



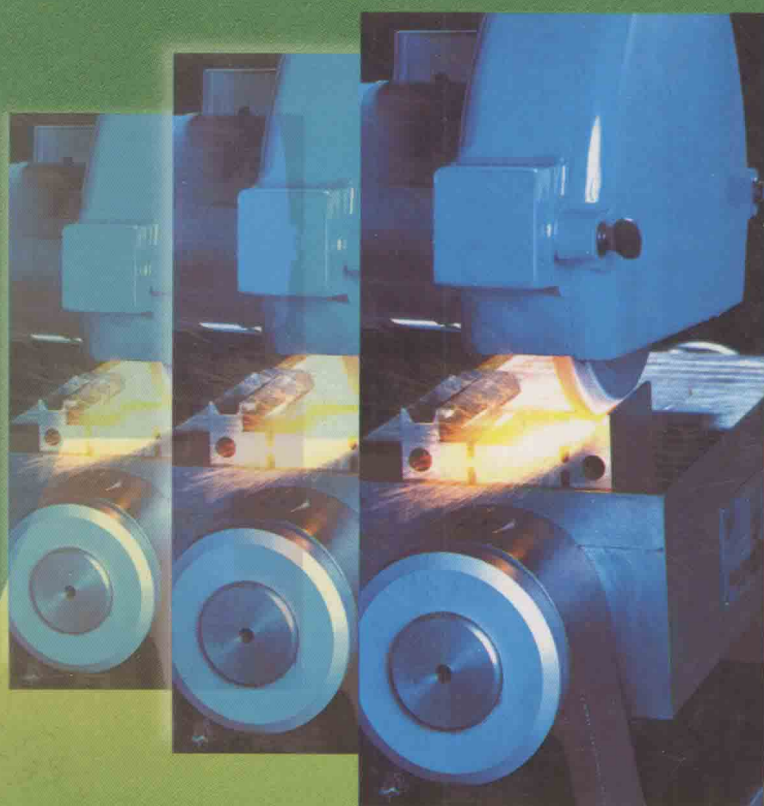
教育部中等职业学校(四年制)规划教材

工科机械类专业通用

金属工艺学

下 册 (第二版)

郭炯凡 陈定乾 主编



高等教育出版社

内容简介

本书是根据教育部 2000 年 8 月颁布的中等职业学校金属工艺学教学大纲修订、编写的,是与郭炯凡、陈定乾主编的第二版《金属工艺学》(上册)《金属工艺学实习》《金属工艺学实验》配套使用的教材。

本书是在郭炯凡主编的《机械工程材料工艺学》的基础上编写的,并在本次第二版时更名为《金属工艺学》。

本书分上下两册,上册为工程材料和热加工知识,下册为机械加工基本知识。书中附有大量实例分析,各章末附有习题。

本书是教育部中等职业学校(四年制)规划教材,也可作为岗位培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

金属工艺学.下册 / 郭炯凡,陈定乾主编. —2 版. —北京:高等教育出版社,2001
ISBN 7-04-009533-5

I.金… II.①郭…②陈… III.金属加工-工艺学
IV.TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 01441 号

金属工艺学(下册)(第二版)

郭炯凡 陈定乾 主编

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-82028899

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店上海发行所
印 刷 江苏丹阳兴华印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 5.75
字 数 130 000

版 次 1989 年 5 月第 1 版
2002 年 7 月第 2 版
印 次 2004 年 1 月第 3 次印刷
定 价 8.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

第 二 版 序

本书是在郭炯凡主编的《机械工程材料工艺学》的基础上,根据教育部 2000 年 8 月颁布的中等职业学校金属工艺学教学大纲修订、编写的,并由全国中等专业学校金属工艺学课程指导组主持审稿。本书在这次第二版时,更名为《金属工艺学》。与本书配套使用的教材有郭炯凡、陈定乾主编的《金属工艺学实验》、《金属工艺学实习》和全国中等专业学校金属工艺学课程指导组主编、高等教育出版社出版的《机械工程材料工艺学》电视教学系列片。

本书除保持了第一版的特色外,还从下列几方面作了一些修改。

1. 为了便于各校选用,本书分为上下两册。上册为机械工程材料与热加工基础,下册为机械加工基本知识。

2. 从便于教学出发,将原教材第四篇“零件的质量检验、经济性以及材料、毛坯的选择和加工工艺路线的确定”的内容分别在相关章节之后论述。例如,在工程材料和热处理之后论述材料选择和热处理工艺的制订;在铸造、锻压和焊接之后接着论述选择毛坯的原则;在金属切削加工基本工艺之后综合分析加工方法的选择、加工路线的安排和加工工艺的制订。

3. 原教材中金属切削加工部分是先介绍各种机床之后再论述各种表面加工方法。从便于教学出发,新教材中在分别介绍各种机床的同时介绍加工方法,然后介绍各种典型表面的加工,还增加了齿轮齿形加工知识。

4. 新教材在论述各种常规工艺之后增加了新技术、新工艺及其发展趋势的内容。

5. 金属表面处理技术在生产中获得了广泛应用,在新教材中对金属表面处理技术作了介绍。

6. 1990 年以来部分国家标准、部颁标准进行了修订,本书中的名词术语、计量单位等力求采用最新标准。

本书由株洲铁路机械学校郭炯凡、湖南工业职业技术学院陈定乾主编(兼编绪论、上册第十三章)。参加编写的有中南工业大学罗胜余副教授(上册第六、十二、十六章)、大庸航校张贻荻(上册第九、十、十一、十四、十五章)、湖南机电工程学校邓爱德(下册第二、三、四章)、湖南省工业职业技术学院肖智清(上册第三至五章)、株洲铁路机械学校余新平(上册第一、二、七、八章)、湖南省交通学校陈濂堂(下册第一章)。

本书上册由九江船舶职业技术学院郁兆昌副教授、中南工业大学胡昭如教授主审,参加审稿的有福建高级工业专科学校黄国铭、山东机械工业学校马中全、无锡机械制造学校姜敏风、包头职业技术学院郑刚、吉林农业机械化学学校刘凤歧。

本书下册由四川省机电工程学校高级讲师刘志刚和中南工业大学胡昭如教授主审,参加审稿的有咸阳机器制造学校王希平、四川省轻工业学校任兴元、长治机电工业学校孟培祥、湖南省工业职业技术学院任成高。

在教材编审过程中,曾得到全国中专金工课程组、高等教育出版社、湖南省教育厅职教处以及各兄弟院校的大力支持和帮助,在此特致以衷心的感谢!

由于我们的水平有限,加上时间仓促等原因,本书中一定有不足之处,敬请各校领导和老师及广大读者批评指正。

编 者

2000年9月

目 录

第一章 金属切削加工的基础知识	(1)
第一节 切削运动与切削用量	(1)
第二节 金属切削刀具	(3)
第三节 金属切削过程中的物理现象	(8)
第四节 提高切削加工质量和降低生产成本的途径	(13)
习题	(15)
第二章 金属切削机床及切削加工	(17)
第一节 金属切削机床的分类与型号编制	(17)
第二节 车床及车削加工	(20)
第三节 钻床、镗床及钻削、镗削加工	(29)
第四节 铣床及铣削加工	(32)
第五节 刨床、插床、拉床及刨削、插削、拉削加工	(36)
第六节 磨床及磨削加工	(39)
第七节 圆柱齿轮齿形的加工	(47)
第八节 数控加工简介	(52)
第九节 金属少无切削加工简介	(57)
习题	(59)
第三章 特种加工简介	(60)
第一节 电火花加工	(60)
第二节 电解加工	(62)
第三节 超声波加工	(63)
第四节 激光加工	(63)
习题	(64)
第四章 机械加工工艺过程的基础知识	(65)
第一节 概述	(65)
第二节 工件的安装	(67)
第三节 零件结构的切削加工工艺性	(69)
第四节 表面加工方案的选择	(71)
第五节 机械加工工艺规程的拟定	(75)
第六节 机械加工工艺规程制定的实例	(76)
习题	(80)
主要参考文献	(83)

第一章 金属切削加工的基础知识

金属切削加工是利用金属切削刀具,切去毛坯上多余的金属,获得符合预定技术要求的零件或半成品的过程。

根据所用刀具和机床的不同,常用的金属切削加工有下列五种方式:车削、钻削、刨削、铣削及磨削加工。

第一节 切削运动与切削用量

一、机械零件表面的形成

从几何学观点看,机械零件上每个表面都可以看成是一条母线沿一条导线运动的轨迹,如图 1-1 所示。图中的圆柱面可以看成是一条直线母线沿一条圆导线运动的轨迹。圆锥面可以看成是一条斜直线母线(与过圆导线圆心且垂直于圆导线所在平面的轴线斜交)沿圆导线运动的轨迹。d、e 图的成形面,可以看成是一条曲线母线沿一条圆导线或直导线运动的轨迹。切削加工时,零件上的实际表面就是根据这一原理,通过刀具与工件之间的相互作用和相对运动所形成的。

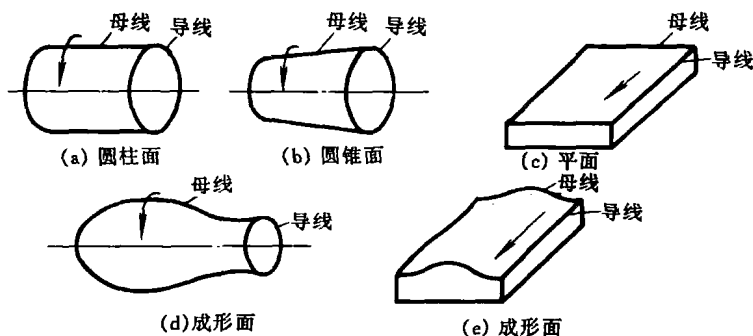


图 1-1 零件表面的形成

二、切削运动

在切削加工过程中,为了从坯件上切下多余的金属,获得所需的表面,刀具和工件间必须有确定的相对运动,这种运动称为切削运动。切削运动可以分为:

(1) 主运动 是将多余的金属切下来所必须的最基本的运动。主运动在切削过程中速度较高,消耗的能量也较多。主运动可以是旋转运动,也可以是直线运动。

(2) 进给运动 继续不断地使新的金属层投入切削,逐渐加工出整个工件表面所需要的运动。进给运动与主运动比较,速度较低,消耗的功率较少。进给运动有直线进给,也有圆周进给。表 1-1 列出了五种典型加工方式的切削运动。

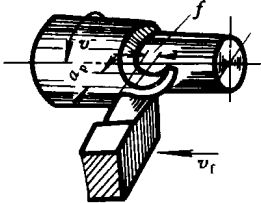
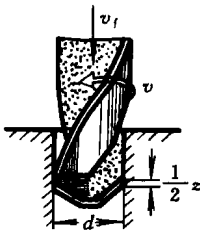
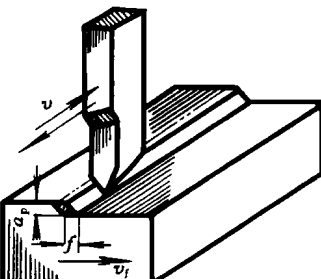
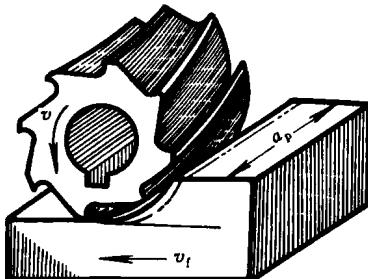
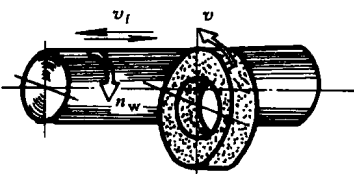
三、切削用量

1. 切削加工过程中的工件表面

在切削过程中,工件表面上多余的金属不断地被刀具切下来变成切屑,加工出新的表面。在新表面形成过程中,工件上有三个表面。以车削加工为例,如图 1-2 所示。

- (1) 已加工表面 工件上经刀具切削后得到的表面。
- (2) 过渡表面 工件上由切削刃形成的表面。
- (3) 待加工表面 工件上有待切除的表面。

表 1-1 典型加工方式

加工方法	简 图	加工表面形状	主运动	进给运动
车 削		外圆柱面	工件旋转	刀具连续纵向直线移动
钻 削		内圆柱面	刀具旋转	刀具连续轴向直线移动
刨 削		平 面	刀具纵向直线移动	工件间歇横向直线移动
铣 削		平 面	刀具旋转	工件连续直线移动
磨 削		外圆柱面	砂轮旋转	工件旋转及往复直线移动, 砂轮间歇移动

2. 切削用量

切削用量包括切削速度、进给量及背吃刀量。它们是表示切削时各运动参数的物理量。

(1) 切削速度 v_c 指切削刃选定点相对于工件的主运动的瞬时速度,单位为 m/min 。

主运动为旋转运动时,如车削、钻削、铣削

等,切削速度的计算公式为:

$$v_c = \frac{\pi D n}{1000}$$

式中 v_c ——切削速度, m/min ;

D ——工件待加工表面段或刀具的最大直径, mm ;

n ——主运动的转速, r/min ;

(2) 进给量 f 在主运动的一个循环内刀具沿进给运动方向相对于工件的移动量称为进给量,如图 1-2 所示。车削时进给量为工件每转一转刀具沿进给方向所移动的距离,单位为 mm/r 。

(3) 背吃刀量 a_p 在一次走刀中工件表面被切去的材料厚度称为背吃刀量。车削外圆时背吃刀量是工件已加工表面和待加工表面之间的垂直距离,单位为 mm ,如图 1-2 所示。

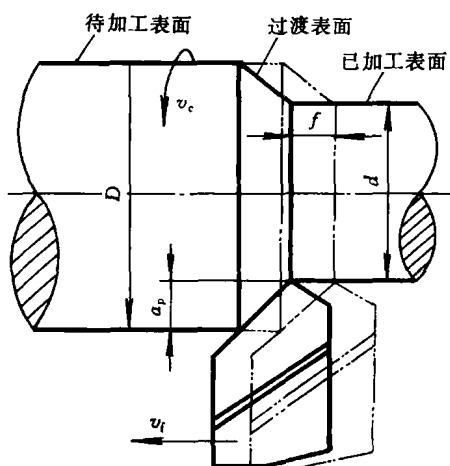


图 1-2 车削过程中工件上的三种表面及切削用量

第二节 金属切削刀具

刀具是切削加工中的重要工具,也是切削加工中影响生产率、加工质量和成本的最重要因素。

刀具由切削部分和刀体两部分组成。前者用来直接参加切削工作;后者用来将刀具夹持在机床上,刀具切削性能的优劣主要决定于切削部分的材料和几何形状。

一、车刀

刀具的种类很多,形状各异,其中车刀是最典型和最简单、应用最广泛的一种刀具。其他刀具(如钻头、铣刀等)皆视为由若干把车刀所组成。因此了解车刀的组成及几何形状是了解其他刀具的基础。

1. 车刀切削部分的几何角度

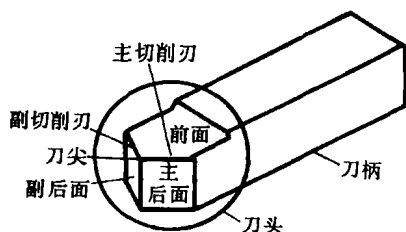


图 1-3 车刀的组成部分

(1) 车刀的组成 图 1-3 为常见的普通外圆车刀,它由刀头和刀柄组成。刀柄是夹持部分,供固定夹紧刀具用;刀头起切削作用。刀头由三个刀面、两个切削刃和一个刀尖所组成。

① 前面 切屑流出时接触的表面。

② 主后面 与工件过渡表面相对的表面。

③ 副后面 与工件已加工表面相对的表面。

- ④ 主切削刃(主刀刃) 前面和主后面的相交线。
- ⑤ 副切削刃(副刀刃) 前面和副后面的相交线。
- ⑥ 刀尖 指主切削刃和副切削刃的连接处相当少的一部分切削刃。

(2) 车刀切削部分的辅助平面 为了确定车刀的几何角度,通常用三个平面(即基面、切削平面和正交平面)作为辅助平面,如图 1-4 所示。

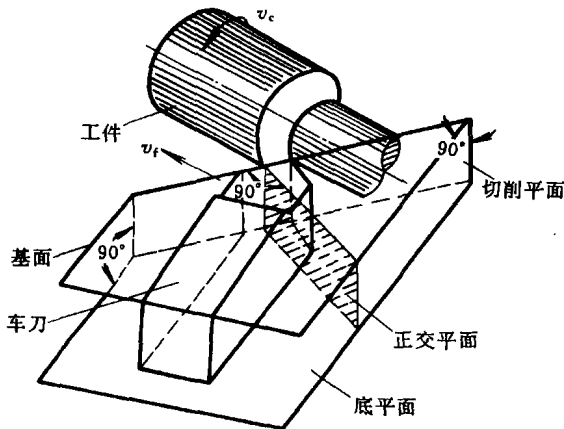


图 1-4 车刀切削部分的辅助平面

① 基面 通过主切削刃上的某一点,与该点切削速度方向相垂直的平面。车刀的基面平行于车刀的底平面。

② 切削平面 通过主切削刃上的某一点与主切削刃相切并垂直于基面的平面。

③ 正交平面 通过主切削刃上的某一点并同时垂直于基面和切削平面的平面。

过主切削刃上的同一点,基面、切削平面和正交平面互相垂直,形成一个空间直角坐标系。这个直角坐标系称为正交平面参考系,车刀切削部分的标注角度在此参考系中有明确的规定。

(3) 车刀的几何角度 在正交平面内测量的角度有前角和后角,如图 1-5 所示。

前角 γ 。是前面与基面之间的夹角,它表示前面的倾斜程度。前面有三种情况:基面在前面之上为正前角($+\gamma_o$);基面在前面之下为负前角($-\gamma_o$);基面与前面重合时,前角为零($\gamma_o=0$)。

后角 α 。是主后面与切削平面之间的夹角。它表示主后面的倾斜程度。

楔角 β 。是前面和主后面之间的夹角,它的大小直接影响到刀具的强度。显然前角、后角和楔角三者之间的关系为:

$$\gamma_o + \alpha_o + \beta_o = 90^\circ$$

在 γ_o 和 α_o 确定后, β_o 已经被确定,故 β_o 不是独立的角度,称为派生角度。

在基面上测量的角度有主偏角和副偏角(图 1-5)。

主偏角 κ_r 是主切削刃在基面上的投影与进给方向所夹的角度。

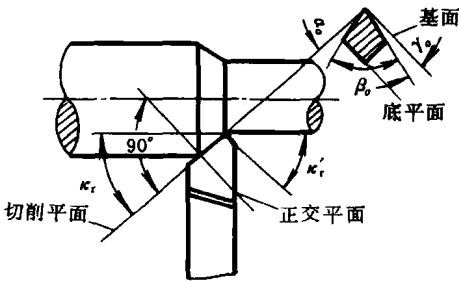


图 1-5 车刀的几何角度

副偏角 κ'_r 是副切削刃在基面上的投影与进给相反方向所夹的角度。
 在切削平面内测量的角度有刃倾角,如图 1-6a 所示。

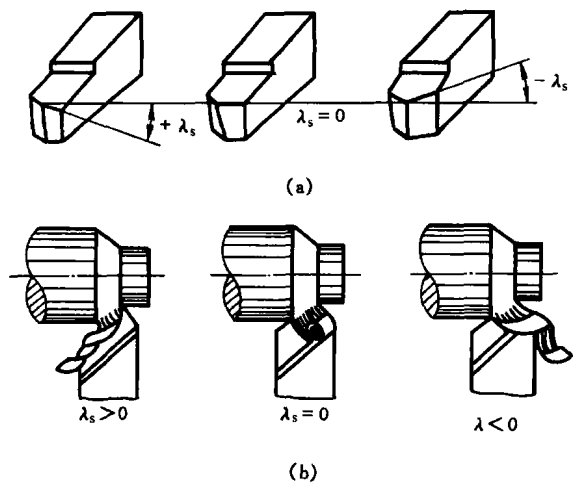


图 1-6 刃倾角及其作用

刃倾角 λ_s 是主切削刃和基面的夹角。刃倾角表示主切削刃的倾斜程度。当刀尖是主切削刃上的最低点时为负刃倾角 ($-\lambda_s$)；当刀尖是主切削刃上的最高点时为正刃倾角 ($+\lambda_s$)；主切削刃与基面平行时,刃倾角为零 ($\lambda_s = 0$)。

刃倾角的主要作用是控制切屑流出的方向。如图 1-6b 所示。

2. 车刀的类型

车刀的种类繁多,一般可按下列原则分类。

(1) 按刀具的结构形式分(图 1-7) 有整体式车刀、焊接式车刀、机夹式车刀、可转位式车

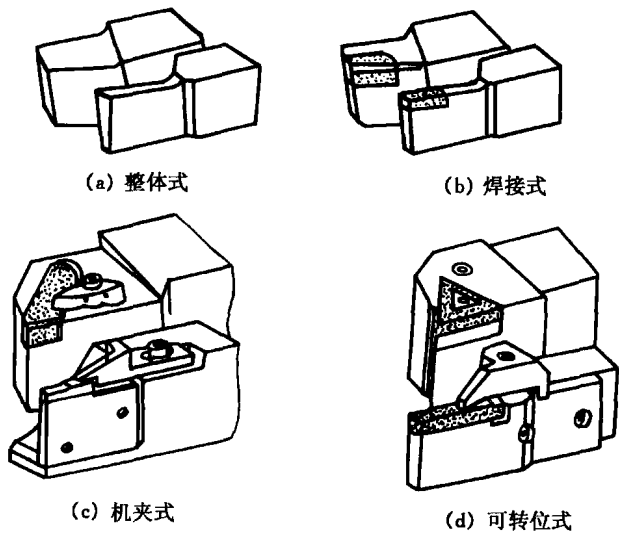


图 1-7 车刀结构的类型

刀等。

① 整体式车刀(图 1-7a)。其整体用高速工具钢制造,切削刃可以磨得锋利,适用于小型车床或加工有色金属工件。

② 焊接式车刀(图 1-7b)。用焊接的方法将硬质合金或高速工具钢刀片固定在刀柄上的车刀。它的结构紧凑,使用灵活,广泛用于各类车刀。但刀柄只能使用一次,成本较高。

③ 机夹式车刀(图 1-7c)。采用机械夹固的方法(如用螺钉、压板等夹固),将硬质合金刀片夹固在刀柄上,避免因焊接而使刀具产生内应力和裂纹等缺陷,造成车刀的切削性能下降,刀柄的应用率高。

④ 可转位式车刀(图 1-7d)。可转位式车刀又称不重磨式刀具。机械夹固车刀需要刃磨,使用不方便,而可转位式车刀当一个切削刃磨钝后,只需松开夹紧装置,刀片便可以转位再进行夹紧,即可以使用。刀具的切削角度由确定的刀片形状安放在特定的刀槽中自然形成。因此,这种刀具具有良好的技术经济效果,是当前刀具发展的方向之一。

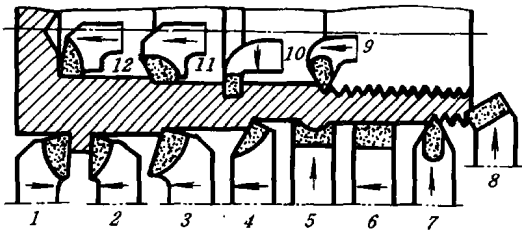


图 1-8 常用车刀的类型

- 1-右刃 90°偏刀;2-左刃 90°偏刀;3-弯头外圆车刀;
4-直头外圆车刀;5-成形车刀;6-宽刃精车刀;
7-外螺纹车刀;8-端面车刀;9-内螺纹车刀;
10-内槽车刀;11-通孔车刀;12-盲孔车刀

(2) 按用途分 按用途分为加工外圆用车刀(右刃 90°偏刀、左刃 90°偏刀、弯头外圆车刀、直头外圆车刀、宽刃精车刀等);加工孔用车刀(通孔车刀、盲孔车刀);加工平面用车刀(端面车刀等);加工沟槽用车刀(内槽车刀等);加工螺纹用车刀(外螺纹车刀、内螺纹车刀),如图 1-8 所示。

二、钻头及铣刀

1. 麻花钻

麻花钻是在实体材料上钻孔用的主要刀具,麻花钻按各部位功能的不同分为三个部分,如图 1-9 所示。

(1) 柄部 柄部是钻头上的夹持部分,又能传递扭矩。按麻花钻直径的大小,柄部可做成直柄或锥柄,锥柄的端部制成扁尾。

(2) 工作部分 工作部分是钻头的主要部分,它由切削部分和导向部分组成,分别起切削和导向作用。切削部分由两个刀齿组成,因此有两个前面和两个后面,两条主切削刃和两条副切削刃,此外还有一条横刃(图 1-10)。导向部分有两条对称的螺旋槽,用来形成切削刃和前角,并起着排屑和输送切削液的作用。两条棱边起着导向和修光孔壁的作用。

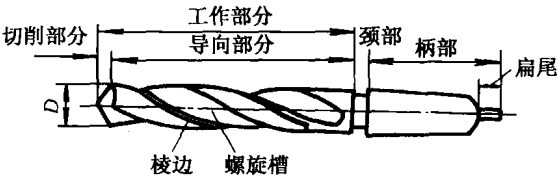


图 1-9 麻花钻的组成

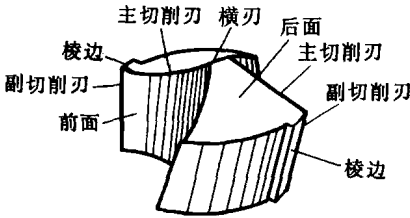


图 1-10 麻花钻的工作部分

(3) 颈部 颈部是位于工作部分和柄部之间的过渡部分,颈部处标注有商标及钻头直径尺寸等。

2. 铣刀

按铣刀用途可以分为:

(1) 加工平面用的铣刀 主要有端铣刀和圆柱铣刀。

① 端铣刀 刀齿分布在刀体端面上的铣刀叫端铣刀。常用的端铣刀有两种:一种是整体端铣刀,多用高速工具钢制成,适用于加工台阶面或端面。另一种是镶齿端铣刀(图 1-11),刀体上装有较多的硬质合金刀片,适用于高速铣削大平面,是一种高效率的切削工具。

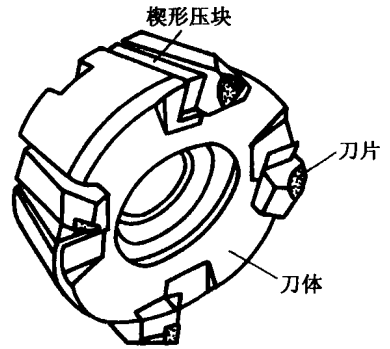


图 1-11 镶齿端铣刀

② 圆柱铣刀 刀齿分布在刀体圆柱表面上的铣刀叫圆柱铣刀。按刀齿在圆柱表面上的排列方向可分为直齿圆柱铣刀和螺旋齿圆柱铣刀两种。直齿圆柱铣刀因切削不平稳所以很少采用;螺旋齿圆柱铣刀(图 1-12)因同时参加切削的刀刃数较多,所以工作比较平稳,应用较广泛。

(2) 加工沟槽用的铣刀 主要有:立铣刀、圆盘铣刀、角度铣刀、键槽铣刀及锯片铣刀。

① 立铣刀 立铣刀的刀齿分布在圆柱面和端面上(图 1-13),常用来铣削台阶面、小平面和沟槽。这种铣刀一般带有锥柄。

② 圆盘铣刀 图 1-14 是三面刃圆盘铣刀,它的圆柱面和侧面均有刀刃,常用于卧式铣床上加工台阶面、沟槽和小平面。

③ 键槽铣刀 外形似立铣刀,一般只有两个刀齿(图 1-15),主要用来铣削轴上的键槽。

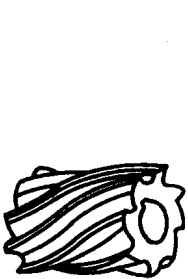


图 1-12 螺旋齿圆柱铣刀

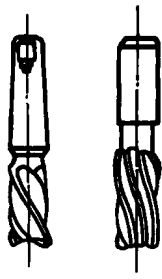


图 1-13 立铣刀

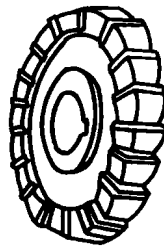


图 1-14 圆盘铣刀



图 1-15 键槽铣刀

三、刀具材料

1. 对刀具切削部分材料的性能要求

(1) 硬度 刀具切削部分材料的硬度必须高于被加工材料的硬度,一般要求在 60HRC 以上。

(2) 耐磨性 在切削过程中刀具与工件产生强烈的摩擦,因此,刀具材料应具有良好的耐磨性。

(3) 强度和韧性 刀具材料应能承受切削抗力、冲击和振动,因此,要求刀具材料具有足够的强度和韧性。

(4) 耐热性(热硬性) 耐热性是指在高温下保持材料硬度的性能,可用热硬性(维持刀具材料切削性能的最高温度)表示。耐热性越好,材料允许的切削速度越高。

(5) 工艺性 为了便于刀具的制造和推广使用,要求刀具材料具有良好的工艺性(可加工性、热处理性及可锻性和可焊接性等)。

2. 常用刀具材料的种类、性能和用途

(1) 碳素工具钢 是碳的质量百分数较高的优质钢碳的质量百分数在0.77%~1.3%之间,热硬性约在200℃左右,超过此温度硬度会显著下降。碳素工具钢允许的切削速度为6~8 m/min,常用牌号有T8、T10、T10A、T12等,多用于制造(低速切削)刀具。

(2) 合金工具钢 是在炼钢时加入一定的合金元素,如钨(W)、钴(Co)、铬(Cr)、锰(Mn)、硅(Si)的高碳钢。它的热硬性较好,约为250~300℃,耐磨性、热处理工艺性有所提高,切削速度 v_c 比碳素工具钢高20%左右,常用牌号有9SiCr、CrWMn等。可用来制造形状复杂的低速刀具,如铰刀、板牙、丝攻等。

(3) 高速工具钢(称为锋钢、白钢) 是一种含钨、铬、钒等合金元素较多的工具钢,热处理后其硬度可达63HRC~66HRC,热硬性好,在600℃左右仍能保持其切削性能,切削速度比碳素工具钢高2~3倍,可达30 m/min左右。常用牌号有W18Cr4V、WbMo5Cr4V₂等,适用于制造成形刀具,如成形车刀、铣刀、钻头、拉刀等。

(4) 硬质合金 硬质合金是当前应用最广泛的一种刀具材料,常用硬质合金的类别、牌号及其选用见表1-2。

表 1-2 常用硬质合金的种类、牌号和用途

种 类	牌 号		用 途
钨钴合金	YG3		铸铁、有色金属及其合金的半精、精加工,不能承受冲击
	YG6A		冷硬铸铁、高锰钢、淬硬钢及合金钢的半精、精加工
	YG6X		普通铸铁、冷硬铸铁、高温合金的半精、精加工
	YG6		铸铁、有色金属及其合金的粗加工和半精加工
	YG8		铸铁、有色金属及其合金、非金属材料的粗加工,也可用于断续切削
钨钛钴合金	YT30		碳素钢、合金钢、淬硬钢的精加工
	YT14		碳素钢、合金钢在连续切削时的粗加工、半精加工和精加工,亦可用于断续切削时的精加工
	YT5		碳素钢、合金钢的粗加工,可用于断续切削
	含少量 TaC NbC	YW1	高温合金、高锰钢、不锈钢等难加工材料及普通钢料、铸铁的半精和精加工
		YW2	高温合金、高锰钢、不锈钢等难加工材料及普通钢料、铸铁的粗及半精加工

第三节 金属切削过程中的物理现象

在各种切削加工过程中都会产生一些共同的物理现象,如切屑的形成、切削力、切削热及刀具磨损等等。它们对加工质量、生产率和成本等都有直接的影响,因此有必要了解切削过程中的这些物理现象,以揭示其本质和规律性,并运用这些规律指导生产。

一、切屑的形成及种类

切屑是金属在刀具的切削刃和前面的作用下,金属经过弹性变形、塑性变形,然后断裂而形成的。切屑的种类有:

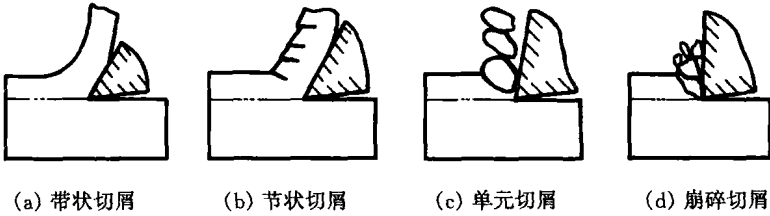


图 1-16 切屑的种类

(1) 带状切屑(图 1-16a) 切屑连续,形如带状或呈各种形状的卷曲,切屑与刀具前面接触面光滑而反面呈微小的皱纹,但无明显裂纹。

(2) 节状切屑(图 1-16b) 切屑与刀具前面接触的表面有明显的裂纹,另一面是锯齿状。

(3) 单元切屑(图 1-16c) 如果在节状切屑的整个剪切面上剪应力超过了材料的剪切强度,则形成梯形的单元切屑。

(4) 崩碎切屑(图 1-16d) 崩碎切屑呈粉末或碎粒状。

由于工件材料、切削用量和刀具的几何角度等切削条件不同所得的切屑类型也不同。

表 1-3 概括的列出了各种因素对切屑种类相互转化的影响。

表 1-3 各种因素对切屑种类的影响

切屑种类		带状切屑	节状切屑	单元切屑	崩碎切屑
切削条件	材料塑性	大			小
	切削速度	高			低
	进给量	小			大
	刀具前角	大			小

二、积屑瘤

1. 积屑瘤的形成

在一定的切削速度下切削塑性材料时,靠近切削刃部位粘附着一层很硬的楔形金属,这称为积屑瘤(即刀瘤)如图 1-17 所示。从前刀面流出的底层金属,在一定温度和压力作用下受到很大的摩擦阻力,致使金属流速降低形成很薄的滞流层。当滞流层与前刀面的摩擦阻力超过切屑材料分子间的结合力时,就会有一部分金属材料粘附在切削刃附近形成积屑瘤。

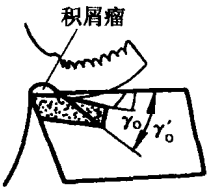


图 1-17 积屑瘤

2. 积屑瘤对加工的影响

(1) 保护刀具 由于积屑瘤的硬度约为工件材料硬度的 2~3 倍,可代替切削刃进行切削,减少了刀具的磨损,从而起到了保护切削刃和前刀面的作用。

(2) 增大了刀具实际前角 产生积屑瘤的车刀,其实际前角 γ' 可增大至 30° ,因而减少了切屑的变形,降低了切削力。

(3) 影响工件表面质量和尺寸精度 由于积屑瘤外形不规则,时大时小,时现时无,随切屑流出,有一些积屑瘤碎片粘附在工件已加工表面上,影响了工件的表面质量。因积屑瘤的产生,

切削深度发生变化,影响了工件尺寸精度。一般来说,粗加工时允许积屑瘤的存在,而在精加工时必须避免积屑瘤的产生。

3. 防止积屑瘤产生的方法

(1) 降低切削速度(加工中碳钢工件时,切削速度在 5m/min 以下)。可降低切削温度,避免切屑与前刀面产生粘结现象。

(2) 采用高速切削,提高切削速度(70 m/min 以上),则切削温度较高,摩擦较小,无积屑瘤形成。

(3) 增大刀具前角,前角增大,减少切屑接触区压力。

(4) 合理使用切削液,降低切削温度和减少摩擦,防止积屑瘤产生。

三、切削力

在切削过程中,刀具切削工件时,必须克服材料的变形抗力,克服刀具与工件及刀具与切屑之间的摩擦力,这些抗力的合力称为切削力。

图 1-18 为作用在刀具前面和后面的法向力(F_{γ_n} 、 F_{a_n}),摩擦力(F_{γ_t} 、 F_{a_t})以及由它们合成的切削力 F 。

切削力 F 的大小和方向随切削条件的变化而变化,不好测量,为适应设计和工艺分析需要,可把切削力分解为 F_c 及 F_f 、 F_p 三个空间相互垂直的分力(图 1-19)。

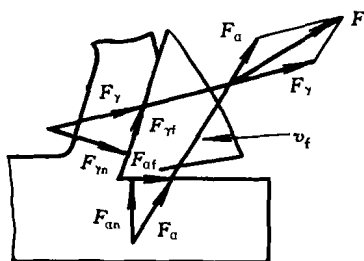


图 1-18 作用在刀具上的力

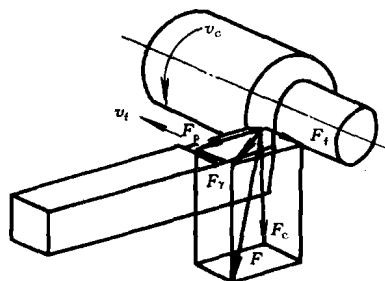


图 1-19 切削力的分解

(1) 切削力 F_c 是总切削力在主运动方向的正投影。它是最大的切削分力,是设计机床、刀具和夹具的主要依据。

(2) 背向力 F_p 又称吃刀抗力,是总切削力在垂直进给方向的正投影。车细长轴时,若背向力过大,会把工件顶弯,容易引起振动并影响工件的加工精度和表面粗糙度。

(3) 进给力 F_f 又称走刀抗力,是总切削力在进给运动方向上的正投影。此分力通过刀架作用于机床进给机构上,是验算机床进给机构强度的必要依据。

切削力的大小与工件材料、切削用量、刀具几何角度、冷却润滑条件等有关。

四、切削热和切削温度

切削热和切削温度是不可分割的。切削热的产生对工件和刀具都有很大的影响。

1. 切削热的来源和传导

(1) 切削热的来源 在切削过程中,金属的变形与摩擦所消耗的功率绝大部分转变为热能,如图 1-20 中剪切区变形产生的热 $Q_{剪}$ 、切屑与前刀面摩擦产生的热 $Q_{前摩}$ 、工件与后刀面摩擦

产生的热 $Q_{\text{后摩}}$ 等。

(2) 切削热的传导 切削过程中产生的切屑热可通过切屑、工件、刀具和周围介质(如空气、切削液)传出去。

切削热的产生和传导关系为:

$$Q_{\text{总}} = Q_{\text{剪}} + Q_{\text{前摩}} + Q_{\text{后摩}} = Q_{\text{屑}} + Q_{\text{工}} + Q_{\text{刀}} + Q_{\text{介}}$$

2. 切削温度

切削温度一般是指切削区的平均温度。实验证明,切削温度在刀具、切屑、工件上的分布是不一样的(见图 1-21),在刀尖附近最高,切屑变形最大,切屑与刀具的摩擦也大。

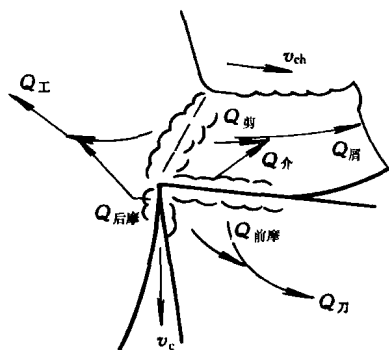


图 1-20 切削热的来源与传导

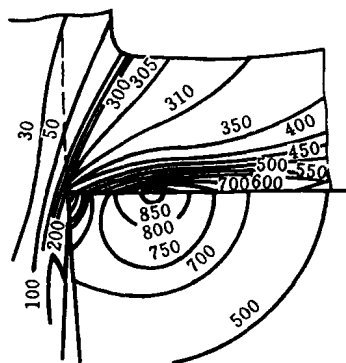


图 1-21 刀具、切屑和工件的温度分布

了解切削温度是为了控制刀具上的最高温度,防止刀具过快磨损。切削温度的高低,取决于切削热产生的多少和散热条件的好坏。影响切削温度的因素有以下几个方面:

(1) 如工件材料的硬度与强度低,传热系数大,则切削时产生的热量少,热传导快,切削温度低;反之,则切削温度高。

(2) 切削用量是影响切削温度的主要因素,其规律是:增大切削用量,切削温度则增加,其中切削速度 v_c 的影响为最大,其次是进给量 f ,背吃刀量 a_p 的影响最小。为减少刀具磨损,延长刀具寿命,可增大背吃刀量 a_p 和进给量 f ,减小切削速度 v_c 。

(3) 刀具的几何角度。前角 γ 的大小直接影响切削过程中的变形和摩擦,所以,它对切削速度的影响较明显。增大前角会使切削变形减小,产生热量少,切削温度下降。但前角也不宜太大,否则刀具的散热面积减小,会使温度上升(一般 γ 不大于 15°)主偏角 κ_r 加大后会使得切削刃的工作长度减短,刀尖角减小,使散热面积减小,切削温度升高;主偏角小,刀尖角增大,能改善散热条件,从而降低切削温度。

刀具的磨损程度与冷却润滑的好坏,均对切削温度有较大的影响。

五、切削液

切削液又称冷却润滑液,主要用来减少切削过程中的摩擦和降低切削温度。合理地选择和使用切削液,能提高工件表面的质量,减少工件的热变形,保证加工质量,减少切削阻力,提高刀具的使用寿命。

1. 切削液的作用

(1) 冷却作用 切削液浇注到切削区域后,通过切削热的传导、对流和汽化,对切屑、刀具和工件起到冷却作用。冷却作用的大小与切削液的种类、形态、用量和使用方法有关。一般水溶液的冷却性能较强,乳化液次之,油类较低。

(2) 润滑作用 切削液的润滑作用是通过切削液渗透到刀具、切屑和工件的接触表面之间形成的润滑膜而达到的。由于润滑膜的作用,减小了刀具、切屑、工件间的摩擦,使切削阻力和切削温度降低,减少了刀具的磨损,并提高了工件的表面加工质量。对于精加工,润滑作用显得更为重要。

(3) 清洗作用 浇注切削液能冲走切削过程中产生的较细切屑或金属粒,起到清洗、防止划伤已加工表面和机床导轨面的作用。

(4) 防锈作用 在切削液中加入防锈添加剂后,能使金属表面形成保护膜,使机床、工件不受空气、水分和酸类等介质的腐蚀,能起到防锈作用。

2. 切削液的分类及选择

(1) 水溶液 水溶液是以水为主要成分并加入防锈添加剂的切削液,主要起冷却作用。常用的水溶液有电解水溶液和表面活性水溶液。前者用于磨削,后者用于精车、精铣和铰孔等加工。

(2) 乳化液 乳化液是使用较广泛的切削液,是油和水的混合液体。浓度低的乳化液,冷却与清洗作用较好,适用于粗加工和磨削;浓度高的乳化液,润滑作用较好,适用于精加工。

(3) 切削油 切削油主要起润滑作用,可用10号、20号机油,轻柴油,煤油,豆油,菜油,蓖麻油等矿物油、植物油作为切削油。其中植物油容易变质,较少使用。普通加工或攻螺纹可选用机油或菜油;精加工有色金属或铸铁时应选用粘度小、润滑性好的煤油。自动机床上可选用粘度小、流动性好的轻柴油作切削油。

3. 切削液的使用方法

(1) 浇注法 应用广泛,冷却效果差,切削液的消耗量较大。

(2) 高压冷却法 应用于深孔加工或较难加工材料的切削,效果较好。但采用此法时,切削液的飞溅现象严重,喷嘴容易堵塞。

(3) 喷雾冷却法 由于切削液经雾化后,雾状液体在高温的切削区域很快被汽化,冷却效果显著,润滑效果较好,但噪音较大,需专用设备。

六、刀具磨损及刀具耐用度

在切削过程中,刀具承受很大的切削力和很高的切削温度,而且刀具表面与切屑工件之间还存在剧烈的摩擦,因此刀具将逐渐磨损。当刀具磨损严重如不及时重磨或更换,最后将会促使切削抗力进一步增大,切削温度升高,最后导致刀具失去切削能力,缩短刀具的使用寿命。

刀具耐用度是指新刃磨的刀具,从开始切削直到后刀面的磨损量达到规定的磨钝标准值,所经过的切削总时间(min),即刀具两次刃磨期间的切削时间称为刀具耐用度。耐用度是一个时间概念,通常刀具耐用度大,刀具磨损慢,可使用的时间长;刀具耐用度小,刀具磨损快,可使用的时间短。

刀具耐用度和刀具寿命是两个不同的概念。刀具耐用度是刀具前后两次刃磨期间的纯切削时间。而刀具寿命是指一把新刀从投入切削起经过多次刃磨使用直至报废所经过的切削总时间。因此,在数值上刀具寿命等于刀具的耐用度与刀具刃磨次数的乘积。

切削用量、刀具材料及几何角度、工件材料,使用切削液的情况等均影响刀具磨损的快慢,从