



普通高等教育“十二五”机电类规划教材

精品力作



MACHINERY



机械制造工艺学

刘传绍 苏建修 主编
郑建新 赵武 副主编

- 精品课程配套教材
- 采用国家最新标准
- 配套习题、答案、课件等教学资源
- 教学资源请登录华信教育资源网 (www.hxedu.com.cn) 免费获取



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

普通高等教育“十二五”机电类规划教材

TH16/300

2011

机械制造工艺学

刘传绍 苏建修 主 编

郑建新 赵 武 副主编

姬清华 宁李谱 连黎明 参 编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书主要介绍机械零件冷加工和装配工艺中的共性规律问题,内容包括机械加工工艺规程的制定、机床夹具设计、典型零件加工与加工方法、机械加工质量、机器的装配工艺、提高劳动生产率和技术经济分析、现代制造技术的发展与前沿等。

本书适合本科院校和高职高专院校机械类专业和近机械类专业用做教材或参考书,也可供从事机械制造的工程技术人员参考和培训使用。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造工艺学 / 刘传绍, 苏建修主编. —北京: 电子工业出版社, 2011.9
普通高等教育“十二五”机电类规划教材
ISBN 978-7-121-13596-5

I. ①机… II. ①刘… ②苏… III. ①机械制造工艺—高等学校—教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第091253号

策划编辑: 李 洁

责任编辑: 刘 凡

印 刷: 北京季峰印刷有限公司

装 订: 三河市鹏成印业有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 20.75 字数: 531千字

印 次: 2011年9月第1次印刷

印 数: 3000册 定价: 36.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

《机械制造工艺学》是机械类专业的主要专业课之一。本书是按照全国高校教育教学改革要求,遵循“重视基础、精简学时、拓宽口径”的改革思路,结合自身教学工作实践和高等学校近年来教学改革的探索与实践经验成果编写而成的。本书可作为本科院校和高职高专院校机械类专业和近机械类专业的专业课教材。

为了有利于掌握本书的基本内容和教学重点,本书在内容安排和知识阐述方面,注重循序渐进,力求深广适度,坚持内容少而精。除第3章“典型零件加工与加工方法”和第8章“现代制造技术的发展与前沿”供各院校结合具体情况选择性教学外,主要内容包括工艺规程的制订、机床夹具设计、机械加工质量控制等,大体上适用于64学时左右的教学要求。

本书由河南理工大学刘传绍教授组织编写。编写大纲由刘传绍、苏建修、郑建新、赵武四位同志共同制订。编写人员及负责的编写工作如下:第1章和第4章由河南理工大学刘传绍和郑建新共同编写,第7章由河南科技学院苏建修编写,绪论和第5章由河南理工大学赵武编写,第2章由河南科技学院宁李谱编写,第3章由新乡学院姬清华编写,第6章和第8章由新乡学院廉黎明编写。全书由刘传绍和苏建修任主编,由郑建新负责统稿及初稿修订工作。

由于编者水平有限,加之编写时间仓促,书中不妥之处难免,恳请读者批评指正。

编 者

2011年8月

《机械制造工艺学》读者意见反馈表

尊敬的读者：

感谢您惠购本书。为了能为您提供更优秀的教材，请您抽出宝贵的时间，将您的意见以下表的方式（可从 <http://www.hxedu.com.cn> 下载本调查表）及时告知我们，以改进我们的服务。对采用您的意见进行修订的教材，我们将在该书的前言中进行说明并赠送您样书。

姓名：_____ 电话：_____

职业：_____ E-mail：_____

邮编：_____ 通信地址：_____

1. 您对本书的总体看法是：

很满意 比较满意 尚可 不太满意 不满意

2. 您对本书的结构（章节）： 满意 不满意 改进意见_____

3. 您对本书的例题： 满意 不满意 改进意见_____

4. 您对本书的习题： 满意 不满意 改进意见_____

5. 您对本书的实训： 满意 不满意 改进意见_____

6. 您对本书其他的改进意见：

7. 您感兴趣或希望增加的教材选题是：

请寄：100036 北京万寿路 173 信箱机电与交通分社 李洁 收

电话：010-88254501 E-mail: lijie@phei.com.cn

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为，歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396; (010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

目 录

绪论	(1)
0.1 机械制造工艺学的主要研究内容	(1)
0.1.1 制造业的地位和作用	(1)
0.1.2 制造技术的发展现状	(2)
0.1.3 制造自动化技术的发展趋势	(3)
0.1.4 现代制造技术的特点	(3)
0.1.5 制造工艺核心论	(4)
0.1.6 现代制造技术的发展方向	(6)
0.1.7 机械制造工艺的关键技术和新兴技术	(6)
0.2 内容和任务	(7)
0.3 学习方法	(7)
第 1 章 机械加工工艺规程的制定	(9)
1.1 机械加工工艺过程基本概念	(9)
1.1.1 生产过程与工艺过程	(9)
1.1.2 机械加工工艺过程的组成	(10)
1.1.3 生产类型及其工艺特点	(13)
1.2 机械加工工艺规程的制定	(15)
1.2.1 机械加工工艺规程的作用	(15)
1.2.2 制定工艺规程的原则、原始资料及步骤	(18)
1.3 制定机械加工工艺过程的主要问题	(21)
1.3.1 确定毛坯	(21)
1.3.2 定位基准选择	(24)
1.3.3 工艺路线的拟定	(29)
1.3.4 加工余量的确定	(34)
1.3.5 工序尺寸与公差的确	(38)
1.4 工艺尺寸链	(39)
1.4.1 尺寸链概念	(39)
1.4.2 尺寸链的分类	(40)
1.4.3 直线尺寸链的计算	(41)
习题 1	(50)
第 2 章 机床夹具设计基础	(53)
2.1 概述	(53)
2.1.1 夹具的作用	(53)
2.1.2 夹具的分类	(54)
2.1.3 夹具的组成	(55)
2.2 定位原理及定位元件	(56)

2.2.1	定位原理	(56)
2.2.2	定位元件	(61)
2.3	定位误差分析	(68)
2.3.1	定位误差及产生的原因	(68)
2.3.2	定位误差分析计算	(70)
2.4	工件的夹紧及夹紧装置	(78)
2.4.1	夹紧装置的组成和基本要求	(79)
2.4.2	设计夹紧装置的基本准则	(79)
2.4.3	常见的夹紧装置	(82)
2.5	机床夹具设计	(88)
2.5.1	机床夹具设计的基本要求	(88)
2.5.2	夹具设计的基本步骤	(89)
2.6	典型夹具应用实例分析	(91)
2.6.1	车床夹具	(91)
2.6.2	钻床夹具	(92)
2.6.3	铣床夹具	(97)
2.6.4	镗床夹具	(99)
	习题 2	(100)
第 3 章	典型零件加工与加工方法	(102)
3.1	轴类零件加工	(102)
3.1.1	概述	(102)
3.1.2	CA6140 车床主轴的加工工艺	(105)
3.1.3	丝杠加工工艺	(111)
3.1.4	主轴的检验	(116)
3.2	圆柱齿轮加工	(117)
3.2.1	概述	(117)
3.2.2	圆柱齿轮的机械加工工艺过程及工艺分析	(119)
3.3	箱体加工	(124)
3.3.1	概述	(124)
3.3.2	箱体零件的结构工艺性	(126)
3.3.3	箱体零件机械加工工艺过程分析	(128)
3.3.4	箱体的平面加工	(132)
3.3.5	箱体零件的孔系加工	(133)
	习题 3	(138)
第 4 章	机械加工精度	(140)
4.1	概述	(140)
4.1.1	机械加工精度的概念	(140)
4.1.2	加工精度的获得方法	(141)
4.2	机械加工精度的影响因素及控制	(142)
4.2.1	工艺系统几何误差对加工精度的影响	(144)

4.2.2	工艺系统受力变形对加工精度的影响	(154)
4.2.3	工艺系统受热变形对加工精度的影响	(162)
4.2.4	工件残余应力引起的加工误差	(166)
4.3	保证和提高加工精度的途径	(168)
4.3.1	直接减小误差法	(168)
4.3.2	误差补偿法	(170)
4.3.3	误差分组法	(171)
4.3.4	误差转移法	(171)
4.3.5	“就地加工”达到最终精度	(172)
4.3.6	主动测量与闭环控制	(172)
4.4	加工误差的综合分析	(173)
4.4.1	加工误差的性质	(173)
4.4.2	加工误差的统计分析	(174)
	习题 4	(183)
第 5 章	机械加工表面质量	(185)
5.1	概述	(185)
5.1.1	机械加工表面质量含义	(185)
5.1.2	机械加工表面质量对机器产品使用性能和使用寿命的影响	(186)
5.1.3	机械加工表面质量的研究内容	(188)
5.2	表面粗糙度影响的工艺因素及其改善的工艺措施	(188)
5.2.1	切削加工表面粗糙度	(188)
5.2.2	磨削加工表面粗糙度	(191)
5.2.3	超精研、研磨、珩磨和抛光加工的表面粗糙度	(194)
5.3	影响表层力学物理性能的工艺因素及其改进的工艺措施	(197)
5.3.1	加工表面层的冷作硬化	(197)
5.3.2	表面层金属的金相组织变化	(201)
5.3.3	表面层金属的残余应力	(205)
5.3.4	表面层强化工艺	(207)
5.3.5	减小残余拉应力、防止表面烧伤和裂纹的工艺措施	(209)
5.4	控制加工表面质量的途径	(211)
5.4.1	控制加工工艺参数	(211)
5.4.2	采用适当的精加工与光整加工方法作为终加工工序	(212)
5.4.3	采用表面强化工艺	(214)
5.4.4	表面质量的检查	(215)
5.5	机械加工中的振动及其控制措施	(216)
5.5.1	机械加工中的振动及其分类	(216)
5.5.2	机械加工中的强迫振动及其控制措施	(217)
5.5.3	机械加工中的自激振动及其控制措施	(224)
5.5.4	机械加工中振动的诊断技术	(228)
5.5.5	机械加工振动的防治	(230)

习题 5	(232)
第 6 章 提高劳动生产率和技术经济性分析	(234)
6.1 提高劳动生产率的工艺措施	(234)
6.1.1 劳动生产率的基本含义	(234)
6.1.2 缩短基本时间	(235)
6.1.3 缩短辅助时间	(236)
6.1.4 同时缩短基本时间和辅助时间	(236)
6.1.5 缩短准备终结时间	(237)
6.2 提高劳动生产率的综合性措施	(238)
6.2.1 改进产品结构设计	(238)
6.2.2 改进产品加工工艺	(238)
6.2.3 改善产品生产组织和管理方式	(238)
6.2.4 采用计算机技术	(238)
6.3 工艺方案的技术经济性分析	(239)
6.3.1 工艺成本的组成	(239)
6.3.2 工艺成本的计算	(239)
6.3.3 工艺方案比较及经济性分析	(240)
6.4 高效及自动化加工	(241)
6.4.1 大批大量生产常用的加工方法	(241)
6.4.2 中小批生产常用的加工方法	(241)
6.4.3 各种自动化系统的经济性比较分析	(242)
6.5 机械加工的优化	(243)
6.5.1 概述	(243)
6.5.2 单工序切削用量的优化	(244)
6.5.3 多工序切削用量的优化	(248)
习题 6	(249)
第 7 章 机器的装配工艺	(250)
7.1 概述	(250)
7.1.1 机器装配的基本概念	(250)
7.1.2 装配系统图	(252)
7.1.3 装配精度与零件精度	(253)
7.2 装配尺寸链	(255)
7.2.1 装配尺寸链的建立	(255)
7.2.2 装配尺寸链的查找	(257)
7.2.3 装配尺寸链的计算方法	(259)
7.3 保证装配精度的方法	(259)
7.3.1 互换装配法	(260)
7.3.2 分组装配法	(267)
7.3.3 修配装配法	(269)
7.3.4 调整装配法	(274)

7.4	装配工艺规程的制定	(277)
7.4.1	准备原始资料	(277)
7.4.2	确定装配方法与装配的组织形式	(278)
7.4.3	划分装配单元, 确定装配顺序	(279)
7.4.4	装配工序的划分与设计	(281)
7.4.5	填写装配工艺文件	(281)
7.4.6	制定产品检测与试验规范	(284)
7.5	机器结构的装配工艺性	(284)
7.5.1	机器结构应能分成独立的装配单元	(284)
7.5.2	减少装配的修配和机械加工	(285)
7.5.3	机器结构应便于装配和拆卸	(286)
7.6	机器装配自动化	(287)
7.6.1	自动化装配与装配机器人	(288)
7.6.2	装配自动线	(289)
	习题 7	(289)
第 8 章	现代制造技术的发展与前沿	(291)
8.1	概述	(291)
8.1.1	现代制造技术的发展过程	(291)
8.1.2	现代制造技术的产生及特点	(292)
8.1.3	现代制造技术的内容	(293)
8.2	难加工材料的特种加工	(294)
8.2.1	基本概念	(294)
8.2.2	电火花加工	(295)
8.2.3	电解加工	(298)
8.2.4	超声加工	(298)
8.2.5	激光加工	(299)
8.2.6	电子束加工	(301)
8.2.7	离子束加工	(302)
8.3	超精密加工技术	(303)
8.3.1	概述	(303)
8.3.2	精密和超精密加工方法	(304)
8.3.3	微细加工技术	(308)
8.3.4	纳米技术	(310)
8.4	机械制造系统的自动化与计算机辅助制造技术	(310)
8.4.1	机械制造系统自动化	(310)
8.4.2	成组技术	(312)
8.4.3	柔性制造系统	(316)
8.4.4	计算机集成制造系统	(319)
	习题 8	(320)

绪 论

0.1 机械制造工艺学的主要研究内容

0.1.1 制造业的地位和作用

制造是人类社会发展的基础，也促进了人类社会的发展。从石器、陶器的制作，到蒸汽机、内燃机的发明，再到现在的集成电路、纳米技术的应用，全都离不开制造。人类活动的水平极大程度地受到制造水平的约束。所以，制造业的发展水平是一个国家工业化程度发展进程的重要标志，其关键所在是制造工艺的发展和 innovation。这是一个永恒的主题，是设想、概念、科学技术物化的基础和手段，是国家经济与国防实力的综合体现，是国家工业化的关键。

任何机械都是由零件组成的。其中，轴、套、箱体、活塞、连杆、齿轮、螺杆、凸轮等零件可由不同材料经毛坯成型、机械加工（达到图纸规定的结构几何形状和质量要求）、组件、部件和装配过程而完成，最终满足产品的性能要求。虽然各种机械产品的用途和零件结构的差别很大，但其制造工艺的共同性，决定了机械零件冷加工和装配工艺中具有共性规律，这就是机械制造工艺学所要研究的内容，也是人类长期生产实践和科学研究成果的积累和总结。工艺研究与发展产品品种、保证和提高产品质量、提高生产效率、节约能源和降低原材料消耗、取得更大的技术经济效益及改善企业管理有着十分密切的关系。要解决好机械制造工艺问题，应从“优质、高产、低消耗”（即质量、生产率、经济性）三个方面的指标来评价。

工艺管理可把生产过程按一定的规律组织生产,以最有效的手段和尽可能低的成本制造出符合质量要求的产品。工艺管理是工程技术科学,侧重于工艺性分析、产品工艺方案制定、工艺规程编制、新工艺的应用与推广等;它通过采用新工艺、新材料而获得因为节约材料、能源、工时等所产生的经济效益,这是发展生产力的最直接因素。全面质量管理要求在制造过程中,对人、机、料、法(工艺方法)、环(环境条件)等因素处在有数据反馈的控制状态中,经过PDCA(Plan-Do-Check-Action)循环,达到稳定与提高产品质量的目的。

机械制造,工艺为本——这就要求必须有正确的理论指导。机械制造工艺学就是为揭示机械制造过程的物理本质与规律而产生的科学。概括而言,它是研究如何科学、最优地生产各种技术装备的一门技术科学,即研究在制造中优质、高产、低耗地生产机械装备的原理和方法。其中的工艺技术水平最终要体现在装备水平上,这是对机械制造实践过程的经验总结和规律应用。抓住机械制造工艺这个根本,才能发展和提高制造业的水平。

0.1.2 制造技术的发展现状

制造技术的发展,目前主要表现在以下几个方面。

(1) 制造系统的集成技术和系统技术是制造研究的热点,主要集中于单元系统和专门技术的研究,除控制技术(数控技术、过程控制和过程监控等)和计算机辅助技术(CAD、CAPP、CAM和CAE等)外,集成技术包括制造系统的信息集成和功能集成技术(CIMS)、过程集成技术(并行工程CE)、企业间集成技术(敏捷制造AM)等;系统技术包括制造系统分析技术、制造系统建模技术、制造系统运筹技术、制造系统管理技术和制造系统优化技术等。

(2) 注重研究制造自动化系统中人的作用。随着实践的深入和无人化工厂的实施失败,人们对“人”在制造自动化系统中不可替代的重要作用进行了重新认识,提出了“人机一体化制造系统”、“以人为中心的制造系统”等新思想,其内涵就是发挥人的核心作用,使人与机器处于优化合作的地位,实现制造系统中人与机器一体化的人机集成决策机制,以取得制造系统的最佳效益。

(3) 单元系统的研究仍占有重要位置。单元系统是以一台或多台数控加工设备和物料储运系统为主体,在计算机统一控制管理下,进行多品种、中小批量零件自动化加工生产的机械加工系统的总称。它是计算机集成制造系统(CIMS)的重要组成部分,也是自动化工厂中,车间作业计划的分解决策层和具体执行机构。

(4) 制造过程的计划和调度研究十分活跃,但罕有实用成果。美国Ingersoll铣床公司曾分析传统制造工厂中从原料进厂到产品出厂的制造全过程。结果表明,对单个零件而言,只有5%的时间被用于机械加工、95%的时间被用于零件的物流运输或等待。优化制造过程的计划和调度就是想方设法减少这95%的时间,这也是提高制造生产率的重要发展方向。

(5) 柔性制造朝深度和广度发展。数控是柔性制造的基础。柔性制造系统(FMS)不仅注重信息流集成,也强调物料流集成与自动化,其运行可靠性依赖于物流自动化设备的正常运行。FMS中,分布式数控(DNC)强调信息集成及其自动化,物料流的控制与执行可大量介入人机交互,具有投资小、见效快、柔性好和可靠性高等特点,因而近年来的研究非常活跃。

(6) 适应现代生产模式的制造环境的研究正在兴起。当前,及时制造生产(Just in Time)、并行工程(Concurrent Engineering)、精良生产(Lean Production)、敏捷制造(Agile Manufacturing)等现代制造模式的提出和研究推动了制造自动化技术研究和应用的发展,适应了现代制造模式

的应用需要。

(7) 底层加工系统的智能化和集成化研究非常活跃。在目前的智能制造系统(IMS)计划中,已经提出智能完备制造系统(HMS),它是由智能完备单元复合而成;其底层设备具有开放、自律、合作、适应柔性、可靠、易集成和鲁棒性好等特性。

0.1.3 制造自动化技术的发展趋势

近年,制造自动化技术的发展趋势可用“六化”来简要描述,即制造全球化、制造敏捷化、制造网络化、制造虚拟化、制造智能化和制造绿色化。制造自动化是一个动态概念,有十分广泛和深刻的内涵。目前制造技术的活跃研究集中在制造系统的集成技术和系统技术、人机一体化制造系统、制造单元技术、制造过程的计划和调度、柔性制造技术和适应现代生产模式的制造环境等研究方面。从历史和现代的角度看待现代制造技术的发展形势,关注制造技术的永恒性和广义制造论及工艺核心论,分析制造工艺技术的核心作用和现代制造工艺理论及技术的发展,是当前机械制造工艺学发展面临的关键。

0.1.4 现代制造技术的特点

制造技术已形成一门科学。现代机械制造工艺学是在系统论、方法论、信息论和协同论等基础上形成制造系统工程学的。这就是广义制造,它体现出制造概念的扩展。广义制造的形成过程主要有:

(1) 制造、设计一体化。体现制造和设计的密切结合,形成设计制造一体化,设计不仅指产品设计,还包括工艺设计、生产调度设计、质量控制设计等。

(2) 材料成型机理的扩展。目前的加工成型机理明确地将加工分为去除加工、结合加工和变形加工。

(3) 制造技术的综合性。现代制造技术是以机械为主体,融会光、电、信息、材料等学科的综合体,并与管理科学、社会科学、文化、艺术、人机工程、生物工程和生命科学等结合,拓展出新领域。

(4) 产品的全生命周期。制造的范畴从过去的设计、加工和装配发展为产品的全生命周期,包括市场调研、设计、制造、销售、维修和报废处理等。

(5) 生产制造模式的发展。计算机集成制造技术是制造与信息结合的产物,集成制造系统强调信息集成,其后出现了柔性制造、敏捷制造、虚拟制造、网络制造、大规模定制、绿色制造、智能制造和协同制造等多种制造模式,有效地提高了制造技术的水平,扩展了制造技术的领域。

信息技术给制造技术带来革命性的变化。机、电、信息一体化是现代制造的基石。机械是主体,电、信息是不可分割的手段,制造技术中的数控技术、传感器技术等是三者结合的典型,三者的结合是数字化制造、数字化社会的技术基础。

先进制造技术是关键。精密和超精密加工、纳米加工、特种加工、极限制造等是当前重点发展的技术关键,有十分重要的地位,也是一个国家制造水平的标志。

分布式制造成为生产制造的主流模式。民用工业、国防工业中的汽车、飞机、导弹、舰船等产品,品种繁多,既有大批量生产,又有单件小批生产,个性化的要求十分强烈。因此多品

种小批量生产的需求突出,生产制造方式要适应多品种小批量生产及个性化要求,分布式制造系统和模式在这种情况下获得了迅速的发展。

绿色制造刻不容缓。环境保护、资源利用和清洁生产,即现代制造业面临的绿色制造,已是亟待解决的大问题,人类再不保护地球就将导致人类最终无生存之地。

0.1.5 制造工艺核心论

1. 工艺是机械制造技术的灵魂、核心和关键

现代制造工艺技术是先进制造技术的核心。产品从设计变为现实,必须经过加工才能完成;工艺是设计和制造的桥梁;设计的可行性会受工艺的制约,工艺(包括检测)也会成为“瓶颈”。因此,工艺方法和水平十分重要。不是所有设计的产品都能加工,也不是所有设计的产品通过加工都能达到预定的技术性能。所以说,工艺和设计同等重要,把它们对立和割裂都是错误的。工艺是制造技术的关键。例如,用金刚石车刀进行超精密切削,其刃口钝圆半径的大小与切削性能关系密切,它影响极薄切削的切屑厚度,刃口钝圆半径的大小往往能反映一个国家的超精密技术水平。通常刃口需在专用的金刚石研磨机上研磨,国外加工的刃口钝圆半径可达 2nm,而我国现在还达不到该水平,至少相差一个数量级。其中,研磨工艺和刃口检测技术都是值得研究的问题。又如集成电路的制造水平常用集成度和最小线条宽度来衡量。现代集成电路在单元芯片上的电子元件数已超过 10^5 ,线宽可达 $0.1\mu\text{m}$ 。这些例子生动地说明了制造技术问题的关键是工艺。

2. 工艺是生产中最活跃的因素

同样的设计可通过不同的工艺方法实现,工艺不同,所用的加工设备、工艺也就不同,其质量和生产率也会有差别。工艺是生产中最活跃的因素。通常,有某种工艺方法才有相应的工具和设备出现;同时,这些工具和设备的发展又提高了该工艺方法的技术性能和水平,扩大了其应用范围。加工技术的发展往往是在工艺上突破。

3. 现代制造工艺理论和技术的发展

20 世纪 50 年代,原苏联学者在德国学者研究的基础上,出版了《机械制造工艺学》《机械制造工艺原理》等著作,在大学开设了机械制造专业,将制造工艺作为一门科学对待,将工艺提高到科学理论的高度来研究。此后,20 世纪 70 年代又形成了机械制造系统和机械制造工艺系统的概念。近年来,制造加工工艺理论和技术的发展很快,除传统制造方法外,因精度、表面粗糙度和表面质量的提高,许多新材料的出现,特别是新型产品的制造生产,如计算机、集成电路(芯片)、印制线路板等,这些与传统制造方法有很大的不同,从而开辟了许多制造工艺的新领域和新方法。这些发展主要可分为工艺理论、加工方法、制造模式、制造技术和系统等几方面。制造工艺理论包括:加工成型机理、精度原理、相似性原理、决策原理和优化原理等若干方面。

1) 加工成型机理

(1) 分层加工,零件的成型方法有分离(去除)、结合(堆积、分层)、变形(流动)等。加工成型的机理已经从分离加工扩展到结合加工,形成了分层加工方法。

(2) 内切削加工。材料的去除加工方式可分为外切削方式和内切削方式。例如,要加工齿轮零件,可用内切削方式先切出齿轮,再将被加工材料切开,就可得到上、下模原型,经用其他材料翻制,便可得到齿轮的上、下模,从而可制造齿轮零件。

(3) 刀具材料。它在金属切削和磨削上的发展上最为丰富。刀具材料有硬质合金、人造金刚石、立方氮化硼、陶瓷等系列,以及涂层、多元共渗、气相沉积等工艺,同时从有冷却液的湿切削发展到无冷却液的干切削(环保切削)和硬(齿)表面切削等。金刚石刀具与精密加工和超精密加工的发展关系密切,出现了“极薄切削”机理,这为研究超精密加工机理提供了理论基础。

(4) 被加工材料也从金属发展到非金属、高分子材料、半导体、陶瓷和石材等,从而发展出上述多种材料的加工工艺学。

(5) 使用的能源类别。在零件成型上使用的能源有力、电、声、化学、电子、离子、激光等,并发展出电火花加工、超声波加工、化学加工、电子束加工、离子束加工、激光束加工等,因为加工所使用的能源不同,其加工机理也就自然各异。

2) 精度原理

(1) 机械加工遵循的原则:可分为继承性原则和创造性原则等。继承性原则又称为“母性”原则、循序渐进原则或“蜕化”原则。它主要指加工用的工作母机精度应高于所要加工工件的精度。创造性原则又称“进化”原则,可分为直接创造性和间接创造性。直接创造性是利用精度低于工件精度要求的机床,借助工艺手段和特殊工具,加工出精度高于“工作母机”的工件,如“以粗干精”的加工方法就是这个原理,是通过工艺措施来保证加工精度的;“以小干大”原则是指所欲加工工件比机床大,采用工件不动、机床移动进行加工,主要用于大型零件、重型零件的加工。例如,我国上海所建第一条磁悬浮高速列车的轨梁、我国第一个人造空间环境的圆形轨道都是这样加工的。间接创造性是用较低精度的机床和工具,制造出加工精度能满足工件要求的高精度机床和工具,再用这些机床和工具去加工工件,如滚齿机工作台中分度蜗轮是影响齿轮加工精度的关键零件,机床厂采用自行研制这一关键设备来解决其加工问题。

(2) 定位原理:提出定位与基准及六点定位原理,其中包括完全定位、不完全定位、欠定位、过定位的判定,定位元件和各种基准的设计。

(3) 尺寸链原理:通过建立尺寸链数学模型,可对线性尺寸链、角度尺寸链、工艺尺寸链和装配尺寸链等进行相应求解及计算机辅助求解的研究。

(4) 质量统计分析原理:针对加工精度等质量问题,应用数理统计学提出分布曲线法和精度曲线法等统计分析方法来分析和控制加工质量,并在此基础上发展了全面质量管理和计算机辅助质量控制等先进质量保证体系。

3) 相似性原理和成组技术

相似性是成组技术的理论基础,成组工艺是成组技术的核心,零件的分类成组方法是成组技术的关键。在形状相似性的基础上提出了派生相似性,即工艺相似性、装配相似性和测量相似性等。针对工艺相似性进行零件的分类成组,提出了生产流程分析法,其中有聚类分析法和编码分类法等。

4) 工艺决策原理

针对工艺决策,提出数学模型决策、逻辑推理决策和智能思维决策等方法,使工艺问题的决策从主观、经验的判定走向客观、科学的判断;同时结合计算机技术,提高判断的正确性和效率。

5) 优化原理

将已有的优化方法应用到工艺问题的优化上,进行单目标和多目标、单工序和多工序的工艺方案优化选择,提高工艺方案的可行性和有效性,降低工艺成本,缩短生产周期。机械加工优化通常是要在保证质量的前提下,达到最高生产率、最低成本或最大利润率。首先确定目标函数,然后选定控制参数,将选定控制参数引入到目标函数的数学模型中进行求解,可得到优化的控制参数。当前,切削用量的多参数优化、多学科综合优化是机械制造工艺学的发展关键和研究重点。

0.1.6 现代制造技术的发展方向

现代制造技术的发展沿着“广义制造”、“大制造”的方向发展。当前,发展的重点是创新设计、并行设计、现代成型与改性技术、材料成型过程仿真和优化、高速和超高速加工、精密工程与纳米技术、数控加工技术、集成制造技术、虚拟制造技术和工业工程等。当前值得发展的制造技术可结合汽车、运载装置、模具、芯片、微型机械和医疗器械等进行高速加工、纳米技术、模块化功能部件、并行工程和数控系统等领域的研究。

0.1.7 机械制造工艺的关键技术和新兴技术

极端制造和精密制造的内容包括极限尺度、极度功能和极端环境三个方面。

(1) 极限尺度包括极大尺度和极小尺度。极大尺度有巨系统制造装备;极小尺度有微型机械、微型机电系统,微纳米加工是当前极小尺度的加工极限境界。由于科学技术的不断发展,具体极限值也随着发展进程而逐渐向前推进。

(2) 极度功能包括极高功能和极多功能,极高功能如当前钢件熔炼轧制连轧机,可从钢铁冶炼开始连续轧制成钢板;极多功能如具有铣、镗、磨的五轴六面体数控加工中心,是当前母机装备的最高水平。

(3) 极端环境包括真空、失重、强场(辐射、磁场)、温度(超高温、超低温)、速度(高速、超高速、高加速、超高加速)、压力(超高压、超低压)、水下、特种气氛等。极端制造的内涵和指标将随着科学技术和工业的发展而不断变化,它是一个国家国力和制造能力的重要标志之一。极端制造和精密制造可归纳为“高、大、精、尖、基、绿”等几方面:

① 生物工程、生命科学和宇航工程等是当前的新兴技术领域,需要机、电、信息技术的支持和结合,体现“高”字。

② 对国计民生影响较大的重大技术设备和成套设备,如电力、冶金、石化、水利、煤炭、纺织等,体现“大”字。

③ 精密工程微纳米技术和虚拟制造技术是当前制造技术的前沿和热点,如集成电路(芯片等)、微型机械、计算机、生物医疗器械、虚拟仪器等,体现“精”字。

④ 尖端科学是国家政治、经济独立的重要标志,也是整个国家科学、技术、教育水平的体现,如原子能(核能)、航天、半导体、生物工程等,体现“尖”字。

⑤ 基础机械主要是基础设备和功能部件,如数控机床、仪器仪表、传感器等,体现“基”字。

⑥ 与资源、环保、生活密切相关,如家用器件、农业机械、林业机械等涉及现代人工作、生活环境和条件,是整个国民经济的基础,体现“绿”字。