



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

Modern Manufacturing Technology

现代制造技术 (第2版)

王细洋 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

现代制造技术

(第2版)

王细洋 编著



国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书首先阐述现代先进制造技术的背景和技术范畴,之后结合最新的技术发展动态和研究成果,系统介绍高速切削技术、快速成形技术、微细加工技术、绿色制造技术和现代制造模式。在现代制造模式内容中,阐述制造模式的重要性和发展历程,介绍精益生产以及敏捷制造、分散网络化制造、柔性制造、集成制造、制造业信息化等方面的内容。

本书特点在于技术阐述的系统性和内容的新颖性,尤其重点介绍作为先进制造技术重要组成部分的制造模式。

本书可作为普通高等院校机械工程类、材料加工类、制造工程类、管理工程类本科生的教材或参考书,也可作为相关专业研究生教材或参考书,并可供制造业工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代制造技术/王细洋编著. —2版. —北京:国防工业出版社,2017.6

ISBN 978-7-118-11309-9

I. ①现… II. ①王… III. ①机械制造工艺
IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 116302 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 100048)

腾飞印务有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 21 字数 482 千字

2017 年 6 月第 2 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 48.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

人类文明的发展历史实际上就是制造技术的发展历史。制造技术是衡量国家经济发展水平和国力强弱的最重要标志。

现代制造技术,也称先进制造技术(Advanced Manufacturing Technique, AMT),是传统制造业不断地吸收机械、信息、电子、材料、能源及现代管理等方面的最新技术成果,并将其综合应用于产品开发与设计、制造、检测、管理及售后服务的制造全过程,实现优质、高效、低耗、清洁、敏捷制造,并取得理想技术经济效益的前沿制造技术的总称。从本质上可以说,现代制造技术是传统制造技术、信息技术、自动化技术和现代管理技术等有机融合。

现代制造技术是一门综合性、交叉性的前沿学科和技术,学科跨度大,内容广泛,涉及生产制造、经营管理、设计、市场等各个方面。作为机械工程类、制造工程类研究生和本科生,必须了解和掌握现代制造技术各个发展领域的理论、方法和动态。编者自2000年开始为机械工程类和航空宇航制造工程类本科生和研究生开设了这门课程,进行了高速切削技术、敏捷制造和制造业信息化等方面的研究。根据多年教学经验和科研积累,在自编教案的基础上,编写了本书。

本书力求将现代制造技术领域中研究最活跃、应用前景最广阔的单元技术介绍给读者。内容兼顾广泛性和一定的理论深度,并反映最新的研究动态和发展方向。本书可用于①机械设计制造及自动化、飞行器制造工程类本科生;②机械工程类(如机械电子工程、机械制造自动化、机械设计理论)和制造工程类(如航空宇航制造工程、材料加工工程)研究生;③制造领域工程技术人员和研究人员参考。

本书内容包括7章。

第1章概述制造技术发展历程;现代制造技术的背景、领域和范畴。

第2章介绍高速切削技术的理论和方法,包括高速切削机理、高速切削刀具、高速切削机床,以及高速切削技术在航空制造领域的典型应用。

第3章介绍快速成形技术原理、方法(工艺方法和数据处理方法)和设备,以及快速成形技术在新产品开发和模具设计制造中的应用,具体包括立体光刻成形、选区激光烧结、熔融沉积制造和分层实体制造工艺。

第4章介绍特种加工技术原理、方法和应用,包括电火花加工、电化学加工、高能束加工和超声加工。

第5章介绍微细加工技术原理、方法和应用,包括硅微细加工技术、LIGA技术和准LIGA技术、微细电火花加工技术、微细切削技术以及纳米加工技术。

第6章介绍绿色制造产生背景和内涵、绿色产品和绿色标志,重点介绍绿色设计方法和绿色机械制造以及绿色再制造技术。

第7章介绍现代制造模式,首先介绍制造模式的发展历程,之后重点介绍精益生产、敏捷制造、分散网络化制造、柔性制造、计算机集成制造以及制造业信息化。

本书由王细洋教授编写,万在红副教授审阅。由于作者水平有限,书中难免存在缺点和不足,恳请各位专家和读者批评指正。本书配有PPT课件,可到国防工业出版社网站(www.ndip.cn)“资源下载”栏目下载,有问题可与编者联系,编者的电子邮箱为 nchucnc@126.com。

本书获得南昌航空大学教材出版基金资助,特此致谢。

编 者

目 录

第 1 章 现代制造技术概论	1
1.1 制造技术发展历程	1
1.2 现代制造技术背景与内涵	2
1.3 现代制造技术体系结构	3
第 2 章 高速切削技术	5
2.1 概述	5
2.1.1 高速切削技术发展历程	5
2.1.2 高速切削速度范围	7
2.1.3 高速切削优越性	8
2.1.4 高速切削关键技术	9
2.2 高速切削基础理论	10
2.2.1 切屑形成	10
2.2.2 切削热和切削温度	12
2.2.3 切削力	13
2.2.4 刀具磨损和破损	14
2.2.5 高速切削表面质量	16
2.3 高速切削机床	16
2.3.1 高速加工对机床的要求	17
2.3.2 高速主轴系统	18
2.3.3 高速进给系统	22
2.3.4 高速机床支撑部件	28
2.3.5 高速数控系统	30
2.3.6 高速加工中心	31
2.4 高速加工工具系统	34
2.4.1 高速加工工具系统应满足的要求	34
2.4.2 常规工具系统	35

2.4.3	高速工具系统	37
2.5	高速切削刀具技术	41
2.5.1	高速切削刀具材料	42
2.5.2	高速切削刀具结构	47
2.5.3	高速切削参数	48
2.6	高速切削监控技术	48
2.6.1	刀具状态检测	48
2.6.2	机床位置检测	49
2.6.3	工件状态检测	50
2.6.4	机床工况监控	50
2.7	高速切削技术在航空制造中的应用	51
2.7.1	航空结构件特点	51
2.7.2	航空结构件高速切削刀具	52
2.7.3	航空结构件高速切削参数与切削方式	52
2.7.4	航空结构件切削走刀策略与装夹方式	53
第3章	快速成形技术	55
3.1	概述	55
3.1.1	零件成形方法分类	55
3.1.2	快速成形技术过程	55
3.1.3	快速成形技术特点	56
3.2	快速成形工艺	57
3.2.1	立体光刻成形	57
3.2.2	选区激光烧结	62
3.2.3	熔融沉积制造	67
3.2.4	分层实体制造	69
3.2.5	其他快速成形制造工艺	72
3.3	快速成形技术中的数据处理	74
3.3.1	快速成形技术中的数据来源	74
3.3.2	STL 数据格式	76
3.3.3	三维模型分层处理	80
3.3.4	数据处理中的其他问题	83
3.4	快速成形技术中的后处理	88
3.4.1	剥离	89
3.4.2	修补、打磨和抛光	89

3.4.3 表面涂覆	89
3.5 快速成形精度分析	90
3.5.1 工艺和设备对成形精度的影响	90
3.5.2 数据处理过程对成形精度的影响	91
3.5.3 成形过程对精度的影响	94
3.5.4 后处理过程对成形精度的影响	94
3.6 快速成形技术应用	95
3.6.1 新产品研制	95
3.6.2 快速模具制造	97
3.7 快速成形技术的进展	105
3.7.1 功能梯度材料的快速成形	106
3.7.2 金属直接成形技术	107
第4章 特种加工技术	108
4.1 概述	108
4.1.1 特种加工方法特点与分类	108
4.1.2 特种加工对材料可加工性和结构工艺性的影响	110
4.2 电火花加工技术	111
4.2.1 电火花加工原理	111
4.2.2 电火花加工过程	112
4.2.3 电火花加工特点与分类	115
4.2.4 电火花加工基本规律	116
4.2.5 脉冲电源	120
4.3 电化学加工	122
4.3.1 电化学加工原理	122
4.3.2 电化学加工特点与分类	126
4.3.3 电解加工	126
4.3.4 电铸加工	132
4.4 激光加工技术	139
4.4.1 激光及激光加工原理	139
4.4.2 激光加工设备	142
4.4.3 激光器	143
4.4.4 激光加工应用	144
4.5 电子束加工	148
4.5.1 电子束加工原理	148

4.5.2	电子束加工设备	150
4.5.3	电子束加工工艺	151
4.6	离子束加工	154
4.6.1	离子束加工原理	155
4.6.2	离子束加工装置	156
4.6.3	离子束加工方法	156
4.7	超声波加工	159
4.7.1	超声波加工的原理和特点	160
4.7.2	超声波加工设备	161
4.7.3	超声波加工速度、加工精度、表面质量及其影响因素	164
4.7.4	超声波加工应用	166
第 5 章	微细加工技术	169
5.1	微机械与微细加工概述	169
5.1.1	微机械	169
5.1.2	微细加工技术	170
5.2	硅微细加工技术	172
5.2.1	硅的体微加工	173
5.2.2	硅的面微加工	178
5.3	光刻	179
5.3.1	掩膜制作	179
5.3.2	光刻过程	180
5.4	LIGA 技术与准 LIGA 技术	181
5.4.1	LIGA 技术	181
5.4.2	准 LIGA 技术	185
5.4.3	用 LIGA 进行微三维结构的加工	186
5.4.4	LIGA 技术与准 LIGA 技术的应用	187
5.5	微细电火花加工	188
5.5.1	微细电火花加工的特点与实现条件	189
5.5.2	微细电火花加工关键技术	190
5.5.3	基于 LIGA 技术的微细电火花加工	196
5.5.4	微细电火花线切割加工	196
5.6	微细切削加工技术	197
5.6.1	微切削加工机理	197
5.6.2	微细车削	198

5.6.3	微细铣削	202
5.7	薄膜气相沉积技术	203
5.7.1	物理气相沉积	203
5.7.2	化学气相沉积	206
5.7.3	薄膜在机械工程中的应用	208
5.8	纳米加工技术	208
5.8.1	纳米技术	208
5.8.2	纳米加工机理与关键技术	209
5.8.3	纳米级加工精度	210
5.8.4	基于扫描探针显微镜的纳米加工	211
第6章	绿色制造	216
6.1	概述	216
6.1.1	绿色制造背景	216
6.1.2	绿色制造内涵	219
6.2	绿色产品	220
6.2.1	绿色产品特点	220
6.2.2	绿色标志	221
6.2.3	绿色产品评价	223
6.3	绿色设计概述	224
6.3.1	绿色设计概念	225
6.3.2	绿色设计原则与内容	225
6.4	产品总体绿色设计	227
6.4.1	产品概念创新	227
6.4.2	产品结构优化	227
6.4.3	产品生产过程优化	228
6.4.4	优化产品销售网络	228
6.4.5	减少产品使用阶段的潜在环境影响	229
6.4.6	产品的回收处理	229
6.5	材料的绿色选择	230
6.5.1	产品材料对环境的影响	230
6.5.2	绿色材料	230
6.5.3	材料绿色选择	233
6.6	可拆卸性设计与可回收性设计	236
6.6.1	产品拆卸与回收的方法与原则	236

6.6.2	可拆卸性设计	238
6.6.3	可回收性设计	240
6.6.4	产品生命周期中的回收	241
6.7	绿色包装	241
6.7.1	绿色包装含义	242
6.7.2	绿色包装方法	242
6.7.3	绿色包装设计实例	245
6.8	绿色机械制造	246
6.8.1	概述	246
6.8.2	绿色干切削技术	247
6.8.3	低温强风冷却切削	256
6.8.4	绿色热处理技术	257
6.8.5	绿色铸造技术	261
6.9	绿色再制造	262
6.9.1	绿色再制造工程的含义	262
6.9.2	绿色再制造工程的实施基础	265
6.9.3	绿色再制造工程的分类、组成与关键技术	266
6.9.4	表面工程技术	268
6.9.5	汽车再制造工程	270
第7章	制造模式	273
7.1	概述	273
7.1.1	制造模式的发展历程	273
7.1.2	先进制造模式	276
7.2	精益生产	277
7.2.1	丰田公司的精益生产方式	277
7.2.2	精益生产方式特征	281
7.2.3	生产制造领域中的精益化	282
7.2.4	精益生产方式中的产品开发	295
7.2.5	精益生产方式中的质量管理	296
7.2.6	精益生产方式中的准时采购	298
7.3	敏捷制造	299
7.3.1	敏捷制造内涵	300
7.3.2	敏捷制造要素	301
7.3.3	虚拟企业组建	303

7.3.4	敏捷制造关键技术	305
7.4	网络化制造	306
7.4.1	网络化制造与网络化制造系统	307
7.4.2	网络化制造涉及的技术	307
7.4.3	网络化制造的实施方法	308
7.4.4	网络化制造实例	309
7.5	柔性制造	312
7.5.1	柔性制造系统	312
7.5.2	柔性制造	314
7.6	计算机集成制造	314
7.6.1	计算机集成制造概念	314
7.6.2	计算机集成制造系统组成	316
7.6.3	计算机集成制造的实施	317
7.7	智能制造	318
7.7.1	工业 4.0	318
7.7.2	智能制造	320
参考文献		323

第 1 章 现代制造技术概论

制造业是指将制造资源,包括物料、设备、工具、资金、技术、信息和人力等,通过制造过程转化为社会所需产品的行业。制造业是现代国民经济的重要支柱,是社会创造财富的主要来源。世界上各个国家经济的竞争,主要是制造业的竞争。

制造业的发展水平取决于制造技术水平。人类文明的发展历史实际就是制造技术的发展历史。制造技术的发展水平高低是衡量国家经济发展水平和国力强弱的最重要标志。

1.1 制造技术发展历程

制造的含义十分广泛。狭义上的制造是指产品的制造过程,凡是投入一定的原材料,使原材料在物理性质和化学性质上发生变化而转化为产品的过程,无论其生产过程是连续型的还是离散型的,都称为制造过程。机电、冶金、化工、纺织、电子等行业都属于制造业范畴。

广义上的制造包含产品的全生命周期过程,国际生产工程学会(CIRP)1990 年给出了定义:“制造是一个涉及制造工业中产品设计、物料选择、生产计划、生产过程、质量保证、经营管理、市场销售和服务的一系列相关活动和工作的总称。”制造技术是制造业生产各种必要物质(包括生产资料和消费品)所使用的一切生产工具和技术的总称。

人类文明的发展与制造业的进步密切相关。制造技术的发展是由社会、政治、经济等多方面因素决定的,但最主要的因素是科学技术的推动和市场的牵引。纵观历史,科学技术的每次重大进展都推动了制造技术的发展,人类的需求不断增长和变化,也促进了制造技术的不断进步。

(1) 制造技术萌芽。早在石器时代,人类就开始利用天然石料制作工具,以获得生活资料。到了青铜器和铁器时代,人们开始采矿、冶炼、铸锻工具,并开始制作纺织机械、水力机械、运输车辆等,以满足以农业为主的自然经济的需要。在绵延近万年的农业经济发展进程中,制造技术的创新与进步,始终是农业生产发展和人类文明进步的支柱和推动力。但由于农业经济本身的束缚,当时的制造业只能采用作坊式手工业的生产方式,生产原动力主要是人力,局部利用水力和风力。

(2) 工业革命。18 世纪 70 年代,蒸汽机的改进和纺纱机的诞生,引发了第一次工业革命,制造技术获得了飞速的发展。近代工业化的生产方式产生,手工劳动逐渐被机器生产所代替。制造业从手工业作坊生产转变为以机械加工和分工原则为基础的工厂。

(3) 电气化。19 世纪中叶,电磁场理论的建立为发电机和电动机的产生奠定了基础,从而迎来了电气化时代。人们以电力作为动力源,使机器的结构和性能发生了重大的

变化。与此同时,互换性原理和公差制度应运而生。所有这些使制造业发生了重大变革,并进入了一个快速发展时期。

(4) 大批量生产。20 世纪初,大批量流水生产线和泰勒式工作制及其科学管理方法,在汽车制造等行业得到了应用,生产率获得极大的提高。特别是第二次世界大战期间,以降低成本为目的的刚性、大批量自动化制造技术和科学管理方式得到很大发展。大批量流水生产线不仅降低了产品的生产成本,还能保证产品的良好质量,最具有代表性的产品是福特公司的“T”型车。

(5) 多品种中小批量生产。自第二次世界大战之后到 20 世纪 70 年代,计算机、微电子、信息和自动化技术的迅速发展推动了生产方式由大、中批量生产自动化向多品种小批量柔性生产自动化转变。传统的自动化生产方式只有在大批量生产的条件下才能实现,而数控机床,尤其是数控加工中心的出现则使中小批量生产自动化成为可能。在此期间,形成了一系列先进制造技术,如计算机数控加工、柔性制造技术等。传统的大批量生产方式已难以满足市场多变的需要,多品种、中小批量生产日渐成为制造业的主流生产方式,并出现了一些先进制造模式。同时,现代化生产管理模式,如准时制生产、全面质量管理,开始应用于制造业。

(6) 信息化和全球化。自 20 世纪 80 年代以来,计算机、信息、电子、材料、网络等技术迅速发展,促进了制造业中各种单元自动化技术逐渐成熟和完善。产品市场的全球化和用户需求的多样化,使得市场竞争日益激烈,出现了许多新的制造技术和制造方法。在设计领域,如计算机辅助设计与制造(CAD)、计算机辅助工程(CAE)、计算机辅助工艺规划(CAPP);在制造领域,如计算机数控(CNC)、高速切削技术、精密与超精密加工技术、快速成形技术,微细加工技术/纳米制造技术;在经营管理领域,如物料需求计划(MRP)、制造资源规划(MRP II)、企业资源规划(ERP)等;在制造系统和制造模式方面,如计算机集成制造系统(CIMS)、并行工程(CE)、精益生产、敏捷制造和分散网络化制造等。能源危机,环境恶化,资源短缺,导致了绿色制造技术的出现和发展。各种先进的技术装备相继出现并有较大发展,如虚拟轴机床、可重构机床、精密焊接技术与装备、微制造技术与设备、快速成形系统、激光加工技术与装备等。

1.2 现代制造技术背景与内涵

现代制造技术,也称为先进制造技术。20 世纪 80 年代末,美国制造业面临德国和日本的竞争,持续衰退。1988 年,美国政府资助了“21 世纪制造企业战略”研究,并于其后不久提出了先进制造技术发展目标,制定并实施了先进制造技术计划(ATP)和制造技术中心计划(MTC),以加强美国制造业的竞争能力。先进制造技术计划主要研究内容包括现代设计方法与技术、先进制造工艺与技术、先进制造过程的支撑技术与辅助技术以及制造基础设施(指对上述技术进行管理、推广、应用的方法和机制)。先进制造技术(Advanced Manufacturing Technology, AMT)的概念就是在上述背景下提出的,并得到了全球工业化国家的关注。

从全球范围看,近 30 年来,制造业面临着严峻的挑战和机遇,传统的制造技术和制造模式难以适应,从而引发了制造技术、制造模式和管理技术的剧烈变革。

(1) 新技术革命使得制造业的资源配置必须由劳动密集型转向技术密集型和知识密集型,制造技术要向自动化、智能化的方向发展,否则企业将丧失竞争力。社会市场需求的多样化促使制造模式向着柔性制造发展,生产规模必须由大批量转为多品种、变批量,企业才能应对买方市场。

(2) 网络时代和信息技术的进步使得信息和信息技术成了制造业的主宰因素,产品制造模式、企业经营观念必须更新。

(3) 有限资源与日益增长的环境保护压力,要求从生产的始端就注重污染的防范,以节能、降耗、减污为目标,实现环境与发展的良性循环,最终达到可持续发展。

(4) 制造全球化和贸易自由化的挑战使制造业市场出现了前所未有的国际化,跨国集团直接威胁到本土制造企业的生存。

对于现代制造技术的定义,较为普遍的看法是:现代制造技术是传统制造业不断地吸收机械、信息、电子、材料、能源及现代管理等方面的最新技术成果,并将这些技术优化、集成,综合应用于产品开发与设计、制造、检测、管理及售后服务的制造全过程,实现优质、高效、低耗、清洁、敏捷制造,并取得理想技术经济效果和社会效益的前沿制造技术的总称。

从本质上可以说,现代制造技术是传统制造技术、信息技术、自动化技术和现代管理技术等的有机融合。现代制造技术是 21 世纪的制造技术,是制造技术的最新发展阶段,具有以下特点。

(1) 现代制造技术贯穿了从市场预测、产品设计、采购和生产经营管理、制造装配、质量保证、市场销售、售后服务、报废处理回收再利用等整个制造过程。

(2) 现代制造技术注重技术、管理、人员三者的集成,是多学科交叉融合的产物,核心是信息技术、现代管理技术和制造技术的有机结合。

(3) 现代制造技术的主要目标是提高制造业对市场的适应能力和竞争力。

(4) 现代制造技术重视环境保护和资源的合理利用。

1.3 现代制造技术体系结构

现代制造技术是由传统制造技术与以信息技术为核心的现代科学技术相结合的一个完整的高新技术群,已在一定程度上形成了体系结构。对于现代制造技术体系的结构,有不同的看法。有人认为,其技术体系可以分为 5 大技术群。

(1) 系统总体技术群。包括与制造系统集成相关的总体技术,如柔性制造、计算机集成制造、敏捷制造、智能制造、绿色制造等。

(2) 管理技术群。包括与制造企业的生产经营和组织管理相关的各种技术,如计算机辅助生产管理、制造资源计划、企业资源计划、供应链管理、动态联盟企业管理、全面质量管理、准时生产、企业过程重组等。

(3) 设计制造一体化技术群。包括与产品设计、制造、检测等制造过程相关的各种技术,如并行工程、CAD/CAPP/CAM/CAE、虚拟制造、可靠性设计、智能优化设计、绿色设计、快速原型技术、质量功能配置、数控技术、检测监控、质量控制等。

(4) 制造工艺与装备技术群。包括与制造工艺及装备相关的各种技术,如精密超精密加工工艺及装备、高速超高速加工工艺及装备、特种加工工艺及装备、特殊材料加工工

艺、少无切削加工工艺、热加工与成型工艺及装备、表面工程、微机械系统等。

(5) 支撑技术群。包括上述制造技术的各种支撑技术,如计算机技术、数据库技术、网络通信技术、软件工程、人工智能、虚拟现实、标准化技术、材料科学、人机工程学、环境科学等。

本书按照设计、制造和管理的习惯思维,将现代制造技术划分为如下3个部分。

(1) 产品设计技术。将 CAD 和 CAE 全面应用于产品设计, CAD 协助完成产品设计中全部或大部分事务性的工作, CAE 协助完成工程分析工作。发展趋势有: 并行设计(或并行工程, Concurrent Engineering)、面向 X(如装配、回收、拆卸)的设计 DFx、健壮设计(Robust Design)、反求工程(Reverse Engineering)等。

(2) 单元制造技术。传统的零件制造方法是毛坯成形和机械加工; 随着产品性能要求的提高和市场竞争的全球化, 高速切削技术、快速成形制造技术、微细加工技术、精密制造技术、绿色制造技术等成为现代制造技术的主流。新一代制造装备为这些技术的实现提供了前提和保证。

(3) 现代制造模式。除了直接服务于制造业的制造技术问题之外, 制造业的另一个核心问题是制造模式问题。制造模式是一个企业的生产模式、组织模式、管理模式、信息模式的总称。广义的现代制造技术概念包含制造模式问题。现代制造模式有精益生产、敏捷制造、分散网络化制造、计算机集成制造、柔性制造等, 其共同特点是为了实现基于时间的竞争策略, 强调生产制造的哲理, 以及环境和战略的协同。生产经营管理技术可以认为是制造模式问题的一部分。

展望未来, 随着电子、信息、材料等高新技术的不断发展, 为适应市场需求的多变性与多样化, 制造技术将会朝着精密化、柔性化、集成化、网络化、全球化、虚拟化、智能化和清洁化的方向发展。

本书着重讨论单元先进制造技术和现代制造模式。

第2章 高速切削技术

2.1 概述

高速切削技术是指在比常规切削速度高出很多的情况下进行的切削加工,有时也称为超高速切削(Ultra-High Speed Machining)。以高切削速度、高进给速度、高加工精度和优良的加工表面质量为主要特征的高速切削加工技术具有不同于传统切削加工技术的加工机理和应用优势,已在航空航天、模具加工、汽车制造等行业得到了广泛应用,加工对象包括铝镁合金、钢、铸铁、超级合金及碳纤维增强塑料等材料。

机床的高速化已成为机械制造业中不可阻挡的发展潮流,如果说数控机床的产生是现代机床发展史上的一次革命,那么高速机床的应用则是现代机床工业的第二次革命。

2.1.1 高速切削技术发展历程

完成一个零件机械加工所需要的时间包括切削时间和非切削时间。切削时间是直接改变工件尺寸和形状所需的时间,非切削时间包括辅助时间、服务时间和休息时间。辅助时间用于工序中的辅助动作,包括装卸工件、操作机床、改变切削用量、试切和度量工件尺寸等。服务时间用于更换磨钝了的刀具、加工时进行刀具微调、修整刀具和砂轮等,还包括工作班开始时分配工具、了解工艺文件以及工作班结束时收拾工具、清除切屑、润滑和擦拭机床等所耗费的时间。

在数控机床出现以前,机械零件加工过程所花费的时间大部分是辅助时间,因而提高机械制造效率的主要着眼点集中在减少加工过程的非切削时间方面。随着数控机床的普及应用,机械加工的自动化程度大大提高。数控加工中心、柔性制造单元(FMC)和柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)的应用,解决了自动换刀、自动装卸工件等问题,在更大的程度上提高了整个零件加工的自动化水平,提高了生产率,也大大降低了零件加工辅助时间在总工序时间中所占的比例。例如,目前加工中心自动换刀时间已缩短到小于1s,快速空程速度已提高到30~60m/min。以缩短辅助工时为手段来提高生产效率,意义不再明显。切削时间占总工序时间的比例越来越大,提高生产率的主要措施转移到直接减少切削时间方面。

减少切削时间最直接的手段是提高切削速度,但切削速度的提高受到理论和技术方面的制约。根据传统的金属切削理论,随着切削速度的提高,切削热增加,切削温度升高,刀具的磨损加剧,刀具寿命缩短。更换刀具的时间和成本可能远远超出由于切削时间的缩短带来的节约。切削温度升高到一定的极限,则刀具材料和工件材料均无法承受。在机床方面,随着切削速度的提高,机床的发热、振动以及动平衡等问题都凸显出来。正是