

机械加工工艺基础

高等工科院校
工程材料及机械制造基础系列教材

主 编:王辰宝

副主编:王永青

章明炽

主 审:张恩生



东南大学出版社

高等工科院校
工程材料及机械制造基础系列教材

机械加工工艺基础

主 编 王辰宝
副主编 王永青 章明炽
主 审 张恩生

东南大学出版社

内容提要

本书是根据国家教委高教司 1995 年 82 号通知颁布的高等学校工科本科《工程材料及机械制造基础教学基本要求》,并紧密结合高新技术的发展而编写的教材。

全书共六章,主要内容有切削加工基础知识、精密和超精密加工、特种加工、各种表面加工、机械加工工艺规程的制定及机械制造系统自动化等。每章附有复习思考题。

本书力求精炼、简明,并尽可能将金属与非金属材料传统的机械加工工艺与新工艺、新技术相结合。名词、术语及计量单位采用新标准。

本书是高等工科院校机械工程类专业的基本教材,也可供近机类、高等工业专科学校、职业大学、职工大学、电视大学及有关工程技术人员参考并选用。

机械加工工艺基础

王辰宝 主编

*

东南大学出版社出版发行

(南京四牌楼 2 号 邮编 210096)

江苏省新华书店经销 常州武进第二印刷厂印刷

*

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 10.375 字数 252 千

1996 年 12 月第 1 版 1996 年 12 月第 1 次印刷

印数:1—7000 册

ISBN 7—81050—205—O/TH·15

定价:10.00 元

(凡因印装质量问题,可直接向承印厂调换)

工程材料及机械制造基础系列教材

编 委 名 单

主任委员：邱坤荣

副主任委员：王晓天 骆志斌 张恩生

委 员：黄英萍 贺锡生 王特典 张启芳
王辰宝 陆文周 程伟炯 李玉琴
吴 绯 张介岷

前 言

本书是根据国家教委高教司 1995 年 82 号通知颁布的高等学校工科本科《工程材料及机械制造基础教学基本要求》，结合高等学校工科教学的实际，由江苏省高校金属工艺教学研究会组织编写的系列教材之五。

本书在《金工实习》教材基础上，以生产系统为先导，注重质量、生产率和经济性三者间的密切关系，既介绍当前生产中传统的机械加工工艺，也介绍了应用越来越广泛的新工艺、新技术，在内容上更新了传统的机械工程类专业基础知识及其制造方法。

本书王辰宝任主编，王永青、章明炽任副主编，参加编写的人员还有：黄如林、张琦、李迎、洪荣晶、刘会霞。主审张恩生。

骆志斌、吴绯、张介岷等为本教材的出版做了大量的工作，在此深表谢意。

限于编者水平，难免有错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

编者

1996 年 11 月

目 录

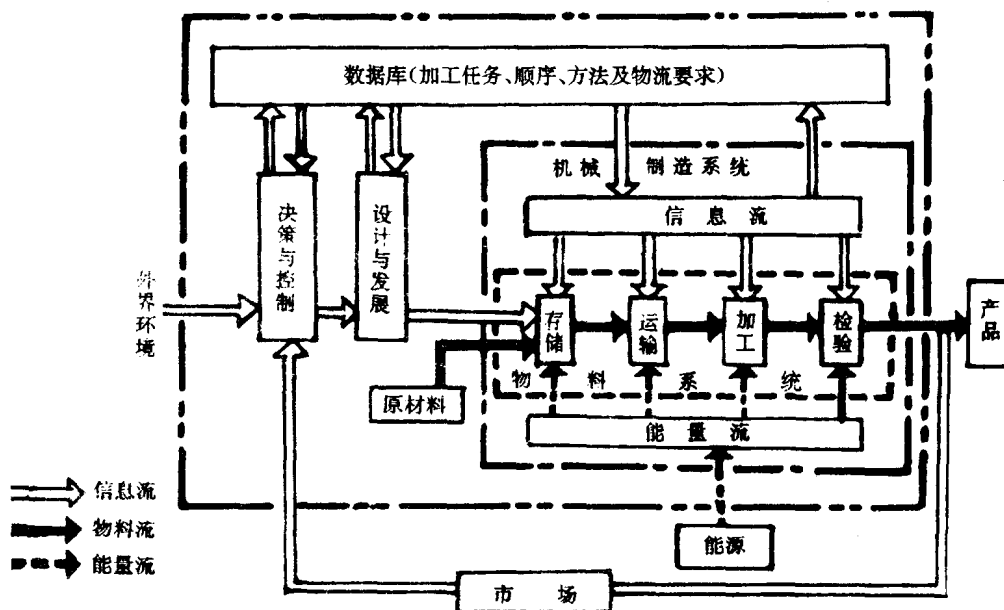
绪论	1	§ 2—2 精密和超精密车削	39
第一章 切削加工及工艺过程的基础知识	2	一、车床的精化	39
§ 1—1 切削运动和切削要素	2	二、超精密车削的刀具	41
§ 1—2 切削刀具	3	三、金刚石刀具超精密加工的应用	42
一、刀具材料	3	§ 2—3 精密和超精密磨削	43
二、车刀切削部分几何参数	7	一、磨床的精化	43
三、麻花钻的几何角度	10	二、固结磨料磨具超精密磨削	44
四、铣刀的结构特点	11	三、游离磨料磨具超精密磨削	46
§ 1—3 切削过程中的物理现象	13	四、超精密磨削的应用	48
一、切削过程	13	§ 2—4 精密冷压光加工	48
二、切削力和切削功率	15	一、滚压	48
三、切削热和切削温度	17	二、挤光	50
四、刀具的磨损和寿命	17	§ 2—5 超精密加工的新进展	52
§ 1—4 生产过程及生产纲领	19	一、超精密微细加工方法和应用	52
一、生产过程和工艺过程	19	二、超精密加工的精度	53
二、生产纲领和生产类型	19	复习思考题	54
§ 1—5 工件的安装	20	第三章 特种加工	55
一、工件的定位	20	§ 3—1 电火花加工	55
二、夹具简介	25	一、原理、特点和应用	55
§ 1—6 提高切削加工质量和经济性的途径	26	二、电火花加工设备	57
一、加工质量	26	三、电火花线切割加工(WEDM)	59
二、提高劳动生产率	27	§ 3—2 电化学加工	60
三、切削加工的经济性	29	一、电解加工	61
四、工件材料的切削加工性	31	二、电解磨削	63
五、切削液的选择	35	三、电铸	64
复习思考题	36	§ 3—3 超声加工	64
第二章 精密和超精密加工	38	一、原理、特点和应用	64
§ 2—1 精密和超精密加工的基本概念	38	二、基本设备	66
一、加工精度和加工方法	38	§ 3—4 高能束流加工	66
二、精密和超精密加工条件	38	一、激光加工(LBM)	66
		二、电子束加工(EBM)	70
		三、离子束加工(IBM)	71

§ 3—5 其它特种加工	72	二、加工阶段和顺序的安排	113
一、等离子弧加工(PAM)	72	三、工序集中和分散	115
二、挤压珩磨(AFM)	73	§ 5—4 工艺文件的编制	116
三、磨料喷射加工(AJM)	73	§ 5—5 典型零件加工工艺过程分析	116
四、水射流切割(WJC)	74	一、轴类零件加工工艺过程分析	116
五、磁性磨料研磨加工(MAM)	75	二、套类零件加工工艺过程分析	122
六、化学铣削(CHM)	75	三、箱体零件加工工艺过程分析	123
七、光化学加工(OCM)	76	四、冲模加工工艺过程	126
复习思考题	77	复习思考题	128
第四章 各种表面加工	78	第六章 机械制造系统自动化	129
§ 4—1 平面加工	78	§ 6—1 大批量生产机械制造系统自动化	129
一、平面加工方案的分析	78	一、自动化的方式和等级	129
二、平面加工方法及其特点	79	二、单机自动化	129
§ 4—2 外圆面的加工	82	三、自动生产线	129
一、外圆面加工方案	83	§ 6—2 多品种、中小批量生产机械制造	
二、外圆面加工方法及其特点	83	系统自动化	131
§ 4—3 孔及孔系加工	86	一、数控(NC)机床	131
一、孔加工方案	86	二、成组技术(GT)	138
二、孔的加工方法及其特点	87	三、计算机辅助设计(CAD)及计算机	
三、箱体类零件的孔系加工	91	辅助制造(CAM)	139
§ 4—4 成型面加工	92	四、计算机辅助工艺过程设计(CAPP)	142
一、螺纹加工	92	五、工业机器人	143
二、齿轮齿形加工	95	六、柔性制造系统(FMS)	146
三、特型面加工	98	七、计算机集成制造系统(CIMS)	150
复习思考题	101	复习思考题	153
第五章 机械加工工艺规程的制定	103	附录	
§ 5—1 零件的工艺分析	103	附表 1 数控机床用 ISO 编码表	154
一、零件图的审查	103	附表 2 JB3208-83 准备功能 G 代码	155
二、零件结构工艺性分析	103	附表 3 JB3208-83 辅助功能 M 代码	156
§ 5—2 毛坯的加工余量	110	参考文献	157
§ 5—3 机械加工工艺规程的拟定	112		
一、表面加工方案的选择	112		

绪 论

现代机械制造以控制论和系统工程为先导,综合考虑物料流(毛坯、材料、结构和工艺等)、信息流和能量流(电能、束流等)三者的关系,将现代工业生产和产品的决策、质量评价、市场信息等有效地融为一体。新材料、新结构和新工艺使机械制造越出了“金属”切削加工的范畴,使机械制造业向着高效、自动、精密方向迅速发展,经济核算也相应地从传统的大批量生产方式转变为适应竞争机制的中小批量生产。

生产系统(图示)是将大量设备、材料、人和加工过程有序地结合,用系统的观点正确处



生产系统的基本框图

理输入和输出,即全面考虑国家生产计划、经济政策、技术情报、市场动态、生产条件及环境保护等因素进行产品设计、制造、装配和经济核算,直至产品输出。

所以,现代机械制造以生产系统为主线索,以传统机械加工为基础,延伸到当今应用越来越广泛的机械制造系统自动化(NC、GT、CAD/CAM、FMS、工业机器人及 CIMS 等),以适应精密、超精密和特种加工的要求,并将局限于“金属”的切削加工扩展到各种材料的加工;在经济管理中将核算工时和生产效率扩展到设计、制造的整个生产过程以实现高度统一的综合管理,形成一个优化的、完整的生产系统。

“机械制造基础”是一门实践性、实用性很强的技术基础课,也是通向现代机械制造不可缺少的入门基础课。它以改变毛坯(或零件)形状的传统(用刀具)加工为主体,适当介绍了电、光、声、化学等加工方法及现代化制造技术,起到了扩大知识面作用。在学习时应注重各种工艺方法的特点及应用,多作比较。通过这门课程的学习,对整个机械制造业的基础知识会有较全面的认识、掌握和应用。

第一章 切削加工及工艺过程的基础知识

§ 1—1 切削运动和切削要素

切削加工是用切削工具将坯料或工件上多余材料切除,以获得所要求的几何形状、尺寸精度和表面质量的机械加工方法。切削加工时,刀具和工件之间的相对运动,称为切削运动。切削运动按其其在切削过程中的作用,可分为主运动和进给运动。现以普通外圆车削和平面刨削为例,说明切削运动和控制切削过程的切削要素之间的关系。

普通外圆车削:工件的旋转运动为主运动,刀具切削部分(刀尖或刃口)沿工件轴线方向的运动为进给运动(图 1-1-1)。

平面刨削加工:刀具的直线往复运动为主运动,工件的横向间歇直线运动为进给运动(图 1-1-2)。

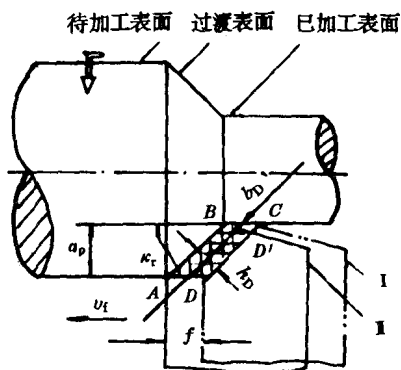


图 1-1-1 车削加工切削要素

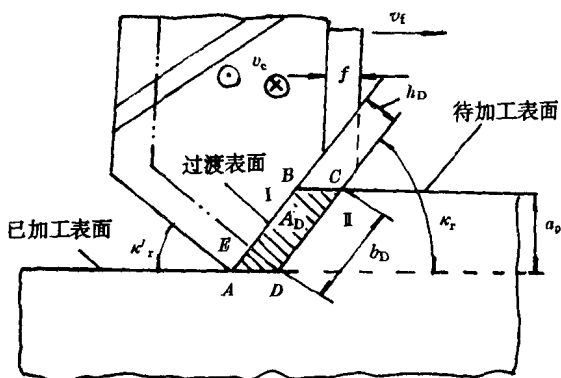


图 1-1-2 刨削加工切削要素

由上述两例可知:零件的已加工表面是由主运动和进给运动的组合作用而形成的。当主运动和进给运动同时进行时,刀具切削刃上选定点与工件之间的相对切削运动是主运动和进给运动的合成运动,称为合成切削运动。合成切削运动的瞬时速度称为合成切削速度,其大小、方向用矢量 $\vec{v}_e$ 表示,它和主运动的瞬时速度 $\vec{v}_c$ 、进给运动的瞬时速度 $\vec{v}_f$ 间的关系式为

$$\vec{v}_e = \vec{v}_c + \vec{v}_f$$

控制切削过程及已加工表面形成的因素就是切削要素。切削要素包括:切削用量要素和切削层尺寸平面要素。

1. 切削用量要素

切削用量要素包括:切削速度 v_c 、进给量 f 和背吃刀量 a_p 。

2. 切削层尺寸平面要素

从图 1-1-1、图 1-1-2 看出,当刀具相对于工件沿进给运动方向移动一个进给量 f 的距离,刀具的主切削刃从过渡表面 I 的位置移动到相邻的过渡表面 II 的位置, I、II 之间的被切层将转变为切屑,称为切削层。由于刀具刃形结构的关系(副偏角 κ_r 的存在),刀具实际切下的切削层只是斜剖面部分的一层金属。

为使问题简化,切削层的剖面形状和尺寸,通常规定在通过主切削刃基点(通常把它定在将作用切削刃分成两相等长度的点上)并垂直于该点主运动方向平面内观察和测量,该平面称为切削层尺寸平面,用符号 p_D 表示。测定的切削层尺寸几何参数,称为切削层平面要素,它包括:

(1) 切削层公称厚度 h_D 在 p_D 面内,垂直于切削刃方向所测得的切削层尺寸,用符号“ h_D ”表示。它的大小影响切削刃的工作负荷。

对于外圆车削及刨削(当刀尖圆弧半径 $r_c = 0$ 及 $\lambda_s = 0^\circ$ 时),其切削层公称厚度为

$$h_D = f \cdot \sin \kappa_r.$$

(2) 切削层公称宽度 b_D 在 p_D 面内,沿切削刃方向所测得的切削层尺寸,用符号“ b_D ”表示。通常反映切削刃与工件接触的长度(即工作长度)。

对于外圆车削及刨削(当 $r_c = 0$ 及 $\lambda_s = 0^\circ$ 时),其切削层公称宽度为

$$b_D = a_p / \sin \kappa_r.$$

(3) 切削层公称横截面积 A_D 在给定瞬间,切削层在 p_D 面内的实际横截面积(即为图 1-1-1 和图 1-1-2 中的斜剖面部分),用符号“ A_D ”表示。当切削速度一定时,切削公称横截面积反映了切削加工的生产率。

对于外圆车削及刨削(当 $r_c = 0$ 及 $\lambda_s = 0^\circ$ 时),切削层的公称横截面积可按下式近似计算:

$$A_D \approx h_D \cdot b_D = f \cdot a_p.$$

显然,按上式计算的切削层公称横截面积,略大于标准定义的切削层公称横截面积,因为它包括了极小部分未被刀具切下的残留面积。

在生产实践中,根据技术要求、工件及刀具材料的不同,通过控制切削要素,可获得最佳切削过程,而切削过程的许多物理现象(如切削力、切削热、刀具磨损、表面质量等)将直接影响工件的加工质量和生产率。

§ 1—2 切削刀具

在切削过程中,刀具直接切除毛坯上多余材料,形成已加工表面。实践证明,在切削过程中,刀具处在高温、切削力、冲击和振动、剧烈摩擦等恶劣的工作环境中。为使刀具具有良好的切削性能,刀具应选用合适的材料、合理的结构参数,这是影响生产率、加工质量和成本的基本条件。

一、刀具材料

要保证刀具在复杂的工作环境中正常发挥作用,刀具切削部分的材料应有较高的硬度

和耐磨性、足够的强度和韧性、较高的热硬性及良好的工艺性等基本性能。此外,还应考虑资源、成本等经济性要求。

现有的各类刀具材料可分为工具钢、硬质合金、陶瓷和超硬刀具材料(金刚石、立方氮化硼)等四大类,其中广泛用于切削加工的是高速钢和硬质合金。随着科学技术的发展,涂层刀具、陶瓷刀具和超硬刀具材料越来越受到重视。各种刀具材料的性能特点列于表 1-2-1 和表 1-2-2。

1. 工具钢类

(1) 碳素工具钢 它是一种含碳量较高的优质钢。由于热硬性低、价格便宜,故广泛用于刃部受热低的手工工具和低速、小进给量刀具的机用工具。常用的牌号有 T10A、T12A 等。

(2) 低合金工具钢 即在碳素工具钢中加入一定量的 Cr、W、Mn 等合金元素,提高热硬性、耐磨性和韧性、热处理性。多用于制造形状复杂的低速切削刀具,如铰刀、拉刀等。

(3) 高速工具钢(高速钢) 这是一种含较多 W、Mo、Cr、V 等合金元素的高合金工具钢。具有较高强度、硬度和热硬性及工艺性较好等优点。多用于精加工和形状复杂(如多齿)的刀具。

2. 硬质合金类

硬质合金是由高硬度、高热硬性的金属碳化物(WC、TiC、TaC、NbC 等)和粘结剂(Co、Mo、Ni 等)经粉末冶金制成。日常常用的有钨钴类(YG)、钨钛钴(YT)两类。

(1) YG 类(WC—Co) 常用的牌号有 YG3、YG6、YG8,其中数字表示 Co 的含量。当 Co 的含量较多时,硬度较低,而抗弯强度较高、热硬性较低。故 YG8 能承受较大冲击负荷,适于脆性金属的粗加工,YG6 适于半精加工,YG3 适于精加工。可加工硬铸铁、奥氏体不锈钢、耐热合金、硬青铜和耐磨的绝缘材料、纤维层压材料等。但由于切削钢材时易产生粘结而使刀具寿命下降,故不宜加工钢料。

(2) YT 类(WC—TiC—Co) 常用的牌号有 YT5、YT15、YT30,其中数字表示 TiC 的含量。TiC 含量愈高,Co 的含量愈少。与 YG 类相比,其硬度、耐磨性、热硬性、粘结温度、抗氧化能力都较高,尤其在高温下会在刀具表面生成 TiO_2 ,可减少粘结,但抗弯强度低,故适于低速切削钢料。YT5 适于粗加工,YT15 适于半精加工,YT30 适于精加工。但是,由于切削过程不稳定时,因为韧性差而易崩刃,刀具寿命不如 YG 类高;同时由于它和 Ti 元素之间亲和力强,会产生严重的粘结,因而不宜加工钛不锈钢。

3. 新型刀具材料

1) 涂层刀具材料

涂层刀具材料是通过气相沉积或其他技术方法,在硬质合金、高速钢的基体上,涂覆一层薄层(几微米)耐磨性极高的难熔金属(或非金属)化合物,可有效提高刀具材料耐磨性而又不降低其韧性。

常用涂层材料有 TiC、TiN 和 Al_2O_3 及其复合材料等。目前,不但采用了单涂层,还采用了双涂层和多涂层。如 TiC—TiN 复合涂层兼有 TiC 的高硬度与耐磨性和 TiN 涂层不粘刀的特点,适用于加工钢材。TiC— Al_2O_3 复合涂层兼有陶瓷的耐磨性与硬质合金的强度,同时又可避免陶瓷刀性脆易崩刃的缺点,适用于加工铸铁。另外,近几年还出现了超硬材料及其它新涂层。

表 1-2-1 各种刀具材料的物理力学性能

材料性能	材 料 种 类							
	碳素工具钢	合金工具钢	高速钢	铸造钴基合金	硬质合金	碳化钛基硬质合金	陶瓷	氮化硅陶瓷
硬 度	63~65 HRC	63~66 HRC	63~70 HRC	60~65 HRC	89~94 HRA	91~93.5 HRA	91~95 HRA	8000~9000 HV
抗弯强度 /MPa	2200	2400	2500~4000	1400~2800	900~2450	800~1600	450~800	300
抗压强度 /MPa	4000	4000	2500~4000	2500~3560	3500~5900	2450~2800	3000~4000	800~1000
冲击韧度 /kJ·m ⁻²	—	—	100~600	—	25~60	—	5~12	—
弹性模量 /10 ⁵ MPa	2.1	2.1	2~2.3	—	4.2~6.3	3.85	3.5~4.2	7.2
导热系数 /W(m·K) ⁻¹	41.8	41.8	16.7~25.1	—	20.93~83.74	25.1	20.93	30.98
耐热性 /℃	200~250	300~400	600~650	700~1000	800~1000	1000~1100	>1200	1300~1400
								1400~1500
								210~490
								2000
								—
								9
								146.5
								700~800

表 1-2-2 不同刀具材料的各项性能特点

性 能	碳钢及低、中合金钢	高 速 钢	铸造钴基合金	硬质合金	涂层硬质合金	陶 瓷	立方氮化硼	金刚石
高温硬度	增加	增加	增加	增加	增加	增加	增加	增加
韧性	增加	增加	增加	增加	增加	增加	增加	增加
冲击强度	增加	增加	增加	增加	增加	增加	增加	增加
耐磨性	增加	增加	增加	增加	增加	增加	增加	增加
抗碎裂性	增加	增加	增加	增加	增加	增加	增加	增加
耐热冲击性	增加	增加	增加	增加	增加	增加	增加	增加
切削速度	增加	增加	增加	增加	增加	增加	增加	增加
背吃刀量	增加	增加	增加	增加	增加	增加	增加	增加
加工表面粗糙度	增加	增加	增加	增加	增加	增加	增加	增加
制造方法	小到中粗锻造	小到大粗锻造, 铸造, HIP 法烧结, 机械加工及磨削	小到大粗铸造, HIP 法烧结, 磨削	小到大好冷压烧结磨削	小到大好化学气相沉积法	小到大非常好冷压和热压烧结, HIP 法烧结磨削	小到大非常好高温高压烧结磨削及抛光	非常小(单晶金刚石)优高温高压烧结磨削及抛光
加工方法	小到中粗锻造	小到大粗锻造, 铸造, HIP 法烧结, 机械加工及磨削	小到大粗铸造, HIP 法烧结, 磨削	小到大好冷压烧结磨削	小到大好化学气相沉积法	小到大非常好冷压和热压烧结, HIP 法烧结磨削	小到大非常好高温高压烧结磨削及抛光	非常小(单晶金刚石)优高温高压烧结磨削及抛光
刀具成本	小到中粗锻造	小到大粗锻造, 铸造, HIP 法烧结, 机械加工及磨削	小到大粗铸造, HIP 法烧结, 磨削	小到大好冷压烧结磨削	小到大好化学气相沉积法	小到大非常好冷压和热压烧结, HIP 法烧结磨削	小到大非常好高温高压烧结磨削及抛光	非常小(单晶金刚石)优高温高压烧结磨削及抛光

高速钢刀具多采用 TiN 涂层。因 TiN 与高速钢热膨胀系数相近,结合强度较高。对于硬质合金,在连续切削条件下,涂层的耐磨性和耐热性是影响刀具寿命的主要因素。 Al_2O_3 涂层由于有高的抗氧化性能和热硬性而优于 TiC 涂层。但在断续切削条件下,涂层的韧性就成为影响刀具寿命的主要因素。 Al_2O_3 涂层韧性较差,刀片的耐冲击性远不如 TiC 或 TiN 涂层好。

涂层刀具材料既具有基体材料的韧性,又有很高的硬度,并且化学性能稳定,不易产生扩散磨损,摩擦系数小,因而涂层硬质合金刀具的寿命比不涂层的寿命可提高 1 ~ 3 倍;涂层高速钢比不涂层的寿命可提高 2 ~ 10 倍。

2) 陶瓷刀具材料

陶瓷材料具有很高的硬度和耐磨性,其硬度为 91 ~ 95HRA,超过了硬质合金,其耐磨性为普通硬质合金的 5 倍,寿命比硬质合金高几倍以至几十倍。它有很高的热硬性,在高温下仍能进行高速切削,可获得较低的表面粗糙度和较好的尺寸稳定性。它与金属的亲合力小,化学稳定性高,摩擦系数小。这使陶瓷刀具具有较好的抗粘结和扩散磨损能力。陶瓷刀具的最大缺点是脆性大、强度低,因此,对机械冲击十分敏感,抗热冲击的性能也很差。

陶瓷材料按化学成分可分为 Al_2O_3 基陶瓷材料和 Si_3N_4 基陶瓷材料。 Al_2O_3 基陶瓷是切削冷硬铸铁、高强度钢、淬火钢以及断续切削的良好刀具材料。 Si_3N_4 基陶瓷适用于半精加工和精加工淬硬钢、冷硬铸铁、可锻铸铁、镍基合金等。

3) 超硬刀具材料

(1) 金刚石 金刚石是碳的同素异构体,是自然界中最硬的材料。金刚石刀具材料有三种:天然单晶金刚石、整体人造聚晶金刚石和金刚石复合刀具。天然金刚石价格昂贵,且各向异性,只是在一定方向上硬而耐磨,仅用于超精密切削和特殊用途。工业上多用人造金刚石——人造聚晶金刚石(在高温高压下将微米级单晶金刚石微粉聚合成较大颗粒的金刚石)、金刚石复合刀具(在硬质合金刀片基体上烧结一层约 0.5mm 厚的聚晶金刚石)。

金刚石刀具的优点是:① 极高的硬度和耐磨性。其显微硬度达 10000HV 左右,耐磨性为硬质合金的 80 倍左右。因而金刚石刀具具有优良的切削性能。在切削极耐磨材料时,金刚石刀具的寿命通常为硬质合金的 10 ~ 100 倍。② 具有很低的摩擦系数,切削时不产生积屑瘤,能进行高精度切削。③ 切削刃锋利,有很高的切薄能力(能切下厚度仅为 0.1 μm 的切屑);刀面粗糙度低,能进行低表面粗糙度切削,且加工冷硬现象较少。④ 具有很高的导热性和较低的热膨胀系数。⑤ 人造金刚石比天然金刚石的强度高,耐冲击,适于断续切削,允许多次重磨;并且各向同性,材质稳定,是金刚石刀具的发展方向。

其主要缺点是:热硬性差,切削温度不宜超过 700 ~ 800℃;强度低、脆性大,对振动敏感,只宜微量切削;与铁有强的化学亲和力,故不适合加工黑色金属。

金刚石刀具主要用于高速超精加工有色金属及其合金,也可加工非金属材料。

(2) 立方氮化硼(CBN) 立方氮化硼是利用超高压高温技术获得的一种新型超硬刀具材料。硬度仅次于金刚石,达 8000 ~ 9000HV;耐热温度可达 1400 ~ 1500℃,比金刚石几乎高一倍;化学稳定性好,与铁族金属在 1200 ~ 1300℃ 时也不起化学作用,因此它特别适宜于加工高硬度的钢材。另外,它的韧性优于金刚石(介于硬质合金与陶瓷之间),它还有良好的导热性、较低的摩擦系数、优良的抗粘结能力,切削时不易形成积屑瘤,因而改善了加工表面质量。

由于这些特点,使用立方氮化硼刀具及砂轮可达到很高的寿命、很高的工件表面质量和加工精度。它能胜任高硬度的淬硬钢、冷硬铸铁的粗加工与精加工,还能高速切削高温合金、热喷涂材料、硬质合金及其他难加工材料。立方氮化硼刀具的高寿命使它非常适合于数控机床和自动机床使用,大大减少换刀次数。

但立方氮化硼刀具脆性较大,强度和韧性较差,因而不耐冲击,也不适于低速加工。目前各国竞相发展的是在韧性较好的 WC 基硬质合金基体上烧结一薄层立方氮化硼聚晶的立方氮化硼——硬质合金复合刀片。

二、车刀切削部分几何参数

切削刀具的种类繁多,形状各异,但切削部分的几何形状与要素是以普通外圆车刀切削部分几何形态为基本形态,其它刀具都是由此基本形态演变或组合而成(如钻头可看成两把车刀组成,铣刀的每一个刀齿可看成一把车刀)。

车刀切削部分主要由三面、两刃、一尖组成,即前面(A_f)、主后面(A_a)、副后面(A'_a)、主切削刃(S)、副切削刃(S'),以及由 S 和 S' 汇交形成的刀尖。为了确定刀面、刀刃的空间位置,需引入辅助平面。

1. 刀具静止参考系($P_r-P_s-P_o$ 系)

为了建立设计、制造、刃磨和测量刀具的基准以便标注车刀的角度,将切削运动简化为切削时只有主运动、刀柄与车床主轴轴线垂直、刀尖与工件轴线等高的“静止状态”,由此静止状态下确定的辅助平面组成刀具静止参考系(图 1-2-1)。

它是由基面(P_r)、切削平面(P_s)、正交平面(P_o) 构成直角坐标系,用于确定车刀刀面、刀刃空间位置。确定车刀的主要角度有前角 γ_o 、后角 α_o 、主偏角 κ_r 、副偏角 κ'_r 、刃倾角 λ_s 等。

1) 前角 γ_o 。

前角 γ_o 是在正交平面(P_o)内测量 A_f 与 P_r 之间的夹角。 γ_o 愈大则刀刃愈锋利,故应当在满足刀刃强度要求的前提下选用大 γ_o 。具体选择考虑以下几方面:

(1) 工件材料 加工塑性材料时,在保证强度的条件下尽可能大些;加工脆性材料时,由于切屑呈崩碎切屑, γ_o 作用不显著,应选用较小的前角。

(2) 刀具材料 强度和韧性高的刀具材料应选择较大的 γ_o ,如高速钢刀具的 γ_o 可以比硬质合金刀具大约 $5^\circ \sim 15^\circ$ 。

(3) 加工性质 粗加工时, a_p 、 f 大,应选用较小的 γ_o ;精加工时, a_p 、 f 较小,可取大值。

(4) 切削条件 当机床功率不足,工艺系统刚度差、断续切削或有冲击时应选用较小 γ_o ,以提高刀刃强度。

2) 后角 α_o 。

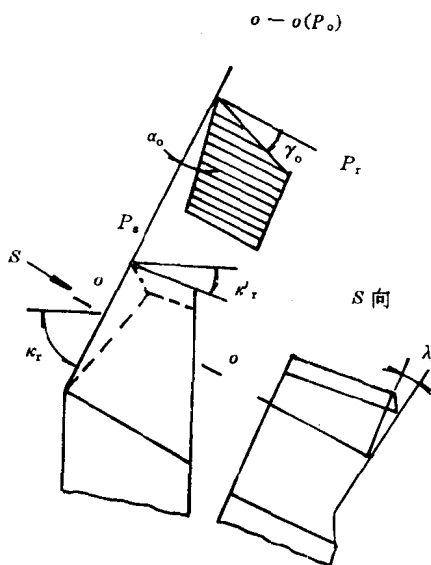


图 1-2-1 车刀静止参考系——正交系

工作基面 P_{re} 垂直于合成切削速度 $\vec{v}_c$ 的平面。

工作切削平面 P_{se} 与切削刃相切并垂直于工作基面的平面。

工作正交平面 P_{oe} 同时垂直于工作基面和工作切削平面的平面。

在切削加工时,要使刀具工作角度具有最佳值,必须知道刀具工作角度与标注角度之间的关系。根据刀具工作角度最佳值,求出刀具标注角度,以供制造。通常, v_f 远远小于 v_c , 因此,在正常的安装条件下,刀具的工作角度与标注角度的差值可以忽略。但当 v_f 较高、刀具安装误差较大时,必须考虑工作角度对加工的影响。

1) 进给运动对工作角度的影响

以横向进给的切断刀为例(图 1-2-4):在不考虑进给运动时,车刀主切削刃选定点相对于工件的运动轨迹为一圆周。此时 γ_o 、 α_o 为静止前角和后角。若考虑横向进给运动的存在,切削刃选定点相对于工件的运动轨迹变为阿基米德螺旋线。从而基面 P_r 倾斜为过切削刃选定点、垂直于合成切削速度 $\vec{v}_c$ 的工作基面 P_{re} , 切削平面 P_s 倾斜为工作切削平面 P_{se} (亦即相切于螺旋面的平面), 正交平面 P_o 与工作正交平面 P_{oe} 重合。此时,工作角度 $\gamma_{oe} > \gamma_o$, $\alpha_{oe} < \alpha_o$ 。其变化的大小与 $\vec{v}_c$ 和 $\vec{v}_f$ 方向间的夹角 η (合成切削速度角) 有关。刀具愈靠近中心, η 值急剧增大, α_{oe} 甚至为负值。此时,刀具已不是切削而是挤压工件。

2) 刀具安装位置对工作角度的影响

车外圆时,若刀尖安装位置高于工件的轴心线(图 1-2-5a),工作基面 P_{re} 和工作切削平面 P_{se} 向顺时针方向旋转 θ 角,则 $\gamma_{oe} > \gamma_o$, $\alpha_{oe} < \alpha_o$ 。

镗孔时,若镗孔车刀刀尖安装位置低于工件轴线(图 1-2-5b),则镗孔刀 $\gamma_{oe} > \gamma_o$, $\alpha_{oe} < \alpha_o$ 。若将刀尖位置向相反方向变化,结论即反之。

3) 车刀刀杆中心线与进给方向不垂直的影响

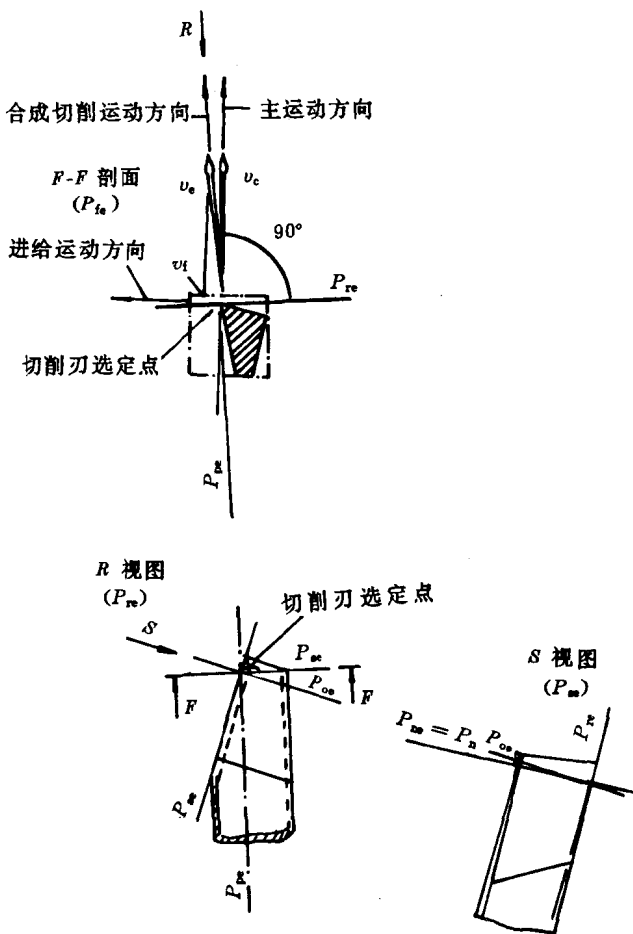


图 1-2-3 刀具工作参考系的平面——车刀

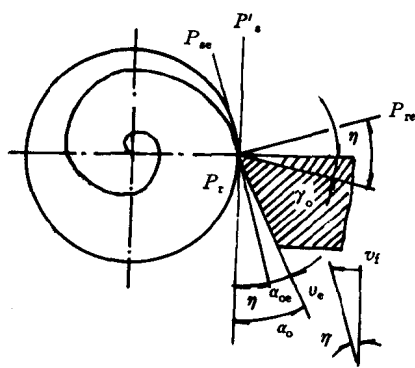
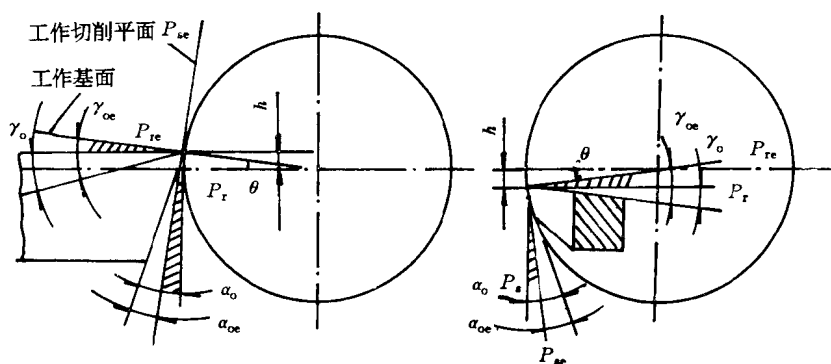


图 1-2-4 横向进给运动对工作角度的影响

图 1-2-6a 所示,车刀刀杆与进给方向不垂直(右偏)时,车刀的 κ_{re} 、 κ'_{re} 将发生变化。

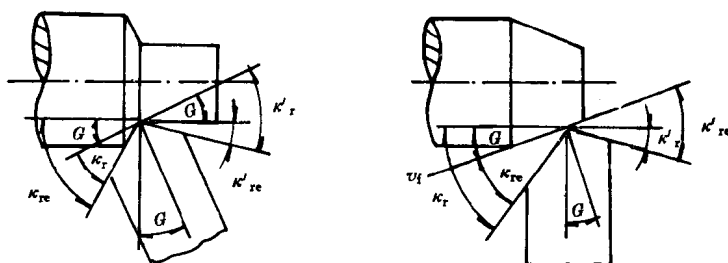
图 1-2-6b 所示,利用转动小拖板车削锥体时,进给方向与轴线间夹角为 G ,同样也使刀杆轴线与进给方向不垂直,因而车刀的 κ_{re} 、 κ'_{re} 也将发生变化。



a) 外圆车刀刀尖偏高

b) 镗孔车刀刀尖偏低

图 1-2-5 车刀安装高度对工作角度的影响



a) 刀杆偏斜安装

b) 改变进给方向

图 1-2-6 车刀刀杆轴线不垂直进给方向时对工作角度的影响

三、麻花钻的几何角度

麻花钻是孔加工刀具中应用最广泛的刀具之一,其切削部分的构造较车刀复杂。由于在半封闭状态下完成切削工作,麻花钻的几何角度有其独特之处。

麻花钻的主要几何角度有顶角(2ϕ)、螺旋角 β 、前角 γ 。和后角 α_t (图 1-2-7)。

(1) 顶角(2ϕ) 两主切削刃在与其平行的平面上投影之间的夹角。它决定钻刃长度及刀刃负荷情况。加工钢、铸铁时, $2\phi = 118^\circ \pm 2^\circ$;加工热固性塑料时,顶角的大小对加工有很大影响,推荐值为 $30^\circ \sim 150^\circ$ 。

(2) 螺旋角 β 螺旋形刃带切线与钻头轴线间的夹角。螺旋角愈大,切削刃愈锋利。但螺旋角过大,会削弱刀刃强度,恶化散热条件。加工钢、铸铁等材料, $\beta = 25^\circ \sim 33^\circ$ (小钻头取小值,大钻头取大值);加工热固性塑料, $\beta = 10^\circ \sim 20^\circ$ 。

(3) 前角 γ 。切削刃上任一点的前角是通过该点的正交平面 P_{ox} — P_{ox} 内测量的前面与基面间的夹角。由于麻花钻的前面为螺旋面,故沿切削刃上各点的前角是变化的,自外缘至横刃,前角由 $+30^\circ$ 减小到 -30° 。横刃上的前角 γ_{ow} 则为 $-54^\circ \sim -60^\circ$,所以愈接近中心,切削条件愈差。