

# 第3章

## 机械结构零件加工工艺

机器设备上使用的零件除极少数采用精密铸造或精密锻造等无屑加工方法获得以外,绝大多数零件都是靠切削加工获得的。因此,如何正确地进行切削加工,对于保证零件质量、提高劳动生产率和降低成本,有着重要的意义。

切削加工是用切削刀具从毛坯(或型材)上切去多余的材料,以获得具有所需形状、尺寸精度和表面粗糙度零件的加工方法。

### 3.1 切削加工基本知识

#### 3.1.1 零件加工质量和生产率

切削加工的目的是在加工出符合零件加工质量要求的基础上,要有高的生产率,低的消耗,即生产的产品要有良好的经济性。

##### 1. 零件的加工质量

零件加工质量的好坏直接影响着产品的使用性能和寿命。标志零件加工质量的主要指标有加工精度和表面质量两个方面。

##### (1) 加工精度

加工精度是指零件加工以后,其尺寸、形状、相互位置等参数的实际数值和它的理想数值相符合的程度。符合的程度愈高,加工精度就愈高。

切削加工总是有误差的,零件要做得绝对准确是不可能的。为了保证零件顺利地进行装配并满足机器使用要求,就须把零件的实际参数限制在一定的误差范围之内。若在此范围即为合格产品,否则为废品。零件实际参数的最大允许变动量,就称为公差。

同样尺寸的零件,如规定误差范围愈小,即公差愈小,则表示精度愈高。零件精度的提高,对加工要求严格,将使切削过程复杂,从而会提高零件的加工成本。因此,设计时必须根据每个零件的具体要求,合理地规定其精度。

加工精度以尺寸公差、形状公差和位置公差来表示。

尺寸公差有 20 个公差等级,即 IT01、IT0、IT1、IT2 至 IT18,详见表 3.1.1。IT 表示标

表 3.1.1 标准公差数值(GB 1800—1979)

基本尺寸		等 级																			
		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
大于	至	$\mu\text{m}$																			
—	3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0.10	0.14	0.25	0.40	0.60	1.0	1.4
3	6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	0.12	0.18	0.30	0.48	0.75	1.2	1.8
6	10	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	0.15	0.22	0.36	0.58	0.90	1.5	2.2
10	18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0.18	0.27	0.43	0.70	1.10	1.8	2.7
18	30	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0.21	0.33	0.52	0.84	1.30	2.1	3.3
30	50	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0.25	0.39	0.62	1.00	1.60	2.5	3.9
50	80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0.30	0.46	0.74	1.20	1.90	3.0	4.6
80	120	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0.35	0.54	0.87	1.40	2.20	3.5	5.4
120	180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0.40	0.63	1.00	1.60	2.50	4.0	6.3
180	250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0.46	0.72	1.15	1.85	2.90	4.6	7.2
250	315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0.52	0.81	1.30	2.10	3.20	5.2	8.1
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0.57	0.89	1.40	2.30	3.60	5.7	8.9
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0.63	0.97	1.55	2.50	4.00	6.3	9.7

mm

准公差,公差等级的代号用阿拉伯数字表示。从 IT01 至 IT18,等级依次降低,公差数值依次增大。IT5~IT13 用于配合公差,IT12~IT18 用于不重要尺寸、非配合尺寸的公差或工序间公差。

形状公差有直线度、平面度、圆度、圆柱度和线轮廓度五种。

位置公差有平行度、垂直度、倾斜度、同轴度、对称度、位置度、圆跳动和全跳动八种。

一般零件通常只规定尺寸公差。对要求较高的零件,除了规定尺寸公差以外,还规定形状公差和位置公差。

## (2) 表面质量

表面质量是指工件经过切削加工后的表面粗糙度、表面层加工硬化的程度和表层残余应力的性质及其大小等。它对零件的耐磨、耐腐蚀以及耐疲劳等使用寿命有着很大的影响。特别是高速、重载荷的零件,影响尤其显著。

表面质量通常是以表面粗糙度来衡量的。表面粗糙度是一种微观几何形状误差。它是指在加工过程中,由于工具和零件表面之间的摩擦、切屑分离时零件表面层材料的塑性变形及工艺系统中的高频振动等原因,在被加工零件表面上产生的间距较小的高低不平。零件表面粗糙度的大小直接影响零件的使用性能和使用寿命,减小零件的表面粗糙度对保证零件间配合的可靠性和稳定性、减小摩擦系数、降低动力消耗、提高仪器设备的工作精度和灵敏度、减小应力集中、增加耐疲劳强度、减小设备振动和噪声等都起着很重要的作用。

表面粗糙度的评定是在取样长度  $l$  内(一般应包括五个以上的轮廓峰和轮廓谷),对零件被加工表面上微观几何形状轮廓进行放大后计算得出的,如图 3.1.1 所示。规定取样长度是为了限制和削弱表面波纹度对表面粗糙度测量结果的影响。计算表面粗糙度时,首先计算出取样长度内轮廓线的基准线(作  $x$  轴),基准线用轮廓的最小二乘法求出,也可以用轮廓的算术平均值近似确定。然后再计算表面粗糙度。最常用的表面粗糙度评定参数是轮廓算术平均偏差  $R_a$ 、轮廓微观不平度十点高度  $R_z$  和轮廓最大高度  $R_y$ 。

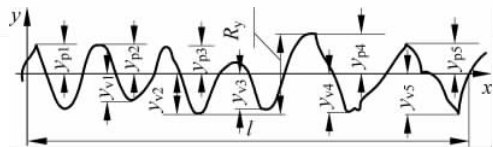


图 3.1.1 零件表面微观几何形状轮廓

### ① 轮廓算术平均偏差 $R_a$

如图 3.1.1 所示,轮廓算术平均偏差  $R_a$  是指在取样长度  $l$  内,轮廓偏距  $y$ (相对于基准线)绝对值的算术平均值,即

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y| dx \quad (3.1.1)$$

$R_a$  在一定程度上反映了轮廓高度相对基准线的离散程度,因此几乎所有国家的表面粗糙度标准都把它列为最基本的评价参数。 $R_a$  可以用触针式表面轮廓仪方便地测出,但表面太粗糙和太光滑时不宜选用此参数。

### ② 轮廓微观不平度十点高度 $R_z$

如图 3.1.1 所示,轮廓微观不平度十点高度  $R_z$  是指在取样长度  $l$  内,五个最大的轮廓峰高与五个最大的轮廓谷深的平均值之和,即

$$R_z = \frac{(y_{p1} + y_{p2} + y_{p3} + y_{p4} + y_{p5}) + (y_{v1} + y_{v2} + y_{v3} + y_{v4} + y_{v5})}{5} \quad (3.1.2)$$

对于同一个表面,  $R_z$  的离散性要比  $R_a$  大。  $R_z$  只能反映轮廓的峰高, 不能反映峰顶的尖锐或平钝的几何特性。  $R_z$  尽管不太理想, 但测量方法简单, 更适合用精密光学仪器(如双管显微镜和干涉显微镜)测量。

### ③ 轮廓最大高度 $R_y$

轮廓最大高度  $R_y$  是指在取样长度  $l$  内, 轮廓最大峰高与最大谷深绝对值的和, 如图 3.1.1 所示。

$R_y$  只是对被测轮廓峰和谷的最大高度的单一评定, 它不能客观地反映表面微观几何轮廓形状的特征, 尤其是在测量均匀性较差的表面时, 从理论上就有很大的误差。但由于  $R_y$  测量比  $R_z$  更为简单, 同时也弥补了  $R_z$  不能测量极小面积表面(如刀尖、顶尖、球面、非球面等)的不足, 因此仍被许多国家标准采用。  $R_y$  和  $R_z$  适合于超光滑表面(如光学零件表面)的评定。

### (3) 影响零件加工质量的因素

影响零件加工质量的因素很多, 有机床、夹具、刀具本身的制造误差; 有机床等加工系统的振动和热变形所产生的误差; 有切削过程中在夹紧力、惯性力和切削力的作用下, 机床、夹具、工件和刀具所产生的变形等。为了保证加工质量, 在切削加工中必须善于分析各因素的主要影响, 以便采取各种有效措施。如选用合适的加工机床, 提高工装夹具的精度, 采用合理的刀具材料与角度, 采用隔振、消振措施, 使用切削液以及正确选择切削用量等, 都能取得一定的效果。

## 2. 生产率和提高生产率的途径

在切削加工中, 常用单位时间内生产出的合格零件的数量来表示生产率, 即

$$Q = 1/T_{\text{单件}} \quad (3.1.3)$$

式中,  $Q$  为生产率(件/分);  $T_{\text{单件}}$  为生产单个合格零件所需要的总时间(分/件)。

在机床上加工一个零件所用的总时间包括三部分, 即

$$T_{\text{单件}} = T_{\text{基本}} + T_{\text{辅助}} + T_{\text{其他}} \quad (3.1.4)$$

式中,  $T_{\text{基本}}$  为机加工基本时间, 即加工一个合格零件所需的总切削时间;  $T_{\text{辅助}}$  为辅助时间, 是工人为了完成切削加工而消耗到各种辅助操作上的时间, 如调整机床、装卸或刃磨刀具、空移刀具、装卸工件和检验测量等时间;  $T_{\text{其他}}$  为其他时间, 即与切削加工没有直接关系的时间, 如擦拭机器、清扫切屑、自然需要时间等。

所以生产率又可表示为

$$Q = \frac{1}{T_{\text{基本}} + T_{\text{辅助}} + T_{\text{其他}}} \quad (3.1.5)$$

可见, 为了提高切削加工的生产率, 就要设法减少零件加工的基本时间、辅助时间和其他时间。

提高切削加工生产率的途径有:

- ① 使用机械加工自动化生产、数控机床及其加工中心;
- ② 使用先进的工、夹、量具;
- ③ 改进车间管理, 妥善安排生产调度, 改善劳动条件;
- ④ 提高机床刚度和刀具耐用度, 从而加大切削用量。

### 3. 经济性

切削加工的经济性要求切削加工方案应使产品在保证其使用要求(加工质量)的前提下,制造成本最低。零件切削加工的成本,包括毛坯(或原材料)成本、工时成本和刀具成本,成本的降低主要依赖于生产单个合格零件所需要的总时间  $T_{\text{单件}}$  和刀具的耐用度。因此若要有较好的切削加工经济性除了降低毛坯(或原材料)成本和刀具成本外,还要减少生产单个合格零件所需要的总时间  $T_{\text{单件}}$ ,并保证刀具的耐用度。

#### 3.1.2 切削用量的选择和材料的切削加工性

##### 1. 切削用量的合理选择

合理地选择切削用量,对于保证零件加工质量、提高生产率、降低成本有很大的影响,而且可以充分发挥机床功率的潜力和保证刀具耐用度。

目前的机床设备的刚性和功率都足够大,一般来讲,切削用量的大小主要受刀具耐用度的限制。对刀具耐用度影响最小的是切削深度,其次是进给量,影响最大的是切削速度。

为了保证刀具耐用度、生产率和加工质量,选择切削用量的顺序为:首先选取尽可能大的切削深度  $a_p$ ,再选取尽可能大的进给量  $f$ ,最后才考虑选取尽可能大的切削速度  $v$ ,即按  $a_p \rightarrow f \rightarrow v$  的顺序进行选取,并使三者乘积最大。

##### (1) 切削深度 $a_p$ 的选择

切削深度  $a_p$  要尽可能取得大些,不论粗加工还是精加工,尽可能一次切完,以减少走刀次数。如果粗加工时余量较大,或者半精加工、精加工时质量要求较高,为了消除前一工序所造成的误差和消除较大的切削刀痕,可以采取多次走刀,但前几次的切削深度要大些。

##### (2) 进给量 $f$ 的选择

在切削深度  $a_p$  选定后,应取尽可能大的进给量  $f$ 。在粗加工时,进给量  $f$  主要受机床系统的强度和刀具强度的限制。精加工时,进给量  $f$  主要是受工件尺寸精度和表面粗糙度的限制。具体数值可在“切削用量手册”等资料中查出。

##### (3) 切削速度 $v$ 的选择

在选定了切削深度  $a_p$  和进给量  $f$  以后,便可以通过“切削用量手册”等资料查出切削速度  $v$ ,再按速度公式算出主轴的转速,最后在机床上选取与结果相近的实有转速。

##### 2. 材料的切削加工性

材料的切削加工性是指材料进行切削加工成为合格零件的难易程度。材料的切削加工性对刀具耐用度和切削速度影响很大,对生产率和加工成本影响也很大。

材料的切削加工性好与坏,在粗、精加工时有不同的评定标准。粗加工时,切削加工性主要反映在生产率或刀具耐用度的高低上;精加工时,则以是否容易得到规定的加工精度和表面质量来衡量。

##### (1) 影响材料切削加工性的因素

影响材料切削加工性的主要因素是材料的机械性能和导热系数。

### ① 材料的强度和硬度

材料的强度和硬度愈高,切削力愈大,切削温度愈高,刀具的磨损也就愈快。因此,在一般情况下切削加工性随材料强度和硬度的提高而降低。如铜、铝等有色金属,切削力小,切削很轻快,切削加工性好;碳钢的切削加工性就比合金钢好;而硬度很高的陶瓷、硬质合金、金刚石、玻璃、石英等的切削加工性非常差。

### ② 材料的塑性

塑性好的材料,切削时的变形和摩擦都比较严重,切削力较大,切削热较多,刀具容易磨损,断屑也较困难,而且加工出的零件表面粗糙度值较大,因此切削加工性较差。脆性材料的切削加工性要好些,如切削铸铁时的切削力要比切削钢料时小  $1/2 \sim 1/3$ 。但若材料太脆,容易产生崩碎切屑,切削力和切削热会集中在切削刃附近,也会导致刀具的磨损,因此材料太脆时切削加工性反而差,如有机玻璃的加工。

### ③ 材料的导热系数

导热系数大的材料,切削时所产生的热量大部分由切屑带走,传到工件上的热量散出也快,因此集中在工件和刀具加工区域的热量就大为减少,有利于提高刀具耐用度和减小工件的热变形,切削加工性就好;反之则差。如不锈钢 1Cr18Ni9Ti 的导热系数不到 45 钢的  $1/3$ ,就属于难切削材料。

## (2) 材料切削加工性分析

### ① 光学结构材料切削加工性分析

碳素钢的强度、硬度随含碳量的增加而提高,而塑性、韧性则降低。低碳钢的塑性和韧性较高,高碳钢的强度和硬度较高,都给切削加工带来一定困难。中碳钢的强度、硬度、塑性和韧性都居于高碳钢与低碳钢之间,故切削加工性较好。

钢中如加入铬、镍、钨、钼、钒等合金元素时,强度和硬度都提高,会使切削力增大,切削热增多;其中钨、钼、镍的加入还会使导热性下降,切削更加困难。很多合金钢,特别是耐热钢、不锈钢等加工困难的主要原因也就在这里。

灰铸铁和球墨铸铁的切削加工性由于游离石墨的存在,一般来说,属于易加工材料。

有色金属一般强度和硬度比钢低,塑性和导热性较好,它们的切削加工性主要取决于其硬度。硬度过低(如纯铝及其合金),由于不能采用磨削加工,难以保证较高的加工质量。

陶瓷材料硬度极高、脆性大且导热性差,因此属于难加工材料。

塑料尽管硬度低,但导热性差,由于不能采用磨削加工,难以保证较高的加工质量。

复合材料的可加工性由于其可设计性,一般或者一次成型,或者较易加工。

### ② 光学材料可加工性分析

就光学材料来说,光学玻璃及硬质光学晶体的硬度高、脆性大、导热性差,所以切削加工性差;光学塑料的硬度低,但导热性差,由于不能采用磨削加工,难以保证较高的加工质量。

## (3) 改善材料切削加工性的途径

① 通过调整材料的化学成分,可以改变材料的机械性能,从而改善材料的切削加工性。

如在钢中适当添加硫、铅等元素,可以显著改善钢的切削加工性;不锈钢中添加硒,铜中添加铅,铝中添加铜、铅和铋,都可以起到改善材料切削加工性的目的。铸铁的切削加工性取决于游离石墨的多少,铸铁的化学元素中,凡能促进石墨化的元素,如硅、铝等都能改善铸铁的切削加工性;反之,凡是阻碍石墨化的元素,如锰、硫、磷等,都会降低其切削加工性。

② 通过适当的热处理可以改变材料的显微组织,从而改变材料的机械性能,达到改善材料切削加工性的目的。

例如,对低碳钢正火或不锈钢调质都可以提高材料的硬度、降低材料的塑性,从而改善其切削加工性;铸铁件在切削加工前进行退火处理,可以降低表层硬度,改善其切削加工性;高碳钢进行球化退火,可以降低硬度,改善其切削加工性。

### 3.1.3 刀具材料

切削过程中,直接完成切削工作的是刀具。无论哪种刀具,一般都是由工作部分和夹持部分组成的。夹持部分是用来将刀具夹持在机床上的部分,要求它能保证刀具正确的工作位置,传递所需要的运动和动力。并且夹固可靠,装卸方便。工作部分是刀具上直接参加切削工作的部分。

切削过程中,刀具的切削性能取决于刀具的几何形状和刀具切削部分材料的性能。实践证明:新型刀具材料的出现和刀具几何形状的改进,促进了劳动生产率的不断提高。

#### 1. 刀具材料应具备的性能

##### (1) 高硬度

刀具切削部分的硬度,必须高于工件材料的硬度,才能切下切屑。一般其常温硬度要求在 HRC60 以上。

##### (2) 足够的强度和韧性

刀具在切削力作用下工作,应具有足够的抗弯强度。刀具有足够的韧性,才能承受切削时产生的冲击载荷(如断续切削产生的冲击)和振动。

##### (3) 高耐磨性

刀具材料应有高的抵抗磨损的能力,以保持刀刃的锋利。一般说来,材料的硬度愈高,耐磨性愈好。随着硬度的降低,耐磨性亦变差。

##### (4) 高的热硬性

由于切削区温度很高,因此刀具材料应有在高温下仍能保持高硬度的性能。高温时硬度高则热硬性高。热硬性是评价刀具材料切削性能的主要指标之一。

##### (5) 良好的工艺性

为了便于刀具的制造,材料应有良好的切削加工性和可磨削性,对于工具钢还要求热处理性能好。可磨削性一般用磨削比(磨削量与砂轮磨损体积之比)表示,磨削比大则可磨削性好。

#### 2. 刀具材料的种类

##### (1) 碳素工具钢

碳素工具钢是含碳量在 0.7%~1.3% 之间的优质碳钢,淬火后硬度为 HRC61~65,但热硬性差,在 200~250℃ 时即失去原有硬度。且淬火后易变形和开裂,不宜做复杂刀具。常用作低速、简单的手工工具,如锉刀、锯条等。常用牌号为 T10A 和 T12A。

### (2) 合金工具钢

合金工具钢是在碳素工具钢中加入少量的铬、钨、锰、硅等合金元素的工具钢,以提高其热硬性和耐磨性,并减少热处理变形,耐热温度为 $350\sim 400^{\circ}\text{C}$ ,用以制造形状复杂且要求淬火变形小的刀具,如铰刀、丝锥、板牙等。常用牌号有 9SiCr 和 CrWMn。

### (3) 高速钢

高速钢是在钢中加入钨、铬、钒、钼等合金元素的高合金钢。

高速钢中由于加入了较多的合金元素,既能增加回火稳定性,又能从马氏体中弥散沉淀析出合金碳化物,大大提高了它的热硬性,在 $600^{\circ}\text{C}$ 下仍保持其硬度,故其允许切削速度可达 $0.5\text{m/s}$ ,比碳素工具钢高好几倍。高速钢的强度和韧性较高,能承受较大的载荷和冲击;刃磨性能好,磨出的切削刀比较锋利;热处理变形小。常用于制造形状复杂的成形刀具(拉刀、螺纹铣刀、各种齿轮刀具等)和精加工刀具。常用牌号有 W18Cr4V 和 W6Mo5Cr4V2。

为适应高温合金、高强度钢等难切削材料的加工,可通过调整化学成分(如增碳)和添加其他合金元素,使高速钢的切削性能进一步提高,得到各种类型的高性能高速钢(又称超高速钢)。95W18Cr4V(高碳钨高速钢)、110W1.5Mo9.5Cr4VCo8(钴高速钢)和 W6Mo5CrV2A1(铝高速钢)均属于高性能高速钢,这些钢号的常温硬度可达 HRC67~70,热硬性也有提高,在生产中均取得了良好的效果。特别是铝高速钢,切削性能好,价格仅为钴高速钢的 $1/3\sim 1/5$ ,已推广使用。

### (4) 硬质合金

硬质合金是由 WC、TiC 等高熔点的金属碳化物粉末,用 Co 或 Ni、Mo 等作黏结剂,用粉末冶金的方法烧结而成。它不仅硬度高达 HRA87~92(相当于 HRC70~75),并且有很高的热硬性;当切削温度高达 $1000^{\circ}\text{C}$ 时,尚能保持良好的切削性能。

硬质合金刀具的切削效率 $5\sim 10$ 倍于高速钢,广泛使用硬质合金是提高切削加工经济效益的最有效的途径之一。硬质合金刀具能切削一般工具钢刀具无法切削的材料,如淬硬钢之类的硬材料。它的缺点是性脆;抗弯强度和冲击韧性均比高速钢低。

硬质合金是重要的刀具材料。车刀和端铣刀大多使用硬质合金,钻头、深孔钻、铰刀、齿轮滚刀等刀具中,使用硬质合金的也日益增多。

### (5) 陶瓷

用作刀具的最常用陶瓷是  $\text{Al}_2\text{O}_3$  陶瓷,其硬度、耐磨性和热硬性均比硬质合金好,适于加工高硬度的材料。硬度为 HRA93~94,在 $1200^{\circ}\text{C}$ 的高温下仍能继续切削。陶瓷与金属的亲合力小,切削不易黏刀,不易产生积屑瘤,加工表面光洁。但陶瓷刀片性脆,抗弯强度与冲击韧性低,一般用于钢、铸铁以及高硬度材料(如淬硬钢)的半精加工和精加工。

为了提高陶瓷刀片的强度和韧性,可在矿物陶瓷中添加高熔点、高硬度的碳化物(如 TiC)和一些其他金属(如镍、钼)以构成复合陶瓷。如我国陶瓷刀片(牌号 AT6)就是复合陶瓷,其硬度为 HRA93.5~94.5。

我国的陶瓷刀片牌号有 AM、AMF、AT6、SG3、SG4、LT35、LT55 等。

### (6) 金刚石

有天然金刚石与人造金刚石两种。金刚石是目前已知的最硬材料,其硬度为 $10000\text{HV}$ ,精车有色金属时,加工精度可达 IT5,表面粗糙度 Ra 值为 $0.025\sim 0.012\mu\text{m}$ 。耐磨性好,在切削耐磨材料时,刀具耐用度通常为硬质合金的 $10\sim 100$ 倍。

金刚石的耐热性较差,一般低于 $800^{\circ}\text{C}$ ,而且由于金刚石是碳的同素异形体,在高温条件下,与铁原子起反应,刀具易产生黏接磨损。因此不适于加工钢铁材料,适用于硬质合金、陶瓷、高硅铝合金等耐磨材料的加工,以及有色金属和玻璃强化塑料等的加工。用金刚石粉制成的砂轮磨削硬质合金,磨削能力大大超过了碳化硅砂轮。

金刚石刀具多用于在高速下对有色金属及其合金进行精细车削和镗削,常用于连杆、活塞、汽缸等关键零件的最终加工。

近年来,我国还制成了复合人造金刚石刀片,它是把人造或天然金刚石单晶烧结在硬质合金基体上的双层刀片,牌号为FJ。其强度与硬质合金基体相近,耐磨性与金刚石相同,既可重磨,又可焊接,易于作成各种形状的刀片。

天然金刚石刀具在光学零件的超精密加工方面应用广泛,将在第4章中讲述。

### (7) 立方氮化硼(CBN)

CBN是20世纪70年代研制成功的一种新刀具材料。它的硬度仅次于金刚石(为8000、9000HV),但热稳定性高于金刚石,可耐 $1300\sim 1500^{\circ}\text{C}$ 的高温。且CBN不与铁原子起作用,因此它适于加工不能用金刚石加工的铁基合金,如高速钢、淬火钢、冷硬铸铁等,此外还适于切削钛合金和高硅铝合金。用于加工高温合金(如镍基合金)等难加工材料时,可大大提高生产率。

CBN砂轮在磨削难加工材料时非常有效。如W6Mo5Cr4V2高速钢淬硬后,用白色氧化铝砂轮根本无法磨削,用绿色碳化硅砂轮磨削时,磨削比在0.9以下,砂轮磨损大,不能进行精密磨削。而用CBN砂轮磨削,磨削比为碳化硅砂轮的850倍,能进行精密磨削。但CBN价格高昂,约为SiC价格的10倍以上,选用时必须考虑其经济性。目前多用于磨削HRC55以上的高速钢、模具钢、铬钼钢等。

CBN性脆,抗弯强度较差。将CBN烧结在硬质合金基体表面上,则构成复合立方氮化硼刀片,我国近年来已研制成功,牌号为FD,采用复合立方氮化硼刀片对淬火钢等材料进行车削和铣削时,加工精度可达IT6,表面粗糙度Ra值为 $0.4\sim 0.2\mu\text{m}$ ,可实现“以车代磨,以铣代磨”,大大提高了生产率。

此外聚晶立方氮化硼(所谓聚晶就是由许多细小的CBN晶粒,聚合而成的大颗粒多晶CBN块)刀具可用金刚石砂轮磨削,比聚晶金刚石刀具磨削要容易得多。

虽然CBN价格高昂,但随着难加工材料的应用日益广泛,它是一种大有前途的刀具材料。

## 3.2 常用切削加工方法简介

各种切削加工机床和方法尽管在基本原理方面有许多共同之处,但由于所用机床和刀具各不相同,切削运动形式也各异,所以它们有各自的工艺特点及应用范围。

### 3.2.1 机床的类型和基本构造

目前我国机床主要是按其加工性质和所用刀具进行分类的,共分为12大类,它们是车床、铣床、刨插床、拉床、磨床、钻床、镗床、螺纹加工机床、齿轮加工机床、电加工机床、切断机

床及其他机床。其中,车床、铣床、刨床、磨床和钻床是五种最基本的机床。尽管这些机床的构造、所用刀具和运动方式等各不相同,但由于它们的加工原理基本相同,因此它们的构造和传动方式有许多共同之处。归纳起来,它们都是由以下六个方面组成的。

① 主传动部分。主传动部分用于实现机床主运动。例如车床、铣床和钻床的主轴箱,刨床的变速箱和磨床的磨头等。

② 进给传动部分。进给传动部分用于实现机床进给运动,还用于实现机床的调整、退刀及快速运动等。例如车床的进给箱、溜板箱,刨床的进给机构,钻床、铣床的进给箱,磨床的液压传动装置等。

③ 工件安装部分。工件安装部分用于安装工件。例如普通车床的卡盘和尾架,刨床、铣床、平面磨床和钻床的工作台等。

④ 刀具安装部分。刀具安装部分用于安装刀具。例如车床、刨床的刀架,钻床、立式铣床的主轴,卧式铣床的刀轴,磨床磨头的砂轮轴等。

⑤ 支承部分。支承部分是机床的基础构件,用于支承和连接机床各零部件。例如各类机床的床身、立柱、底座、横梁等。

⑥ 动力部分。动力部分用于提供机床运动动力。

### 3.2.2 车削的工艺特点及其应用

车削是切削加工中应用最广的加工方法之一,它主要用于回转面和端平面的加工。

#### 1. 车削的工艺特点

(1) 车削所用刀具简单、刀具费用低。

车削刀具(车刀)是切削刀具中最简单的一种,它的制造、刃磨合装夹都很方便,所以车刀的制造和使用费用低。常用车刀的结构如图 3.2.1 所示,其中  $\gamma_0$  和  $\alpha_0$  分别为刀具前角和后角,为了得到最佳的切削效果,加工不同的材料时应选用不同的刀具前角  $\gamma_0$  和后角  $\alpha_0$ 。

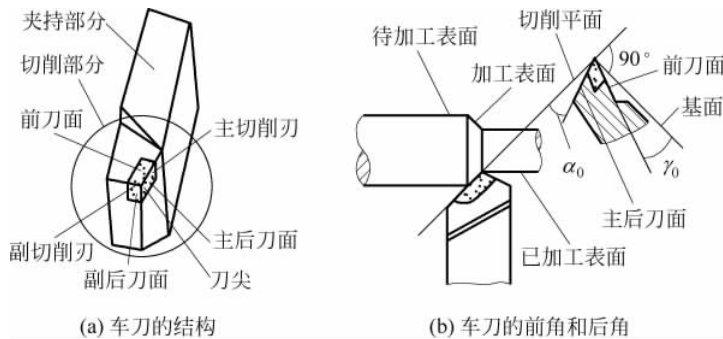


图 3.2.1 车刀的结构

(2) 车削主要用于回转面和端平面的加工,并易于保证零件各加工面之间的位置精度。车削回转零件时,零件可以在一次装夹下加工外圆面、内圆面、端面 and 切槽。加工过程