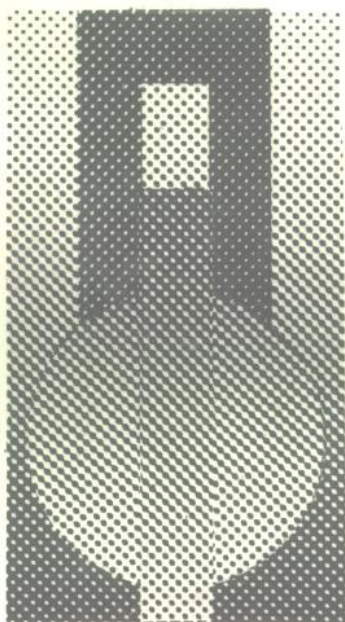


中等职业技术学校试用教材

机械加工常识

昆明市教育委员会教研室 编

熊高伟 主编



高等教育出版社

中等职业技术学校试用教材

机械加工常识

昆明市教育委员会教研室 编

熊高伟 主编

高等教育出版社

(京)112号

内 容 简 介

本书是由国家教育委员会职业技术教育司、原机械电子工业部教育司和高等教育出版社共同组织编写的中等职业技术学校机械类系列教材之一。

全书共七章，内容是：金属切削加工的基础知识；车削加工；铣削加工；钻削加工；镗削加工；刨削、插削和拉削加工；磨削加工。

本书也可作为机械类初、中级技术工人岗位培训及自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

机械加工常识 / 熊高伟编著. —北京：高等教育出版社，1995

ISBN 7-04-005264-9

I. 机… II. 熊… III. 金属切削—基本知识—技术教育—教材 IV. TG306

中国版本图书馆CIP数据核字 (95) 第04423号

*

高等教育出版社出版
新华书店总店北京发行所发行
北京印刷二厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 10.5 字数 260 000

1995年5月第1版 1997年3月第4次印刷

印数 27 656—39 665

定价：8.50元

出版说明

1989年4月,国家教委职业技术教育司、机械电子工业部教育司和高等教育出版社在第二汽车制造厂召开了有22个省市代表参加的职业高中机械专业教材会议,拟定了为编写教材用的职业高中机械专业教学计划,审定了该专业八门课程的教材编写提纲。本书是根据这次会议的精神组织编写的这套教材中的一种。

教材以三年制职业高中学生为主要读者对象,培养目标为中级机械加工工人。本系列教材密切联系我国机械工业的生产实际,以部颁最新机械工人技术等级(中级)标准为专业课教学基本要求,坚持学以致用,突出职业技能训练,注意拓宽学生的知识与技能宽度,以提高适应能力。为了适应各地区各单位的不同要求,课程设置采用“积木式”结构安排,分为文化课、专业课和实习课三个层次,其中专业课又分为专业基础课及专业技术课两类。专业基础课有:机械制图、机械基础知识、公差配合与量具使用、机械加工常识、机床维修电工、微型计算机基础与应用、工业企业管理;专业技术课有:车工、铣镗工、磨工、钳工等。不同的工种或不同的专业方向,可选择若干门课组合而成。为了适应职业高中办学的特点,专业技术课教材以技能实习为主体,采用工艺与实习操作相结合的编写方法。

为了保证教材质量,我们在全国范围内遴选有丰富教学经验、业务水平和文字能力较好及有一定实际操作能力的教师参加编写和审稿工作。

本系列教材的编写工作得到了全国22个省市教委职教部门的合作与帮助;全国城市职教协作会以及第二汽车制造厂教委对本系列教材的编写工作给予了具体帮助与支持。参加本系列教材审定工作的有北京、湖北、江苏、黑龙江、吉林、辽宁、重庆、天津、陕西、河南、山西、浙江、山东、湖南、福建、武汉、南京、四川、西安、广东、安徽、广西、大连等省市的代表,在此仅向他们表示谢忱。

本系列教材自1991年秋陆续出版,欢迎广大读者选用,并提出宝贵意见。

高等教育出版社

前 言

本书是由国家教委职业技术教育司、原机械电子工业部教育司和高等教育出版社共同组织编写的中等职业技术学校机械类专业系列教材之一。

本书在我国现行技工和工人技术培训教材长处的基础上,借鉴并吸取国外中等职业技术教育教材注重实用、突出基本知识和技能培训等先进经验,采用了新国标。书中着重介绍了机械加工中一些主要工种的基本知识和操作技能;在编写上力求做到内容通俗易懂、由浅入深、循序渐进、重点突出、密切联系实际,既适于教学使用,也可做为工人自学的课本。

这本书是根据国家部颁的机械加工方面初级技术工人应知应会标准,结合中等职业技术学校的教学要求,以拓宽学生的知识面,培养学生一专多能,适应社会就业需要而编写的。

“机械加工常识”是实践性很强的一门课程,教师可根据学校的现有条件,把课堂教学和组织学生参观工厂、现场教学、教学实习等有机地结合进行,以提高教学效果。

此书共需 112 课时,各章参考课时如下:绪论,1 课时;第一章,10 课时;第二章,23 课时;第三章,24 课时;第四章,10 课时;第五章,14 课时;第六章,8 课时;第七章,22 课时。

本书由熊高伟任主编。第一章由马丽华编写;第二章由马丽华和朱应华编写;第三章由熊高伟编写;第四章和第五章由樊继祖编写;第六章由樊继祖和许敏编写;第七章由时祥林编写。由陈宏钧、宋裕非和王兴国审稿,并由陈宏钧主审。

本书在编写过程中得到了有关部门、有关领导和教师的大力支持,在此表示衷心感谢。

我们在编写本书时力图有所改革和创新,但由于缺少经验,水平有限,缺点和错误在所难免。恳切希望广大读者提出宝贵意见,以便再版时修改。

编者

1993 年 7 月

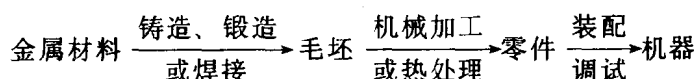
目 录

绪论	1	第八节 铣削直齿圆柱齿轮	78
第一章 金属切削加工的基础知识	3	第四章 钻削加工	83
第一节 切削运动与切削用量	3	第一节 概述	83
第二节 刀具的几何形状和刀具材料	4	第二节 钻床	83
第三节 金属切削过程的基本规律	7	第三节 麻花钻	85
第四节 刀具主要几何角度的选择	13	第四节 钻孔	91
第五节 切削用量的选择	14	第五节 扩孔、铰孔、镗孔与攻丝	93
第六节 切削液	15	第五章 镗削加工	98
第二章 车削加工	17	第一节 概述	98
第一节 概述	17	第二节 镗床	99
第二节 普通车床简介	18	第三节 镗床的孔加工	101
第三节 车削外圆	22	第四节 镗床的扩大使用	112
第四节 车削端面及阶台 切断及 车削外沟槽	26	第六章 刨削、插削和拉削加工	117
第五节 车削内孔	31	第一节 刨削、插削概述	117
第六节 车削圆锥面	34	第二节 刨削、插削类机床	118
第七节 特形面及表面修饰加工	39	第三节 刨削及插削加工	122
第八节 三角形螺纹的车削	41	第四节 拉削加工	127
第三章 铣削加工	49	第七章 磨削加工	130
第一节 概述	49	第一节 概述	130
第二节 铣床及其常用附件	50	第二节 磨床	131
第三节 铣削的基本知识	57	第三节 磨削加工的基本知识	133
第四节 铣刀	61	第四节 外圆磨削	144
第五节 铣削平面和斜面	64	第五节 内圆磨削	148
第六节 铣削阶台和沟槽	70	第六节 圆锥面的磨削	152
第七节 铣削特形沟槽	75	第七节 平面磨床的磨削加工	155
		第八节 磨削加工的安全知识	159

绪 论

建国四十多年以来，我国的机械制造业有了很大的发展，已形成了产品门类基本齐全、布局比较合理的机械制造业体系，不仅为国家经济建设提供了必要的装备，而且制造出了一批具有世界先进水平的机械产品。我国人造地球卫星和洲际导弹的制造和发射成功，都与机械制造业的发展密切相关。

任何机械或部件，都由许多零件按一定的设计与工艺要求制造和装配而成。机械制造工艺的过程一般是：



零件的制造过程视所用的毛坯和零件的结构要求而不同：由铸件、锻件、棒料等毛坯制造零件的过程，一般是以切削加工方法为主，称为机械加工过程；由钣料、条料、型材等毛坯制造零件的过程，一般是以材料的塑性变形为主，称为冷冲压加工过程；另外还有塑料零件的压制过程和其他一些特种工艺过程。在这些制造过程中，机械加工是获得零件复杂形状和高精度要求的主要方法。在一般情况下，机械加工是各种机械生产过程的中心环节，往往也是工厂生产中的决定性环节。

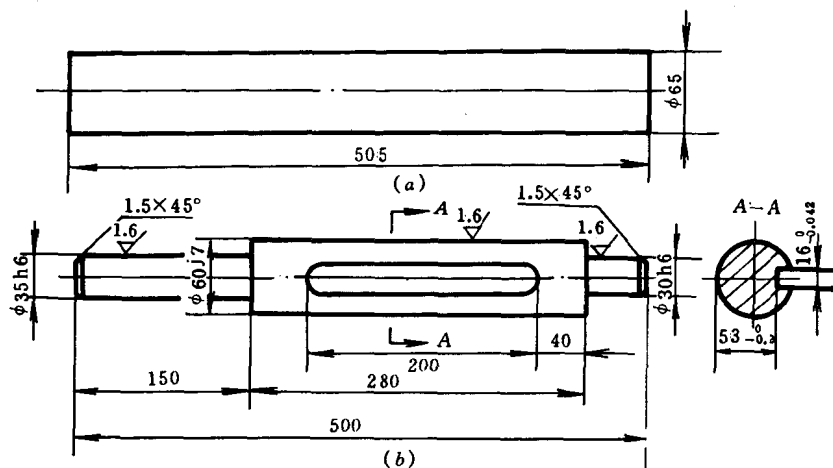


图1 阶梯轴及其毛坯

任何复杂的零件形状，都是由一些几何表面（如外圆、孔、平面和成形表面等）所构成的，加工前要根据这些表面所要求的精度（包括尺寸和形状、位置精度）、表面粗糙度及零件的结构特点，选用相应的加工方法和加工方案。选择加工方法时，必须考虑该方法能达到的经济精度和表面粗糙度；再根据零件的技术要求，考虑各种加工方法的特点，将几种加工方法

配合起来，一步一步地将零件加工出来，这就形成了加工方案。图 1 是阶梯轴及其毛坯，加工时，先在车床上车削端面、打中心孔，接着车削每个外圆，并注意留出适当的磨削加工余量；然后在铣床上铣键槽；最后在磨床上将各外圆磨至尺寸要求，该零件就加工好了。当然，一些精度较高的主轴、套类零件及箱体、机架，其加工方案往往是很复杂的。

机械切削加工的方法很多，本书仅对车削、铣削、钻削、镗削、刨削、磨削加工等作基础常识性介绍。通过本课程的学习，可以获得上述各工种的基础知识，有助于较全面地掌握机械加工的基本操作技能，更好地适应生产的需要。学习本课程的基本要求是：

1. 初步掌握上述各工种的工作内容、工艺特点和应用范围等基础知识；
2. 了解各工种主要设备(包括附件、工具)的结构和使用范围；
3. 了解各工种的操作技术，并初步掌握一些初级技术工人的基本加工方法和操作技能。

本课程的教学和生产实践联系密切。按教学计划安排，在专门工艺学学习和教学实习后期再开设本课程。在教学中必须配合一定的现场参观和实习，只有获得一定的感性知识后，才能更好地理解和掌握本书的有关内容，从而达到“一专多能”的教学目的。

第一章 金属切削加工的基础知识

第一节 切削运动与切削用量

一、切削运动及形成的表面

1. 切削运动

在切削过程中,工件和刀具之间的相对运动叫做切削运动。切削运动分为主运动和进给运动两类。图 1-1 是车削和铣削两种加工方法的切削运动以及在工件上形成的三个表面。

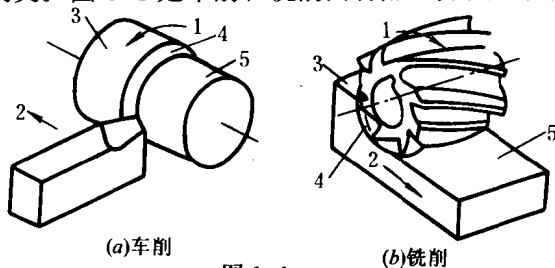


图 1-1

1—主运动; 2—进给运动; 3—待加工表面;
4—加工表面; 5—已加工表面

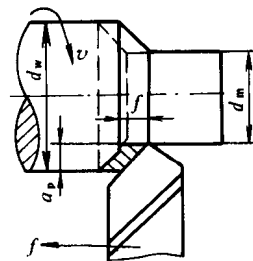


图 1-2 切削用量(车外圆时)

(1) 主运动 直接切除工件上的被切削层,使之转变为切屑,形成工件新表面的运动叫做主运动。如车削时工件的旋转运动,铣削时刀具的旋转运动等。通常主运动的线速度较高,所消耗的功率也较大。

(2) 进给运动 使新的切削层不断投入切削的运动叫做进给运动。它可分为横向进给和纵向进给运动。

2. 切削时工件上形成的三个表面

(1) 已加工表面 已切去多余金属而形成的新表面。

(2) 待加工表面 即将被切去金属层的表面。

(3) 加工表面 刀刃正在切削的表面。

二、切削用量的基本概念

切削用量是表示主运动及进给运动大小的参数,它包括切削深度、进给量和切削速度(见图 1-2)。

1. 切削深度(吃刀深度) a_p

工件上已加工表面和待加工表面间的垂直距离,叫做切削深度。车削外圆时可按下面公式计算

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2} \quad (1-1)$$

式中: a_p ——切削深度, mm;

d_w ——工件待加工表面直径, mm;

d_m ——工件已加工表面直径, mm。

2. 进给量 (走刀量) f

进给量是在主运动的一个循环内, 刀具与工件沿进给运动方向的相对位移 (单位是 mm/r)。如车削时, 进给量为工件每转一转车刀沿走刀方向所移动的距离。

3. 切削速度 v

在进行切削加工时, 刀具切削刃上某一点相对于待加工表面在主运动方向上的瞬时速度叫做切削速度。它是衡量主运动大小的参数。切削速度 v 的计算公式为

$$v = \frac{\pi d_w n}{1000} \quad (1-2)$$

式中: v ——切削速度, m/min;

d_w ——工件待加工表面直径, mm;

n ——车床主轴转速, r/min。

例 车削的工件直径 $d_w = 50\text{mm}$, 车床主轴转速 $n = 600\text{r/min}$, 求切削速度 v ?

解 根据公式(1-2)得:

$$v = \frac{\pi d_w n}{1000} = \frac{3.14 \times 50 \times 600}{1000} \approx 94(\text{m/min})$$

第二节 刀具的几何形状和刀具材料

一、刀具的几何形状

刀具一般由切削部分 (刀头) 和夹持部分 (刀杆) 所组成, 可用同一材料做成一体, 也可分别用不同材料制造, 然后进行焊接或用机械夹固的方法结合为一体。现以外圆车刀为例, 说明切削部分的几何形状。

1. 车刀切削部分的组成 (见图 1-3)

(1) 前刀面 (前面) A_r 切屑流出时经过的刀面。

(2) 主后刀面 (后面) A_α 与工件加工表面相对的刀面。

(3) 副后刀面 (副后面) A'_α 与工件已加工表面相对的刀面。

(4) 主切削刃 (主刀刃) S 前后刀面的交线, 它承担主要的切削任务。

(5) 副切削刃 (副刀刃) S' 前刀面与副后刀面的交线, 承担少量的切削任务。

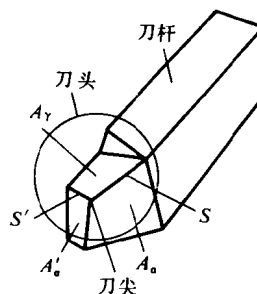


图 1-3 车刀的组成

(6) 刀尖 主、副刀刃相交的一点，为了增加刀尖的强度，一般都磨成一定的圆弧或一段折线（见图 1-4）。因此，车刀切削部分是由三面两刃一刀尖组成。

2. 测量车刀切削角度的辅助平面

为了确定和测量刀具在静止状态下的几何角度，需要规定以下几个假想的基准平面，这几个假想的平面称之为辅助平面（见图 1-5）。

(1) 基面 通过主切削刃上某一选定点，并垂直于该点切削速度方向的平面，如图 1-5 中的“1”所示。

(2) 切削平面 通过主切削刃上某一选定点与工件加工表面相切，且垂直于该点基面的平面，如图 1-5 中的“2”所示。

(3) 主剖面（主截面）通过主切削刃上某一选定点，并与主切削刃在基面上的投影相垂直的平面，同时垂直于基面与切削平面，如图 1-5 中的“3”所示。

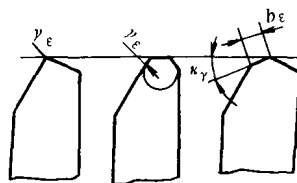


图 1-4 刀尖形状

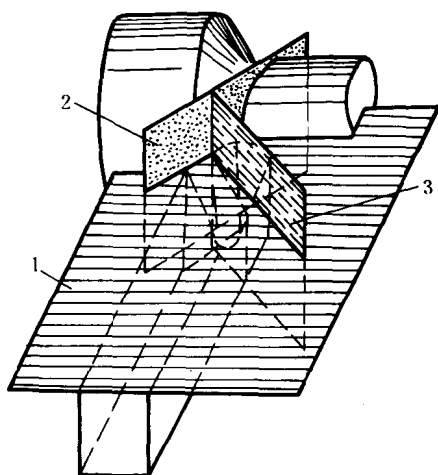


图 1-5 刀具的辅助平面

1—基面；2—切削平面；3—主剖面

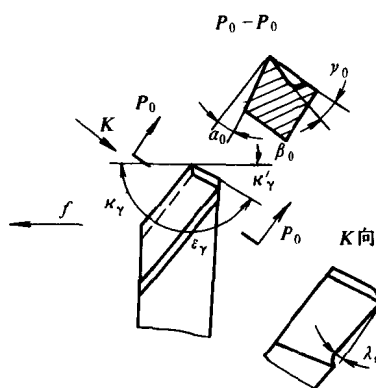


图 1-6 车刀主要角度标注

3. 车刀的主要角度（见图 1-6）

(1) 在主剖面(P_0-P_0)上测量的角度有：

- ① 前角 γ_0 是前刀面与基面的夹角；
- ② 后角 α_0 是主后刀面与切削平面的夹角；
- ③ 楔角 β_0 前刀面与后刀面之间的夹角。

(2) 在基面内测量的角度有：

- ① 主偏角 κ_r 主刀刃在基面上的投影与走刀方向之间的夹角；
- ② 副偏角 κ'_r 副刀刃在基面上的投影与背离走刀方向之间的夹角；
- ③ 刀尖角 ϵ_r 主刀刃与副刀刃在基面上的投影之间的夹角。

(3) 在切削平面上（K 向视图）测量的角度为：刃倾角 (λ_s)，它是主切削刃与基面之间的夹角。当刀尖在主刀刃上为最低点时，刃倾角为负值；反之，刃倾角为正值（见图 1-7）。



图 1-7 刀倾角的正负值

上述七个角度中, γ_0 、 α_0 、 κ_r 、 λ_s 、 κ'_r 是基本角度 (加工而出), 通过这些角度计算出的 β_0 、 ε_r 是派生角, γ_0 、 α_0 、 κ_r 、 λ_s 是主切削刃上的四个基本角度。

二、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, 常温硬度要求在 HRC60 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(红硬性) 刀具磨损的主要原因是热效应, 因此, 耐热性是衡量刀具材料切削性能的重要指标。耐热性是指在高温下保持材料硬度的性能, 可用硬度表示, 也可用红硬性(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性等)。

2. 常用刀具材料的种类、性能和用途

(1) 碳素工具钢 是含碳量较高的优质钢, 含碳量在 0.65~1.3% 之间, 红硬性约在 200℃ 左右。超过此温度时硬度会显著下降。碳素工具钢允许的切削速度为 6—8m/min, 常用牌号有 T8、T10、T10A、T12 等, 多用于制造手用刀具。

(2) 合金工具钢 是在碳素工具钢中加入一定的合金元素, 如钨 (W)、钴 (Co)、铬 (Cr)、锰 (Mn)、硅 (Si) 等。它的红硬性较好, 约为 250—300℃, 耐磨性、热处理工艺性有所提高, 切削速度 v 比碳素工具钢高 20%, 常用牌号有 9SiCr、GCr15、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) 高速钢(又叫锋钢、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 HRC63—66, 红硬性好, 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 30m/min 左右, 常用牌号有 W18Cr4V、W6Mo6CrV2 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 是用钨和钛的碳化物粉末加钴作为粘结剂, 经高压压制成型后再高温烧结而成的粉末冶金制品, 常用硬质合金牌号中含有大量的 WC、TiC, 因此, 硬度、耐磨性、耐热性均高于工具钢。硬质合金常温硬度可达 HRC89—94, 耐热性达 800—1000℃, 切削钢料时的切削速度可达 220m/min 左右。硬质合金的缺点是韧性较差, 承受不了大的冲击力, 目前硬质合金是应用最广泛的一种车刀材料。

目前各国硬质合金刀具材料牌号各有不同。在 ISO 标准中按其所含成分的不同和加工对象的范围,可分为三个主要类别,分别以 P、M、K 表示。

①K 类(钨钴类)硬质合金 由碳化钨(WC)和钴(Co)组成,它的代号是 K。这类合金的抗弯强度和韧性较好,而硬度和耐磨性稍差,适合于加工铸铁、青铜等脆性材料,常用牌号有 YG3、YG6、YG8 等。

②P 类(钨钴钛类)硬质合金 由碳化钨、碳化钛(TiC)和钴组成。这类合金的耐磨性和抗粘附性较好,能承受较高的切削温度,所以,适用于加工钢料或其他韧性较好的塑性金属。但因强度与韧性差,性脆不耐冲击,故不宜加工脆性材料。常用牌号有 YT5、YT15、YT30 等几种。

③M 类(钨钛钽〔铌〕)类硬质合金 这类硬质合金是在 P 类合金中添加少量 TaC 或 NbC 而成。它的抗弯强度、冲击韧性及钢的粘结温度均高于 P 类合金,既可加工铸铁及有色金属,也可加工钢料,故称此类合金为通用合金。常用牌号为 YW1、YW2。

第三节 金属切削过程的基本规律

金属切削过程是指按图纸、工艺要求,将工件上多余的金属层用刀具切除的过程。在这个过程中,始终存在着刀具切削工件和工件材料抵抗切削的矛盾,从而产生了一系列的物理现象,如切削变形、切削力、切削热、刀具磨损等。研究并了解这一过程的发生和变化规律,对提高切削加工的效率、工件表面的加工质量、减少刀具的磨损等都有重要的意义。

一、切屑形成过程及切屑种类

1. 金属切削过程

切削层的变形实质,是指切削层在刀具的挤压作用下经过剧烈的变形后形成切屑而脱离工件的过程。它包括切削层沿滑移面的滑移变形和切屑在前刀面上排出时的滑移变形两个阶段。对塑性金属材料以缓慢的速度进行切削时,切屑的形成过程如图 1-8 所示。

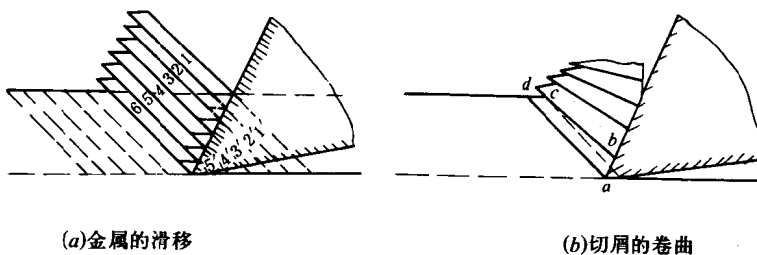


图 1-8 切屑的形成过程

我们可将复杂的金属切削过程模拟为图 1-8 所示的情况,把被切削的金属层当做一叠卡片,卡片之间沿着一定的方向发生移动(称为滑移)。在切削过程中,因塑性变形(滑移)程度的不同或零件材料塑性的不同可产生不同的切屑。

2. 切屑的种类

(1) 带状切屑(图 1-9a) 当采用较大的前角、较高的切削速度和较小的进给量切削塑性

材料时，切屑形成带状，内表面光滑，外表面呈毛茸状，这种切屑称带状切屑。形成带状切屑的切削过程较平稳，切削力变化小，工件表面粗糙度较细。

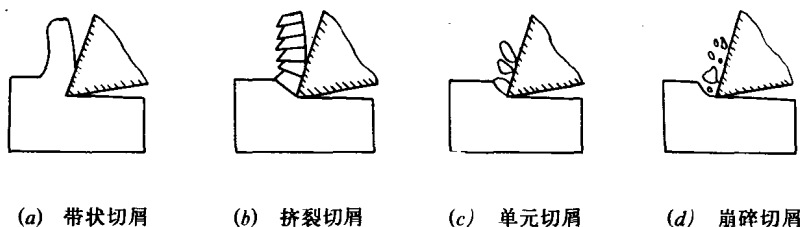


图 1-9 切屑种类

(2) 挤裂切屑 (图 1-9b) 一般在采用低速和较大进给量及较小前角的刀具对中等硬度的钢料进行切削时，切屑表面呈锯齿形，内表面有时也形成裂纹，切削厚度较大，剪切滑移量也大，在局部达到了破裂而形成挤压切屑。

(3) 单元切屑 (图 1-9c) 切屑在整个剪切面上受到的剪应力超过了材料的破裂强度极限，整个单元被切离，形成单元切屑。

(4) 崩碎切屑 (图 1-9d) 切削脆性材料时，由于材料的塑性很小，抗拉强度较低，刀具切入后，靠近切削刃和前刀面的局部金属未经塑性变形就被挤裂或碎断，形成不规则的崩碎切屑。工件材料愈硬愈脆，刀具前角愈小，切削厚度愈大，愈容易产生这类切屑。由于这种切屑与前刀面接触少，切削力和切削热集中在切削刃附近，因此，刀具容易磨损和崩刃。

二、积屑瘤

用中等切削速度切削塑性金属材料时，常有一些从切屑和工件上带来的金属冷焊及层积在前刀面上形成硬度很高的楔块，这就是积屑瘤 (图 1-10)。

1. 积屑瘤的形成

切削过程中，由于金属的变形和摩擦，使切屑和前刀面之间产生很大的压力和很高的温度。当温度 (切削中碳钢时约 300°C 左右) 和压力条件适当时，切屑和前刀面之间的一部分金属就“冷焊”在前刀面靠近切削刃处，形成积屑瘤 (又称刀瘤)。

由于切屑底层的一部分金属与前刀面的粘结还未达到焊接的熔点，因此，这种现象称为“冷焊”。

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，实际前角 $\gamma_{\text{瘤}}$ 可增大至 30° — 35° ，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，有时折断在已加工表面上形成硬点和毛刺，有时划伤工件表面，影响了工件的表面质

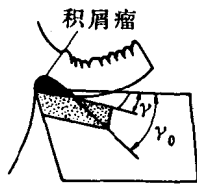


图 1-10 积屑瘤

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 (2—5m/min 以下), 降低温度, 避免粘结现象的产生。
- (2) 采用高速切削, 提高切削速度 (70m/min 以上), 使切削温度高于积屑瘤消失的相应温度。
- (3) 增加刀具前角, 前角增大, 减少切屑接触区压力。
- (4) 提高材料硬度。
- (5) 合理使用切削液。

三、切削力及其对切削加工的影响

1. 切削力的来源与分解

切削加工时, 工件材料抵抗刀具切削所产生的阻力叫做切削力。切削力是设计机床、夹具和刀具的重要依据之一。

(1) 切削力的来源 切削力来源于以下两个方面 (见图 1-11):

- ① 来源于切削工件与刀具间的摩擦;
- ② 是克服金属材料的变形而产生的变形抗力。

(2) 切削力的分解 根据生产实际的需要和为了便于测量、计算, 通常将切削力 F_t 分解为三个互相垂直的分力 F_z 、 F_x 、 F_y , 如图 1-12 所示。

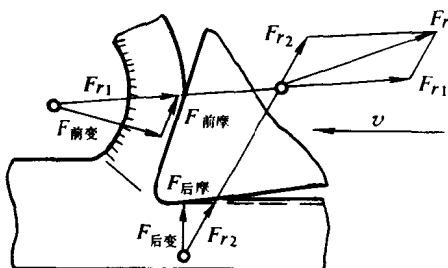


图 1-11 切削力的来源

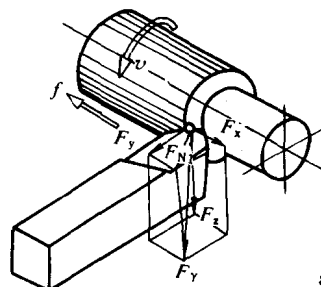


图 1-12 切削力的分解

如果分析工件受力情况时, 同样可将 F_t 分解为三个分力, 其大小与 F_z 、 F_x 、 F_y 相等, 方向相反。其中: 主切削力 F_z 是作用于切削速度方向的分力; 径向力 F_y 是作用于横向进给方向的分力; 轴向力 F_x 是作用于纵向进给方向的分力。

(3) 三个分力之间的关系 一般情况下主切削力 F_z 最大, F_y 和 F_x 小一些。随着刀具角度、刃磨质量、磨损情况和切削用量的不同, F_y 、 F_x 对 F_z 的比值将在很大范围内变化。实验得出, 一般车削时, 当 $\kappa_r = 45^\circ$ 、 $\gamma_0 = 15^\circ$ 、 $a_p > f$ 时, F_z 、 F_y 、 F_x 之间存在下列关系:

$$F_y = (0.3—0.5)F_z \quad F_x = (0.15—0.3)F_z$$

2. 切削加工时各分力的实际意义

(1) 主切削力 F_z 在切削加工中, F_z 所消耗的功率最多, 所以, 它是设计机床功率、刀杆、刀片强度以及夹具设计、选择切削用量等的主要依据。图 1-13 是力 F_z 使刀杆弯曲的情况。

(2) 径向力 F_y 车外圆时力 F_y (即作用在工件直径方向的力) 使工件在水平面内弯曲 (见图 1-14), 影响工件的形状精度, 而且容易引起振动。

(3) 轴向力 F_x 力 F_x 作用在走刀方向, 所以它是验算机床进给系统主要构件强度的重要依据。

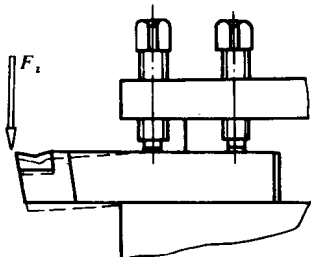


图 1-13 F_z 力使刀杆弯曲

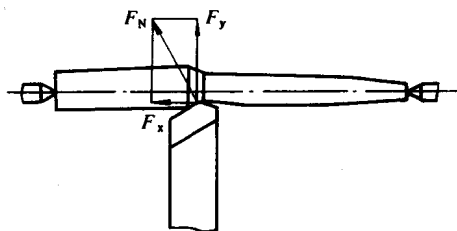


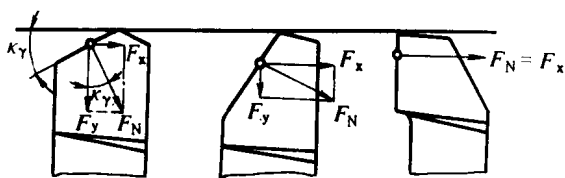
图 1-14 F_y 力使工件产生弯曲

3. 影响切削力的主要因素

(1) 工件材料 工件材料的强度、硬度、塑性、韧性等越高, 切削力就越大; 反之, 切削力就越小。有色金属虽然塑性好, 但强度和硬度较低, 切削力也较小。

(2) 切削用量 对切削力影响最大的是切削深度 a_p ; 其次是进给量 f 而切削速度 v 的影响最小。

(3) 刀具几何角度 对切削力影响较大的是前角 γ_0 和主偏角 κ_r 。因为适当增加前角时, 切削变形小, 排屑也较顺利, 所以, 切削力会小些。主偏角对主切削力 F_z 的影响不大, 但对径向力 F_y 和轴向力 F_x 的影响较显著。



(a) $\kappa_r = 30^\circ$ (b) $\kappa_r = 60^\circ$ (c) $\kappa_r = 90^\circ$

图 1-15 主偏角对 F_y 和 F_x 的影响

刃倾角 λ_s 对 F_x 、 F_y 力的影响也较明显, 这是因为刃倾角的变化改变了合力 F_N 的方向。当刃倾角减小时, F_y 增大, F_x 则减小, 而 F_z 基本不变。

(4) 切削液 合理地选择和使用切削液可以减小摩擦阻力, 使切削力减小。

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 (99%) 转变为热能, 如图 1-16 中的 $Q_{\text{剪}}$ (即剪切区变形产生的热)、 $Q_{\text{前摩}}$ (即切屑与前刀面摩擦产生的热)

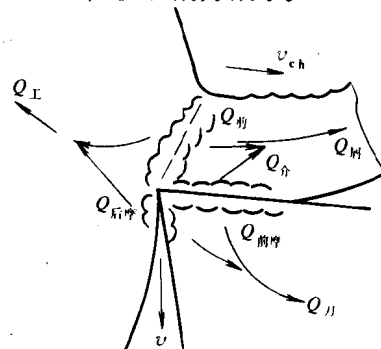


图 1-16 切削热的来源与传导

热)、 $Q_{后摩}$ (即工件与后刀面摩擦产生的热)。

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

切削热的产生和传导关系为:

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

2. 切削温度

切削温度一般是指刀具表面的平均温度, 可以从切屑、刀具、工件三个方面去测量。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 1-17)。刀具上的温度在刀尖附近最高, 因为这里切屑变形最大, 切屑与刀具的摩擦也大 (见图 1-18)。

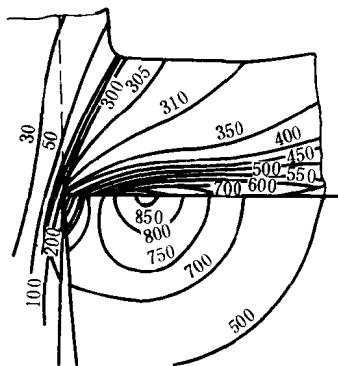


图 1-17 刀具、切屑和工件的温度分布

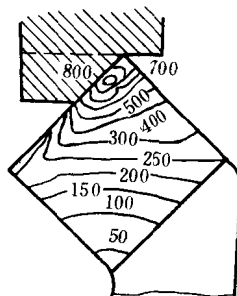


图 1-18 刀具前刀面上的切削温度分布

切屑中的温度在积屑瘤附近最高, 工件上的最高温度是在刀尖附近。

了解切削温度是为了要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。而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, 导热系数大, 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 的影响最大, 其次是走刀量 f , 切削深度 a_p 的影响为最小。因此, 在相同的金属切削条件下, 为了减少切削温度的影响, 防止刀具的迅速磨损, 延长刀具的使用寿命, 可增大切削深度 a_p 或进给量 f 。

(3) 刀具的几何角度。前角 γ_0 的大小直接影响切削过程中的变形和摩擦, 所以, 它对切削温度的影响较明显。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_0 不大于 15°)。主偏角 κ_r 加大后会使切削刃的工作长度减短, 刀尖角减小, 使散热条件变差、切削温度升高; 刀尖角增大, 能改善散热条件, 从而降低切削温度。此外, 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、刀具磨损

新刃磨好的刀具经过一段时间的切削后, 就会出现加工工件的表面粗糙度明显变大、切削