

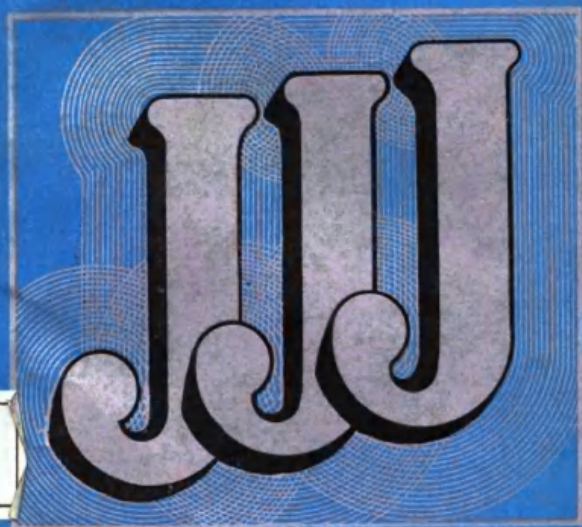
国家机械工业委员会统编

# 金属切削原理与刀具

(中级冷加工适用)

机械工人技术理论培训教材

JIXIE GONGREN JISHULILUN PEIXUN JIAOCAI



机械工业出版社

全书共分六章，内容包括：刀具材料和几何参数、金属切削过程、刀具的磨损与刃磨、刀具几何参数的选择、常用刀具和磨削、金属材料的切削加工性和切削刀具。

本书适用于机械制造类中级工应知培训，也可供其他金属切削工人学习参考。为了便于学习，本书各章附有复习题。

本书由上海工具厂王松年、丁关根编写，许品正、章茂林审稿。

## 金属切削原理与刀具

(中级冷加工适用)

国家机械工业委员会统编

责任编辑：吴天培 责任校对：刘志文

版式设计：乔玲

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南里一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

中国农业机械出版社印刷厂印刷

机械工业出版社发行·新华书店经销

开本 787×1092<sup>1</sup>/<sub>32</sub>·印张4<sup>3</sup>/<sub>4</sub>·字数101千字

1988年9月北京第一版·1988年9月北京第一次印刷

印数 00,001—30,000·定价：1.55元

ISBN 7-111-00793-X/TG·187

## 前 言

1981年，原第一机械工业部为贯彻、落实《中共中央、国务院关于加强职工教育工作的决定》，确定对机械工业系统的技术工人按照初、中、高三个阶段进行技术培训。为此，组织制定了30个通用技术工种的《工人初、中级技术理论教学计划、教学大纲（试行）》，编写了相应的教材，有力地推动了“六五”期间机械行业的工人培训工作，初步改变了十年动乱造成的工人队伍文化技术水平低下的状况，取得了比较显著的成绩。

鉴于原机械工业部1985年对《工人技术等级标准（通用部分）》进行了全面修订，原教学计划、教学大纲已不适应新《标准》的要求，而且缺少高级部分；编写的教材，由于时间仓促、经验不足，在内容上存在着偏深、偏多、偏难等脱离实际的问题。为此，原机械工业部根据新《标准》，重新制定了33个通用技术工种的《机械工人技术理论培训计划、培训大纲》（初、中、高级），于1987年3月由国家机械工业委员会颁发，并根据培训计划、大纲的要求，编写了配套教材148种。

这套新教材的编写，体现了《国家教育委员会关于改革和发展成人教育的决定》中对“技术工人要按岗位要求开展技术等级培训”的有关精神，坚持了文化课为技术基础课服务，技术基础课为专业课服务，专业课为提高操作技能和分析解决生产实际问题的能力服务的原则。在内容上，力求以基本概念和原理为主，突出针对性和实用性，着重讲授基本

知识，注重能力的培养，并从当前机械行业工人队伍素质的实际情况出发，努力做到理论联系实际，通俗易懂，具有工人培训教材的特色，同时注意了初、中、高三级之间合理的衔接，便于在职技术工人学习运用。

这套教材是国家机械工业委员会委托上海、江苏、四川、沈阳等地机械工业管理部门和上海材料研究所、湘潭电机厂、长春第一汽车制造厂、济南第二机床厂等单位，组织了二百多个企业、院校和科研单位的近千名从事职工教育的同志、工程技术人员、教师、科技工作者及富有生产经验的老工人，在调查研究和认真汲取“六五”期间工人教材建设工作经验教训的基础上编写的。在新教材行将出版之际，谨向为此付出艰辛劳动的全体编、审人员，各地的组织领导者，以及积极支持教材编审出版并予以通力合作的各有关单位和机械工业出版社致以深切的谢意！

编好、出好这套教材不容易；教好、学好这些课程更需要广大职教工作者和技术工人的奋发努力。新教材仍难免存在某些缺点和错误，我们恳切地希望同志们在教和学的过程中发现问题，及时提出批评和指正，以便再版时修订，使其更完善，更好地发挥为振兴机械工业服务的作用。

国家机械工业委员会  
技工培训教材编审组 1987年11月

# 目 录

## 前言

第一章 刀具材料和几何参数.....	1
第一节 刀具材料.....	1
第二节 刀具的几何参数.....	12
复习题.....	22
第二章 金属切削过程.....	24
第一节 切屑的形成.....	24
第二节 积屑瘤.....	28
第三节 切屑的形状及控制.....	31
第四节 切削力及其影响.....	38
第五节 切削热与切削温度.....	42
第六节 切削液.....	46
复习题.....	50
第三章 刀具的磨损与刃磨.....	51
第一节 刀具的磨损及其原因.....	51
第二节 刀具的磨钝标准.....	55
第三节 刀具寿命及其影响.....	57
第四节 刀具的刃磨.....	61
复习题.....	67
第四章 刀具几何参数的选择.....	68
第一节 刀具几何参数合理选择的意义.....	68
第二节 几何角度的选择及其影响.....	69
第三节 几何参数的选用实例及先进刀具.....	78

复习题 .....	81
第五章 常用刀具和磨削 .....	83
第一节 钻头 .....	83
第二节 铰刀 .....	90
第三节 丝锥与板牙 .....	96
第四节 铣刀 .....	105
第五节 磨削原理及砂轮的选择 .....	110
复习题 .....	120
第六章 金属材料的切削加工性和切削刀具 .....	121
第一节 金属材料的切削加工性 .....	121
第二节 碳素钢、高强度合金钢、不锈钢和淬火 钢的切削加工性和切削刀具 .....	124
第三节 铸铁的切削加工性和切削刀具 .....	134
第四节 有色金属的切削加工性和切削刀具 .....	139
复习题 .....	144

# 第一章 刀具材料和几何参数

## 第一节 刀具材料

### 一、刀具材料的基本要求

在金属切削过程中,刀具的切削部分是在较大的切削力、较高的切削温度和剧烈的摩擦条件下进行工作的。刀具寿命的长短、切削效率的高低,首先取决于刀具材料是否具有良好的切削性能。此外,刀具材料的工艺性能对刀具本身的制造与刃磨质量也有着显著的影响。因此,刀具切削部分材料必须具备下列要求。

1. 高硬度 刀具切削部分的硬度要高于被加工材料的硬度。常温下,刀具的硬度应在HRC60以上。对某些难以切削的材料,刀具的硬度要求在HRC65以上。

2. 高耐磨性 它表示材料抵抗磨损的能力。通常刀具材料的硬度越高、耐磨性越好。

3. 足够的强度和韧性 在切削过程中,刀具要经得起所承受的各种应力和冲击,才能防止刀具的崩刃或脆性断裂。一般用抗弯强度( $\sigma_{bb}$ )和冲击韧性( $a_k$ )来衡量它们的好坏。

4. 高的耐热性 耐热性(又称红硬性)是指材料在高温下能够保持其硬度的性能。它是衡量刀具材料切削性能的主要指标。

5. 良好的工艺性 为了便于刀具的制造,要求刀具材料具有良好的可加工性和热处理性能(如淬透性好,淬火变形

小，脱碳层浅等）。

此外，还应考虑到刀具材料的经济性。经济性差的刀具材料难以推广使用。

## 二、刀具材料的种类

刀具材料的种类很多，常用的金属材料有碳素工具钢、合金工具钢、高速工具钢及硬质合金；非金属材料有陶瓷、人造金刚石、立方氮化硼等，见表1-1。

1. 碳素工具钢 碳素工具钢是指含碳量为0.65~1.35%的优质高碳钢。用以制造刀具的常用牌号有T8A、T10A、T12A。由于其刀刃受热至200~250℃时，硬度和耐磨性就迅速下降、允许的切削速度低（ $< 8 \text{ m/min}$ ）、热处理变形大、淬透性差，目前多用于制造低速、手动刀具，如锉刀、手用锯条等。

2. 合金工具钢 为了改善碳素工具钢的性能，常在其中加入适量的合金元素如锰、铬、钨、硅等，从而形成了合金工具钢。合金工具钢的常用牌号有9SiCr、GCr15、CrWMn、Cr12MoV等，见表1-2。合金工具钢与碳素工具钢相比，其热处理后的硬度相近（HRC60~65），耐热性、耐磨性略高，热处理性能较好，但由于高速工具钢的种类不断增多，质量不断提高，而合金工具钢刀具的切削速度和刀具寿命又远不如高速工具钢，因而它的用途受到很大的限制，只用于制造一些低速、手动刀具，如手用丝锥、手用铰刀、圆板牙、搓丝板及硬质合金钻头的刀体等。

3. 高速工具钢(简称高速钢) 高速钢是一种含钨(W)、铬(Cr)、钼(Mo)、钒(V)等合金元素较多的工具钢。与碳素工具钢和合金工具钢相比，它的耐热性显著提高，允许的切削速度比前两种钢提高两倍以上。



表1-1 各种刀具材料的物理机械性能

材料种类	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	硬度HRC (HRA) [HV]	抗弯强度 σ <sub>bb</sub> (MPa)	冲击韧性 α <sub>k</sub> (kJ/cm <sup>2</sup> )	导热系数 K (W/m·K)	耐热性 (°C)
工 具 钢	碳素工具钢	7.6~7.8 (81.2~84)	2160	—	41.87	200~250
	合金工具钢	7.7~7.9 (81.2~84)	2350	—	41.87	300~400
	高速钢	8.0~8.8 (83~86.6)	1960~4410	0.0098~0.0588	16.75~25.1	600~700
硬 质 合 金	钨钴类	11.4~15.3 (89~91.5)	1080~2160	0.0019~0.0059	75.4~87.9	800
	钨钛钴类	9.35~13.2 (89~92.5)	882~1370	0.00029~0.00068	20.9~62.8	900
	钨钛钽(钼)钴类	14.4~15.0 (~92)	1470	—	—	1000~1100
	碳化钛基类	12.7~13.5 (92~93.3)	780~1080	—	—	1100
	氧化铝陶瓷	3.6~4.7 (91~95)	440~6860 710~880	0.00049~0.00117	4.19~20.93	1200 1100
陶 瓷	氮化硅陶瓷	3.26 [5000]	735~830	—	37.68	1300
	立方氮化硼	3.44~3.49 [8000~9000]	2940	—	75.55	1400~1500
超硬 材料	人造金刚石	3.47~3.56 [10000]	210~480	—	146.54	700~800

表1-2 常用合金工具钢的主要化学成分

牌号	化 学 成 分 (%)						
	C	Mn	Si	Cr	W	V	Mo
9SiCr	0.85 ~0.95	0.30 ~0.60	1.20 ~1.60	0.95 ~1.25	—	—	—
CrWMn	0.90 ~1.05	0.80 ~1.10	0.15 ~0.35	0.90 ~1.20	1.20 ~1.60	—	—
Cr12MoV	1.45 ~1.70	≤0.35	≤0.40	11.00 ~12.50	—	0.15 ~0.30	0.40 ~0.60
GCr15	0.95 ~1.05	0.20 ~0.40	0.15 ~0.35	1.30 ~1.65	—	—	—

高速钢具有良好的淬透性,淬火后的硬度为HRC63~66,有的可达HRC67~70,具有较高的强度、韧性和耐磨性。当切削温度达540~600℃时,仍能维持其切削性能,但它的导热系数低,所以在热处理和锻造时应缓慢地加热;磨削时也不能采用较大的切削用量,否则容易产生烧伤或裂纹的现象。

高速钢是一种综合性能好、应用范围较广的刀具材料,它适用于制造各种结构复杂的刀具,如成形车刀、铣刀、钻头、铰刀、拉刀、齿轮刀具、螺纹刀具等。它能够切削加工的材料范围很广,包括有色金属、铸铁、碳钢、合金钢等。

高速钢按其用途和性能可分为通用高速钢、高性能高速钢两类;按其化学成分可分为钨系高速钢和钼系高速钢两类。常用的高速钢的化学成分、物理机械性能见表1-3。

(1) 通用高速钢 通用高速钢是指加工一般金属材料用的高速钢。常用的有两个品种。

1) W18Cr4V 属于钨系高速钢。其淬火后的硬度为HRC63~66,耐热性可达620℃,抗弯强度 $\sigma_{bb} \approx 3430\text{MPa}$ 。由于它的含钒量低,磨削性能好,热处理工艺控制方便,在60

表1-3 常用高速钢的化学成分、性能

类型	牌 号	化 学 成 分 ( % )						硬度 HRC	抗弯强 度 $\sigma_{bb}$ (MPa)	冲击韧 性 $a_k$ (kJ/ cm <sup>2</sup> )	600℃ 高温 硬度 HRC	磨削性能	
		C	W	Mo	Cr	V	Co						Al
通用 高速 钢	W18Cr4V	0.70 ~0.80	17.5 ~19.0	≤0.30	3.80 ~4.40	1.00 ~1.40	—	—	63~66	3430	0.030	48.5	好。普通刚玉 砂轮磨
	W6Mo5Cr4V2	0.80 ~0.90	5.50 ~6.75	4.50 ~5.50	3.80 ~4.40	1.75 ~2.20	—	—	63~66	4500 ~4700	0.050	47~48	较W18Cr4V 稍差一些。普 通刚玉砂轮 磨
高性 能高 速 钢	W12Cr4V4Mo	1.20 ~1.40	11.50 ~13.00	0.90 ~1.20	3.80 ~4.40	3.80 ~4.40	—	—	65~67	3200	0.025	51.7	差
	W6Mo5Cr4V2Al (501)	1.05 ~1.20	5.50 ~6.75	4.50 ~5.55	3.80 ~4.40	1.75 ~2.20	—	0.80 ~1.20	67~69	3430 ~3730	0.020	55	较W18Cr4V 差一些
	W10Mo4Cr4V3Al (5F6)	1.30 ~1.45	9.00 ~10.5	3.50 ~4.50	3.80 ~4.50	2.70 ~3.20	—	0.70 ~1.20	67~69	3070	0.020	54	较差
	W2Mo9Cr4VC08 (M42)	1.05 ~1.15	1.15 ~1.85	9.00 ~10.00	3.50 ~4.25	0.95 ~1.35	7.75 ~8.75	—	67~70	2650 ~3730	0.010	55	好。普通刚玉 砂轮磨

~70年代用得比较普遍。但是它的抗弯强度与冲击韧性均比钼系高速钢差，因而使用寿命短，目前世界上各工业先进国家已经不使用，我国也逐渐减少使用。

2)  $W_6Mo_5Cr_4V_2$  属于钼系高速钢（含Mo2%以上），与 $W_{18}Cr_4V$ 相比，淬火硬度与耐热性相近。它的抗弯强度、冲击韧性和高温塑性较高；但磨削性能稍差，淬火温度范围也狭窄，脱碳敏感性较大。因它的使用寿命长、价格低，已逐步被推广使用。

(2) 高性能高速钢 高性能高速钢是在通用高速钢中再加入一些合金元素，以进一步提高它的耐热性、耐磨性。这种高速钢的切削速度可达 $50\sim 100m/min$ ，具有比通用高速钢更高的生产率与刀具寿命；同时还能切削不锈钢、耐热钢、高强度钢等难加工的材料。

1) 高钒高速钢 ( $W_{12}Cr_4V_4Mo$ ) 这种高速钢由于含钒(V)、碳(C)量的增加，提高了耐磨性，刀具寿命比通用高速钢可提高2~4倍，这是它的主要特点。但是，随着含钒量的提高(3~5%)，使磨削性能变差、刃磨困难，目前使用较少。

2) 超硬高速钢 超硬高速钢是近年来为了加工高温合金、钛合金、难熔合金、超高强度钢、奥氏体不锈钢等难加工材料而发展起来的。它的常温硬度、高温硬度、耐热性和耐磨性都比通用高速钢 $W_{18}Cr_4V$ 高，虽然它的抗弯强度和冲击韧性比较低，但由于含钒量较低(在1~3%范围内)，磨削性能好，是一种综合性能较好的材料，可以制作各种刀具。如 $W_2Mo_9Cr_4VCo_8$  (M42) 在国外已用得比较普遍。由于我国钨的资源比较缺乏，价格贵，使用量尚不多。

$W_6Mo_5Cr_4V_2Al$ 是在我国缺乏钨资源的情况下研制的

一种新型高速钢，虽然它的切削性能与使用效果都比较好，但磨削性能比W18Cr4V差，热处理操作要求也比较严格。

近几年来，根据我国资源特点，又研制成功了许多新型高速钢，如W6Mo5Cr4V5SiNbAl (B201钢)、95W18Cr4V (高碳W18Cr4V)、W14Cr4VMnRe、W9Mo3Cr4V等。其中W9Mo3Cr4V兼有W18Cr4V和W6Mo5Cr4V2的优点，又避免了它们的缺点，其可磨削性能和热塑性较好，价格也便宜，是值得推广使用的新型材料。

4. 硬质合金 硬质合金是用粉末冶金法制造的合金材料，由硬度和熔点很高的碳化物（称为硬质相）和金属粘结剂（称为粘结相）组成。

硬质合金的硬度较高，常温下可达89~93HRA（相当于HRC74~81），它的耐磨性较好，尤其可贵的是耐热性较高，能耐800~1000℃的高温，因此能采用比高速钢高几倍甚至十几倍的切削速度；并能加工高速钢刀具难以切削的难加工材料，因而硬质合金试制成功后，很快被广泛应用。但是它也有不足之处，即抗弯强度和冲击韧性较高速钢低，刃口不能磨得象高速钢刀具那样锋利。

常用硬质合金按其化学成分和使用特性可分为四类：钨钴类（YG）；钨钛钴类（YT）；钨钛钽（铌）钴类（YW）；碳化钛基类（YN）。

表1-4是目前最常用硬质合金的牌号、化学成分及性能。

(1) 钨钴类硬质合金（YG） 它是由WC和Co组成的，其韧性、磨削性能和导热性好。主要适用于加工脆性材料（如铸铁）、有色金属及非金属材料。

钨钴类硬质合金中，常用牌号有YG3、YG6、YG6X和

表1-4 常用硬质合金牌号及其性能

类型	化学成分(%)				物理性能				机械性能	
	WC	TiC (NbC)	Co	其它	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	导热系数 k (W/m.K)	硬度 HRA (HRC)	抗弯强度 $\sigma_{bb}$ (MPa)	硬度 HRA (HRC)	抗弯强度 (MPa)
钨钴类	YG3	—	3	—	14.9~15.3	87.92	91(78)	1080	91(78)	1080
	YG6X	—	6	—	14.6~15.0	75.55	91(78)	1370	91(78)	1370
	YG6	—	6	—	14.6~15.0	75.55	89.5(75)	1420	89.5(75)	1420
	YG8	—	8	—	14.5~14.9	75.36	89(74)	1470	89(74)	1470
	YG8C	—	8	—	14.5~14.9	75.36	88(72)	1720	88(72)	1720
钨钛钴类	YT30	30	4	—	9.3~9.7	20.93	92.5(80.5)	880	92.5(80.5)	880
	YT15	15	6	—	11.0~11.7	33.49	91(78)	1130	91(78)	1130
	YT14	14	8	—	11.2~12.0	33.49	90.5(77)	1770	90.5(77)	1770
	YT5	5	10	—	12.5~13.2	62.80	89(74)	1370	89(74)	1370
	YW1	84	6	4	12.8~13.3	—	91.5(79)	1180	91.5(79)	1180
(钨)钴类	YW2	82	6	4	12.6~13.0	—	90.5(77)	1320	90.5(77)	1320
碳化钛基类	YN05	—	79	—	Ni7 Mo14	5.56	93.3(82)	780~930	93.3(82)	780~930
	YN10	15	62	1	Ni12 Mo10	6.3	92(80)	1080	92(80)	1080

**YG8**。合金中含钴 (Co) 量越高, 其韧性越好, 适用于粗加工; 含钴量少的, 用于精加工。对比YG6 (中颗粒)和YG6X (细颗粒) 的物理机械性能 (见表 1-4) 可以看出, 细颗粒的硬质合金硬度较高、耐磨性能较好, 但是抗弯强度略有下降。

(2) 钨钛钴类硬质合金 (YT) 它是由WC、TiC和Co组成的, 由于在合金中加入了碳化钛 (TiC), 从而提高了合金的耐磨性, 但是抗弯强度、磨削性能和导热系数有所下降; 低温脆性较大, 不耐冲击, 因此, 这类合金不适宜用来加工脆性材料, 而适用于高速切削一般钢材。

钨钛钴类硬质合金中, 常用牌号有YT5、YT14、YT15和YT30 合金中增加了碳化钛 (TiC) 的含量, 同时减少了钴 (Co) 的含量, 因而提高了合金的硬度和耐磨性, 但抗弯强度和导热系数随着降低。因此, 当切削条件比较平稳, 要求强度和耐磨性高时, 应选用TiC含量多的牌号; 当刀具在切削过程中承受冲击、振动而容易引起崩刃时, 应选用TiC含量少的牌号。

(3) 钨钛铌 (钽) 钴类硬质合金 (YW) 在合金中加入适量的碳化铌 (TaC) 或碳化钽 (NbC) 稀有难熔金属碳化物, 可提高合金的高温硬度、强度、耐磨性、粘结温度和抗氧化性, 同时, 韧性也有所增加, 具有较好的综合切削性能, 所以人们常称它为“万能合金”。但是, 这类合金的价格比较贵, 主要用于加工难切削材料。

(4) 碳化钛基类硬质合金 (YN) 它是由碳化钛作为硬质相, 镍、钼作为胶结剂而组成的, 所以硬度高达90~95 HRA, 有高的耐磨性, 并具有较高的切削性能; 在1000℃以上的高温下, 它仍能进行切削加工, 因此它能采用较高的切

削速度 (300~400 m/min), 适合对较高硬度的合金钢、工具钢、淬硬钢等进行连续切削的精加工。

常用硬质合金牌号的选用见表 1-5。

表 1-5 常用硬质合金牌号的选用

牌号	用 途
YG3	铸铁、有色金属及其合金的精加工、半精加工。要求切削时不承受冲击载荷
YG6X	铸铁、冷硬铸铁、高温合金的精加工、半精加工
YG6	铸铁、有色金属及其合金的半精加工与粗加工
YG8	铸铁、有色金属及其合金的粗加工, 也能用于断续切削
YT30	碳素钢、合金钢的精加工
YT15 YT14	碳素钢、合金钢连续切削时的粗加工、半精加工及精加工。也可用于断续切削时的精加工
YT5	碳素钢、合金钢的粗加工。可用于断续切削
YW1	不锈钢、高强度钢与铸铁的半精加工与精加工
YW2	不锈钢、高强度钢与铸铁的粗加工与半精加工
YN05	低碳钢、中碳钢、合金钢的高速精车、工艺系统刚性较好的细长轴精加工
YN10	碳钢、合金钢、工具钢淬硬钢连续表面的精加工

除以上介绍的四类硬质合金材料外, 还有钢结硬质合金、超细晶粒硬质合金。60年代又出现了涂层硬质合金, 它是采用化学气相沉积法或其它方法, 在硬质合金表面涂复约 3~5 μm 耐磨的难熔金属化合物, 如 TiC、TiN、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 及其复合材料, 可提高刀片的综合切削性能。与普通刀片相比, 寿命可提高 1~4 倍, 一般多用于普通钢材的精加工与半精加工。

目前国产的硬质合金牌号较多, 除表 1-5 中列出的以



外, 还有一些新牌号。例如: YT05、YW3、YW4、712、715、798、600、610等。它们的性能与应用范围可参阅有关硬质合金厂的产品样本。

5. 陶瓷 它的主要成分是氧化铝 ( $Al_2O_3$ ) , 其硬度、耐热性和耐磨性均比硬质合金高, 允许的切削速度比硬质合金高20~25%。在切削时, 摩擦系数小, 切屑不粘刀, 不容易产生积屑瘤, 能获得较细的表面粗糙度和尺寸稳定性。但由于脆性大, 抗弯强度低, 切削时易崩刃, 所以在使用范围上受到很大的限制。多年来, 为了提高陶瓷材料的强度, 扩大其应用范围, 各国都在不断研究。目前我国已研制成功的金属陶瓷有AMF、AMT、AMMC等, 其成分除含有 $Al_2O_3$ 外, 还有各种金属元素。它除可切削有色金属外, 还能切削HRC 45~55的各种工具钢和淬硬钢。目前金属陶瓷多数制成各种多边形的可转位刀片。

6. 金刚石 它是目前已知的最硬材料 (10000HV) , 可分为天然金刚石和人造金刚石两种。我们常用的是人造金刚石, 粒度一般在0.5mm以内。近年来国内外都很注意大颗粒人造金刚石的研制, 大颗粒金刚石分单晶和聚晶两种, 制成的刀具主要用于有色金属及其合金的高精度、细粗糙度的车削加工, 加工后的表面粗糙度可达 $Ra0.1\sim0.025\mu m$ 。

7. 立方氮化硼 立方氮化硼是继人造金刚石之后出现的又一种超硬材料, 其原料是六方氮化硼。它与人造金刚石相比, 硬度略低 (8000~9000HV) , 但其热稳定性大大高于人造金刚石, 化学稳定性也好, 能以正常的切削速度切削淬火钢、冷硬铸铁、高温合金等难加工材料, 是一种大有前途的刀具材料。

随着工业发展中新的工程材料不断出现, 对刀具材料的