

高等学校试用教材

金属工艺学

(机械类各专业用)

下 册

西安交通大学金属工艺学教研室 编

谭玉山 主编

高等教育出版社

高等学校试用教材

金 属 工 艺 学

(机械类各专业用)

下 册

西安交通大学金属工艺学教研室 编

谭玉山 主编

高等教育出版社

内 容 提 要

本书是以1980年教育部审订的《金属工艺学教学大纲》(草案)的基本要求为依据编写的。

本书下册共分九章,包括:金属加工的基础知识、金属切削机床的基础知识、回转面加工综述、平面加工综述、螺纹加工综述、齿轮加工综述、机械加工工艺概论、零件的结构工艺性、特种加工概述。每章之后附有复习思考题,可供学生用作复习和讨论。

本书在内容和体系上作了某些革新。在精选内容方面,删除了一些传统的枝节内容,以突出重点;为结合生产实际,增加了“切削加工的经济性”一节,并力求使讲课教材与实习环节合理分工和配合;在内容组合和结构体系等方面,也考虑到了便于教学。书中大部分插图,也进行了更新。

本书可供高等工科院校机械类各专业用作金属工艺学讲课教材,也可供职工大学及有关专业的工程技术人员和技术工人参考。

本书由大连工学院罗胜初同志复审,并经教育部金属工艺学教材编审小组讨论通过,同意作为高等学校试用教材出版。

责任编辑 单建清

(京)112号

高等学校试用教材

金 属 工 艺 学

(机械类各专业用)

下 册

西安交通大学金属工艺学教研室 编

谭玉山 主编

*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

河北省香河县印刷厂印装

*

开本787×1092 1/16 印张9.25 字数210 000

1984年3月第1版 1996年3月第13次印刷

印数 119 379—124 386

ISBN 7-04-000459-3/TH·11

定价 7.10元

下 册 目 录

第六章 金属切削加工的基础知识

第一节 概述.....2	第三节 刀具材料和刀具构造.....9
第二节 金属切削过程.....3	一、刀具材料.....9
一、切屑的形成及其类型.....3	二、刀具的构造.....10
二、切屑收缩.....4	第四节 切削加工的经济性.....16
三、加工硬化.....5	一、刀具耐用度和切削速度.....16
四、切削力.....6	二、进给量和切削深度.....18
五、切削热.....8	三、工件材料的可切削性.....19

第七章 金属切削机床的基础知识

第一节 机床的类型.....24	第五节 机床的气、液传动.....38
第二节 基本机床的结构特点.....29	一、液压传动的基本元件.....38
一、加工回转面的机床.....29	二、液压传动系统.....41
二、加工平面的机床.....29	三、液压传动的优缺点.....42
第三节 机床运动速度的分级.....30	四、气动系统.....42
第四节 机床的机械传动.....31	第六节 自动机床及数控机床概念.....44
一、机械传动机构的型式.....31	一、自动车床结构特点.....44
二、机床运动链及其传动比.....35	二、数控机床概念.....44
三、普通车床的传动系统分析.....36	

第八章 回转面加工综述

第一节 回转面的加工方案概述.....48	四、其他钻孔方法.....58
第二节 回转面的车床加工.....50	五、镗孔.....58
一、概述.....50	第四节 回转面的磨削加工.....61
二、成形面的车削.....51	一、外圆磨削.....61
三、锥面的车削.....52	二、内圆磨削.....63
四、转塔车床加工.....54	三、先进磨削法简介.....65
五、大型零件的车削.....55	第五节 光整加工.....65
第三节 孔的钻镗加工.....56	一、珩磨.....65
一、钻孔.....56	二、研磨.....66
二、扩孔.....57	三、超精加工.....67
三、铰孔.....57	四、抛光.....68

第九章 平面加工综述

第一节 平面的加工方案概述.....70	四、铣、刨床.....74
第二节 平面的铣削加工.....71	第三节 拉削加工.....75
一、铣削加工的生产率.....72	一、拉刀特点.....76
二、铣削加工的质量.....72	二、适用场合.....76
三、铣削加工的适用场合.....74	第四节 平面的磨削加工.....78

第十章 螺纹加工综述

第一节 螺纹的加工方案概述.....81	第四节 螺纹的滚压.....83
第二节 螺纹的车削.....82	第五节 螺纹的磨削.....85
第三节 螺纹的铣削.....83	

第十一章 齿轮加工综述

第一节 齿轮的工艺特点.....86	三、滚齿和插齿的加工质量.....95
第二节 铣齿法.....88	四、滚齿和插齿的生产率.....95
一、铣齿的加工对象.....88	五、滚齿和插齿的适用场合.....95
二、铣齿的加工质量.....89	第四节 齿轮的精加工.....95
三、铣齿的生产率.....90	一、剃齿.....95
第三节 滚齿法和插齿法.....91	二、珩齿.....96
一、滚齿的加工原理.....91	三、磨齿.....97
二、插齿的加工原理.....93	

第十二章 机械加工工艺概论

第一节 基本概念.....99	三、工序的集中与分散.....108
第二节 毛坯的选择.....100	四、加工顺序的安排.....109
第三节 工件的安装.....101	第五节 制定机械加工工艺
一、工件的定位与夹紧的原则.....102	过程的实例.....110
二、专用夹具实例.....104	一、轴类零件.....110
三、选择定位基准.....105	二、套类零件.....112
第四节 加工顺序的拟定.....107	三、箱体零件.....114
一、加工阶段的划分.....107	四、大量生产活塞的工艺过程.....118
二、加工方法的选择.....107	

第十三章 零件的结构工艺性

第十四章 特种加工概述

第一节 特种加工的基本特征.....131	一、电火花加工的基本原理.....132
第二节 电火花加工.....132	二、电火花加工的工艺特点.....133

第三节 电解加工.....	134	二、超声波加工的设备与工具.....	136
一、电解加工的基本原理.....	134	三、超声波加工的工艺特点.....	137
二、电解加工的工艺特点.....	135	第五节 激光加工.....	137
三、电解磨削.....	135	一、激光加工的基本原理.....	137
第四节 超声波加工.....	136	二、激光加工的工艺特点.....	138
一、超声波加工的基本原理.....	136		

第六章 金属切削加工的基础知识

金属切削加工

金属切削加工的目的,就是用刀具从毛坯上切除多余的部分,使其达到符合要求的形状、尺寸和表面光洁度。由于零件的多样性,加工方法和制造过程也必然是多种多样的。为了评定加工的可能性和合理性,一般是从所能达到的加工质量、生产率和经济性等三方面加以考察。

首先,加工过程应能保证产品质量。随着科学技术的不断发展,对机械加工产品的精度和光洁度提出了更高的要求,金属切削加工技术和精密测试技术随之迅速发展。例如为了成批、大量生产高质量零件,常需要预先制造高精度的模具,模具上孔与孔之间的距离误差有时只允许几个微米。尤其是近二十年来,由于航天、计算机和激光等尖端技术发展的需要,使超精密加工技术得到了惊人的提高。例如有的超精密金刚石车床,加工精度可达 $0.075\mu\text{m}$,表面粗糙度仅为 $0.011\mu\text{m}$ 。

当然,在一般的机械制造业中,加工质量不会要求这么高,但作为工程技术人员,必须通晓为满足不同质量要求所应采取的相应加工过程的广泛知识。只有具备这种基本知识,才能合理选择相应的加工过程和开发新的精密加工技术,以满足某些特殊要求。

其次,加工过程应力求提高劳动生产率。当前提高劳动生产率的主要途径有:

(1) 提高切削效率。例如车削钢材的速度已达 $200\text{m}/\text{min}$,甚至高达 $700\text{m}/\text{min}$;磨削速度已可提高到 $60\sim 100\text{m}/\text{s}$;

(2) 减少辅助时间。例如采用快速换刀和线外对刀,即在生产线之外由专人调整刀具,然后装到机床上不经调整即可直接使用,大量减少停机时间。又如采用自动测量和数字显示技术,从而免除停机测量的时间;

(3) 采用新工艺、新材料。诸如冷、热挤压,精密铸造,粉末冶金及工程塑料等,大力提高毛坯精度,减少机械加工的工作量;

(4) 采用电子技术和计算机技术。例如正在发展中的计算机辅助制造(CAM)、计算机数控机床(CNC)、群控(DNC)等,甚至期望实现某些无人操作的车间。

最后,应十分注重加工过程的经济性。这是与产品质量和生产率密切相关的一个综合性问题。质量和生产率经常是一对矛盾的两个方面,应该用经济性来统一这对矛盾。也就是要用最低的成本生产出更多更好的产品。工程技术人员必须在解决技术问题的过程中注意树立经济分析的观点。近几年来我国对这一点已开始注意。

本章将为此提供最基本的知识。但因金属切削加工涉及面极广,无法而且不宜在这样的综

合性教程中阐述透彻,读者可在必要时参阅有关的专著。

我国的金属切削加工工业,在解放后的三十余年中,得到了飞速发展。以机床的生产为例,1949年时,全国(除台湾省外)机床的年产量仅1582台,而且只有上海、天津、沈阳及昆明等城市能生产结构简单的机床。1953年开始的第一个五年计划,把机床工业看作是机械工业的一个重要基础,改建和新建了一批机床和工具的骨干生产厂。1958年开始的第二个五年计划期间,机床工业得到了全面发展,1960年我国机床年产量已达9万台,机床品种也由通用机床发展为种类繁多的自动机床、专用机床及精密机床。在第三个五年计划中,已具备成套地配备综合性先进机械工厂的能力,例如我国新建的第二汽车厂的57条自动线和8000多台自动化设备都是由我国自行设计和制造的。到1978年,我国机床年产量已达18.3万台,是解放初的一百多倍。全国的机床拥有量已超过250万台,接近美国,超过日本。但机床的质量和功能则与发达国家相比尚有较大差距。目前我国已基本形成一个门类比较齐全的机床与工具制造工业体系,为全面发展机电工业、国防工业和尖端技术奠定了必要的物质基础。我国的机械制造工艺水平也发生了重大变化:各种制造工厂中的高效专用设备、流水作业和自动线的比重逐年增加;从切削加工向少、无切屑加工的发展趋势越来越明显;从加工方式的“一人、一机、一刀、一序、一件”逐步转到“多机、多刀、多序、多件”;从装配的锉削、对号入座提高到以刨代刮、以铣代刮,以磨代刮和装配互换的阶段。与此同时,出现了许多接近和达到世界水平的精密测试技术和测量仪器。

由此可见,我国的机械制造工业已经比较成熟,在党中央的正确领导下,充分发扬社会主义制度的优越性,在三十多年建设起来的物质基础上,就能在本世纪末赶上世界先进水平。

第一节 概 述

机器零件的外形通常由外圆面、内圆面、平面或曲面所组成。切削加工应具备形成上述诸典型表面的基本运动。它包括主运动和辅助运动两部分。其中主运动是把工件上多余金属层切下来的基本运动,所以又称为切削运动。辅助运动主要是指进给运动(即将新的金属层不断投入切削所需的运动),其它辅助运动还有吃刀运动和分度运动等。

主运动既可由工件也可由刀具来实现。进给运动根据具体情况可以是连续的或间断的,运动方向可以是直线、圆周或曲线。

由上述各种不同运动方式的组合,在实际生产中形成了如图6-1所示的典型加工方式。主运动速度又称切削速度,用 v 来表示。例如对于作圆周运动的切削速度可用下式表达:

$$v = K \pi n D$$

式中 D 为圆周直径; n 为转速; K 为常数,取决于计量单位。对于车、钻和铣削加工, D 用(mm)、 n 用(r/min)、 v 用(m/min),故 K 为 $\frac{1}{1000}$;对于磨削加工,则 v 用(m/s),故 K 为 $\frac{1}{60 \times 1000}$ 。

进给运动速度又称进给量,用 s 来表示*。车、钻和磨削用(mm/r)表示;磨削、铣削用(mm/

*) 本书仍采用我国长期来惯用的符号。有些书籍已部分采用国际标准化组织(ISO)推荐的符号。本书拟待我国正式颁布新的标准符号后再统一修改。

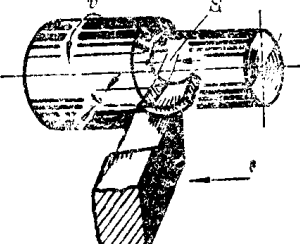
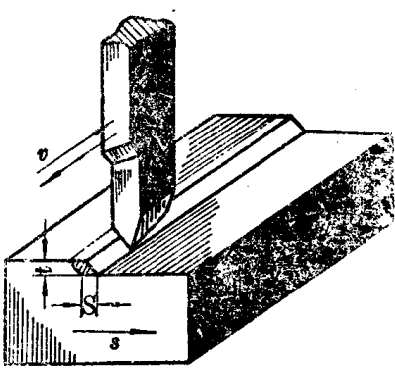
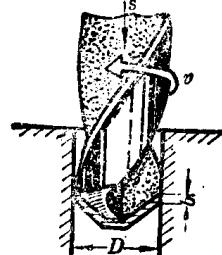
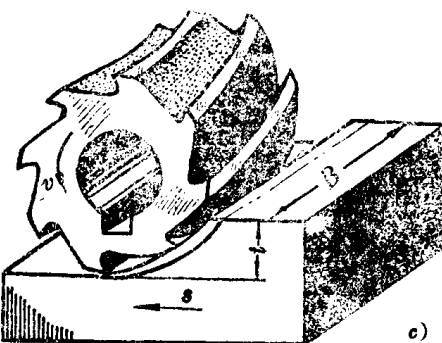
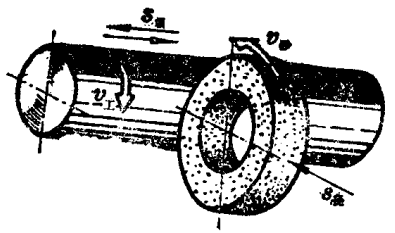
加工方式		主运动	进给运动	加工方式		主运动	进给运动
车削		工件旋转	刀具连续移动	刨削		刀具往复移动	工件间隙移动
		刀具旋转	刀具连续移动				
		刀具旋转	工件连续移动	磨削		刀具旋转	工件旋转及往复移动 刀具间隙移动
铣削							

图 6-1 典型加工方式

mm/min)或(mm/每齿)表示;刨削用(mm/str)表示。

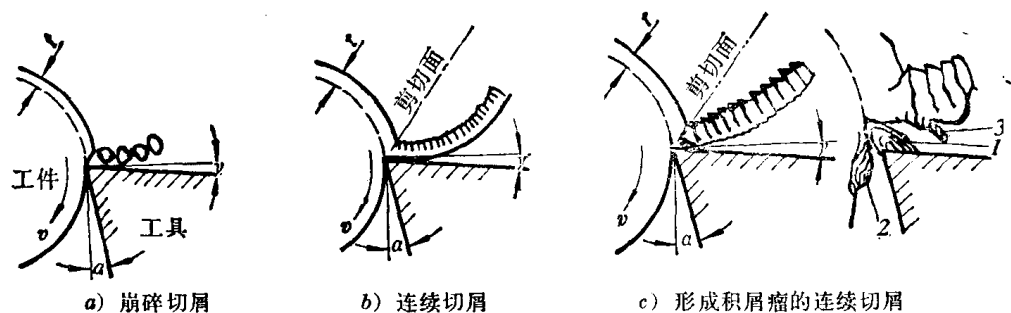
工件表面被切除的材料厚度称为切削深度,用 t 来表示。

上述 v , s , t 统称为切削用量三要素,是切削加工的基本参数,必须正确选定,以期保证在满足加工质量的前提下,获得最佳经济效益或最高生产率。为此,就有必要研究切削过程的机理、掌握切削中存在的各种物理现象的规律、分析各类刀具的共性和特性及其对切削过程的影响等。由于学科本身的内容十分丰富,而本课程属基础技术课,论述力求通俗简明,要求读者抓住实质,力戒孤立地死记条文。

第二节 金属切削过程

一、切屑的形成及其类型

当工件表层金属受到刀具挤压后,金属层产生变形直至被挤裂下来。由于条件的不同,切除



1—附着在刀尖上的积屑瘤；2—附着在工件已加工表面上的积屑瘤；3—被工件和切屑所带走的积屑瘤

图 6-2 三种切屑示意图

的切屑有三种基本类型*, 如图 6-2 所示。

类型 1 崩碎切屑(图 a): 切削脆性材料如铸铁、青铜时, 切屑几乎不产生弹性变形就突然崩裂。形成这类切屑时, 冲击、振动较大, 而且切削力集中于刀刃附近, 故对加工光洁度和刀具工作条件都有不利影响。但当切削深度和进给量较小时, 则可获得良好的加工光洁度。

类型 2 连续切屑(图 b): 切削韧性材料如钢材时, 表层金属受到刀具挤压后, 产生很大的塑性变形, 最后便沿剪切面滑移, 在尚未完全剪裂之前, 刀具又开始挤压下一片切屑, 于是形成连绵不断的切屑。这时由于切削力的波动较小, 所以容易获得良好的加工表面光洁度。这是一种最理想的切屑, 通常当工件材料塑性好、刀具同切屑的摩擦系数小、切屑厚度薄以及切削速度高时, 就容易形成这种连续切屑。

类型 3 形成积屑瘤的连续切屑(图 c): 在形成连续切屑的过程中, 切屑底层受到刀具很大的摩擦阻力, 致使这层金属的流动速度降低。当摩擦阻力超过这层金属同切屑本身的结合强度时, 便粘附于刀刃之上, 形成积屑瘤。积屑瘤的硬度甚高, 能保护刀刃, 延长刀具的使用寿命。但是积屑瘤的高度随着切削的继续进行而不断增加, 使实际切削深度随之增大; 而当积屑瘤增加到一定高度后就又破裂, 其碎片被切屑和工件带走。上述过程周而复始, 极为迅速, 致使工件表面粗糙。由此可见, 在粗加工时若形成第 3 类切屑, 利多弊少; 但在精加工时, 则应力求减小或避免积屑瘤, 促使形成第 2 类切屑。为此, 应采取如下几种措施以排除积屑瘤的形成条件,

- (1) 采取高速切削 切屑底层的滞留金属因高温而软化, 不易粘附于刀刃上;
- (2) 采取极低的切削速度 温度太低, 不存在滞留金属粘附于刀刃上的条件;
- (3) 喷注切削液 减小切屑底层同刀具间的摩擦系数, 并降低切削温度;
- (4) 提高刀具表面的光洁度 可减小摩擦系数。

其中前面两点是最主要的措施。

二、切屑收缩

实践表明, 切屑的厚度 a 通常都大于被切金属层的厚度(或称切削厚度) a_0 , 而切屑的长度 l 则小于被切金属层的长度 l_0 。这种现象称为切屑收缩, 并用收缩系数 ε 来表示切屑的变形程度:

*) 我国把切屑分为崩碎切屑、节状切屑及带状切屑, 而把积屑瘤作为切削过程中的一种现象来分析。根据欧美教材对这个问题的分析, 可能更能反映其实质, 所以本节根据后者予以归纳介绍。

$$\varepsilon = \frac{a_c}{a} = \frac{l}{l_c} > 1 \quad (6-1)$$

切屑收缩系数总是大于1。它越大,表示切屑变形量越大,从而它就成为判断切削过程特征的一个重要指标。

形成切屑时的剪切面同主运动方向间的夹角称为挤裂角 β , 它与切屑收缩系数密切相关。由图 6-3 可知·

$$\varepsilon = \frac{a_c}{a} = \frac{\overline{AB} \cdot \cos(\beta - \gamma)}{\overline{AB} \cdot \sin \beta}$$

或即

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\cos \gamma}{\varepsilon - \sin \gamma} \quad (6-2)$$

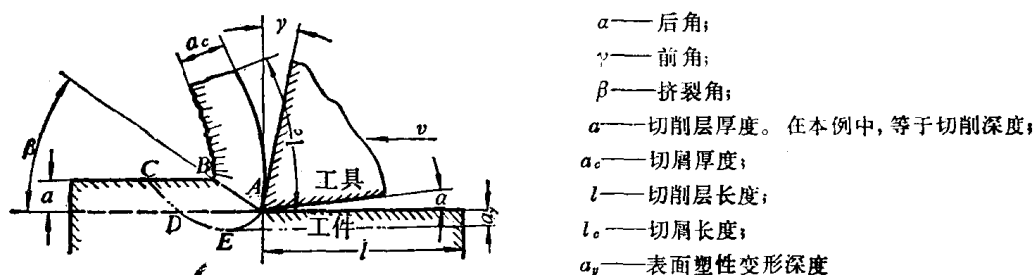


图 6-3 切屑收缩

根据图 6-3 及式(6-2), 切削过程中的许多现象可以得到解释:

(1) 刀具前角 γ 增大时, 挤裂角 β 将增大, 而剪裂面 $\overline{AB}$ 和收缩系数 ε 则都将减小, 导致切削力和切削热都减少。并因切削区域变形量的减少而使加工质量有所提高。

(2) 切削速度的提高, 将会使切屑未及充分变形就被挤裂下来, 所以收缩系数变小。导致切削力减小和加工表面光洁度改善。

(3) 切削厚度的增加, 也可使收缩系数减小。这是因为: 在切削层中的变形是不均匀的, 越靠近刀具前面的切屑变形越充分。所以切削厚度越薄, 则切屑平均变形量越大, 或者说, 单位切屑面积的切削力越大。

(4) 切屑同刀具之间的摩擦系数越大, 将会增大切屑的变形量, 使收缩系数增加。采用切削液以及提高刀具前面的光洁度, 都可减小收缩系数。

由上可知, 加工塑性材料时, 若收缩系数越大, 意味着消耗于切削中的功也越大, 从而使切削力、切削热和加工硬化等现象趋于严重。

加工脆性金属时, 只形成崩碎切屑, 所以收缩系数这个概念并无实际意义。

三、加工硬化

在切屑形成过程中, 刀刃前的金属塑性变形区并不仅局限于切削层, 往往还扩展到已加工表面的深处, 如图 6-3 中的 $ABCDE$ 区域。其中 ADE 区域处于已加工表面之下, 因此在加工完毕后, 形成一层深度为 a_v 的加工硬化层。硬化层的硬度比原来的金属高数倍, 塑性则明显下降, 甚至由于残余应力过大, 而使已加工面产生微小的裂纹。这种现象, 往往造成零件承受冲击和交变

载荷的能力下降。所以对于重要零件的加工硬化层应减小到最低限度。

不同的工件材料,加工硬化程度相差很大。材料塑性愈好,则硬化现象愈严重。例如钢的已加工表面硬度可达加工前硬度的3~4倍,硬化层厚度可达数百微米以上。铸铁的硬化程度和硬化层深度则比钢小得多。

加工表面的塑性变形不但造成硬化,而且还会使加工表面的光洁度下降,这是因为切屑从工件表面撕裂下来时,塑性变形毛刺将残留于加工表面,使表面的微观轮廓变得粗糙起来。而且随着工件塑性变形的增大,将使刀具后面同已加工面间的摩擦加剧,进一步使加工硬化现象严重化。

因此,特别是在精加工时,要尽力设法减少上述现象。根据切屑收缩一节的分析可知:增加刀具前角、采用高速切削、施加切削液以及保持刀刃的锐利状态等,都可减轻加工硬化现象和提高加工表面光洁度。

四、切 削 力

刀具在切削工件时,除了必须克服材料的变形抗力外,还必须克服刀具同工件、刀具同切屑之间的摩擦力。切削力便是上述诸力的总和。它是一个空间矢量,为了测定其大小以及便于分析它对实际生产的影响,通常将切削力分解为互相垂直的三个分力。根据加工方式的不同,切削分力分别由图6-4, a)、b)、c)表示。

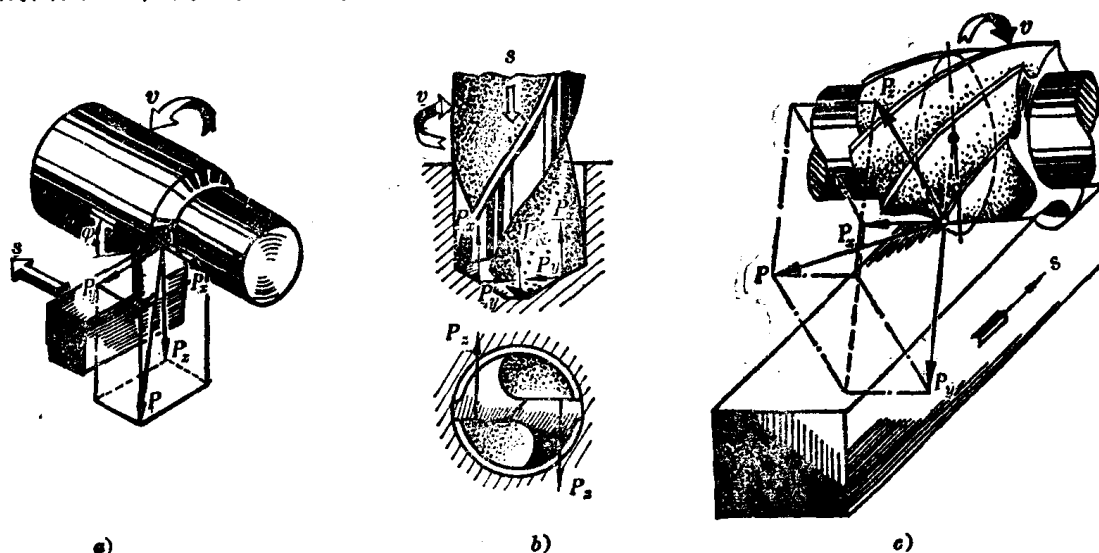


图 6-4 切削分力

车削的切削力 P 可分解为走刀抗力(轴向力) P_z 、吃刀抗力(径向力) P_r 及主切削力(切向力) P_t ,如图a)所示。其中 P_t 与切削速度的方向相同,而且通常大于其它分力,所以 P_t 消耗的切削功率占总功率的绝大部分,它是计算切削功率和设计主传动系统的主要依据。 P_r 处于工件的加工直径方向,它往往是刚性系统较弱的方向。工件和刀具在 P_r 的作用下产生弹性变形,使加工直径扩大,并使切削振动加剧。所以 P_r 是保证加工质量最应重视的分力。 P_z 处于进给方向上,是设计进给系统的依据。

外圆磨削和内圆磨削的切削力可用相同的原则进行分解。

刨削的切削力分解方式同车削相似,也就是沿切削运动方向的主切削力 P_z ,沿刀杆方向(即垂直于加工平面)的吃刀抗力 P_y ,沿进给方向的走刀抗力 P_x 。各分力对加工过程的影响与前面的分析相似。

钻削时的切削分力为:沿钻头轴线方向的轴向力 P_z 、径向力 P_y 及切线方向的主切削力 P_x ,如图 b) 所示。其中 P_z 和 P_x 对切削加工的影响同车削力相似。在钻头的两个切削刃上受到大小相等、方向相反的两个 P_y ,按理它们对切削加工不应存在不良影响。但是由于两个切削刃的切削条件不可能绝对相同,所以两个 P_y 不会完全相等,有可能使钻头弯曲,从而扩大被加工孔的直径或使孔的中心线歪斜。

铣削加工的具体形式很多,但其切削力都可分解为如下三个分力:沿圆周切线方向的主切削力 P_z 、沿铣刀半径方向的径向力 P_y 以及沿铣刀轴线方向的轴向力 P_x ,如图 c)所示。其中 P_z 是计算切削功率的依据, P_y 是影响加工质量的重要因素, P_x 对切削加工的影响不大。

铣削力还可以根据三个进给运动方向作为直角坐标系统进行分解,即纵向分力 P_A 、横向分力 P_x 及垂直分力 P_v 。其中 P_v 直接影响工件装夹在工作台上的稳固性。 P_A 和 P_x 是工作台纵向和横向进给系统的设计依据。

三个互成直角的分力同总切削力的关系为:

$$P=\sqrt{P_z^2+P_y^2+P_x^2} \tag{6-3}$$

总切削力 P 是一个空间矢量,难于直接测量。而切削分力 P_z 却往往消耗 90% 以上的切削功率,因此习惯上都用 P_z 作为切削力的基本指标。

在大量实验基础上综合各种影响因素而建立起来的切削力经验公式为:

$$P_z=C\cdot t^x\cdot s^y\cdot K_m\cdot K_\gamma\cdot K_\varphi\cdot K_f \tag{6-4}$$

式中的系数和指数均可查阅《切削用量手册》。部分典型数据列于表 6-1。运用已有的知识,不难对表列数据进行定性分析:

表 6-1 切削力系数及指数

加工材料			加工方式			c	x	y	加工材料			加工方式			c	x	y	
钢 $\sigma_b=75\text{kg/mm}^2$			车内外圆			225	1.0	0.75	铸铁 $H_B=190$			车内外圆			98	1.0	0.75	
加工钢									加工铸铁									
强度 σ_b	50~60	60~70	70~80	80~90	90~100													
K_m	0.82	0.89	1	1.1	1.18													
硬度 H_B	160~180	180~200	200~220	220~240	240~260													
K_m	0.94	1	1.06	1.12	1.17													
前角 γ	-5°	0°	+5°	+10°	+15°	+20°												
主偏角 φ	30°	45°	60°	75°	90°													
K_γ	1.23	1.13	1.06	1	0.94	0.89												
K_φ	1.05	1	0.96	0.94	0.92													
切削液		干切削		苏打水		乳化液				矿物油								
K_f		1		1.03		1.10				1.15								

(1) 切削力同进给量的增减不成线性关系。当进给量增加后,切屑收缩系数由于切屑厚度增厚而降低,使单位切屑面积的切削力减小,所以指数 $y<1$ 。由于切削面积 $f=a\cdot b=s\cdot t$,而且

$a = s \cdot \sin \varphi$ 和 $b = t / \sin \varphi$ (如图 6-5 所示), 故当切削面积 f 为常数的前提下, 增加 a 并相应地减小 b , 或即增加 s 并相应地减小 t , 可以有效地降低切削力;

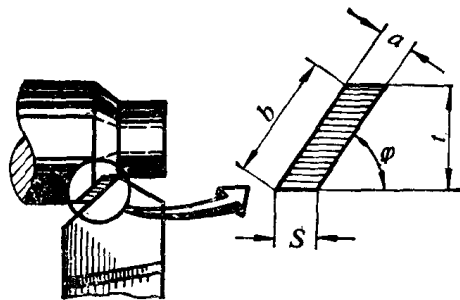


图 6-5 切削断面图

(2) 被加工材料的强度和硬度越高, 切屑变形和挤裂所需作的功必然越多。所以系数 K_m 随材料强度和硬度的增高而增大;

(3) 增大前角 γ 可使切屑收缩系数减小, 因而可以降低切削力。所以 K_v 随 γ 的增大而减小;

(4) 在不改变 s 和 t 的前提下, 增大主偏角 φ , 将使切屑断面变得厚而窄, 从而降低切削力, 所以 K_v 随 φ 的增大而减小;

(5) 切削加工时喷注切削液, 可以减小摩擦力而使总切削力降低。

在一般情况下, P_x 和 P_v 所消耗的功率可以忽略不计, 因此切削功率可用下式计算:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{102 \times 60} \text{ kW} \quad (6-5)$$

五、切 削 热

切削过程中的变形和摩擦所消耗的功, 绝大部分转变为切削热。它又由切屑、工件、刀具及周围介质(如空气、切削液等)传出。其中传入刀具的热量使刀具温度升高, 致使其耐磨性能下降; 传入工件的热量使工件温度上升而产生热变形, 以致影响加工精度。

为了降低刀具和工件的温度, 不仅应减少切削热的产生, 而且更应改善刀具和工件的散热条件。采取下列措施可以有效地达到上述目的:

(1) 在切削面积 f 相同的前提下, 尽量使切屑断面宽而薄, 以减少刀刃单位长度上的负荷, 并增加刀刃区的散热面积, 从而达到降温的目的。减小主偏角 φ 以及选用大 t 、小 s , 是获得宽而薄的切屑断面的基本途径。读者需注意这个措施同切削力影响因素之间的矛盾。

(2) 适当增大前角 γ , 以减少切屑变形, 从而减少切削热的产生。

(3) 喷注足量的切削液, 以减少摩擦和改善散热条件, 这是降低切削温度最有效的措施。常用的切削液有如下两类:

水类 这类切削液的比热大, 可吸收大量热量, 一般用于粗加工。常用的水类切削液有苏打水和乳化液等。

油类 这类切削液的比热小, 但润滑性能好, 所以冷却作用较小, 但可有效地提高加工表面光洁度。一般用于精加工和成形面加工, 如车螺纹、铣齿轮等。常用的油类切削液有矿物油和植物油等。

第三节 刀具材料和刀具构造

无论哪种刀具都由工作部分和夹持部分所组成。前者是刀具上直接参加切削工作的部分,它应具备良好的物理机械性能和合理的几何形状;后者是用来将刀具夹持在机床上的部分,对它的要求是:保证刀具正确的工作位置、传递所需的运动和动力、夹固可靠以及装卸方便。本节将只对刀具的工作部分进行探讨。

一、刀具材料

刀具切削部分的材料应具备如下基本要求:

- (1) 硬度必须高于工件材料的硬度,一般要在 HRC60 以上;
- (2) 足够的强度和韧性,以承受切削力和冲击;
- (3) 好的耐磨性;
- (4) 高的红热性,即在高温时仍能保持高硬度的特性。这是刀具材料必须具备的关键条件。

刀具材料的种类很多,几种常用刀具材料在高温下的硬度如图 6-6 所示。它们的成分和特性列于表 6-2。碳素工具钢是 1900 年以前的唯一刀具材料。它的红硬性很差,所以现在只用来制造手工工具,如锉刀、凿子及手锯锯条等。牌号有 T10、T10A、T12 及 T12A 等。

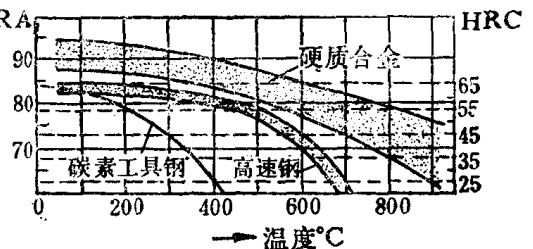


图 6-6 刀具材料的红硬性

表 6-2 刀具材料的特性对比

种 类	牌 号	开始应用 年 份	基 本 性 能				相对价格 (高速钢=1)	相对切削成本 (费用/单位切屑量)
			硬度 HRA	抗弯强度 σ_b (kg/mm ²)	红硬性 (°C)	切削速度 之 比		
碳素工具钢	T10A	1900年以前的 唯一材料	81~83	240	200	0.2~0.4	0.3	1.91
合金工具钢	9SiCr		80	240	300	0.5~0.6		
高 速 钢	W18Cr4V	1900年	82~84	350	600	1.0	1	1
硬质合金	YG3	~1930年	89	150	800~1000	6	10	0.27
硬质合金	YT15	~1945年	91	115				
陶 瓷	AM	1955年	>92	40~50	>1000	12~14	15	0.14

在碳素工具钢中加入一定量的铬(Cr)、钨(W)及锰(Mn)等元素,可适当提高其红硬性及减少热处理变形。这种钢称为合金工具钢。目前常用它来制造形状较复杂、切削速度不高的刀具,如铰刀、拉刀等。

工业上应用得最广的是高速钢和硬质合金:

- (1) 高速钢 自 1900 年发明高速钢后,使金属切削工业发生了一场革命,机床进行了全面

的改型设计, 诸如大大扩展主体运动和进给运动速度、使用较重型的轴承以及增大电机功率等。当时所谓的高速钢这个名称一直被沿用至今。典型的高速钢为 W18Cr4V 和 W6Mo5Cr4V2。若在高速钢中添加某些合金例如铝或钴, 可使其红硬性进一步提高, 故称超高速钢。但在近代工业中, 高速钢已无法承受高速切削时的高温, 所以它仅用于制造中等切削速度的刀具, 例如一般的车刀、刨刀、铣刀、钻头及齿轮加工刀具等。高速钢刀具通常都是做成整体的。但当刀具尺寸很大时, 可做成镶片式结构, 刀体用普通的碳素结构钢制造, 只有切削部分才用高速钢制成刀片, 并镶嵌在刀体上。最常见的是镶片铣刀。

(2) 硬质合金 硬质合金是由碳化钨、碳化钛和钴用粉末冶金方法制成的。上述碳化物是高红硬性物质, 钴用作粘结剂。硬质合金具有很高的红硬性, 允许切削速度比高速钢高数倍。硬质合金的抗弯强度和冲击韧性虽然不如高速钢, 但因近代工业的发展, 硬质合金的性能不断得到改善, 适用于不同切削条件下的硬质合金品种日趋完备。我国把硬质合金分成钨钴类(YG)及钨钛钴类(YT)两大类。前者韧性较好, 但耐磨性稍差, 适用于加工铸铁、青铜等脆性材料及带有冲击性的工作条件; 后者红硬性较高, 但韧性较差, 适用于加工钢材等韧性材料。每类硬质合金又分成若干型号, 各种型号的含钴量和含碳化物量不同, 含钴量越多, 则韧性越好, 适用于粗加工或冲击较大的加工场合; 含碳化物量增多, 往往同时含钴量减少, 故其韧性变差而红硬性提高, 适用于精加工。具体牌号可查阅有关手册。

硬质合金通常被制成各种形状的小刀片, 用机械夹紧或用钎焊方法安装在刀具切削部位上, 刀体则用普通的碳素结构钢制造。许多工厂将多边形的硬质合金刀片夹紧在刀头上, 待刀刃磨损后, 只需将刀片转位再夹紧, 便可由第二个刀刃进行切削, 然后再可由第三、四…刀刃进行切削, 如图 6-7 所示, a) 为外形图, b) 为刀片夹紧装置。由此可见, 硬质合金材料的价格虽然远较高速钢昂贵, 但采用上述结构形式后, 硬质合金刀具的相对成本并不高。尤其因为硬质合金刀具的切削速度较其它刀具高得多, 故可获得较大的经济效益。

近些年来, 开发了一些新型硬质合金品种, 如超微粒硬质合金、涂层硬质合金及钢结硬质合金等, 其切削性能都进一步提高。在此不再一一列举。

其它刀具材料, 如陶瓷材料、人造金刚石及立方氮化硼等, 它们的硬度及耐磨性, 都比上述各种材料更好, 分别适用于切削淬火钢、高温合金、硬质合金、冷硬铸铁以及有色金属的高光洁度加工等。但是这些材料的成本通常较高、脆性较大以及拉弯强度较低, 所以在一般场合不多使用。

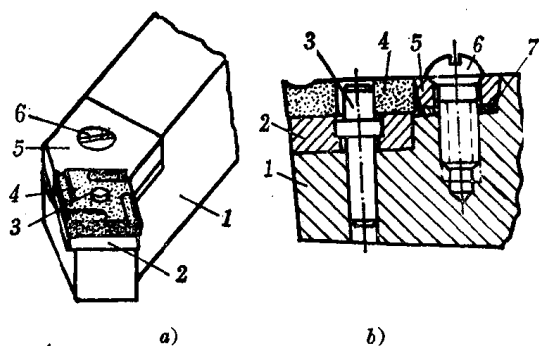


图 6-7 可转位刀片式车刀

1—刀杆; 2—刀垫; 3—圆柱销; 4—刀片; 5—楔块;
6—夹紧螺钉; 7—弹簧垫片

二、刀具的构造

(一) 单刃刀具

车刀和刨刀都属单刃刀具,其切削部分的几何形状与多刃刀具(钻头、铣刀等)具有许多共同特征。所以正确理解单刃刀具的几何形状,是认识多刃刀具结构的基础。教学实习时已经学习过车刀的主要角度有四个,即主偏角 φ 、副偏角 φ_1 、前角 γ 和后角 α 。现将诸角对切削加工的影响及其选用原则归纳如下:

1. 主偏角 主偏角 φ 是主切削刃同进给方向的夹角,如图6-8所示。根据前面的分析可知,若其它条件不变,仅减小主偏角,则将:

- (1) 切屑断面变得薄而宽,可提高刀具的切削性能,从而允许提高切削速度;
- (2) 薄而宽的切屑断面,将使切削力增大;
- (3) 由图6-4, α)可知, $P_y = P_n \cos \varphi$,所以径向分力 P_y 将因 φ 的减小而增大,从而使工件的弹性变形增加,并且可能加剧切削振动,影响加工精度和光洁度。

主偏角可在 $30^\circ \sim 90^\circ$ 之间选用,对于刚性好的工件,选用较小值,反之取较大值。

2. 副偏角 副偏角 φ_1 是副切削刃和进给反方向的夹角,如图6-8所示。增加副偏角,将会:

- (1) 减少刀具副后面同已加工面之间的摩擦,有利于改善被加工表面的质量;
- (2) 使工件已加工面的残留金属面积增加,以致加工表面光洁度下降。这可由图6-8清楚地看出;
- (3) 可适当减小径向切削分力 P_y ,从而能减轻切削振动。

副偏角可在 $5^\circ \sim 20^\circ$ 之间选用,精加工时或工件刚性好时宜选用较小值,反之取较大值。

3. 前角 前角 γ 应在垂直于主切削刃的截面中度量,它是切削运动法线方向同前面之间的夹角,如图6-8所示。根据前面的分析可知,增大前角,将会:

- (1) 由于切屑变形减小而降低切削力;
- (2) 由于同样原因而减少切削热,使刀具的切削温度降低,从而可延长其使用寿命。但是过大的前角,则因刀头的导热截面减小而增高刀尖温度,促使刀具加速磨损;
- (3) 使刀头的强度下降。

前角可在 $-5^\circ \sim 35^\circ$ 之间选用。精加工时或加工低强度材料时,宜选用较大值,反之取较小值。硬质合金刀具的强度和韧性较差,所以一般都用较小的前角。

4. 后角 后角 α 应在垂直于主切削刃的截面中度量,它是切削运动方向同后面之间的夹角。增大后角,将可减少刀具后面同工件的摩擦,但使刀头强度削弱。后角可在 $2^\circ \sim 12^\circ$ 之间选用。精加工时取大值,反之取小值。

为简明起见,上述诸角的定义都假定切削刃同切削运动方向垂直,这 and 实际情况的误差很小。

刀具在机床上的安装位置和方向,会直接改变刀具的实际角度,或称工作角度。例如外圆车

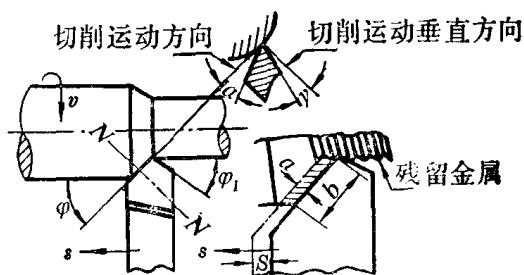


图6-8 车刀几何角度