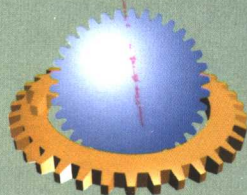


主 编 蔡光起
副主编 原所先 高 航



高等学校机械类专业平台课程教材

机械制造技术基础

43



NEUPRESS
东北大学出版社

高等学校机械类专业平台课程教材

机械制造技术基础

主 编 蔡光起

副主编 原所先 高 航

东北大学出版社

• 沈 阳 •

© 蔡光起 2002

图书在版编目 (CIP) 数据

机械制造技术基础 / 蔡光起主编. — 沈阳 : 东北大学出版社, 2002.11
ISBN 7-81054-683-X

I. 机… II. 蔡… III. 机械制造工艺 IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 091122 号

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

邮编: 110004

电话: 024—83687331 (市场部) 83680267 (社务室)

传真: 024—83680180 (市场部) 83680265 (社务室)

E-mail: neuph @ neupress.com

http: //www. neupress. com

印 刷 者: 东北大学印刷厂

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 185mm×260mm

印 张: 18

字 数: 449 千字

出版时间: 2002 年 11 月第 1 版

印刷时间: 2002 年 11 月第 1 次印刷

印 数: 1~3000 册

责任编辑: 齐 飞

封面设计: 唐敏智

责任校对: 钟 胜

责任出版: 秦 力

定 价: 27.00 元

前 言

本书是大学本科机械设计制造与自动化专业的平台课程教材,也可供工厂工程技术人员参考。为适应先进制造与自动化技术的进步和发展形势,课程内容体系贯穿了制造系统的思想,并加强了计算机辅助制造、柔性自动化、自动化装配、集成化、智能化制造等内容。在第2章中加大了数控机床和数控编程内容,在第3章中增加了数控刀具系统和切削、磨削新方法等。该课程还有配套的习题集、实验指导书和计算机电子教案。本书的绪论、第1章、第6章由蔡光起编写,第2章由高航编写,第3章由蔡光起、高航编写,第4章、第7章由原所先编写,第5章由巩亚东编写,第8章由史家顺编写,第9章由黄炜编写。由于该专业课程教材还处在建设初期,不成熟之处在所难免,还望读者不吝斧正。

编 者

2002年11月 于沈阳

目 录

绪 论	1
第 1 章 机械制造系统和机械制造单元	3
1.1 机械产品生产过程和工艺过程	3
1.2 机械制造系统及其组成	4
1.3 零件获得方法	5
1.4 机械制造单元的组成	9
第 2 章 金属切削机床	10
2.1 零件表面形成方法及机床切削成形运动	10
2.2 金属切削机床的类型及特点	14
2.3 车床及其传动原理分析	19
2.4 其它类型机床概述	26
2.5 数控机床与加工中心	40
第 3 章 金属切削与磨削加工	50
3.1 金属切削、磨削加工的基本概念	50
3.2 刀具和砂轮	61
3.3 金属切削过程及机理	66
3.4 金属磨削过程及机理	70
3.5 切削、磨削条件的合理选择	75
3.6 先进切削、磨削加工技术	79
第 4 章 机床夹具	89
4.1 机床夹具概述	89
4.2 工件在夹具中的定位	93
4.3 定位误差的分析与计算	106
第 5 章 制造质量分析与控制	116
5.1 机械加工精度的概念及其获得方法	116
5.2 机械加工精度影响因素	118

5.3 加工误差的统计分析方法	139
5.4 机械加工表面质量	145
5.5 表面质量影响因素	148
5.6 机械加工中的振动	155
5.7 质量保证体系	160
第6章 机械加工工艺规程的制订	166
6.1 机械加工工艺过程基本概念	166
6.2 机械加工工艺规程制订	170
6.3 尺寸链和工艺尺寸链问题	184
6.4 机械加工的生产率和经济性	190
6.5 计算机辅助工艺规程设计	192
6.6 典型零件的机械加工工艺	201
第7章 机器的装配	216
7.1 装配过程概述	216
7.2 装配尺寸链的分析计算	217
7.3 保证装配精度的方法	223
7.4 装配工艺规程制订	235
第8章 零件结构工艺性	239
8.1 毛坯制造工艺性	239
8.2 零件加工工艺性	245
8.3 装配工艺性一般要求	250
8.4 自动化装配条件下的零件结构工艺性	252
第9章 机械制造过程自动化	255
9.1 刚性自动化	255
9.2 数控自动化	260
9.3 柔性自动化和集成自动化	263
9.4 智能制造	273
9.5 自动化装配系统	276
参考文献	282

绪 论

21 世纪之初的全球经济发展的明显特征是：世界科技革命日新月异，信息化时代、知识产业时代正在来临；世界经济进一步增长，发展依然是时代的主题；全球性产业结构调整步伐加快，国际经济合作日趋紧密，技术创新将成为 21 世纪企业竞争的焦点，用户需求的个性及制造全球化、信息化要求适合市场快速反应技术。我国国民经济的发展也由量的追求转向质的提高和结构优化，从粗放型向集约型经济方式转变，从计划经济向社会主义市场经济体制转变和向进一步扩大开放的方向转变。在这一背景下，我国制造业及机械制造业面临着机遇和挑战，并不断取得新进展。

制造业是将原材料变为可应用产品的工业门类的总称。制造业对国民经济发展有重要意义，它是近代人类物质文明和精神文明的基础，工业化国家中 60%~80% 的财富是由制造业提供的；它是一个国家赖以生存、发展、综合国力得以提高的重要支柱产业，其技术和规模是衡量国家科技水平和经济实力的重要标志之一。

现代机械制造技术经过二百多年的发展，在加工制造能力、加工工艺方法、加工精度、生产率、自动化、制造经济性、生产响应能力和柔性、及可持续发展方面均有飞速发展。其中包括切削和磨粒加工等机械加工方法和利用机械能、电能、热能、化学能的特种加工方法迅速发展，超精密加工技术发展和机械制造精度大幅度提高，经历了机械化、单机刚性自动化、组合机床、刚性自动线、组合机床自动线、数控机床、工业机器人、柔性制造系统、计算机集成制造系统和智能制造系统等的制造自动化的进步，计算机辅助工艺规程编制、计算机辅助数控编程、机床计算机数字控制和智能控制、计算机辅助检测和质量管理的计算机辅助车间管理、工艺过程和制造系统计算机仿真、工艺过程优化、计算机辅助毛坯设计、计算机辅助工艺装备设计、CAD/CAM 集成，虚拟制造等计算机技术在机械制造中的应用，精密成形技术和快速原型/零件制造等毛坯技术进步，分散网络化制造和虚拟企业等企业生产管理模式的改变，等等。先进制造技术成为当今世界科技发展热点之一。信息和计算机技术极大地改变了制造的面貌，目前制造技术正向数字化、智能化、网络化发展，而且在底层上还不间断同其他学科结合，开拓新的领域，如纳米制造、生物制造、空间制造等。

机械制造业是国民经济各部门的技术装备部，是消费产品的主要生产部，是高科技发展的重要平台，是国家和国防实力的重要保证。我国机械制造业发展至今，已拥有 100 多个行业，生产 6 万多种产品，成为一个门类相当齐全的工业体系。并拥有大型火电、水电、核电成套设备，高压大功率输变电设备，大型冶金、矿山设备，大型乙烯、化肥、煤化工成套设备，石油开采成套设备，船舶、机车、航空航天重型机械设备，正负电子对撞机等大型成套设备制造能力。其固定资产原值、职工总数、总产值都接近全国工业的 1/4。1995 年我国机电产品出口总额达 438.6 亿美元，占全国出口总额的 29.5%。机械产品年出口 300 亿美元，为全国外贸出口总额的 1/5，仅次于纺织服装行业，居第 2 位，产值在全国工业中的比重为 23% 左右。重要机械产品的产量近年来不断提高，1998 年发电设备产量占世界第 4 位，机床产量占世界第 8 位。改革开放以后，机械工业总产值平均增长率达 14%，高于同期国内

生产总值的平均增长速度,是工业生产中发展最快的行业之一。目前我国机械工业生产能力是解放前的 2600 倍,居世界第 5 位。它的发展保证了国内建设装备水平的不断提高,保证了国家基础设施建设和一些关系国家安全和长远利益的重大装备国产化水平和不断提高。现在国家将机械工业列为国家支柱产业,基础机械、基础零部件和重大技术成套设备是机械工业发展的关键和重点。目前,我国机械工业引进和自主开发结合,其工艺设备、设计制造能力和工艺水平达到了一个新阶段,取得的成就是巨大的。但和工业发达国家相比,还有相当大的差距。知识经济下的制造业需要注入高科技知识,更需要掌握高科技知识的人才。这就需要我们共同努力,来完成实现机械工业现代化的任务。

机械制造是机械工程的重要学科。它主要研究机械制造中的设备和装备、工艺技术方法、加工工艺和生产组织管理问题,以提高整个机械制造过程的能力、柔性、效益、自动化程度和可持续发展性。统计表明,企业的工艺技术工作是产品设计工作的 4~5 倍,工艺费用约占产品成本的 50%,因工艺因素造成的产品质量问题占 60%~70%,在产品设计制造过程中有大量工艺技术问题需要解决。这反映了本学科的重要性。

本课程是机械工程学科的重要课程,是机械设计制造与自动化专业的一门必修专业基础平台课。本课程的特点是实践性,即理论学习和工艺实践的关系非常密切。这就需要反复认识实习、生产实习和毕业实习和实践教学环节,多增加感性知识,并注意不断反复实践和总结,才能真正学好这门课程。

第 1 章 机械制造系统和机械制造单元

1.1 机械产品生产过程和工艺过程

制造业是将制造资源(物料、能源、设备工具、资金、技术、信息和人力等)通过制造过程,转化为可供利用的工业品或生活消费品的行业。机械制造业的产品是用制造方法获得的各种具有机械功能的物体——机器、部件、零件。

通常,机械制造企业的决策者根据定货或市场分析,策划决定生产制造某种产品。然后组织研究设计部门进行产品开发和设计,工艺部门进行工艺设计,供应部门准备需要的原材料、设备和装备,生产部门作生产组织准备,毛坯车间进行毛坯制造。这些准备工作完成后,再进行零件加工和处理,机器装配和调试,性能测试和质量检验,以及许多其它与之相关的环节。产品最终制造完成后,还需要销售、发运和售后服务,并由市场获得反馈信息。调整计划,与市场 and 用户有密切的关系,并依市场经营需求而进行生产,这一过程就是机械制造过程。机械制造过程及其与市场 and 用户的关系如图 1-1 所示。

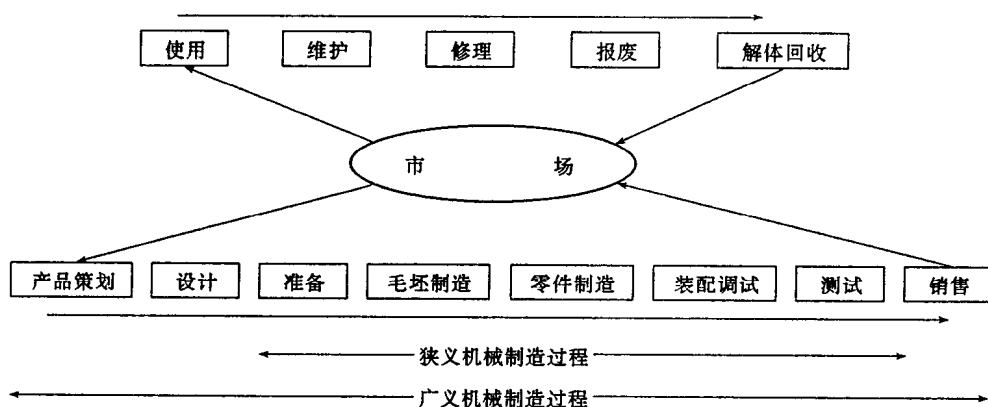


图 1-1 机械制造过程及其与市场 and 用户的关系

如果从狭义的制造概念出发,则认为机械制造过程是指利用各种机理、技术和设备工具对原材料、半成品进行加工或处理,最终使之成为机械产品的过程。由原材料转化为最终产品的一系列相互关联的劳动过程的总和又称为生产过程。它包括生产组织准备、原材料准备、毛坯制造、把毛坯加工成零件、机器装配、生产过程中的物料运输、质量检验以及许多其它与之相关的内容。

在生产过程中,那些与由原材料转变为产品直接相关的过程称为工艺过程。它包括毛坯制造、零件加工、热处理、质量检验和机器装配等。而为保证工艺过程正常进行所需要的刀具、夹具制造,机床调整维修等则属于辅助过程。

通常,机械加工是获得机器零件的最主要手段。在工艺过程中,以机械加工方法按一定顺

序逐步地改变毛坯形状、尺寸、表面层性质,直至成为合格零件的那部分过程称为机械加工工艺过程。生产过程、工艺过程、辅助过程和机械加工工艺过程的关系如图 1-2 所示。

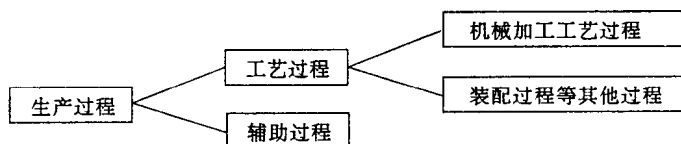


图 1-2 生产过程、工艺过程、辅助过程和机械加工工艺过程的关系

1.2 机械制造系统及其组成

为完成机械制造过程所涉及的硬件(原材料、辅料、设备、工具、能源等)、软件(制造理论、工艺、技术、信息和管理等)和人员(技术人员、操作工人、管理人员等)组成的,通过制造过程将制造资源(原材料、能源等)转变为产品(包括半成品)的有机整体,称为机械制造系统。

广义的机械制造系统是一个输入制造资源、输出产品的输入输出系统,其结构由硬件、软件和人员组成,并包括了市场分析、产品策划、开发设计、生产组织准备、原材料准备及贮存、毛坯制造、零件加工、机器装配、质量检验以及许多其它与之相关的各个环节的生产全过程。其典型系统如图 1-3 所示。

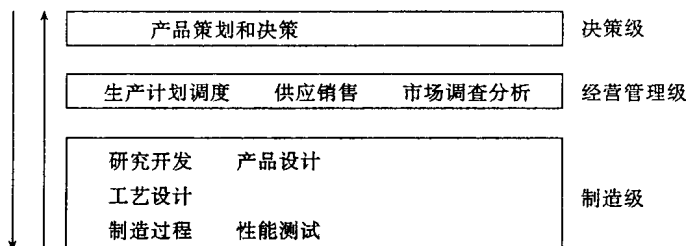


图 1-3 制造系统的典型框图

根据考察研究的对象不同,一个公司、一个工厂、一个车间、一条生产线、一个机群、甚至一台机床,都可以看作是不同的机械制造系统。包括一台机床的机械制造系统是单级系统,包括多台机床的机械制造系统是多级系统。

单级机械制造系统是最小的机械制造系统,是多级系统的基本组成单元,所以也可称为机械制造单元。

机械制造系统也象其它系统一样,具有集合性、相关性、环境适应性、动态特性、反馈特性和随机特性等。在对待和解决机械制造系统的问题时,我们必须应用系统科学与工程的观点和方法。

机械制造系统在运行过程中,无时无刻不伴随着物料流、信息流和能量流的运动。

机械加工过程输入的是原材料和毛坯(有时也包括半成品)及在加工过程中使用消耗的刀具、量具、夹具、润滑油、冷却液和其它辅助物料等,最后输出半成品或产品(一般还伴随着切屑的输出)。整个加工过程是物料的输入和输出的动态过程。这种物料在机械制造系统中的运动被称为物料流。

为保证机械加工过程的正常进行,需要各方面的信息。这些信息主要包括加工任务、加工工序、加工方法、刀具状态、工件要求、质量指标、切削参数等。这些信息又可分为静态信息(如工件尺寸要求、公差大小等)和动态信息(如刀具磨损程度、机床故障状态等)。所有这些信息构成了机械加工过程的信息系统。这个系统不断地和机械制造系统的各个环节进行信息交换,从而有效地控制机械加工过程,保证机械加工的效率和产品质量。这种信息在机械制造系统中的作用过程被称为信息流。

能量是一切物质运动的基础。机械制造系统是一个动态系统。机械加工过程中的各种运动,特别是物料的运动,均需要能量来维持。来自机械制造系统外部的能量主要是电能。它转变成成为机械能后,一部分用以维持系统中的各种运动,一部分传递到机械加工的切削区转变成成为分离金属材料的动能和势能。这种在机械加工过程中的能量运动被称为能量流。

机械制造系统中的物流、信息流和能量流之间是相互联系、互相影响的,是一个不可分割的整体。

图 1-4 是机械制造系统中的物流、信息流和能量流运动示意图。

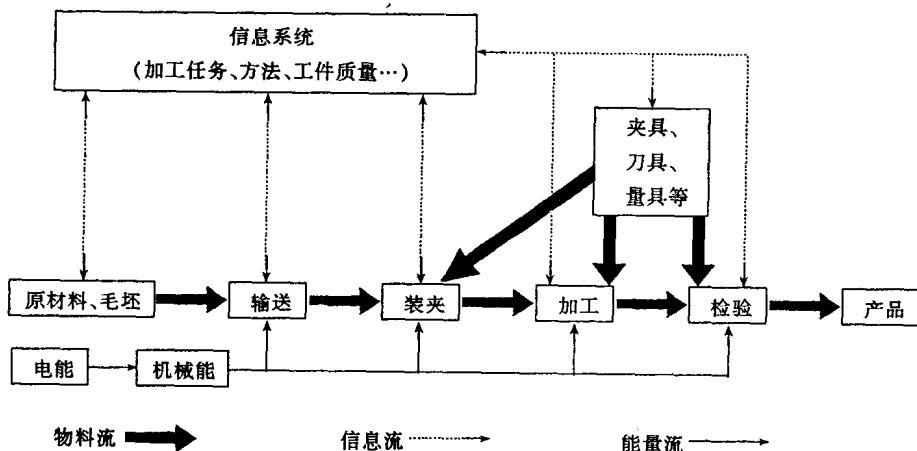


图 1-4 机械制造系统中物流、信息流和能量流的运动示意图

1.3 零件获得方法

1.3.1 零件成形方法

任何机械产品都是由许多单个零件装配而成的。所以,零件制造是机械制造的基础。零件制造的任务是通过一定成形方法使毛坯变成有确定的外形和一定性能及功能的三维实体(即零件)。

成形方法广泛应用于机械制造、首饰工艺品加工、陶瓷生产等许多领域。根据现代成形学的观点从物质的组织方式上(不包括生物的发育生长),可把成形方法分为三类。它们是:

①去除成形。去除成形是应用分离的办法,把一部分材料(裕量材料)有序地从毛坯基体分离出去而成形的方法。车、铣、刨等切削加工方法,磨削、珩磨、研磨等磨粒加工方法,切割、激光打孔、电火花加工等方法,都是常见的去除成形方法。这一方法在机械加工中获得广泛应

用。

②堆积成形。堆积成形是应用合并与连接的办法,把材料(气、液、固相)有序地堆积合并起来而成形的方法。焊接、快速成形等均属于该方法。这一方法也在机械加工中获得应用。

③受迫成形。受迫成形是应用材料的可成形性(塑性、流动性等),在特定的外围约束(边界约束或外力约束)下而成形的方法。锻造、铸造、粉末冶金、冲压等都是这种成形方法。这一方法在机械加工中主要用于毛坯的制造和特种材料的成形。

在上述三种成形方法中,去除成形要去除裕量材料并产生切屑,材料利用率较低;受迫成形一般也要产生飞边、浇冒口等工艺废料;而堆积成形材料利用率相对较高。去除成形通常为最终成形,可达到的精度最高;堆积成形也能达到高的精度;而受迫成形一般精度较低,但精密锻造、精密铸造、注塑加工等成形精度也较高,属于净成形或近净成形范畴。去除成形难于制造形状复杂的零件;受迫成形的铸造可以制造形状复杂的零件;而堆积成形中快速成形方法可以制造的零件形状复杂程度最高。通常的零件是由受迫成形方法制造毛坯,再由去除成形方法最后制得的。

在这三种方法中,受迫成形和堆积成形过程能决定零件的材料和组织,而去除成形只能影响零件的表面质量。所以,一些零件为获得需要的性质,在加工中还要经过热处理和表面精饰等过程。

关于锻造、铸造、焊接等利用受迫成形和堆积成形方法来获得毛坯,以及钢铁材料热处理的有关内容详见其它有关课程。本课程将着重介绍切削加工、磨粒加工等去除成形方法,即机械加工方法。

1.3.2 机械加工方法

机械加工方法在机械制造中应用非常广泛。由于它要从毛坯上切除多余的材料并产生切屑,所以又称为有屑工艺。

机械加工方法可以根据加工过程中使材料分离所使用的能量的种类不同而可分为使用机械能的、使用化学能的、使用热能的同时复合利用几种能量形式的若干种。

图 1-5 所示为上述分类下的常见具体机械加工方法。在诸多的机械加工方法中,使用机械能的切削加工和磨粒加工应用最为广泛。使用机械能的冲压加工主要用于板材的冲孔、落料等。

切削加工和磨粒加工的共同特点是利用机械能和依靠切削刃进行工作。切削刃的硬度比工件材料高,在力的作用下可以侵入工件,使工件材料产生分离破坏。切削加工和磨粒加工方法比较简便,可以加工各种大小尺寸的工件和许多种形状的表面,适应性强,并且得到的加工精度和表面质量是其它加工方法难以达到的。所以切削加工和磨粒加工作为传统的加工方法,目前在机械制造中还占有非常重要的地位,尚不能被其它方法所取代。

切削加工使用的工具是具有确定切削刃几何形状的刀具。使用的刀具还有只有一个切削刃的单刃刀具(如车刀、刨刀)和有多个切削刃的多刃刀具(如铣刀、钻头、铰刀)的区别。

磨粒加工过程是由切削刃几何形状不确定和经常变化的硬质矿物颗粒——磨粒完成的。把磨粒用结合剂黏接在一起成为形状固定的磨削工具叫固接磨具(如砂轮、油石);把磨粒用结合剂黏接在一块柔性材料上而形成的磨削工具叫涂覆磨具(如砂带、砂纸)。直接用散砂样的磨粒(或用油料介质调和)做磨削工具的称为游离磨粒加工。

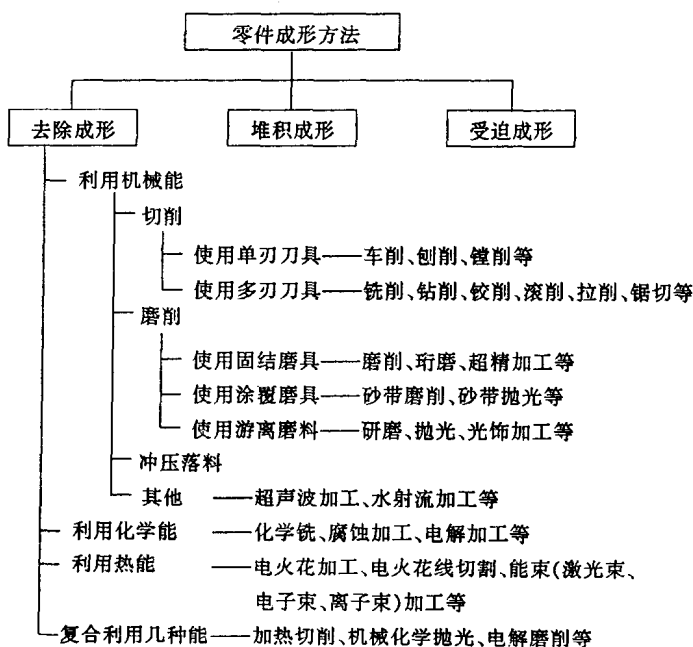


图 1-5 常见的机械加工方法

根据形成被加工表面的切削成形运动的不同,切削加工还有车削、刨削、镗削等的具体方式;磨粒加工则有外圆磨削、内圆磨削、平面磨削等的区别。

切削和磨粒加工方法也有其固有的不足:加工过程中能量的利用率极低,难于加工一些难加工材料(如玻璃、陶瓷),某些特形表面(如微小孔、异型孔)无法加工等。这促使了一系列利用机械能——介质流对工件进行撞击(磨料喷射加工、水射流加工)等的加工方法、利用化学能(如化学铣、腐蚀加工、电解加工)、热能(如电火花加工、电火花线切割、能束——激光束、电子束、离子束加工)和同时复合利用几种能量形式(加热切削、机械化学抛光、电解磨削)的加工方法的发展和应用。目前这些加工方法的应用还没有切削和磨粒加工那样广泛。所以,一般称它们为特种加工方法。

常见的利用机械能的特种加工方法有:

①磨料喷射加工。它是使磨料在喷管内随高压气体喷出,打击在工件表面上而去除其余量进行加工的方法。

②水射流加工。它是利用高压细束水射流的冲击能量对薄的金属片、纤维增强复合材料等材料进行精密切割加工的方法,也称高压水切割技术。

③混磨料水射流加工。水射流加工难于切割很硬的材料。混磨料水射流加工是高压细束水射流和细磨料相混合作为介质进行加工的方法,可以进行难加工材料的切割。

④磨料流加工。它是利用含有磨料的半流体介质在压力下在工件内腔往复低速运动而对金属产生去除作用,能进行表面光饰、去毛刺、倒圆角等工作。

⑤超声波加工。它是利用工具作超声频振动,使在悬浮液中的磨料激荡,去除加工硬脆材料的一种加工方法。

常见的利用化学能的特种加工方法有:

①化学铣削。该方法一般用于铝材整体壁板的加工,它用氢氧化钠对外露的铝板表面进行腐蚀,而非加工表面用耐腐蚀性涂层保护起来,使特定部位的金属发生溶解去除而达到加工目的。

②电解加工。是利用电化学作用过程中金属阳极溶解的原理进行的加工方法。通常是以氯化钠的水溶液为电解液,将工具和工件分别连接阴极和阳极,通电后工件表面就会逐渐溶解而被去除一层金属。

常见的利用热能的特种加工方法有:

①电火花加工。该方法利用工具和工件之间脉冲性的火花放电,依靠电火花局部、瞬间产生的高温把金属材料蚀除。电火花线切割是电火花加工的一种特殊形式。

②激光束加工。是利用激光能的加工方法,可以产生极高的温度。该种方法的原理是利用激光器发出的强光束,经过光学系统聚焦,可以在百分之几毫米范围内产生几百万度的高温,使各种难加工材料熔融而致气化。

③电子束加工。是在真空条件下利用电流加热阴极,使之发射电子束,并以极高的能量密度轰击被加工材料,将其气化去除。该方法可以加工 $10\sim 20\mu\text{m}$ 的小孔和窄缝。

④等离子束加工。它的原理和电子束加工类似,也在真空条件下进行。它是使惰性气体通过离子枪产生离子束,并经过加速、集束、聚焦后投射到工件表面的加工部位以实现去除材料的目的。

常见的复合利用几种能量形式的特种加工方法有:

①加热切削。它是利用等离子电弧或激光加热工件的待加工部位,瞬时改变材料的物理机械性能,达到使金属余量容易被去除的目的。

②低温切削。它是利用低温使工件材料产生脆性,可改善其切削性能,断屑容易。

③电解磨削。是利用电化学作用使工件表面的金属在电解液中进行阳极溶解,然后用导电砂轮通过机械作用将溶解了的金属去除。

复合利用几种能量形式的特种加工方法还有电解电火花加工、超声切削、磁力抛光、磁化切削、机械化学抛光等。

切削加工、磨粒加工、以及主要特种加工方法的比较见表 1-1。

表 1-1

主要加工方法的比较

加工方法	最大材料去除率 $/(\text{cm}^3/\text{min})$	典型功率消耗 $/(\text{kW}/\text{cm}^3)/\text{min}$	精 度		典型机床功率 $/\text{kW}$
			可达到 $/\text{mm}$	最大去除率时 $/\text{mm}$	
普通车削	3300	0.046	0.005	0.013	22
普通磨削	820	0.48	0.0025	0.05	20
化学铣削	490		0.013	0.075	
等离子束加工	164	0.91	0.5	2.54	150
电解磨削	33	0.091	0.005	0.063	3
电解加工	16.4	7.28	0.013	0.15	150
电火花加工	4.9	1.82	0.004	0.05	11
超声加工	0.82	9.10	0.005	0.04	11
电子束加工	0.0082	455	0.005	0.05	7.5
激光束加工	0.0.0049	2731	0.013	0.13	15

1.4 机械制造单元的组成

1.4.1 机械制造单元的组成

机械制造单元的基本组成包括工艺设备、工艺装备和制造过程。工艺设备和工艺装备共同构成机械制造单元或系统的硬件部分。

工艺设备是完成工艺过程的主要生产装置,如各种机床、加热炉、电镀槽等。机械加工工艺设备主要是金属切削机床。工艺装备是产品制造过程中所用的各种工具的总称,包括刀具、夹具、模具、辅具、量具、检具和钳工工具等。机械加工工艺装备则主要包括刀具、夹具、辅具、量具、检具。

在工艺装备中,刀具是能从事工件上切除多余材料或切断材料的带刃工具。夹具是用以装夹工件(和引导刀具)的装置。辅具是用以连接刀具和机床的工具。量具是用以直接或间接测出被测对象量值的工具、仪器、仪表等。

根据其通用性,工艺装备还分为专用工艺装备、通用工艺装备和标准工艺装备。专用工艺装备是专为某一产品所用的工艺装备。通用工艺装备是能为几种产品所共用的工艺装备。标准工艺装备是已纳入标准的工艺装备。

例如,图 1-6 所示为在一台立式钻床上钻孔。机床是立式钻床,刀具是麻花钻头。用一个带柄钻夹头将麻花钻头固定在钻床主轴上,该带柄钻夹头是辅具。用一台机器虎钳将工件固定在钻床工作台上,该机器虎钳是夹具。

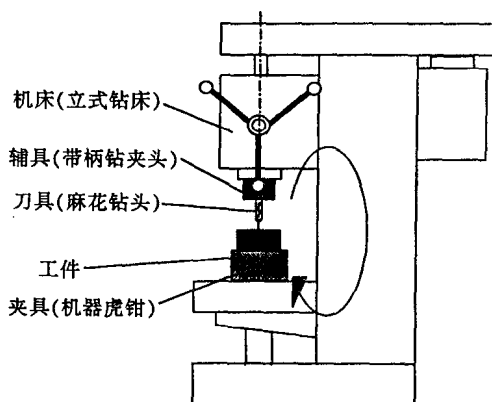


图 1-6 立式钻床上钻孔

1.4.2 工艺系统

在零件加工过程中,被加工的是工件,直接完成加工过程的是刀具,决定被加工工件尺寸和精度的是刀具和工件之间的相对位置。而如图 1-6 所示,刀具固定于机床之上,工件通过夹具也固定于机床之上,刀具—机床—夹具—工件构成一个闭环,切削力和尺寸关系通过它们也构成一个闭环,即刀具和工件之间的相对运动和位置决定于这一闭环。它们形成了一个统一体来共同影响加工过程。这个在机械加工中由机床、刀具、夹具和工件所组成的统一体称为工艺系统。

在工艺系统中,机床用来向制造过程提供刀具和工件之间的相对位置和相对运动,以及为改变工件的形状和性质而提供能量;刀具从工件上切除多余材料以完成加工工作;夹具用以正确地确定工件相对机床和刀具位置,并在加工时将它牢固地夹紧。

第2章 金属切削机床

2.1 零件表面形成方法及机床切削成形运动

2.1.1 零件表面的形成方法

一切机器都是由机器零件组成的。大部分机械零件采用切削或磨削加工的方法制造。金属切削刀具和工件按一定规律作相对运动,通过刀具上的切削刃切除工件上多余的(或预留的)金属,从而使工件的形状、尺寸精度及表面质量都符合预定的要求,这样的加工称为金属切削加工。金属切削(磨削)机床则是实现刀具(磨具)对金属工件进行切削加工的机器。

组成各类机器的零件种类繁多,形状和大小也各异。但不难发现,机器零件的表面一般是由为数不多和形状比较简单的表面组合而成的。各种表面的组合构成了不同的零件形状,所以零件的切削加工归根到底是表面成形问题。

组成零件的常见表面有:内、外圆柱面和圆锥面、平面、球面和一些成形表面(如渐开线面、螺纹面和一些特殊的曲面等)。例如如图 2-1 所示的圆柱齿轮是由渐开线表面 1 和 2、外圆柱面 3 和 4、内圆柱面 5 以及平面 6 所组成。

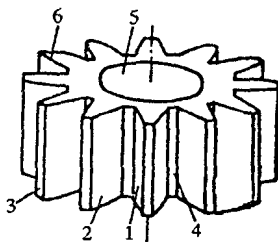


图 2-1 机器零件的组成表面

从几何学的观点来看,表面是由一条线(母线)沿另一条线(导线)运动的轨迹所形成。例如,平面是一条直线沿另一条直线移动的轨迹;圆柱面是一个圆线沿直线移动的轨迹,或者是一条直线绕旋转轴心与其平行的圆移动的轨迹。图 2-1 所示的齿轮渐开线表面则是渐开线沿直线移动,或者直线沿渐开线移动的轨迹。形成

上述表面的母线和导线若是可以互换的,称为可逆表面;若是不能互换的,称为不可逆表面,如螺纹面。

形成表面的母线和导线统称为发生线。图 2-2 所示为几种不同的母线和导线相对移动形成不同表面的示例。需要注意的是,有些表面的两条发生线完全相同,只因母线的原始位置不同,也可形成不同的表面,如图 2-2(c)和图 2-2(d)中,母线皆为直线,导线皆为圆,轴心线和所需的运动也相同,但是由于母线相对于旋转轴线的原始位置不同,所产生的表面就分别变为圆柱面和圆锥面。

在机床上,发生线是由刀具的切削刃与工件间的相对运动得到的。由于使用的刀具切削刃形状和采取的加工方法不同,形成发生线的方法也就不同,归纳起来有以下四种。

(1) 轨迹法

轨迹法是利用刀具作一定规律的轨迹运动来对工件进行加工的方法。以图 2-3(a)用普通刨刀加工为例,刀具切削刃与被形成表面可看成是点接触。切削点沿工件宽度方向的运动轨迹即形成母线。在刀具往复直线运动形成母线的同时,又沿曲线移动加工出所需的表面。这

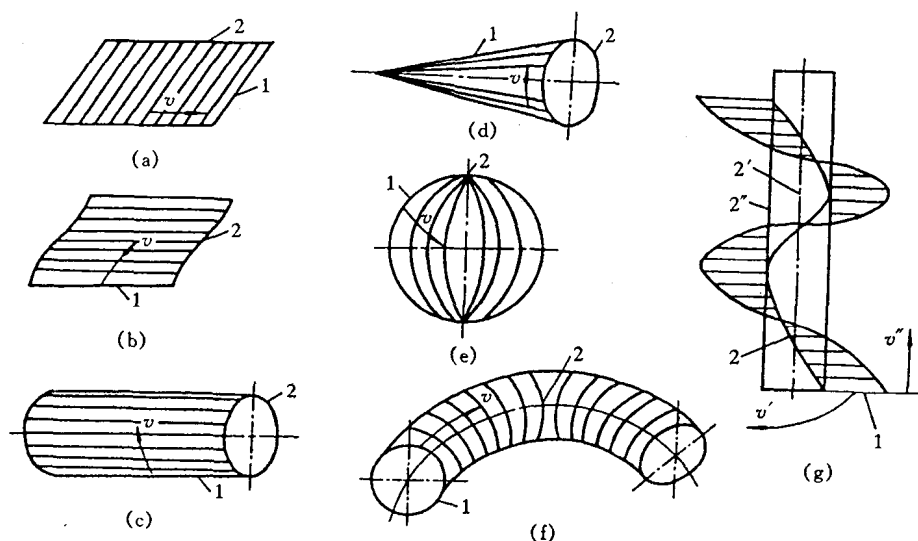


图 2-2 由母线相对导线移动形成的几种零件几何表面

1—母线;2—导线

样导线也是由轨迹法形成的。机床为用轨迹法形成所需的加工表面提供了一个轨迹运动。

(2) 成形法

成形法是利用成形刀具对工件进行加工的方法。刀具切削刃本身形成了母线,即发生线的形成不需机床提供运动(见图 2-3(b)所示)。

(3) 相切法

相切法是利用刀具边旋转边作轨迹运动来对工件进行加工的方法。如图 2-3(c)所示用铣刀加工成形表面,刀具本身作旋转运动,旋转的切削刃与被成形表面可看作是点接触,当切削刃的旋转中心沿工件宽度方向移动时,切削点运动轨迹与被成形表面间的相切线就形成了母线。刀具同时又沿曲线(导线)横向移动加工出所需的表面。这种形成表面的方法又称相切-轨迹法。一般来说,铣床和磨床是以相切法进行加工的。相切法中,刀具的旋转是加工方法的需要,切削刃旋转的圆周轨迹仅形成辅助线,辅助线沿一定规律移动时的包络线形成发生线。用钻头钻孔和用镗刀镗孔时,刀具也是作旋转运动,但切削刃沿圆线旋转直接形成了发生线,因此它们属于轨迹法。

(4) 展成法

展成法(又称范成法)是利用刀具和工件作展成切削运动的加工方法。展成法的典型示例为图 2-3(d)所示的渐开线齿形加工,刀具切削刃为切削线 1,它与需要形成的发生线 2 的形状不吻合。切削线 1 与发生线 2 彼此作无滑动的相对纯滚动。发生线 2 就是切削线 1 在滚动过程中连续位置的包络线。因此,用展成法形成发生线需要机床提供一个展成运动。

2.1.2 机床切削成形运动

机床上形成表面所需的刀具和工件间的相对运动,称为表面成形运动,这是机床上最基本的运动。同一种表面,如图 2-3 所示的曲面,因采用的工艺方法不同,所用的刀具不同,所需机床的成形运动也不同,从而使机床具有不同的结构。