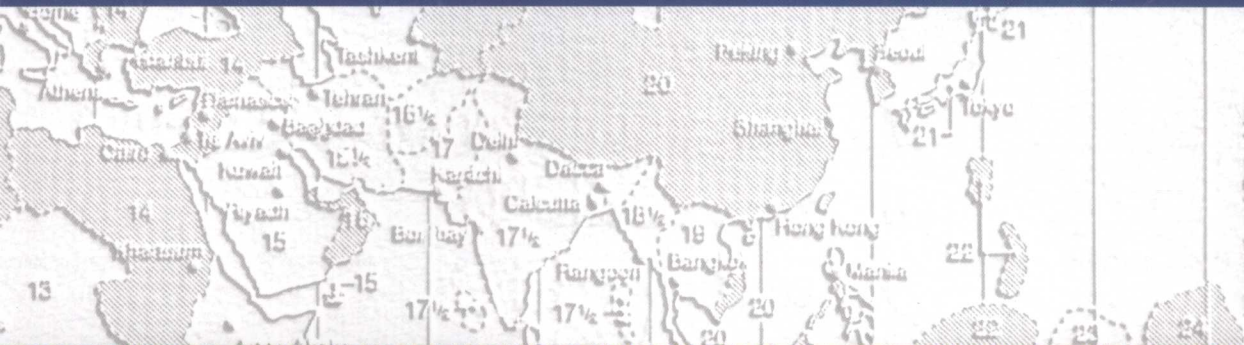




卓越系列·国家示范性高等职业院校特色教材



现代机械制造技术

MODERN MECHANICAL
MANUFACTURE TECHNOLOGY

主 编 李更新



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

现代机械制造技术/李更新主编. —天津: 天津大学出版社, 2009. 8

ISBN 978-7-5618-3161-8

I. 现… II. 李… 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(2009)第 151207 号

出版发行 天津大学出版社

出 版 人 杨欢

地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)

电 话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742

网 址 www.tjup.com

印 刷 天津泰宇印务有限公司

经 销 全国各地新华书店

开 本 169mm×239mm

印 张 19

字 数 400 千

版 次 2009 年 8 月第 1 版

印 次 2009 年 8 月第 1 次

印 数 1-3 000

定 价 32.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换。

版权所有 侵权必究

前 言

机械制造技术是机械工程的核心,机械产品只有通过制造才能从设计图纸变成尺寸、形状与精度都满足需要的实物。目前我国与科技发达国家相比,技术上还比较落后,与制造业强国还有很大的距离,为此急需提高整体制造技术水平。另外,在我国很多重要加工领域,如国防武器装备、航空航天装备等,还普遍存在“设计很好但造不出来”的现象。因而,“现代机械制造技术”应作为高校机械类和近机械类专业学生的一门主干课程,让学生在掌握机械制造基本方法的基础上,进一步熟悉现代机械制造技术的基本概念和基本原理,掌握主要加工方法及其应用,为我国创建制造业强国做出应有的贡献。

“现代机械制造技术”是一门理论性、实践性都非常强的专业课程,能较好地反映现代机械制造技术水平,包括的内容较为广泛。目前,机械制造技术方面的教材较多,主要侧重于传统的机械制造技术,对机械制造新技术的阐述相对较少,不能很好地反映行业的发展,也不利于学生学习。另一方面,一些现代先进机械制造技术出现在不同的技术书籍中,这些书不适合于作“现代机械制造技术”教材使用。因而,有必要编写一本能够体现高职教学特色,突出“理论够用、工学结合”的综合性教材。

经验表明,教学过程中注重实践环节可以大大提高学生的学习兴趣,使教学效果和质量明显提高,也符合现代高职教育教学新理念。为此编者在不断总结教学经验的基础上,有选择地对教材的内容进行取舍整合,注意加强实践环节的教学内容,努力使本书成为特色鲜明的教材。

本教材吸收了原有教材的基本理论和基本知识,扩充机械制造新技术,坚持以“够用为度、工学结合”为原则,以传统和现代机械制造原理、加工方法为主线,让学生在具体任务的驱动下,提高学习兴趣,易学、易懂。为突出高职教学注重技能的特点,各单元中都穿插若干与生产实践相关的思考题,同时每单元后面增加了单元实训项目,相信必将收到良好的教学效果。

本教材具备以下特色。

特色一是实用性。以“必需、够用”为原则,注重讲清基本概念、基本原理和基本方法,强调实用性,尽可能避免烦琐的公式推导和大篇幅的理论分析,让学生易于理解、掌握和实践。

特色二是综合性。把相关传统制造技术和先进制造技术综合成一册教材,内容

广泛,适用面广,体现了“以职业为基础,以能力为本位”的培养模式对高等职业教育教材的客观要求。

特色三是可读性。每单元最前面是本单元主要内容、学习目标;重点单元以单元项目为主线叙述相关内容,最后把单元项目完成好、解决掉;单元内容中穿插思考题;课后除有思考与练习题外,还增加单元实训项目;书中尽量采用实物插图;随书附送的光盘中除有教学课件外,还附有相关加工视频,增加学生的感官认识,方便教师教学,更利于学生自学。

本教材分基础篇和现代篇共十单元内容。其中,第一、四单元和第九单元第三讲由威海职业学院管劲浩编写;第二、三单元和第九单元第一讲由威海职业学院孙爱春编写;第五、六单元和第九单元第二讲由威海职业学院李更新编写;第七单元由烟台职业学院佟玉斌和威海职业学院李更新合编;第八单元由威海职业学院刘慧编写;第十单元由河南科技大学马景灵编写。威海职业学院王守志、董先智、马春峰、付振山、唐国英参与了插图绘制工作。全书由山东省教学名师、威海职业学院机电工程系主任李文教授主审,由李更新统稿定稿。

在教材的编写过程中,得到了威海职业学院机电工程系领导李文、徐桂洪的大力关怀和支持;周文斌、闫华明、邵东波、龙素丽、赵连坤、于春玲、陈安民、周晓峰、徐晓峰、林秀娟等老师热情提供资料并提供建议;教材中的相关项目,由威海职业学院实训中心于青老师、曲厚祥老师,威海天诺数控机械有限公司丛高祥部长及相关工人师傅,威海润一精密模具有限公司刘洋成、吕俊臣、苏长洲、王文平,上海福斐科技发展有限公司的周美芳总经理,无锡锡维模型设计制造有限公司陆吉洁和北京上拓科技有限公司于永春提供帮助和指导。在教材的编写过程中,编者参考了很多纸质文献资料,也查阅了不少网上资源,在此对所有提供直接帮助和支持的人员以及发布相关网上资源的朋友表示衷心的感谢!

由于现代机械制造技术涵盖内容广泛并不断推陈出新,限于编者学识和水平有限,加之时间仓促,书中难免有疏漏和不妥之处,恳请读者批评指正(主编邮箱:lgxfxh@163.com)。

目 录

绪论	(1)
第一单元 机械制造基础知识	(6)
第一讲 金属切削加工	(6)
第二讲 切削刀具	(16)
第三讲 工件材料的切削加工性及切削条件选择	(28)
第四讲 机械加工质量	(34)
思考与练习	(36)
第二单元 车削加工技术	(38)
单元任务 Z4012A 型台钻主轴的车削加工	(38)
第一讲 车床及夹具	(39)
第二讲 车削加工工艺	(49)
思考与练习	(54)
单元实训项目	(55)
第三单元 铣削加工技术	(56)
单元任务 键槽的铣削加工	(57)
第一讲 铣床及夹具	(57)
第二讲 铣削加工工艺	(60)
思考与练习	(69)
单元实训项目	(69)
第四单元 磨削加工技术	(70)
单元任务 Z4012A 型台钻套筒的磨削加工	(70)
第一讲 磨具的特性与选用	(71)
第二讲 磨床	(75)
第三讲 磨削加工	(77)
第四讲 先进磨削技术	(84)
思考与练习	(87)
单元实训项目	(87)
第五单元 其他加工方法	(88)
第一讲 钻、镗加工	(88)
第二讲 刨削加工	(102)
第三讲 拉削加工	(106)
第四讲 金属塑性成形	(110)

思考与练习	(125)
单元实训项目	(125)
第六单元 数控加工技术	(127)
单元任务 数控加工工件的工艺处理、程序编制和加工	(127)
第一讲 数控加工技术基本概念	(128)
第二讲 数控加工的工艺处理	(141)
第三讲 数控加工编程	(146)
思考与练习	(157)
单元实训项目	(157)
第七单元 电火花加工技术	(158)
单元任务 用电火花成形加工和线切割加工方法加工零件	(158)
第一讲 电火花加工的基本原理	(160)
第二讲 电火花成形加工	(163)
第三讲 电火花线切割加工	(180)
思考与练习	(196)
单元实训项目	(196)
第八单元 快速成形技术	(197)
单元任务 用快速成形方法制作零件	(197)
第一讲 快速成形的基本原理	(198)
第二讲 典型快速成形工艺	(199)
第三讲 快速成形材料	(205)
第四讲 快速成形应用	(208)
思考与练习	(212)
单元实训项目	(213)
第九单元 现代材料成形技术	(214)
第一讲 现代铸造技术	(214)
第二讲 现代塑性成形技术	(220)
第三讲 现代焊接技术	(233)
思考与练习	(246)
单元实训项目	(247)
第十单元 现代热处理技术	(248)
单元任务 汽车减速箱齿轮渗碳处理	(248)
第一讲 现代热处理制造技术概述	(249)
第二讲 现代热处理方法	(256)
第三讲 现代热处理冷却技术	(271)
思考与练习	(278)

单元实训项目	(279)
附录 1 板料冲压工序	(280)
附录 2 FANUC 0i Mate—TB(车)准备功能指令表	(281)
附录 3 FANUC 0i Mate—MB(铣)准备功能指令表	(283)
附录 4 数控机床辅助功能指令表(JB3208—83)	(286)
附录 5 数控线切割 3B 格式编程方法	(287)
参考文献	(292)

绪 论

一、机械制造技术概述

1. 机械制造技术在国民经济中的地位

机械制造是各种机械、机床、工具、仪器、仪表制造过程的总称。机械制造技术是研究这些机械产品的加工原理、工艺过程和方法以及相应设备的一门工程技术。

机械制造技术是当代科技发展最为重要的领域之一,是产品更新、生产发展、市场竞争的重要手段。机械制造业是国民经济的基础和支柱,向其他各部门提供工具、仪器和各种机械设备等。从某种意义上来说,机械制造技术的发展水平决定着其他产业的发展水平。从经济上来说,据工业发达国家统计,约 60% 的社会财富是机械制造业创造的,约 45% 的国民经济收入来源于机械制造业。在激烈的市场竞争中,具有适应市场要求的快速响应能力并能为市场提供优质的产品,是市场竞争能力的非常重要因素,而快速响应能力和产品质量的提高,主要取决于制造技术水平。可以说,机械制造业的发展水平是衡量一个国家经济实力和科学技术水平的重要标志之一,一个国家的经济独立性和工业自主能力在很大程度上取决于制造技术水平。在我国成为世界制造业中心的潮流下,我国的机械制造技术显得尤为重要。

2. 机械制造技术的发展状况

机械制造业是一个历史悠久的产业,经历了一个漫长的发展过程。仅就我国来说,先民们在远古时代就已开始使用石器和钻木取火的工具;商代出现了可转动的琢玉工具;明代在古天文仪器加工中,已采用铣削和磨削加工方法,并出现了铣床、磨床和刃磨机床的雏形。但近百年来,由于封建制度的束缚,严重阻碍了中国工业化的进程,致使我国的机械制造技术远远落后于西方。18 世纪初发生的工业革命使机械制造技术在世界范围内得到了迅猛发展,逐步形成了一个较为完善的机械制造体系。正是机械制造业发展的巨大成就蒙住了一些人的双眼,20 世纪 70 年代,一批美国学者不断鼓吹美国已进入“后工业化社会”,认为制造业已经是“夕阳工业”,主张经济重心由制造业转向高科技产业和第三产业。其结果直接导致美国在经济上的竞争力下降,贸易逆差剧增,日本家电、汽车大量涌入并占领了美国市场。20 世纪 80 年代,美国政府开始认识到问题的严重性,提出了先进制造技术(Advanced Manufacturing Technology, AMT)的理念,随后各个工业发达国家迅速跟进,机械制造业焕发出了新的生机,增加了新的内涵,无论是在加工自动化方面,还是在生产组织、制造精度、制造工艺方法方面都发生了令人瞩目的变化。现在,再也没有人认为机械制造业是“夕阳工业”了。

近年来,机床工业飞速发展,尤其是各类数控机床以其加工精度高、生产率高、柔性好,可通过数控程序完成加工循环,对操作工人的技术要求较低,调整方便,适应灵活多变的产品,使得中、小批生产自动化成为可能,从而得到业界的一致好评。各类数控机床和自动换刀的各种加工中心机床已成为当今机床的发展趋势。发达国家的著名企业中,数控机床在加工设备中所占比例明显提高。

随着加工设备的不断完善,机械加工工艺也在不断地变革,制件的精度也不断提高。加工第一台蒸汽机所用的汽缸镗床,其加工精度可达 1 mm。到 20 世纪初由于发明了能测量 0.001 mm 的千分尺和光学比较仪,加工精度便向微米级过渡,成为机械加工精度发展的转折点。20 世纪 50 年代以来,宇航、计算机、激光技术以及自动控制系统等尖端科学技术的发展,就是综合利用先进技术和工艺方法的结果。在近 20 年的时间里,机械加工精度提高了两个数量级,由 20 世纪 80 年代末的微米级,提高到目前的 10 nm 级,从而进入了超精密加工时代。

1949 年新中国成立以来,我国在机械制造业方面花费了大量精力,特别是“八五”计划以来,我国制造业努力追赶世界制造技术的先进水平,积极开发新产品,研究推广先进技术,我国的机械制造技术水平在引进吸收国外先进技术的基础上得到了飞速发展。我们拥有了独立的汽车工业、机床工业、航天航空工业等技术难度较大的机械制造业。

但是,我们必须清醒地认识到,从整体上来说,我国的制造业技术水平与欧、美、日等发达国家相比还有很大的差距,主要表现在产品质量和水平不高、技术开发能力不强、基础元器件和基础工艺不过关、生产率低、科技投入严重不足等方面。另外,要在我国制造业中普及高新技术还需要很长的一段路要走。这些突出的问题,需要我们大量的技术人员共同努力来解决。眼下,我国成为世界制造中心的呼声越来越高,我国机械制造业获得了空前的发展机遇,也遇到了前所未有的挑战,机械制造技术人员任重而道远。

3. 现代机械制造技术的发展趋势

质量、成本和效率是推动现代机械制造技术发展的三个永恒的主题。同时,环保和服务也渐渐成为人们关注的目标。为实现这些目标,现代机械制造技术发展的总趋势是向自动化、最优化、柔性化、集成化、精密化、高速化、清洁化和智能化方向发展。

现代机械制造技术的发展趋势主要有以下十个方面。

(1)生产自动化。机械制造自动化的发展经历了单机自动化、自动生产线、数控机床、加工中心、柔性制造单元、计算机集成制造和并行工程等几个阶段,今后会进一步向柔性化、集成化、智能化方向发展。现代 CAD/CAE/CAM/CAPP 等技术不断完善和发展,为提高生产率、改善劳动条件、保证产品质量、实现快速响应提供了必要的保证。

(2)绿色制造理念。绿色制造理念综合考虑了环境影响和资源效率,它是可持续

发展战略在制造业中的重要体现。其目标是使产品在设计、制造、装配、运输、销售及使用的整个过程中努力做到资源的优化利用、清洁生产和废弃物的最少化及综合利用。举例来说,切削液既污染环境和危害工人健康,又增加资源和能源的消耗,针对这一点发展了不用切削液的干切削和干磨削,由于干切削和干磨削在实际中很难实现,故又出现了使用极微量润滑(MQL)的准干切削。现代机械制造技术在今后的发展中,会逐步攻克难关,实现各个环节的绿色化。

(3)快速成形技术。快速成形技术是一种基于离散堆积成形思想的新型成形技术,是集成计算机、数控、激光和新材料等最新技术而发展起来的先进的产品研究与开发技术。其基本过程是:由 CAD 软件设计出所需零件的计算机三维曲面或实体模型;将三维模型沿一定方向(通常为 Z 向)离散成一系列有序的二维层片;根据每层轮廓信息,进行工艺规划,选择加工参数,自动生成数控代码;成形机通过光敏树脂等介质制造一系列层片并自动将它们联结起来,得到三维物理实体。这种技术将在机械制造技术的发展中扮演越来越重要的角色。

(4)特种加工技术。特种加工亦称“非传统加工”或“现代加工方法”,泛指用电能、热能、光能、电化学能、化学能、声能及特殊机械能等能量达到去除或增加材料的加工方法。特种加工技术在国际上被称为 21 世纪的技术,对新型武器装备的研制和生产,起到举足轻重的作用。现在发展起来的有电火花加工、数控电火花线切割加工、电化学加工、激光加工、电子束和离子束加工、超声加工、快速成形、化学加工等技术。比较环保的特种加工将会得到越来越多的应用。

(5)表面工程技术。表面工程技术即表面功能性覆层技术,传统的工艺如电镀与无电涂镀、表面堆焊、热喷涂和化学热处理,现代表面工程技术如 CVD、PVD、等离子热化学工艺、等离子喷涂和离子注入等。表面工程技术是使工件表面具有耐磨、耐蚀、耐疲劳、耐热、减摩等特殊功能的重要手段。今后将发展出更为先进的表面工程技术。

(6)虚拟制造技术。由于计算机的高速发展,使人们在社会生活的各个方面都离不开计算机,机械制造业也不例外,再加上机械制造业对低成本、高质量的追求,虚拟制造应运而生。其主要方法是利用计算机技术和装备产生一个虚拟环境,应用人类知识、技术和感知能力,与虚拟对象进行交互作用,对产品设计和制造活动进行全面的建模和仿真。现在,市场上涌现了大量的三维建模、三维动画、数值模拟、数控仿真等软件供我们选用。虚拟制造技术从根本上改变了设计、试制、修改设计和规模生产的传统制造模式,缩短了产品的开发周期、降低了生产成本、提高了产品质量,最终提高快速响应市场多变的能力。虚拟制造在今后会受到越来越多的重视,仿真度也会越来越高。

(7)智能制造技术。智能制造技术是指把专家系统、模糊理论、神经网络等技术应用于制造中,解决多种复杂的决策问题,提高制造系统的实用性和技术水平。它的突出之处就是将人工智能融入制造过程的各个环节,借助模拟专家的智能活动进行

分析、判断、推理、构思和决策,取代或延伸制造环境中的部分脑力劳动,同时收集、存储、处理、完善、共享、继承和发展人类专家的制造智能。随着科技的进步,人们会越来越注重智能制造技术的应用,开发出更多、更好、更实用的智能技术。

(8)并行工程。并行工程是对产品及其相关过程(包括制造过程和支持过程)进行并行、集成化处理的系统方法和综合技术。其实质是在产品的设计阶段就充分地预报该产品的制造、装配、销售、使用、售后服务以及在报废、回收等环节中的“表现”,发现可能存在的问题,及时地进行修改与优化。它要求产品开发人员从一开始就考虑到产品全生命周期(从概念形成到产品报废)内各阶段的因素(如功能、制造、装配、作业调度、质量、成本、维护与用户需求,等等),并强调各部门的协同工作,通过建立各决策者之间的有效的信息交流与通信机制,综合考虑各相关因素的影响,使后续环节中可能出现的问题在设计的前期阶段就被发现,并得到解决,从而使产品在设计阶段便具有良好的可制造性、可装配性、可维护性及回收再生等方面的特性,最大限度地减少设计反复,缩短设计、生产准备和制造时间。

(9)敏捷制造。在未来的新生产模式下,决定产品成本、产品利润和竞争能力的主要因素是开发、生产该产品所需知识的价值,而不是材料、设备和劳动力。竞争要求企业能将原有的刚性生产模式改成敏捷化的;要求企业能迅速进行重组,以对市场机遇做出敏捷反应,生产出用户所需要的产品。当发现单独不能做出敏捷反应时,能通过高速信息公路的工厂子网和其他企业进行合作,从组织跨企业的多功能开发组到动态联盟,来对机遇做出快速响应。敏捷制造使企业能以更快的速度、更好的质量、更低的成本和更优质的服务来赢得市场竞争。

(10)网络化制造。网络技术的飞速发展,使得制造业突破了地域空间的限制,网络化制造作为一种现代制造新模式,正日益成为制造业研究和实践的热门领域,网络制造业将给现代制造业带来一场深刻的变革。网络化制造应用服务可为产品设计和制造过程提供服务和优化,并且可以进行虚拟的工艺仿真作为产品设计和工艺制定的参考。通过网络化应用服务中心进行产品及其制造工艺的模拟仿真、优化设计和协同制造,能够大大节省企业的投资并提高生产效率。另外,企业的技术人员也可以由客户端直接在远程服务器上对产品与工艺的优化设计或模拟仿真。

二、本课程的性质、内容、目的、要求和学习方法

1. 本课程的性质

本课程是机械类和近机类专业的主干专业课程,理论性和实践性都很强。

2. 本课程的内容

普遍意义上来说,机械制造技术包括很多方面,如机械加工、材料冷热加工、特种加工,等等。本教材根据具体情况,有针对性地选择内容,兼顾传统和现代。本课程的基础部分主要针对应用最为广泛的车、铣、磨等传统技术进行阐述;现代部分主要针对数控加工、电火花加工、精密成形和现代热处理等进行讲解。课程所选内容均与

学生就业有密切关系,具有很强的实用性。

3. 本课程的目的

通过学习本课程,使学生掌握机械制造的基础知识和现代制造技术的相关知识,为将来胜任不同职业和岗位积累工程实践能力,并为以后的发展奠定良好的基础。

4. 本课程的基本要求

掌握金属切削的基本原理和基本知识,掌握课程所选加工方法及其工艺装备的基本知识和基本理论;学会制定零件机械加工工艺过程的方法;初步具备机械制造过程中解决工艺技术问题的能力和产品质量控制的能力。

5. 本课程的学习方法

本课程内容具有很强的理论性和实践性。因此,学习本课程时必须理论联系实际。通过实训、设计及工厂调研来更好地体会、加深理解课程内容,在实践中强化对所学知识的应用。本书只是提供了基本理论和基本方法,熟练掌握各种加工技术还要在以后的技术岗位上多加努力,逐步加深理解并积累经验。

第一单元 机械制造基础知识

本单元重点内容:切削运动及切削要素,刀具的角度和使用,切削过程,切削要素的选择及加工质量。

本单元学习目标:熟悉本单元所述的刀具的角度,切削要素的选择及加工质量;透彻理解本单元的概念和原理。

机械制造目前仍以切削加工为主。切削加工是使用切削工具(包括刀具、磨具和磨料),在工具和工件的相对运动中,把工件上多余的材料层切除,使工件获得规定的几何参数(尺寸、形状、位置)和表面质量的加工方法。本单元将以金属切削加工为例来阐述机械制造的基本理论和基础知识。

第一讲 金属切削加工

一、零件表面的形式

零件表面可以分为:基本表面,即外圆面、内圆面(孔)、平面等;成形面,即螺纹、齿轮的齿形等。

零件基本表面形成的方法有轨迹法、成形法、相切法、展成法等。图 1.1.1 所示为零件不同表面的切削方法。

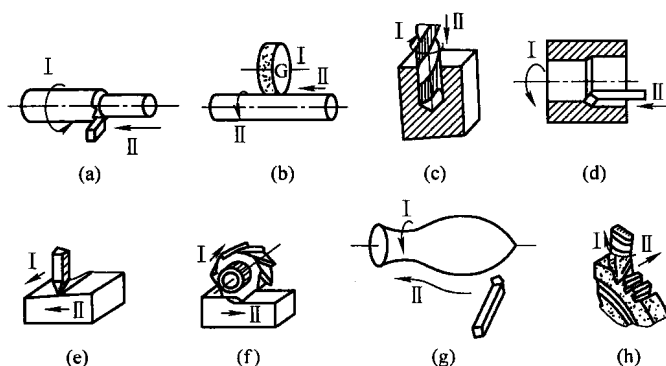


图 1.1.1 零件不同表面的切削方法

- (a)车外圆面;(b)磨外圆面;(c)钻孔;(d)车床上的镗孔;
(e)侧平面;(f)铣平面;(g)车成形面;(h)铣成形面

二、切削运动和切削参数

1. 切削运动

在切削加工中,刀具和工件间必须有一定的相对运动,该相对运动称为切削运动。切削运动可以是旋转运动或直线运动,也可以是连续的或间歇的。切削运动包括主运动(图 1.1.1 中 I)和进给运动(图中 1.1.1 中 II)。主运动是使刀具和工件之间产生相对运动,促使刀具接近工件而实现切削的运动,如图 1.1.2 所示工件的旋转运动。主运动速度最高,消耗功率最大,且主运动只有一个。进给运动使刀具与工件之间产生附加的相对运动,加上主运动,即可连续地切除余量,如图 1.1.2 所示车刀的移动。进给运动可以是一个或多个。

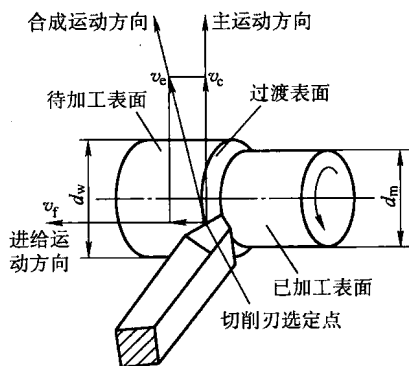


图 1.1.2 切削运动和加工表面

2. 切削用量

切削用量包括切削速度 v_c 、进给量 f (或进给速度 v_f) 和背吃刀量 a_p 三个要素。

1) 切削速度

切削刃上选定点相对工件主运动的瞬时速度称为切削速度,用 v_c 表示,单位为 m/s 或 m/min。

若主运动为旋转运动(如车削、铣削等),切削速度一般为其最大线速度,即

$$v_c = \frac{\pi d n}{1000} (\text{m/s 或 m/min}) \quad (1.1.1)$$

式中: d ——工件(或刀具)的直径,mm;

n ——工件(或刀具)的转速,r/s 或 r/min。

若主运动为往复直线运动(如刨削、插削等),则常以其平均速度为切削速度,即

$$v_c = \frac{2Ln_r}{1000} (\text{m/s 或 m/min}) \quad (1.1.2)$$

式中: L ——往复行程长度,mm;

n_r ——主运动每秒或每分钟的往复次数,str/s 或 str/min。

2) 进给量

进给量是指刀具在进给运动方向上相对工件的位移量。用单齿刀具(如车刀、刨刀等)加工时,进给量常用刀具或工件每转或每行程刀具在进给运动方向上相对工件的位移量来度量,称为每转进给量或每行程进给量,用 f 表示,单位为 mm/r 或 mm/str。用多齿刀具(如铣刀、钻头等)加工时,进给运动的瞬时速度称进给速度,以 v_f 表示,单位为 mm/s 或 mm/min。刀具每转或每行程中每齿相对工件进给运动方向上的位移量,称每齿进给量,以 f_z 表示,单位为 mm/z。 f_z 、 f 、 v_f 之间有如下关系:

$$v_f = fn = f_z zn \text{ (mm/s 或 mm/min)} \quad (1.1.3)$$

式中: n ——刀具或工件转速, r/s 或 r/min;

z ——刀具的齿数。

3) 背吃刀量

在通过切削刃上选定点并垂直于该点主运动方向的切削层尺寸平面中,垂直于进给运动方向测量的切削层尺寸称为背吃刀量,用 a_p 表示,单位为 mm。如图 1.1.2 所示,车外圆时, a_p 可用下式计算:

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2} \text{ (mm)} \quad (1.1.4)$$

式中: d_w 、 d_m ——工件待加工和已加工表面直径(说明:工件上由主切削刃形成的那部分表面是过渡表面), mm。

3. 切削层参数

切削层是指切削过程中,由刀具切削部分的一个单一动作(如车削时工件转一圈,车刀主切削刃移动一段距离)所切除的工件材料层,它决定了切屑的尺寸及刀具切削部分的载荷。切削层的尺寸和形状,通常是在切削层尺寸平面中测量的,如图 1.1.3 所示。

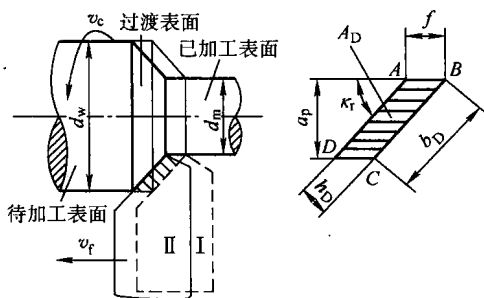


图 1.1.3 切削层

(1) 切削层公称横截面积 A_D : 在给定瞬间, 切削层在切削层尺寸平面里的实际横截面积, 单位为 mm^2 。

(2) 切削层公称宽度 b_D : 在给定瞬间, 作用于主切削刃截形上两个极限点间的距离, 在切削层尺寸平面中测量, 单位为 mm。

(3) 切削层公称厚度 h_D : 同一瞬间切削层公称横截面积与其公称宽度之比, 单位为 mm。由定义可知

$$A_D = b_D h_D (\text{mm}^2) \quad (1.1.5)$$

因 A_D 不包括残留面积, 而且在各种加工方法中 A_D 与进给量和背吃刀量的关系不同, 所以 A_D 不等于 f 和 a_P 的积。只有在车削加工中, 当残留面积很小时才能近似地认为它们相等, 即

$$A_D \approx f a_P (\text{mm}^2) \quad (1.1.6)$$

4. 切削时间和材料切除率

反映切削效率高低常用两个指标——切削时间和材料切除率来表示。

(1) 切削时间 t_m (机动时间): 切削时直接改变工件尺寸、形状等所需的时间, 单位为 min。

(2) 材料切除率 Q : 单位时间内所切除材料的体积, 单位为 mm^3/min 。

三、切屑形成过程

金属切削过程是指工件上一层多余的金属被刀具切除的过程和已加工表面的形成过程。在这个过程中始终存在着刀具与工件(金属材料)之间切削和抗切削的矛盾, 并产生一系列重要现象。如形成切屑、切削力、切削热与切削温度及刀具的磨损等。研究金属切削过程中这些现象的基本理论和基本规律对提高金属切削加工的生产率、工件表面的加工质量和减少刀具的损耗关系极大。

在对金属切削过程进行实验研究时, 常用的切削模型是直角自由切削。所谓自由切削就是只有一个直线切削刃参加切削, 如图 1.1.4 所示。

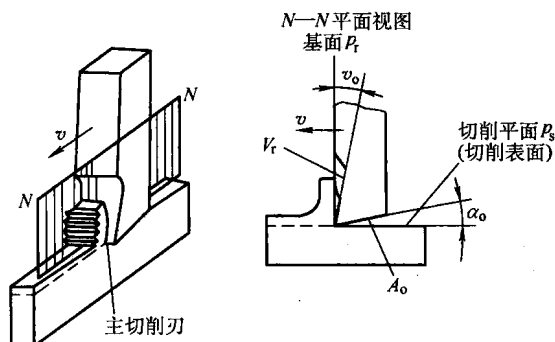


图 1.1.4 直角自由切削模型

实验研究表明, 金属切削与非金属切削不同, 金属切削的特点是被切金属层在刀具的挤压、摩擦作用下产生变形以后转变为切屑和形成已加工表面。

图 1.1.5 是根据金属切削实验绘制的金属切削过程中的变形滑移线和流线, 由图可见, 工件上的被切削层在刀具的挤压作用下, 沿切削刃附近的金属首先产生弹性变形, 接着由剪应力引起的应力达到金属材料的屈服极限以后, 切削层金属便沿倾斜

的剪切面变形区示意图滑移,产生塑性变形,然后在沿前刀面流出去的过程中,受摩擦力作用再次发生滑移变形,最后形成切屑。为了进一步分析切削层变形的规律,通常把被切削刀作用的金属层划分为三个变形区。第Ⅰ变形区位于切削刃和前刀面的前方,面积是三个变形区中最大的,为主变形区;第Ⅱ变形区是与前刀面相接触的附近区域,切屑沿前刀面流出时,受到前刀面的挤压和摩擦,靠近前刀面的切屑底层会进一步发生变形;第Ⅲ变形区是已加工表面靠近切削刃处的区域,这一区域金属受到切削刃钝圆部分和后刀面的挤压、摩擦与回弹,发生变形造成加工硬化。这三个变形区各具有特点,又存在着相互联系、相互影响。同时,这三个变形区都在切削刃的直接作用下,是应力集中、变形比较复杂的区域。

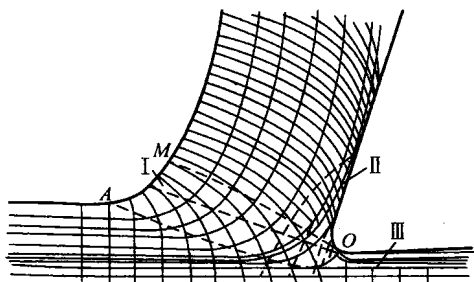


图 1.1.5 金属切削过程中的滑移线、流线、变形区

1. 第Ⅰ变形区

第Ⅰ变形区是由靠近切削刃的 OA 线处开始发生塑性变形,到 OM 线处剪切滑移变形基本完成,是形成切屑的主要变形区。 OM 称为终剪切线或终滑移线,而 OA 称为始剪切线或始滑移线,从 OA 到 OM 之间整个变形区内,其变形的主要特征就是被切金属层在刀具前刀面和切削刃的作用下,沿滑移线的剪切变形,以及随之产生的加工硬化。其切屑的类型主要有带状切屑、挤裂切屑、粒状切屑、崩碎切屑等。前三种切屑是切削塑性金属时得到的,形成带状切屑时切削过程最平稳,切削力波动较小,已加工表面粗糙度较小,但带状切屑不易折断,常缠在工件上,损坏已加工表面,影响生产,甚至伤人。因此要采取断屑措施,例如在前刀面上磨出卷屑槽等。形成粒状切屑时,切削力波动最大。在生产中一般常见的是带状切屑,当进给量增大,切削速度降低,则可由带状切屑转化为挤裂切屑。在形成挤裂切屑的情况下,如果进一步减小前角,或加大进给量、降低切削速度,就可以得到粒状切屑;反之,如果加大前角,减小进给量,提高切削速度,变形较小则可得到带状切屑。这说明切屑的形态是可以随切削条件而转化的。

2. 第Ⅱ变形区

被切削层金属经过终滑移线 OM 形成切屑沿前刀面流出时,切屑底层仍受到刀具的挤压和接触面之间强烈的摩擦,继续以剪切滑移为主的方式变形,其切屑底层的变形程度比切屑上层剧烈,从而使切屑底层晶粒弯曲拉长,在摩擦阻力的作用下,这