

高等院校工程训练系列教材

● 宋树恢 朱华炳 主编 ●

工程训练

——现代制造技术实训指导

GONGCHENG XUNLIAN

合肥工业大学出版社

高等学校工程训练系列教材

工 程 训 练

——现代制造技术实训指导

主编 宋树恢 朱华炳

参编 胡友树 阚绪平 汪韶杰

盛英泰 吴 炜

合肥工业大学出版社

内 容 简 介

本书主要介绍了制造技术的发展历程、体系和趋势,数控车、数控铣、数控高速雕铣等数控加工技术,DNC 网络在线加工以及数控电火花线切割、电火花成型、超声波加工、激光加工和数控等离子切割等特种加工技术,并对其基本原理、设备结构、设备操作及加工工艺等均作了比较详细的介绍,同时还配有部分具体加工实例。另外对如何使用国产 2006 版的 CAXA 软件绘制三维造型和进行造型的后置处理以及如何使用雕铣加工的专用浮雕软件 Type3 也作了简单介绍。

本书为高等理工科院校有关专业的工程训练课程教材,也可供职业院校相关专业选用,还可供有关专业工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程训练:现代制造技术实训指导/宋树恢,朱华炳编. —合肥:合肥工业大学出版社, 2007.5

ISBN 978-7-81093-599-9

I. 工… II. ①宋…②朱… III. 机械制造工艺-高等学校-教材 IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 072905 号

工 程 训 练 ——现代制造技术实训指导

主 编 宋树恢 朱华炳

责任编辑 汤礼广

出 版 合肥工业大学出版社
地 址 合肥市屯溪路 193 号
邮 编 230009
电 话 总编室:0551-2903038
发行部:0551-2903198
网 址 www.hfutpress.com.cn
E-mail press@hfutpress.com.cn

版 次 2007 年 7 月第 1 版
2007 年 7 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 18
字 数 420 千字
发 行 全国新华书店
印 刷 安徽江淮印务有限公司

ISBN 978-7-81093-599-9

定价:29.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换

前 言

工程训练是一门实践性很强的技术基础课程。2003年10月国家教育部“工程材料及机械基础”课程指导小组在成都会议上通过了修订的《工程材料及机械制造基础课程教学基本要求》,其中要求工程训练课程中的现代(先进)制造技术训练课时必须占实习总课时的20%~40%。根据这一要求,合肥工业大学工业培训中心自建立以来,陆续开设了数控车、数控铣、CAD/CAM 计算机辅助设计制造、数控电火花线切割、数控电火花成型加工、数控网络在线加工、激光加工、数控等离子切割、电解加工等现代制造技术的训练课。到目前为止,这些训练课已占实习总课时的30%以上。本书是本中心全体教师根据多年积累的教学经验精心编写而成的。

本书是工程训练的实践指导书,因此内容以操作指导为主,但同时兼顾相关的工艺知识。

现代制造技术在工程训练课程中若能安排80学时以上的时间,建议将软件及网络的内容安排12学时,将数控车的内容安排24学时,将数控铣的内容安排32学时,将其他特种制造技术的内容安排12~16学时。也可以选择安排数控车或数控铣40学时,其他特种制造技术安排28~32学时。当课时少于80学时,可对本书内容进行适当筛选,或课内以操作为主,编程等“软操作”内容安排在课外执行。当课时较多时(如技能短训班),可增加工艺内容和训练模块的难度。软件使用及设备面板操作若采用多媒体课件则教学效果更为显著。

学生在使用本书时,首先应认真阅读有关操作过程的内容,其次要注意操作要领,做到在动手操作之前就心中有数,切忌盲目上机操作。

本书由宋树恢、朱华炳担任主编。编写具体人员及分工为:朱华炳(第1章)、胡友树(第2章)、宋树恢(第3章和第8章)、阚绪平(第4章和第6章)、吴炜(第5章)、汪韶杰(第7章)、盛英泰、宋树恢(第9章)。全书由宋树恢统稿。

由于能力和水平所限,书中难免存在错误和不妥之处,欢迎批评指正。

编 者

2007年6月

目 录

第 1 章 现代制造技术概述	(1)
1.1 制造技术的发展历程	(1)
1.2 现代制造技术的体系结构	(3)
1.3 现代制造技术的特点	(5)
1.4 现代制造技术的发展趋势	(6)
1.5 如何进行现代制造技术工程训练	(9)
第 2 章 数控车削加工	(10)
2.1 数控车床概述	(10)
2.2 数控车床加工工艺	(20)
2.3 数控车床的编程基础	(34)
2.4 数控车床基本功能指令	(41)
2.5 数控车床基本编程方法与应用	(44)
2.6 循环指令的编程与应用	(55)
2.7 数控车床基本操作技术	(70)
2.8 数控车床加工实训	(91)
第 3 章 数控铣削加工	(96)
3.1 数控铣床的结构	(96)
3.2 数控铣削加工工艺基础	(101)
3.3 数控铣简明编程指南	(110)
3.4 数控铣床的操作	(134)
第 4 章 数控雕铣机床	(146)
4.1 数控雕铣机床简介	(146)
4.2 Type3 系统软件操作方式及功能	(147)
4.3 SKY2000N 数控系统操作方式及功能	(160)
第 5 章 网络 DNC 技术	(173)
5.1 DNC 加工技术的发展概述	(173)
5.2 CAXA 网络 DNC 通信模块	(174)

第 6 章 CAXA 制造工程师软件的使用	(181)
6.1 CAXA 制造工程师软件简介	(181)
6.2 CAXA 的零件造型	(181)
6.3 CAXA 制造工程师软件的数控编程	(192)
6.4 后置处理	(200)
6.5 CAXA 制造工程师软件的零件加工实例	(201)
第 7 章 电火花线切割加工	(207)
7.1 电火花线切割加工概述	(207)
7.2 电火花线切割机床	(209)
7.3 控制系统的使用	(217)
7.4 加工程序	(222)
第 8 章 电火花成型加工技术	(233)
8.1 电火花成型加工原理	(233)
8.2 电火花成型加工工艺	(237)
8.3 数控电火花成型机床的结构及操作	(240)
第 9 章 特种加工	(248)
9.1 激光基本原理及加工	(248)
9.2 超声波基本原理及加工	(269)
9.3 等离子切割原理	(277)

第1章 现代制造技术概述

1.1 制造技术的发展历程

1.1.1 制造技术的发展历程

制造技术(Manufacturing Technology)是制造业为国民经济建设和人民生活生产各种必需物质(包括生产资料和消费品)所使用的一切生产技术的总称,是将原材料和其他生产要素经济合理地转化为可直接使用的具有较高附加价值的成品(半成品)和技术服务的技术群。

制造技术的发展是由社会、政治、经济等多方面因素而决定的。纵观其 200 年的发展历程,影响制造技术发展的最主要因素是技术的推动以及市场的牵引。在人类历史上,科学技术的每次革命,必然引起制造技术的不断进步,也推动了制造业的发展;随着人类的不断进步,人类需求的不断变化,从另一方面也推动了制造业的不断发展,促进了制造技术的不断进步。200 年来,在市场需求不断变化的驱动下,制造业的生产规模沿着“小批量→少品种大批量→多品种变批量”的方向发展;在科技高速发展的推动下,制造业的资源配置沿着“劳动密集→设备密集→信息密集→知识密集”的方向发展,与之相适应,制造技术的生产方式沿着“手工→机械化→单机自动化→刚性自动化→柔性自动化→智能自动化”的方向发展。

自 18 世纪以来,制造技术已经经过了五个发展时期:

1. 工场式生产时期

18 世纪后半叶,以蒸汽机和工具机的发明为特征的产业革命,揭开了近代工业的历史,促成了制造企业的雏形——工场式生产的出现。标志着制造业已完成从手工作坊式生产到以机械加工和分工原则为中心的工厂生产的艰难转变。

2. 工业化规模时期

19 世纪电气技术得到了发展,由于电气技术与其他制造技术的融合,开辟了崭新的电气化时代,制造业也得到飞速发展,制造技术实现了批量生产、工业化规范生产的新局面。

3. 刚性自动化时期

20 世纪初,内燃机的发明,引发了制造业的革命,流水生产线和泰勒式工作制得到了广泛的应用,两次世界大战,特别是第二次世界大战期间以降低成本为中心的刚性、大批大量制造技术和科学管理方式得到了很大的发展。

4. 柔性自动化时期

第二次世界大战后,计算机、微电子、信息和自动化技术有了迅速的发展,推动了制造技术向高质量生产和柔性生产的方向发展。在此期间,形成了一批新型的先进制造单元技术,如数控技术(NC)、计算机数控(CNC)、柔性制造单元(FMC)等。同时也诞生了一些新的生产管理方式,如准时生产制(JIT)、全面质量管理(TQM)等,开始实现现代化管理,以提高企业整体效益。

5. 综合自动化时期

自 20 世纪 80 年代以来,受市场需求多元化的牵引以及随着商业竞争的加剧,制造技术进入了以面向市场生产发展的新阶段,促进了制造业中包括设计、制造和管理在内的各种自动化单元技术的日益成熟和交叉融合,如计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)、计算机辅助工艺规划(CAPP)、计算机辅助工程(CAE)、计算机辅助检测(CAI)、制造资源规划(MRP II)、全面质量控制(TQC);加工制造领域的各种高效柔性生产技术与设备等发展得非常快,如分布式数控(DNC)、柔性制造系统(FMS)、机器人(ROBOT)、自动材料运输系统(AMV)、柔性装配系统(FAS)、快速原型制造技术(PRM)、精密成型技术及装备、激光等特殊加工技术与装备等;在此期间,体现新的制造理论的精益生产(LP)以及计算机集成制造系统(CIMS)开始得到了应用与推广。以计算机为中心的新一代信息技术已经从根本上改变了制造工程中信息技术的面貌和水平,并引发了其组织结构和运行模式的革命性飞跃。计算机集成制造系统的发展是这个阶段的一个重要特征。

1.1.2 制造业面临的挑战与机遇

21 世纪制造业仍将在国民经济的发展中拥有重要的地位,是国民经济的基础。制造技术仍是一个国家繁荣昌盛的最根本的基础技术之一,是直接创造社会财富的重要手段,是一个国家经济发展的主要技术支撑。

21 世纪制造业的发展面临如下挑战与机遇:

1. 有限的资源与日益增长环保压力的挑战

地球这个宇宙中的一个村落已日益变得更小,环境污染正威胁着人类的生存,而有限的资源正威胁着人类的继续发展。因而如何实现可持续发展已是 21 世纪人类的一个重要课题。现代制造技术的发展必须充分考虑资源紧缺与环保压力。绿色制造是 21 世纪制造技术的一个重要特征。绿色设计技术、汽车的拆卸与回收技术、生态工厂的循环式制造技术将得到迅速发展。

2. 消费观念变革及市场剧烈竞争

21 世纪消费者的行为更具有选择性,“客户化、小批量、快速交货”的要求不断增加,批量生产的产品逐渐为个性化、多样化的产品所取代,产品的生产和服务的界限越来越模糊,市场的动态多变性以及剧烈的竞争迫使制造业改变策略。

3. 制造全球化和贸易自由化的挑战

随着世界自由贸易体制的进一步完善及全球交通运输体系和通信网络的建立,国际经济合作与交往日趋紧密,全球产业界进入了结构大调整的重要时期,世界正在形成一个统一的大市场。制造业的全球化与一体化的格局已经初步形成。制造技术的发展必须与此相适应、新的生产模式必将是全球化的生产模式。

4. 信息技术为制造业的发展提供了良好的机遇

人类社会自上世纪 90 年代开始进入信息时代,信息给经济和社会带来了革命性的变化。信息产业已成为全球经济中最宏大、最具活力的产业。信息技术的发展将大大促进现代制造技术的发展。21 世纪的制造业正在从以机器为特征的传统技术时代向着以信息为特征的系统技术时代迈进。

1.1.3 各国应对制造业面临挑战的策略

1. 美国

20 世纪 80 年代末期,美国根据本国制造业面临的挑战与机遇,对其制造业存在的问题进行深刻反省,为了加强其制造业的竞争力和促进国民经济增长,1991 年,美国白宫科学技术政策办公室发表了《美国国家关键技术》的报告,该报告明确将柔性计算机集成制造、智能加工设备、微米级和毫米级制造以及系统管理技术等四项技术,作为制造技术领域列入美国总数为 22 项的国家关键技术中。

2. 日本

1990 年日本通产省提出了智能制造计划,投资 10 亿美元,并约请美国、欧共体、加拿大、澳大利亚等国参加研究,形成一个大型的国际共同研究项目。该项目的目的是:通过各发达国家之间的国际共同研究,使制造业在接受订货、开发、设计、生产、物流直至经营管理的全过程中,做到使各个装备和生产线的自律化、协调和集成,由此来适应和迎接当今世界制造全球化的发展趋势,减少庞大的重复投资,并通过先进、灵活的制造过程的实现来解决制造系统中的人为因素。

3. 欧共体

西欧各国的制造业强烈地感受到来自美国和日本的压力,制定了“尤里卡计划(EREC-A)”、“欧洲信息技术研究发展战略计划(ESPRIT)”和“欧洲工业技术基础研究(BRITE)”等一系列发展计划。其中 ESPRIT 计划把 CIM 中信息集成技术的研究列为五大重点项目之一,着力抓好 CIM 的设计原理、工厂自动化所需的先进微电子系统以及实时显示系统进行生产过程管理的三大课题。BRITE 计划重点资助材料、制造加工、设计以及工厂系统运作方式等方面的研究。

4. 中国

我国政府相当重视制造业,将其作为国民经济的物质基础、国家安全的重要保障和国家竞争力的重要支柱。积极开展现代制造理论与技术基础研究,提升我国重大机械装备的自主创新设计和制造能力,推动我国制造业向节能、降耗、环保、高效的方向转变,为国民经济和社会可持续发展提供持久的动力,并加强了这方面的基础理论与应用研究。如国家自然科学基金委员会提出“十一五”规划中的现代制造技术领域研究的主要科学问题有:复杂机电装备多物理过程交互规律与功能形成原理,加工制造过程多物理因素影响机理及其数字化描述,成形制造过程中材料组织演变规律和基于多尺度仿真的成形件性能预测,分布式制造系统信息作用规律与决策机制,极端时空条件下微纳制造参量对微纳器件宏观性能的影响规律,微纳尺寸零部件及特殊环境下的测量新原理和新方法,仿生机械学与生物制造,支持产品创新的数字化设计和制造理论基础等。

1.2 现代制造技术的体系结构

1.2.1 现代制造技术的分类

现代制造技术所涉及的领域非常广泛,国际上通常采用“技术群”的概念来描述其基本的体系结构。一般认为,现代制造技术主要包括 5 大技术群,如图 1-1 所示。

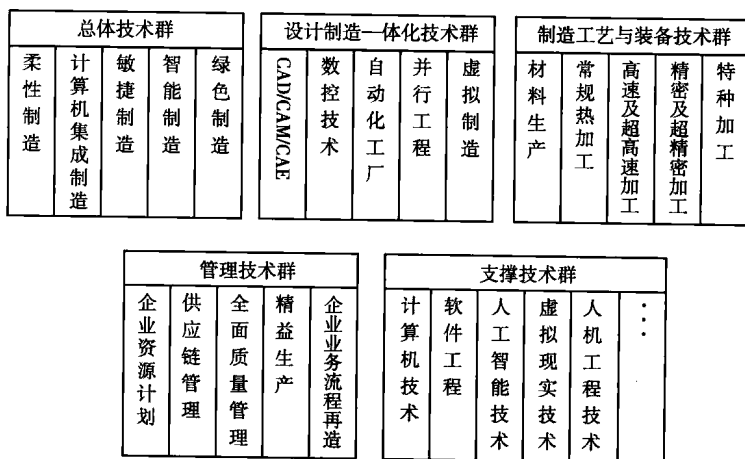


图 1-1 现代制造技术的五大技术群

1. 系统总体技术群

主要包括柔性制造、计算机集成制造、敏捷制造、绿色制造等先进制造技术。

2. 设计制造一体化技术群

主要包括计算机辅助设计、计算机辅助制造、计算机辅助工程、数控技术、自动化工厂、并行工程、虚拟制造等。

3. 制造工艺与装备技术群

主要包括材料生产工艺与装备、常规热加工工艺与装备、高速及超高速加工工艺与装备、精密与超精密及纳米加工工艺与装备、特种加工工艺与装备等。

4. 管理技术群

主要包括企业资源计划、供应链管理、全面质量管理、精益生产、企业业务流程再造等。

5. 支撑技术群

主要包括标准化技术、计算机技术、软件工程、数据库技术、多媒体技术、通信技术、人工智能技术、虚拟现实技术、人机工程学、环境科学等。

1.2.2 现代制造技术的多层次体系

现代制造技术是制造业为了提高竞争力以适应时代要求,对制造技术不断优化及推陈出新而形成的高新技术群。美国机械科学研究院(AMST)提出的现代制造技术由多层次技术群构成的体系。强调了现代制造技术从先进基础制造技术、新型制造单元技术到现代制造集成技术的发展阶段,也表明了在新产业及市场需求的带动之下,在各种高新技术(如能源技术、材料技术、微电子技术和计算机技术以及系统工程和管理科学)的推动下现代制造技术的发展过程。

现代制造技术的多层次技术群结构如图 1-2 所示。

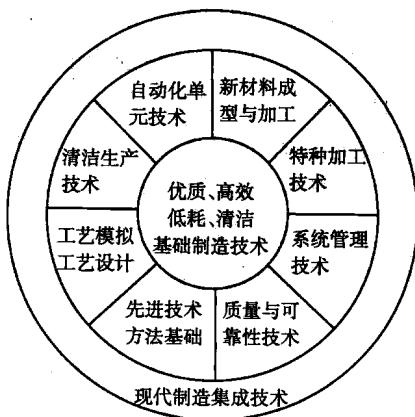


图 1-2 现代制造技术的多层次技术群结构

第一层次是先进基础制造技术。铸造、锻压、焊接、热处理、表面保护、机械加工等基础工艺至今仍是生产中大量采用、经济适用的技术,这些基础工艺经过优化而形成的优质、高效、低耗、清洁的基础制造技术是现代制造技术的核心及重要组成部分。这些基础技术主要有精密下料、精密塑性成形、精密铸造、精密加工、精密测量、毛坯强韧化、精密热处理、优质高效连接技术、功能性防护涂层及各种与设计有关的基础技术、各种现代管理技术。

第二层次是新型的制造单元技术。这是在地市场需求及新兴产业的带动下制造技术与电子、信息、新材料、新能源、环境科学、系统工程、现代管理等高新技术结合而形成的崭新的制造技术,如制造业自动化单元技术、极限加工技术、质量与可靠性技术、系统管理技术、CAD/CAM、清洁生产技术、新材料成形加工技术、激光与高密度能源加工技术、工艺模拟及工艺设计优化技术等。

第三层次是现代制造集成技术。这是应用信息技术和系统管理技术,通过网络与数据库对上述两个层次的技术集成而形成的,如FMS、CIMS以及虚拟制造技术等。

1.3 现代制造技术的特点

现代制造技术主要涉及材料、力学、信息、管理、能源和纳米科学等研究领域。最大的特点就是多学科交叉融合。具体有以下特点:

1. 技术的实用性

现代制造技术最重要的特点在于,它首先是一项面向工业应用、具有很强实用性的新技术。从现代制造技术的发展过程,特别是达到的目标与效果来看,无不反映这是一项对国民经济的发展可以起重大作用的实用技术。现代制造技术的发展往往是针对某一具体的制造业(如汽车制造、电子工业)的需求而发展起来的先进、适用的制造技术,有明确的需求导向特征;现代制造技术不是以追求技术的高新为目的,而是注重产生最好的实践效果,以提高效益为中心,以提高企业的竞争力和促进国家经济增长和综合实力为目标。

2. 应用的广泛性

现代制造技术相对传统制造技术在应用范围上的一个很大不同点在于,传统制造技术通常只是指各种将原材料变成成品的加工工艺,而现代制造技术虽然仍大量应用于加工和装配过程,但由于其组成中包括了设计技术、自动化技术、系统管理技术,因而将其综合应用于制造的全过程,覆盖了产品设计、生产准备、加工与装配、销售使用、维修服务甚至回收再生的整个过程。

3. 技术的动态性

由于现代制造技术本身是在针对一定的应用目标,不断地吸收各种高新技术逐渐形成并不断发展的新技术,因而其内涵不是绝对的和一成不变的。反映在不同的时期,现代制造技术有其自身的特点;反映在不同的国家和地区,现代制造技术有其本身重点发展的目标和内容,通过重点内容的发展以实现这个国家和地区制造技术的跨越式发展。

4. 技术的集成性

传统制造技术的学科、专业单一独立,相互间的界限分明;现代制造技术由于专业和学科间的不断渗透、交叉、融合,界限逐渐淡化甚至消失,技术趋于系统化、集成化,已发展成为集机械、电子、信息、材料和管理技术为一体的新型交叉学科。

5. 技术的系统性

传统制造技术一般只能驾驭生产过程中的物质流和能量流。随着微电子、信息技术的引入,使现代制造技术还能驾驭信息生成、采集、传递、反馈、调整的信息流动过程。现代制造技术是可以驾驭生产过程的物质流、能量流和信息流的系统工程。

6. 生产的优质、高效、低耗、清洁化和灵活性

现代制造技术的核心是优质、高效、低耗、清洁等基础制造技术,它是从传统的制造工艺发展起来的,并与新技术实现了局部或系统集成。现代制造技术除了通常追求的优质、高效外,还要针对 21 世纪人类面临的有限资源与日益增长的环保压力的挑战,实现可持续发展,要求实现低耗、清洁。此外,现代制造技术也必须面临人类在 21 世纪消费观念变革的挑战,满足对日益“挑剔”的市場的需求,实现灵活生产。

7. 对动态多变的产品市场的适应性

为提高企业的竞争能力,能对市场变化做出更灵敏的反映,确保经济效益持续稳步的提高,现代制造技术比传统的制造技术更加重视技术与管理的结合,更加重视制造过程组织和管理体制的简化以及合理化,从而产生了一系列先进的制造模式。随着世界自由贸易体制的进一步完善,以及全球交通运输体系和通信网络的建立,制造业将形成全球化与一体化的格局,新的制造技术也必将是全球化的模式。

1.4 现代制造技术的发展趋势

我们正处于以电子、信息、自动化、人工智能、新材料为核心的新技术革命的巨大浪潮的冲击,制造业正面临着严峻的挑战与机遇。在这样一个历史时期,制造技术在广泛吸收高新技术的优秀成果,并与之相互渗透、融合和衍生,产生急剧的变化,另外还不断地对其加以改造,使所制造的产品达到功能(Function)、交货期(Time to Market)、质量(Quality)、价格(Cost)、服务(Service)均优良,即 FTQCS 五个要素缺一不可。

随着电子、信息等高新技术的不断发展,随着市场需求个性化与多样化,未来制造技术发展的总趋势是向精密化、柔性化、网络化、虚拟化、智能化、清洁化、集成化、全球化的方向发展。现代制造技术的发展趋势大致有以下几个方面:

1. 信息技术所起的作用越来越大

信息化是当今社会发展的趋势,信息技术正在以人们想像不到的速度向前发展。信息技术也正在向制造技术注入和融合、促进着制造技术的不断发展。可以说现代制造技术的形成与发展,无不与信息技术的应用与注入有关。它使制造技术的技术含量提高,使传统制造技术发生质的变化。

信息技术促进着设计技术的现代化和加工制造的精密化、快速化、柔性化、智能化以及整个制造过程的网络化、全球化。各种先进生产模式的发展,如 CIMS、并行工程、精益生产、敏捷制造、虚拟企业与虚拟制造,也无不以信息技术的发展为支撑。

2. 设计技术不断现代化

产品设计是制造业的灵魂。现代设计技术的主要发展趋势是:

(1)设计手段的计算机化 在实现了计算机辅助设计和绘图的基础上,当前其突出反映在数值仿真或虚拟现实技术在设计中的应用、现代产品建模理论的发展及向智能化设计方

向发展等方面。

(2)新的设计思想和方法不断出现 如并行设计、面向“X”的设计(Design For X——DFX)、健壮设计(Robust Design)、优化设计(Optimal Design)、反求工程技术(Reverse Engineering)等。

(3)向全寿命周期设计发展 传统的设计只限于产品设计,全寿命周期设计则由简单的、具体的、细节的设计转向复杂的总体的设计,要通盘考虑包括设计、制造、检测、销售、使用、维修、报废等阶段的产品整个生命周期。

(4)设计过程由单纯考虑技术因素转向综合考虑技术、经济和社会因素 设计不只是单纯追求某项性能指标的先进和高低,而是注意考虑市场、价格、安全、美学等方面的影响。

3. 成形及改性制造技术向精密、精确、少能耗、无污染方向发展

成形制造技术是铸造、塑性加工、连接、粉末冶金等单元技术的总称。成形制造技术正在从制造工件的毛坯、从接近零件形状(Near Net Shape Process)向直接制成工件即精密成形或称净成形(Net Shape Process)的方向发展。塑性成形与磨削加工相结合,将取代大部分中小零件的切削加工。改性技术主要包括热处理及表面工程各项技术。改性技术主要发展趋势是通过各种新型精密热处理和复合处理达到零件组织性能精确、形状尺寸精密以及获得各种特殊性能要求的表面(涂)层,同时大大减少能耗及完全消除对环境的污染。

4. 加工制造技术向着超精密、超高速以及发展新一代制造装备的方向发展

(1)超精密加工技术 目前加工精度达 $0.025\mu\text{m}$,表面粗糙度达 $0.0045\mu\text{m}$,已进入纳米级加工时代。超精切削厚度由目前的红外波段向可见光波段甚至更短波段趋近;超精加工机床向多功能模块化方向发展;超精加工材料由金属扩大到非金属。

(2)超高速切削加工 目前铝合金超高速切削加工的切削速度已超过 1600m/min ,铸铁为 1500m/min ,超耐热镍合金为 300m/min ,钛合金为 200m/min 。超高速切削的发展已转移到一些难加工材料上。

(3)新一代制造装备的发展 市场竞争和新产品、新技术、新材料的发展推动着新型加工设备的研究与开发,其中典型的例子是“并联桁架式结构数控机床”(或俗称“六腿”机床)的发展。它突破了传统机床的结构方案,采用六个轴长短的变化,以实现刀具相对于工件的加工位姿的变化。

5. 工艺由技艺发展为工程科学,工艺模拟技术得到迅速发展

工艺设计由经验判断、定向定量分析的技艺发展为工程科学。

热加工过程的数值模拟与物理模拟是一个重要的发展方向,是使热加工工艺由技艺走向科学的重要标志。在铸造、锻压、焊接、热处理等工艺设计中应用数值模拟,并与物理模拟和专家系统相结合,来确定工艺参数,优化工艺方案,预测加工过程中可能产生的缺陷及应采取的防止措施,控制和保护加工工件的质量。采用这种科学的模拟技术并与少量的实验验证结合,以代替过去一切都要通过大量重复实验的方法,不仅可以节省大量的人力和物力,而且还可以通过数值模拟来解决一些目前尚无法在实验室进行直接研究的复杂问题。

工艺模拟也得到较快发展并应用于金属切削加工过程、产品设计过程。最新的进展是在并行工程环境下,开展虚拟成形制造,使得在产品的设计完成时,成形制造的准备工作的(如铸造)也同时完成。

6. 专业、学科间的界限逐渐淡化、消失

现代制造技术的不断发展,在冷热加工之间,加工、检测、物流、装配过程之间,设计、材料应用、加工制造之间,其界限均逐渐淡化,逐步走向一体化。例如 CAD、CAPP、CAM 的出现,使设计、制造成为一体;精密成形技术的发展,使热加工可能直接提供接近最终形状、尺寸的零件,它与磨削加工相结合,有可能覆盖大部分零件的加工,淡化了冷热加工的界限;快速原型/零件制造(Rapid Prototyping/Parts Manufacturing,RPM)技术的产生,可以自动而迅速地将设计思想物化为具有一定结构和功能的原型或直接制造零件,淡化了设计、制造的界限;机器人加工工作站及 FMS 的出现,使加工过程、检测过程、物流过程融为一体;现代制造系统使得自动化技术与传统工艺密不可分;很多新型材料的配制与成型是同时完成的,很难划清材料应用与制造技术的界限。这种趋势表现在生产上是专业车间的概念逐渐淡化,将多种不同专业的技术集成在一台设备、一条生产线、一个工段或车间里的生产方式逐渐增多。

7. 绿色制造将成为制造业的重要特征

日趋严格的环境与资源的约束,使绿色制造显得越来越重要,它将是 21 世纪制造业的重要特征,与此相应,绿色制造技术也将获得快速的发展。主要体现在:

(1)绿色产品设计技术 使产品在生命周期符合环保、人类健康、能耗低、资源利用率高的要求。

(2)绿色制造技术 在整个制造过程,使得对环境负面影响最小,废弃物和有害物质的排放最小,资源利用效率最高。

(3)产品的回收和循环再制造 例如汽车、家电等产品的拆卸和回收技术,以及生态工厂的循环式制造技术。它主要包括生产系统工厂(致力于产品设计和材料处理、加工及装配等阶段)和恢复系统工厂(主要对产品生命周期结束时的材料处理)之间的循环。

8. 虚拟现实技术在制造业中获得越来越多的应用

虚拟现实技术(Virtual Reality Technology)主要包括虚拟制造技术和虚拟企业两个部分。

虚拟制造技术将从根本上改变了设计、试制、修改设计、规模生产的传统制造模式。在产品真正制出之前,首先在虚拟制造环境中生成软产品原型(Soft Prototyping)代替传统的硬样品(Hard Prototyping)进行试验,对其性能和可制造性进行预测和评价,从而缩短产品的设计与制造周期,降低产品的开发成本,提高系统快速响应市场的能力。

虚拟企业是为了快速响应某一市场需求,通过信息高速公路,将产品涉及到的不同企业临时组建成为一个没有围墙、超越空间约束、靠计算机网络联系、统一指挥的合作经济实体。虚拟企业的特点是企业的功能上的不完整、地域上的分散性和组织结构上的非永久性,即功能的虚拟化、组织的虚拟化、地域的虚拟化。

9. 信息技术、管理技术与工艺技术紧密结合,先进制造生产模式获得不断发展

制造业在经历了少品种小批量→少品种大批量→多品种小批量生产模式的过渡后,从 20 世纪 70 年代开始采用计算机集成制造系统(CIMS)进行制造的柔性生产的模式,并逐步向智能制造技术(IMT)和智能制造系统(IMS)的方向发展。精益生产(LP)、敏捷制造(AM)等先进制造模式相继出现。今后,先进制造生产模式必将获得不断的发展。

1.5 如何进行现代制造技术工程训练

高等工程教学的目的是为社会培养高级工程技术与管理人才,我们依据制造系统工程的思想,通过现场讲解、操作训练、讨论、作业、考试或考察等环节,使学生在有限的时间内形成对现代制造技术的初步认识,为后续的课程学习奠定基础。

目前国内高等学校对现代制造技术的应用和实践教学十分重视,都相继建立了现代制造技术工程训练基地,加强了现代制造技术操作技能的培训。学生在这方面的兴趣很高,普遍欢迎。但现代制造技术涉及的知识面宽,内容广泛,设备品种规格多,费用也非常高,同时由于学生人数较多,设备也随之要有一定的数量。因此,任何一所学校都不可能把所有现代制造技术涉及到的最前沿的技术和设备全部介绍给学生。如何充分利用现有条件进行现代制造技术工程训练是各个学校需要认真研究和解决的问题。

首先,学生进入现代制造技术各模块实习,应重在了解现代制造技术的某些加工手段与传统加工手段的区别和创新之处,要分析是加工能源或加工工艺的根本变革还是控制方法的变化(前者需要彻底摆脱传统加工方法的束缚,后者可以借鉴传统加工工艺)。特别是注意用传统和现代制造技术两种不同的方法来加工同一类工件,比较其效果,找到适用的方法。

其次,现代制造技术大多借助计算机控制,计算机操作方面是学生的强项,要防止学生重计算机使用轻设备操作、形成新的“重软轻硬”的倾向。必须加强设备操作训练,特别是技术参数选择和设备操作手法的训练。

再者,除了设备操作的训练之外,对设备本身结构的组成和控制系统也需要进行详细的介绍,做到知其然,知其所以然,以区别于单纯的操作工培训。

由于实习时间有限,实训教学安排建议不要面面俱到,应当根据教学大纲,在全面了解的基础上,重点掌握好一到两种现代制造技术设备的操作技能。

第2章 数控车削加工

2.1 数控车床概述

数控车床又称为 CNC(Computer Numerical control)车床,即计算机数字控制车床,也是目前使用较为广泛的数控机床之一。数控车床由于应用了计算机数控系统,进给采用伺服电机驱动,可连续控制刀具的纵向(Z轴)和横向(X轴)运动,从而可以完成对各类回转体工件内外形面的自动加工。

2.1.1 数控车床的特点与用途

2.1.1.1 数控车床的特点

与普通车床相比,数控车床具有以下特点:

1. 采用了全封闭或半封闭防护装置

数控车床采用封闭防护装置可在加工中防止切屑飞出给操作者带来的意外伤害以及防止切削液的溅出。

2. 采用自动排屑装置

数控车床大多采用斜床身结构布局,排屑方便,便于采用自动排屑机。

3. 主轴转速高,工件装夹安全可靠

数控车床大都采用了液压卡盘,夹紧力调整方便可靠,同时也降低了操作工人的劳动强度。

4. 可自动换刀

数控车床都采用了自动回转刀架,在加工过程中可自动换刀,连续完成多道工序的加工。

5. 采用高性能的主传动及主轴部件

由于采用了高性能的主传动和主轴部件,具有传递功率大、刚度高、抗振性好及热变形小的优点。

6. 采用高效进给传动元件

数控车床一般采用滚珠丝杠螺母副和传动间隙消除机构等,具有传动精度高、响应快、磨损小、传动链短的优点。

7. 主传动、进给传动分离

数控车床的主传动与进给传动采用了各自独立的伺服电机,使传动链变得简单、可靠,同时,各电机既可单独运动,也可实现多轴联动。

8. 车床本身具有较高的动态、静态刚度。

2.1.1.2 数控车床的用途

数控车削加工是数控加工中应用最多的加工方法之一。综合数控车床的特点,数控车床适合加工具有以下要求和特点的各类回转体零件。

1. 精度要求高的回转体零件

由于数控车床刚性好,制造精度高,并且能方便地进行人工补偿和自动补偿,所以能加工精度要求较高的零件,甚至可以以车代磨。此外,数控车床刀具的运动是通过高精度插补运算和伺服驱动来实现的,并且工件的一次装夹可完成多道工序的加工,因此提高了加工工件的形状精度和位置精度。

2. 表面粗糙度小的回转体零件

数控车床具有恒线速度切削功能,能加工出表面粗糙度小且均匀的零件。因为在工件材质、精车余量和刀具已定的情况下,表面粗糙度取决于进给量和切削速度。切削速度的变化会导致表面粗糙度的不一致,而使用恒线速度切削功能,就可使加工过程中的切削速度不随零件直径的变化而变化,从而使车削后的表面粗糙度既小且一致。

3. 表面形状复杂的回转体零件

由于数控车床具有直线、圆弧、螺纹等插补功能,可以车削由直线、圆弧及非圆曲线组成的形状复杂的回转体零件。

4. 带特殊螺纹的回转体零件

数控车床具有加工各类螺纹的功能,包括任何等导程的直螺纹、锥螺纹和端面螺纹、增导程和减导程螺纹,如图2-1所示为数控车床实现螺纹加工的控制原理图。在主轴箱安装有光电脉冲编码器,主轴的运动可通过同步带轮传动副以1:1传到脉冲编码器。当主轴旋转时,脉冲编码器便发出检测脉冲信号给数控系统,使主轴的旋转与刀架的进给保持同步关系,实现主轴转一转,刀架移动一个工件导程的运动关系。

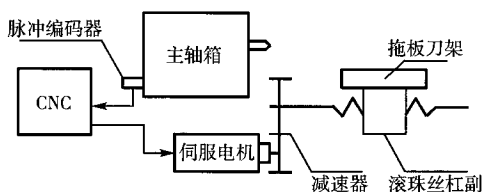


图 2-1 数控车床运动控制原理图

5. 超精密、超低表面粗糙度值的零件

要求超高的精度和超低表面粗糙度的零件,适合在高精度、高性能的数控车床上加工。数控车床超精加工的轮廓精度可达 $0.1\mu\text{m}$,表面粗糙度达 $R_a 0.2\mu\text{m}$ 。

2.1.2 数控车床的分类及主要技术参数

2.1.2.1 数控车床的分类

由于数控车床品种繁多,规格不一,因而有多种不同的分类方法,目前,对数控车床的分类主要有以下几种方法。

1. 按功能技术水平分类

按照数控车床的技术水平或机械结构,可以将数控车床分类如下:

(1)经济型数控车床:经济型数控车床是相对标准全功能型数控车床而言的。其特点是根据实际的使用要求,合理地简化系统,降低价格。经济型数控车床通常是在普通车床基础上改进设计而成,一般为采用步进电动机驱动的开环控制伺服系统,其控制部分通常采用单板机、单片机。随着时代的发展,对经济型数控车床有了新的界定,它与全功能型数控车床