

高等工科院校工程材料及机械制造基础系列教材

JIXIE ZHIZAO

机械制造技术基础

JISHU JICHU
JIXIE ZHIZAO

东南大学出版社

主 编: 袁国定 朱洪海
副主编: 洪荣晶

高等工科院校
工程材料及机械制造基础系列教材

机械制造技术基础

主 编	袁国定	朱洪海
副主编	洪荣晶	
主 审	金瑞琪	

东南大学出版社

内 容 提 要

本书以机械制造工艺学为主线,内容覆盖了金属切削原理、刀具、夹具及机床概论等。全书共分6章,分别为机械制造系统和制造技术简介、机械加工工艺系统、切削过程与控制、机械加工质量、工艺过程设计和现代制造技术等内容。在编写中注重精炼,既对以往的教材有一定的继承性,又体现了先进制造技术的发展和专业培养的要求。

本书可作为高等工科院校机械设计制造及自动化、过程装备与控制专业的教材,也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术基础/袁国定,朱洪海主编.—南京:
东南大学出版社,2000.2

高等工科院校工程材料及机械制造基础系列教材

ISBN 7-81050-205-0

I.机… II.①袁…②朱… III.机械制造-高等
学校-教材 IV.TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 12890 号

东南大学出版社出版发行
(南京四牌楼 2 号 邮编 210096)

出版人:宋增民

江苏省新华书店经销 江苏省地质测绘院印刷厂印刷
开本:787mm×1092mm 1/16 印张:14.5 字数:353 千字
2000 年 2 月第 1 版 2000 年 2 月第 1 次印刷
印数:1-5000 定价:18.00 元

工程材料及机械制造基础系列教材

编 委 名 单

主任委员:邱坤荣

副主任委员:王晓天 骆志斌 张恩生 卫家楣

委 员:黄英萍 赵小东 贺锡生 夏德荣
戈晓岚 王特典 袁国定 朱洪海
张启芳 王辰宝 陆文周 程伟炯
李玉琴 吴 绯

前 言

本书是根据全国高等工科院校教学指导委员会第二届会议和《机械设计制造及其自动化》专业教学指导委员会第四次年会暨“工科机械类专业和课程改革研讨会”的精神及教学改革的要求,按照机械设计制造及自动化专业学生的培养目标和要求而编写的,可作为高等工科院校机械设计制造及自动化专业四年制本科的教材。

本书内容以机械制造工艺学为主线,覆盖金属切削原理、刀具、夹具及机床概论等内容,是机械设计制造及自动化专业的主干基础课。教材编写过程中,注重精炼、概括原设置过窄的专业课,将原来数门课程教材的主要内容与基本概念、基本理论和基本方法重新组编,既对以往的教材有一定的继承性,又体现先进制造技术的发展和专业培养的要求。

本课程讲授前,学生已经过金工实习的教学环节。本书对相关内容进行了必要的整合和梳理,尽量避免讲授内容的重复。考虑到学生后续选学模块不同,对涉及专业模块的基本知识,适当给予简单的介绍。

本书由江苏理工大学袁国定、盐城工学院朱洪海任主编,南京化工大学洪荣晶任副主编。参加编写的人员还有任乃飞、华希俊、张振军等。全书由金瑞琪教授主审。

在本书编写大纲的拟订过程中,得到了卢秉衡教授的指导。在编写过程中,陈嘉真教授、王特典教授、卫家楣教授、王贵成教授等对编写内容提出了许多宝贵意见,在此谨致衷心谢意。

由于编者水平有限,经验不足,对教材内容的取舍把握可能不够准确,书中缺点和错误在所难免,恳请师生、读者批评指正,以求改进。

编 者

1999.11

目 录

绪论	1
1 机械制造系统和制造技术简介	4
1.1 机械制造系统和制造过程	4
1.1.1 机械制造系统	4
1.1.2 制造过程和机械加工工艺过程	4
1.1.3 生产类型和组织	6
1.2 机械制造技术简介	7
1.2.1 材料成型法(质量不变工艺)	7
1.2.2 材料去除法(质量减少工艺)	8
1.2.3 材料累加法(质量增加工艺)	15
2 机械加工工艺系统	17
2.1 工件表面的形成方法	17
2.1.1 工件表面的形成原理	17
2.1.2 发生线的形成方法	18
2.1.3 工件表面的成形运动	19
2.2 金属切削机床基本知识	20
2.2.1 机床的型号	20
2.2.2 机床的组成	23
2.2.3 机床上的运动	23
2.3 数控机床	24
2.3.1 数控机床的分类	24
2.3.2 数控插补原理	24
2.3.3 机床数控的工作原理	25
2.3.4 数控机床的典型机械结构	27
2.4 机床的选用	30
2.4.1 普通机床的适用范围和工艺特点	30
2.4.2 根据典型表面的加工方案选择机床类别	33
2.4.3 根据工件的形位公差要求选用机床	35
2.4.4 机床选用的环保意识	36
2.5 金属切削刀具	36
2.5.1 刀具的种类和用途	36
2.5.2 刀具材料	38

2.5.3 刀具切削部分的结构要素	40
2.5.4 刀具角度	40
2.5.5 刀具的合理几何参数	44
2.5.6 磨料与磨具	46
2.5.7 自动化加工用刀具的特点	49
2.6 机床夹具	50
2.6.1 机床夹具概述	50
2.6.2 工件在夹具中的定位	51
2.6.3 工件在夹具中的夹紧	57
复习思考题	63
3 切削过程及控制	64
3.1 金属切削过程	64
3.1.1 切削过程	64
3.1.2 切削力	66
3.1.3 切削热与切削温度	70
3.1.4 磨削机理	72
3.2 切削过程优化与控制	75
3.2.1 刀具磨损	75
3.2.2 刀具破损	78
3.2.3 刀具寿命	79
3.2.4 切削用量优化	83
3.2.5 刀具状态监控	85
3.2.6 刀具管理	87
复习思考题	90
4 机械加工质量	92
4.1 加工质量	92
4.1.1 加工精度	92
4.1.2 表面质量	95
4.2 工艺系统静态误差对加工精度的影响	102
4.2.1 机床误差的影响	102
4.2.2 刀具误差的影响	107
4.2.3 原理误差的影响	107
4.2.4 调整误差的影响	108
4.2.5 夹具误差的影响	109
4.3 工艺系统动态误差对加工精度的影响	113

4.3.1 工艺系统受力变形的影响	113	6.1.1 现代制造技术的特点	198
4.3.2 工艺系统热变形的影响	117	6.1.2 现代制造技术的内容和发展方向	198
4.3.3 工艺系统内应力的影响	122	6.1.3 未来制造系统的特征	200
4.3.4 工艺系统的振动	123	6.2 柔性制造系统 FMS	200
4.4 加工精度统计分析	126	6.2.1 FMS 的产生	200
4.4.1 加工误差的分类	126	6.2.2 FMS 的一般组成	201
4.4.2 分布图分析法	126	6.2.3 FMS 的主要特点	203
4.4.3 点图分析法	131	6.2.4 FMS 的分类	203
4.5 提高加工质量的途径	134	6.2.5 FMS 的相关技术	204
4.5.1 提高加工精度的途径	134	6.3 计算机集成制造系统 CIMS	205
4.5.2 控制加工表面质量的途径	136	6.3.1 CIM 与 CIMS 的概念	205
复习思考题	142	6.3.2 CIMS 的集成	205
5 工艺过程设计	145	6.3.3 CIMS 的构成	206
5.1 工艺规程概述	145	6.3.4 CIMS 发展的 3 个阶段	207
5.1.1 工艺规程的作用与格式	145	6.4 虚拟制造系统(VMS)	208
5.1.2 工艺规程设计的内容与步骤	147	6.4.1 虚拟制造概念	208
5.2 加工工艺规程设计	147	6.4.2 虚拟制造的功能要求	209
5.2.1 定位基准的选择	147	6.4.3 虚拟制造关键技术的研究	209
5.2.2 工艺路线的拟定	149	6.5 敏捷制造系统(AMS)	210
5.2.3 工序尺寸的确定	152	6.5.1 敏捷制造概念	210
5.2.4 机械加工工序设计	162	6.5.2 敏捷企业组织模型	211
5.3 成组技术与计算机辅助工艺过程设计	165	6.5.3 企业资源计划(ERP)	212
5.3.1 成组技术	165	6.5.4 ERP 和敏捷制造	212
5.3.2 计算机辅助工艺过程设计	169	6.5.5 敏捷制造系统(AMS)	213
5.4 装配工艺规程设计	172	6.6 智能制造系统(IMS)	214
5.4.1 装配精度	173	6.6.1 智能制造概念	214
5.4.2 装配尺寸链	174	6.6.2 智能制造技术内容	215
5.4.3 保证装配精度的方法	175	6.6.3 智能制造形式	215
5.4.4 装配工艺规程制定	181	6.6.4 智能制造技术研究	216
5.4.5 自动化装配简介	185	6.7 并行工程(CE)	216
5.5 工艺过程的技术经济分析	188	6.7.1 并行工程概念	216
5.5.1 零件结构工艺性	188	6.7.2 并行工程的体系结构	217
5.5.2 工艺方案的技术经济分析	192	6.7.3 并行工程装配过程设计与加工过程设计	219
复习思考题	195	6.7.4 并行工程的特点	220
6 现代制造技术	198	6.7.5 并行工程的应用	221
6.1 概述	198	主要参考文献	222

绪论

1. 制造、制造业和制造技术

制造是人类借助于手工或工具,运用主观掌握的知识和技能,采用有效的方法,按所需目的将制造资源(物料、能源、设备工具、资金、技术、信息和人力等),转化为可供人们使用或利用的工业品或生活消费品,并投放市场的全过程。制造活动往往形成一个系统,除加工过程外,同时还包括市场调研和预测、产品设计、选材和工艺设计、生产加工、质量保证、生产过程管理、营销、售后服务等产品寿命周期内一系列相互联系的活动。

制造业是所有与制造有关的企业机构的总体。它涉及到国民经济的大量部门,是国民经济和综合国力的支柱产业。它一方面创造价值、生产物质财富和新的知识,另一方面为国民经济各个部门和科学技术的进步与发展提供先进的手段和装备。

制造技术是完成制造活动所需的一切手段的总和,是制造业的技术支柱。高质量的制造业必然有先进的制造技术作为后盾。制造技术的一个基本出发点就是:在充分利用现有的科学技术最新成果的基础上,优质、高效、低消耗地生产出所需要的产品来。制造技术的发展是一个国家经济持续增长的根本动力,是生产、国际经济竞争、产品革新的一种重要手段,是现代国家经济上获得成功的关键因素。为了在激烈的市场竞争中取得主动权,在世界经济中占一席之地,就必须对制造技术进行研究,不断用新技术充实并改造制造业。

2. 机械制造业在国民经济中的地位

机械制造业是为国民经济提供技术装备的工业部门。机械工业发展的规划和规模、向各部门提供的技术装备的品种、数量、质量、水平等方面是否适应需求,对整个国民经济的发展影响极大。因此,没有机械制造业的发展和振兴,就没有整个国民经济的发展和振兴。没有机械制造业提供质量优良、技术先进的技术装备,其他如新材料技术、信息技术、生物工程技术等各项新技术的发展就会受到制约。强大的机械制造业的生产力,是整个社会生产力蓬勃发展的基础。国民经济的发展速度,在很大程度上取决于机械制造业技术水平的高低和发展速度。

机械制造业是重要的基础工业。根据对各工业国家统计,制造业产值占其国民经济总收入相当大的比重,美国 68% 的财富来源于制造业;在日本,国民经济总产值的 49% 是由制造业提供的;在我国,制造业在工业总产值中所占的比重约为 40%。

机械制造业历来是应用科学技术的主要领域,是应用最新科技推动社会、经济发展的主导产业。现代化的工业、农业、国防和科学技术,都以相应的机械装备为物质基础。先进的技术装备集中了有关的先进科技成果。国民经济各部门的生产技术水平和经济效益,在很大程度上取决于机械工业所能提供装备的技术性能、质量和可靠性。因此,机械工业的技术水平和规模是衡量一个国家科技水平和经济实力的重要标志,反映了人民的生活质量及国防能力。

3. 机械制造业的发展状况及国内外水平

机械制造业的发展过程,是一个不断提高机械制造产品的加工精度和表面质量、不断提高和完善制造过程的自动化水平、不断降低制造成本的过程。人类文明的发展和制造业的进步密切相关。

早在公元前几个世纪,制造业的萌芽就已经出现。自 1770 年第一台蒸汽机诞生后,引发了第一次工业革命至今,机械制造业的发展,按其生产方式的变化,大致经历了劳动密集型生产方式、设备密集型生产方式、信息密集型生产方式、知识密集型生产方式、智能密集型生产方式这样几个阶段。

随着现代科学技术的发展,特别是微电子技术、计算机技术的飞速发展,机械制造工业已发生并继续发生着极为深刻和广泛的变化,机械制造工艺方法将进一步完善与开拓,机械制造与数学、物理、化学、电子技术、计算机技术、系统论、信息论、控制论等各门学科紧密结合,逐步由一门技艺成长为一门工程科学。加工技术将不断向高精度、高度自动化发展,学科间的交叉、综合、渗透将进一步得到加强,机械制造业将不断向自动化、最优化、柔性化、集成化、智能化和精密化的目标前进。

我国是世界文明古国,是世界上使用与发展机械最早的国家之一,机械制造具有悠久的历史,如在古代机械中,就比较早地发明并使用了齿轮。解放以来,我国机械工业有了很大发展,已经成为工业产业中产品门类比较齐全、具有相当规模和一定技术基础的部门之一,为其他产业部门的发展作出了重要贡献。改革开放以来,机械工业充分利用国内外的技术资源,有计划地进行企业的技术改造,依靠科技进步,已经取得了长足的发展,有不少产品成功地打入国际市场。

但与世界先进水平相比,我国的机械制造业的产品在功能、质量等各方面还有较大的差距,产品构成落后,有些产品质量不稳定、不可靠,大部分高精度机床的性能不能满足要求,精度保持性差,科研开发能力较薄弱,人员技术素质也还跟不上现代机械制造业飞速发展的需要。因此,我国机械制造工业面临着艰巨的任务,必须不断增强技术力量,培养高水平的人才和提高现有人员的素质,学习和引进国外先进科学技术,使我国的机械制造工业早日赶上世界先进水平。

4. 本课程的性质及主要研究内容

无论是传统的机械加工,还是先进的机械制造系统,基本组成部分都是机床和刀具,并由作为加工、装配过程信息管理基础的机械制造工艺联系而成。因此,切削原理和刀具、金属切削机床及机械制造工艺学等基本理论及相关知识形成了机械制造技术的基础。

本课程是机械设计制造及自动化专业重要的技术基础课。其任务是研究机械加工系统的有关基本理论和知识,在对机械加工系统介绍的基础上,以机械制造工艺学为主线,介绍切削原理、刀具、机床及夹具等的基本知识,机械加工质量的基本理论,机械加工和装配的工艺规程、设计方法,并初步介绍了现代制造技术发展的概况和趋势。

通过本课程的学习,旨在使学生了解金属切削过程的一般现象和基本规律,并能结合实际,选择合理的刀具材料和刀具切削部分几何参数;了解金属切削机床的工作原理、性能及结构,了解数控机床的工作原理和主要装置,初步具有根据工艺要求选择机床的能力;掌握机械制造工艺的基本知识,能对具体的工艺问题进行分析,并能提出改进产品质量、提高生

产效率、降低成本的工艺途径;了解现代制造新技术的现状与发展前景。

生产实习、课程设计、实验等是学习本课程必不可少的实践性教学环节,只有加强感性知识和理性知识的紧密结合,才能更好地理解本书所介绍的基本理论和知识,并进一步指导实践。

1 机械制造系统和制造技术简介

1.1 机械制造系统和制造过程

1.1.1 机械制造系统

在现代化的制造过程中,产品的生产过程是一个大的系统工程。制造过程及其所涉及的硬件、软件和人员组成的一个将制造资源转变为产品(含半成品)的有机整体,称为制造系统。制造系统的基本特性有集合性、相关性、整体性、目的性、环境适应性、学科综合性、动态特性、反馈特性和随机特性等。

制造系统在运行过程中,总是伴随着物料流、信息流和能量流的运动,这三者之间相互联系、相互影响,是一个不可分割的有机整体。

机械加工系统是一种典型的制造系统,它由机床、夹具、刀具、被加工工件、操作人员及加工工艺等组成。在此系统中,原材料、坯料(有时也包括半成品)、刀具、量具、夹具等作为“原材料”输入系统,经过输送、加工、检验等环节,最后输出半成品或成品,这种物料在机械加工系统中的运动称为物料流;各种技术资料如加工任务、加工方法、加工工序、刀具状态、工件质量等管理指令构成了机械加工过程的信息系统,这个系统不断地和机械加工过程进行信息交换,从而控制机械加工过程。这种信息在机械加工系统中的作用过程称为信息流;系统中各种能量的消耗及其流程称为能量流。它们是机械加工系统中不可缺少并贯穿始终的三大流程(图 1-1-1)。

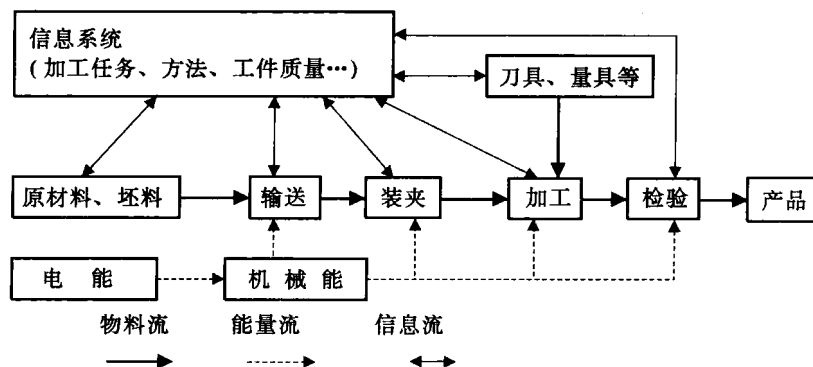


图 1-1-1 机械加工系统的“三流”运动示意图

1.1.2 制造过程和机械加工工艺过程

制造过程是制造系统从原材料投入生产开始到产品生产出来准备交付使用的全过程。它由技术准备、毛坯制造、机械加工、热处理、装配、质检、运输、储存等一系列相互关联的劳动过程组成。

其中技术准备、毛坯制造、机械加工、热处理、装配等一般称为制造工艺过程。在产品的

机械制造过程中,大部分工作是机械加工。机械加工工艺过程是制造工艺过程的一部分,是直接改变毛坯的形状、尺寸的过程。虽然随着加工技术的发展,各种新的特种加工方法如电火花加工、激光加工、超声波加工等被用来进行金属的加工,但目前主要应用的仍然是用金属切削刀具来进行切削的方法。

机械加工工艺过程由若干个工序组成。机械加工中的每一个工序又可以细分为安装、工位、工步、走刀等。

工序 一个(或一组)工人在一个工作地点对一个(或同时对几个)工件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。

根据工序的定义可知,只要工人、工作地点、工作对象(工件)之一发生变化或不是连续完成,就应成为另一个工序。同一个零件,同样的加工内容,可以有不同的工序安

排。如加工图 1-1-2 所示阶梯轴,各表面都需加工,根据生产批量和生产条件的不同,应采用不同的方案进行加工,如表 1-1-1 和表 1-1-2 所示。单件、小批生产有三个工序,而大批大量生产有五个工序。

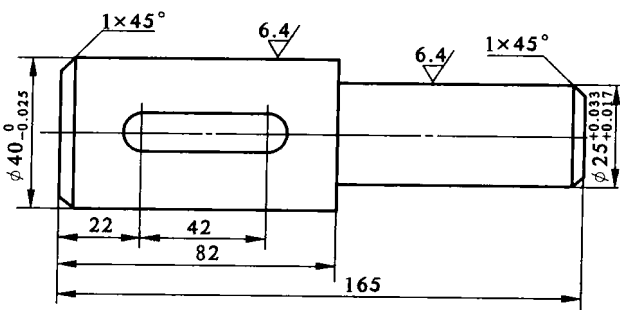


图 1-1-2 阶梯轴零件

表 1-1-1 单件、小批生产的工艺过程

工序	内 容	设备
1	车端面,打中心孔,调头车另一端面,打中心孔	车床
2	车大外圆及倒角,调头车小外圆及倒角	车床
3	铣键槽,去毛刺	铣床

表 1-1-2 大批、大量生产的工艺过程

工序	内 容	设备
1	铣两端面;打中心孔	专用机床
2	车大外圆及倒角	车床
3	车小外圆及倒角	车床
4	铣键槽	键槽铣床
5	去毛刺	钳工台

安装 在一个工序中,工件在机床或夹具中每定位和夹紧一次,称为一次安装。表 1-1-1 中的工序 1 和工序 2 都是二次安装。在工序中应尽量减少安装次数,以免增加辅助时间和装夹误差。

工位 在工件的一次安装中,通过分度(或移位)装置使工件相对于机床床身改变加工位置,每占据一个加工位置称为一个工位。

工步 在一个工序内,加工表面、切削刀具、切削速度和进给量都不变的情况下所完成的加工内容,表 1-1-1 工序 1 中有四个工步。为简化工艺,习惯上将连续进行的若干个相同的工步,看作一个工步,如在一零件上采用一把钻头连续依次钻削几个孔就是一个工步。采用复合刀具或采用几把刀具同时参与切削,该工步称为复合工步。

走刀 切削刀具在加工表面上切削一次所完成的加工内容。在一个工步中,当需要切去的金属层很厚,不能在一次走刀下切完,就需分几次走刀。

1.1.3 生产类型和组织

在机械制造过程中,由于产品类型不同,产品的结构、尺寸、技术要求不同,市场对其需求量不同,因此,每种产品的生产纲领(年产量)也就不同。这样,制造过程中对工厂或车间的生产管理形式、所用的机床设备、工艺装备以及加工产品时采用的方法也就不同。

生产纲领是指企业根据生产计划和生产能力编制的企业在计划期内应当生产的产品产量和进度计划。

生产纲领中应计入备品和废品的数量。某产品的年生产纲领 N 可按下式计算

$$N = Q \cdot n(1 + \alpha\%)(1 + \beta\%)$$

- 式中 Q ——产品的年产量(台/年);
 n ——每台产品中该零件的数量(件/台);
 α ——备品的百分率;
 β ——废品的百分率。

在机械制造业,据产品的大小、特征、生产纲领、批量及其投入生产的连续性,按生产专业化程度的不同,可将生产分为三种类型:单件生产、成批生产、大量生产,在成批生产中又可按批量的大小分为小批生产、中批生产和大批生产三种。表 1-1-3 是按重型机械、中型机械和轻型机械的年产量列出了不同生产类型的规范。

表 1-1-3 各种生产类型的规范

生产类型	零件的年生产纲领(件/年)		
	重型机械	中型机械	轻型机械
单件生产	≤5	≤20	≤100
小批生产	> 5 ~ 100	> 20 ~ 200	> 100 ~ 500
中批生产	> 100 ~ 300	> 200 ~ 500	500 ~ 5 000
大批生产	> 300 ~ 1 000	> 500 ~ 5 000	> 5 000 ~ 50 000
大量生产	> 1 000	> 5 000	> 50 000

生产类型不同,其工艺特点也不同。一般,小批量生产和单件生产的工艺特点相似,大批生产和大量生产的工艺特点相似,因此生产上常按单件小批生产、中批生产和大批大量生产来划分生产类型,并按这三种生产类型归纳它们的工艺特点。表 1-1-4 列出了各种生产类型工艺过程的特点。

表 1-1-4 各种生产类型工艺过程的特点

特 点	单件、小批生产	中批生产	大批、大量生产
加工对象 毛坯制造及加工余量	经常变换 木模手工造型、自由锻,毛坯精度低,加工余量大	周期性变换 部分用金属模、模锻,毛坯精度及加工余量中等	固定不变 广泛采用金属模机器造型、模锻或其他高效方法,毛坯精度高,加工余量小
机床设备及布置	通用机床按类别和规格大小,采用“机群式”排列布置	通用机床及部分高效专用机床,按零件类别分工段排列	广泛采用专用机床,按流水线或自动线布置
夹具	通用夹具或组合夹具,必要时采用专用夹具	广泛使用专用夹具及可调夹具	广泛使用高效率的专用夹具

续表 1-1-4

特 点	单件、小批生产	中批生产	大批、大量生产
刀具与量具	通用刀具和量具	较多使用专用刀具与量具	广泛使用高效专用刀具与量具
对工人技术要求	熟练	中等熟练	对操作工人只一般要求,对调整工人技术要求高
生产率	低	中	高
成本	高	中	低
工艺文件	用简单的工艺过程卡管理生产	有较详细的工艺规程,用工艺卡管理生产	详细制订工艺规程,用工序卡、操作卡及调整卡管理生产
发展趋势	箱体类复杂零件采用加工中心加工	采用成组技术,由数控机床或柔性制造系统等进行加工	在计算机控制的自动化制造系统中加工,并可能实现在线故障诊断、自动报警和加工误差自动补偿

随着科学技术的飞速发展和市场需求不断变化,产品的“有效寿命”越来越短,而传统的大批大量生产,“刚性”很大,不能适应产品及时更新换代的需要,这就要求机械制造业能寻找到既能高效生产又能快速转产的“柔性”制造方法。计算机技术及现代制造技术的迅猛发展,为机械产品多品种小批量的生产自动化开拓了广阔的前景。

1.2 机械制造技术简介

机械制造技术是实现机械制造过程的最基本环节。在机械加工系统的物料流程中,材料的质量和性能通过制造技术的实施发生了变化。其中,质量的变化可分为质量不变、质量减少、质量增加三种主要类型。与此相应,机械加工的方法分为材料成形法、材料去除法和材料累加法三种。

1.2.1 材料成型法(质量不变工艺)

材料成型法是将不定形(块状、颗粒状、液态等)的原材料转化成所需要形状、尺寸的产品的一种工艺方法。材料成型法可以用来制造毛坯,也可以用来制造形状复杂但精度要求不太高的零件,精密成型工艺则可用来制造精度较高的零件。材料成型工艺大致包括铸造、锻造、粉末冶金和连接成形等。

1) 铸造工艺

铸造工艺是将液态金属浇注到与所要求的毛坯或零件的形状和尺寸相适应的铸型型腔中,冷凝后获得具有一定形状、尺寸及精度要求的制件的一种成形方法。铸造成形的基本工艺过程包括熔化、造型、浇注、冷凝、清理和热处理等,其中影响铸件质量的关键因素是液态金属的流动性和在凝固过程中的收缩性。在铸件冷却凝固过程中当体积收缩得不到补充时,会在铸件厚大部位及最后凝固部位形成缩孔。

铸造工艺可以制造各种复杂形状的零件,对于一些很大的或中空的零件,用其他方法来实现可能极其困难、极其昂贵,用铸造工艺却可以经济地大量生产。但由于铸造成形工序繁多,影响铸件质量的因素较多,致使铸件的质量不稳定,铸件内部组织粗大且不均匀,其机械性能一般不如锻件等,因此,它的应用受到一定限制。

常用的铸造工艺有:普通砂型铸造、熔模铸造、金属型铸造、压力铸造、离心铸造和陶瓷型铸造等。

2) 锻造工艺

锻造工艺是将固态金属坯料放在模膛内或抵铁间,借助锻压机外力的作用而产生塑性变形的加工方法。可分为自由锻造和模膛锻造。

锻造工艺所得制件金属组织紧密,纤维组织连贯,可提高零件强度,同时锻造工艺节约金属材料 and 切削加工工时,具有较高的生产率,因此是机械制造业中提供毛坯的主要工艺方法之一。

3) 粉末冶金

粉末冶金是以金属、金属化合物或非金属粉末与粘合剂一起压进模子内,经过压制和烧结,制造各种制品的成形工艺。由于它节约材料,材料利用率可达 95%,可大量减少切削加工量,并可大大减少加工设备和降低加工成本,因而在机械制造业中获得日益广泛的应用。但采用粉末冶金工艺成形,其零件的大小和形状受到一些限制,粉末原料价格比较高,零件的塑性、韧性较差。

粉末冶金生产的工艺流程包括制粉、混配料、压制、烧结及整形、复压和复烧等后续工序。

粉末冶金的烧结分固相烧结和含液相烧结二种。烧结过程中必须严格控制烧结温度和时间,还必须严格控制升温速度和冷却速度

4) 连接成形

连接成形工艺可分成两大类,一类为可拆卸的联接(非永久性的),另一类为不可拆卸的联接(永久性的),如焊接、粘结、卷边接合、铆接等。此处主要简单介绍焊接工艺。

焊接过程的实质就是对二个分离的金属零件进行局部加热和加压,多数情况还填充金属,使二个分离的金属零件的原子间相互接近、结合、扩散并共同结晶而产生结合力,从而连接成一个永久性连接的整体。

焊接结构所用的材料大多为钢材,有色金属的可焊性一般较钢差,焊接时要采取较严格的工艺保护措施,铸铁的碳当量高,可焊性差,主要只用于有缺陷铸件及受损铸件的焊补。

1.2.2 材料去除法(质量减少工艺)

材料去除法即质量减少工艺,在机械制造中应用非常广泛。其特点是工件原始尺寸大得足以包容工件的整个最终形状,在成形过程中材料发生分离,微粒子之间的结合状态遭到破坏,多余材料以切削微粒的形式被去除掉。切屑量多少不一,有时可达加工材料原始体积的 70%—80%。

由于质量减少工艺的材料利用率很低,加之预测到材料与能源的不足及成本的增加,近年来采用精铸、精锻等质量不变工艺的倾向与日俱增。但因质量不变工艺的模具成本及设备投资费用很高,加上一系列工艺因素的影响,所以尽管质量减少工艺的材料消耗较高,在相当一段时间内,它仍是一种最经济的工艺。材料去除工艺在机械制造业仍将占有重要地位。

材料去除成形加工包括传统的切削加工和特种加工。

1) 切削加工

金属切削加工就是用金属切削刀具在机床上切除工件(毛坯)上多余的金属,从而使工

件的形状、尺寸和表面质量符合设计要求的工艺方法。在切削加工过程中,刀具和工件间必须有一定的相对切削运动,这是由机床来完成的。

与其他成形方法相比,切削加工由于要多次安装工件、调整机床,故生产率低,但它所用的设备、工装夹具费用不高,可达到的精度远远高于材料成形法,且其完成零件几何形状是由刀具的切削刃、毛坯形状、刀具与毛坯之间的相对运动来共同确定的,所以切削加工的柔性在所有制造方法中最佳。现代数控加工中心使机床、工件和刀具之间的自由度数目大大提高,进一步使切削加工可以拥有更大的加工范围。

金属切削加工的方法很多,常见的有车削、钻削、镗削、铣削、磨削、刨削等(图 1-2-1)。虽然各种切削加工方法所用的机床、刀具、实现切削的运动形式各不相同,但在很多方面,如切削时的基本运动方式、切削刀具的几何要素以及切削过程的物理实质,都有其共性。下面简要介绍切削加工的基本知识。

(1)切削运动 金属切削机床的基本运动,按切削时工件与刀具相对运动所起的作用来分,可分为主运动和进给运动。

①主运动 使刀具与工件产生相对运动,以切除工件上多余金属的基本运动叫主运动(见图 1-2-2)。在切削运动中它的速度最快,所消耗的功率也较大。主运动可以由工件完成,也可以由刀具完成,如车削时工件的旋转运动是主运动,牛头刨床刨削时刀具的直线运动是主运动。切削加工中主运动只有一个。

②进给运动 不断地将多余金属层投入切削,以保证切削连续进行的运动叫进给运动(见图 1-2-2)。进给运动速度较低,消耗的功率也很小。进给运动可由工件或刀具完成,如车削时车刀纵向移动和横向移动及铣削时工件的移动都是进给运动。进给运动可以是一个或几个。

切削运动可以是旋转的,也可以是直线的或曲线的;可以是连续的,也可以是间隙的。各种切削加工方法的切削运动如图 1-2-1 所示。

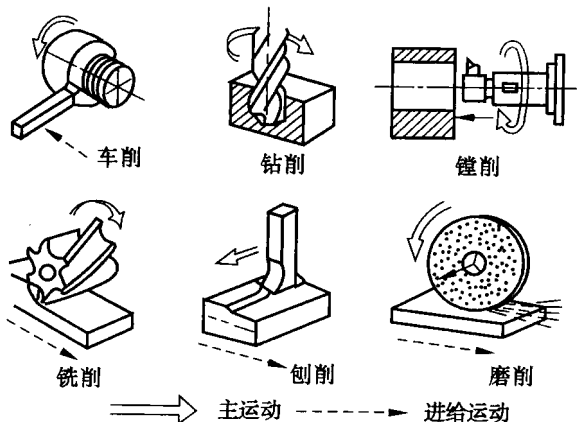


图 1-2-1 各种切削加工方法及运动形式

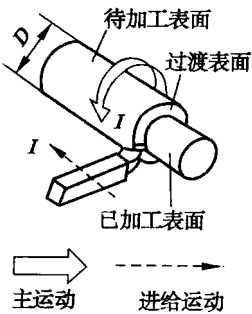


图 1-2-2 车削时切削运动及工件上三表面

在切削过程中,工件表面的被切金属层不断地被切削而转变为切屑,从而加工出所需要的工件新表面。在新表面形成的过程中,工件上有三个不断变化的表面,即待加工表面、过渡表面(切削表面)及已加工表面(图 1-2-2)。

(2) 切削要素 切削要素包括切削用量和切削层的几何参数。

① 切削用量 切削用量是切削速度、进给量和背吃刀量(切削深度)的总称。切削用量的大小,反映了单位时间内金属切除量的多少,它是衡量生产率的重要参数。

a. 切削速度 v_c 单位时间内工件与刀具沿主运动方向相对移动的距离,即主运动的速度。单位一般用 m/min 。

b. 进给量 f 在主运动一个循环内刀具与工件之间沿进给方向相对移动的距离。进给量单位:车削用 mm/r ,刨削用 mm/str ,铣削用 mm/min 。单位时间相对位移量为进给速度(v_f),单位是 mm/s 。

c. 背吃刀量(切削深度) a_p 工件上待加工表面和已加工表面间的垂直距离。车削外圆时:

$$a_p = (D - d)/2 \quad (\text{mm})$$

式中: D 、 d 分别为工件待加工表面和已加工表面的直径。

② 切削层几何参数 切削层是指工件上正被刀刃切削的一层金属。切削层被工件轴向剖面切开所得的剖面称为切削层横剖面,如图 1-2-3 中的四边形所示。

切削层的几何参数包括(图 1-2-3):

切削层公称厚度 h_d 垂直于过渡表面度量的切削层尺寸。外圆纵车时

$$h_d = f \cdot \sin k_r$$

切削层公称宽度 b_D 沿过渡表面度量的切削层尺寸。外圆纵车时

$$b_D = a_p / \sin k_r$$

切削层公称横截面积 A_D 切削层在基面内的面积。且

$$A_D = h_d \cdot b_D = f \cdot a_p$$

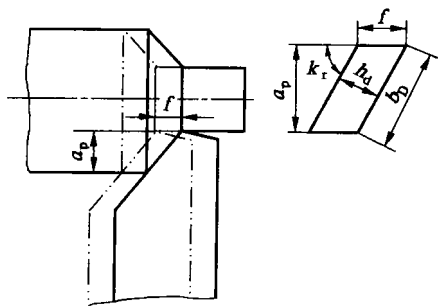


图 1-2-3 切削层参数

2) 特种加工

相对传统的切削加工而言,特种加工是利用化学的、电化学的、物理的(声、光、热、磁、电等)方法对材料进行加工的工艺方法。它能解决普通机械加工方法无法解决或难以解决的问题,如各种难加工材料的加工问题;具有各种特殊、复杂表面的加工问题;各种具有特殊要求的零件的加工问题等,所以几十年来得到了迅速的发展。近十几年来,无论在国内还是国外,仅电加工机床年产量的平均增长率就比金属切削机床的增长率高 10 倍以上。

根据加工机理和所采用的能源,特种加工可以分为以下几类:

力学加工 应用机械能来进行加工,如超声波加工、喷射加工、喷水加工等。

电物理加工 利用电能转换为热能、机械能和光能等进行加工,如电火花成形加工,电火花线切割加工、电子束加工、离子束加工等。

电化学加工 利用电能转换为化学能进行加工,如电解加工、电镀、刷镀和电铸加工等。

激光加工 利用激光能转换为热能进行加工。

化学加工 利用化学能或光能转换为化学能来进行加工,如化学铣削和化学刻蚀等。

复合加工 将机械加工和特种加工叠加在一起就形成复合加工,如电解磨削、超声电解