

现代制造技术

主编 林朝平 主审 叶伟昌

丛书主编 姜 左

东南大学出版社

高职高专机械类专业系列丛书

现代制造技术

主 编 林朝平

主 审 叶伟昌

东南大学出版社

内 容 提 要

本书是参照教育部“高等学校工程专科现代制造技术课程教学基本要求”的内容,根据高等职业技术教育为第一线培养应用型专业人才的基本要求而编写的。全书共分九章,内容主要有精密与超精密加工技术、特种加工、成组技术、计算机辅助工艺规程设计、计算机辅助制造、工业机器人、柔性制造系统、先进生产制造系统。

本书是高等职业学校机械类专业的基本教材,同时也可作为工程专科、职工大学、业余大学的机械类专业的教材,亦可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代制造技术 / 林朝平主编. —南京: 东南大学出版社, 2001.6

(高职高专机械类专业系列丛书)

ISBN 7-81050-672-2

I. 现... II. 林... III. 机械制造工艺-基本知识 IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 039054 号

东南大学出版社出版发行
(南京市四牌楼 2 号 邮编 210096)

出版人: 宋增民

江苏省新华书店经销 南航飞达印刷厂印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 7.25 字数: 179 千字

2001 年 6 月第 1 版 2001 年 6 月第 1 次印刷

印数: 1—3000 册 本册定价: 14.00 元

(全套总定价: 276.00 元)

(凡因印装质量问题, 可直接向发行科调换。电话: 025-3792327)

出版说明

科教兴国,教育先行。当前,高等教育正处在深化改革阶段,高等职业教育也迎来了新的迅猛发展时期。高等职业教育是在具有高中文化水平的基础上,为生产、建设、管理、服务等第一线培养高级实用型技术人才和管理人才的专门教育。根据教育部《关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》,各高职高专学校都对本校的教学计划、课程体系、教学内容作了相应的调整。根据突出应用性、实践性的原则重组了课程结构,教学内容上突出了基础理论教学以应用为目的,以必须、够用为度;专业课教学加强了针对性和实用性。因为高职教育的人才培养目标和规格不同于普通高等教育,因而其教材应具有高职教育的基本特点。目前高等职业教育的教材建设已经成为一个亟待解决的共性问题。在东南大学出版社的支持下,苏州职业大学、常熟高等专科学校、常州工学院、南京工业职业技术学院等学校中的一批有扎实理论基础和丰富实践经验的教师,怀着强烈的责任感和极大的热情编写了一批相应的配套教材,他们具有较强的教学改革意识,决心为高职高专事业的发展作出一些贡献。

本丛书由东南大学博士生导师林萍华教授、博士生导师易红教授担任主审。

这批教材将分期分批出版,第一辑出版的教材有:

- 机械工程基础
- 机械制造技术
- 机械设计
- 现代质量管理概论
- 现代制造技术
- 机械设备控制技术
 - (1)机械设备液压气动控制技术
 - (2)数控技术
- 测试技术
- 工程力学
- 工程数学
- 机械制图

限于水平和经验,加之时间匆促,这批教材还会有不足之处,诚望使用本教材的教师和学生能积极提出批评和建议,以便再版时改进。

高职高专机械类专业系列丛书 编委会

2000年8月

高职高专机械类专业系列丛书(第一辑)

编审委员会

主任委员 林萍华 易 红

副主任委员 (按姓氏笔划为序)

郑志祥 缪协兴

委 员 (按姓氏笔划为序)

王培羲 孙序泉 余瑞芬 严苏砣

陈家瑾 郑志祥 林萍华 袁雪枚

韩玉启 缪协兴

责任编辑 李 玉 朱经邦

编写委员会

主 编 姜 左

副主编 (按姓氏笔划为序)

丁加军 吕慧瑛 李江蛟 林朝平

程宜康

委 员 (按姓氏笔划为序)

丁加军 王伟麟 吕慧瑛 沈中城

李江蛟 吴永祥 陈雪芳 林朝平

姜 左 徐冉丹 陶亦亦 程宜康

魏宣燕

前 言

本书是参照教育部“高等学校工程专科现代制造技术课程教学基本要求”的内容,根据高等职业技术教育为第一线培养应用型专业人才的基本要求而编写的。

编写本书的指导思想是:以能力的培养为主线,以机械类或近机类专业岗位和岗位群对本课程的实际需要为出发点,强化应用,强化实践,注重培养学生分析问题和解决问题的能力。书中名词术语、技术资料均采用最新国家标准。

本书可作为高等职业学校机械类专业的教材,同时适合于作工程专科、职业大学、业余大学的机械类专业的教材,并可供有关工程技术人员参考。全书建议教学课时为 36~40 学时。

本书由常熟高等专科学校林朝平主编,苏州职业大学王伟麟副主编,淮阴工学院叶伟昌教授主审。本书的第二章由王伟麟编写;第五章由苏州职业大学朱彤编写;绪论、第一章、第三章、第四章、第六章、第七章、第八章由林朝平编写,并担任全书统稿工作。在本书的编写过程中得到了有关院校的大力支持和帮助,还得到了叶伟昌教授的精心指教,并参考了有关教材、手册、文献等,在此一并表示衷心地感谢!

由于编者水平和经验所限,加之时间仓促,书中如有错误和不妥之处,敬请读者给予批评指正。

编 者

2001 年 3 月

目 录

0 绪论	1
0.1 机械制造技术的作用、地位和发展趋势	1
0.2 现代制造技术的形成和特征	2
0.3 现代制造技术的分类和发展方向	3
0.4 本课程简介	5
1 精密与超精密加工技术	6
1.1 概述	6
1.2 常用的精密与超精密加工方法	7
1.2.1 金刚石刀具精密切削	7
1.2.2 精密与超精密砂带磨削	8
1.2.3 其他精密与超精密加工	9
1.3 微细加工技术	10
1.3.1 微细加工技术的概念	10
1.3.2 微细加工技术的应用	11
2 特种加工技术	12
2.1 概述	12
2.2 电火花加工	12
2.2.1 工作原理	12
2.2.2 电火花加工的类型	15
2.2.3 主要特点	19
2.2.4 用途	20
2.3 电化学加工	21
2.3.1 电解加工	21
2.3.2 电铸加工	24
2.4 高能束加工	26
2.4.1 激光加工	26
2.4.2 电子束加工	29
2.4.3 离子束加工	31
2.5 化学加工	34
2.5.1 化学铣削加工	34
2.5.2 光化学加工	35
2.6 物料切蚀加工	36
2.6.1 超声加工	36

2.6.2	磨料喷射加工	38
2.6.3	液动力加工	39
2.7	复合加工	40
2.7.1	电解磨削	40
2.7.2	复合切削加工	41
2.8	快速原型/零件制造技术	42
2.8.1	工作原理	42
2.8.2	主要特点	44
2.8.3	用途	44
3	成组技术	45
3.1	概述	45
3.2	成组技术的基本原理	45
3.2.1	定义	45
3.2.2	相似性原理	45
3.3	零件分类编码系统	46
3.3.1	奥匹兹(Opitz)分类编码系统	46
3.3.2	JLBM-1 分类编码系统	47
3.3.3	柔性编码系统	48
3.4	成组工艺过程设计	49
3.4.1	零件分类成组的方法	49
3.4.2	成组工艺过程设计	49
3.5	成组技术的生产组织形式及其优越性	50
3.5.1	成组技术的生产组织形式	50
3.5.2	成组技术的优越性	51
4	计算机辅助工艺规程设计	52
4.1	概述	52
4.2	CAPP 系统的组成和基础技术	53
4.2.1	CAPP 系统的组成	53
4.2.2	CAPP 系统的基础技术	54
4.3	CAPP 系统的基本原理和常用方法	54
4.3.1	检索式 CAPP 系统	55
4.3.2	派生式 CAPP 系统	55
4.3.3	创成式 CAPP 系统	56
4.3.4	综合式 CAPP 系统	57
4.3.5	CAPP 专家系统	57
4.3.6	CAPP 系统开发步骤	58
4.4	CAPP 数据库	59
4.5	CAPP 系统的发展方向和特点	59
5	计算机辅助制造	60
5.1	概述	60
5.1.1	计算机辅助制造的概念	60

5.1.2	计算机辅助制造系统	60
5.2	数控机床的夹具系统	60
5.2.1	数控机床夹具的用途与技术特点	60
5.2.2	数控机床夹具	61
5.2.3	数控钻、镗、铣床夹具	62
5.2.4	组合夹具	62
5.3	数控机床的刀具系统	63
5.3.1	数控机床的刀具特点	63
5.3.2	数控机床的刀具系统	63
5.4	数控机床的检测系统	64
5.4.1	检测方法分类	65
5.4.2	自动化制造系统中的主要检测方法	66
5.5	CAD/CAM 集成技术	68
6	工业机器人	70
6.1	概述	70
6.1.1	工业机器人的定义	70
6.1.2	工业机器人的组成	70
6.1.3	工业机器人的分类	71
6.2	工业机器人执行系统的机械结构	72
6.3	工业机器人的控制与编程	73
6.3.1	工业机器人的控制系统	73
6.3.2	工业机器人的编程	74
6.4	工业机器人的应用	74
7	柔性制造系统	76
7.1	概述	76
7.2	柔性制造系统的类型	76
7.3	柔性制造系统的组成和功能	77
7.3.1	柔性制造系统的组成	77
7.3.2	柔性制造系统的功能	77
7.4	柔性制造系统的物料运储系统	78
7.5	柔性制造系统实例简介	80
8	先进生产制造系统	81
8.1	计算机集成制造系统	81
8.1.1	概述	81
8.1.2	CIMS 的基本结构	82
8.1.3	CIMS 的功能与效益	83
8.1.4	独立制造岛	84
8.2	并行工程	85
8.2.1	并行工程概念和目标	85
8.2.2	并行工程在制造技术中的作用	86

8.2.3 并行工程的组成和运行模式·····	86
8.2.4 并行工程的特征·····	87
8.2.5 并行工程与 CIMS 的关系·····	87
8.2.6 并行工程的应用概况·····	87
8.3 精良生产·····	88
8.3.1 精良生产的产生和含义·····	88
8.3.2 精良生产的组成·····	88
8.3.3 精良生产的目标和特征·····	89
8.3.4 精良生产的应用成果·····	91
8.4 敏捷制造·····	91
8.4.1 敏捷制造的定义和原理·····	91
8.4.2 敏捷制造的特征·····	92
8.4.3 敏捷制造的组成·····	93
8.4.4 虚拟制造技术·····	93
8.4.5 敏捷化工程的结构框架·····	94
8.5 智能制造·····	95
8.5.1 智能制造的含义·····	95
8.5.2 智能制造系统的特征·····	95
8.5.3 智能加工和智能机床·····	96
8.5.4 智能制造系统的主要研究方向·····	97
8.6 绿色制造技术·····	98
8.6.1 环境保护与可持续发展·····	98
8.6.2 绿色制造技术的定义和特征·····	99
8.6.3 绿色制造技术·····	100
参考文献·····	104

0.1 机械制造技术的作用、地位和发展趋势

机械制造工业是国民经济的基础产业,它不仅对提高人民生活水平起着重要的保障作用,而且对科学技术的发展,尤其对现代高新技术的发展起着更为积极的推动作用。从世界各国工业发展历程来看,优先发展机械制造工业是经济腾飞的必要条件。机械制造技术的发展水平通常是一个国家科学技术水平的重要标志之一,它对于信息技术、新材料技术、空间技术、海洋工程、生物工程和能源工程等新技术群及新学科群的发展起着至关重要的促进和制约作用。然而,机械制造技术又是机械制造工业的支柱,在当前和未来的竞争中,谁掌握了先进的制造技术,谁就拥有了占领市场的主动权。

在当今世界机械制造技术的发展过程中,一方面制造技术必须依靠信息科学、材料科学等来改造自身;另一方面信息科学、材料科学等也必须依靠制造技术推动其不断发展。现代制造技术集机械、电子、光学、信息、管理等最新科学技术于一体,已成为一个具有整体目标,并包括物流、信息流和能量流的系统工程。其发展趋势如下:

(1) 精密化 精密和超精密加工技术是当今机械制造技术发展的主要方向之一。而精密、超精密、微细工程和纳米技术又是现代制造技术的基础,并在高新技术领域及各类工业中都得到了广泛的应用。同时,它的发展也促进了机械、电子、光学、液压、传感器、测量技术及材料科学的发展,有利于提高整个机械制造行业的技术水平和加工精度,极大地提高了产品的质量、性能和竞争能力。目前,超精密加工技术正从微米、亚微米级向纳米级进军。

(2) 自动化 自动化技术的应用,可有效地节省人力,提高生产效率,而且还可代替人去完成一些危险的或对人体有害场合的作业,以及满足市场多变、竞争的需要,在当前和未来的自动化技术实施中,将会更加重视人在自动化系统中的作用。同时,自动化已开始面向中小企业,以经济实用为出发点,满足不断发展的产品多样化和个性化的需要。

(3) 柔性化 柔性化是指机械制造业对各种外界因素的适应能力或者是指产品对市场需求的适应能力。随着机械产品的多样化,功能和可靠性、技术密集度和附加值均有大幅度提高,新的发展和需求将使产品更新换代速度加快,性能参数优化,这就要求制造业具有柔性化的能力。

(4) 集成化 随着世界市场的全球化发展,竞争日益激烈,整个市场将处于一个持续变化、不断发展的环境之中,这对企业的生存和发展提出了新的挑战。为了适应这一充满竞争的市场,应运用系统工程的理论和方法,将各种技术、物料、信息等实现集成。集成化要从企业内部的动态集成向企业间的动态集成方向发展。

(5) 最优化 现代制造企业必须强调各项参数的最优化配置,即包括技术、环境、人力、信息等资源以及管理组织结构等均达到最佳组合,从而实现产品在全生命周期中的不断协调和优化。

(6) 信息化 物料、能源和信息是机械制造系统的三大要素。随着计算机技术、网络技术的迅速发展,未来的制造业在某种意义上将成为一种信息产业,信息将成为制造业兴衰成败的主要因素。在这种情况下,要求企业利用快速发展的计算机技术、网络技术,实现大部分地区乃至全球信息资源共享。

21 世纪的机械制造业所处的环境将发生巨大的变化,这就决定了机械制造业向精密化、自动化、柔性化、集成化、最优化、信息化的方向发展,机械制造业发展的主要目标是成本低、效率高、质量优、服务好、适应性强。

0.2 现代制造技术的形成和特征

现代制造技术是在传统制造技术的基础上,不断吸收和发展机械、电子、能源、材料、信息及现代管理技术的成果,将其综合应用于产品设计、制造、检验、管理、服务等产品生命周期的全过程,以实现优质、高效、低耗、灵活、清洁的生产技术模式,取得理想的技术经济效果的制造技术的总称。

计算机技术、微电子技术、传感技术、控制技术与机电一体化技术的迅速发展,对机械制造科学发展产生了深远的影响。由系统论、信息论和控制论所组成的系统科学与方法论,对系统中各个组成部分之间的相互作用、相互联系、相互制约的关系进行分析和研究,这种方法论与机械制造科学的密切结合,组成制造系统,并形成了现代制造工程学。

制造系统可以定义为:“制造系统是人、机器、装备以及物流和信息流的一个组合体”。现代制造技术特别强调人的主体作用,强调人、技术、管理三者的有机结合。

现代制造技术具有以下主要特征:

(1) 制造技术是一个系统工程 现代制造技术已成为一个能驾驭生产过程的物料流、能量流和信息流的系统工程,它不是一个具体技术,而是利用系统工程技术将各种相关技术集成于一个有机整体。物料流、能量流和信息流是组成制造系统的三个基本要素,图 0-1 为机械制造系统图。

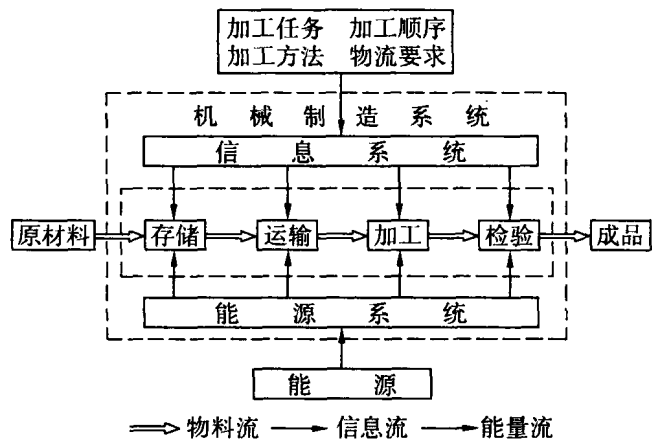


图 0-1 机械制造系统

(2) 设计与工艺一体化 传统的制造技术通常是指制造过程的工艺方法,而现代制造技术则贯穿了从产品设计、加工制造到销售、服务、使用维护等全过程,成为“市场→产品设计→制造→市场”的大系统。为了保证将设计变为现实的工程一次成功,并行工程技术应运而生,并成为面向制造业设计的一个重要新方法和新途径。

(3) 追求最佳技术经济效果 现代制造技术所追求的目标是以产品全生命周期服务为中心,以新产品开发速度快、成本低、质量好、服务佳、灵活性强取胜,并取得最佳的经济效果。21 世纪机械制造业将面临严重的挑战和激烈的市场竞争,以提高对市场快速响应能力为目标的现代制造技术将得到飞速发展与应用。

(4) 更加重视工程技术与经营管理的结合 现代制造技术比传统制造技术更加重视过程组织和管理体制的简化及合理化,由此而产生了一系列技术与管理相结合的新的生产方式,如并行工程(CE)、精良制造(LP)、敏捷制造(AM)、价值工程(VE)、全面质量管理(TQC)等。

(5) 制造技术已成为一门综合性科学 现代制造技术是由机械、电子、计算机、材料、自动化、检测、信息等学科的有机结合而发展起来的一门跨学科的综合性的科学。制造技术的发展和制造工程的出现为制造科学的形成创造了条件,而计算机技术的发展加快了制造科学的形成。现代制造技术的各专业、各学科间不断交叉融合,并不断发展和提高。

(6) 现代制造技术特别强调环境保护 未来的制造业将是“绿色”制造业,即必须充分考虑生态平衡、环境保护和有限资源的有效利用,做到人与自然能够和谐、协调地发展,建立可持续发展的战略。要求产品是“绿色”产品,要求产品在生产过程中资源消耗最少、环境污染最小、对人体危害最小甚至为零。

0.3 现代制造技术的分类和发展方向

1) 现代制造技术的分类

现代制造技术涉及到多门高新技术学科,它所包含的技术内容也较为广泛。1994 年美国联邦科学、工程和技术协调委员会将现代制造技术分为三个技术群体。即:

①主体技术群体:工程设计技术群和制造工艺技术群。

②支撑技术群体:信息技术、标准和框架、机床与工具技术及传感器与控制技术。

③制造基础设施:质量管理、用户/供应商交互作用、工作人员培训与教育、监督和基准评测及技术获取与利用。这三个技术群体相互联系,相互促进,组成一个完整的体系。根据现代制造技术的功能和研究对象,可归纳为以下几类:

(1) 现代设计技术 现代设计技术是根据产品的功能要求,应用现代技术和科学知识,制定方案并使之付诸实施的技术,它是一门分学科、分专业而且相互交叉的综合性基础技术,它包括现代设计方法,如可靠性设计、优化设计、智能设计等;设计自动化技术,应用计算机技术进行产品选型和工艺设计等;工业设计技术(即产品造型设计)等。

(2) 现代制造工艺 它包括精密和超精密加工技术、快速成型技术和特种加工技术,以及表面改性、制膜、涂层等技术。

(3) 现代管理技术 现代管理技术是现代制造技术体系中的重要组成部分,对企业最终经济效益的提高起着重要的作用。它是指企业从市场出发,在产品设计、生产制造、质量

控制及销售服务等一系列的生产经营管理中,为了使制造资源(包括材料、设备、能源、技术、信息及人力等)得到总体配置优化和充分利用,使企业的综合效益得到提高而采取的各种计划、组织、协调、控制的方法和技术的总称。

(4) 制造自动化技术 制造自动化技术是机械制造中最重要的基础技术之一,它是指用机电设备、工具取代或放大人的体力,甚至取代或延伸人的部分劳动,自动完成多种作业,包括物料的存储、运输、加工、装配和检验等各个生产环节的自动化,涉及到数控技术、工业机器人和柔性制造技术等。自动化的应用有利于减轻劳动强度,提高生产效率,节约能源和原材料的消耗,以及降低生产成本。

(5) 虚拟制造技术 虚拟制造技术是以计算机支持的仿真技术为前提,对设计、加工、装配等工序统一建模,形成虚拟的环境、虚拟的过程、虚拟的产品、虚拟的企业。为了快速响应某一市场需求,可通过信息高速公路,将产品涉及到的不同公司(企业)临时组建成一个没有围墙、超越时空约束,依靠计算机网络联系、统一指挥的合作性经济实体——虚拟公司。制造业的全球化、网络化和虚拟化已成为未来制造业发展的重要特征。

(6) 现代生产制造系统 现代生产制造系统是指面向企业生产过程,将网络信息技术与生产管理技术相结合的一种全新的生产制造概念和模式,其功能覆盖着企业预测、产品设计、加工制造、仿真和资源管理,直至产品销售服务、使用维护等各项活动,这是制造业综合自动化的新模式。通常,它包括计算机集成制造系统(CIMS)、柔性制造系统(FMS)、精良生产(LP)、智能制造(IM)等先进的生产组织、管理模式和控制方法。

2) 现代制造技术的发展方向

现代制造技术的发展方向如下:

(1) 常规制造工艺的优化 综观现状,这方面的技术潜力很大,如高速、超高速切削、强力磨削、涂层刀具、超硬材料刀具(含磨具)的出现,对于切削理论的发展、加工质量和生产效率的提高都有着极其重要的意义。此外,对于现有普通设备的改造和挖潜,均会促进机械工业的发展和提高。

(2) 特种加工技术 它是指不单纯依靠机械能量,而是直接应用电、声、光、热、磁及化学能量对各种材料进行加工的技术,如电火花加工、电解加工、超声波加工、激光加工、电子束加工、离子束加工等。其主要对象是难加工材料的加工,加工精度可达分子级或原子级加工单位,常用于超精密加工。

(3) 精密工程 它包括精密与超精密加工技术、微细和超微细加工技术、微型机械和纳米技术等方面。当前,以纳米技术为代表的超精密加工技术和以微细加工技术为手段的微型机械有着极其重要的意义,它代表着精密工程的发展方向。

(4) 快速成型技术 这是近年来发展起来的应用于制造业的一种高新技术,其基本原理是用积分方法制造三维实体,在成型过程中,将计算机中存储的任意三维形体信息传递给成型机,使材料逐层添加而直接制造出产品,而不需要专用的模具、工具或人工干涉。目前,主要用于设计模型的制造,模具制造及小批量、特殊零件的加工。

(5) 制造系统由自动化向柔性化、集成化和智能化发展 机械制造自动化的发展经历了单机自动化、刚性自动化、数控机床和加工中心、柔性制造系统和计算机集成制造系统等几个阶段,并向柔性化、集成化和智能化方向进一步发展。

(6) 先进的生产制造系统正在形成和发展 积极参与激烈的国际竞争,并在竞争中求

得生存和发展,是所有企业的共同目标。为了实现这一目标,每个企业都在努力按照用户的不同需求进行新产品开发和生产,从而使产品品种不断增加,市场竞争更趋激烈,形成了世界市场多变的特点,即:产品生命周期明显缩短,产品品种日益增多,产品成本结构发生变化,产品交货期不断缩短。为此,20 世纪 80 年代以来,一种新型的现代生产制造系统正在形成和发展。

0.4 本课程简介

现代制造技术不仅仅是机械制造,它的基本特点是大制造、全过程、多学科。

现代制造技术源于传统制造技术,并不断吸收机械、电子、材料、能源、信息及现代管理等技术成果,综合应用于产品设计、制造、检测、控制、服务等生产制造全过程,涉及内容广泛,学科跨度大。

本书主要内容为:现代制造技术绪论、精密与超精密加工技术、特种加工技术、计算机辅助制造、成组技术、计算机辅助工艺规程设计、工业机器人、柔性制造系统、先进生产制造系统(如计算机集成制造系统、精良生产、敏捷制造、智能制造、绿色制造等),在内容处理上,着重介绍一些基本概念和发展方向、应用技术和关键技术,使学生对现代制造技术有较深的认识。

1.1 概述

机械加工精度可分为一般加工(经济性加工)、精密加工与超精密加工。通常将加工精度在 $10\text{ }\mu\text{m}$ 左右、表面粗糙度 R_a 为 $1.6\sim 0.2\text{ }\mu\text{m}$ 的加工称为一般加工;加工精度为 $10\sim 0.1\text{ }\mu\text{m}$ 、表面粗糙度 R_a 为 $0.1\sim 0.01\text{ }\mu\text{m}$ 的加工称为精密加工;而将加工精度高于 $0.1\text{ }\mu\text{m}$, 表面粗糙度 R_a 小于 $0.025\text{ }\mu\text{m}$ 的加工称为超精密加工。目前,超精密加工的水平已达到纳米(nm)级,甚至向更高水平发展。

精密加工与超精密加工的主要特点是机床精度高、刚性好,且具有精确的微量进给装置,机床工作台低速稳定性好以及工艺系统抗振性好。此外,还应具有以下特点:①“锐化”和“进化”加工;②微量切削;③形成综合制造工艺系统;④与自动化紧密联系;⑤特种加工方法和复合加工方法;⑥加工检测一体化。影响精密与超精密加工精度和表面质量的主要因素如下:

1) 加工对象

精密与超精密加工是与精密元件密切结合而发展起来的,因此均以精密元件(零件)为加工对象。

2) 环境条件

精密与超精密加工必须具有稳定的加工环境。因为加工环境的极其微妙变化都可能会影响加工精度。通常,要求具有超稳定加工环境,它主要是指恒温、超净、防振三个方面。

(1) 恒温 当温度升高 1°C 时,长度为 100 mm 的钢件就会沿轴向伸长 $1\text{ }\mu\text{m}$,精密和超精密加工的加工精度一般都在微米级、亚微米级或更高的精度,因此,要求加工区域保持极高的热稳定性。对于超精密加工必须在严格要求的多层次恒温条件下进行,不仅放置机床的空间应保持恒温,而且还要对机床采取特殊的恒温措施。

(2) 超净 在未经净化的一般环境下,尘埃的数量相当多,绝大部分尘埃的直径小于 $1\text{ }\mu\text{m}$,但也有不少在 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上,有的甚至超过 $10\text{ }\mu\text{m}$ 。如果这些尘埃落在加工表面上,则可能拉伤表面;如果落在量具的测量表面上,就会造成操作者或质检员的错误判断。因此,精密与超精密加工必须提供与之相对应的超净工作环境,以保证加工质量。

(3) 防振 机床振动会对精密与超精密加工造成极大的危害。为了提高加工系统动态稳定性,除了在机床设计和制造方面采取各种消振、防振措施,还必须用隔振系统来保证机床不受或少受外界振动的影响。例如,将精密刻线机安装在工字钢和混凝土的“防振床”上,再用4个气垫支承约7.5吨的机床和防振床,气垫由气泵供给恒定压力的氮气,这种隔振方法能有效地隔离频率为 $6\sim 9\text{ Hz}$,振幅为 $0.1\sim 0.2\text{ }\mu\text{m}$ 的外来振动干扰。

3) 加工(切削)性能

精密与超精密加工必须能均匀地去除不大于工件加工精度要求的极薄的材料层,这是

精密与超精密加工的主要特点之一,它直接影响到工件表面的加工质量。

4) 加工设备

高精度加工设备是实施精密与超精密加工的必备条件之一。通常,高精度加工机床应具备以下条件:

(1)机床主轴应具有极高的回转精度及很高的刚性和热稳定性,如许多精密机床的主轴采用空气静压轴承和液体静压轴承。

(2)机床的进给系统应能提供极为精确的匀速直线运动,以保证在超低速条件下进给均匀,不发生爬行现象。

(3)机床必须配备位移精度极高的微量进给机构,以实现微量进给。

(4)机床采用计算机控制系统、自适应控制系统,避免手工操作而引起的随机误差。

5) 工件材料

工件材料的选择,不仅要考虑零件的硬度和刚度,而且更要注重材料加工的工艺性。并且,要求材料性能必须具有良好的均匀性和一致性,材料内部或表面的微观缺陷均会直接影响加工质量。

6) 测量技术

精密测量是精密与超精密加工的必要手段,否则无法判断加工精度。

1.2 常用的精密与超精密加工方法

常用的精密与超精密加工方法有金刚石刀具精密切削、超精密砂带磨削、新型的研磨和抛光、特种加工以及复合加工等。

1.2.1 金刚石刀具精密切削

金刚石刀具用于一般加工和精密加工。

金刚石精密切削主要用于加工铜、铝等有色金属,如高密度硬磁盘的铝合金基片,激光器的反射镜,复印机的硒鼓,光学平面镜、凹凸镜、抛物面镜等。

1) 金刚石刀具超精密加工的切削机理

金刚石刀具精密切削的加工余量仅为几微米,切削层非常薄(常在 $0.1\mu\text{m}$ 以下),因此,它的切削机理不同于一般的切削加工。金刚石刀具超精密切削时,背吃刀量有时可能小于工件材料晶粒的尺寸,切削在晶粒内进行,这时,切削力非常大,必须超过晶体内部原子、分子间的结合力,就会使切削刃上所承受的剪切应力急速增加,高达 $1\ 300\text{ MPa}$,因此,切削刃就会产生很大的应力,同时产生很大的热量,刀刃处的温度极高。金刚石刀具拥有很高的高温强度和硬度,而且材质细密,经过精细研磨,切削刃钝圆直径可达 $0.02\sim 0.005\mu\text{m}$,表面粗糙度值很小,因此可进行镜面切削,表面粗糙度 R_a 为 $0.05\sim 0.008\mu\text{m}$ 。此外,由于金刚石与有色金属的亲合力极低,摩擦系数小,切削有色金属时不易产生积屑。例如,用金刚石刀具精密切削高密度硬磁盘的铝合金基片,表面粗糙度可达 $R_a\ 0.003\mu\text{m}$,平面度可达 $0.2\mu\text{m}$ 。

2) 影响金刚石刀具精密切削的因素

影响金刚石刀具精密切削的因素很多,主要有以下几个方面: