

航空职业技术教学规划教材

高职、中专机制专业通用

机械加工工艺学

毛志康 主编

航空工业出版社

航空职业技术教学规划教材

高职、中专机制专业通用

机械加工工艺学

毛志康 主编

航空工业出版社

1999

内 容 提 要

本书是根据航空四校新修订的“机械加工工艺学教学大纲”编写而成的,供高等职业技术教育和中专学校招收初、高中毕业生使用的统编教材。

本书的主要内容包括:机械加工工艺规程的制订、机床工序的设计、各种表面加工方法、机械加工精度、表面质量的理论基础、典型零件的加工工艺分析和计算机辅助制造技术等。

结合多年来中等专业学校《机械加工工艺学》的教学实践,反复精选教材内容,突出课程的基本理论,加强实践性环节,是本书的主要特点。本书内容精炼,力图由浅入深,由表及里,强调科学分析。理论叙述清晰,实例分析简明,适用于高职、中专教学。

本书可作为高等职业技术教学和中等专业学校机械制造专业教材,也可供成人中专学校相近专业使用。

图书在版编目(CIP)数据

机械加工工艺学/毛志康主编. —北京:航空工业出版社,1999.5

ISBN 7-80134-160-0

I.机… II.毛… III.金属加工-工艺-专业学校-教材
IV.TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 09772 号

2p40/20

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里 14 号 100029)

张家界航校印刷厂印刷 全国各地新华书店经售

1999 年 5 月第 1 版

1999 年 5 月第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:20.875 字数:520 千字

印数:1-4000

定价:29.00 元

前 言

《机械加工工艺学》是机械制造专业的主要专业课教材。本书是按照航空工业总公司教材编审室的编写要求，参照中等专业学校四年制机械制造专业适用的《机械加工工艺学教学大纲》编写的。

本书是根据高等职业技术教育、中等专业学校培养生产第一线机制工艺、夹具制造、现场管理和直接运作的实用人才的培养目标，吸取了近年来航空职业技术教学改革成果和经验，与同类教材相比较，本教材对以下几个方面有所注意：

1. 为了适应高职、中专水平，在保证必要的工艺基本理论基础的前提下，删去了过繁的理论引证，强调进行辩证关系的科学分析，并对其概念作简明的定性叙述。

2. 为了有利于掌握本书的基本内容和突出教学中的重点，编写中力求各章、节的篇幅与分配的教学时数相适应。对常用的典型加工方法和典型零件加工工艺等内容作了适当补充和调整。

3. 为了适应科学技术的发展，适当地编入计算机辅助制造的新内容，着重于现场实施的应用。

4. 为了培养学生具有分析和解决问题的能力，在内容叙述上，强调科学分析问题的方法，并在思考题与习题方面适量地编入一些综合性讨论以及实践性较强的题目。

5. 为了提高教学效果，汲取了兄弟学校在本门课程中积累的教学方法和经验。

6. 为了便于使用，书末有附表，以供本课程解题之用。

由于各校教学安排可能不同，在进行本课程教学时，教师可以根据具体情况，适当调整教材的顺序。

参加本书编写的有成都航空工业学校陈玉华（第4、8章）、西安航空技术高等专科学校陈荐纪（第7章）、上海航空工业学校金昭德（第3、6章）、大庸航空工业学校刘让贤（第1章）、大庸航空工业学校毛志康（绪论、第2、5章）。本书由毛志康担任主编。

北京工业大学吕新副教授担任主审，对本书提出了很多宝贵意见，在此谨致以衷心的感谢。

本书虽经编写人员多次讨论和斟酌，但由于编写水平有限，错误和不足之处在所难免，殷切希望广大读者批评指正。

编 者

1999年3月

目 录

绪 论	(1)
第 1 章 机械加工工艺规程的制订	(4)
1. 1 工艺过程概述	(4)
1. 2 零件规定精度的获得方法	(8)
1. 3 制订机械加工工艺规程的基本要求和依据	(11)
1. 4 工艺路线的制订	(18)
1. 5 定位基准的选择	(24)
1. 6 热处理工序和辅助工序的安排	(31)
1. 7 制订工艺路线实例	(35)
思考题与习题	(43)
第 2 章 机床工序的设计	(48)
2. 1 加工余量的确定	(48)
2. 2 工序基准的选择	(52)
2. 3 工序尺寸及公差确定	(56)
2. 4 工艺尺寸的计算	(58)
2. 5 工艺设备和工艺装备的选择	(85)
2. 6 时间定额与切削用量的确定	(87)
2. 7 工艺文件	(88)
思考题与习题	(94)
第 3 章 机械加工精度	(99)
3. 1 加工精度的基本概念	(99)
3. 2 理论误差与工艺系统几何误差	(101)
3. 3 工艺系统受力变形产生的误差	(106)
3. 4 工艺系统受热变形误差	(115)
3. 5 工件内应力引起的变形与测量误差	(121)
3. 6 提高加工精度的途径	(123)
3. 7 加工误差综合分析	(127)
思考题与习题	(135)
第 4 章 机械加工的表面质量	(137)
4. 1 概述	(137)
4. 2 影响机械加工表面质量的因素	(141)
4. 3 机械加工中的振动	(156)
4. 4 零件表面的强化方法	(165)
思考题与习题	(172)

第 5 章 典型表面加工	(173)
5.1 外圆表面加工	(173)
5.2 孔加工	(191)
5.3 平面加工	(209)
5.4 螺纹加工	(212)
思考题与习题	(216)
第 6 章 圆柱齿轮加工	(218)
6.1 概述	(218)
6.2 滚齿	(221)
6.3 插齿	(230)
6.4 剃齿	(232)
6.5 磨齿	(237)
6.6 珩齿	(238)
6.7 齿轮加工工艺分析	(240)
思考题与习题	(245)
第 7 章 典型零件加工工艺	(246)
7.1 作动筒加工	(246)
7.2 马达壳加工	(254)
7.3 齿杆加工	(266)
思考题与习题	(266)
第 8 章 计算机辅助制造技术	(281)
8.1 概述	(282)
8.2 成组技术	(282)
8.3 计算机辅助工艺过程设计	(282)
8.4 计算机辅助制造简介	(301)
8.5 CAD/CAPP/CAM 集成与 CIMS 技术	(310)
思考题与习题	(316)
附录	(323)
主要参考文献	(329)

绪 论

机械制造工业在国民经济中起着特殊重要的作用,它为各个经济部门提供先进的技术装备,为人民生活提供所需的机械商品,为国防事业提供现代化的武器。我国社会主义建设的迅猛发展,在很大程度上决定于机械制造工业的技术水平和能力,它是技术进步最重要的标志。

一 机械制造工业的发展状况

机械制造是从金属制品的手工艺发展而来的。早在二千多年前,我们祖先就把机械作为生产手段,如商代青铜器铸造后的修饰加工、铭文篆刻,汉代青铜印章的篆刻,这就是金属制品早期手工加工工艺的范例。从秦始皇陵兵马俑大量出土文物中的金属制品可见,十分精巧的铜车马和锋利如初的青铜佩剑,其加工技术具有相当高的水平。秦代出现某种磨削加工工艺,还制成木制人力车床。纺织机械和木制齿轮轮系传动的水力机械相继出现,充分说明我们祖先的聪明才智,应该认真继承发扬。由于封建社会制度长期统治,严重阻碍了生产力的发展,因此机械加工工艺只是掌握在能工巧匠手里的技艺和经验,金属制品质量主要是依赖于制造者的经验和手工艺。鸦片战争以后,各帝国主义列强侵略我国,中国沦为半封建半殖民地社会,致使科学技术远远落后于西方资本主义国家。

1770年,西方经历了以瓦特发明蒸汽机为标志的产业革命,相继出现汽缸镗床、车床等工艺设备,才开始真正形成了机械制造工业。特别是第二次世界大战后,新科技革命日益高涨,航天、航空、电子计算机、核能和新兴材料高速发展,给机械加工工艺提出许多高难度的问题。50年代,导弹、人造卫星和宇宙飞船相继诞生。为了适应这新形势的需要,迫使机械加工工艺不断寻求和探索新的工艺方法,更新传统工艺方法。特别是航空和航天工业的高速发展,科学技术的突飞猛进,许多产品要求具备很高的强度重量比和性能价格比,有些产品就需要在高温、高压、高速、重载荷和腐蚀的环境下可靠地进行长期工作,它们使用的材料都要求耐热、耐磨、高硬度和高强度等特殊性能。因此,高温合金、钛合金、耐热不锈钢等难切削材料的加工,给刀具材料提出了很苛刻的要求。同时各种新型结构和复杂形状的精密零件大量涌现,其结构形状愈来愈复杂,材料性能愈来愈强韧,精度要求愈来愈高,表面质量和完整性愈来愈严格,这就是摆在机械加工工艺面前的一个严峻任务。

为了适应新产品、新材料、新技术、新工艺的发展需要,可以预测机械制造工业的发展方向 and 进展主要表现如下几个方面。

1. 发展新的加工方法

从机械加工发展过程来看,新产品的开发与机械加工方法是息息相关的,尤其是在制造产品材料的发展与机械加工方法关系极为密切。20世纪初,高强度材料和高温合金相继出现,传统的切削加工方法有时难以达到精度和经济性的要求。在生产的迫切需要下,就要通过各种渠道,借助于多种能量形式,去探索新的工艺方法,于是各种区别于传统切削加工方法的新

型特种加工方法应运而生。三十多年来,这类新的加工方法相继试验成功。例如,用电火花成型穿孔加工、电火花磨削和电火花线电极加工等电蚀加工。又如电解加工,它是利用金属产生阳极溶解的原理,将工件加工成型的工艺,它已成功地应用到炮管膛线、涡轮叶片、锻模型腔以及齿轮、花键、异形孔等复杂型面、型孔中去。60年代后,高能密度束流加工技术迅速发展,并逐步用于科研和生产实践,它主要包括激光加工、电子束加工和离子束加工等。这些方法不仅可以加工一些特硬、特脆和特殊性能的材料,而且能够加工一些特殊形状的零件,以及极小孔和极薄的零件。随着机械制造和仪器制造中的各种脆性材料和难加工材料的不断出现,超声加工现已得到应用和发展。上述的加工原理完全不同于传统切削加工原理,故将这些新加工方法统称为特种加工,又称为“新工艺”。

近几年来,在精密加工方法上也有较大的发展,例如超精密加工和超精密磨削日益应用。这些方法和传统的切削加工互相配合,从而推动了机械制造业的飞速发展。

2. 提高机械加工过程的自动化水平

随着计算机技术和微电子技术的迅速发展,使机械制造工业发生了极为深刻的变化。为了实现高效率、高柔性、高质量和低成本,相继出现了数控(NC)机床、计算机数字控制(CNC)、微型计算机数字控制(MNC)、自适应控制(AC)等。此后又迅速发展了柔性制造单元(FMC)、柔性制造系统(FMS)及计算机集成制造系统(CIMS),使多品种、中小批量生产实现了加工过程的柔性自动化,从而迅速推动了机械加工自动化的发展。

至今为止,工艺过程的控制由人的手工操作逐渐向加工自动化转化,从而使工艺参数得到有效和最佳的控制。数控机床具有良好的柔性,把机械加工的经济效益提高到新的高度,今后将有更广阔的发展前景。

3. 提高加工精度

机床的加工精度与测量工具的精度是密切相关的,就应该同步提高。加工精度的提高经历了很长的过程。200年前,第一台蒸汽机所用的汽缸镗床,达到的加工精度仅为1mm。随着机械产品性能的提高,19世纪的70年代发明了游标卡尺,金属切削机床的加工精度提高到0.025mm。1900年又出现了外径千分尺和磨床,促使金属切削机床的加工精度提高到0.01mm。30年代制造了千分表,加工精度随之提高到0.0025mm,尤其是40年代出现了光学比较仪,使测试技术水平又有很大的提高,加工精度提高到0.0015mm。第二次世界大战以后,电子比较仪的发明,加工精度提高到0.0002mm。60年代发明了Talyrand圆度仪,使机床加工精度达到0.05 μ m。60年代后,由于生产集成电路的需要,出现了细微加工技术,以及采用激光加工和测试,机床加工精度可达0.01 μ m。

由上述可知,加工精度的提高,必须以测试技术的提高为前提。20世纪有一些科学研究的成果已用于机械加工测试手段上,大大促进了测试方法和测试仪器的发展。现代发展起来的精密测量仪器已能够进行二维、三维形状精度的测定,以及用计算机联机进行加工精度自动控制。目前细微加工已成为一个新兴学科,加工精度要求达到0.001 μ m,即为1nm。因此,要求发展超精微的加工方法,是今后发展的方向,以适应更高精度的需要,这些有待进一步研究和探索。

二 机械加工工艺学的研究对象

任何一台机械产品都是由许多零件所组成的。各种机械零件都是来自不同材料经过热加工制成毛坯,再经过机械加工(冷加工)达到图样所规定的尺寸、形状和位置等要求,然后经过组件、部件和整机装配而满足产品的使用性能要求。尽管各种零件的功用和结构特点差别较大,但它们的加工工艺却有共同之处。从传统的专业来说,机械加工工艺学所研究的对象是机械零件的冷加工工艺中具有共同性的规律。它是一门综合性的应用学科,主要是研究机械加工中的各种工艺过程的规律,以及合理地选择加工过程的参数和控制这些参数的方法和手段。简而言之,它是研究机械加工的本质、相互联系和发展规律。

三 机械加工工艺学研究内容和学习方法

机械加工工艺学是综合多门课程的基础上,组成了全面地分析和应用到机械制造专业的一门主要专业课程。它在培养机械加工第一线工艺技术人员的过程中,将起着极为重要的作用。因此,研究的内容是如何根据产品性能、结构特点、使用材料和规定的技术要求等来制订合理的机械加工工艺规程,应从“优质、高产、低消耗”三个方面的指标去衡量。本课程大致包括五个主要部分:机械零件加工工艺规程制订的原理和方法;从满足产品性能与寿命而提出的零件加工质量(包括机械加工精度和表面质量);加工零件所用的各种典型加工方法的特点及其运用;典型航空零件的机械加工工艺实例分析;提高机械加工过程的自动化水平所提出的计算机辅助制造技术。

综上所述,本课程是机械制造专业的一门重要专业课程。因此,在内容中应反映理论知识与生产实际密切相结合,采用分析重于计算的方法,强调质量、生产率和经济性的辩证关系,使学生学会分析机械加工过程中误差的产生原因,对具体的工艺问题进行由浅入深,由表及里的科学分析,并提出保证质量、提高生产率、降低制造成本的途径。

在学习本课程时,应通过生产实习、课程设计、实验和现场教学等实践性环节的配合,使学生熟悉制订机械加工工艺规程的原理和方法,具有制订零件加工工艺规程的能力和分析、解决生产实际中工艺问题的能力。同时要了解计算机辅助制造在生产中的应用。要学会善于发现问题、分析问题,提出工艺关键技术所在,并探索和寻求行之有效的工艺措施。

第 1 章 机械加工工艺规程的制订

在机械制造企业中,常采用各种机械加工方法将毛坯加工成零件,然后将零件装配成机械。为了使零件的机械加工过程满足“优质、高效、低消耗”的要求,首先要制订合理的零件机械加工工艺规程,然后按照这一工艺规程对零件进行加工。本章即讨论制订机械加工工艺规程的基本原理和方法。

1.1 工艺过程概述

一 生产过程与工艺过程

生产过程是指将原材料转变为成品的全过程。它包括:原材料、半成品、成品的运输和保管;生产和技术准备工作;毛坯制造;零件的机械加工、热处理、表面处理;产品的装配、调试以及油漆、包装等。

工艺过程是改变生产对象的形状、尺寸、相对位置和性质等,使其成为成品或半成品的过程。例如:铸造、锻造、机械加工、冲压、焊接、热处理、表面处理、装配、试验等。工艺过程在工厂的生产过程中占重要地位。

机械加工工艺过程是指用机械加工的方法,改变毛坯的形状、尺寸和表面质量等,使其成为零件的过程。

机械加工工艺过程在机械制造的整个工艺过程中占重要地位。它包括同时进行的和相互联系各个过程,这些过程有在机械加工时金属的切削过程,工人的劳动过程,被加工零件尺寸、形状和性质的改变过程,机床设备的工作过程和工艺装备的工作过程等。其中最主要是零件在加工时,形状、尺寸和性质的改变过程。因此,零件是研究工艺过程的主要对象。

规定零件制造工艺过程和操作方法的工艺文件称为机械加工工艺规程。它是在具体生产条件下,将合理的工艺过程和方法按规定的形式书写成工艺文件,经审批后用于指导生产。

按工艺规程组织生产,对保证产品质量,提高生产率以及降低成本有着重要意义。生产中的各种准备工作和生产辅助工作,也都以工艺规程为依据。因此,正确地制订合理的工艺规程是一项十分重要的工作。

二 工艺过程的组成

机械加工工艺过程是由一个或若干顺序排列的工序组成的,毛坯依次通过这些工序转变为成品。为了便于分析机械加工的情况和制订工艺过程,工艺过程有必要细分为如下的组成部分:

1. 工序

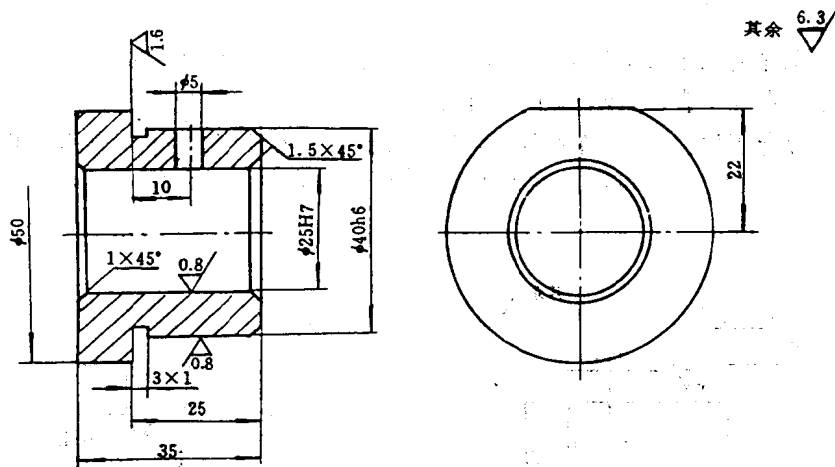


图 1-1 轴套零件图

一个或一组工人,在一个工作地对同一个或同时对几个工件所连续完成的那一部分工艺过程,称为工序。划分工序的主要依据是工作地是否变动和工作是否连续。例如,图 1-1 所示轴套零件,当加工数量较少时,工序划分如表 1-1 所示;当加工数量较大时,其工序划分如表 1-2 所示。

表 1-1 轴套工艺过程(生产量较少时)

工 序 号	工 序 内 容	设 备
5	车	车床
10	钻	钻床
15	铣	铣床
20	磨	磨床

表 1-2 轴套工艺过程(生产量较大时)

工 序 号	工 序 内 容	设 备
5	车右端、外圆、钻孔	车床
10	车左端、车孔	车床
15	钻小孔	钻床
20	铣平面	铣床
25	磨孔	磨床
30	磨外圆	磨床

在表 1-1 的工序 5 中,先车小端及孔,再调头装夹车大端,这是一道工序。如果一批工件,先车好小端及孔,然后再车这批工件的大端。这时对每个工件来说,小端与大端的加工是不连续的。因此,应该是两道工序。

工序是工艺过程的基本组成部分,也是生产计划的基本单元。

通常把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,称为工艺路线。

2. 工步

当某一工序的加工表面较多时,可将该工序划分为若干不同工步。

工步是指在加工表面(或装配时的连接表面)和加工(或装配)工具不变的情况下,所连续完成的那一部分工序。例如,车削图 1-2 所示支承轴零件,包括下列九个工步:①车端面 A,②车 $\phi 30$ 外圆,③车 $\phi 14$ 外圆,④车端面 B,⑤车槽 $\phi 30 \times 1$,⑥倒角 $1 \times 45^\circ$,⑦切断,⑧车端面 C,⑨倒角 $1.5 \times 45^\circ$ 。

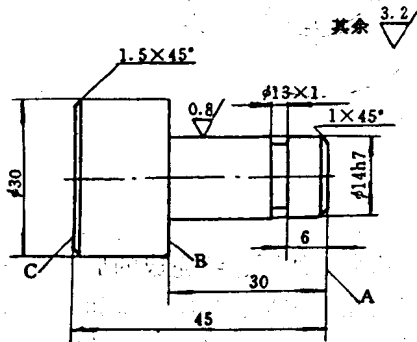


图 1-2 支承轴零件图

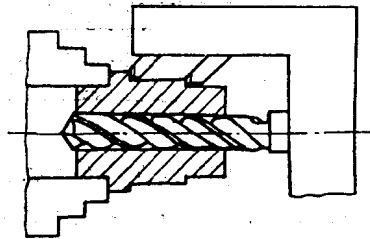


图 1-3 复合工步

有时,为了提高生产率,常用几把刀具(或复合刀具)同时加工几个表面,这种工步称为复合工步。复合工步在工艺规程中可写为一个工步。图 1-3 为两把车刀,一把钻头同时加工的情况。在转塔车床、专用机床上的加工通常采用复合工步,其生产率大为提高。

构成工步的任一要素(加工表面或装配时的连接表面,加工或装配工具)改变后,一般即成为另一个新的工步。但是,对于那些连续进行的若干个相同的工步,为了简化工艺,通常看作一个工步。如图 1-4 所示,在同一工序中连续钻六个 $\phi 15\text{mm}$ 的孔,就可以看作一个工步,即在工艺规程上写成“钻 6- $\phi 15$ 孔”。

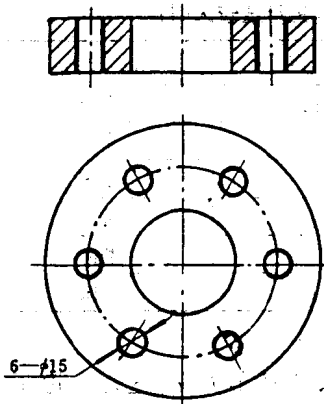


图 1-4 包含六个加工表面的工步

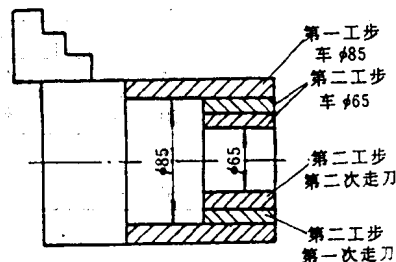


图 1-5 工步与走刀

3. 走刀

在一个工步中,若被加工表面需切去的金属层不能一次切削掉,每一次刀具相对于工件移动,并切去一层金属所完成的工作称为一次走刀。如图 1-5 所示,在车 $\phi 65$ 外圆的工步中,包

含两次走刀。

4. 安装

工件在加工前,先要把工件放准。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。工件定位后将其固定,使其在加工过程中保持定位位置不变的操作称为夹紧。将工件在机床上或夹具中定位、夹紧的过程称为装夹。

工件(或装配单元)经一次装夹后所完成的那一部分工序称为安装。在一道工序中,可能有一次或几次装夹。如表 1-1 所示工序 5,要进行两次装夹,先装夹工件的大端,车小端面、小端外圆、钻孔,称为安装 1,再调头装夹,车大端面、大外圆、孔,称为安装 2。

在同一道工序中,工件的几次装夹,一般会增加装夹的辅助时间,还会降低加工精度。因此,在同一工序中应尽可能减少装夹次数。如图 1-6(a)所示零件,若不采用分度夹具铣四方,采用一把铣刀加工,要装夹四次,采用组合铣刀加工,要装夹两次,若采用分度夹具,只需装夹一次,如图 1-6(b)、(c)所示。

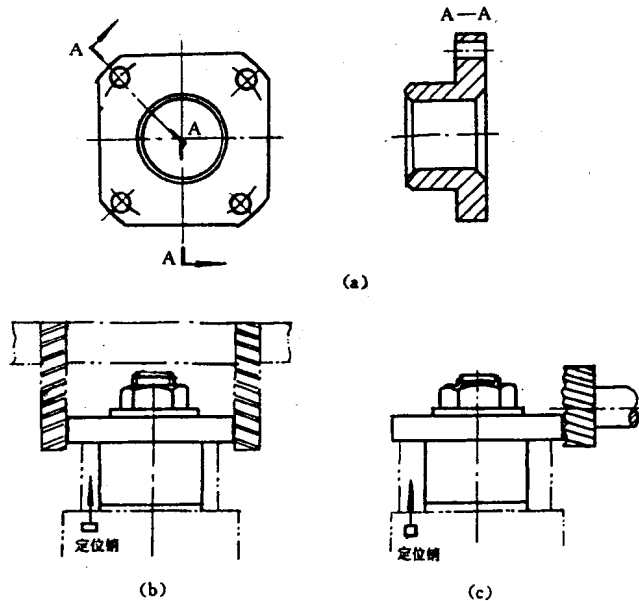


图 1-6 装夹与工位

5. 工位

为了减少工件的装夹次数,常采用各种回转工作台、回转夹具,使工件在一次装夹中,先后处于几个不同位置进行加工。

为了完成一定的工序部分,一次装夹工件后,工件(或装配单元)与夹具或设备的可动部分一起相对于刀具或设备的固定部分所占据的每一个位置,称为工位。如图 1-6(b)所示为在分度夹具上采用组合铣刀加工,工件的某两相对面加工好后,不必卸下工件重新装夹,只需拔出定位销,使夹具分度盘带动工件一起旋转 180° ,再插入定位销,锁紧分度盘,使工件由第 I 工位转到第 II 工位。若采用一把铣刀加工,则有四个工位,如图 1-6(c)所示。

三 工艺过程应用举例

为了进一步加深理解上述几个术语的含义,现以图 1-7 所示销的机械加工工艺流程为例

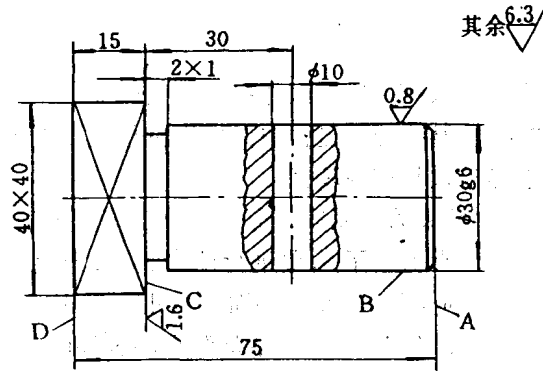


图 1-7 销零件图

说明,其工艺过程见表 1-3。

表 1-3 销机械加工工艺过程

工序	装夹	工步	工位	走刀
5 车	1(三爪自动定心卡盘)	(1) 车端面 A (2) 钻中心孔 (3) 车外圆 B (4) 车端面 C 及槽 2×1	1	1 1 3 1
10 车	1(三爪自动定心卡盘)	(1) 车端面 D (2) 钻中心孔	1	1 1
15 钻	1	(1) 钻 $\phi 10$ 孔	1	1
20 铣	1	(1) 铣四方(复合工步)	2	2
20 磨	1(顶尖)	(1) 磨外圆 B (2) 磨端面 C	1	2 1

1.2 零件规定精度的获得方法

一 获得尺寸精度的方法

零件在加工时,获得规定的尺寸精度的方法有如下几种。

1. 试切法

通过试切—测量—调整—再试切,反复进行到被加工尺寸达到要求为止的加工方法称为试切法。如图 1-8(a)所示为在卧式车床上采用试切法加工外圆的情况。

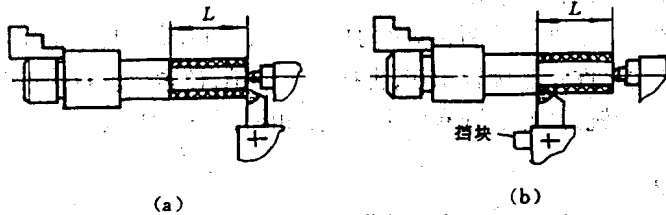


图 1-8 获得尺寸精度的方法

试切法的生产率较低,但不需要复杂的装置,加工精度取决于工人的技术水平。当精度要求较高时,加工每一个工件都要进行极费时间的试切对刀,不能保证生产的经济性和质量的稳定性。故试切法只适用于单件小批生产。

2. 调整法

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称为调整法。调整法一般采用行程挡块、凸轮或者对刀装置确定刀具相对于工件的位置。这种方法广泛应用于多刀、转塔车床及专用机床上。某些通用机床也可用调整法加工,图 1-8(b)为在卧式车床上采用调整法加工的情况。

影响调整法加工精度的因素有测量精度、调整精度、重复定位精度等。调整法的生产率较高,对调整工人的技术水平要求较高,对机床操作工人的技术水平要求不高,常用于成批生产和大量生产。

必须指出,在机床上按照刻度盘进行切削,也是调整法的一种。这种方法先按照试刀法确定刻度盘上的刻度,然后按照这一刻度对一批工件进行加工。

3. 定尺寸刀具法

用刀具的相应尺寸来保证工件被加工部位尺寸的方法称为定尺寸刀具法。影响尺寸精度的因素有刀具的尺寸精度、刀具与工件的位置精度等。当尺寸精度要求较高时,为了消除刀具与工件之间的位置误差对尺寸精度的影响,常用浮动刀具(如浮动铰刀)进行加工。钻孔、扩孔、铰孔、拉孔、攻和套螺纹等均属定尺寸刀具法。

定尺寸刀具法操作方便,生产率高,加工质量较稳定。

4. 主动测量法

在加工过程中,边加工边测量加工尺寸,并将所测结果与设计尺寸进行比较后,或使机床继续工作,或使机床停止工作,这就称为主动测量法。目前,主动测量法已采用在线检测及数字显示技术,从而能实现适时控制,故具有加工精度高、废品率低、质量稳定和生产率高等优点。

5. 自动控制法

这种方法是把测量、进给装置和控制系统组成一个自动加工系统,加工过程依靠系统自动完成。目前采用的数控加工即属于自动控制法。数控加工是根据加工零件图样和工艺要求,编制成以数码表示的程序输入到机床的数控装置或控制计算机中,以控制工件和刀具的相对运动,使之加工出合格零件的方法。自动控制法加工的质量稳定、生产率高、加工柔性好,能适应多品种生产,并且工人的劳动强度低,是机械制造的发展方向以及加工自动化的基础。

除试切法外,其余四种方法均是成批生产和大量生产中采用的方法。因此,有关定位基准的选择、尺寸链的换算、加工精度的分析等,均是以这四种方法作为前提条件的。

二 获得形状精度的方法

在加工零件时,获得几何形状精度的方法有如下几种。

1. 轨迹法

依靠刀尖的运动轨迹获得形状精度的方法称为轨迹法。刀尖的运动轨迹取决于刀具和工件的相对运动,因而所获得的形状精度主要取决于成形运动精度。如图 1-9 所示是用工件的旋转和刀具沿 x 、 y 两方向的直线运动来车削成形表面的。

2. 成形法

利用成形刀具对工件进行加工的方法称为成形法。成形刀具代替一个成形运动。成形法获得的形状精度取决于成形刀具的形状精度、成形刀具的装夹以及其它成形运动精度。成形车刀的车削、成形刨刀的刨削、成形铣刀的铣削、成形拉刀的拉削、成形砂轮的磨削等均属于成形法。

3. 仿形法

刀具按照仿形装置进给对工件进行加工的方法称为仿形法。仿形法所得的形状精度取决于仿形装置的精度和其它成形运动精度。如图 1-10 所示为仿形车削立体型面的情况。仿形铣削、仿形刨削、仿形车削等均属于仿形法加工。仿形法的生产率高,适合于成批和大量生产。

4. 展成法

利用工件和刀具作展成切削运动进行加工的方法称为展成法。展成法所得加工表面是刀刃和工件作展成运动过程中所形成的包络面,刀刃形状必须是被加工表面的共轭曲线。它所获得的形状精度取决于刀刃的形状和展成运动精度等。如滚齿、插齿、滚花键等均属于展成法。

三 获得位置精度的方法

工件在加工时,加工表面与定位表面的位置精度主要取决于工件的装夹方式。随着生产批量的不同,加工精度要求的不同、工件形状和大小的不同,工件在机床上的装夹方式也不同。目前,生产中获得位置精度的方法(即工件的装夹方式)有以下几种。

1. 直接找正装夹

对于形状简单的工件,可以利用百分表、划针等工具直接在机床上找正某些表面,以保证被加工表面与找正面之间的位置精度。如图 1-11 为用百分表找正套筒零件的外圆,以保证被加工孔与外圆的同轴度。

直接找正的定位精度为:找针找正的定位精度为 $0.25 \sim 0.5\text{mm}$;百分表找正的定位精度可达 0.02mm 左右;用精密量具(如千分表等)找正的定位精度为 $0.01 \sim 0.005\text{mm}$ 。因此,当工件的定位精度要求特别高时,只能用精密量具直接找正装夹。这种方法的生产率较低,一般只适用于单件小批生产。

2. 按划线找正装夹

对于形状复杂的零件(如发动机机匣类零件),先按照零件图样在毛坯上划出对称线、中心线和待加工表面的加工线,并检查它们与不加工表面的位置,然后在机床上装夹工件。装夹工件时,按照划好的线用划针找正后再夹紧。如图 1-12 所示的车床床身毛坯,为保证床身各加

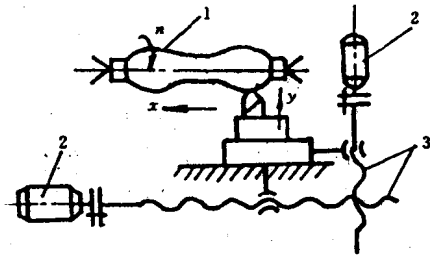


图 1-9 用轨迹法获得工件形状

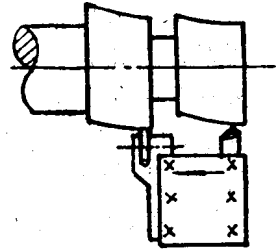


图 1-10 仿形车削立体型面

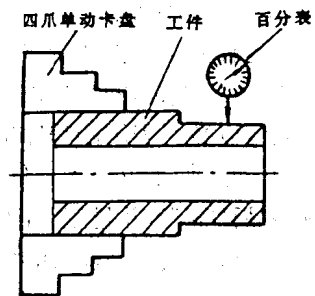


图 1-11 直接找正装夹

工面和不加工面的位置精度以及各加工表面的余量,可先在钳台上划好线,然后在龙门刨床上用千斤顶支承,用划针找正并夹紧,再对床身底面进行粗刨。

划线找正的定位精度低(一般为 $0.25 \sim 0.5\text{mm}$),划线费时,又需要技术水平高的划线工。所以划线找正装夹只适用于:

- (1) 批量不大,形状复杂的铸件;
- (2) 尺寸和重量都很大的铸件和锻件;
- (3) 毛坯的尺寸精度很低,表面很粗糙,一般无法直接找正或使用夹具定位时。

3. 用夹具装夹

夹具是用以装夹工件(和引导刀具)的装置。目前,对于中小尺寸的工件,在批量较大时,都采用夹具装夹。只要使工件的定位面与夹具的限位面直接接触,就能使工件获得所要求的位置。

用夹具装夹的定位精度可达 0.01mm ,而且工件装卸方便,可节省大量的辅助时间,生产率较高。但是由于制造专用夹具的费用高,周期长,因此在单件小批生产时,很少采用专用夹具,当加工位置精度要求高的工件时,可以采用组合夹具。

应当指出,对于精度要求特别高的零件,采用精密量具直接找正的生产率低,采用夹具定位时,对夹具定位元件的制造精度要求就更高,并且有时也达不到加工要求。此时,可以先采用夹具初次定位,然后使用精密量具直接找正工件,这样既可以缩短找正时间,又可以保证高的位置精度。采用这种方式装夹,在航空零件加工中应用较为广泛。

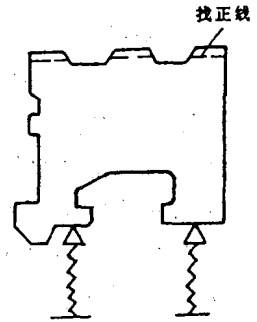


图 1-12 划线找正装夹

1.3 制订机械加工工艺规程的基本要求和依据

一 机械加工工艺规程的作用

1. 工艺规程是组织生产的主要技术文件。生产的计划和调度、工人的操作和质量检验等都是以工艺规程为依据的。经批准的工艺规程是加工零件的根本依据,任何人都不得随意违反。

2. 工艺规程是生产准备工作的依据。在产品投产之前,需要做大量的技术准备与生产准备工作。例如,刀具、夹具、量具的设计与制造或采购,原材料、半成品、外购件的供应,毛坯制造等,所有这些工作都是依据工艺规程来安排和组织的。

3. 工艺规程是新建和扩建厂房的主要技术依据。根据零件的工艺规程,可以确定生产所需的机床种类和数量,进一步计算厂房的面积,生产工人的工种、等级和数量以及投资额等。各辅助部门的工作安排也是以工艺规程为依据的。

现代化工厂,都要严格地执行工艺规范(即对工艺过程中有关技术要求所做的一系列统一规定),任何未经规定手续批准的,在技术上未经研究和工艺试验证明为正确的改变,都会造成生产上的混乱和经济上的损失。但并不等于说,工艺规程是一成不变的,它随着生产技术的发展而不断改进和完善,使生产水平和工艺水平不断提高。