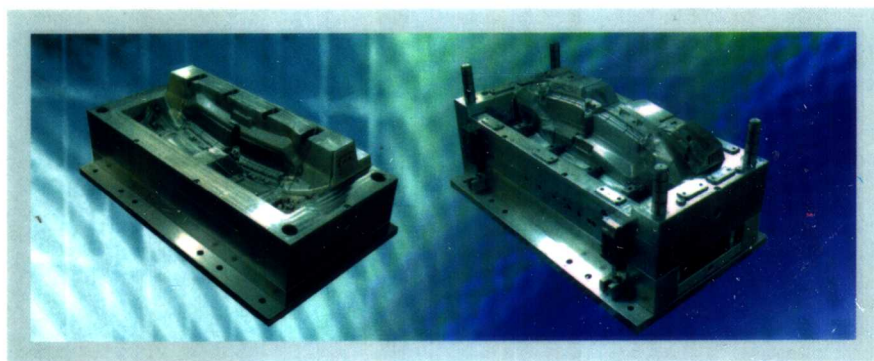


中国高等职业技术教育研究会推荐

21世纪高等职业教育规划教材

模具制造工艺学

周学坤 主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

中国高等职业技术教育研究会推荐
21 世纪高等职业教育规划教材

模具制造工艺学

周学坤 主编

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

模具制造工艺学/周学坤主编. —北京:国防工业出版社,
2007.8

21 世纪高等职业教育规划教材

ISBN 978-7-118-05235-0

I. 模... II. 周... III. 模具—制造—工艺—高等学校:
技术学校—教材 IV. TG760.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 108498 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 11½ 字数 258 千字

2007 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—5000 册 定价 21.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

总 序

在我国高等教育从精英教育走向大众化教育的过程中,作为高等教育重要组成部分的高等职业教育快速发展,已进入提高质量的时期。在高等职业教育的发展过程中,各高校在专业设置、实训基地建设、双师型师资的培养、专业培养方案的制定等方面不断进行教学改革。高等职业教育的人才培养还有一个重点就是课程建设,包括课程体系的科学合理设置、理论课程与实践课程的开发、课件的编制、教材的编写等。这些工作需要每一位高职教师付出大量的心血,高职教材就是这些心血的结晶。

高等职业教育机电类专业赶上了我国现代制造业崛起的时代,中国的制造业要从制造大国走向制造强国,需要一大批高素质的、工作在生产一线的技术应用型人才,这就要求我们高等职业教育机电类专业的教师们担负起这个重任。

高等职业教育机电类专业的教材一要反映制造业的最新技术,因为高职学生毕业后马上要去现代制造业企业的生产一线顶岗,我国现代制造业企业使用的技术更新很快;二要反映某项技术的方方面面,使高职学生能对该项技术有全面的了解;三要深入某项需要高职学生具体掌握的技术,便于教师组织教学时切实使学生掌握该项技术或技能;四要适合高职学生的学习特点,便于教师组织教学时因材施教。要编写出高质量的高职教材,还需要我们高职教师的艰苦工作。

国防工业出版社组织了一批具有丰富教学经验的高职教师所编写的数控、模具、汽车、自动化、机电设备等方面的教材反映了这些专业的教学成果,相信这些专业的成功经验又必将随着本系列教材这个载体进一步推动其他院校的教学改革。

方新

《模具制造工艺学》 编委会名单

主 编 周学坤

副主编 杨 威 王阳合

前 言

本书根据“中国高等职业技术教育研究会机电类专业协作委员会模具专业组”确定的教材编写计划编写,是高职高专院校模具设计及制造专业的教学用书,也可作模具专业的培训教材,供有关工程技术人员参考。

模具已成为工业生产的重要工艺装备,模具形成成为当前工业生产的重要手段和工艺发展方向。国务院颁布的“产业政策要点”,把模具放到了重要位置,各级政府部门已把模具列为发展规划的重点,加强模具专业的人才培养,推动模具生产技术和生产管理有较大提高成为摆在我们面前的紧迫任务。高等职业教育要时刻把握社会发展需求、技术发展脉搏,高职人才培养的专业设置不是针对学科而是针对职业岗位群,而职业岗位是千变万化的,模具专业的岗位群就是如此。随着新技术的运用、设备的更新、新材料的不断涌现,岗位的变化是相当快的。高职应用型人才的培养既不同于学术型人才的培养,又不同于工程型人才的培养,必须强化能力培养,提高学生综合素质,构建科学的教学体系,处理好知识、能力和素质三者的关系。本书就是围绕高等职业教育人才培养目标编排内容的。

本书主要讲授模具制造工艺规程的基本知识,模具零件的加工工艺和典型加工方法,成形磨削以及电火花、电火花线切割,模具的装配工艺,其他制模加工技术。全书内容简明、通俗、实用。

本书共6章,其中绪论及第2、3、5章由周学坤编写,第1、6章由杨威编写,第4章由王阳合编写。本书由周学坤任主编,杨威、王阳合任副主编。

在本书的编写过程中得到了中国高等职业技术教育研究会、四川工商职业技术学院、成都航空职业技术学院、西安航空技术高等专科学校的大力支持与帮助,在此表示衷心感谢!

由于时间仓促、水平有限,疏漏和不妥之处在所难免,请各位读者不吝指教。

编 者

目 录

绪论	1
第1章 机械加工工艺规程的制定	3
1.1 概述	3
1.1.1 工艺过程	3
1.1.2 模具工艺工作	7
1.2 零件的工艺分析	10
1.2.1 零件的几何形状分析	10
1.2.2 零件的技术要求分析	10
1.2.3 零件的结构工艺性分析	10
1.3 定位基准	12
1.3.1 基准及其分类	12
1.3.2 工件定位的基本原理	13
1.3.3 定位基准的选择	18
1.4 毛坯	21
1.4.1 毛坯的种类及选择	22
1.4.2 毛坯形状和尺寸的确定	23
1.5 工艺路线的拟定	23
1.5.1 表面加工方法和加工方案的选择	24
1.5.2 工艺阶段的划分	27
1.5.3 工序的划分	28
1.5.4 加工顺序的安排	29
1.6 加工余量	30
1.6.1 加工余量的概念	30
1.6.2 确定加工余量的方法	32
1.7 工序尺寸及其公差确定	33
1.7.1 引用法	33
1.7.2 余量法	33

1.7.3 尺寸链法·····	34
第2章 模具零件的加工 ·····	41
2.1 导向零件的加工·····	41
2.1.1 主要加工方法·····	41
2.1.2 导柱的加工·····	48
2.1.3 导套的加工·····	50
2.2 模板类零件的加工·····	52
2.2.1 主要加工方法·····	53
2.2.2 模板的加工·····	57
2.3 其他成形零件的加工·····	59
2.3.1 冲压模具成形零件的加工·····	59
2.3.2 塑料模具成形零件的加工·····	65
2.4 光整加工·····	66
2.4.1 研磨加工·····	67
2.4.2 抛光加工·····	72
2.4.3 其他光整加工方法·····	74
第3章 成形磨削 ·····	76
3.1 成形砂轮磨削法·····	76
3.1.1 砂轮角度的修整·····	76
3.1.2 砂轮圆弧的修整·····	78
3.2 夹具磨削法·····	80
3.2.1 正弦精密平口钳·····	80
3.2.2 正弦磁力夹具·····	81
3.2.3 正弦分中夹具·····	83
3.2.4 万能夹具·····	87
第4章 电火花线切割及电火花加工 ·····	94
4.1 电火花线切割加工·····	94
4.1.1 加工原理及特点·····	94
4.1.2 电火花线切割机床·····	95
4.1.3 线切割的主要工艺指标·····	103
4.1.4 线切割的电参数和非电参数·····	104
4.1.5 数控线切割机床编程基础·····	105
4.1.6 线切割机床的基本操作·····	111

4.2 电火花加工	117
4.2.1 加工原理	117
4.2.2 电极的设计与制作	120
4.2.3 电火花成形加工工艺	127
第5章 模具装配工艺	133
5.1 装配方法及应用范围	133
5.1.1 完全互换法	133
5.1.2 分组装配法	133
5.1.3 调整装配法	134
5.1.4 修配装配法	135
5.2 冲压模的装配	136
5.2.1 冲压模装配的技术要求	136
5.2.2 各类冲压模的装配要点	137
5.3 塑料模具的装配	141
5.3.1 塑料模的装配内容与技术要求	142
5.3.2 塑料模的装配工艺过程与方法	144
5.3.3 各类塑料模具的装配特点	145
5.3.4 试模前的检验与准备	147
5.3.5 注射模的试模过程与注意事项	148
第6章 其他制模加工技术	151
6.1 快速成形技术	151
6.1.1 快速成形方法	151
6.1.2 快速成形制模法	153
6.2 超塑性成形	153
6.2.1 超塑合金 ZnAl22 的性能	154
6.2.2 型腔的超塑性成形工艺	154
6.3 电铸成形	157
6.3.1 电铸成形原理和特点	157
6.3.2 电铸设备	158
6.3.3 电铸成形的加工工艺过程	158
6.3.4 电铸的种类	160
6.3.5 模具型腔电铸实例	162
6.4 熔模铸造	163

6.4.1 熔模的制造	163
6.4.2 制壳	164
6.4.3 铸件的处理	165
6.5 环氧树脂型腔模	165
6.6 陶瓷型铸造成形	166
6.6.1 工艺过程和特点	166
6.6.2 母模的设计	167
6.6.3 造型材料	168
6.6.4 陶瓷型造型工艺	169
6.7 硅橡胶模具	170
6.8 模具高速测量及其逆向工程技术	171
参考文献	173

绪 论

模具,是一种古老的成形工具。利用“型”或“模”的概念制造器件,可以追溯到陶器、铜器时代。“模具”作为工业产品生产的成形工具,是近 100 年~150 年逐步形成的概念。形成模具工业化生产,大致有以下几个阶段。手工制造阶段:主要工具为锯、锉、凿和锤;半机械化、机械化阶段:此时车床、刨床成为模具制造的主要机床,当应用铣床、磨床制造模具时,模具已进入工业化生产的初始阶段;工业化生产阶段:约于 20 世纪 30 年代初,出现了专门为汽车生产制造冲模的模具厂。此后,研发成功了多种模具成形用的材料,如高速工具钢、Cr12、硬质合金等;同时,还研发成功了电火花加工与成形磨削加工配套工艺;制定了模具零部件标准,逐步形成了模具标准件专业化生产体系;从 1975 年开始,由于计算机、现代化机床工业的发展,逐步形成以模具标准化为基础的、模具设计与制造一体化的现代模具生产体制,普及了模具 CAD/CAM/CAE 系统。

模具是利用其特定形状去成形具有一定形状和尺寸的制品的工艺装备。模具以其特有的高附加值和技术密集型属性,被称为“效益放大器”,用模具生产的最终产品的价值,往往是模具自身价值的几十倍、上百倍。在现代机械制造业中,模具工业已成为国民经济中一个非常重要的行业,在汽车、家用电器、机电产品、仪器仪表、航空等领域中,利用模具制造出的零件占 60%~85%。模具加工出来的制件所具有的高精度、高复杂程度、高一致性、高生产率和低消耗,是其他加工制造方法所不可比拟的。许多新产品的开发和生产,在很大程度上依赖于模具制造技术,模具技术又涉及多学科的交叉,所以其技术水平的高低已成为衡量一个国家机械制造业水平的重要标志之一。

目前全世界模具年产值约为 600 亿美元,某些工业发达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。近年来,随着我国经济的高速发展,模具制造业也以每年 15% 左右的增长速度发展,据统计,我国除台湾、香港、澳门地区外,现有模具生产厂点已超过 20000 家,从业人员有 60 多万人,模具年产值在 1 亿元以上的企业已达 10 多家。

随着我国加入 WTO,我国模具工业的发展也面临着新的机遇和挑战,从数量、质量上都对模具提出了迫切的需求,特别需要发展大型、精密、复杂、长寿命的模具,同时要求模具设计、制造和生产周期达到更高的水平。研究和发展模具技术,提高模具技术水平,对促进国民经济的发展有非常重要的意义。

为了发展我国的模具制造工业,需要培养大量不同层次的模具制造专业人才。“模具制造工艺学”就是为培养模具设计与制造专业人才而设置的专业课程之一。

“模具制造工艺学”是一门综合性较强的课程,技术基础课、专业课的内容都将在“模具制造工艺学”课程中得到综合应用。制定模具零件的工艺路线,需要具备较广泛的机械加工方面的专业知识和技术基础知识,因此在学习中要善于综合应用相关课程的知识,对于学好“模具制造工艺学”是十分重要的。

“模具制造工艺学”是一门实践性较强的课程。任何模具零件的工艺路线和所采用的工艺方法都与生产实际密切相关,在学习、掌握工艺技术内容时要注意理论联系实际。对于同一个加工零件,在不同的生产条件下可以采用不同的工艺路线和工艺方法达到工件的技术要求。要注意在实践环节中学习、积累模具生产的有关知识和经验,以便能更好地处理生产中的有关技术问题。

通过本课程教学,使学生了解模具制造方法的基本原理和特点、模具零件加工的工艺知识,初步掌握工艺规程的制定,掌握各种制造方法对模具结构的要求,具有一定的分析模具结构工艺性的能力、分析和解决工艺技术问题的能力,为进一步学习本专业新工艺、新技术打下必要的基础。

第 1 章 机械加工工艺规程的制定

1.1 概 述

1.1.1 工艺过程

1. 生产过程

模具的生产过程,是对用户提供的产品信息和制件的技术信息通过结构、工艺性分析,设计成满足用户需要的模具。它包括对原材料进行加工、装配,并使其转变为成品的全过程。整个生产过程如图 1-1 所示。

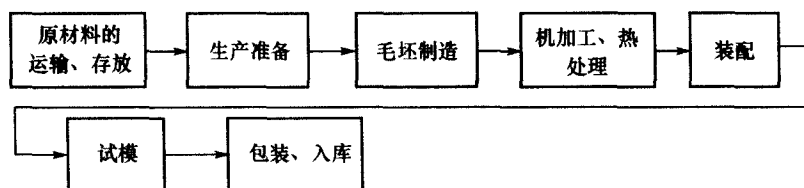


图 1-1 生产过程示意图

模具的生产过程可分为 5 个阶段,即技术准备、备料、零部件加工、装配和试用鉴定。它们的关系和内容如图 1-2 所示。

在生产过程中,生产技术准备阶段是整个生产的基础,对于模具的质量、成本、进度和管理都有很大的影响。生产技术准备阶段的工作包括模具图样的设计、工艺技术文件的编制、材料和加工工时定额的制定、模具成本的估算等。

在模具加工过程中,相关工序和车间之间的转接是生产连续进行所必需的,在转接和加工不均衡中所造成的等待和停歇是模具生产中的突出问题,作为模具生产组织者应该将这部分时间降到最低,同时在确定生产周期上要充分考虑。

2. 模具制造工艺过程

模具制造工艺过程是指直接改变生产对象(即工件)的尺寸、形状、相互位置及性能,将其转变为模具成品或半成品的过程。也就是那些与原材料转变为成品有关的过程。如毛坯的制造、机械加工、热处理和装配等都属于制造工艺过程。

模具制造工艺过程是模具设计过程的延续,是使设计图样转变为具有使用功能和实用价值的模具实体的制造过程。因此,根据设计要求,正确合理地确定其工艺内容、工艺性质和方法,制定成型件型面加工的工艺组合等,对优化模具的制造工艺过程,提高工艺过程的先进性和经济性,高质量、高效率地达到模具设计要求具有非常重要的作用。

模具制造工艺过程主要由模具零件加工和模具装配两部分组成。模具零件基本上都

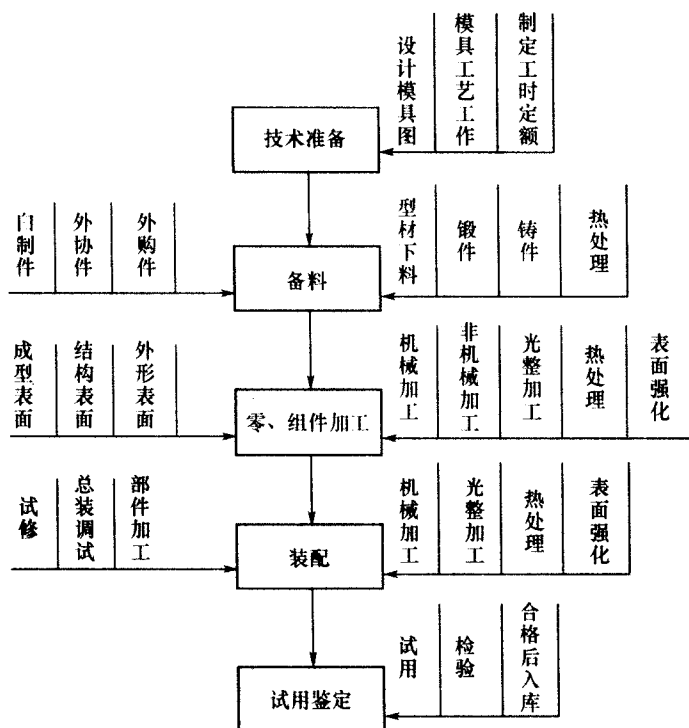


图 1-2 模具生产过程示意图

是金属件,所以模具制造工艺过程遵循一般机械产品工艺过程的原则和方法,也就是机械加工工艺过程。模具成型零件的型面较为复杂,常为二维、三维型面,需采用成形加工工艺。

零件加工工艺过程由一个或若干个工序组成,每个工序又分为安装、工位、工步和走刀等。

一个或一组工人在一个工作地对一个或同时对几个工件所连续完成的那部分工艺过程称为工序。工序是构成工艺过程的基本单位。判断是否属于同一个工序,关键在于加工对象、工作地点是否改变,加工是否连续。

如图1-3所示的阶梯轴,其工艺过程可划分为:车两端面、钻顶尖孔—车外圆、切槽并倒角—铣键槽—去毛刺—磨外圆,共5道工序。

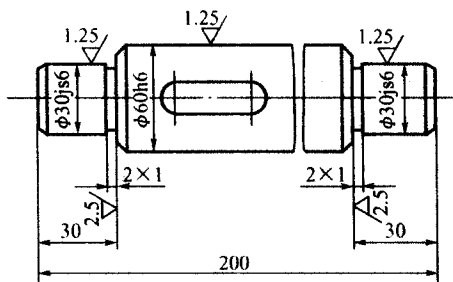


图 1-3 阶梯轴

若车削内容在同一机床上进行,则可划分为:车两端面、钻顶尖孔、车外圆、切槽并倒角—铣键槽—去毛刺—磨外圆,共4道工序。

又如在工效高的加工中心上加工模具零件的复杂型腔时,只要加工对象不改变,则所有加工内容都属于同一工序。

1) 安装

工件加工之前在机床或夹具上占据一个正确的位置,叫做定位。工件要承受切削力,所以要夹紧使其在正确位置上保持不变。定位和夹紧的综合叫装夹。工件经一次装夹后所完成的那一部分工序称为安装。一个工序中可能有一次安装,也可能有多次安装,图1-3所示的阶梯轴,车两端面、钻顶尖孔的车削工序,就需两次安装。同一工序中大部分情况下是一次安装。要尽量减少安装次数,多一次安装就多一次装夹误差,并且还会增加装夹工件的辅助时间。

2) 工位

为了完成一定的工序内容,一次装夹工件后,工件与夹具或设备的可动部分一起,相对于刀具或设备的固定部分所占据的每一个位置称为工位。通常情况下,一次装夹只有一个工位;但有时为了减少装夹次数,提高工效,采用回转工作台、回转夹具或移位夹具,使工件在一次装夹后处于几个不同的工位,完成对不同部位(或零件)的加工。

图1-4所示的回转工作台,工位Ⅰ是装卸工件,工位Ⅱ是钻孔,工位Ⅲ是扩孔,工位Ⅳ是铰孔。

3) 工步

一个工位下,在加工表面、刀具和主要切削参数不变的情况下,所连续完成的那一部分工序称为工步。一个工序可以包含几个工步,也可能只有一个工步。加工表面或刀具只要其中之一变化,就叫做另一工步,如对同一孔进行钻孔、扩孔、铰孔,应视为3个工步。

为了提高工效,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。如图1-5所示,是用复合刀具钻孔、铰锥面的复合工步。

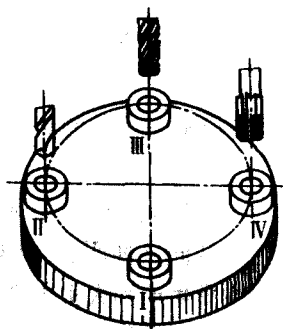


图 1-4 多工位工作台

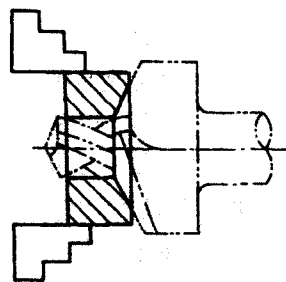


图 1-5 复合工步

4) 走刀

一个工步下,刀具在加工表面上每切去一层材料,称为一次走刀。一个工步可能只有一次走刀,也可能有多次走刀。如图1-6所示,若外圆的余量较多,在粗车中就有多次走刀。

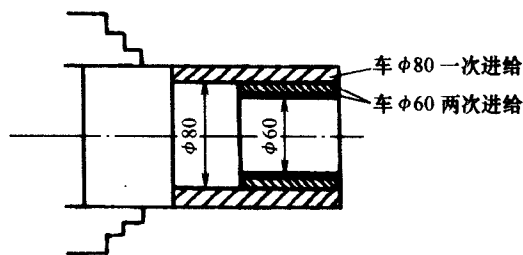


图 1-6 多次走刀

3. 生产纲领和生产类型

不同的机械产品,其结构、技术要求不同,但它们的制造工艺可能有共性。这些共性取决于企业的生产类型,而企业的生产类型又由企业的生产纲领来决定。

1) 生产纲领

生产纲领是指企业在计划期内应生产的产品总量。计划期通常为 1 年。对于零件而言,除了机器制造所需的数量以外,还要包括一定的备品和废品,所以,零件的生产纲领是指包括备品和废品在内的年产量,可按下式计算:

$$N = Qn(1 + a\% + b\%)$$

式中 N ——零件的年产量(件/年);

Q ——产品的年产量(台/年);

n ——每台产品中该零件的数量(件/台);

$a\%$ ——零件的备品率;

$b\%$ ——零件的平均废品率。

2) 生产类型

生产类型是指企业(或分厂、车间等)生产专业化程度的分类。根据生产纲领和产品的大小,生产类型可分为单件生产、大量生产和成批生产 3 大类。

单件生产是指单个生产不同结构和尺寸的产品,很少重复或不重复的生产类型。模具生产就属于单件生产。

大量生产是指产品数量很大,大多数工作地点重复地进行某一零件的某一道工序的加工,例如汽车、轴承等产品的生产。

成批生产是指一年中分批轮流地制造几种不同的产品,工作地点和加工对象周期性地重复,例如机床等设备的生产。成批生产中,每批投入生产的同一种产品(或零件)的数量称为批量。按照批量大小,成批生产又分为小批生产、中批生产和大批生产。小批生产的工艺特点与单件生产相似,大批生产与大量生产相似,常分别合称为单件小批生产或大批大量生产。

随着科学技术的进步和人们对产品性能要求的不断提高,产品更新换代周期越来越短,品种规格不断增多,多品种小批量的生产类型将会越来越多。

不同的生产类型具有不同的工艺特点,在毛坯制造、工艺方案、机床和工艺装备的选用、经济效果等方面均有明显区别。

1.1.2 模具工艺工作

在模具生产过程中,工程技术人员根据模具的结构特点和要求、企业生产条件编制工艺技术文件,用以指导生产,这部分工作就是模具工艺工作。

1. 模具工艺工作的主要内容

1) 编制工艺文件

模具工艺文件主要包括模具零件加工工艺规程、模具装配工艺要点或工艺规程、原材料清单、外购件清单和外协件清单。模具工程技术人员应在充分了解模具结构、工作原理和要求的前提下,结合本企业加工设备、生产和技术状态等条件编制模具零件加工和模具装配等工艺文件。

2) 二类工具的设计和工艺编制

二类工具(二级工具)是指加工模具零件和模具装配中所用的各种专用工具。这些专用的二类工具,一般由模具工程技术人员负责设计和工艺编制(特殊的部分由专门技术人员完成)。二类工具的质量和效率对模具质量和生产进度起着重要的作用。在客观条件允许的情况下可以利用通用工具改制,注意应该将二类工具的数量和成本降低到最小程度。

经常设计的二类工具有:非标准的铰刀和铣刀、各型面检验样板、非标准量规、仿形加工用靠模、电火花成形加工电极、型面检验放大图样等。

3) 解决加工现场技术问题

解决模具零件加工和装配过程中出现的技术、质量和生产管理问题是模具工程技术人员经常性工作之一。如解释工艺文件和进行技术指导、调整加工方案和方法、办理尺寸超差和代料等。在解决加工现场技术问题时,要保证质量和生产进度。

4) 试模和鉴定工作

模具装配之后的试模是模具生产的主要环节,模具设计人员、工艺人员和其他人员通过试模发现问题,提出解决问题的对策,并对模具的最终技术质量状态做出正确的结论。

2. 模具工艺文件的编制

规定产品或零部件制造工艺过程和操作方法的工艺文件称为工艺规程。机械加工工艺规程一般应规定工件加工的工艺路线、工序的加工内容、检验方法、切削用量、时间定额以及所采用的设备和工艺装备等。不同的生产类型对工艺规程的要求也不相同。

编制工艺规程的基本原则是:以尽可能低的成本,高效率、可靠地加工出符合图样要求的零件。一个经济合理的工艺规程对保证产品质量、提高生产率、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。

1) 工艺规程的作用

(1) 指导生产的重要技术文件。合理的工艺规程是保证产品质量、较高的生产率和经济性的前提。一个企业的工艺规程是在长期生产实践基础上归纳和总结出来的,在生产中应严格执行。但是,工艺规程也应不断吸收先进工艺技术,不断改进和完善,使其能更好地指导生产。

(2) 生产组织和生产管理工作的基本依据。在产品投产之前根据工艺规程进行原材料、毛坯的准备和供应;机床设备的准备和调整,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。