的一种工艺方法，如图 3-88 所示。

电解修磨抛光工具可采用导电油石制造。这种油石以树脂作粘结剂与石墨和磨料（碳化硅或氧化铝）混合压制而成，应将导电油石修整成与加工表面相似的形状。抛光时，手持抛光工具在零件表面轻轻摩擦，由于电解作用的存在，加工效率高。

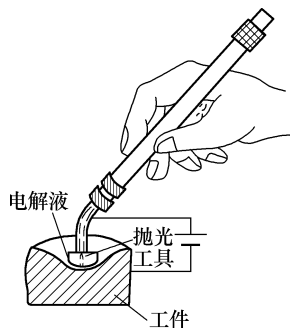


图 3-88 电解修磨抛光

图 3-89 所示为电解修磨抛光原理图。从图中可以看出，加工时仅工具表面凸出的磨粒与加工表面接触，而磨粒不导电，防止了两极间发生短路现象。砂轮基体（含石墨）导电，当电流及电解液从两极间通过时，工件表面产生电化学反应，溶解并生成很薄的氧化膜，这层氧化膜不断地被移动的抛光工具上的磨粒刮除，使加工表面重新露出新的金属表面，并继续被电解。电解作用和刮除

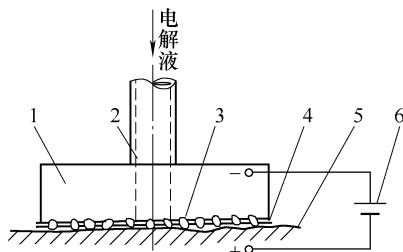


图 3-89 电解修磨抛光原理图

1—工具（阴极） 2—电解液管 3—磨粒
4—电解液 5—工件（阳极） 6—电源

氧化膜交替进行,从而使加工表面的表面粗糙度值逐渐减小,工件被抛光。

加工电源可采用全波桥式整流,晶闸管调压,最大输出电流为10A,电压为0~24V。也可采用一般直流稳压电源。

电解液常采用每升水溶入硝酸钠(NaNO_3)150g、氯酸钠(NaClO_3)50g制成。

电解修磨抛光有以下特点:电解修磨抛光不会使工件产生热变形或应力。工件硬度不影响加工速度。型腔中用一般方法难以修磨的部位及形状(如深槽、窄缝及不规则圆弧等),可采用相应形状的修磨工具进行加工,操作方便、灵活。修磨抛光后,模具的表面粗糙度 Ra 值一般为 $3.2 \sim 6.3 \mu\text{m}$,对于要求表面粗糙度小于上述范围的表面,再采用其他方法进行加工。此方法装置简单,工作电压低,电解液无毒,生产安全。

10) 超声抛光是超声加工的一种形式,是利用超声振动的能量,通过机械装置对型腔表面进行抛光加工的一种工艺方法。

图3-90所示为超声抛光原理图。

超声发生器能将50Hz的交流电转换为以一定功率输出的超声频电振荡。超声换能器将输入的超声频电振荡转换成超声机械振动,并将这种振动传递给变幅杆加以放大,最后传至固定在变幅杆端部的抛光工具,使工具也产生超声频振动。

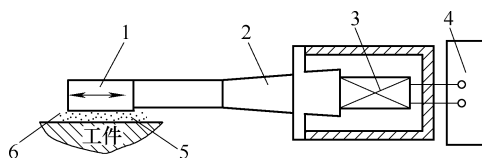


图3-90 超声抛光原理图

1—抛光工具 2—变幅杆 3—超声换能器
4—超声发生器 5—磨粒 6—工作液

在抛光工具的作用下,工作液中悬浮的磨粒产生不同程度的剧烈运动,大磨粒高速旋转,小磨粒产生上下左右的高速跳跃,均对加工表面有微细的切削作用,使加工表面微观不平度的高度减小,表面光滑平整。按这种原理设计的抛光机称为散粒式超声抛光机。也可以将磨料与工具制成一个整体,如同油石一样,使用这种工具抛光,不需要另加磨料,只要加入工作液即可。

超声抛光常采用碳化硅、碳化硼、金刚砂等作磨料,粗、中抛光用水作工作液,精细抛光一般用煤油作工作液。超声抛光前,工件的表面粗糙度 Ra 值 $\leq 1.25 \sim 2.5 \mu\text{m}$,经抛光后表面粗糙度 Ra 值可达 $0.08 \sim 0.63 \mu\text{m}$ 或更小。抛光精度与操作者的经验和技术熟练程度有关。

超声抛光的加工余量,与抛光前被抛光表面的质量及抛光后的表面质量有关。最小抛光余量应保证能完全消除由上道工序形成的表面的微观几何形状误差或变质层。如对于电火花加工成形的型腔,对应于粗、精加工规范,所采用的抛光余量也不一样。电火花中、精规范加工后的抛光余量一般为 $0.02 \sim 0.05 \text{mm}$ 。

超声抛光具有以下优点:抛光效率高,能减轻劳动强度;适用于各种型腔模具,对于窄缝、深槽、不规则圆弧的抛光尤为适用;适用于不同材料的抛光。

11) 挤压研磨抛光属于磨料流动加工,也称为挤压研磨。它不仅对零件表面进行光整加工,还可以去除零件内部通道上的毛刺。

挤压研磨抛光是利用一种含有磨料和油泥状黏弹性高分子介质的黏性研磨抛光剂,在一定压力的作用下通过被加工表面,由磨料颗粒的刮削作用去除被加工表面的微观不平材料的工艺方法。磨料颗粒相当于软砂轮,在流动中紧贴零件加工表面的磨料,由于压力摩擦和切削的作用,将切屑从被加工表面刮离。图 3-91 所示为挤压研磨抛光加工过程示意图。工件 5 安装在夹具 4 中,夹具和上、下磨料室相通,磨料室内充满研磨抛光剂,由上、下活塞轮流对研磨抛光剂施加压力,并作往复运动,使研磨抛光剂在一定压力的作用下,反复从被加工表面滑擦通过,从而达到研磨抛光的目的。

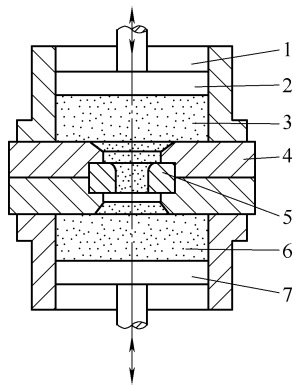


图 3-91 挤压研磨抛光加工过程示意图

1—上磨料室 2—上活塞 3—研磨抛光剂
4—夹具 5—工件 6—下磨料室 7—下活塞

挤压研磨抛光的特点如下:

① 挤压研磨抛光适用范围广。由于研磨抛光剂是一种半流体状态的黏弹性介质,它可以和任何复杂形状的被加工表面相吻合,所以适用于各种复杂表面的加工。同时加工材料范围广,无论是高硬度的模具材料,还是铸铁、铜、铅等材料,以及陶瓷、硬塑料等非金属材料都可加工。

② 挤压研磨抛光效果好。抛光后尺寸精度、表面粗糙度和抛光前的原始状态有关。经过电火花线切割加工后的表面,经挤压研磨抛光后表面粗糙度 Ra 值可达 $0.04 \sim 0.05 \mu\text{m}$, 尺寸精度可达 $0.0025 \sim 0.01 \text{mm}$, 完全可以去除电火花线切割加工的表面质量缺陷。但是挤压研磨抛光属于均匀切削,它不能修正原始加工的形状误差。

③ 挤压研磨抛光效率高。挤压研磨抛光的加工余量一般为 $0.01 \sim 0.1 \text{mm}$, 所需要的研磨抛光时间为几分钟至十几分钟。与手工研磨抛光相比,大大提高了生产效率。

12) 喷丸抛光利用含有微细玻璃球的高速干燥流对被抛光表面进行喷射,去除表面微量的金属材料,降低表面粗糙度。喷丸抛光不同于喷砂,所使用的磨料类型不同,而且喷丸抛光所用的玻璃球更细,喷射后的玻璃球并不循环使用。喷丸抛光的加工示意图如图 3-92 所示。

喷丸抛光的工艺参数如下:

① 磨料。喷丸抛光所用的磨料为玻璃球,磨料颗粒尺寸为 $10 \sim 150 \mu\text{m}$ 。

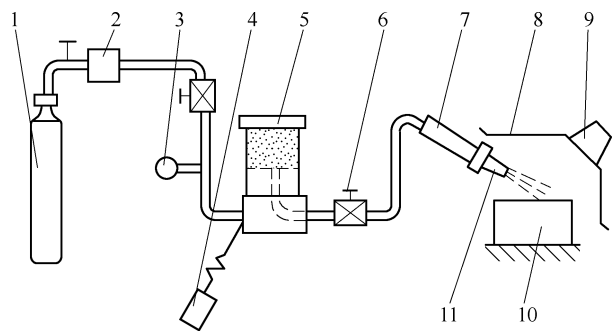


图 3-92 喷丸抛光的加工示意图

1—压缩气瓶 2—过滤器 3—压力表 4—振动器 5—磨料室和混合室
6—控制阀 7—手柄 8—排气罩 9—收集器 10—工件 11—喷嘴

② 载体气体。喷丸抛光的载体气体可用于干燥空气、二氧化碳，但不得用氧气。气体流量为 28L/min 左右，气体压力为 0.2 ~ 1.3MPa，流速为 152 ~ 335m/s。

③ 喷嘴。喷嘴材料要求耐磨性好，多采用硬质合金材料。喷嘴口径为 0.13 ~ 1.2mm。影响喷丸抛光效果的因素主要有磨料粒度、喷嘴直径、喷嘴到加工表面的距离、喷射速度和喷射角度等。

喷丸抛光在模具加工中的应用，主要在于去除成形表面在电火花加工后的表面变质层。

3. 工艺实施

注射模型腔的加工工艺路线见表 3-19。

表 3-19 注射模型腔的加工工艺路线

工 序 号	工 序 名 称	工 序 内 容	设 备
1	下料	热轧圆钢，按尺寸 $\phi 50\text{mm} \times 60\text{mm}$ 在锯床上切断	锯床
2	锻造	锻成 $\phi 48\text{mm} \times 100\text{mm}$	
3	热处理	退火，硬度 $\leq 229\text{HBW}$	
4	车	车外圆 $\phi 44\text{mm}$ 至尺寸 车退刀槽 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ ；车外圆 $\phi 40\text{mm}$ ，留磨削余量 0.5mm 车右端面，留磨削余量 0.2mm 钻 $\phi 8\text{mm}$ 孔至 $\phi 7\text{mm}$ ，铰孔，留磨削余量 0.3mm 扩、镗 $\phi 25.1\text{mm}$ 孔，留余量 0.4mm，孔深镗至 18mm 切断 掉头车左端面留磨削余量 0.2mm 铰 $\phi 10\text{mm}$ 孔	卧式车床
5	坐标镗	以外圆为基准找正，钻、铰 $2 \times \phi 4\text{mm}$ 孔，留研磨余量 0.01mm	坐标镗床

(续)

工 序 号	工 序 名 称	工 序 内 容	设 备
6	检验		
7	热处理	淬火、回火使硬度达到 50 ~ 55HRC	
8	内圆磨	以 $\phi 40\text{mm}$ 外圆为基准, 磨 $\phi 8\text{mm}$ 孔达到要求 磨 $\phi 25.1\text{mm}$ 孔, 留研磨余量 0.015mm 磨孔底、 $R1\text{mm}$ 圆弧, 留研磨余量 0.01mm , 孔深度 磨至 18.19mm	磨床
9	外圆磨	以 $\phi 8\text{mm}$ 内孔定位, 穿专用心轴, 磨 $\phi 40\text{mm}$ 外圆至 尺寸	磨床
10	研磨	研磨 $2 \times \phi 4\text{mm}$ 孔、 $\phi 25.1\text{mm}$ 孔、 $R1\text{mm}$ 圆弧及孔底 至尺寸	
11	钳工	钳工装配 (压装型腔, 与型腔固定板一起磨两大面, 磨分流道和浇口)	
12	检验		

任务 3.5 凸凹模的加工

【学习目的与要求】

- 综合分析凸凹模的加工方法和制造过程。
- 掌握凸凹模的工艺分析及工艺规程的编制方法。

【学习重点】

- 掌握凸凹模的工艺分析及工艺规程的编制方法。

【学习难点】

- 凸凹模工艺规程的编制。

图 3-93 所示为凸凹模, 材料为 Cr6WV 钢, 硬度为 58 ~ 62HRC。合理选用机床设备, 编写其加工工艺路线, 保证各尺寸、几何公差等符合图样的要求。

1. 工艺分析

冲裁凸凹模零件是完成制件外形和两个圆锥孔加工的工作零件, 从零件图图 3-93 可以看出, 该成形表面的加工, 采用实配法, 外成形表面是非基准外形, 它与落料凹模的实际尺寸配制, 应保证双面间隙为 0.06mm ; 凸凹模的两个冲裁内孔也是非基准孔, 与冲孔凸模的实际尺寸配制。

该零件的外形尺寸是 $104\text{mm} \times 40\text{mm} \times 50\text{mm}$ 。成形表面是外形轮廓和两个圆锥孔。结构表面是用于紧固的两个 M8 的螺孔。凸凹模的外成形表面是由 $R14\text{mm}$ 、 $\phi 40\text{mm}$ 、 $R5\text{mm}$ 的五个圆弧面和五个平面组成的, 形状比较复杂。该零件是直通式的。外成形表面的精加工可以采用线切割、成形磨削和连续轨迹坐标磨削的方法。

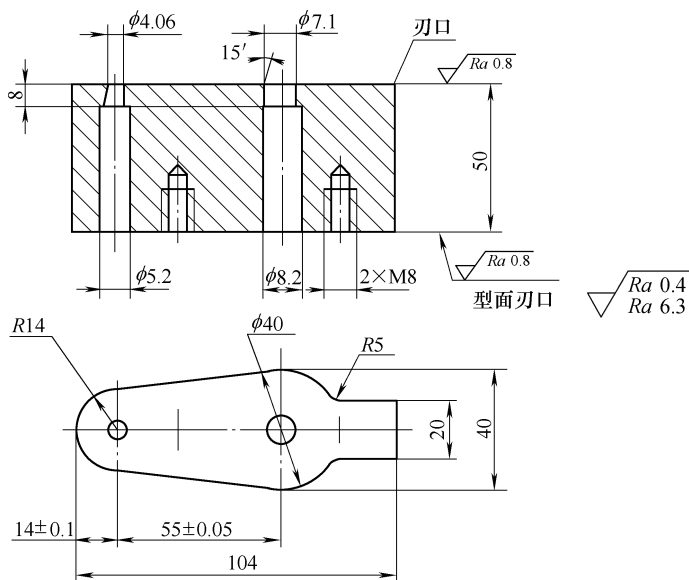


图 3-93 凸凹模

该零件的底面还有两个 M8 的螺孔, 可供成形磨削时夹紧固定用。凸凹模零件的两个内成形表面为圆锥形, 带有 15' 的斜度, 在热处理前可以用非标准锥度铰刀铰削, 在热处理后进行研磨, 保证冲裁间隙。因此, 应该进行二级工具锥度铰刀的设计和制造。如果有带有切割斜度的线切割机床, 两内孔可以在线切割机床上加工。

2. 毛坯选择

凸凹模零件材料为 Cr6WV 钢, 属于高强度微变形冲模模具钢, 热处理硬度为 58 ~ 62HRC。Cr6WV 钢易于锻造, 共晶碳化物数量少。有良好的切削加工性能, 而且淬火后变形比较均匀, 几乎不受锻件质量的影响。它的淬透性和 Cr12 系钢相近。它的耐磨性、淬火变形均匀性不如 Cr12MoV 钢。

零件毛坯形式应为锻件。

3. 工艺路线的拟订

根据一般工厂的加工设备条件, 可以采用以下两个方案。

方案一: 备料—锻造—退火—铣六方—磨六面—钳工划线、做孔—镗内孔及粗铣外形—热处理—研磨内孔—成形磨削外形。

方案二: 备料—锻造—退火—铣六方—磨六面—钳工做螺孔及穿丝孔—线切割内、外形。

4. 工艺实施

结合凸凹模的结构特点和材料力学性能要求, 进行工艺分析, 制订出凸凹模的加工工艺路线, 见表 3-20。

表 3-20 凸凹模的加工工艺路线

工 序 号	工 序 名 称	工 序 内 容	设 备
1	下料	将轧制的棒料在锯床上切断，其尺寸为 $\phi 56\text{mm} \times 117^{+4}\text{mm}$	锯床
2	锻造	锻造到毛坯尺寸 $110\text{mm} \times 45\text{mm} \times 55\text{mm}$	
3	热处理	退火，硬度 $\leq 241\text{HBW}$	
4	铣削	铣六方 $104.4\text{mm} \times 50.4\text{mm} \times 40.3\text{mm}$	立式铣床
5	平磨	磨六方，对直角尺	平面磨床
6	钳工	划线，去毛刺，做螺孔	
7	镗削	镗两圆锥孔，保证孔距尺寸，孔径留 $0.1 \sim 0.15\text{mm}$ 的余量	立式镗床
8	钳工	铰圆锥孔留研磨量，做漏料孔	
9	工具铣	按线铣外形，留双边余量 $0.3 \sim 0.4\text{mm}$	工具铣床
10	检验		
11	热处理	淬火、回火，保证硬度为 $58 \sim 62\text{HRC}$	
12	平磨	平磨上、下面符合图样要求	平面磨床
13	钳工	研磨两圆锥孔（车工配制研磨棒），与冲孔凸模实配，保证双面间隙为 0.06mm	坐标磨床
14	检验	最后检验工件尺寸，对工件进行防锈处理，入库	

项目 4 模 具 装 配

模具装配是模具制造过程的最后阶段，装配质量的好坏将影响模具的精度、寿命和各部分的功能。要制造出一副合格的模具，除了保证零件的加工精度外还必须做好装配工作。同时模具装配阶段的工作量比较大，又将影响模具的生产制造周期和生产成本，因此，模具装配是模具制造中的重要环节。

任务 4.1 冲模的装配

【学习目的与要求】

- 掌握冲模组件装配、总装的安装过程及安装要点。
- 掌握模具间隙及位置的调整控制方法。
- 会进行冲模组件装配、总装及间隙位置调整。

【学习重点】

- 掌握冲模装配方法。

【学习难点】

- 模具间隙及位置的调整控制方法。

冲模装配的主要要求是：保证冲裁间隙的均匀性；保证导向零件导向良好，卸料装置和顶出装置工作灵活有效；保证漏料孔畅通无阻，冲压件或废料不卡留在模具内；保证其他零件的相对位置精度。

4.1.1 冲模装配的技术要求

1. 总体装配技术要求

1) 模具各零件的材料、几何形状、尺寸精度、表面粗糙度和热处理等均要符合图样要求，零件的工作表面不允许有裂纹和机械伤痕等缺陷。

2) 模具装配后，必须保证模具各零件间的相对位置精度，尤其是当制件的有些尺寸与几个冲模零件有关时，必须予以特别注意。

3) 装配后所有的模具活动部位都应保证位置准确、配合间隙适当、动作可靠、运动平稳。固定的零件应牢固可靠，在使用中不得出现松动和脱落。

4) 选用或新制模架的精度应满足制件所需要的精度要求。

5) 模座沿导柱上、下移动应平稳和无阻滞现象，导柱与导套的配合精度应符合标准规定，且间隙均匀。

- 6) 模柄圆柱部分应与上模座上平面垂直，其垂直度误差在全长范围内不大于 0.04mm。
- 7) 所有凸模应垂直于固定板的装配基面。
- 8) 凸模与凹模的间隙应符合图样要求，且沿整个轮廓上间隙要均匀一致。
- 9) 被冲毛坯定位应准确、可靠、安全，排料和出件应畅通无阻。
- 10) 应符合装配图上除上述以外的其他技术要求。

2. 部件装配技术要求

(1) 模具外观 模具外观的技术要求见表 4-1。

表 4-1 模具外观的技术要求

序 号	项 目	技 术 要 求
1	铸造表面	铸造表面应清理干净，使其光滑、美观、无杂尘 铸造表面应涂上绿色、蓝色或灰色漆
2	加工表面	模具加工表面应平整，无锈斑、锤痕及碰伤、焊补等
3	加工表面倒角	加工表面除刃口、型孔外，锐边、尖角均应倒钝 小型冲模倒角应不小于 C2，中型冲模不小于 C3，大型冲模不小于 C5
4	起重杆	模具质量大于 25kg 时，模具本身应装有起重杆或吊环、吊钩
5	打刻编号	在模具正面（模板上）应按规定打刻编号：冲模图号、制件号、使用 压力机型号、工序号、推杆尺寸及根数、制造日期

(2) 工作零件 装配后模具工作零件的技术要求见表 4-2。

表 4-2 装配后模具工作零件的技术要求

序 号	安 装 部 位	技 术 要 求
1	凸模、凹模、凸凹模、侧刃与固定板的安装基面装配后的垂直度	凸模、凹模、凸凹模、侧刃与固定板的安装基面装配后的垂直度公差： 刃口间隙≤0.06mm 时，在 100mm 长度上垂直度公差应小于 0.04mm 刃口间隙为 0.06 ~ 0.15mm 时，为 0.08mm 刃口间隙≥0.15mm 时，为 0.12mm
2	凸模（凹模）与固定板的装配	凸模（凹模）与固定板装配后，其安装尾部与固定板安装面必须在平面磨床上磨平至 $Ra = 0.80 \sim 1.60\mu m$ 以上 对于多个凸模，工作部分高度（包括冲裁凸模、弯曲凸模、拉深凸模以及导正钉等）必须按图样保持相对的尺寸要求，其相对误差不大于 0.1mm 在保证使用可靠的情况下，在固定板上的固定凸、凹模时允许用低熔点合金浇注

(续)

序 号	安 装 部 位	技 术 要 求
3	凸模（凹模）与固定板的装配	装配后的冲裁凸模或凹模，凡是由多件拼块拼合而成的，其刃口两侧的平面应完全一致、无接缝感觉，且刃口转角处非工作面不允许有接缝及缝隙存在； 对于由多件拼块拼合而成的弯曲、拉深、翻边、成形等的凸、凹模，其工作表面允许在接缝处稍有不平现象，但平直度公差不大于 0.02mm 装配后的冷挤压凸模工作表面与凹模型腔表面不允许留有任何细微的磨削痕迹及其他缺陷 凡冷挤压的预应力组合凹模或组合凸模，在其组合时，轴向压入量或径向过盈量应保证达到图样要求，同时其相配的接触面锥度应完全一致，涂色检查后应在整个接触长度和接触面上均匀着色 凡冷挤压的分层凹模，必须保证型腔分层接口处一致，无缝隙及凹入型腔的现象

(3) 紧固件 装配后紧固件的技术要求见表 4-3。

表 4-3 装配后紧固件的技术要求

紧固件名称	技 术 要 求
螺钉	装配后的螺钉必须拧紧，不许有任何松动现象 对于钢件及铸钢件连接长度应不小于螺钉直径，对于铸铁件连接长度应不小于螺纹直径的 1.5 倍
圆柱销	圆柱销连接两个零件时，每个零件都应有圆柱销 1.5 倍直径的长度占有量（销深入零件的深度大于 1.5 倍圆柱销直径） 圆柱销与销孔的配合松紧应适度

(4) 导向零件 装配后导向零件的技术要求见表 4-4。

表 4-4 装配后导向零件的技术要求

序 号	装 配 部 位	技 术 要 求
1	导柱压入模座后的垂直度	导柱压入下模座后，在 100mm 长度范围内垂直度公差为： 滚珠导柱类模架$\leq 0.005\text{mm}$ 滑动导柱Ⅰ类模架$\leq 0.01\text{mm}$ 滑动导柱Ⅱ类模架$\leq 0.015\text{mm}$ 滑动导柱Ⅲ类模架$\leq 0.02\text{mm}$
2	导料板的装配	装配后模具上的导料板的导向面应与凹模进料中心线平行。对于一般冲裁模，在 100mm 长度范围内平行度公差不得大于 0.05mm 对于连续模，在 100mm 长度范围内平行度公差不得大于 0.02mm 左右导板的导向面之间的平行度公差在 100mm 长度范围内不得大于 0.02mm
3	斜楔及滑块导向装置	模具中利用斜楔、滑块等零件作多方向运动的结构，其相对斜面必须吻合。吻合程度在吻合面纵、横方向上均不得小于 3/4 长度 预定方向的偏差在 100mm 长度范围内不得大于 0.03mm 导滑部分必须活动正常，不能有阻滞现象发生

(5) 凸、凹模间隙 装配后凸、凹模间隙的技术要求见表 4-5。

表 4-5 装配后凸、凹模间隙的技术要求

序 号	模 具 类 型		间隙技术要求
1	冲裁凸、凹模		间隙必须均匀，其公差不大于规定间隙的 20%；局部尖角或转角处不大于规定间隙的 30%
2	弯曲模和成形类冲模的凸、凹模		装配后的凸、凹模四周间隙必须均匀，其装配后的偏差值最大不应超过“料厚 + 料厚的上极限偏差”，而最小值不应超过“料厚 + 料厚的下极限偏差”
3	拉深模	几何形状规则（圆形、矩形）	各向间隙应均匀，按图样要求进行检查
		形状复杂、空间曲线	按压弯、成形类冲模处理

(6) 模具的闭合高度 对于装配好的冲模，模具闭合高度应符合图样所规定的要求，其闭合高度的偏差值见表 4-6。

表 4-6 模具闭合高度的偏差值 (单位：mm)

模具闭合高度尺寸	偏 差
≤200	+1
	-3
>200 ~ 400	+2
	-5
>400	+3
	-7

在同一压力机上，联合安装冲模的闭合高度应保持一致。冲裁模与拉深模联合安装时，闭合高度应以拉深模为准。冲裁模凸模进入凹模刃口的进入量应不小于 3mm。

(7) 顶出、卸料件 装配后顶出、卸料件的技术要求见表 4-7。

表 4-7 装配后顶出、卸料件的技术要求

序 号	装 配 部 位	技 术 要 求
1	卸料板、推件板、推板的安装	装配后的冲模，其卸料板、推件板、顶板、顶圈均应相应地露出凹模面、凸模顶端、凸凹模顶端 0.5 ~ 1mm，图样另有要求时，按图样要求进行检查
2	弯曲模推件板装配	装配后的弯曲模推件板处于最低位置（即工作时的最后位置）时，应与相应的弯曲拼块对齐，但允许推件板低于相应拼块。其公差在料厚为 1mm 以下时为 0.01 ~ 0.02mm，料厚大于 1mm 时为 0.02 ~ 0.04mm
3	顶杆、推杆装配	顶杆、推杆装配时，长度应保持一致。在一副冲模内，同一长度的顶杆，其长度误差不大于 0.1mm
4	卸料螺钉	在同一副模具内，卸料螺钉应选择一致，以保证卸料板的压料面与模具安装基面的平行度公差在 100mm 长度内不大于 0.05mm

(8) 模板间的平行度要求 模具装配后，模板上、下平面（上模板上平面与下模板下平面）的平行度公差见表 4-8。

表 4-8 模板上、下平面的平行度公差 (单位: mm)

模 具 类 别	刃 口 间 隙	凹模尺寸 (长 + 宽或直径的 2 倍)	300mm 长度内的平行度公差
冲裁模	≤0.06	—	0.06
	>0.06	≤350	0.08
		>350	0.10
其他模具	—	≤350	0.10
		>350	0.14

注: 1. 刃口间隙取平均值。
2. 包含有冲裁工序的其他模具, 按冲裁模检查。

(9) 模柄 模柄的装配技术要求见表 4-9。

表 4-9 模柄的装配技术要求

序 号	安 装 部 位	技 术 要 求
1	直径与凸台高度	按图样要求加工
2	模柄与上模板的垂直度	在 100mm 长度范围内不大于 0.05mm
3	浮动模柄装配	浮动模柄结构中, 传递压力的凹凸模球面必须在摇摆及旋转的情况下吻合, 其吻合接触面积不少于应接触面的 80%

(10) 漏料孔 下模座漏料孔一般按凹模孔尺寸每边放大 0.5 ~ 1mm。漏料孔应通畅, 无卡滞现象。

4.1.2 冲模零件的固定装配

1. 模具零件的一般固定装配

模具零件上有许多孔, 如螺孔, 螺栓穿孔、销钉孔、顶杆孔等, 都需要经过钻、铰加工达到孔径、孔距、表面粗糙度的要求, 这些孔大部分都在划线后加工, 常用的加工方法有三种: 一是对单个零件划线位置直接钻孔; 二是通过已钻、铰的孔对另一零件进行钻孔、铰孔, 称为配钻; 三是将有关零件夹紧成一体后, 同时钻孔、铰孔, 也就是同钻同铰。

(1) 螺孔、螺钉孔及其过孔的配钻 螺孔、螺钉孔及其过孔配钻常用的方法见表 4-10。

表 4-10 螺孔、螺钉孔及其过孔配钻常用的方法

配 钻 方 法	加 工 过 程	注 意 事 项
直接引钻法	将两个零件按装配时的相对位置夹紧在一起，用一个与光孔直径相配合的钻头，以光孔为引导孔，在待加工工件上欲钻孔位置的 中心处 ，先钻出一个锥坑，再把两件分开，以锥坑为基准钻、攻螺孔	钻头直径应相当于 导向孔直径 钻锥孔的 锥角 应为 $105^{\circ} \sim 110^{\circ}$ 钻锥坑时，刀头进给要缓慢。在达到锥坑深度后，钻头回升一下，再进刀 $0.2 \sim 0.3\text{mm}$ ，可以保证同轴度要求
螺纹中心样冲印孔法	如果待加工零件的孔位是根据已加工好的不通螺孔来配钻的，可先将准备好的螺纹样冲（图 4-1）拧入已加工好的螺孔内，然后将两个工件按装配位置装夹在一起，并轻轻地给样冲施加压力，则在另一件上会影印上冲眼，即可按其加工	螺纹样冲尖应淬硬，且锥尖与螺纹中心线要同轴 在同一组螺纹样冲装入同一组零件的多个螺孔后，必须用卡尺将它们的顶尖找平后再印，否则会由于顶尖高低不平影响压印精度
复印印孔法	在已加工好的光孔或螺孔的平面上涂上一层红丹，再将两个零件按装配要求放在一起，即可在待加工的工件上印有印痕，根据印痕位置打上样冲眼再加工	红丹一定要涂匀 印痕一定要清晰明显 打样冲眼时要仔细

（2）圆柱销孔的加工 模具零件相互间的位置精度，常用圆柱销定位来保证，圆柱销孔的加工质量和销钉的定位准确度对整副模具的装配质量有很大影响。所以圆柱销孔的加工，是把装配调整好的各个零件用螺钉紧固在一起后进行的，也就是采用配钻铰的方式使各定位件所对应的圆柱销孔具有较高的同轴度。

其加工方法是：首先选定定位销孔的基准件，其应是淬硬件，如凹模；在热处理前应将定位销孔铰好，热处理后如变形不大，用铸铁棒加研磨剂进行研磨，或使用硬质合金刀进行一次精铰，以恢复到所要求的质量；然后，把装配调整好的需要定位的各零件用螺钉紧固在一起，配钻铰加工（以淬硬后的凹模销孔作导引）。

为了保证销钉孔的加工质量及各部件的同轴度，配钻铰销孔时，应选用比已加工好的销孔（基准件）直径小 $0.1 \sim 0.2\text{mm}$ 的钻头铹锥坑找正中心，再进行钻、铹和粗、精加工，所留铹削余量要适当。在铹削中，要加注充分的切削液。

注意：对于需要淬硬的冲模零件，为了防止销孔由于淬火后变形而影响其装配精度，最好在淬火后用硬质合金铹刀复铹一次（预先留有 $0.05 \sim 0.10\text{mm}$ 的复铹余量）。在复铹时，其转速不应太快，一般为 $90 \sim 120 \text{ r/min}$ ，进给量为 $0.10 \sim$

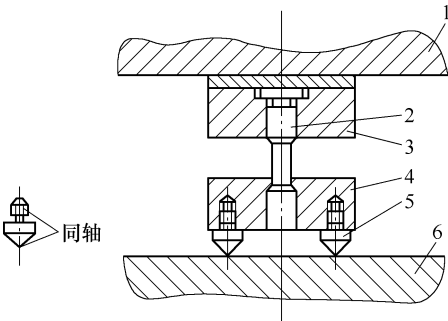


图 4-1 螺纹样冲

1—上模座 2—凸模 3—凸模固定板
4—凹模 5—螺钉中心冲 6—下模座

0.15mm/min。

另外,对于需要淬火的45钢模具零件,为了预防淬火后的销孔变形,也可以采用淬火前钻孔、淬火后铰孔的工艺方法。

2. 模具成形零件的常用固定方法

(1) 机械固定法 机械固定法分为紧固件法、压入法、挤紧固定法和焊接法四种。

1) 紧固件法有螺钉紧固、斜压块及螺钉紧固和钢丝紧固三种方式。

螺钉紧固法如图4-2所示。图4-2所示为用螺钉将凸模和凸模固定板连接在一起的方法。先将凸模放入凸模固定板孔内,调好位置,使其与固定板垂直,然后用螺钉紧固,并要固紧,不许松动。当凸模的材料为硬质合金时,凸模上的螺孔可以用电火花的方法加工。

斜压块及螺钉紧固法如图4-3所示。图4-3所示为用螺钉和斜压块将凹模紧固在模座上的方法。先将凹模放入凹模固定板内,调好位置,然后压入斜压块,最后拧紧螺钉固定。凸模一定要和固定板安装面垂直,螺钉要拧紧,不能松动,斜压块、锥孔压板和凹模的斜度均为 10° ,制造要精确,配合准确。

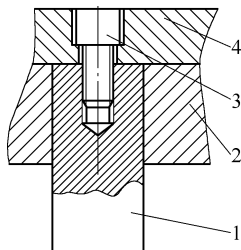


图4-2 螺钉紧固法

1—凸模 2—凸模固定板 3—螺钉 4—垫板

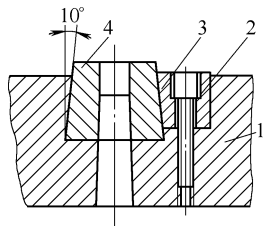


图4-3 斜压块及螺钉紧固法

1—凹模固定板 2—螺钉 3—斜压块 4—凹模

钢丝紧固法是用钢丝将凸模和固定板连接在一起的方法,如图4-4所示。凸模和固定板型孔配合紧密,在固定板和凸模上都开有放钢丝的沟槽,槽宽等于钢丝直径,一般为2mm。装配时,将凸模与钢丝一起从上向下装入固定板型孔内,并用垫板压紧固定。这种方法装配时操作简便,连接可靠,拆换容易,但对凸模与固定板的配合精度要求较高,用于非圆形凸模的固定。

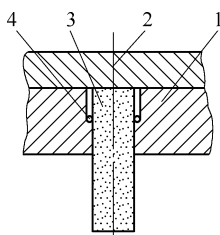


图4-4 钢丝紧固法

1—固定板 2—垫板
3—凸模 4—钢丝

2) 压入法是冲模零件常用的连接方法,如图4-5所示。它是靠过盈配合来达到固定零件目的的。压入法装配的缺点是:拆换零件困难,对零件配合表面的尺寸精度和表面质量要求高,特别是对于形状复杂的型孔或对孔中心距要求严格的多型孔的装配。这种方法常用于凸模与固定板的连接。

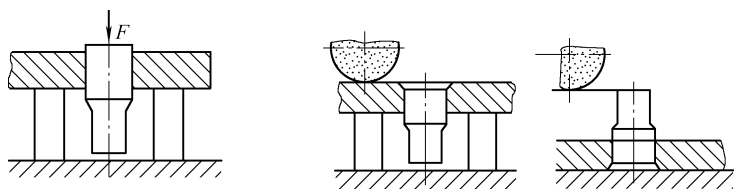


图 4-5 压入法固定

采用压入法固定凸模时，配合表面的表面粗糙度应符合图样要求（一般取 $Ra = 0.8 \sim 1.6 \mu\text{m}$ ），固定板型孔应与端面垂直，不允许有锥度或呈鞍形，以保证组装后凸模的垂直度要求。

3) 挤紧固定法是先先将凸模装入固定板相应的型孔中（要求配合紧密），调好位置后，用錾子（捻子）环绕凸模外缘对固定型孔进行局部敲击，使固定板的局部材料挤向凸模而使凸模紧固在固定板上的一种方法。紧固后应保证凸模与固定板的垂直度符合要求。挤紧固定法固定凸模如图 4-6 所示。

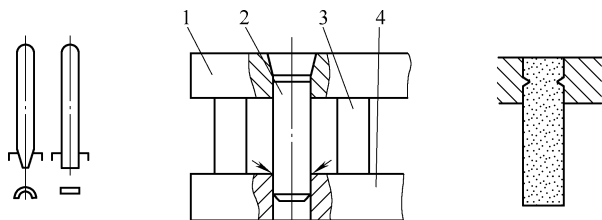


图 4-6 挤紧固定法固定凸模

1—凹模 2—凸模 3—垫铁 4—固定板

用挤紧固定法固定多凸模时，可先挤紧最大的凸模，这样当挤紧其他凸模时不受影响，稳定性好。然后再装离该凸模最远的凸模。以后各凸模的挤紧次序可随意决定。用挤紧固定法固定，可靠性差，只能用于承受冲压力较小的模具。

4) 焊接法固定凸模如图 4-7 所示。焊接法一般用于硬质合金凸模和凹模的固定连接，但由于硬质合金与钢的热膨胀系数相差很大，焊接时容易产生内应力而引起开裂，所以只有在用其他固定法比较困难时才用。

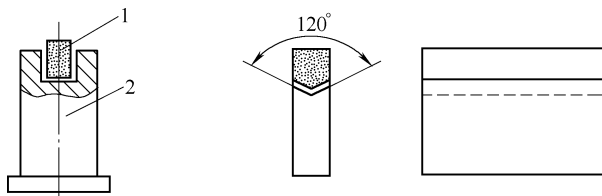


图 4-7 焊接法固定凸模

1—凸模 2—凸模体

为了减少焊接内应力，焊接前，要把焊件预热到 $700 \sim 800^\circ\text{C}$ ，然后用乙炔焰钎焊或高频电流钎焊，用 H62 黄铜为钎料，脱水硼砂为钎剂。焊接后还要再加热到 $250 \sim 300^\circ\text{C}$ ，保温 $4 \sim 6\text{h}$ ，以消除内应力。

(2) 红热固定法 在加工硬质合金模具时,常利用红热固定法将凸模或凹模模块固定在模套中,如图4-8所示。

红热固定法就是按配合尺寸将加工好的凹模(凸模)、固定板及合金块的配合面擦干净,放入箱式电炉加热,取出后将合金块放入型孔中,冷却后固定板收缩即可将合金块紧固。但紧固后的组合体应用平面磨床磨平,并稍加修整。

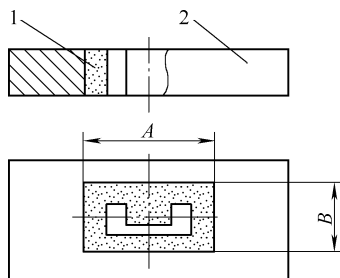


图4-8 红热固定法固定凸、凹模

1—硬质合金凹模 2—套圈

凹模和固定板配合孔的过盈量一般为 $0.001 \sim 0.002\text{mm}$ 。加热时,硬质合金凹模块的温度为 $200 \sim 240^{\circ}\text{C}$,固定板的温度为 $400 \sim 440^{\circ}\text{C}$,在热套冷却后,再进行型孔加工。

(3) 低熔点合金固定法 低熔点合金固定法是利用低熔点合金冷却凝固时体积膨胀的特性来紧固零件的,这一方法可以用来固定凸模(图4-9)、固定凹模(图4-10)不仅工艺简单,操作方便,而且具有较高的连接强度。可用于厚度在 2mm 以下的钢板的冲裁,可实现多孔冲模凸、凹模间隙的调整。当个别凸模损坏需要更换时,可将低熔点合金熔化,取出凸模,更换后可重新浇注。另外,熔化了的低熔点合金可重复使用,节约材料。固定导柱、导套(图4-11)时,这种固定工艺简单,便于操作,易调节配合间隙,便于维修,成本低廉。低熔点合金固定法还可用于浇注卸料板卸料孔(图4-12),浇注出的导向卸料孔光滑,不必采用较高水平的技术,易于调整与凸模的配合间隙。

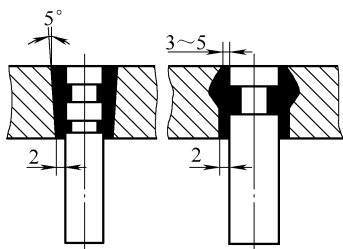


图4-9 固定凸模

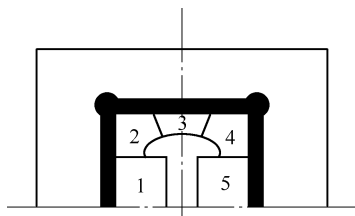


图4-10 固定凹模

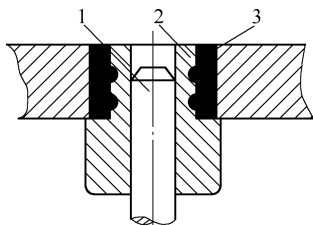


图4-11 固定导柱、导套

1—导柱 2—导套 3—模板

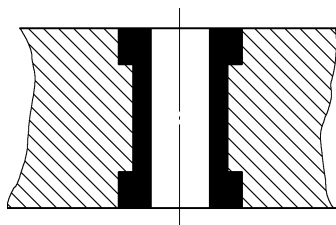


图4-12 浇注卸料板卸料孔

常用低熔点合金的配方见表 4-11。

表 4-11 常用低熔点合金的配方

序 号	构 成 元 素	名 称	铋 (Sb)	铅 (Pb)	镉 (Cd)	铋 (Bi)	锡 (Sn)
		熔点/℃	630.5	327.4	320.9	271	232
		密度/(g/cm ³)	6.69	11.34	8.64	9.8	7.28
1	成分 (质量分数,%)		9	28.5	—	48	14.5
2			5	35	—	45	15
3			—	—	—	58	42
4			1	—	—	57	42
5			—	27	10	50	13

(4) 环氧树脂粘结固定法 环氧树脂在硬化状态下对各种金属和非金属表面的附着力非常强，而且固化时收缩率小，粘结时不需要任何附加力。采用环氧树脂粘结固定法固定模具零件，工艺简便，粘结效果好，提高了冲模的装配精度，便于模具的修理。因此，在冲模制造中，环氧树脂广泛应用于固定凸模（图 4-13），将凸模固定板的型孔适当做得大一些，一般单面间隙为 1~2.5mm，但是也不宜过大，否则会造成粘结强度降低，主要用于板料厚度小于 0.8mm 的冲模；还可用于浇注卸料孔（图 4-14），以及固定导柱、导套于模板上（图 4-15）等。采用环氧树脂粘结固定法，简化了型孔的加工，易于保证凸、凹模间隙及导柱、导套之间的配合精度，提高了模具的制造质量。但只适于冲压力不大的中、小型冲模。

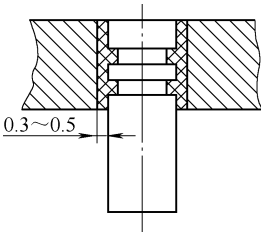


图 4-13 固定凸模

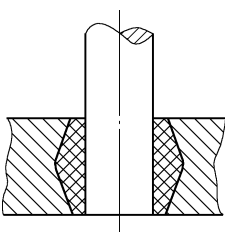


图 4-14 浇注卸料孔

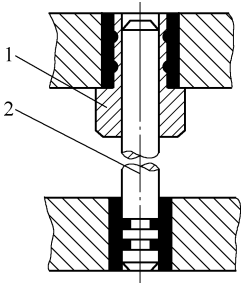


图 4-15 固定导柱、导套

1—导套 2—导柱

常用环氧树脂的配方见表 4-12。

表 4-12 常用环氧树脂的配方

组 成 成 分	名 称	配 比 (质量)/g				
		1	2	3	4	5
粘结剂	环氧树脂 634 或 6101	100	100	100	100	100
填充剂	铁粉 200~300 目	250	250	250	—	—
	石英粉 200 目	—	—	—	200	100

(续)

组 成 成 分	名 称	配比 (质量)/g				
		1	2	3	4	5
增塑剂	邻苯二甲酸二丁酯	15 ~ 20	15 ~ 20	15 ~ 20	10 ~ 12	15
固化剂	无水乙二胺	8 ~ 10	16 ~ 19	—	—	—
	二乙烯三胺	—	—	—	—	10
	间苯二胺	—	—	14 ~ 16	—	—
	邻苯二甲酸酐	—	—	—	35 ~ 38	—

(5) 无机粘结剂固定法 无机粘结剂固定法是将氢氧化铝、磷酸溶液和氧化铜粉末定量混合，经化学反应生成胶凝物而起粘结作用的一种固定方法。它适用于凸模与固定板的粘结，导柱、导套与模座的粘结，硬质合金模块与钢料的粘结等。无机粘结剂固定法工艺简单，操作方便，不需要专用设备，并可适当降低模具零件粘结部位的机械加工要求，成本低，无毒害；不变形，粘结凝固快，粘结时可不加热或加热温度很低，因此零件不会产生由于热应力而引起的变形；具有足够高的粘结强度（但低于环氧树脂的粘结强度），电绝缘性能好；耐高温，一般在 60℃ 时不软化，当在氧化铜中加入适量的硅铁或氧化钴粉末时，耐热温度可达 100℃ 左右；耐油但不耐酸碱（主要是盐酸），微溶于水，有脆性，不宜对接；凝固后，难以去除，故必须用于长期固定的结构。常用无机粘结剂的配方见表 4-13。

表 4-13 常用无机粘结剂的配方

原料名称	配 比	说 明
氧化铜	4 ~ 5g	黑色粉末状，320 目；二、三级试剂，含量不小于 98%（质量分数）
磷酸	1mL	密度要求在 1.7 ~ 1.9g/cm ³ 范围内；二、三级试剂，含量不少于 85%（质量分数）
氢氧化铝	0.04 ~ 0.08g	白色粉末状，二、三级试剂

3. 冲模凸、凹模间隙的控制

冲模凸、凹模之间间隙的均匀程度及其大小，会直接影响到冲压件的质量和冲模的使用寿命。因此，在制造冲模时，必须要保证凸、凹模间隙的大小及其均匀一致性。冲模装配的主要工作，就是要确定已加工好的凸、凹模的正确位置，以确保它们之间的间隙均匀。为了保证凸模和凹模的正确位置和间隙均匀，在装配冲模时一般是依据图样要求先确定其中一件（凸模或凹模）的位置，然后以该件为基准，用找正间隙的方法，确定另一件的准确位置。在实际生产中，控制凸模与凹模间隙的方法很多，需要根据冲模的结构特点、间隙值的大小和装配条件来确定。目前，最常用的凸、凹模间隙控制方法主要有如下几种。

(1) 垫片法 在凸模与凹模的间隙间垫入厚薄均匀、厚度等于单边间隙值的

金属片或纸片来达到控制凸、凹模间隙均匀的方法,称为垫片法。它适用于冲裁材料较厚,且为大间隙的冲裁模,也适用于控制弯曲模和拉深模等成形模具的间隙。此种调整法虽繁杂,但效果较好,调整后的间隙较为均匀,工厂中常用此法。

装配时,在凹模刃口四周的适当位置上放置垫片,如图 4-16 所示,然后合模观察各凸模是否顺利地进入凹模且与垫片接触,用敲打凸模固定板的方法调整间隙,使凸模与凹模对中。

(2) 光隙法(透光法) 光隙法是利用上、下模合模后,从凸模与凹模间光隙的大小来判断模具间隙均匀程度的一种方法,如图 4-17 所示。此法对于小型模具简便易行,可凭肉眼来判断光缝的大小,也可以借助模具间隙测量仪器来检测。

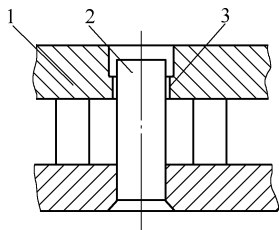


图 4-16 垫片法调整间隙

1—凹模 2—凸模 3—垫片

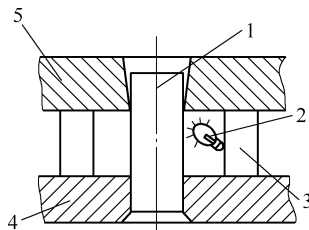


图 4-17 光隙法调整间隙

1—凸模 2—光源 3—垫铁 4—固定板 5—凹模

装配时,一般先将模具倒置,用灯光照射,然后从下模座的漏料孔中观察光隙状态来调整间隙,使之均匀。由于光线能透过很小的缝隙,因此光隙法特别适用于判断小间隙冲裁模的间隙均匀程度。

(3) 涂层法 涂层法是在凸模上涂一层薄膜材料,涂层厚度等于凸、凹模单边间隙值。涂料一般采用绝缘材料。不同的间隙可通过选用不同粘度的涂料或涂不同的次数来达到。这种方法较简便,适用于装配小间隙的冲裁模。凸模上的涂层,在冲裁过程中会自行脱落,装配后可不必去除。

(4) 镀铜法 这种方法是在凸模刃口部分 8~10mm 的长度上,用电镀法镀上一层厚度等于单边间隙值的铜层来保证间隙均匀。装配时,将凸模插入凹模内即可。镀层在冲裁模使用过程中会自行脱落,装配后可不必去除。

当间隙较大时,需多次镀铜,在生产中一般不采用。因此,这种方法只适用于冲裁间隙值较小的模具。

(5) 工艺定位器调整法 如图 4-18 所示,利用工艺定位器控制凸、凹模的间隙可以保证上、下模同轴。图 4-18 中工艺定位器的尺寸 d_1 与凸模滑配合, d_2 与凹模滑

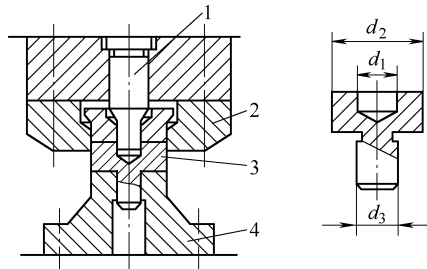


图 4-18 用定位器控制间隙

1—凸模 2—凹模 3—工艺定位器 4—凸凹模

配合， d_3 与凸凹模孔滑配合，而且 d_1 、 d_2 、 d_3 要一次装夹车削而成，以保证三个圆柱的同轴度，因此采用工艺定位器控制间隙比较可靠，且模具装配比较方便。这种方法适用于大间隙的冲模，如冲裁模、拉深模等，对复合模尤为适用，待凸模和凸模固定板用定位销固定后拆去工艺定位器即可。

(6) 工艺留量法 工艺留量法是将冲模的装配间隙值以工艺余量留在凸模或凹模上，通过工艺留量来保证间隙均匀的一种方法。具体做法是：在装配前先不将凸模（或凹模）的刃口尺寸做到所需的尺寸，而是留出工艺余量，使凸模与凹模成 H7/h6 的配合。待装配后取下凸模（或凹模）去除工艺留量或换上工作凸模，以得到应有的间隙，去除工艺留量时可采用机械加工法或酸腐蚀法。

采用酸腐蚀法去除工艺留量后，应用水清洗干净。腐蚀剂可用硝酸 20% + 醋酸 30% + 水 50%（均为体积分数）。

(7) 切纸法 无论采用哪种方法来控制凸、凹模的间隙，装配后都必须用一定厚度的纸片来试冲。根据所切纸片的切口状态来检验装配间隙的均匀程度，从而确定是否需要调整以及朝哪个方向进行调整。如果切口一致，则说明间隙均匀；如果纸片局部未被切断或毛刺较大，则该处间隙较大，需要作进一步的调整。试冲所用纸片厚度应根据模具冲裁间隙的大小而定，间隙越小则试冲所用的纸片厚度也就越薄。

4.1.3 冲模的装配方法

1. 单工序冲裁模的装配

(1) 装配特点 单工序冲裁模分无导向装置的冲裁模和有导向装置的冲裁模两种类型。对于无导向装置的冲裁模，在装配时，可以按图样要求将上、下模分别进行装配，其凸、凹模间隙是在冲裁模被安装在压力机上时进行调整的。而对于有导向装置的冲裁模，装配时首先要选择基准件，然后再以基准件为基准，配装其他零件并调好间隙值。

(2) 装配方法 落料模如图 4-19 所示，其装配方法见表 4-14。

表 4-14 落料模的装配的方法

序 号	工 序	工 艺 说 明
1	装配前的准备	① 通读总装配图，了解所冲零件的形状、精度要求及模具的结构特点、动作原理和技术要求 ② 选择装配顺序及装配方法 ③ 检查零件尺寸、精度是否合格，并且备好螺钉、弹簧、销钉等标准件及装配用的辅助工具
2	装配模柄	① 在手扳压力机上，将模柄 1 压入上模板 4 中，压实后，再把模柄 1 的端面与上模板 4 的底面在平面磨床上磨平 ② 用直角尺检查模柄与上模板 4 的垂直度，并调整到合适为止

(续)

序 号	工 序	工 艺 说 明
3	导柱、导套的装配	① 在压力机上分别将导柱 14 和导套 16 压入下模座 12 和上模板 4 内 ② 用直角尺检查其垂直度, 如超过垂直度误差要求, 应重新安装
4	凸模的装配	① 在压力机上将凸模 8 压入凸模固定板 6 内, 并检查凸模 8 与凸模固定板 6 的垂直度 ② 装配后将凸模固定板 6 的上平面与凸模 8 的尾部一起磨平 ③ 将凸模 8 的工作部位端面磨平, 以保持刃口锋利
5	弹压卸料板的装配	① 将弹压卸料板 9 套在已装入凸模固定板内的凸模上 ② 在凸模固定板 6 与弹压卸料板 9 之间垫上平行垫块, 并用平行夹板将其夹紧 ③ 按弹压卸料板 9 上的螺孔在凸模固定板 6 上划窝 ④ 拆下后, 钻削凸模固定板上的螺孔
6	安装凹模	① 把凹模 10 装入凹模套 11 内 ② 压入紧固后, 将上、下平面在平面磨床上磨平
7	安装下模	① 在凹模 10 与凹模套 11 的组合上安装定位板 15, 并把该组合安装在下模座 12 上 ② 调好各零件间的相对位置后, 在下模座上按凹模套 11 的螺孔配钻、加工螺孔、销钉孔 ③ 装入销钉, 拧紧螺钉
8	配装上模	① 把已装入凸模固定板 6 的凸模 8 插入凹模孔内 ② 在凸模固定板 6 与凹模套 11 间垫上适当高度的平行垫铁 ③ 将上模板 4 放在凸模固定板 6 上, 对齐位置后夹紧 ④ 以凸模固定板 6 的螺孔为准, 配钻上模板螺孔 ⑤ 放入垫板 5, 拧上紧固螺钉
9	调整凸、凹模间隙	① 先用光隙法调整间隙, 即将装配后的模具翻过来, 把模柄夹在台虎钳上, 用手灯照射, 从下模座的漏料孔中观察间隙大小及均匀性, 并调整使其均匀 ② 在发现某一方向不均匀时, 可用锤子轻轻敲击凸模固定板 6 的侧面, 使上模的凸模 8 改变位置, 以得到均匀间隙为准
10	紧固上模	间隙均匀后, 将螺钉紧固, 配钻上模板销钉孔, 并打入销钉
11	装入卸料板	① 将弹压卸料板 9 紧固在已装好的上模上 ② 检查弹压卸料板是否在凸模内, 上、下移动是否灵活, 凸模端面是否缩入卸料孔内约 0.5mm ③ 检查合适后, 最后装入弹簧 7
12	试切与调整	① 用与制件同样厚度的纸板作为工件材料, 将其放在凸、凹模之间 ② 用锤子轻轻敲击模柄进行试切 ③ 检查试件毛刺大小及均匀性, 若毛刺小或均匀, 表明装配正确, 否则应重新装配调整
13	打刻编号	试切合格后, 根据厂家要求打刻编号

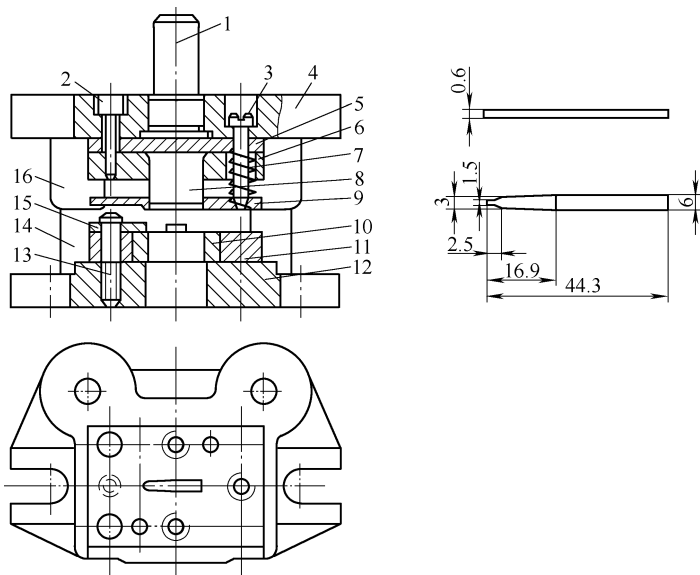


图 4-19 落料模 (材料: H62 黄铜板)

- 1—模柄 2—内六角圆柱头螺钉 3—卸料螺钉 4—上模板 5—垫板 6—凸模固定板
7—弹簧 8—凸模 9—弹压卸料板 10—凹模 11—凹模套 12—下模座
13—螺钉 14—导柱 15—定位板 16—导套

2. 连续模的装配

连续模又称为级进模,是多工序冲模。其特点是在送料方向上具有两个或两个以上的工位,可以在不同工位上进行连续冲压并同时完成几道冲压工序。它不仅完成多道冲裁工序,往往还有弯曲、拉深、成形等多种工序同时进行。这类模具加工、装配要求较高,难度也较大。模具的步距与定位稍有误差,就很难保证制品的内、外形尺寸精度。所以在加工、装配这类模具时,应该特别认真、仔细。

(1) 加工与装配要求 连续模加工时除了必须保证工作零件及辅助零件的加工精度外,还应保证下述要求:

- 1) 凹模各型孔的相对位置及步距一定要按图样要求加工、装配准确。
- 2) 凸模的各固定型孔、凹模型孔、卸料板导向孔三者的位置必须一致,即在加工装配后,应保证各对应型孔中心线同轴度的要求。
- 3) 各组凸、凹模在装配后,间隙应保证均匀一致。

(2) 连续模的装配要点

1) 装配顺序的选择。连续模的凹模是装配基准件,故应先装配下模,再以下模为基准装配上模。

连续模的凹模多数采用镶拼形式，由若干块拼块或镶块组成，为了便于准确调整步距和保证间隙均匀，对于拼块凹模装配时应先把步距调整准确，并进行各组凸、凹模的预配，检查间隙均匀程度，修正合格后再把凹模压入固定板。然后把固定板装入下模板，再以凹模定位装配凸模，把凸模装入上模，待用切纸法试冲达到要求后，用销钉定位固定，再装入其他辅助零件。

2) 装配方法的确定。假如连续模的凹模是整体凹模，则凹模型孔步距是在加工凹模时保证的。若凹模是拼块凹模，则各组凸、凹模在装配时，采取预配合装配法。这是连续模装配的最关键工序，也是细致的装配过程，绝不能忽视。因为各拼块虽在精加工时保证了尺寸要求和位置精度，但拼合后因累积误差也会影响步距精度。所以在装配时，必须由钳工研磨修正和调整。

(3) 装配方法 连续模如图 4-20 所示，其装配方法见表 4-15。

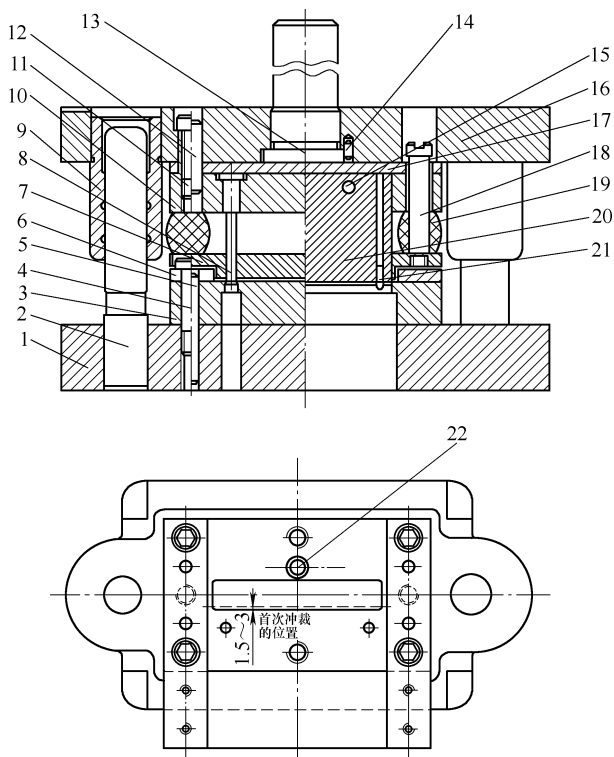


图 4-20 连续模

- 1—下模板 2—导柱 3—凹模 4—螺钉 5、12—圆柱销 6—导料板 7—卸料板 8—冲孔凸模 9—导套
10—凸模固定板 11—螺钉 13—模柄 14—止转销 15—挂销 16—上模板 17—垫板
18—卸料螺钉 19—橡胶 20—落料凸模 21—导正销 22—挡料销

表 4-15 连续模的装配方法

序 号	工 序	工 艺 说 明
1	凸、凹模预配	① 装配前仔细检查各凸模以及凹模型孔的形状和尺寸是否符合图样要求 ② 将各凸模分别与相应的凹模型孔相配，检查其间隙是否加工均匀，不合适者应重新修磨或更换
2	凸模装入固定板	以凹模型孔定位，将各凸模分别压入凸模固定板型孔中，并牢固挤紧
3	装配下模	① 在下模板 1 上划中心线，按中心线预装凹模 3、导料板 6 ② 在下模板 1、导料板 6 上，用已加工好的凹模分别复印螺孔位置，并分别钻孔，攻螺纹 ③ 将下模板、垫板、导料板、卸料板、凹模用螺钉紧固，打入销钉
4	装配上模	① 在已装好的下模上放等高垫铁，将凸模与固定板的组合通过卸料孔导向，装入凹模 ② 预装上模板 16，划出与凸模固定板相对应的螺孔位置并钻螺孔、过孔 ③ 用螺钉将固定板组合、垫板、上模板连接在一起，但不要拧紧 ④ 复查凸、凹模间隙并调整合适后，紧固螺钉 ⑤ 切纸检查，合格后打入销钉
5	装辅助零件	装配辅助零件后，试冲

3. 复合模的装配

复合模可以在压力机的一次行程中，在冲裁模的同一个位置上完成冲孔和落料等多个工序。其结构特点主要表现在它必须具有一个可作落料凸模的外缘和可作冲孔凹模的内孔，是一种复合式凸凹模，它既是落料凸模又是冲孔凹模。

在制造复合模时，与普通冲模不同的是上、下模的配合稍不准确，就会导致整副模具的损坏，所以在加工和装配时不得有丝毫差错。

(1) 制造与装配要求 必须保证工作零件（如凸模、凹模及凸凹模和相关零件）的加工精度。装配时，冲孔和落料的冲裁间隙应均匀一致。装配后的上模中推件装置的推力的合力中心应与模柄中心重合。如果两者不重合，推件时会使推件块歪斜而与凸模卡紧，出现推件不正常或推不下来的情况，有时甚至会导致细小凸模的折断。

(2) 装配步骤 复合模的装配方法有配作装配法和直接装配法两种。在装配时，主要采取以下步骤：

- 1) 组件装配。组件装配包括模架的组装、模柄的装入、凸模及凸凹模在固定板上的装入等。
- 2) 总装配。总装配时一般先装下模，然后以下模为基准再装配上模。
- 3) 调整凸、凹模间隙。
- 4) 安装其他辅助零件。

5) 检查、试冲。

(3) 装配方法 冲孔、落料复合模如图 4-21 所示，其装配方法见表 4-16。

表 4-16 冲孔、落料复合模的装配方法

序 号	工 序	工 艺 说 明
1	检查零件及组件	检查冲模各零件及组合是否符合图样要求，并检查凸、凹模间隙的均匀程度以及各种辅助零件是否配齐
2	装配下模	① 按划线在下模板上放上垫板 16 和固定板 17，装入凸凹模 18 ② 依凸凹模正确位置加工出漏料孔、螺钉孔及销钉孔 ③ 紧固螺钉，打入销钉
3	装配上模	① 把垫板 5、固定板 7 放到上模板上，再放入顶杆 21、卸件器 8 和凹模 9 ② 用凸凹模 18 找正冲孔凸模 6 和凹模 9 的位置，夹紧上模所有部件 ③ 按凹模 9 上的螺孔，配上模各零件的螺孔过孔（配钻） ④ 拆开后再分别扩孔、铰孔，然后再用螺钉连接起来 ⑤ 试冲合格后，按凹模 9 上的销孔配钻销孔，最后打入销钉 22、25 ⑥ 安装其他零件
4	试冲与调整	① 切纸试冲 ② 装机试冲

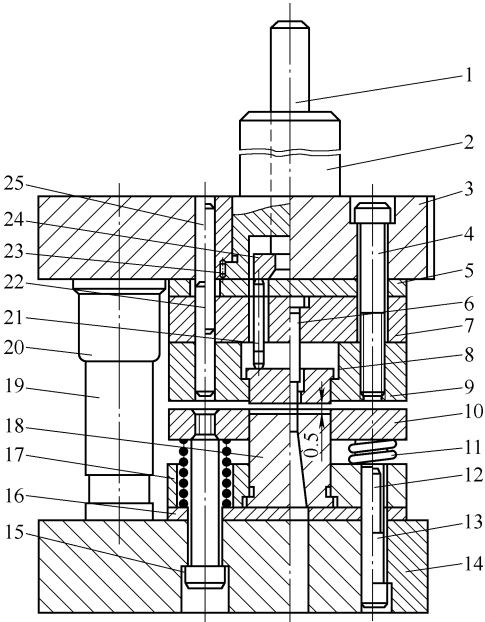


图 4-21 冲孔、落料复合模

- 1—顶杆 2—模柄 3—上模板 4、13—螺钉 5、16—垫板 6—冲孔凸模 7、17—固定板
8—卸件器 9—凹模 10—卸料板 11—弹簧 12、22、23、25—销钉 14—下模板
15—卸料螺钉 18—凸凹模 19—导柱 20—导套 21—顶杆 24—顶板

4. 弯曲模与拉深模的装配特点

弯曲模的作用是使坯料在塑性变形范围内进行弯曲,由弯曲后材料产生的永久变形,获得所要求的形状。一般情况下,弯曲模的导套、导柱的配合要求可略低于冲裁模,但凸模与凹模工作部分的表面粗糙度要求比冲裁模要高($Ra < 0.63\mu m$),以提高模具寿命和制件的表面质量。在弯曲工艺中,由于材料回弹的影响,常使弯曲件在模具中弯成的形状与取出后的形状不一致,从而影响制件的形状和尺寸精度。影响回弹的因素较多,很难用设计计算来加以消除,因此在制造模具时,常要按试模时的回弹值修正凸模(或凹模)的形状。为了便于修整,弯曲模的凸模和凹模多在试模合格以后才进行热处理。另外,弯曲属于变形加工,有些弯曲件的毛坯尺寸要经过试验才能最后确定。所以,弯曲模进行试冲的目的除了是为了找出模具的缺陷加以修正和调整外,再一个目的就是为了最后确定制件的毛坯尺寸。由于这一工作涉及材料的变形问题,所以弯曲模的调整工作比一般冲裁模要复杂得多。

拉深工艺是使金属板料(或空心坯料)在模具的作用下产生塑性变形,变成开口的空心制件。与冲裁模相比,拉深模有以下特点:冲裁模凸、凹模的工作端部有锋利的刃口,而拉深模凸、凹模的工作端部则要求有光滑的圆角。通常拉深模工作零件的表面粗糙度(一般 $Ra = 0.04 \sim 0.32\mu m$)要求比冲裁模要高。冲裁模所冲出的制件尺寸容易控制,如果模具制造正确,冲出的制件一般是合格的。而对于拉深模,即使组成零件制造很精确,装配得也很好,但由于材料弹性变形的影响,拉深出的制件也不一定合格。因此,在模具试冲后常常要对模具进行修整加工。

弯曲模与拉深模都是通过坯料的塑性变形使冲压件获得所需形状的。在金属的塑性变形过程中,必然伴随有弹性变形,而弹性变形必然影响冲压件的尺寸及形状精度。所以,即使模具零件制造得很精确,所成形的冲压件也未必合格。为确保冲出合格的冲压件,弯曲模和拉深模装配时必须注意以下特点:

1) 需选择合适的修配件进行修配装配。对于多动作弯曲模或拉深模,为了保证各个模具动作间运动次序正确、各个运动件到达位置正确以及多个运动件间的运动轨迹互不干涉,必须选择合适的修配件,在修配件上预先设置合理的修配余量,装配时通过逐步修配,达到装配精度及运动精度。

2) 需安排试装试冲工序。弯曲模和拉深模精确的毛坯尺寸一般无法通过设计计算确定,所以装配时必须安排试装。试装前选择与冲压件相同厚度及相同材质的板材,采用线切割加工方法,按毛坯设计计算的参考尺寸割制成若干个样件,然后再安排试冲,根据试冲结果,逐渐修正毛坯尺寸。通常必须根据试冲得到的毛坯尺寸图来制造毛坯落料模。

3) 需安排试冲后的调整装配工序。

4) 需调定上、下模的合模高度。多数弯曲模和拉深模采用敞开式非标准设计,所以合模时的高度对冲压件的形状和尺寸精度会产生直接影响。调整到冲压件

形状符合图样要求后，需要通过安装限位柱的方法，将合模时上模与下模的位置固定下来，以确保冲压件的尺寸精度和形状精度。

5) 需合理安排淬火工序。模具经过试冲、调整工序，能冲出合格的冲压件后，才进行热处理淬硬处理。

4.1.4 试模

冲模装配完成后，在生产条件下进行试冲，通过试冲可以发现模具的设计和制造缺陷，找出产生的原因，对模具进行适当的调整和修理后再进行试冲，直到模具能正常工作，冲出合格的制件，模具的装配过程即告结束。

冲模试模时易出现的缺陷、产生原因及调整方法见表 4-17。

表 4-17 冲模试模时易出现的缺陷、产生原因和调整方法

试模缺陷	产生原因	调整方法
制件的弯曲角度不够	① 凸、凹模的弯曲角度制造过小 ② 凸模进入凹模的深度太浅 ③ 凸、凹模之间的间隙过大 ④ 校正弯曲的实际单位校正力太小	① 修正凸、凹模，使弯曲角度达到要求 ② 增大凹模深度，增大制件的有效变形区域 ③ 采取措施，减小凸、凹模的配合间隙 ④ 增大校正力或修整凸、凹模形状，使校正力集中在变形部位
制件的弯曲部位不符合要求	① 定位板位置不正确 ② 制件两侧受力不平衡 ③ 压料力不足	① 重新装定位板，保证其位置正确 ② 分析制件受力不平衡的原因并纠正 ③ 采取措施增大压料力
制件尺寸过长或不足	① 间隙过小，将材料拉长 ② 压料装置的压料力过大使材料伸长 ③ 设计计算错误	① 修正凸、凹模，增大间隙值 ② 采取措施减小压料装置的压料力 ③ 坯件落料尺寸在弯曲试模后确定
制件表面擦伤	① 凹模圆角半径过小，表面粗糙度值过大 ② 润滑不良，使坯料粘附在凹模上 ③ 凸、凹模的间隙不均匀	① 增大凹模圆角半径，减小表面粗糙度值 ② 合理润滑 ③ 修整凸、凹模，使间隙均匀
制件弯曲部位产生裂纹	① 坯料塑性差 ② 弯曲线与板料的纤维方向平行 ③ 剪切截面的毛刺在弯曲的外侧	① 将坯料退火后再弯曲 ② 改变条料落料排样方式或改变条料下料方向使弯曲线与板料纤维方向垂直 ③ 使毛刺在弯曲的内侧，圆角在外侧
制件拉深高度不够	① 毛坯尺寸小 ② 拉深间隙过大 ③ 凸模圆角半径太小	① 增大毛坯尺寸 ② 更换凸、凹模，使间隙适当 ③ 增大凸模圆角半径
制件拉深高度太大	① 毛坯尺寸太大 ② 拉深间隙太小 ③ 凸模圆角半径太大	① 减小毛坯尺寸 ② 调整凸、凹模的间隙，使间隙适当 ③ 减小凸模圆角半径
制件壁厚和高度不均匀	① 凸模和凹模间隙不均匀 ② 定位板或挡料销位置不正确 ③ 凸模不垂直 ④ 压边力不均匀 ⑤ 凹模的结构不正确	① 调整凸、凹模的间隙，使间隙均匀 ② 调整定位板或挡料销位置，使之正确 ③ 修整凸模后重装 ④ 调整托杆长度或弹簧位置 ⑤ 重新修整凹模

(续)

试模缺陷	产生原因	调整方法
制件起皱	① 压边力太小或不均匀 ② 凸、凹模的间隙太大 ③ 凹模圆角半径太大 ④ 板料塑性差	① 增大压边力或调整顶杆长度、弹簧位置 ② 减小拉深间隙 ③ 减小凹模圆角半径 ④ 更换材料
制件破裂或有裂纹	① 压边力太大 ② 压边力不够, 起皱引起破裂 ③ 拉深间隙太小 ④ 凹模圆角半径太小, 表面粗糙 ⑤ 凸模圆角半径太小 ⑥ 拉深次数不够 ⑦ 凸、凹模不同轴或不垂直 ⑧ 板料质量不好	① 调整压边力 ② 调整顶杆长度或弹簧位置 ③ 增大拉深间隙 ④ 增大凹模圆角半径, 修磨凹模圆角 ⑤ 增大凸模圆角半径 ⑥ 增加拉深工序或增加中间退火工序 ⑦ 重装凸、凹模, 保证位置精度 ⑧ 更换材料或增加中间退火工序, 改善润滑条件
制件表面拉毛	① 拉伸间隙太小或不均匀 ② 凹模圆角表面粗糙度值大 ③ 模具或板料不清洁 ④ 凹模硬度太低, 板料粘附凹模 ⑤ 润滑油中有杂质	① 修整拉深间隙 ② 修光凹模圆角 ③ 清洁模具或板料 ④ 提高凹模硬度或进行镀铬及渗氮处理 ⑤ 更换润滑油
制件表面不平	① 凸、凹模(顶出器)无出气孔 ② 顶出器在冲压的最终位置时顶出力不够 ③ 材料本身存在弹性	① 钻出气孔 ② 调整冲模结构, 使冲模闭合时, 顶出器处于刚性接触状态 ③ 改变凸、凹模和压料板形状
冲件毛刺过大	① 刃口不锋利或淬火硬度不够 ② 间隙过大或过小, 间隙不均匀	① 修磨刃口使其锋利 ② 重新调整凸、凹模间隙, 使之均匀
冲件不平整	① 凹模有倒锥 ② 顶杆与顶出器与零件的接触面积太小	① 修磨凹模后角 ② 更换顶杆, 加大与零件的接触面积
尺寸超差、形状不准确	凸、凹模形状及尺寸精度差	修正凸、凹模形状及尺寸, 使之达到形状及尺寸精度要求
凸凹模偏心	① 冲裁时产生侧向力 ② 卸料板倾斜	① 在模具上设置垫块抵消侧向力 ② 修整卸料板或增加凸模导向装置
凹模被胀裂	凹模有侧锥, 形成上口大、下口小的形状	修整凹模孔, 消除倒锥现象
凸凹模刃口塌角	① 上下模座、固定板、凹模、垫板等零件的安装基面不平行 ② 凸、凹模错位 ③ 凸模和凹模、导柱、导套与安装基面不垂直 ④ 导向精度差, 导柱、导套配合间隙过大 ⑤ 卸料板孔位偏斜使冲孔模产生位移	① 调整有关零件, 重新安装 ② 重新安装凸、凹模, 使之对正 ③ 调整其垂直度重新安装 ④ 更换导柱、导套 ⑤ 修整及更换卸料板

(续)

试模缺陷	产生原因	调整方法
冲裁件剪切断面光亮带宽,甚至出现毛刺	冲裁间隙过小	适当加大冲裁间隙,对于冲孔模,在凹模方向上加大间隙,对于落料模,在凸模方向上加大间隙
剪切断面光亮带宽窄不均匀,局部有毛刺	冲裁间隙不均匀	修模或重装凸、凹模,调整间隙保证均匀
外形与内孔偏移	① 在连续模中孔与外形偏心,并且所偏的方向一致,表明侧刃的长度与步距不一致 ② 连续模多件冲裁时,凸凹模位置有变化 ③ 复合模孔形不正确,表明凸、凹模相对位置偏移	① 加大或减小侧刃长度,或者磨小或加大挡料块尺寸 ② 重新安装凸模并调整其位置使之正确 ③ 更换凸、凹模,重新进行安装,调整合适
送料不顺畅,有时被卡死,易发生在连续模中	① 两导料板之间的尺寸过小或有斜度 ② 凸模与卸料板之间的间隙太大,致使搭边翻转而堵塞卸料板孔 ③ 导料板的工作面与侧刃不平行,卡住条料,形成锯齿形 ④ 侧刃与导料板挡块之间有间隙,配合不严密,形成的毛刺大	① 粗修或重新装配导料板 ② 减小凸模与卸料板之间的配合间隙,重新浇注卸料板孔 ③ 修整导料板 ④ 修整侧刃与导料板挡块之间的间隙,使之严密
卸料及卸件困难	① 卸料装置不动作 ② 卸料弹力不够 ③ 卸料孔不通畅,卡住废料 ④ 凹模有倒锥 ⑤ 漏料孔太小 ⑥ 拉料杆长度不够	① 重新装配卸料装置,使之灵活 ② 增大卸料弹力 ③ 修整卸料孔 ④ 修整凹模 ⑤ 加大漏料孔 ⑥ 加长拉料杆

任务 4.2 塑料模的装配

【学习目的与要求】

- 了解塑料模的装配顺序及要点。
- 掌握塑料模组件装配与修磨的方法。
- 会进行塑料模组件的装配与修磨。

【学习重点】

- 塑料模的装配顺序及要点。
- 掌握塑料模组件的装配与修磨。

【学习难点】

- 塑料模组件的装配与修磨。

塑料模的装配与冲模的装配有许多相似之处，但在某些方面其要求更为严格，如注射模闭合后要求分型面均匀密合，在有些情况下，动模和定模上的型芯也要求在合模后保持紧密接触。类似这些要求常常会增加修配的工作量。

4.2.1 塑料模装配的技术要求

1. 总体装配技术要求
- 1) 模具安装平面的平行度误差小于 0.05mm。

2) 模具闭合后型面应均匀密合。

3) 模具闭合后，动模部分和定模部分的型芯位置正确。

4) 导柱、导套滑动灵活无阻滞现象。

5) 推件机构动作灵活可靠。

6) 装配后的模具闭合高度、安装于注射机上的各配合部位尺寸、推板推出形式、开模距等均应符合图样要求及所使用设备条件。

7) 模具外露的非工作部位棱边均应倒角。

8) 大、中型模具均应有起重吊孔、吊环供搬运用。

9) 模具闭合后，各承压面（或分型面）之间要闭合严密，不得有较大的缝隙。

10) 装配后的模具应打印标记、编号及合模标记。
2. 部件装配技术要求
- 部件装配技术要求见表 4-18。

表 4-18 部件装配技术要求

序 号	项 目	技 术 要 求
1	成形零件及浇注系统	① 成形零件、浇注系统表面应光洁、无塌坑、伤痕等弊病 ② 对于成形时有腐蚀性的塑料零件，其型腔表面应镀铬、打光 ③ 成形零件的尺寸精度应符合图样规定的要求 ④ 互相接触的承压零件（如互相接触的型芯，凸模与挤压环，柱塞与加料室）之间，应有适当的间隙或合理的承压面积及承压形式，以防零件间直接挤压 ⑤ 型腔在分型面、浇口及进料口处应保持锐边，一般不得修成圆角 ⑥ 应保证各飞边不影响工件正常脱模
2	斜楔及活动零件	① 各滑动零件的配合间隙要适当，起止位置定位要正确。镶嵌紧固零件的紧固应安全可靠 ② 活动型芯、推出及导向部位运动时，滑动要平稳，动作灵活可靠，互相协调，间隙要适当，不得有卡滞及发涩等现象
3	锁紧及紧固零件	① 锁紧作用要可靠 ② 各紧固螺钉要拧紧，不得松动，圆柱销要销紧
4	推出系统零件	① 开模时推出部分应保证顺利脱模，以方便取出工件及浇注系统凝料 ② 各推出零件要动作平稳，不得出现卡滞现象 ③ 模具稳定性要好，应有足够的强度，工作时受力要均匀

(续)

序 号	项 目	技 术 要 求
5	加热及冷却系统	① 冷却水路要通畅, 不漏水, 阀门控制要正常 ② 电加热系统要无漏电现象, 并安全可靠, 能达到模具温度要求 ③ 各气动、液压、控制机构动作要正常, 阀门、开关要可靠
6	导向机构	① 导柱、导套要垂直于模座 ② 导向精度要达到图样要求的配合精度, 能对定模、动模起良好的导向、定位作用

4.2.2 注射模部件的装配

1. 成形零件的装配

(1) 型芯的装配 注射模的结构不同, 型芯在固定板上的固定方式也不相同, 常见的固定方式如图 4-22 所示。

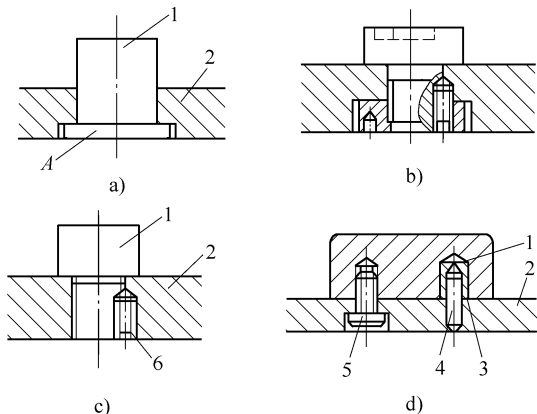


图 4-22 型芯的固定方式

a) 采用过渡配合 b) 用螺纹固定 c) 用螺母固定 d) 大型芯的固定
1—型芯 2—固定板 3—定位销套 4—定位销 5—螺钉 6—防转螺钉

图 4-22a 所示的型芯采用过渡配合的固定方式, 其装配过程与装配带台肩的冲模凸模相类似。装配时要检查型芯高度及固定板厚度 (装配后能否达到设计尺寸要求), 型芯台肩平面应与型芯轴线垂直; 一般应保证固定板通孔与沉孔平面的相交处为 90° 角, 而型芯上与之相应的配合部位往往呈圆角 (磨削时由于砂轮损耗形成), 装配前应先将固定板的上述部位修出圆角, 使之不对装配产生不良影响。

图 4-22b、c 所示的型芯固定方式, 在型芯位置调好并紧固后要用骑缝螺钉定位。防转螺钉孔应安排在型芯淬火之前加工。

图 4-22d 所示为大型芯的固定, 装配时先在加工好的型芯上压入实心的定位销套, 再根据型芯在固定板上的位置要求固定。

(2) 型腔的装配 图 4-23 所示为整体圆形型腔凹模的装配。装配后型面上要

求紧密无缝,因此,压入端不准修出斜度,应将导入斜度修在模板上。必须保证型腔凹模与模板的相对位置符合图样要求。

装配方法:在模板的上、下平面上划出对准线,在型腔凹模的上端面上划出相应的对准线,并将对准线引向侧面;将型腔凹模放在固定板上,以线为基准,定其位置;将型腔压入模板,压入极小的一部分时,进行位置调整,也可用百分表调整其直线部分,若发生偏差,可用管子钳将其旋转至正确位置;将型腔全部压入模板并调整其位置;位置合适后,利用型腔销钉孔(在热处理前钻铰完成)复钻固定板的销钉孔,打入销钉定位,防止转动。

图4-24所示为拼块型腔凹模的装配,装配后不应存在缝隙。加工模板固定孔时,应注意孔壁与安装基面的垂直度。

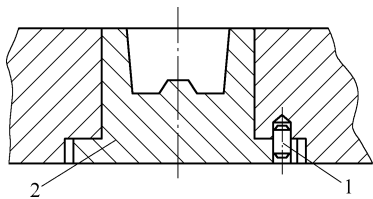


图 4-23 整体圆形型腔凹模的装配

1—定位销 2—凹模

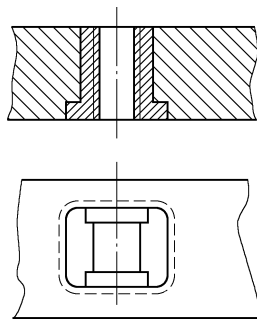


图 4-24 拼块型腔凹模的装配

2. 浇口套的装配

浇口套与定模板的配合一般采用 $H7/m6$ 。它压入模板后,其台肩应和沉孔底面贴紧。装配的浇口套,其压入端与配合孔间应无缝隙。所以,浇口套的压入端不允许有导入斜度,应将导入斜度开在模板上浇口套配合孔的入口处。为了防止在压入时浇口套将配合孔孔壁切坏,常将浇口套的压入端倒成小圆角。在浇口套加工时应留有去除圆角的修磨余量 Z ,压入后使圆角突出在模板之外,如图4-25所示。然后在平面磨床上磨平,如图4-26所示。最后再把修磨后的浇口套稍微退出,将固定板磨去 0.02mm ,重新压入后成为图4-27所示的形式。台肩相对于定模板的高出量 0.02mm 也可采用修磨的方法来保证。

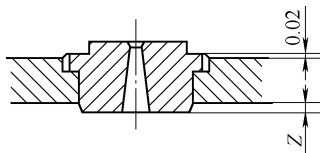


图 4-25 压入后的浇口套

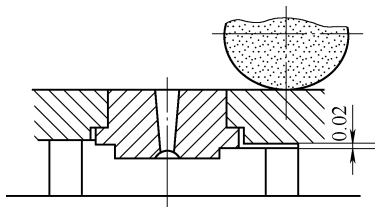


图 4-26 修磨浇口套

3. 推杆的装配

推杆用于推出制件，其结构如图 4-28 所示。推杆应运动灵活，尽量避免磨损。推杆由推杆固定板及推板带动运动。由导向装置对推板进行支承和导向。

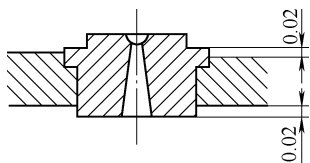


图 4-27 装配好的浇口套

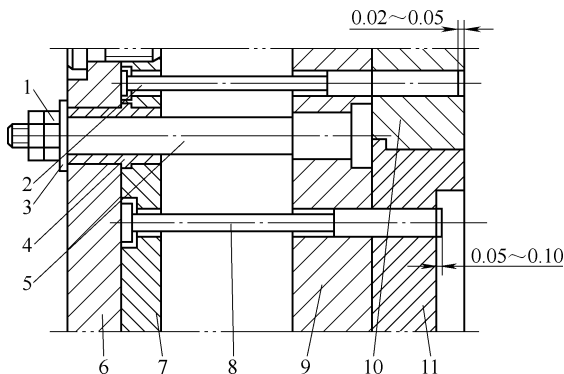


图 4-28 推杆的装配

- 1—螺母 2—复位杆 3—垫圈 4—导套 5—导柱 6—推板
7—推杆固定板 8—推杆 9—支承板
10—固定板 11—型腔镶块

推杆的装配方法一般为：

1) 零件检查与修整。将推杆孔入口处倒出小圆角、斜度（推杆顶端可倒角，在加工时，可将推杆做长一些，装配后将多余部分磨去）。检查推杆尾部台肩厚度及推杆孔台肩深度，使装配后留有 0.05mm 间隙。推杆尾部台肩太厚时应修磨底部。

2) 装配。将装有导套 4 的推杆固定板 7 套在导柱 5 上，将推杆 8、复位杆 2 穿入推杆固定板和支承板 9 及型腔镶块 11，然后盖上推板 6，将螺钉拧紧。

3) 修整。修磨导柱或模脚的台肩尺寸。推板复位至与垫圈 3 或模脚台肩接触时，若推杆低于型面，则应修磨导柱台阶或模脚的上平面；若推杆高于型面，则可修磨推板 6 的底面。修磨推杆及复位杆的端面，使复位杆在复位后，复位杆端面低于分型面 0.02 ~ 0.05mm。在推板复位至终点位置后，测量其中一根高出分型面的尺寸，确定修磨量。其他几根应修磨成统一尺寸，推杆端面应高出型面 0.05 ~ 0.10mm。推杆及复位杆的修磨可在平面磨床上用卡盘夹紧进行修磨。

4. 导柱、导套机构的装配

导柱、导套分别安装在注射模的动模和定模部分上，是模具合模和开模的导向装置。导柱、导套采用压入方式装入模板的导柱安装孔和导套安装孔内。导柱的装配如图 4-29 所示。

导向机构应保证动模板在开模和合模时都能灵活滑动，无卡滞现象；保证动、定模板上导柱和导套安装孔的中心距一致（其误差不大于 0.01mm）。

5. 滑块抽芯机构的装配

滑块抽芯机构（图 4-30）装配后，应保证型芯与凹模达到所要求的配合间隙，

滑块运动灵活,有足够的行程和正确的起止位置。

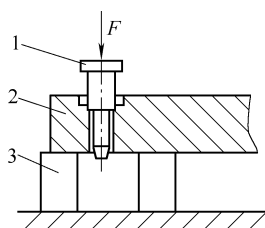


图 4-29 导柱的装配

1—导柱 2—模板 3—平行垫铁

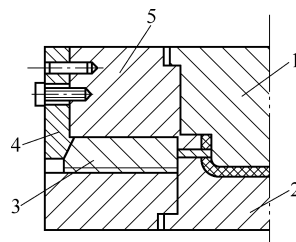


图 4-30 滑块抽芯机构的装配

1—型芯 2—型腔镶块 3—滑块型芯
4—楔紧块 5—定模板

装配方法:

- 1) 将型腔镶块压入模板,并磨两平面至要求尺寸,以型腔为基准,并保证型腔尺寸。
- 2) 将型腔镶块压入动模板,精加工两滑块槽。
- 3) 铣 T 形槽。
- 4) 测定型孔位置及配制型芯固定孔。
- 5) 装滑块型芯。
- 6) 装配楔紧块。
- 7) 镗斜销孔。
- 8) 调整。

4.2.3 注射模的装配

注射模如图 4-31 所示,其装配方法见表 4-19。

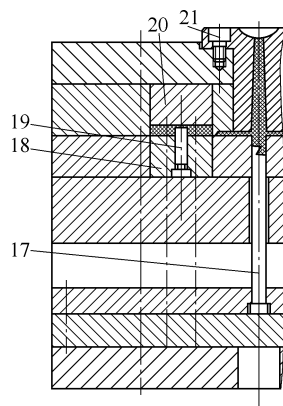
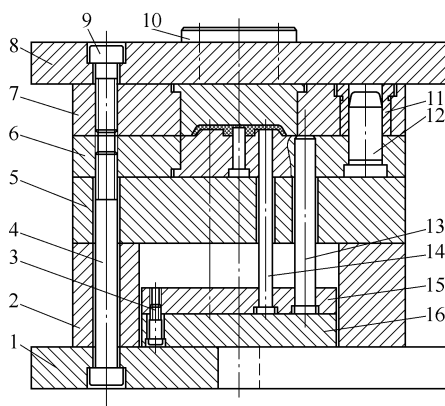


图 4-31 注射模

1—动模座板 2—垫块 3、4、9、21—内六角圆柱头螺钉 5—支承板 6—凸模固定板 7—凹模固定板
8—定模座板 10—浇口套 11—导套 12—导柱 13—复位杆 14—推杆 15—推杆固定板
16—推板垫板 17—拉料杆 18—凸模镶块 19—凸模小型芯 20—凹模镶块

表 4-19 注射模的装配方法

序 号	工 序	工 序 说 明
1	精修定模	① 定模经锻、刨后，磨削六面，上、下平面留修磨余量 ② 划线加工型腔，用铣床铣削型腔或用电火花加工型腔，深度按要求尺寸增加 0.2mm ③ 用油石修整型腔表面
2	精修动模型芯及动模固定板型孔	① 按图样将预加工的动模型芯精修成形，钻、铰推件孔 ② 按划线加工动模固定板型孔，并与型芯配合加工
3	同 镗 导 柱 孔、导套孔	① 将定模固定板、动模固定板叠合在一起，使分型面紧密接触，然后夹紧，镗导柱孔、导套孔 ② 镗导柱孔、导套孔台肩孔
4	复钻螺孔、销孔	① 将凹模固定板 7 与定模座板 8 叠合在一起，夹紧后复钻螺孔、销孔 ② 将动模座板 1、凸模固定板 6、垫块 2、支承板 5 叠合夹紧，复钻螺孔、销孔
5	动模型芯压入动模固定板	① 将动模型芯压入固定板并配合紧密 ② 装配后，型芯外露部分要符合图样要求
6	压入导柱、导套	① 将导套压入定模 ② 将导柱压入动模固定板 ③ 检查导柱、导套配合的松紧程度
7	磨安装基面	① 将凹模固定板 7 的上基面磨平 ② 将凸模固定板 6 的下基面磨平
8	复钻推板上的推杆孔	通过凸模固定板 6 及凸模镶块 18，复钻推板上的推杆孔，卸下后再复钻垫板各孔
9	将浇口套压入定模座板	用压力机将浇口套压入定模座板
10	装配定模	在定模座板 8、凹模固定板 7 上复钻螺钉孔、销孔后，拧入螺钉或敲入销钉紧固
11	装配动模	将凸模固定板 6、垫块 2、支承板 5、动模座板 1 复钻后，拧入螺钉、打入销钉紧固
12	修正推杆及复位杆长度	① 将动模部分全部装配后，使支承板 5 的底面和推杆固定板 15 紧贴于动模座板 1 上。自型芯表面测出推杆及复位杆的长度 ② 修磨长度后，进行装配，并检查各推杆的灵活性
13	试模与调整	各部位装配完后，进行试模，并检查制品，验证模具质量状况

4.2.4 试模

模具装配完成以后，在交付生产之前，应进行试模，试模的目的有二：其一是检查模具在制造上存在的缺陷，并查明原因加以排除；其二是对模具设计的合理性进行评定并对成形工艺条件进行探索，这将有益于模具设计和成形工艺水平的

提高。

试模中易产生的问题及解决办法见表4-20。

表 4-20 试模中易产生的问题及解决办法

易产生的问题	解决方法
主流道黏模	① 抛光主流道；② 喷嘴与模具中心重合；③ 降低模具温度；④ 缩短注射时间；⑤ 延长冷却时间；⑥ 检查喷嘴加热圈；⑦ 抛光模具表面；⑧ 检查材料是否污染
塑件脱模困难	① 降低注射压力；② 缩短注射时间；③ 延长冷却时间；④ 降低模具温度；⑤ 抛光模具表面；⑥ 增大脱模斜度；⑦ 减小镶块处间隙
尺寸稳定性差	① 改变机筒温度；② 延长注射时间；③ 增大注射压力；④ 改变螺杆背压；⑤ 升高模具温度；⑥ 降低模具温度；⑦ 调节供料量；⑧ 减小回用料比例
表面波纹	① 调节供料量；② 升高模具温度；③ 延长注射时间；④ 增大注射压力；⑤ 提高物料温度；⑥ 提高注射速度；⑦ 增大流道与浇口的尺寸
塑件翘曲和变形	① 降低模具温度；② 降低物料温度；③ 延长冷却时间；④ 降低注射速度；⑤ 降低注射压力；⑥ 增大螺杆背压；⑦ 缩短注射时间
塑件脱皮分层	① 检查塑料种类和级别；② 检查材料是否污染；③ 升高模具温度；④ 物料干燥处理；⑤ 提高物料温度；⑥ 降低注射速度；⑦ 缩短浇口长度；⑧ 减小注射压力；⑨ 改变浇口位置；⑩ 采用大孔喷嘴
银纹	① 降低物料温度；② 物料干燥处理；③ 增大注射压力；④ 增大浇口尺寸；⑤ 检查塑料的种类和级别；⑥ 检查塑料是否污染
表面光泽差	① 物料干燥处理；② 检查材料是否污染；③ 提高物料温度；④ 增大注射压力；⑤ 升高模具温度；⑥ 抛光模具表面；⑦ 增大流道与浇口的尺寸
凹痕	① 调节供料量；② 增大注射压力；③ 延长注射时间；④ 降低物料速度；⑤ 降低模具温度；⑥ 增加排气孔；⑦ 增大流道与浇口尺寸；⑧ 缩短流道长度；⑨ 改变浇口位置；⑩ 降低注射压力；⑪ 提高螺杆背压
塑件不足	① 机筒、喷嘴及模具温度偏低；② 加料量不够；③ 机筒剩料太多；④ 注射压力太低；⑤ 注射速度太慢；⑥ 流道或浇口太小，浇口数目不够，位置不当；⑦ 型腔排气不良；⑧ 注射时间太短；⑨ 浇注系统发生堵塞；⑩ 原料流动性太差
塑件溢边	① 机筒、喷嘴及模具温度太高；② 注射压力太高，锁模力不足；③ 模具密封不严，有杂物或模板弯曲变形；④ 型腔排气不良；⑤ 原料流动性太好；⑥ 加料量太多
塑件有气泡	① 塑料干燥不良，含有水分、单体、溶剂和挥发性气体；② 塑料有分解；③ 注射速度太快；④ 注射压力太小；⑤ 模具温度太低，充模不完全；⑥ 模具排气不良；⑦ 从加料端带入空气
熔接痕	① 物料温度太低，塑料流动性差；② 注射压力太小；③ 注射速度太慢；④ 模具温度太低；⑤ 型腔排气不良；⑥ 原料受到污染
塑件表面有黑点及条纹	① 塑料有分解；② 螺杆转速太快，背压太高；③ 塑料碎屑卡入柱塞和机筒间；④ 喷嘴与主流道吻合不好，产生积料；⑤ 模具排气不良；⑥ 原料污染或带进杂质；⑦ 塑料颗粒大小不均匀
塑件内有冷块或僵块	① 塑化不均匀；② 模具温度太低；③ 物料内混入杂质或不同牌号的原料；④ 喷嘴温度太低；⑤ 无主流道或流道冷料穴

(续)

易产生的问题	解决方法
塑件褪色	① 塑料受到污染或干燥不够；② 螺杆转速太高，背压不高；③ 注射压力太高；④ 注射速度太快；⑤ 注射保压时间太长；⑥ 机筒温度过高，致使塑料、着色剂或添加剂分解；⑦ 流道、浇口尺寸不合适
塑件强度下降	① 塑料分解；② 成形温度太低；③ 熔接不良；④ 塑料潮湿；⑤ 塑料中混入杂质；⑥ 浇口位置不当；⑦ 塑件设计不当，有锐角缺口；⑧ 模具温度太低

在试模过程中应尽可能进行详细记录，并将试模结果填入试模记录卡，注明模具是否合格。如需要返修，应提出修改建议，并摘录试模时的工艺条件及操作要点和注射成形制品的情况，以供参考。

试模后合格的模具，应打上模具标记，如模具编号、合模标记及组装基准面等，将各部分清理干净，涂上防锈油后入库。

参 考 文 献

- [1] 傅建军. 模具制造工艺 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [2] 金涤尘, 宋放之. 现代模具制造技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.
- [3] 唐健. 机械制造技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [4] 甄瑞麟. 模具制造工艺学 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [5] 许发樾. 模具制造工艺与装备 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [6] 李发致. 模具先进制造技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [7] 苏建修. 机械制造基础 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.
- [8] 孙凤勤. 模具制造工艺与装备 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [9] 周增文. 机械加工工艺基础 [M]. 长沙: 中南大学出版社, 2003.
- [10] 吴兆祥. 实用模具材料应用手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [11] 张清辉. 模具材料及表面处理 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2002.
- [12] 林慧国. 模具材料应用手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [13] 杨占尧. 冲压模具图册 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [14] 周学坤. 模具制造工艺学 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2007.
- [15] 李云程. 模具制造工艺学 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.
- [16] 郑修本. 机械制造工艺学 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [17] 蔡美良, 等. 新编工模具钢金相热处理 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1998.

■ 本书特色

- ★ 本书兼顾理论基础和制造实践，以工作过程为导向，以项目化教学方法为要求，以冷冲压模具和塑料模具制造工艺为主线。
- ★ 本书融入了冷冲压模具和塑料模具制造工艺知识点，在传统教材的基础上，引入了企业在模具制造中最实用的案例，并按照项目教学法的思路进行编排。
- ★ 全书通过4个项目中贯穿始终的案例，讲解基础理论和实际应用，并配合丰富的图表说明，实现了陈述性知识和过程性知识、实践技能和理论知识的整合。
- ★ 为了让读者在学习中抓住重点以及培养思考问题的能力，在每个任务的开始列有本任务的学习目标、学习重点和难点，以供学习时参考。

地址：北京市百万庄大街22号

邮政编码：100037

电话服务

社服务中心：010-88361066

销售一部：010-88326294

销售二部：010-88379649

读者购书热线：010-88379203

网络服务

教材网：<http://www.cmpedu.com>

机工官网：<http://www.cmpbook.com>

机工官博：<http://weibo.com/cmp1952>

封面无防伪标均为盗版

上架指导 工业技术/模具/模具制造

ISBN 978-7-111-41212-0

策划编辑◎孔劲

ISBN 978-7-111-41212-0



9 787111 412120 >

定价：29.00元