

高等学校函授教材
(兼作高等教育自学用书)

金属工艺学

(机械类各专业用)

下 册

北京钢铁学院 金属工艺学教研室 编
陈 端 树 主编

高等教育出版社

高等学校函授教材

(兼作高等教育自学用书)

金属工艺学

(机械类各专业用)

下 册

北京钢铁学院 金属工艺学教研室 编

陈端树 主编

江苏工业学院图书馆
藏书章

高等教育出版社

金属工艺学函授教材

(机械类各专业用)

本书系根据 1981 年 12 月审订的高等工业学校机械类专业试用《金属工艺学函授教学大纲》(草案)编写的。

本书分上下两册出版,上册内容为热加工(铸、锻、焊),下册为冷加工。

本书根据函授大纲的要求,将实习与讲课内容融合在一起编写。重点和难点的内容更注重图文的配合。全书“台阶”较小,叙述较详。

书中每章前面编有学习指导,指出基本内容之间的内在联系、要求及重点、学习方法等。每章后面附有自我检查题,供学生自行检查对教学内容的掌握程度。有些章末附有作业题,培养运用基本知识的能力。

本书可作为高等工业学校机械类各专业函授学生和自学者用书,也可供其他有关工科院校及电视、职工大学师生参考。

责任编辑 单继清

高等学校函授教材
(兼作高等教育自学用书)

金属工艺学

(机械类各专业用)

下 册

北京钢铁学院 金属工艺学教研室 编

陈端树 主编

*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

顺义县印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/16 印张 16 字数 361,000

1985 年 4 月第 1 版 1985 年 4 月第 1 次印刷

印数 00,001—11,760

书号 15010·0615 定价 3.10 元

目 录

第五篇 金属切削加工

学习指导	1	学习指导	78
概述	2	§ 24-1 麻花钻	79
第二十一章 金属切削加工的基础		§ 24-2 钻床	81
知识	4	§ 24-3 钻床上刀具和工件的安装及 所用附件	83
学习指导	4	§ 24-4 钻床上主要工作	84
§ 21-1 各类机床上加工方法的共性	5	§ 24-5 镗削加工	89
§ 21-2 切削加工的运动分析及切削 要素	5	自我检查题	94
§ 21-3 刀具材料和刀具几何形状	8	第二十五章 刨削、插削及拉削加工	96
§ 21-4 金属切削过程	17	学习指导	96
§ 21-5 零件加工质量和生产率的概念	25	§ 25-1 刨床	97
§ 21-6 工件材料的可切削性	29	§ 25-2 刨床上主要工作	102
自我检查题	30	§ 25-3 精刨	105
作业题	31	§ 25-4 插床及其主要工作	106
第二十二章 金属切削机床的基础		§ 25-5 刨、插加工的工艺特点	107
知识	32	§ 25-6 拉削加工	107
学习指导	32	自我检查题	110
§ 22-1 机床的分类和编号	32	第二十六章 铣削加工	112
§ 22-2 机床的基本传动方法	36	学习指导	112
§ 22-3 机床的变速机构	40	§ 26-1 铣床	114
自我检查题	42	§ 26-2 铣刀及铣削过程	116
作业题	42	§ 26-3 铣床附件及工件安装	124
第二十三章 车削加工	43	§ 26-4 铣床上主要工作	126
学习指导	43	§ 26-5 铣削的工艺特点及应用	134
§ 23-1 车床	44	自我检查题	136
§ 23-2 工件的安装及所用附件	52	作业题	136
§ 23-3 车床上主要工作	58	第二十七章 磨削加工	137
§ 23-4 车削的工艺特点及应用举例	71	学习指导	137
§ 23-5 其它车床	73	§ 27-1 砂轮及磨削过程	138
自我检查题	76	§ 27-2 磨床	144
作业题	77	§ 27-3 磨床上主要工作	147
第二十四章 钻削和镗削加工	78	§ 27-4 磨削的工艺特点及应用	151

§ 27-5 光整加工简介	153	§ 30-2 各种表面加工方法综合分析	199
自我检查题	156	§ 30-3 合理选择机床的方法	202
第二十八章 齿轮齿形的加工	157	§ 30-4 典型零件工艺过程举例	205
学习指导	157	自我检查题	210
§ 28-1 渐开线齿轮概述	158	作业题	210
§ 28-2 成形法加工圆柱齿轮齿形	162	第三十一章 零件的结构工艺性	211
§ 28-3 展成法加工圆柱齿轮齿形	165	学习指导	211
§ 28-4 齿轮齿形的精加工	173	§ 31-1 概述	212
自我检查题	176	§ 31-2 各种切削加工对零件结构工 艺性的要求	214
第二十九章 特种加工和数控机床	178	自我检查题	227
学习指导	178	作业题	223
§ 29-1 电火花加工	178	第三十二章 钳工与装配	230
§ 29-2 电化学加工	181	学习指导	230
§ 29-3 超声波加工	184	§ 32-1 钳工的基本操作及应用	230
§ 29-4 激光加工	185	§ 32-2 划线	237
§ 29-5 数字程序控制机床简介	185	§ 32-3 装配	241
自我检查题	187	自我检查题	246
第三十章 机械加工工艺过程	188	附录 教学参观指导	247
学习指导	188		
§ 30-1 工艺过程的基本知识	188		

第五篇 金属切削加工

学习指导

现代机器中,大多数零件的精度和表面光洁度是靠切削加工来保证的,由此可见切削加工在本课中占有重要地位。

本篇共分十二章,其内容有以下六部分:

- (1) 金属切削加工和机床的基础知识(第二十一至二十二章);
- (2) 常见金属切削机床上的主要工作(第二十三至二十八章);
- (3) 特种加工及数控机床(第二十九章);
- (4) 机械加工工艺过程(第三十章);
- (5) 零件结构工艺性(第三十一章);
- (6) 钳工与装配(第三十二章)。

金属切削加工大都是在机床上利用刀具进行切削来实现的。常见机床上的主要工作(加工方法)是本篇的中心内容,学习本篇之前须具备金属切削加工和机床的基础知识,以便在懂得它们的基本原理和共同规律的基础上,逐步掌握常见机床上的主要工作。

特种加工是相对于传统的切削加工而言的,它是加工方法的进一步发展,为零件加工开创了新的途径。数控机床是综合应用电子技术、自动控制等新技术成就而出现的高度自动化的新型机床。随着我国四化建设的发展,特种加工和数控机床会逐渐得到发展和应用。

一个机器零件的加工,往往要在不同的机床上,经过多种加工方法来完成,机械加工工艺过程则是各种加工方法的综合运用。

本篇是从零件切削加工的角度,介绍对零件结构工艺性的要求。因而,学习零件结构工艺性一章时,应注意与前面有关的加工方法相联系。

钳工一般是利用手工操作来进行切削加工,它是机床上加工的辅助和补充,目前在维修和装配工作中仍经常应用。

本篇的基本要求:

- (1) 初步掌握各种主要切削加工方法(常见机床上的主要工作)的基本原理、工艺特点及应用。并具有选择零件加工方法的基本知识。这也是学习的重点;
- (2) 了解各种主要切削加工方法所用设备和工具的工作原理、与加工方法有关的结构和应用范围;
- (3) 了解零件的机械加工工艺过程;
- (4) 从切削加工角度初步掌握零件的结构工艺性和常用金属的工艺性。其中结构工艺性也是学习重点。

学习方法上,首先要明确本课程是一门实践性很强的工艺性课程,尤其是本篇的内容涉及

到的机床、夹具、附件、刀具的类型繁多,感性知识尤为重要。要本着实践第一的思想,在学习本篇之前,应通过工厂参观,了解几种常见机床(车、钻、刨、铣、磨床等)的组成部分、所能完成的主要工作、工件的安装及所使用的夹具、附件、刀具的类型和安装以及加工时的切削运动等(详细参观要求见附录)。在具有初步感性认识的基础上,初读教材内容。在学习过程中遇到感性认识的困难,记录下来,再定期进行针对性的深入参观,也就是要遵循“实践、认识、再实践、再认识……”的认识规律。

其次,学习方法上要注意对比分析,找出有关内容的共性(即共同之处),把表面上孤立的各种加工方法有机地联系起来。例如,§ 21-1 中指出“各类机床上加工方法的共性”,就是为后面学习各种加工方法时(第二十三至二十七章)提供规律性的分析思路。

对于共性的理解与掌握需要一个过程,要由一个一个的特性入手。例如,各类机床上加工方法的共性中指出:分析机床加工方法时,可从刀具和工件的安装以及产生所需的相对运动两个方面入手。在学习第二十三章时,首先通过车床上的主要工作,了解刀具和工件的具体安装方法以及相对运动的组合,从而具体地理解在机床上加工工件,必须解决刀具和工件的安装以及产生所需的相对运动。学习后面钻、刨、铣、磨等类型的机床上主要工作时,可逐步理解由于机床的结构及工件的要求不同,所采取的运动组合和具体安装方法则各有差异,但其共同之处(共性)就是都要解决安装和运动组合两大问题。

学习时,还应注意,有关章节之间联系密切的内容,采取前后对照、层层深入的学习方法。例如,在第二十一章中指出“任何刀具都有夹持部分,以便在机床上安装使用”,在学习每种机床时,就要注意机床上有关安装刀具的部位和方法。在熟悉各种机床的不同安装方法之后,学习第三十章中“定位原理”时,要对照前面的常用安装方法进行分析,既有助于对定位原理的掌握,又加深对安装要求的理解。其它如工件的安装,机床的运动等也都可采取类似的学习方法。

最后,通过自我检查题及作业题检查基本要求的掌握程度。

概 述

金属切削加工是用刀具从金属材料(毛坯)上切去多余的金属层,从而获得几何形状、尺寸精度和表面光洁度都符合要求的机器零件的加工方法。它可分为钳工和机工两大部分。

钳工一般是由工人手持工具对工件进行切削加工的。基本的操作方法有:划线、錾切、锯、锉、刮研、钻孔和铰孔、攻丝和套扣等。为了减轻劳动强度和提高生产率,钳工操作也逐渐地向机械化方向发展。由于手工操作灵活方便,在装配、修理等一些场合仍经常使用,在生产中也占有一定的地位。

机工(机械加工)是利用机床对工件进行切削加工的。常见的机床加工方法有:车、钻、刨、铣、磨以及齿形加工等。在现代机器制造中,绝大多数零件,特别是精度和光洁度要求较高的零件,一般都要进行切削加工。虽然随着精密锻造和精密铸造的发展,使锻件、铸件的精度和

光洁度大为提高,应用范围也相应扩大,但是切削加工由于可获得更高的精度和光洁度,因而在机器制造领域中仍然保持着相当重要的地位。在各种类型的机器制造厂中,切削加工一般都占全部工艺劳动量的较大比重。可以说:从日常生活中的简单器具到工业生产中的复杂机器设备,都离不开切削加工,它在工农业、国防科技各部门中有着重要的地位和作用。

第二十一章 金属切削加工的基础知识

学习指导

本章是从金属切削原理和刀具方面为后面有关章节提供最必要的基础知识。学习重点是各类机床上加工方法的共性;切削加工的运动分析;车刀几何角度的作用;切削力及切削热;工件材料的可切削性等。

初学§21-1 各类机床上加工方法的共性时,只能大致了解,以它作为分析问题的思路,学习第二十三至二十七章中常见机床上的主要工作(加工方法)时,联系运用,则可逐步地理解和掌握。

切削加工的运动分析是从几何成形和切削过程中所起的作用两个方面进行分析的。可参看图 21-1 理解工件与刀具之间的相对运动和几何表面形成之间的关系。并进而理解在切削过程中主运动和进给运动的作用,搞清楚在常见机床上什么是主运动?什么是进给运动?

车刀主要角度在切削过程中的作用是学习的重点,但识别刀具角度是理解它们作用的必要条件。识别刀具角度则要涉及到一系列的定義,对定义的理解,尤其是坐标平面定义的理解,往往是初学者的难点,但不是重点。本章提出的“刀具主要角度的定义及识别方法小结”目的是使学生当遇到其它常用刀具时,能提供识别主要角度的思路。车刀主要角度的定义中,着重了解标注角度(静止角度)的定义。对于工作角度则只了解其数值变化的原因及条件即可。初学车刀主要角度可找一把车刀实物对照理解空间概念,也可以练习用橡皮泥或粉笔削成五个主要角度。

金属切削过程属于切削基础理论研究的范畴。本课学习的要求是着重了解切屑形成过程及切削力、切削热等物理现象对加工的影响,不必深究机理。变形是切削过程中的基本问题。变形的大小既影响切屑种类,又影响切削力、切削热、积屑瘤、加工硬化以及刀具磨损。变形又和受力及摩擦密切相关,因此,抓住变形和摩擦,则便于了解切削过程中各物理现象的规律。

对于加工质量和生产率,则要求建立二者的概念,了解加工精度和经济精度的含义以及表面质量和表面光洁度的关系及区别。

工件材料的可切削性要在理解其概念的基础上,着重熟悉常用材料可切削性的好坏,以便在设计时,作为选择材料的参考。

金属切削加工的类型很多,每种加工方法所使用的机床和刀具是多种多样的,而且工件和刀具的相对运动以及安装方法也各有差异。但是它们之间是有共性的,了解它们的共性则有助于对各种加工方法进行分析对比。

金属切削过程中所产生的金属变形、积屑瘤和加工硬化、切削力、切削热、刀具磨损等现

象,对加工质量和生产率都有直接影响。因此,有必要对上述有关的物理现象作一扼要的说明。

§ 21-1 各类机床上加工方法的共性

金属切削加工是利用切削的方法切出各种几何形状和不同技术要求的零件。由于机器的类型和性能是多种多样的,因而对被切削零件的材料性质、形状、尺寸精度和光洁度的要求也就千差万别,这就使得切削加工方法的类型很多。在各种类型的切削加工方法中,不论是使用的机床和刀具的类型,还是工件和刀具的安装方法,以及切削时所需要的相对运动都是变化多端。初学者往往感到杂乱无章,不易掌握要领,函授自学更会难以入门。为此,应掌握各种加工方法的共性,以便分析每种加工方法的特性。

一切机床上的加工方法都是使刀具和工件产生所需的相对运动,以便切削出合乎要求的零件。具体完成的方法是首先把刀具和工件分别安装在机床上,由机床产生所需的相对运动。所以,一切机床上都必须能够安装刀具和工件,并产生所需的相对运动。可以概括地讲:一切机床上加工方法的共性就是把刀具和工件安装在机床上,由机床产生所需的相对运动,从而切削出合乎要求的零件。

各类机床上刀具和工件的安装方法及其使用的夹具和附件各有不同,能够使刀具和工件之间产生的相对运动也有差异(详见第二十三至二十七章),这是各类机床的特性。“共性寓于特性之中”,它们的共性则是各类机床都要解决刀具和工件的安装以及产生所需的相对运动等问题。

当我们分析一台具体的机床上能够切削出哪些类型的零件(如轴、箱体),以及哪些类型的表面(如外圆、平面)时,就可以利用上述“共性”,一方面考虑这台机床上能够安装哪些类型的工件和刀具,这就需要熟悉机床的有关结构(如主轴轴端及工作台)和标准夹具及附件的功用;另一方面要考虑机床能够使工件和刀具产生哪些相对运动,这就需要熟悉各类机床的组成部分及其各部件之间的相对运动关系。最后即可综合分析出该机床的加工范围。在学习第二十三至二十八章中各种加工方法时,要运用上述“共性”。

§ 21-2 切削加工的运动分析及切削要素

一、运动分析

1. 相对运动与形成零件表面的关系

切削时,机床使刀具和工件之间产生相对运动,运动的作用首先是把毛坯切削成要求的形状。因而,若从几何成形的角度,分析刀具与工件之间的相对运动,可称为成形运动。分析成形运动时,可以把几何学中各种表面的形成规律和切削时刀具与工件之间的相对运动的关系加以联系。

各种机器零件的形状虽多,但分析起来,都不外乎是由平面、圆柱面、圆锥面及成形面所组

成,如果能加工出这几种典型表面,也就可以组合成各种常见形状的零件。

圆柱面和圆锥面是以某一直线为母线,以圆为运动轨迹,作旋转运动时所形成的表面;

平面是以直线为母线,以另一直线为运动轨迹,作平移运动时所形成的表面;

成形面是以曲线为母线,以圆或直线为运动轨迹,作旋转或平移运动时所形成的表面。

在各种切削加工方法中,母线多数情况下是靠运动体现。例如图 21-1 中,*a*)图是车外圆时刀尖沿工件轴线方向平行移动(s)的轨迹所形成的直线可视为母线;*e*)图是刨削平面时刨刀的往复运动(v)可视为直母线;*d*)图是用普通车刀车削成形面时,车刀沿曲线所走的轨迹可视为曲线母线。有时,母线可由刀具切削刃的形状直接体现。例如,*h*)图是用成形车刀代替普通车刀径向进给车削成形面。此时,成形刀的曲线刀刃即为母线。显然使用成形刀具时,刀刃形状复杂而机床的运动则简单。以上几种情况都是母线沿一定的轨迹运动的结果直接形成要求的表面形状。此外,也有些情况是母线沿一定的轨迹运动,从而包络出要求的表面形状。例如,*c*)图是铣平面时,铣刀上每个刀尖旋转运动时所形成的圆(忽略进给运动 s ,可近似地看成圆)可视为母线,当工件水平移动时,这一系列的圆就包络出要求的平面来。展成法加工齿形时,渐开线表面也属于包络而成的(详见齿轮的齿形加工一章)。

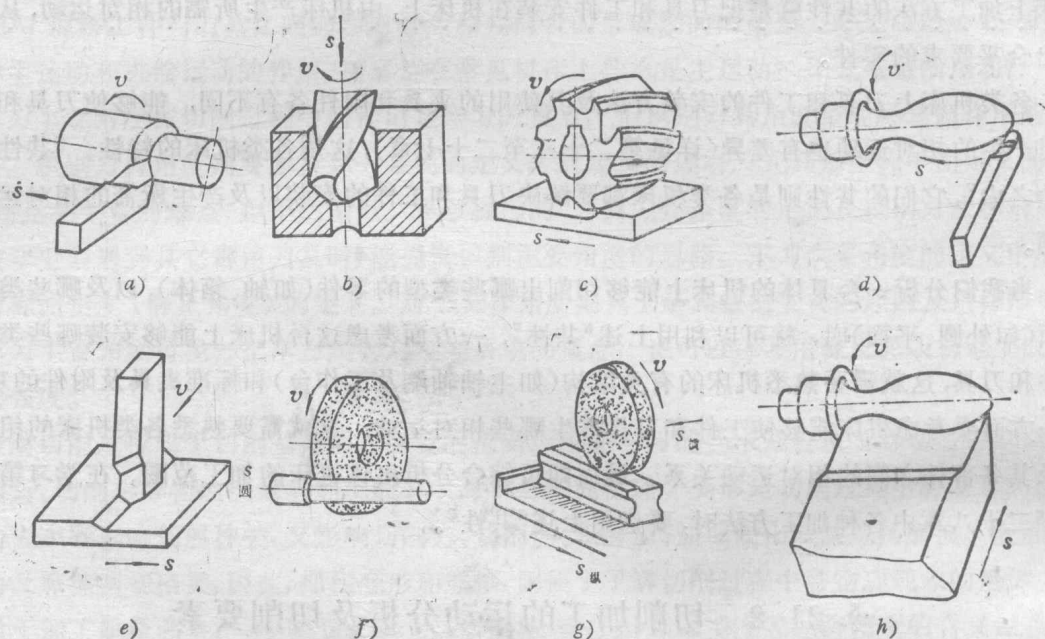


图 21-1 不同切削加工方法所形成的表面

a)—车外圆面; *b*)—钻孔; *c*)—铣平面; *d*)—车成形面; *e*)—刨平面;
f)—磨外圆面; *g*)—磨平面; *h*)—用成形刀车成形面

上面是从几何成形的角度出发,分析刀具与工件之间相对运动的作用,目的是把相对运动与形成零件表面的关系联系起来。在具备几何知识以后,根据刀具形状和运动轨迹的关系就不难分析出各种加工方法的表面形成规律。

2. 切削运动 要进行切削,刀具与工件之间必须有相对运动,就是切削运动。根据在切削过程中所起的作用来区分,切削运动分为主运动(图 21-1 中用 v 表示)和进给运动(图 21-1 中用 s 表示)。

(1) 主运动 是切下切屑所需要的最基本的运动,也是切削运动中速度最高,消耗功率最多的运动。如车削时工件的旋转;钻削、铣削和磨削时刀具的旋转;牛头刨床刨削时刀具的直线运动。

(2) 进给运动 是使刀具不断地对金属层进行切削,从而切削出完整表面所需要的运动。如车削外圆时,刀具沿工件轴向的直线移动;牛头刨床刨平面时,工件横向的直线移动。

应该注意:切削过程中主运动只有一个,进给运动可以多于一个。例如,车削外圆时要有纵向进给,磨削外圆时,除纵向进给外,还有圆周进给,才能切出完整的外圆表面。主运动和进给运动可由刀具或工件分别完成,也可由刀具单独完成(例如在钻床上钻孔)。主运动和进给运动可以是旋转运动,也可以是直线运动。

二、切削要素

切削要素包括切削用量三要素和切削层参数。学习切削要素,需要首先知道工件在切削过程中形成的三个表面(如图 21-2 所示),它们是:

待加工表面 工件上即将被切去切屑的表面。

已加工表面 工件上已切去切屑后所形成的新表面。

加工表面 工件上正在被切削刃切削的表面,亦即待加工表面和已加工表面之间的过渡表面。

1. 切削用量三要素

(1) 切削速度 v 在单位时间内,工件和刀具沿主运动方向相对移动的距离。单位为 m/min (米/分)。如主运动为旋转运动时,按下式计算切削速度:

$$v = \frac{\pi D n}{1000} \text{ m/min}$$

式中 D ——工件待加工表面或刀具的最大直径(mm);

n ——工件或刀具每分钟转数(r/min)。

如主运动为往复直线运动,则其平均切削速度:

$$v = \frac{2Ln_r}{1000} \text{ m/min}$$

式中 L ——往复直线运动的行程长度(mm);

n_r ——主运动每分钟的往复次数,即行程数(str/min)

(2) 进给量 s 在主运动的一个循环(或单位时间)内,刀具和工件之间沿进给运动方向相对运动的距离。例如,车削时,工件每转一转,刀具所移动的距离就是进给量 s ,单位为 mm/r

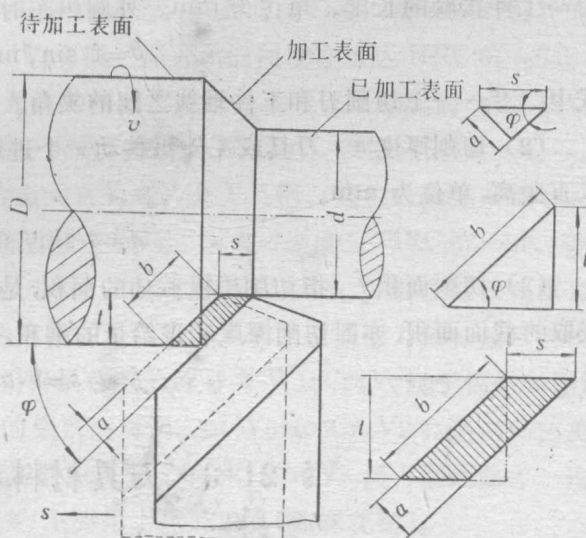


图 21-2 车削时的切削要素

(毫米/转); 又如牛头刨床上刨削时, 刀具往复一次, 工件移动的距离就是进给量, 单位是 mm/str。

(3) 切削深度 t 待加工表面和已加工表面之间的垂直距离, 单位为 mm。对于外圆车削

$$t = \frac{D-d}{2} \text{ mm}$$

式中 D, d ——分别是待加工表面和已加工表面的直径(mm)。

2. 切削层参数

如图 21-2 所示, 工件每转一转, 车刀沿工件轴线移动一段距离 s , 这时主切削刃从实线位置移到虚线的位置, 于是两者之间的一层金属就被切下, 这层金属叫切削层。它的参数包括切削宽度、切削厚度和切削面积。

(1) 切削宽度 b 沿主切削刃所量得的待加工表面和已加工表面之间的距离, 即主切削刃与工件接触的长度。单位为 mm。外圆纵车时

$$b = t / \sin \varphi \text{ mm}$$

式中 φ ——主切削刃和工件轴线之间的夹角。

(2) 切削厚度 a 刀具或工件每移动一个进给量 s 后, 主切削刃相邻的两个位置之间的垂直距离, 单位为 mm。

$$a = s \cdot \sin \varphi \text{ mm}$$

(3) 切削面积 f 指切削层横截面的面积, 是工件被切下的金属层沿垂直于主运动方向所截取的截面面积, 亦即切削深度和进给量的乘积, 或切削宽度和切削厚度的乘积, 单位为 mm^2 。

$$f = t \cdot s = b \cdot a \text{ mm}^2$$

§ 21-3 刀具材料和刀具几何形状

各种类型的切削刀具大都分成两大组成部分——夹持部分和工作部分。前者的作用是将刀具夹持在机床上, 并要保证刀具的正确位置, 传递所需要的运动和动力, 还要保证夹固可靠, 装卸方便。工作部分有些又分切削部分和校准部分(如钻头、铰刀等), 但多数刀具则无校准部分(如车刀、刨刀、铣刀), 切削部分担负主要切削工作, 校准部分则完成辅助的切削工作, 用来修整、刮光工件表面和导向, 使工件的形状和尺寸更精确, 表面更光洁(详见第二十四章钻头、铰刀)。

夹持部分的材料一般多用中碳钢, 而切削部分材料的种类较多, 要根据不同的加工要求选择合适的材料。所谓刀具材料通常是指切削部分材料而言。

一、刀具材料

1. 对刀具材料的基本要求 在切削过程中, 刀具切削部分直接受到高温、高压以及强烈的摩擦作用, 因此必须具备下列基本性能要求:

(1) 较高的硬度 硬度必须大于工件材料的硬度, 常温硬度一般要求在 HRC 60 以上;

(2) 足够的强度和韧性, 能承受切削力和冲击;

(3) 良好的耐磨性;

(4) 良好的耐热性 耐热性也称热硬性,是指刀具材料在较高温度下仍能保持高的硬度、好的耐磨性和较高的强度等综合性能。耐热性是刀具切削部分材料的主要性能。下面所介绍的常用刀具材料的主要性能区别就在于此。

此外,刀具材料还应有较好的工艺性能,如热处理性能好(变形小、淬透性好等),刃磨性能好等。

2. 常用的刀具材料 目前常用的刀具材料有以下几种:

(1) 碳素工具钢 是一种含碳量较高的优质钢,含碳量在 0.7~1.2% 之间。其特点是淬火后硬度可达 HRC 61~65,而且价格低廉,但这种材料不耐高温,在 200~250°C 即开始失去原来的硬度,并且淬火时容易产生裂纹和变形。常用于制造低速、简单的手工工具,如锉刀、手用锯条等。一般允许的切削速度为 8 m/min,常用的牌号有 T 10、T 10 A、T 12、T 12 A 等。

(2) 合金工具钢 在碳素工具钢中加入适量的铬、钨、锰等合金元素,能够提高材料的耐热性、耐磨性和韧性,同时还可减少热处理时的变形。淬火后的硬度亦可达 HRC 61~65,热硬性可达 350~400°C。常用于制造低速(允许的切削速度可比碳素工具钢提高 20% 左右)、复杂的刀具,如铰刀、板牙、丝锥等,常用的牌号有铬钨锰钢(CrWMn)、和铬硅钢(9CrSi)等。

(3) 高速钢 是含有较多的钨、钼等合金元素的高合金工具钢。这些合金元素很容易形成各种合金碳化物,硬度、耐热性和耐磨性都有显著提高。淬火后硬度为 HRC 62~65,热硬性可达 600°C,允许的切削速度为 30~50 m/min。并因热处理变形小,刃磨性能较硬质合金好,所以广泛地用于制造较复杂的刀具,如钻头、铣刀、齿轮刀具和其它成形刀具。是目前机床上使用的主要刀具材料之一。目前,我国使用得最普遍的牌号为 W18Cr4V,属于钨系高速钢。

国外由于钨的资源缺乏,寻求以钼代钨的钼系高速钢,如 W6Mo5Cr4V2 高速钢已在美国普遍使用,其碳化物分布的均匀性、韧性和高温塑性都优于 W18Cr4V,但刃磨性略差。这一钢种目前在我国也有一定的应用,但产量不多,主要用于热轧刀具(如麻花钻)。

高速钢在生产中通用的名称较多。因为它容易磨得锋利故可称“锋钢”;又因它在淬火时,在空气中(风中)便能变硬,故又称“风钢”;并因工具厂供应的高速钢,四边磨得洁白光亮因此也称“白钢”。

(4) 硬质合金 目前常用的硬质合金是由硬度和熔点都很高的碳化钨(WC)、碳化钛(TiC)等金属碳化物做基体,以钴(Co)作粘结剂,用粉末冶金法制成的合金。其硬度很高,可达 HRA 89~92.5 (相当于 HRC 70~75),能耐 850~1000°C 的高温,故其允许的切速可达 100~300 m/min,这是硬质合金得到广泛应用的主要原因。但是硬质合金的抗弯强度远比高速钢低,约为 W18Cr4V 高速钢的 1/2~1/4;冲击韧性较差,约为 W18Cr4V 高速钢的 1/4~1/30,故常把硬质合金刀片用焊接或机械方法固定在刀体上使用。现在大部分车削刀具已采用硬质合金,其它切削刀具采用硬质合金的也日益增多,已成为主要的刀具材料之一。

硬质合金按其成分可分为两大类:

1) 钨钴类(YG类) 由碳化钨和钴组成。这类合金因为含钴较多,故韧性较好,而硬度和耐磨性稍差,适于加工铸铁、青铜等脆性材料。常用的这类合金按含钴量的不同可分为 YG 3、

YG 6、YG 8 等牌号。其中数字表示含钴量的高低，数字越大，表示含钴量越高，含碳化钨量越低，故韧性越高，硬度及耐磨性越差，因此，依次适用于精加工、半精加工和粗加工。

2) 钨钛钴类(YT 类) 由碳化钨、碳化钛和钴组成。这类合金由于加入碳化钛，因而其耐磨性及热硬性更高，能耐 $900\sim 1000^{\circ}\text{C}$ ，但性脆不耐冲击，宜用于加工钢件。常用的牌号有 YT 5、YT 15、YT 30 等，其中数字表示碳化钛的含量，数字越大则表示碳化钛的含量就越多，耐磨性也就越高，但钴的含量则相应降低，韧性因之降低，所以它们依次适用于粗加工、半精加工和精加工。

上述两类硬质合金的应用是指在一般条件下，而在某些特殊条件下尚可灵活应用，例如切削速度不太高或充分使用冷却润滑液(切削液)的条件下，车削某些钢件，如大的铸钢件时，采用耐冲击性较好的 YG 类合金刀片较之 YT 类更为有利。

(5) 陶瓷材料 其主要成分为氧化铝(Al_2O_3)，刀片硬度可达 HRA 86~96，能耐 1200°C 高温，所以能承受更高的切削速度，但陶瓷材料性脆怕冲击，容易崩刃，影响推广使用。因为氧化铝的价格低廉，原料丰富，很有发展前途。如何提高其冲击韧性及抗弯强度，已为各国研究工作的重点。近年来各国先后研究成功“金属陶瓷”，其成分除 Al_2O_3 外，还含有各种金属元素，抗弯强度已有提高。目前主要用于高硬度钢材的半精加工和精加工。

3. 其它新型刀具材料简介 随着科学技术和工业的发展，出现一些高强度、高硬度的难加工材料的工件，要求性能更好的刀具材料进行切削，推动国内外对新型刀具材料进行大量的研究和试验。

(1) 高速钢的改进 通过调整基本化学成分和添加其它合金元素，使其性能进一步提高。例如，钴高速钢(110 W 1.5 Mo 9.5 Cr 4 VCo 8)是通过添加钴元素使其硬度及热硬性都有提高，但由于含钴较多不适于我国资源状况。立足于我国资源状况已研制成铝高速钢，即添加了铝等元素(如 W 6 Mo 5 Cr 4 V 2 Al)，它的硬度可达 HRC 70，耐热性超过 600°C ，是一种高性能高速钢。

近年来又出现粉末冶金高速钢，其基本原理是将高频感应炉熔炼的钢液用高压惰性气体(氩气)雾化成粉末，再经过冷压和热压(同时进行烧结)制成致密钢坯，然后用一般方法轧制和锻造成材。粉末冶金法制造高速钢可细化晶粒，消除碳化物偏析，所以韧性大，硬度较高，材质均匀，热处理变形小，适于制造各种高精度刀具。

(2) 硬质合金的改进 如前所述硬质合金的缺点是强度和韧性低，耐冲击性差。改进的方法是添加少量的碳化钽(TaC)、碳化铌(NbC)等和细化晶粒。例如在普通 YT 类硬质合金中加入少量的碳化钽后，既可加工特种铸铁，也可加工耐热钢、高锰钢等特种钢材，故有通用硬质合金之称。例如国产的 YW 1、YW 2 等牌号便是。又如在 YG 类硬质合金中加入少量的碳化铌后，也适于加工奥氏体不锈钢、耐热钢等特种钢和铸铁等材料，例如国产的 YA 6 牌号便是。

近年来还发展了涂层刀片，就是在韧性较好的硬质合金(YG 类)基体表面，涂覆一层($5\sim 12\mu\text{m}$)硬度和耐磨性很高的物质(如 TiC 或 TiN)，得到既有高硬度和高耐磨性的表面，又有韧性较好的基体。目前涂层硬质合金主要用于半精加工和精加工，并为不重磨刀片(又称可转

位刀片)的推广提供了良好的条件。随着涂层技术的发展和工艺的改进,它的应用将会进一步扩大。

(3) 人造金刚石 它的硬度极高(接近 HV 10000,而硬质合金仅达 HV 1000~2000),耐热性为 700~800℃,粒度一般在 0.5 mm 以内。大颗粒金刚石分单晶和聚晶两种。聚晶金刚石大颗粒可制成一般切削刀具,单晶微粒者主要制成砂轮。金刚石除去可以加工高硬度而耐磨的硬质合金、陶瓷、玻璃等材料外,还可以加工有色金属及其合金,但不宜加工铁族金属,这是由于铁和碳原子的亲和力较强,易产生粘结作用而加快刀具磨损。用金刚石车刀高速精车有色金属时,光洁度可达 $\nabla 10 \sim \nabla 12$; 用金刚石砂轮磨削硬质合金刀具时,质量好,效率高。

(4) 立方氮化硼 (CBN) 是人工合成的又一种高硬度材料,硬度仅次于金刚石 (HV 7300~9000),但它的耐热性和化学稳定性都大大高于金刚石,能耐 1300~1500℃ 的高温,并且与铁族金属的亲和力小。因此,它的切削性能好,不但适于非铁族难加工材料的加工,也适于铁族材料的加工。用 CBN 刀具精车淬火后的钢件,光洁度可达 $\nabla 3 \sim \nabla 9$ 。

CBN 和金刚石刀具脆性大,故使用时,机床刚性要好,主要用于连续切削,尽量避免冲击和振动。

二、车刀的几何形状

车刀是由夹持和切削两大部分组成,如图 21-3 所示,刀体即为夹持部分;由前刀面、后刀面组成的刀头部分即为切削部分。车刀的几何形状通常是指切削部分的几何形状,几何形状是以几何角度来表示,所以也称几何角度。切削部分直接担负切削工作,其几何角度对加工质量和生产率都有直接影响,因此除了选择合适的刀具材料以外,还要选择合理的几何角度。刀具的类型很多:如车刀、刨刀、钻头、铣刀等。它们的几何形状各不相同,复杂程度也有差异。各类刀具都有各自的特性,但又都存在着共性。学习时首先初步了解共性,然后通过了解各种类型刀具的特性,逐步认识其共性。

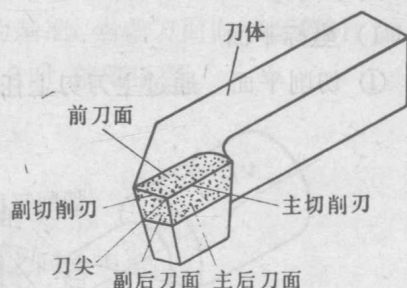


图 21-3 车刀的组成

车刀是最简单和最常用的切削刀具,其它刀具都可看作是它的演变和组合。例如,镗刀就是切削内表面的车刀(图 21-4, a); 钻头可看作由两把车刀的组成和演变(图 21-4, b); 铣刀的一个刀齿可看作一把车刀(图 21-4, c)。因此,车刀的几何角度是学习其它刀具几何角度的基础,通过车刀可初步了解刀具的共性。

1. 车刀切削部分的组成 车刀切削部分是由三个刀面、二个刀刃(切削刃)、一个刀尖所组成(图 21-3),可称作“三面、两刃、一尖”,其中刀尖是两个刀刃的交点;两个刀刃又分别是不同刀面的交线。因此,要首先明确三个刀面的定义。为了确定刀面的定义则要复习工件在切削过程中形成的三个表面(图 21-2)。根据工件上的加工表面便可定出刀具的主后刀面;根据工件上的已加工表面便可定出刀具的副后刀

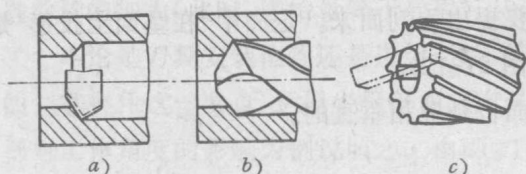


图 21-4 刀具切削部分的几何形状

面。因此,要首先明确三个刀面的定义。为了确定刀面的定义则要复习工件在切削过程中形成的三个表面(图 21-2)。根据工件上的加工表面便可定出刀具的主后刀面;根据工件上的已加工表面便可定出刀具的副后刀

面：根据切屑流出的方向便可定出刀具的前刀面。于是就可把刀具上的三个刀面给出如下定义：

- (1) 前刀面 切削时，切屑流出所经过的表面。
- (2) 主后刀面 切削时，刀具上与工件的加工表面相对着的表面。
- (3) 副后刀面 切削时，刀具上与工件的已加工表面相对着的表面。

刀具的前刀面与主后刀面和副后刀面的交线，分别形成主切削刃(主刀刃)和副切削刃(副刀刃)。即主刀刃是前刀面和主后刀面的交线，副刀刃是前刀面和副后刀面的交线。主刀刃担负主要的切削工作，副刀刃尾随主刀刃完成少量的切削工作。

主刀刃和副刀刃的交点称为刀尖。实际上，刀尖并非绝对尖点，而是有一段小的过渡圆弧，否则刀尖很容易磨损。

2. 车刀切削部分几何角度的定义及选择 为了确定上述刀面在空间的位置，需要引入辅助平面。

(1) 辅助平面 辅助平面包括坐标平面和剖面。前者的作用是确定坐标，作为确定后刀面和前刀面在空间位置的基准；后者的作用是确定前角和后角的测量方向。刀具上三个刀面在空间位置的变化则形成不同的几何角度。为了确定每个刀面在空间的位置，需要先定出坐标平面。应当注意，坐标平面是假想的，具体拿到一把车刀，是看不到坐标平面的。(这和前、后刀面不同)。

1) 坐标平面

① 切削平面 通过主刀刃上任一点并与工件上加工表面相切的平面，称为该点的切削平面(图 21-5)。

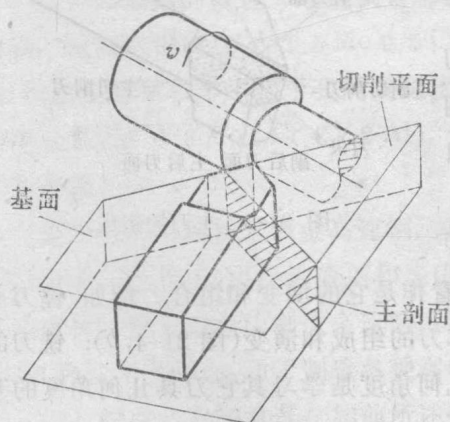


图 21-5 车刀的辅助平面

② 基面 通过主刀刃上任一点并与切削速度方向相垂直的平面。基面与切削平面是互相垂直的。

当主刀刃是直线，并且 $\lambda=0$ 时，主刀刃上各点的切削平面和基面是重合的。

2) 主剖面 垂直于主刀刃在基面上投影的平面。

前刀面、后刀面和坐标平面的夹角决定了前角和后角的大小。但从立体几何学中知道“两个平面的夹角在不同方向测量的数值不同”。如图 21-6 所示，三棱体上 P 面与底面的夹角，在垂直于 EF 交线的 N 剖面内为 θ_1 ；在和 EF 交线斜交的 Q 剖面内为 θ_2 。显然 $\theta_2 < \theta_1$ 。这就可以理解为什么要提出主剖面来。定义中“在基面上投影”是考虑到当刃倾角 $\lambda \neq 0$ 时，测量的方便(刃倾角 λ 见图 21-12)。

上述三个辅助平面，即切削平面、基面和主剖面也是互相垂直的。

(2) 车刀主要角度的定义

1) 标注角度 是指制造刀具的图纸上标注的角度，也称静止角度。其数值是提供刃磨时