

高等学校适用教材



金属

JINSHU

QIEXIAOJIAGONGSHIXI 主编/刘志刚

切削加工实习

吉林科学技术出版社

高等学校适用教材

金属切削加工实习

主编:刘志刚

吉林科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

金属切削加工实习/刘志刚主编. — 长春: 吉林科学技术出版社, 2006.2

ISBN 7-5384-3272-8

I. 金… II. 刘… III. 金属切削-加工工艺-实习-高等学校-教材 IV. TG5-45

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 014163 号

金属切削加工实习

刘志刚 主编

责任编辑:王雁鹏 邢淑萍 封面设计:创意广告

★

吉林科学技术出版社出版、发行

长春市康华彩印厂印刷

★

787×1092 毫米 16 开本 10.5 印张 255 000 字

2006 年 3 月 1 版 2006 年 3 月第 1 次印刷

定价:22.00 元

ISBN 7-5384-3272-8/TB·33

版权所有 翻印必究

社址 长春市人民大街 4646 号 邮编 130021

电子信箱 JLKJCBS@public.cc.jl.cn

传真:0431-5635181

网址:www.jkcbs.com 实名 吉林科技出版社

编 委 会

主 编:刘志刚

副主编:陈洪涛 王成刚 徐 文

编 委:(按姓氏笔划排列)

王成刚 刘志刚 陈洪涛

周照麟 徐 文 徐文龙

崔井军 葛玉明

主 审:周照麟

内容提要

本书是根据高等学校职业教育改革的需要编写的。本着“理论与实践”相结合的原则编写，由金属材料常识、金属切削加工基础知识、数控车床程序编程、机加实习（车削、铣削、刨削、磨削）钳工实习，以及特种加工技术等十章组成。

本书可以作为高等学校机械类及相关专业的金工实习教材，也可作为企业培训和有关工程技术人员参考用书。

前 言

为了更好贯彻《全国大力推进职业教育改革与发展的决定》精神，考虑到现有高校金工教材内容滞后、针对性差的状况，结合企业人才的需求状况，为更好地满足高校实践教育改革的需要而编写的。本书可作为高等工科院校相关专业的金工实习教材，也可供相关技术人员参考。

本书编写吸取了同类教材的某些优点，在选材和体系上对实习内容进行了归纳、拓宽；在编写过程中贯彻了“实用性、先进性”的原则，以便该课程与相关课程的衔接，各实习工种都相应增加了理论说明，同时增大了数控加工内容所占比例，以便使课程与企业的先进工艺、设备相实适应，从而调动了学生的学习性趣。学生通过该课程的学习增强了感性认识、动手能力，为学习相关课程以及以后从事机械方面工作奠定了必要的实践、理论基础。

参加本书编写工作的有刘志刚、陈洪涛、王成刚、徐文、崔井军、徐文龙。由刘志刚同志主编。周照麟主审。在编写过程中，“吉林省金工教学委员会”相关人员（理事）对本书进行了审阅，并提出了许多宝贵的意见，在此一并致谢。

由于编者水平有限，本书难免存在缺点和错误，敬请读者批评和指正。

编者：

2006 年 1 月

目 录

第一章 钢铁材料常识	1	§ 6-2 铣床的工作方式及铣削范围	106
§ 1-1 金属的性能	1	§ 6-3 铣削操作	108
§ 1-2 碳素钢	2	§ 6-4 铣削加工特点	113
§ 1-3 合金钢	4	第七章 刨工实习	115
§ 1-4 铸铁	5	§ 7-1 牛头刨床	115
§ 1-5 钢铁材料常用处理方法	6	§ 7-2 刨削工作	118
第二章 金属切削基础知识	8	§ 7-3 刨削加工特点	120
§ 2-1 切削运动和切削要素	8	第八章 磨工实习	121
§ 2-2 刀具材料和刀具要素	11	§ 8-1 砂轮	121
§ 2-3 金属切削过程	18	§ 8-2 磨削过程及磨削加工的特点	124
§ 2-4 零件的加工质量	27		124
第三章 金属切削机床基础知识	38	§ 8-3 磨床及其工作	126
§ 3-1 机床的分类及型号	38	第九章 钳工实习	130
§ 3-2 机床的机械运动	41	§ 9-1 划线	130
§ 3-3 机床的液压传动	50	§ 9-2 錾削	133
第四章 数控车床程序编制	51	§ 9-3 锯削	135
§ 4-1 数控车床	51	§ 9-4 锉削	137
§ 4-2 数控车床编程概述	52	§ 9-5 钻孔	140
§ 4-3 数控车床编程基础	54	§ 9-6 攻丝和套丝	142
§ 4-4 数控车床编程方法	65	§ 9-7 刮削	145
第五章 车工实习	84	§ 9-8 装配概念	146
§ 5-1 车床简介	85	第十章 特种加工简介	149
§ 5-2 车外圆	88	§ 10-1 电火花加工	149
§ 5-3 车削其它表面	94	§ 10-2 电解加工	151
§ 5-4 车削常用量具	100	§ 10-3 超声波加工	154
§ 5-5 车削加工特点	102	§ 11-4 激光加工	155
第六章 铣工实习	104	参考文献	157
§ 6-1 铣床	104		

第一章 钢铁材料常识

§ 1-1 金属的性能

金属的性能主要分为使用性能和工艺性能两个方面。使用性能是材料在使用时所表现出来的性质和适应能力,如物理性能、化学性能和力学性能等。工艺性能是金属在加工时所表现出来的适应能力和难易程度,按加工的方法可分为铸造性能、压力加工性能、焊接性能、切削加工性能和热处理性能等。

1. 金属的物理性能与化学性能,它主要包括密度、热膨胀性、导电性、磁性、耐蚀性、抗氧化性等。

2. 金属的力学性能,在外力的作用下,金属材料所表现出来的一系列特性和抵抗破坏的能力称为金属的力学性能。主要包括强度、塑性、硬度、冲击韧性和疲劳强度等。

(1) 强度 指金属在外力(载荷)作用下抵抗塑性变形和破坏的能力,按外力作用的方式不同,常分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度和抗扭强度等。

(2) 塑性 指金属材料在外力作用下产生塑性变形而不破坏的能力称为塑性。塑性指标用伸长率或断面收缩率表示。

(3) 硬度 通常是指金属材料抵抗其它更硬物体压入表面的能力,是金属抵抗表现局部变形和破坏的能力。目前,使用最普遍的是布氏硬度和洛氏硬度。布氏硬度用 HBS (HB) 表示,洛氏硬度用 HRA、HRB、HRC 洛氏硬度。

(4) 冲击韧性 指金属材料抵抗冲击载荷而不被破坏的能力称为冲击韧性。

(5) 疲劳强度 指金属的疲劳强度是指金属材料经多次重复的变载荷作用而仍不引起疲劳断裂的最大交变应力。

3. 金属的工艺性能 是指将金属制成具有一定形状和良好性能的零件或零件毛坯的可能性以及难易程度。

(1) 金属的铸造性能 是指将金属加工成优良铸件的性能,它取决于金属的流动性的收缩性。

(2) 金属的压力加工性能 是指能否用压力方法将金属加工成优良工件的性能。压力加工性能的好坏主要取决于金属本身塑性的好坏和变形抗力的大小。

(3) 金属的焊接性能 是指能否将金属用一定的焊接方法,焊成质量合格的接头的性能。

(4) 金属的切削加工性能 是指将金属用刀具切削成具有一定的尺寸、精度和表面粗糙度的零件的性能。它主要体现在以下几个方面:

- a. 切削抗力的大小。
- b. 切削处理的难易程度。
- c. 刀具的使用寿命。
- d. 切削加工表面的质量。

金属切削性能的好坏主要与金属材料的硬度、韧性、化学成分和加工硬化程度有关,凡

是使刀具使用寿命长,加工后表面粗糙度低、排屑容易、切屑量大的金属,其切削性能就好。

§ 1-2 碳素钢

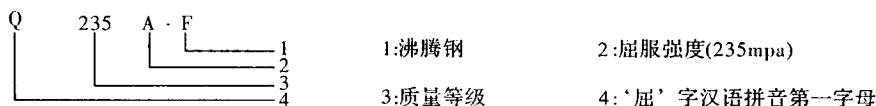
工业上广泛使用的碳素钢,就是指碳的质量分数小于 2.11%并含有少量硅(Si)、锰(Mn)、硫(S)、磷(P)等杂质元素的铁碳合金,简称碳钢。

碳是钢中最主要的元素之一,对钢的性能起着决定性作用。按其用途碳素钢可分为碳素结构钢、碳素工具钢和工程用钢(铸钢)。

一、碳素结构钢

碳素结构钢中碳的质量分数一般小于 0.7%,可分为普通碳素结构钢和优质碳素结构钢,主要用于制造工程结构件。

1. 普通碳素结构钢 其牌号由四部分组成,第一部分为屈服点的字母(Q);第二部分为屈服点的数值(单位为 MPa);第三部分为质量等级符号(A、B表示磷含量较多,C、D表示硫、磷含量少、质量好),常用的为 A;第四部分为脱氧方法符号(F为沸腾钢,Z为镇静钢,TZ为特殊镇静钢)。



普通碳素结构钢常用的牌号有 Q195、Q215、Q235、Q255、Q275,一般以热轧空冷状态供应。其中 Q195 和 Q275 是不分质量等级的,出厂时既保证力学性能,又保证化学成分。Q215, Q235, Q255 的质量等级为 A 级时,只保证力学性能而不保证除硅、硫、磷外的其他化学成分,B、C、D 质量等级则力学性能和化学成分均保证。

2. 优质碳素结构钢 由于冶炼时既保证了力学性能,又保证了化学成分,所以含碳量比较稳定,硫、磷的含量少、质量好,可满足大多数机械零件的使用要求,并且具有良好的工艺性能。按其碳质量分数的高低可分为低碳钢(含碳量小于 0.25%)、中碳钢(含碳量 0.25%~0.60%)、高碳钢(含碳量大于 0.60%,最高可达 0.85%)。低碳类优质碳素钢,由于含碳量低,所以强度、硬度低,而塑性、韧性好,适合于进行压力加工,常制成钢板并进一步冷轧成薄板供冲压或焊接用,也可以供制造机械零件或进行渗碳处理后使用;中碳类优质碳素结构钢,由于含碳量适中,所以强度、硬度、塑性和韧性都很好,若经热处理调质后,可达到强度、硬度、塑性和韧性之间的良好配合,具有优良综合力学性能,并且具有良好的切削性能,也把它称为调质钢。45 钢是最典型的调质钢,在机械制造中用量很大,经调质后具有良好的综合力学性能,其工艺性较好,特别是具有良好的切削加工性能,同时也是表面淬火常用的钢种;高碳类优质碳素结构钢,由于含碳量高,因此强度、硬度高而塑性韧性差,但经适当热处理或冷变形后,弹性特别好,所以常用来制作弹簧以及某些工具,其中较典型的为 65Mn,常见的弹簧、弹簧热圈等都是用这种材料制作的。这类钢也称为弹簧钢。

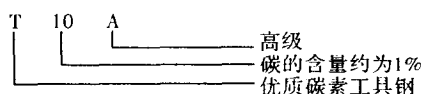
编号方法 采用两位数字表示,45 表示优质碳素结构钢,平均含碳量为 0.45%的中碳钢;25 表示优质碳素结构钢,平均含碳量为 0.25%的低碳钢。若锰元素的质量分数在

0.7%~1.2%之间时,那么在牌号后面需加上元素符号 Mn 来表示。例如:25Mn 表示优质碳素结构钢,平均含碳量为 0.25%,锰的含量较高,为 0.8%~1.2%。

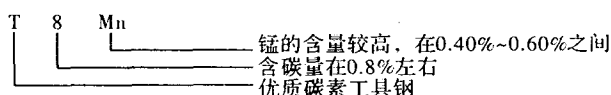
二、碳素工具钢

碳素工具钢是用于制造一般刀具、模具、量具等工具的优质高碳钢,其含碳量为 0.7%~1.3%。碳素工具钢分为优质碳素工具钢、高级优质碳素工具钢。

1. 碳素工具钢的编号 采用“碳”字的汉语拼音第一个大写字母 T 作为代号,后面加上数字,表示含碳量的千分数。



钢中锰的含量达到 0.40%~0.60%时,牌号的后面加上锰的元素符号来表示。如是高级优质工具钢,在牌号后面加 A 来表示,如 T10A, T8MnA 等。



2. 碳素工具钢的使用性能与用途 碳素工具钢主要是用来制造工具和刃具的,都需经热处理后使用才能达到一定的硬度。淬火前碳素工具钢由于含碳量高,故硬度偏高,切削加工不易,故要进行适当的球化处理,以降低硬度,改善其切削加工性能。经淬火后的碳素工具钢硬度高、耐磨性好,适宜用来制造开头复杂、精度较高、能承受轻微冲击的工具。例如, T7、T8 钢淬火后硬度、耐磨性较低,但韧性较好。一般用来制造承受冲击和振动的工具,如锤头、冲头、凿子等; T10、T10A 含碳量较高,淬火后硬度、耐磨性、强度也较高,有一定的韧性,常用于制造手锯条、铰刀、板牙、丝锥和凿子等工具; T12、T13 含碳量在 1.2%以上,淬火后有极高的硬度和良好的耐磨性,但韧性极差,一般用来制造不能承受大的冲击力的刃具,如刨刀、钻头、刮刀、刻刀、剃刀等。

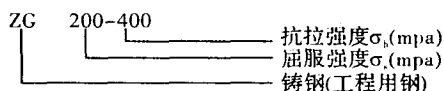
三、工程用钢 (铸钢)

工程用钢是指由钢液直接铸成零件或零件毛坯的材料。

1. 工程用钢的编号方法

(1) 用表示制造特征的“铸钢”两字汉语拼音的第一个大写字母作为代号。

(2) 代号后面加上两组数字,第一组表示其屈服强度 σ_s ,第二组表示其最低的抗拉强度 σ_b ,两组数字中间用一短横线隔开。



2. 工程用钢 (铸钢) 由于直接由钢液浇铸而成,常存在许多冶金缺陷,如晶粒粗大、成分不均匀、组织疏松并夹有气孔、砂眼、裂纹等,给大型铸钢件的热处理和切削加工带来一些影响,一般需经退火或正火处理后再进行加工。

ZG200—400 和 ZG230—450 两种铸钢,塑性、韧性比较好,有一定的焊接性,常用于制造机座、箱体、轴承座与盖以及阀体等。ZG310—570 和 ZG270—500 两种铸钢,由于切削性能和强度比较好,常用于制造强度要求比较高的铸件,如轧钢机架、横梁、齿轮等比较重要的铸件。

§ 1-3 合金钢

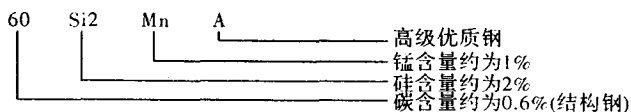
为了提高和改善钢的性能,炼钢过程中,常有意识地向钢中加入一种或几种一定数量的金属或非金属元素,称为合金钢,以便适应各种性能的需求。

一、合金钢的分类与编号

1. 按用途分为合金结构钢、合金工具钢和特殊合金钢三种,按合金元素分为低合金钢,中合金钢和高合金钢三种。

2. 合金钢的编号

(1) 合金结构钢 其编号采用“两位数字+化学元素符号+数字”的方法编制。两位数字表示钢中含碳量为万分之几,含量大于1%以后不再标示数字,元素符号后面标上其平均含量的百分之几,平均含量小于1.5%不标出数字,在1.5%~2.5%之间标2,在2.5%~3.5%之间标3。若为高级优质钢,则在牌号末尾加标字母A。



(2) 合金工具钢和特殊合金钢 编号采用“一位数字+化学元素符号+数字”的表示方法编制。一位数字表示钢中含碳量的千分之几,当碳的质量分数大于1%以后,不再标出含碳量的数字,W18Cr4V等。合金元素符号,后面标上其含量的百分之几,质量分数小于1.5%的不用标出数字,在1.5%~2.5%之间标2,在2.5%~3.5%之间标3,依此类推。



二、合金结构钢

合金结构钢是指用于制造各种重要机器零件和受力工程结构件的钢材。

(1) 普通低合金结构钢 常用的有Q295、Q345、14MnMoV等。它可取代普通碳素结构钢制造承载大的、有特殊要求的工程结构件,如桥梁、船舶、高压容器、大型屋架等。一般情况下,这类钢在热轧状态下使用,若要提高强度,可进行正火或调质处理。其冷冲、冷弯、焊接性较好。

(2) 合金渗碳钢 常用的有15Cr、20Cr、20MnV等。这类钢主要用于制造表面硬而耐磨、心部有足够韧性的能承受冲击载荷作用的零件,如重要的齿轮、凸轮等。

(3) 合金调质钢 常用的有40Cr、45Mn2、35CrMo等。这类钢是以热处理方法命名的,既可淬火加高温回火处理后使用,也可作为表面淬火件用钢,主要用于制造承受较大载荷的机械零件,如轴类、齿轮等重要件。这类钢使用极为广泛。

三、合金工具钢

合金工具钢具有高的淬透性、耐磨性和红硬性,而且热处理后变形小,回火稳定性好,常用于制造重要的刀具、量具、模具等。合金刀具钢一般可分为低合金刀具钢和高速钢两类。

1. 低合金刀具钢 常用的有 9SiCr、9Mn2V 等，主要用于制造低速手动工具和刀具等，如丝锥、板牙、钻头、铰刀、搓丝板、刮刀、拉刀、剃刀等。

2. 高速钢 常用的有 W18Cr4V、W6Mo5Cr4V2 等。高速钢（又称白钢或锋钢）具有高的硬度、强度和耐磨性，耐热性较好，在 600℃ 左右其硬度仍能保持在 60HRC 以上，适用于制造各种金属切削用的刀具。

四、合金模具钢与合金量具钢

1. 合金模具钢 根据工作条件的不同，合金模具钢可分为冷作模具和热作模具用钢。冷作模具钢有 9SiCr、9Mn2V、CrWMn、Cr12MoV 等，主要用于承受拉应力冲击作用，刃口受到强烈的摩擦和挤压的场合，如冲裁、剪切、冷挤压、拉拔、冷镦等。热作模具钢有 5CrNiMo、5CrMnMo 等，主要用于将加热后的炽热金属在冲击或加压下强迫成形的模具。其特点是不仅具有高的强度、硬度，还具有一定的韧性和耐疲劳性。

2. 合金量具钢 常用的有 GCr15、CrMn、CrWMn 等，主要用于制造量具，如卡尺、千分尺、塞规、块规等。其特点是具有高的硬度和耐磨性，高的尺寸稳定性，淬火变形小，线胀系数小和一定的耐腐蚀性，使其保持形状和尺寸不变。

五、特殊合金钢

特殊合金钢主要包括不锈钢、耐热钢和抗磨钢。

1. 不锈钢 常用的有 1Cr13、2Cr13、1Cr18Ni9 等，用于腐蚀性介质和空气中含有水蒸气场合的管道、机械零件的制造。

2. 耐热钢 适应在高温下工作的钢称为耐热钢。第一类是抗氧化不起皮钢，常用的有 1Cr13SiAl、3Cr18Ni25Si2 等，主要用于制造石油裂化设备、加热炉底板等。第二类是热强钢，常用的有 12CrMoV、35CrMo 等，主要用于制造汽轮机叶片等。第三类是气阀钢，主要有 4Cr9Si2、4Cr10Si2Mo 等，主要用于温度在 600~800℃ 场合下工作的排气阀、进气阀等高温工作下的机械零件的制造。

3. 抗磨钢 最常用的是高锰钢，其牌号为 ZCrMn13，常用于制造拖拉机、坦克的履带以及球磨机、破碎机的衬板等，具有很高的耐磨性，但切削加工困难，常用铸造方法制成零件使用。

§ 1-4 铸铁

铸铁是指碳的含量大于 2.11% 的铁碳合金（工业上常用的铸铁碳含量在 3.0%~4.5% 范围内），其中包有相当数量的杂质。铸铁是机械制造工业的重要金属材料，应用非常广泛，如制造内燃机、机器设备的机体、气缸套、齿轮、箱体、轴承座等。铸铁按其中碳的存在形式和石墨的形状分为白口铸铁、灰口铸铁、可锻铸铁和球墨铸铁。

一、铸铁的性能

铸铁与钢相比，力学性能显然比较差。但是，由于石墨的存在给铸铁带来许多钢所不及的优良性能。

1. 良好的铸造性能 由于含碳量高，铸铁比钢熔点低，熔化浇铸方便，铁液流动性好，

冷却收缩率也小，不容易因内应力过大而造成开裂，可浇铸形状复杂的零件或毛坯。

2. 良好的减磨性 因其所含石墨起到一定的润滑作用，因此常用铸铁制造耐磨件，如机床导轨等。

3. 较好的消振性 铸铁中的石墨对振动能起到缓冲作用，石墨能吸收振动，从而阻止了晶粒之间振动能的传递。

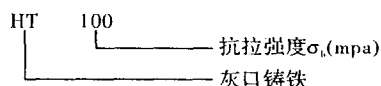
4. 良好的加工性能 铸铁一般硬度都比较低，切削加工容易。石墨类似空洞和裂纹，使切屑发生脆断，不易拉毛加工后的表面。石墨又是润滑剂，减轻刀具的磨损。

5. 低的缺口敏感性 铸铁由于石墨本身犹如空洞的裂纹，所以对外加的缺口不敏感，如油槽、键槽、裂纹等，而且圆整石墨还能切断裂纹的扩展。

铸铁还具有制造方便，资源丰富、成本低、价格便宜的特点，因而应用十分广泛。

二、灰铸铁

1. 灰铸铁的编号方法（牌号）用“灰”、“铁”两字汉语拼音第一个大写字母 HT 作为代号，HT 后面加上一组数字，表示铸铁的最低抗拉强度 σ_b （其单位为 MPa），作为灰铸铁的编号。



三、可锻铸铁

可锻铸铁的编号方法（牌号）用“可”、“铁”两字汉语拼音第一个大写字母 KT 作为代号，后边加上表示其基体组织特征的“黑”或“珠”或“白”汉语拼音第一个大写字母 H 或 Z 或 B（黑心可锻铸铁、白心可锻铸铁），代号后面加两组数字，第一组表示最低的抗拉强度 σ_b ，第二组数字表示最低伸长率 δ ，伸长率为一位数时，前面应加“0”。常用牌号有 KTH 300-06、KTZ 450-06

四、球墨铸铁

球墨铸铁分为铁素体基体球墨铸铁、铁素体加珠光体基体球墨铸铁和珠光体基体球墨铸铁三类。其编号用该铸铁的“球”、“铁”两字汉语拼音第一个大写字母 QT 作代号，后面加两组数字组成，第一组表示最低的抗拉强度 σ_b （单位 MPa），第二组表示最低伸长率 δ ，伸长率若是一位数，前面需加“0”。常用牌号 QT 400-18、QT500-07、QT900-02。

§ 1-5 钢铁材料常用的热处理方法

一、退火

将钢件加热到一定温度，保温一段时间，然后缓慢冷却（一般随炉冷却）的热处理工艺，主要分为完全退火（750~900℃）、球化退火（750℃）、去应力退火（500~600℃）。其目的是细化晶粒、降低硬度、改善切削加工性能以及去除工件残余应力。

二、正火

将钢件加热到一定温度，保温后在空气中冷却的热处理工艺。其可作为预先热处理以获得适宜的硬度，便于切削加工；也可作为最终热处理，以便细化晶粒，提高力学性能。

三、淬火

将钢件加热到一定温度，然后放到液体介质（水、油、盐、碱）中，保温一定时间，然后以适当速度冷却的热处理工艺。其目的是提高材料的强度、硬度及韧性。

四、回火

将淬火后的钢件再加热至某一温度，保温一定时间，然后冷却到室温的热处理工艺。主要分为低温回火（150~250℃）、中温回火（350~500℃）、高温回火（500~650℃），其中高温回火也称为调质处理。回火的主要目的是保持淬火钢的高硬度、耐磨性，使工件具有强度、塑性和韧性较好的综合力学性能。

五、表面淬火

将工件表面快速加热至淬火温度，使热量来不及传至心部就快速冷却的热处理工艺。主要分为火焰加热表面淬火、高频感应加热淬火、中频感应加热淬火。其目的是使工件表面层获得较高的硬度和耐磨性，而心部具有较好的韧性。

六、渗碳处理

将工件放到渗碳剂中，将其加热到 900~950℃，保温一定时间，将碳渗入钢件表面，再淬火的热处理工艺。主要分为固体渗碳、气体渗碳两种。目的是使工件表面具有高硬度和耐磨性，而心部保持一定强度及韧性的热处理工艺。

第二章 金属切削加工的基础知识

金属切削加工是用刀具从毛坯上切去多余的金属,使获得的零件具有符合要求的几何形状、尺寸和表面粗糙度的加工过程。金属切削加工可分为钳工和机械加工两大类。

钳工一般是通过工人手持工具来进行切削加工的。钳工常用的加工方法有划线、錾切、锯割、锉削、刮削、研磨、铰孔、攻丝和套扣等。钳工的生产率较低,劳动强度较大,要求工人技术水平较高,因而一些钳工工作已逐渐被机械加工所代替,同时钳工本身也在逐步实现机械化。目前钳工在装配和修理工作中,仍是比较简便和经济的方法,在单件、小批生产中占有一定的比重。

机械加工是通过工人操纵机床来进行切削加工的。其主要方法有车、钻、刨、铣、磨等。所用的机床为车床、钻床、铣床和磨床等。

由于现代机器的精度和性能都要求较高,所以对组成机器的大部分零件的加工质量也提出了高的要求。目前除了很少一部分零件是采用精密铸造或精密锻造的方法直接获得外,绝大部分零件都要靠切削加工方法来保证,因此切削加工在机械制造业中占有重要的地位。

金属切削加工的形式很多,所用的机床和刀具亦各异,但是在各种切削加工形式之间却存在着许多共同的现象和规律,诸如切削运动、切削刀具、切削过程的物理实质等。这些现象和规律是学习各种切削加工方法的共同基础。

§ 2-1 切削运动和切削要素

一、切削运动

要使刀具从毛坯上切去多余的金属,刀具与工件必须有一定的相对运动,即切削运动。例如在外圆车削中,必须使工件作旋转运动,刀具作平行于工件轴线的直线运动。切削运动可分为主运动和进给运动。主运动是切下切屑所必须的运动,也是速度最高、消耗功率最大的运动。进给运动是使新的金属继续投入切削的运动。表 2-1 是五种典型的切削加工方法的运动简图。

分析表 2-1 可知,任何切削过程必须有一个主运动,而且只能有一个主运动;进给运动可以是一个或数个。主运动和进给运动可以由工件、刀具两方分别完成,也可以由一方(如刀具)单独完成。主运动和进给运动可以是旋转运动,也可以是直线移动;可以是连续的,也可以是间歇的。

二、切削要素

在切削过程中,工件上将形成三个表面(图 2-1):

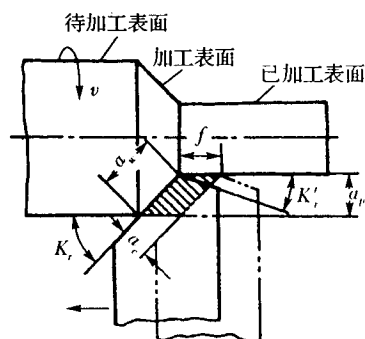


图 2-1

表 2-1

典型的切削加工方式运动简图

加工方式	运动简图	主运动	进给运动
在车床上车外圆		工件的旋转运动	车刀的直线移动
在钻床上钻孔		钻头的旋转运动	钻头的直线移动
在牛头刨床上刨平面		刨刀的往复直线移动	工件的间歇直线移动
在铣床上铣平面		铣刀的旋转运动	工件的直线移动
在外圆磨床上磨外圆		砂轮的旋转运动	工件的旋转和往复直线移动

已加工表面 工件上已切去切屑的表面。

待加工表面 工件上即被切去切屑的表面。

加工表面 工件上正在被切削刃切削的表面。

切削要素包括切削用量和切削层的几何参数。

1. 切削用量

切削用量是用来表示主运动和进给运动参数的数量，以便于调整机床。它包括切削速度、进给量和切削深度三要素。

(1) 切削速度 v

单位时间内，工件和刀具沿主运动方向的相对位移称为切削速度。如主运动为旋转运动，则计算公式为

$$v = \frac{\pi d n}{1000 \times 60} \quad (\text{m/s})$$

式中 d ——工件或刀具在加工表面上的最大回转直径, mm;

n ——工件或刀具的转速, r/min。

当转速一定时,一般在切削刃上各点的速度是不同的。切削速度高的地方,切削时发热多,刀具磨损快,因此,计算时应以最大的切削速度为准。例如,车外圆应以待加工表面计算切削速度;钻削或铣削时,应以钻头或铣刀的外径计算切削速度。

如主运动为往复直线运动,则以工作行程和空回行程的平均速度作为切削速度

$$v = \frac{2ln_r}{1000 \times 60} \quad (\text{m/s})$$

式中 l ——往复直线运动的行程长数, mm;

n_r ——主运动每分钟的往复次数, 即行程数, str/min。

(2) 进给量 f

工件或刀具运动在一个工作循环(或单位时间)内,刀具和工件沿进给运动方向的相对位移称为进给量。当主运动为旋转运动时,进给量是指工件或刀具每转一转,刀具或工件沿进给方向所移动的距离,单位为 mm/r。例如车削时,工件每转一转,刀具所移动的距离即为进给量。当主运动为往复直线运动时,进给量是指刀具或工件每往复一次,工件或刀具沿进给方向所移动的距离,单位为 mm/str。例如在牛头刨床上刨削时,刀具每往复一次,工件移运的距离即为进给量。

(3) 切削深度 a_p

待加工表面与加工表面之间的垂直距离称为切削深度,单位为 mm。车外圆时,切削深度为

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

式中 d_w ——待加工表面直径, mm;

d_m ——已加工表面直径, mm。

2. 切削层的几何参数

切削层是指工件上正被切削刃切削着一层金属,亦即相邻的两个加工表面之间的一层金属。例如,车外圆时,切削层是指工件每转一转,刀具移动一个进给量所切下的一层金属。切削层的几何参数包括切削宽度、切削厚度和切削面积。

(1) 切削宽度 a_w

切削宽度为沿主切削刃量得的待加工表面与已加工表面之间的距离,亦即主切削刃的工作长度,单位为 mm。车外圆时

$$a_w = \frac{a_p}{\sin K_r} \quad (\text{mm})$$

式中 K_r 为主切削刃和工件轴线之间的夹角,如图 1-1 所示。

(2) 切削厚度 a_c

切削厚度为刀具或工件每移动一个进给量 f 后,主切削刃相邻两个位置之间的垂直距离,单位为 mm。车外圆时

$$a_c = f \cdot \sin K_r \quad (\text{mm})$$

(3) 切削面积 A_c

切削面积为切削宽度与切削厚度的乘积,或切削深度与进给量的乘积,单位为 mm^2 。