

普通高等院校“十二五”规划教材

机械加工工艺基础

Foundamentals of
Machining Technology

云 许音 杨晶 编著



國防工業出版社

National Defense Industry Press

机械加工工艺基础

Foundamentals of Machining Technology

刘云 许音 杨晶 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书主要介绍机械加工工艺基础知识。全书共8章,主要内容包括:金属切削的基础知识、切削机床的基础知识、典型表面加工分析、零件的结构工艺性、机械加工工艺规程的制定、数控加工技术与数控机床、特种加工和机械加工选用金属材料。适用于经过金工实习实践教学后的教学过程。

本书可供普通高等工科院校以及高等职业技术学院机械类、材料类及近机械类师生使用。

图书在版编目(CIP)数据

机械加工工艺基础 / 刘云, 许音, 杨晶编著. —北京:

国防工业出版社, 2014. 1

ISBN 978 - 7 - 118 - 09105 - 2

I. ①机… II. ①刘… ②许… ③杨… III. ①机械加工—工艺学 IV. ①TG5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 260149 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 10¼ 字数 240 千字

2014 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 22.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)88540777

发行邮购: (010)88540776

发行传真: (010)88540755

发行业务: (010)88540717

前 言

为贯彻教育部高等学校机械基础指导委员会关于《普通高等学校工程材料及机械制造基础系列课程教学基本要求》的精神,编者结合多年来从事教学工作的经验编写本教材。工程材料及机械制造基础是普通高等工科院校以及高等职业技术学院机械类、材料类及近机械类各专业学生必修的技术基础课程,本教材为该课程的教学用书。为了更好地理解本教材的内容,建议经过一段时间的金工实习后开设本课程,这样学生对本教材知识的理解会更加深刻。本教材授课学时为 32~40 学时。

本教材由刘云、许音、杨晶编著。其中第五、六、八章由刘云编写;第一、三、四章由许音编写;第二、七章由杨晶编写。本教材在编写的过程中,参考了一些国内同类教材编写的特点和内容,在此深表感谢。

本教材承武文革教授审阅,并提出许多宝贵意见,特致感谢。

限于学术水平,书中错误和不妥之处,敬请批评指正。

编 者

2013 年 3 月

目 录

第一章 金属切削的基础知识	1
第一节 基本定义	1
第二节 刀具的几何参数	3
第三节 刀具材料	6
第四节 金属的切削过程	8
第五节 工件材料的切削加工性	18
第六节 切削用量选择	22
复习思考题	30
第二章 金属切削机床的基础知识	32
第一节 切削机床的类型和基本构造	32
第二节 机床的传动	35
复习思考题	44
第三章 典型表面加工分析	45
第一节 拟定加工方案的基本原则	45
第二节 典型表面的加工路线	46
第三节 精密加工	48
复习思考题	56
第四章 零件的结构工艺性	57
复习思考题	60
第五章 机械加工工艺规程的制定	62
第一节 机械加工工艺过程的基本概念	62
第二节 零件的工艺分析	66
第三节 毛坯的确定	67
第四节 定位基准的选择	68
第五节 工艺路线的拟定	75
第六节 工件的安装和夹具	77
第七节 典型零件加工工艺实例	80

复习思考题	91
第六章 数控加工技术与数控机床	95
第一节 数控加工技术	95
第二节 数控加工机床	102
第三节 数字化制造系统	105
复习思考题	109
第七章 特种加工	110
第一节 电火花加工	110
第二节 电解加工	113
第三节 激光加工	118
第四节 超声波加工	119
第五节 电铸加工	120
第六节 化学蚀刻	122
复习思考题	124
第八章 机械加工选用金属材料	125
第一节 金属材料的力学性能	125
第二节 铁碳合金	130
第三节 钢的热处理	141
第四节 工业用钢	146
第五节 铸铁	152
复习思考题	155
参考文献	157

第一章 金属切削的基础知识

金属切削加工是一种用硬度高于工件材料的刀具从工件表面层切去预留的金属,使工件获得设计要求的几何形状、尺寸精度、表面质量的零件加工过程。

切削加工主要分为两大部分。一部分是钳工,另一部分是机械加工。

钳工是工人手拿工具进行切削加工。如划线、锯、锉、研、钻孔和攻螺纹等。它主要用在零件装配成机器时,互相配合零件的修整、整台机器的组装、试车和调整或机器设备的维修等。

机械加工是工人操作机床对工件进行切削加工。例如车削、铣削、刨削、钻削、磨削及齿轮加工等。金属零件的加工方法有很多,例如精密铸造、精密锻造、切削加工、电火花及化学加工等。现代的机床要求精度高,质量好,成本低,为此切削加工在零件加工中占有 80%~90% 的地位,所以研究切削加工过程有着重要意义。

金属切削过程是工件和刀具作用的过程,在这一过程中刀具与工件要产生相对运动,在这一过程中要发生各种物理现象。本章主要阐明切削运动、刀具的几何角度、切削过程及金属的可加工性。

第一节 基本定义

一、切削运动

切削时刀具和工件之间的相对运动称为切削运动。切削运动至少有两种运动,一种是主运动,另一种是进给运动。

1. 主运动

在切削运动中切下切屑的最基本运动,称为主运动。这个运动的速度高,消耗的功率大。例如,车削加工时主轴带动工件的旋转运动,铣削时铣刀的旋转运动,钻削时钻头的旋转运动,磨削时砂轮的旋转运动,刨削时刀具的直线运动等。如图 1-1 及图 1-2 所示。

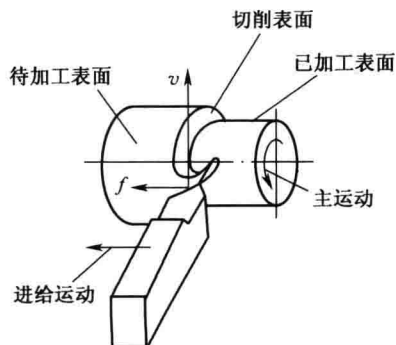


图 1-1 外圆车削的切削运动与加工表面

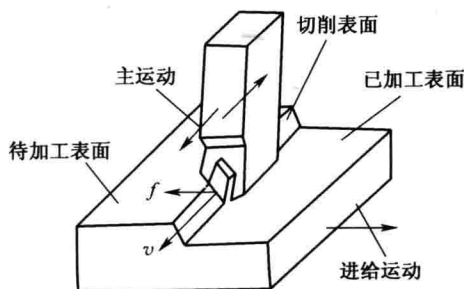


图 1-2 平面刨削的切削运动与加工表面

2. 进给运动

使金属层连续投入切削,从而加工出完整表面的运动。例如,车削外圆时车刀的连续纵向直线运动;铣削平面时工件的连续纵向直线运动;钻削时钻头垂直向下运动;刨削平面时工件的间隙横向直线运动等。进给运动形式可以是直线运动、旋转运动或是两种运动的组合。它消耗的功率比主运动小。

二、切削用量

切削用量是指切削速度、进给量和背吃刀量三者的总称(有时把这三者称为切削三要素)。

1. 切削速度 v

在单位时间内,工件(刀具)沿着主运动方向所运动的位移。单位 m/s 或 m/min 。

当主运动为旋转运动时,刀具或工件最大直径处的切削速度为

$$v = \frac{\pi d n}{1000 \times 60}$$

式中 v ——切削速度, m/s ;

d ——完成主运动的刀具或工件的最大直径, mm ;

n ——主运动的转速, r/min 。

如果主运动为往复直线运动(刨削),则常以平均速度为切削速度,即

$$v = \frac{2Ln}{1000 \times 60}$$

式中 v ——切削速度, m/s ;

L ——往复运动行程长度, mm ;

n ——主运动每分钟的往复次数, 次/min 。

2. 进给量 f

工件(刀具)在一个工作循环(或单位时间内),刀具(工件)相对工件(刀具)之间沿进给运动方向的相对位移称为进给量,其单位为 mm/r 。例如:车削外圆时的进给量 f 是指工件每转一转时车刀相对工件在进给方向上的相对位移量,其单位为 mm/r ;又如在牛头刨床上刨平面时,则进给量 f 是指刨刀每往复一次,工件在进给方向上相对于刨刀的位移量,其单位是 mm/双行程 。

3. 背吃刀量 a_p

工件上已加工表面和待加工表面间的垂直距离,其单位 mm ; a_p 的大小直接影响主切削刃的工作长度,反映了切削负荷的大小。对于外圆车削来说

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2}$$

对于钻孔

$$a_p = \frac{d_m}{2}$$

式中 a_p ——背吃刀量, mm ;

d_m ——已加工表面直径, mm ;

d_w ——工件待加工表面直径, mm 。

三、切削层参数

各种切削加工中的切削层参数,可用典型的外圆纵车说明。如图 1-3 所示,在车外圆时,工件每转一转,车刀沿工件轴线移动一段距离,即进给量 f (mm/r)。这时,切削刃从切削表面移至表面 I 的位置,于是 I、II 之间的一层金属被切掉。车刀正在切削的这层金属,就叫切削层。

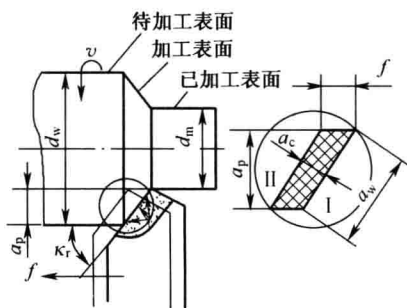


图 1-3 车外圆的切削要素

切削层的大小和形状直接决定了车刀切削部分受的负荷大小及切下切屑的形状和尺寸,为此要度量切削层。度量切削层的参数有切削厚度、切削宽度和切削面积。

1. 切削厚度 a_c

垂直于加工表面来度量切削尺寸,称为切削厚度。在车外圆时,若车刀主刀刃为直线,切削层截面的切削厚度(图 1-3)为

$$a_c = f \sin \kappa_r$$

式中 a_c ——切削厚度,mm;

κ_r ——刀具的主偏角。

2. 切削宽度 a_w

沿着切削表面度量的切削层尺寸,称为切削宽度。在车外圆时,当车刀主切削刃为直线时,外圆车削的切削宽度(图 1-3)为

$$a_w = a_p / \sin \kappa_r$$

3. 切削面积 A_c

切削层在垂直切削速度截面内的面积。车削时

$$A_c = a_c \cdot a_w = f \cdot a_p$$

式中 A_c ——切削面积,mm²。

第二节 刀具的几何参数

刀具的种类很多,但它们的切削部分在几何上有很多共性。不论刀具构造如何复杂,它们的切削部分总是以外圆车刀切削部分为基本形态的。如图 1-4 所示,各种复杂刀具或多齿刀具,拿出一个齿,它的几何形状都相当于一把车刀的刀头。本节将以外圆车刀切削部分为例,给出刀具的几何参数。

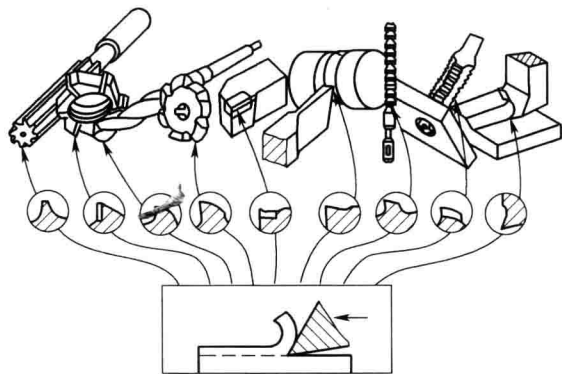


图 1-4 各种刀具切削部分的形状

一、车刀的组成

车刀是由刀头和刀杆两部分组成的。刀头是用来切削金属的,称为切削部分。刀杆将车刀夹固在刀架上。

车刀的切削部分由前刀面、主后刀面、副后刀面、主切削刃、副切削刃、刀尖组成。一般简称三面、两刃、一尖。如图 1-5 所示。

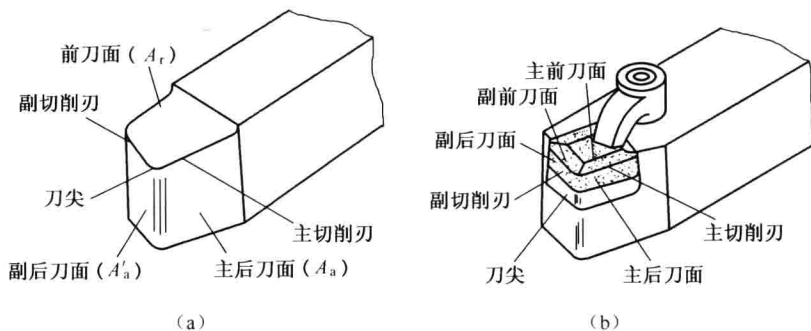


图 1-5 刀具切削部分的构造要素

前刀面——切屑脱离工件后,沿着刀具流出所经过的表面,称为前刀面。

主后刀面——同工件的加工表面互相作用和对着的刀面,称为主后刀面。

副后刀面——同工件已加工表面相对的刀面,称为副后刀面。

主切削刃——前刀面与主后刀面的交线。它担负着主要的切削工作。

副切削刃——刀具的前刀面与副后刀面的交线。它协同主切削刃完成金属切除工作,以最终形成工件的已加工表面。

刀尖——主切削刃与副切削刃连接处的一段刀刃,它可以是小的直线段或圆弧。

二、确定刀具几何角度的参考表面

为了便于确定刀具的几何角度,需要建立几个辅助平面,如图 1-6 及图 1-7 所示。

1. 切削平面

通过主切削刃上某一点,并与工件加工表面相切的平面。

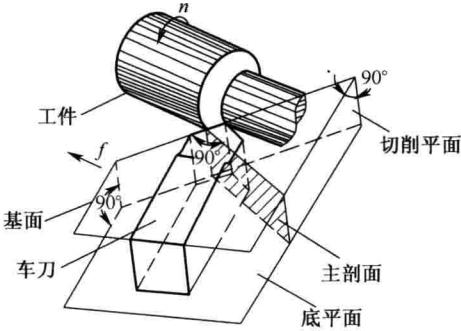


图 1-6 辅助平面

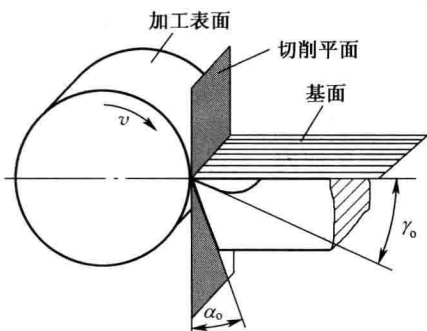


图 1-7 横车的基面和切削平面

2. 基面

通过主切削刃上某一点,并与该点的切削速度方向垂直的平面。

3. 主剖面

通过主切削刃上某一点,并与主切削刃在基面上的投影垂直的平面。

三、刀具的标注角度

刀具标注角度的内容包括两方面:一是确定刀具上刀刃位置的角度;二是确定前刀面和后刀面位置的角度。

如图 1-6 中,外圆车刀向基面投影得到图 1-8,然后确定刀刃的位置角度。

1. 主偏角 κ_r

在基面上主切削刃与进给方向的夹角。

2. 副偏角 κ'_r

在基面上副切削刃与进给反方向的夹角。

如图 1-7 中,切断刀向主剖面投影得到图 1-9,然后确定前、后刀面的角度。

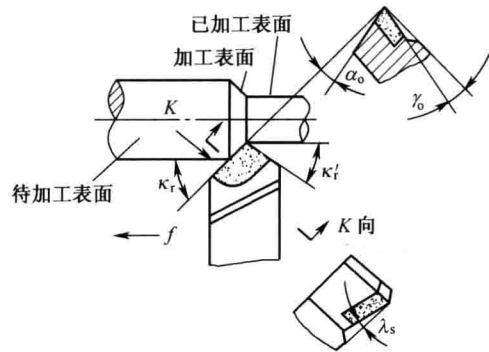


图 1-8 车刀的主要标注角度

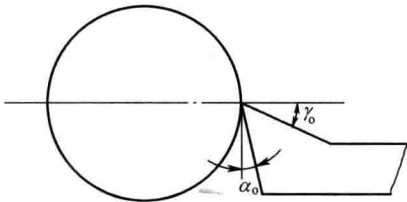


图 1-9 切断刀主要角度标注

3. 前角 γ_0

在主剖面内,刀具的前刀面与基面之间的夹角。它反映了前刀面的倾斜程度。

4. 后角 α_0

在主剖面内,刀具的主后刀面与切削平面之间的夹角。它反映了主后刀面的倾斜程度。

如果在图 1-8 中,垂直刀具在基面投影的主切削刃上取一点向下切,然后将刀具向主剖面投影,再将主剖面向上翻,则得到外圆车刀在主剖面的投影(图 1-8)。在主剖面内再度量前刀面与基面间的夹角即得前角。度量主后刀面与切削平面间的夹角即得后角。

5. 刃倾角 λ_s

在切削平面内,主切削刃与基面的夹角。如图 1-8 中 K 向和图 1-10。

例:弯头车刀刀头的几何形状如图 1-11,分别说明车外圆、车端面(由外向中心进给)时的主切削刃、副切削刃、刀尖、前角 γ_o 、主后角 α_o 、主偏角 κ_r 和副偏角 κ'_r 。

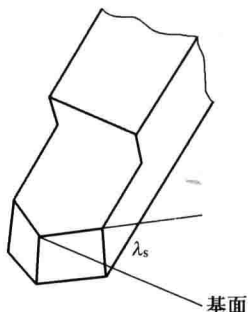


图 1-10 刃倾角标注

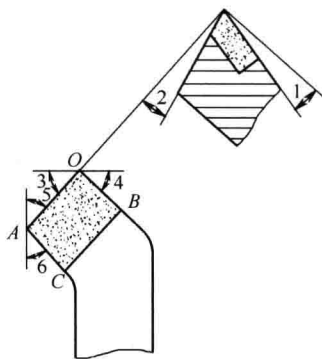


图 1-11 弯头车刀

解:车外圆时:车刀纵向运动,所以主切削刃为 OA ;副切削刃为 OB ;刀尖为 O 。

根据前后角的定义,此时角 1 为前角 γ_o ;角 2 为后角 α_o 。根据主偏角、副偏角的定义,角 3 为主偏角 κ_r ,角 4 为副偏角 κ'_r 。

车端面时:车刀横向运动,所以主切削刃还是 OA ;副切削刃是 AC ;刀尖为 A ;前角为角 1;后角为角 2;主偏角为角 5;副偏角为角 6。

第三节 刀具材料

用刀具切削金属时,直接担负着切削工作的是刀具的切削部分。刀具切削性能的好坏,取决于刀具切削部分的材料、切削部分的几何参数及刀具结构的选择和设计是否合理。切削加工生产率和刀具耐用度的高低,刀具消耗和加工成本的多少,加工精度和表面质量的优劣等,在很大程度上都取决于刀具的合理选择。

一、刀具材料应具备的性能

刀具在工作时,要承受很大的压力。同时,由于切削时金属要产生塑性变形以及刀具与工件、切屑间产生摩擦,使刀具切削刃上产生很高的温度和受到很大的应力,在这样的条件下,刀具将迅速磨损或破裂。因此刀具材料应能满足下面一些要求:

(1) 高的硬度和耐磨性。硬度是刀具材料应具备的基本特征。刀具要从工件上切下切屑,其硬度必须比工件材料的硬度大。切削金属所用刀具的切削刃的硬度一般要高于 60HRC。

耐磨性是材料抵抗磨损的能力。一般来说,刀具材料的硬度越高,耐磨性就越好。

(2) 足够的强度和韧性。要使刀具能承受很大压力,并在切削过程中通常要出现的冲击和振动的条件下工作而不产生崩刃和折断,刀具材料就必须具有足够的强度和韧性。

(3) 高耐热性。高耐热性是指刀具材料在高温下保持硬度、耐磨性、强度和韧性的性能。切削过程要产生大量的切削热,使刀具在较高的温度下工作,所以刀具材料应具有较高的耐热性。

(4) 良好的工艺性。为了便于制造刀具,要求刀具材料具有良好的工艺性,如锻造性能、热处理性能、磨削加工性能等。

(5) 经济性。

二、常用的刀具材料

1. 碳素工具钢

这是一种含碳量较高的优质碳素钢,常用的含碳量(质量分数)在 $0.7\% \sim 1.3\%$ 。这种材料的优点是硬度很高,淬火后硬度可达 $60 \sim 65\text{HRC}$,价格便宜,并可磨得很尖锐。但这种材料不能耐高温,在 200°C 左右就可能失去原有的硬度,所以切削速度不能很高。另外淬火时容易产生裂纹和变形,所以不能用来制造复杂的刀具,只能制造切削速度不高的手动工具,例如锉刀、手工锯条等。常用的牌号为 T10、T12 等。

2. 合金工具钢

在碳素工具钢中加入一定量的铬(Cr)、钨(W)、锰(Mn)等合金元素,可提高材料的耐热性。耐磨性和韧性,同时可以减少热处理时的变形。淬火后硬度可达 $61 \sim 65\text{HRC}$ 以上,耐 $350 \sim 400^\circ\text{C}$ 的高温,所以用来制造形状比较复杂、淬火时容易变形的刀具,如铰刀、板牙等。常用的牌号为 CrWMn、9SiCr 等。

3. 高速钢

合金钢中钨和铬的含量较多时,就使得合金钢的耐热性和耐磨性能大大提高。高速钢的成分若按质量分数计, $W_{\text{Cr}} \approx 4\%$, W 和 Mo 约占 $10\% \sim 20\%$, $W_{\text{V}} > 1\%$ 。用这种钢制造的刀具在切削速度方面比用碳素钢制造的刀具提高 $2 \sim 3$ 倍。高速钢的硬度,淬火后可达 $62 \sim 65\text{HRC}$,能耐 $500 \sim 600^\circ\text{C}$ 的高温,又因在热处理时变形很小,所以一些较复杂的刀具多用高速钢制造。如车刀、铣刀、钻头及拉刀等。常用牌号 W18Cr4V、W6Mo5Cr4V2 等。

高性能高速钢,为提高高速钢的硬度和耐热性,可在高速钢中增添新的元素,如我国制成的铝高速钢,即增添了 Al 等元素。它的硬度可达 70HRC ,耐热温度超过 600°C ,牌号 W6Mo5Cr4V2Al,又如低钴高速钢(W12Mo3Cr4V3Co5Si)是用减少 Co 增加 Si 的办法来获得高性能。

4. 硬质合金

它是高硬度、难熔的金属碳化物(WC、TiC)微米数量级的粉末,用 Co、Mo、Ni 等作粘结剂烧结而成的粉末冶金制品。其中高温碳化物含量超过高速钢,允许切削温度可达 $800 \sim 1000^\circ\text{C}$,允许的切削速度可达 $100 \sim 300\text{m/s}$,硬度为 $89 \sim 93\text{HRA}$ 。

硬质合金一般分为三大类:第一类由 WC 和 Co 组成的钨钴类(YG 类);第二类是由 WC、TiC 和 Co 组成的钨钴钛类(YT 类);第三类是 WC、TaC(NbC)和 Co 组成的,具体的牌号为 YW1、YW2:

(1) YG 类。这类材料的抗弯强度和韧性较好,但与钢料摩擦时耐磨性较差。

铸铁及其他脆性材料在切削时,形成崩碎切屑,切削力集中在切削刃近旁的很小面积上,局部压力大,并具有一定的冲击性,所以宜选 YG 类。常用的牌号有 YG3、YG6、YG8 等。

(2) YT 类。切削普通钢料时,由于 WC - TiC - Co 合金与钢发生粘附的温度较高,且 WC - Co 合金耐磨性较差,故用 YT 类合金。常用牌号 YT30、YT15、YT14 及 YT5 等。

(3) YW 类。在 YT 类中,添加少量碳化铌(NbC)或碳化钽(TaC),可提高韧性和抗粘附性,可以加工碳钢、合金钢、不锈钢、铸钢及非铁金属等,具体牌号 YW1、YW2。

5. 陶瓷

常用的刀具陶瓷有两种:纯 Al_2O_3 陶瓷及 Al_2O_3 - TiC 混合陶瓷。

陶瓷有很高的硬度和耐磨性。硬度达 91~95HRA,有很高的耐热性,在 1200℃ 以上还能进行切削。切削速度可比硬质合金提高 2~5 倍。陶瓷的最大缺点是抗弯强度很低,冲击韧度很差。主要用于精加工、半精加工及加工高硬度、高强度钢及冷硬铸铁等材料。

现在,生产中还采用氮化硼(Si_3N_4)基陶瓷。 Si_3N_4 的显微硬度为 5000HV,仅次于金刚石和立方氮化硼。牌号为 SM 的氮化硅陶瓷刀片的抗弯强度达 750~850MPa,高于 Al_2O_3 陶瓷,抗冲击性能也较好,适应于加工淬硬钢、冷硬铸铁及玻璃等材料。

6. 立方氮化硼

它是由软的六方氮化硼在高温下加入催化剂转变而成。立方氮化硼刀具具有两种:整体聚晶立方氮化硼刀具及立方氮化硼复合刀片。

立方氮化硼有很高的硬度及耐磨性,其显微硬度为 8000~9000HV,已接近金刚石的硬度。它的热稳定性比金刚石高得多,可达 1400℃,因此可用来加工高温合金。立方氮化硼的化学惰性很大,它和金刚石不一样,与铁族金属接触时,直至 1200~1300℃ 时也不易起化学作用,因此立方氮化硼刀具可用于加工淬硬钢和冷硬铸铁。

7. 金刚石

金刚石刀具具有三种:天然单晶金刚石刀具,整体造聚晶金刚石刀具及金刚石复合刀片。金刚石的切削刃非常锋利,刃部粗糙度值很小,可达 0.01~0.006 μm ,切削时不易产生积屑瘤,因此加工表面质量很好。加工非铁金属时, R_a 可小于 0.04~0.012 μm ,加工精度可达 IT5 以上。

金刚石刀具不适于加工钢铁材料,因为金刚石(C)与铁有很强的化学亲和力,在高温下铁原子容易与碳原子作用而使其转化为石墨结构,刀具极易损坏。

第四节 金属的切削过程

金属切削加工中各种物理现象,如切削力、切削热、刀具磨损以及表面质量等,都是以切屑形成过程为基础的,而生产中出现的许多问题,如积屑瘤、振动等都同切削过程中的变形规律有关。因此,我们要研究切削过程的一些基本现象,改善切削条件,提高工件的加工质量。

一、切削过程中金属的变形

(一) 切屑的形成

塑性金属的切削过程本质上是一种挤压过程。金属材料受到刀具的作用后,经过弹性变形、弹—塑性变形、挤压分离三个阶段沿刀具前刀面滑出形成切屑,如图 1-12 所示。

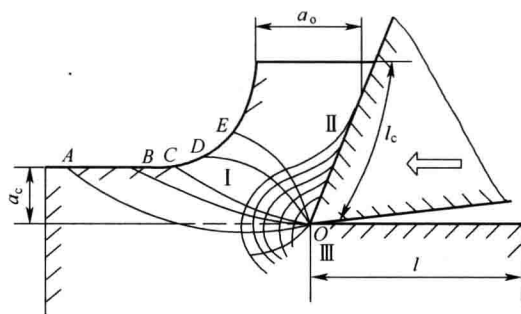


图 1-12 切削过程中金属的变形情况

I—第一变形区；II—第二变形区；III—第三变形区。

切削开始,刀具推挤切削层金属,在 OA 以左切削层金属只发生弹性变形。在 OA 面上金属内部的应力增大到材料的屈服强度,为此在这个面上金属开始产生塑性变形,产生滑移现象。随着推挤力的增大,原来 OA 面的金属不断向刀具前刀面接近,同时应力和应变也逐渐增大。在 OE 面上,应力和应变达到最大值,当切应力超过工件材料强度极限时,金属层与工件分离形成切屑。

(二) 变形区的划分

1. 第一变形区

从 OA 线开始发生塑性变形,到 OE 线晶粒的剪切滑移基本完成,这一区域(I)称为第一变形区。这个区的变形量最大,常用它说明切削过程的变形情况。

2. 第二变形区

切屑沿前刀面排出时进一步受到前刀面的挤压和摩擦,使靠近前刀面处金属纤维化,基本与前刀面平行。这部分为第二变形区(II)。

3. 第三变形区

已加工表面受到切削刃钝圆部分与后刀面的挤压和摩擦,产生变形与回弹,造成纤维化与加工硬化,称为第三变形区(III)。

(三) 切屑的种类

由于工件材料不同,切削过程中的变化情况也就不同,因而所产生的切屑种类也就多样。主要有以下四种类型,如图 1-13 所示。

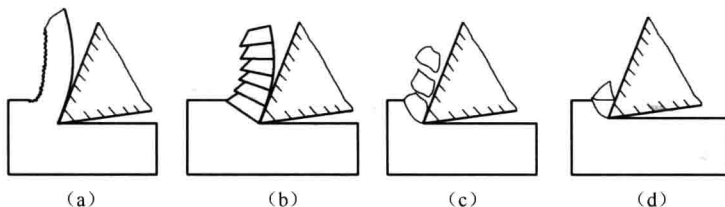


图 1-13 切屑类型

1. 带状切屑

如图 1-13(a)所示,它的内表面是光滑的,外表面是毛茸的。加工塑性金属材料,当切削厚度较小、切削速度较高及刀具前角较大时,一般常常得到这类切屑。它的切削过程较平稳,切削力波动较小,已加工表面粗糙度值较小。

2. 挤裂切屑

如图 1-13(b)所示,这类切屑的外形与带状切屑不同之处在外表面呈锯齿形,内表面有时有裂纹。这类切屑之所以呈锯齿形,是由于它的第一变形区较宽,在剪切滑移过程中滑移量较大。由滑移变形所产生的加工硬化使剪切力增加,在局部地方达到材料的破裂强度。这种切屑大都在切削速度较低,切削厚度较大,刀具前角较小,中等硬度钢材粗加工时产生。它的切削过程不平稳,切削力波动较大,所以已加工表面的粗糙度值较大。

3. 单元切屑

如果在挤裂切屑的剪切面上,裂纹扩展到整个面上,则整个单元被切离,成为梯形的单元切屑,如图 1-13(c)所示。

以上三种切屑中,带状切屑的切削过程最平稳,单元切屑的切削力波动最大。在生产中最常见的是带状切屑,有时得到挤裂切屑,单元切屑很少见。如果改变挤裂切屑的切削条件,进一步减小前角,降低切削速度,或加大切削厚度,就可能得到单元切屑;反之,则可以得到带状切屑。这说明切屑的形态是随切削条件而变化的。掌握它的变化规律,即可以控制切屑的变形、形态和尺寸,又可达断屑和卷屑的目的。

4. 崩碎切屑

这种切屑的形状不规则,加工表面凸凹不平。加工脆性金属材料时,材料的塑性很低,抗拉强度较低,刀具切入后,金属受刀具的挤压后产生弹性变形,几乎不经过塑性变形,就脱离工件形成不规则的碎状切屑。当材料愈硬脆、刀具前角 γ_0 愈小、切削厚度愈大,就愈容易产生这种切屑。这种切削过程易产生振动,工件表面质量较差。

金属在切削加工中,经过滑移变形形成的切屑,其外表比原来的切屑层短而厚,这种现象叫做切屑收缩。如图 1-14 所示。可用变形系数 ξ 来表示:

$$\xi = \frac{l}{l_c} = \frac{a_0}{a_c}$$

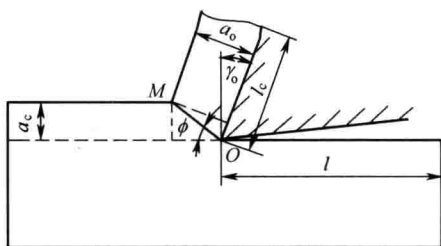


图 1-14 变形系数 ξ 求法

一般情况下 $\xi > 1$ 。

变形系数表示切屑变形的程度。它对切削温度、切削力和表面粗糙度值都有很大的影响。在其他条件不变的情况下 ξ 愈大,产生的切削力也愈大、表面粗糙度值也愈大。

二、积屑瘤

在切削速度不高而又能形成连续性切屑的情况下,加工一般钢料或其他塑性材料时,常在前刀面切削处粘着一块剖面呈三角状的硬块。它的硬度很高,通常是工件材料的 2~3 倍,处

于比较稳定的状态时,能够代替刀刃进行切削。这块硬块金属称为积屑瘤。如图 1-15 所示。

1. 积屑瘤的产生

在切削过程中,切屑底层与刀具的前刀面间产生强烈的摩擦,使切削区的温度升高。当达到一定温度,同时压力又较高时,会产生粘结现象,亦即一般所谓“冷焊”。这时切屑从粘在刀面的底层上流过,形成“内摩擦”。如果温度与压力适当,底层上面的金属因内摩擦而变形,也会发生加工硬化,而被阻滞在底层,粘成一体。这样粘结层就逐步长大,直到该处的温度与压力不足以造成粘附为止。所以积屑瘤的产生以及它的积聚高度与金属材料的硬化性质有关,也与前区的温度与压力分布有关。一般说来,塑性材料的加工硬化倾向愈强,愈易产生积屑瘤;温度与压力太低,不会产生积屑瘤;反之,温度太高,产生弱化作用,也不会产生积屑瘤。对于碳素钢来说,约在 $300\sim 350^{\circ}\text{C}$ 时积屑瘤最高,到 500°C 以上时趋于消失。在背吃刀量和进给量保持一定时,积屑瘤高度与切削速度有密切关系,如图 1-16 所示。在低速范围 I 区内不产生积屑瘤;在 II 区内积屑瘤高度随切削速度增大而达最大值;在 III 区内积屑瘤高度随切削速度增大而减小;在 IV 区积屑瘤不再生成。

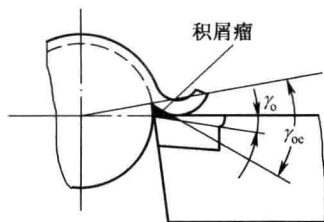


图 1-15 积屑瘤

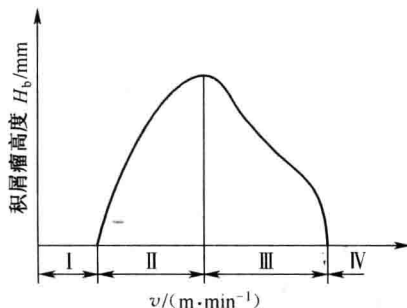


图 1-16 积屑瘤高度与切削速度关系示意图

2. 积屑瘤对切削过程的影响

(1) 实际前角增大。积屑瘤粘附在前刀面上,如图 1-15 所示,它加大了刀具的实际前角,可使切削力减小,对切削过程起积极作用。积屑瘤愈高,实际前角愈大。粗加工可利用它。

(2) 增大切削厚度。积屑瘤使切削厚度增加了 Δa_c 。由于积屑瘤的产生、成长与脱落是一个带有周期性的动态过程(例如每秒钟几十至几百次), Δa_c 值是变化的,因而有可能引起振动。

(3) 使加工表面粗糙度增大。积屑瘤的底部相对稳定一些,其顶部很不稳定,容易破裂,一部分粘附于切屑底部而排除,一部分留在加工表面上,积屑瘤凸出刀刃部分使加工表面非常粗糙,因此在精加工时必须设法避免或减小积屑瘤。

(4) 对刀具耐用度的影响。积屑瘤粘附在前刀面上,在相对稳定时,可代替刀刃切削,减少刀具磨损,提高耐用度。但在积屑瘤不稳定的情况下使用硬质合金刀具时,积屑瘤的破裂有可能使硬质合金刀具颗粒剥落,反而使磨损加剧。

防止积屑瘤的主要方法:①降低切削速度,使温度较低,使粘结现象不易发生。②采用高速切削,使切削温度高于积屑瘤消失的相应温度。③采用润滑性能好的切削液,减小摩擦。④增加刀具前角,以减小切屑接触区压力。⑤提高工件材料硬度,减少加工硬化倾向。