

李伯民 李清 编著 ●

超硬工具加工 与应用实例

CHAOYING GONGJU JIAGONG
YU YINGYONG SHILI

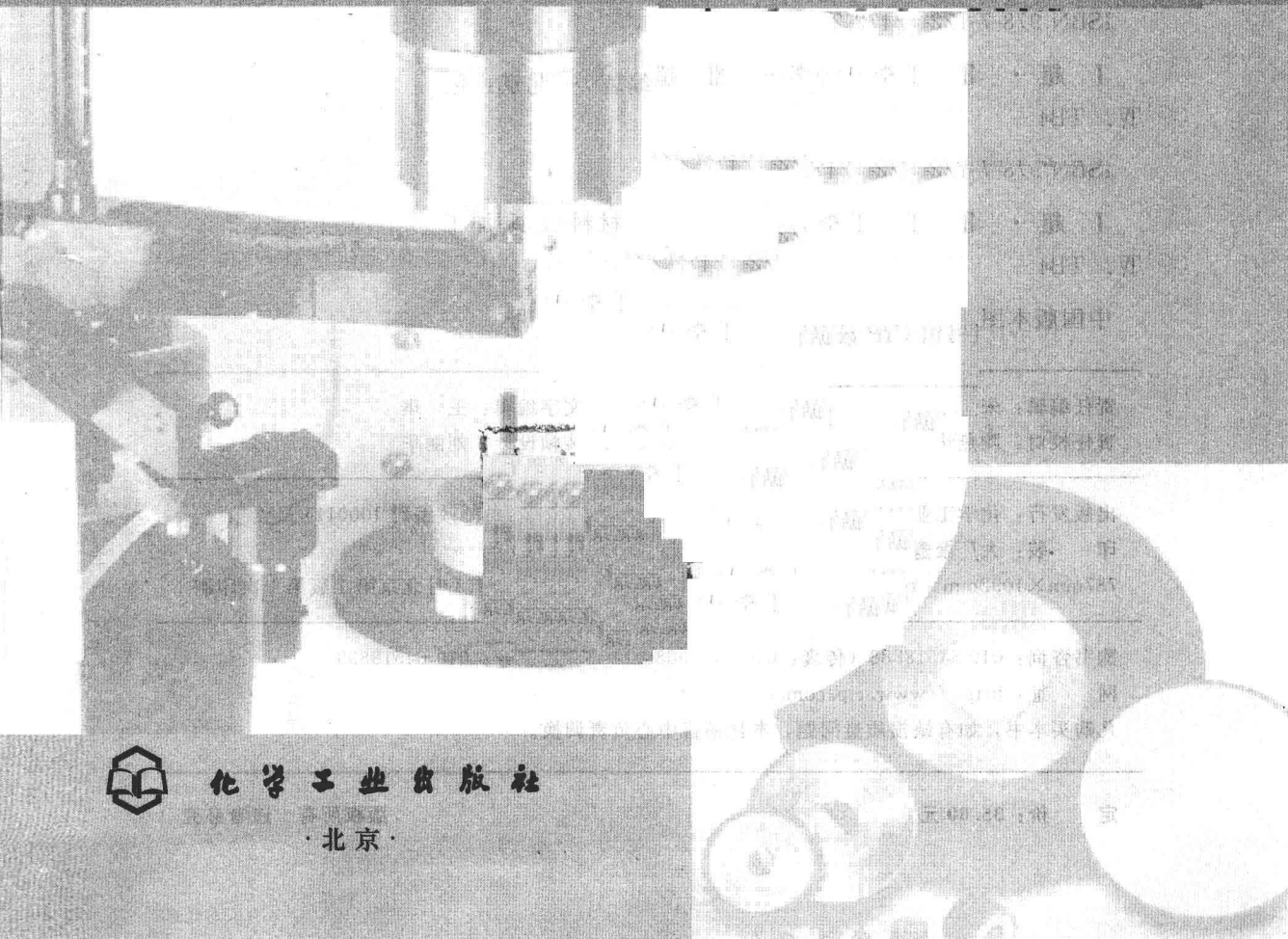


化学工业出版社

李伯民 李清 编著

超硬工具加工 与应用实例

CHAOYING GONGJU JIAGONG
YU YINGYONG SHILI



化学工业出版社

·北京·

本书以现代制造过程中超硬工具材料金刚石与立方氮化硼切削及磨削加工技术为核心内容,对金刚石与立方氮化硼刀具材料牌号、特性、刀具几何参数及切削用量的选择,对金刚石与立方氮化硼砂轮及磨削特性进行重点介绍,并分别对超硬材料工具、磨具加工有色金属、高温合金及耐热钢、淬火钢、耐磨铸件、高强度及超高强度钢、工程陶瓷、复合材料的可切削加工性及切削、磨削加工与实例进行专门论述。

本书可供广大机械加工、超硬工具加工企业工程技术人员、技术工人学习先进切削技术、先进磨削技术等使用和参考,还可作为相关大专院校机械制造专业、材料加工专业等在校师生的教学参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

超硬工具加工与应用实例/李伯民,李清编著. —北京:化学工业出版社, 2011. 12

ISBN 978-7-122-12472-2

I. 超… II. ①李…②李… III. 超硬材料-工具-加工
IV. TB4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 201930 号

责任编辑:朱 彤
责任校对:陶燕华

文字编辑:王 琪
装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张11½ 字数203千字 2012年1月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 35.00 元

版权所有 违者必究

前言

超硬材料金刚石与立方氮化硼（CBN）切削及磨削加工技术是现代制造工程中的先进技术，是实现高效率、高品质的精密、超精密加工的有效技术保障。在各种金属材料与非金属材料加工中，高速钢刀具、硬质合金刀具及涂层刀具仍在发挥重要作用并创造巨大经济效益，但随着材料科学的发展，金属材料与非金属材料特殊性能的实现，为材料的切削加工增加了难度。普通高速钢与硬质合金难以进行切削加工，而聚晶金刚石（PCD）与聚晶立方氮化硼（PCBN）刀具，却能够实现高效、高质量的切削加工。PCD与PCBN切削加工技术在我国起步较晚，应用中常受到机床功率、刚度、精度等因素的限制。虽然，超硬工具切削加工在应用上不够广泛，但国内学者近年来加强了对超硬工具切削加工的实验研究，积累了知识和经验。作者根据多年工作积累，编写了这本《超硬工具加工与应用实例》。本书以超硬工具材料金刚石与立方氮化硼的切削与磨削技术为核心内容，对超硬工具材料牌号与力学特性做了专门介绍，还分别对有色金属及其合金、高温合金及耐热钢、淬火钢、耐磨铸件、高强度及超高强度钢、工程陶瓷、复合材料等材料特性、可切削加工性做了论述。对金刚石和CBN刀具与磨具加工各种工程材料的刀具材料与磨料的选择，刀具几何参数，切削用量的选择及加工效果做了论述，还给出了很多加工实例。书中所选用的数据和表格，有些是工程中应用的有效数据，有些属于实验研究数据，也具有较强实用参考价值。在编写过程中，编者深感我国需要加强对超硬工具材料切削实验的研究，建立全面而系统的切削数据库系统，促进推广和应用超硬工具加工技术，提高机械制造生产率和产品质量。本书可供大中专机械制造与设计专业师生参考，也可作为机械工程领域工程技术人员及技术工人学习用书。

本书由李伯民、李清编写。李伯民编写第1、5、7、8章兼统稿。李清编写第2、3、4、6章。化学工业出版社为本书出版给予了大力支持，在此表示衷心感谢。

鉴于超硬工具加工技术是高新技术，涉及知识面宽，限于编者时间和学识限制，书中难免存在疏漏之处，敬请广大读者批评指正。

编著者

2011年10月

第 1 章 超硬材料工具	1
1.1 超硬材料工具概念及种类	2
1.1.1 超硬材料工具的种类	2
1.1.2 超硬材料工具制备的复合形式	3
1.2 金刚石工具	3
1.2.1 单晶金刚石刀具	3
1.2.2 聚晶金刚石刀具	6
1.2.3 CVD 金刚石薄膜刀具与 CVD 金刚石厚膜焊接刀具	7
1.3 立方氮化硼	8
1.3.1 立方氮化硼刀具的种类和特点	8
1.3.2 立方氮化硼刀具材料的选用	9
1.3.3 CBN 刀具在汽车零部件加工中应用	18
1.4 金刚石与立方氮化硼磨具	20
1.4.1 超硬磨具的选择	20
1.4.2 超硬材料磨具磨削用量的选择	21
第 2 章 有色金属及其合金的切削加工	24
2.1 铝及铝合金的材料特性	24
2.1.1 工业纯铝、铝合金牌号及特性	25
2.1.2 铝及其合金的可切削性	30

2.1.3	硬磁盘铝合金基片的金刚石刀具切割	30
2.1.4	铝硅合金活塞加工	34
2.1.5	高速铣削 7075-T6 铝合金	36
2.1.6	铣削高硅铝合金 AC8A-T6	38
2.2	铜及其合金的切削加工	39
2.2.1	工业纯铜及铜合金牌号及特性	39
2.2.2	铜及铜合金可切削性	41
2.2.3	纯铜及铜合金加工实例	41
2.3	镁及镁合金的切削加工	44
2.3.1	镁及镁合金牌号与特性	44
2.3.2	镁合金的可切削性	46
2.3.3	镁合金的加工实例	47
2.4	钛合金切削加工	48
2.4.1	钛合金分类、牌号与性能	48
2.4.2	钛合金的切削特点	50
2.4.3	金刚石与 CBN 刀具切削钛合金	52
2.4.4	CBN 砂轮磨削钛合金	53
第 3 章	耐热钢的切削加工	56
3.1	耐热钢分类牌号及特性	56
3.1.1	耐热钢的分类与牌号	56
3.1.2	高温合金特性	60
3.2	耐热钢切削加工特点	62
3.3	高温合金 PCBN 刀具高速切削加工及实例	63
3.3.1	GH4169 (相当于 InConel718) 合金 PCBN 刀具高速加工	63
3.3.2	铸造耐热钢 ZG30Cr20Ni10 炉门钩加工	64
3.3.3	汽轮机叶片的切削加工	66
3.3.4	压气机盘的加工	69
第 4 章	淬火钢的切削加工	74
4.1	CBN 刀具切削加工淬火钢	74
4.1.1	淬火钢的特性	74
4.1.2	CBN 切削淬火钢刀具几何参数与切削用量	75

4.2	PCBN 切削淬火钢加工实例	76
4.2.1	高速钢轧辊的加工	76
4.2.2	PCBN 复合片车削淬火轴承钢 GCr15	77
4.2.3	PCBN 刀具切削加工微凸桶形滚轮	77
4.3	淬火钢 CBN 磨具的磨削加工	80
4.3.1	淬火钢磨削加工特点	80
4.3.2	摩托车发动机连杆加工	80
第 5 章 超硬刀具切削加工耐磨铸铁件		83
5.1	耐磨铸铁件的材料与种类	83
5.1.1	低合金白口铸铁	83
5.1.2	镍硬铸铁	84
5.1.3	铬白口铸铁	85
5.1.4	贝氏体球墨铸铁	86
5.2	耐磨低合金铸铁件加工特点	87
5.2.1	耐磨低合金铸铁件及冷硬铸铁件的切削加工特点	87
5.2.2	耐磨低合金铸铁及冷硬铸铁切削加工途径	88
5.2.3	镍硬铸铁的切削加工特点	89
5.2.4	高铬铸铁的加工特点	89
5.2.5	奥贝球铁	90
5.2.6	车削冷硬铸铁轧辊	91
5.2.7	镍硬铸铁件加工实例	91
5.2.8	高铬铸铁件加工实例	93
5.2.9	ADI 球铁曲轴加工实例	93
第 6 章 超硬刀具切削加工耐磨铸钢件		99
6.1	耐磨铸钢件种类与特性	99
6.1.1	耐磨锰钢	99
6.1.2	耐磨合金钢	100
6.2	耐磨铸钢件切削加工特点	102
6.2.1	高锰钢的切削加工特点	102
6.2.2	改善高锰钢切削性能及切削加工途径	102
6.2.3	耐磨高强度钢和超高强度钢的切削加工特点	103

6.3	耐磨合金高强度钢及超高强度钢切削加工实例	105
6.3.1	车削耐磨高强度钢 30CrMnSiA 与 35CrMnSiA 钢	105
6.3.2	高速线材轧机耐磨合金钢精密轧辊磨削加工	106
6.3.3	涡轮轴的切削加工	107
6.3.4	梁类零件加工	109
第7章	工程陶瓷的加工技术	116
7.1	陶瓷材料的分类及基本特征	116
7.1.1	氧化物陶瓷	116
7.1.2	非氧化物陶瓷	118
7.1.3	功能陶瓷	119
7.2	工程陶瓷材料的切削加工	120
7.2.1	工程陶瓷材料的切削机理	120
7.2.2	工程陶瓷材料的切削特征	124
7.3	工程陶瓷材料的车削、铣削	126
7.3.1	工程陶瓷材料的车削加工	127
7.3.2	工程陶瓷材料的铣削加工	128
7.3.3	超硬刀具切削陶瓷	131
7.4	工程陶瓷材料的磨削加工	131
7.4.1	工程陶瓷磨削机理	132
7.4.2	工程陶瓷材料的磨削特性	135
7.4.3	工程陶瓷材料的端面磨削	137
7.4.4	工程陶瓷材料的大背吃刀量缓进给磨削	138
7.5	工程陶瓷超精密磨削技术	142
7.5.1	超精密磨削砂轮及修整	142
7.5.2	超精密磨削条件	143
7.6	高速磨削加工陶瓷材料	143
7.6.1	高速/超高速磨削加工技术	143
7.6.2	高速/超高速磨削工艺形式	144
7.7	工程陶瓷零件加工实例	145
7.7.1	车削和 Al_2O_3 陶瓷与 Si_3N_4 陶瓷	145
7.7.2	Al_2O_3 、 Si_3N_4 、 SiC 、 ZrO_2 陶瓷金刚石砂轮的磨削特性	146
7.7.3	工程陶瓷的镜面磨削	148

第 8 章 复合材料的切削加工	152
8.1 复合材料的分类及特点	152
8.1.1 复合材料的定义及特点	152
8.1.2 复合材料分类	152
8.1.3 复合材料的基本性能	153
8.1.4 聚合物基复合材料	154
8.1.5 金属基复合材料	156
8.1.6 无机非金属物基复合材料	159
8.2 复合材料的切削加工	162
8.2.1 聚合物基纤维增强复合材料的切削加工	162
8.2.2 金属基复合材料的切削加工	163
8.3 复合材料切削加工实例	166
8.3.1 双层异构式复合材料飞轮转子的加工	166
8.3.2 SiC_p/Al 复合材料的高速铣削加工	167
8.3.3 PCD 刀具车削 SiC_p/Al 、 $\text{Al}_2\text{O}_3p/\text{Al}$ 复合材料	168
8.3.4 金刚石薄膜涂层刀具车削碳纤维增强塑料	168
8.3.5 C/C 复合材料的加工	169
参考文献	170

超硬材料工具

超硬材料是以金刚石为代表的具有很高硬度的物质的总称。人们习惯把金刚石和硬度接近金刚石的材料称为超硬材料。常用来进行切削加工的超硬材料有天然金刚石、人造金刚石、立方氮化硼（CBN）。本章主要介绍金刚石刀具、立方氮化硼刀具、金刚石磨料与磨具、CBN磨料与磨具在加工中的应用。人造金刚石、立方氮化硼的品种代号及适用范围（GB/T 6405—1994）列于表 1-1。聚晶金刚石及聚晶 CBN 的主要性能指标列于表 1-2。

表 1-1 人造金刚石、立方氮化硼的品种代号及适用范围
(摘自 GB/T 6405—1994)

品 种		适用范围		
系列	代号	粒度/ μm		推荐用途
		窄范围	宽范围	
人造 金刚石	PVD	60/70~325/400		树脂、陶瓷结合剂制品等
	MBD	35/40~325/400	30/40~60/80	金属结合剂磨具、锯切、钻探工具及电镀制品
	SCD	60/70~325/400		树脂结合剂磨具,加工钢与硬质合金组合件等
	SMD	16/18~60/70	16/20~60/80	锯切、钻探及修整工具
	DMD	16/18~60/70	16/20~40/50	修整工具
	M-SD	36/54~0/0.5		硬、脆材料的精磨、研磨和抛光等
立方 氮化硼	CBN	20/25~325/400	20/30~60/80	树脂、陶瓷结合剂制品等
	M-CBN	36/54~0/0.5		硬、韧材料的精磨、研磨和抛光等

表 1-2 刀具材料的主要性能指标

种类	密度 /(g/cm ³)	耐热性 /℃	硬度	抗弯强度 /MPa	热导率 /[W/(m·K)]	热膨胀系数 /10 ⁻⁶ ℃ ⁻¹	
聚晶金刚石	3.47~3.56	700~800	>9000HV	600~1100	210	3.1	
聚晶立方氮化硼	3.44~3.49	1300~1500	4500HV	500~800	130	4.7	
陶瓷刀具	3.1~5.0	>1200	91~95HRA	700~1500	15.0~38.0	7.0~9.0	
硬 质 合 金	钨钴类	14.0~15.5	800	89~91.5HRA	1000~2350	74.5~87.9	3~7.5
	钨钴钛类	9.0~14.0	900	89~92.5HRA	800~1800	20.9~62.8	
	通用合金	12.0~14.0	1000~1100	89~92.5HRA			
	TiC 基合金	5.0~7.0	1100	92~93.5HRA	1150~1350		8.2
高速钢	8.0~8.8	600~700	62~70HRC	2000~4500	15.0~30.0	8~12	

1.1 超硬材料工具概念及种类

超硬材料工具是人类生产工具中的一种先进工具。特别是对于现代制造业，超硬材料工具以其超凡的锋利创造出高的生产率。作为加工工具必须具有足够高的强度和一定形状的要求。人工合成的金刚石与 CBN 磨料颗粒均较细小，难以直接用于工具，必须借助于结合剂的材料或用有效特殊方法将其固定于工具的有效工作部分，即通过材料复合技术将其制备成具有一定强度和形状，可供机械使用的工具或手工工具。

1.1.1 超硬材料工具的种类

超硬材料工具种类繁多，已应用于机械加工、汽车制造、航空航天、生物、医疗器具、电子信息、建筑、交通、地质采矿、艺术等各个领域。对超硬材料工具的分类可按结合剂种类分为金属结合剂超硬材料工具、陶瓷结合剂超硬材料工具、树脂结合剂超硬材料工具；按制造方法分为超硬材料烧结工具、超硬材料电镀工具、超硬材料聚晶工具、超硬材料高温钎焊工具；按超硬材料用途分为超硬材料刀具、超硬材料磨具、超硬材料钻具、超硬材料锯切工具、超硬材料拉丝模具等。

超硬材料刀具有天然单晶金刚石（用于加工有色金属及合金）、聚晶金刚石（PCD）、聚晶立方氮化硼（PCBN）、CVD 金刚石薄膜刀具与 CVD 金刚石厚膜焊接工具。

1.1.2 超硬材料工具制备的复合形式

(1) 镀层 采用电镀方法在工具表面镀覆上含有超硬磨料的金属层。金刚石或 CBN 磨料均匀弥散地分布在镀层中,制成电镀工具,或用物理气相沉积 (PVC) 或化学气相沉积 (CVD) 法在工具表面上沉积一层致密的多晶型 (聚晶) 金刚石 (PCD) 或聚晶 CBN (PCBN) 薄膜,制备出金刚石或 CBN 镀膜刀具、钻具、模具等。

(2) 金刚石或 CBN/金属复合体 将超硬磨料与金属或合金粉末混合均匀,压制成形,再经保护气氛烧结或真空烧结制备出金属结合剂超硬材料磨具、钻头、刀具、锯片等。

(3) 金刚石或 CBN/树脂复合体 将预处理好的超硬磨料均匀混合到树脂粉和填料中,经过冷压或热压成形,再经固化工艺进行热固化制备出超硬材料树脂磨具、切割片等。

(4) 金刚石或 CBN/陶瓷复合体 将玻璃和陶瓷粉料与超硬磨料均匀混合压制成形,再经烧结制备成陶瓷结合剂磨具。

(5) 聚晶金刚石 (PCD) 或聚晶 CBN (PCBN) 选用合适形状及尺寸的超硬磨料,预处理后在高温高压有金属相存在的条件下烧结而成。超硬磨料体积浓度达 90% 以上,可制备成切具刀头、钻头、拉伸模模具。

(6) 金刚石或 CBN/硬质合金复合体 将聚晶金刚石及聚晶 CBN 在高温高压下固结于一层硬质合金衬底上形成金刚石或 CBN 复合体、PCD 或 PCBN 复合体。

1.2 金刚石工具

1.2.1 单晶金刚石刀具

单晶金刚石刀具是目前超精密加工有色金属的主要切削刀具,可实现镜面加工。天然单晶金刚石刀具硬度高,耐磨性好,在加工含有硬质点的硅铅合金等耐磨材料时,刀具寿命为硬质合金的 100 倍。刀尖和刃口锋利。单晶金刚石刀具刃口半径可达 $0.1 \sim 0.5 \mu\text{m}$ 。其切削厚度最小达 $1 \mu\text{m}$,加工表面粗糙度达 $R_a 0.01 \mu\text{m}$ 。单晶金刚石具有各向异性的特点,在不同晶面上原子的密度不同,硬度和抗压强度各不相同。单晶金刚石易沿着解理面裂开。因此,在制造单晶金刚石刀具时刀面和刀刃的设计,研磨方向的选择是很重要的,刀具承受切削力

的方向应在某一晶面上并同该晶面硬度最大方向一致，以便刀具具有高的耐磨性。研磨方向应选取晶面最软的方向，即垂直于“晶纹”的方向。晶纹是单晶体外晶面上的层纹状纹理，如金刚石十二面体晶纹方向总是与菱形外晶面的长对角线方向一致，是晶面硬度最大方向，则研磨金刚石刀具的研磨方向应垂直于此方向。

单晶金刚石刀具广泛应用于加工计算机磁盘基片、磁鼓、激光反射镜、天文望远镜、光学仪器等零件。

(1) 金刚石刀具切削部分的几何形状

① 刀头形式 金刚石刀具一般不采用主切削刃和副切削刃相交为一点的尖锐的刀尖，这样的刀尖不仅容易崩刃和磨损，而且在加工表面上留下加工痕迹，使表面粗糙度值增大。金刚石刀具的主切削刃和副切削刃之间采用过渡刃对加工表面起修光作用。有用直线修光刃的，也有用圆弧修光刃的，这有利于获得好的加工表面质量。

图 1-1 是几种不同的刀头形式。其中图 1-1(a) 一般不用；使用的是其他几种形式，有用圆弧的 [见图 1-1(b)]，有直线修光刃的 [见图 1-1(c)、(d)、(f)]，有圆弧修光刃的 [见图 1-1(e)]。

国内在加工圆柱面、圆锥面和端平面时，多采用直线修光刃，直线修光刃制造研磨容易。这种刀要求对刀良好，直线修光刃应严格和进给方向一致，可以得到令人满意的加工表面 ($R_a < 0.02\mu\text{m}$)。直线修光刃的长度一般取 $0.1 \sim$

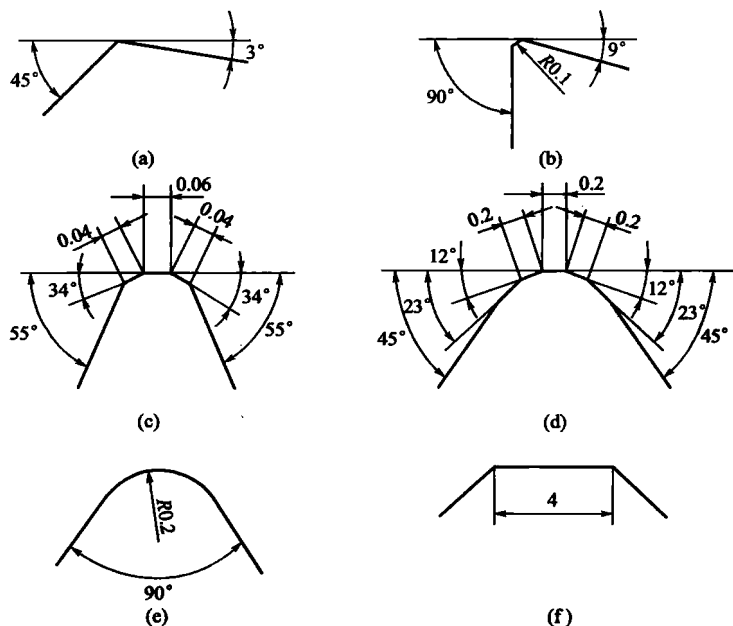


图 1-1 金刚石刀具的不同刀头形式

0.2mm，修光刃太长会增加径向切削力，修光刃和工件表面过多摩擦会使表面粗糙度值增大并加速刀具磨损。

国外金刚石刀具较多采用圆弧修光刃。超精密切削时进给量甚小，一般 $f < 0.02\text{mm/s}$ ，圆弧修光刃留下的残余面积小，对表面粗糙度影响不大。采用圆弧修光刃时，对刀容易，使用方便，但刀具制造研磨困难，加工费用高。国外标准的金刚石刀具，推荐的修光刃圆弧半径 $R=0.5\sim 3\text{mm}$ 。

金刚石刀具的主偏角 κ_r ，平时采用 $30^\circ\sim 90^\circ$ ，用得较多的是 45° 。

② 前角和后角 由于金刚石的脆性，在保证获得较小的加工表面粗糙度前提下，为增加切削刃的强度，应采用较大的刀具楔角 β ，故刀具的前角和后角都取得较小。增大金刚石刀具的后角，可减少刀具后面和加工表面的摩擦，可减少表面粗糙度。曾有试验，后角 α_0 增大到 15° ，加工表面质量有明显提高。但为保证切削刃强度，一般取 α_0 为 $5^\circ\sim 8^\circ$ ，并且用得较多的是 $5^\circ\sim 6^\circ$ 。加工球面和非球面的圆弧修光刃刀具，常取 $\alpha_0=10^\circ$ 。

金刚石刀具的前角 γ_0 ，根据加工材料选择，切铝、铜合金时前角可取 $0^\circ\sim 5^\circ$ 。

③ 金刚石车刀举例 图 1-2 所示是一种可用于车削铝合金、纯铜、黄铜的通用金刚石车刀。这种车刀采用主偏角 45° ，前角 $\gamma_0=0^\circ$ ，后角 $\alpha_0=5^\circ$ 。采用直线修光刃，修光刃长度 0.15mm，使用效果好，能稳定地加工出 $R_a < 0.005\sim 0.02\mu\text{m}$ 的表面。

图 1-3 所示是美国 Contour 精密刀具公司的基本型和特殊偏位型两种标准金

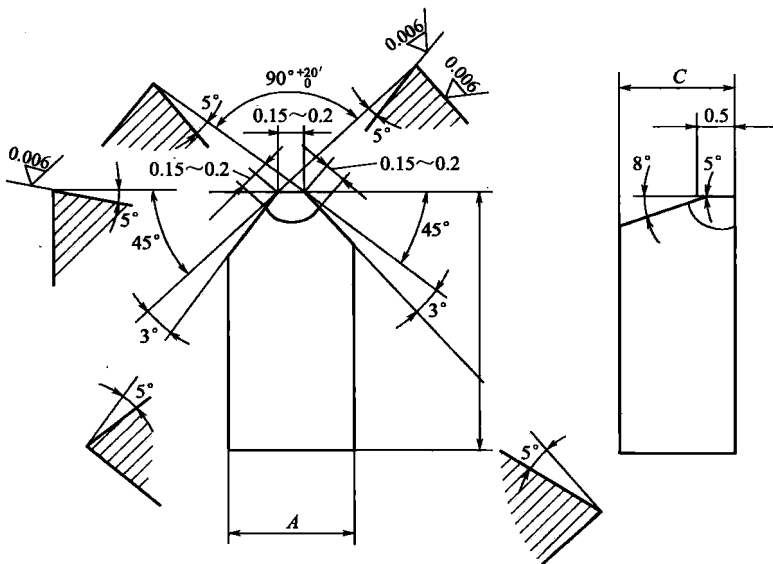


图 1-2 通用金刚石车刀

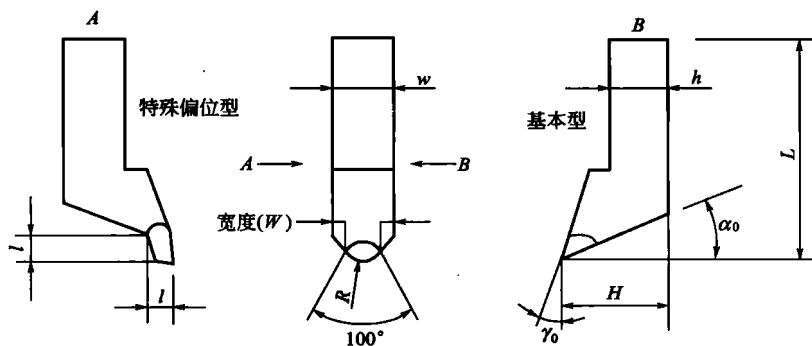


图 1-3 圆弧修光刀金刚石车刀

刚石车刀。它采用圆弧修光刀，修光刀圆弧半径 $R=0.5\sim 1.5\text{mm}$ ，由用户自选。后角采用 $\alpha_0=10^\circ$ ，刀具前角可根据加工材料由用户选定。

(2) 金刚石刀具前、后面晶面的选择 由于单晶金刚石晶体的各向异性，各方向的硬度、耐磨性、微观强度和解理碎裂的概率、研磨加工的难易程度等性能相差甚为悬殊。因此，金刚石刀具的前面和后面应选择什么晶面为佳是一个尚须探究的问题。目前，国内制造的金刚石刀具一般前面和后面都采用 (110) 晶面，国外有选用 (100) 晶面，也有选用 (110) 晶面。国内学者推荐前面选择 (100) 晶面，其理由为 (100) 晶面耐磨性优于 (110) 晶面，而且微观破损强度高高于 (110) 晶面，破损概率比 (110) 晶面低很多。因此，用 (100) 晶面做前、后面时，切削刃有较高的微观强度。刀刃产生崩刃的概率低。(100) 晶面和有色金属之间摩擦因数低于 (110) 晶面的摩擦因数。用 (100) 晶面做前面与后面时，可使切削变形减少，使加工表面变形和残留应力减少，有利于提高加工表面质量。在金刚石的晶体结构中有三组相互垂直的 (100) 晶面，用于加工铝合金或铜合金的金刚石刀具，常取后角 $\alpha_0=5^\circ\sim 6^\circ$ ，前角 $\gamma_0=-6^\circ\sim -5^\circ$ ，这时刀具楔角为 90° ，刀具的前面与后面均可选用 (100) 晶面。制造的金刚石刀具由于 (100) 晶面微观强度高，又易于研磨出锋锐的切削刃。使用这种金刚石刀具能在长时间切削后仍保持切削刃锋锐，对延长刀具寿命很有利。

(3) 金刚石刀具的结构和金刚石的固定方法 金刚石刀具常把金刚石固定在小头上，切头用螺钉或压板固定在刀杆上。切头上固定金刚石的方法有机械夹固定法，用粉末冶金法固定或使用黏结或钎焊法固定。

1.2.2 聚晶金刚石刀具

聚晶金刚石 (PCD) 刀具主要用于加工耐磨有色金属及其合金和非金属材料

料,与硬质合金刀具相比,能在很长的切削过程中保持锋利刃口和切削效率,使用寿命远远高于硬质合金刀具。在PCD刀具应用领域中,车削占37.6%,镗削占27.1%,铣削占20%,铰削占14.1%,钻削占1.2%。目前,PCD刀具已经广泛应用于汽车、摩托车、航空航天工业、国防工业中一些难加工的有色金属及其合金零部件的高精密加工。据统计,在PCD刀具的使用领域中,汽车、摩托车占53%,飞机占10%,木材及塑料加工占26%,其他占11%。

聚晶金刚石铣刀、镗刀、车刀、铰刀、复合孔加工等数控刀具等正大量应用于高强度、高硬度硅铝合金零部件自动生产线上,如用于加工汽车和摩托车发动机铝合金活塞的裙部、销孔、汽缸体、变速箱、化油器等。由于这些零件材料含硅量较高 [$w(\text{Si})=12\%$ 以上],并且大多数采用流水线方式大批量生产,对刀具寿命要求较高,硬质合金刀具难以胜任,而PCD刀具寿命远高于硬质合金刀具,是硬质合金刀具寿命的几十甚至几百倍,并且可大大提高切削速度、加工效率和工件的加工质量。在加工含硅量较高的铝合金时,除PCD刀具外,其他所有的刀具都在很短的时间内产生严重的磨损而不能继续切削。

此外,PCD刀具还非常适合对难加工非金属材料(如木材、人造板材强化复合地板、碳纤维增强塑料、石墨、陶瓷、石材等)进行加工。

PCD刀具从结构上主要可分为焊接式PCD刀具和可转位式PCD刀片。PCD刀片可分为整体聚晶金刚石刀片和聚晶金刚石复合刀片。目前,大多数使用的PCD刀片都是与硬质合金基体烧结而成的复合刀片,以提高PCD刀片的韧性和便于焊接。即在硬质合金的基体上烧结一层约0.7mm厚的PCD,这种刀片的抗弯强度和硬质合金基本一致,硬度接近整体PCD,可焊接性好,重磨容易,成本低。

近年来焊接式PCD刀具中发展较快的品种是带标准刀柄的PCD刀具,如带柄PCD铣刀、PCD镗刀、PCD铰刀等,刀柄形式主要为圆柱柄、锥柄和HSK柄。可转位式PCD刀片是在硬质合金可转位刀片上镶装一块PCD刀坯再经刃磨而成,可装夹在各种数控机床的刀杆、刀夹或刀盘上,用于高可靠性的大批量加工。随着数控机床、加工中心及自动化生产线的日益普及,可转位式PCD刀片的使用越来越多,其刀具寿命较硬质合金刀具可提高几十倍。

1.2.3 CVD金刚石薄膜刀具与CVD金刚石厚膜焊接刀具

化学气相沉积(CVD)法将金刚石薄膜沉积在硬质合金刀片上,金刚石薄膜厚度为 $10\sim 25\mu\text{m}$,形成金刚石涂层刀片。

CVD金刚石不含任何金属或非金属添加剂,力学性能兼具单晶金刚石和