

精密仪器制造刀具

龚振起 刘镇湖 朱宪德 编



哈尔滨工业大学出版社

精密仪器制造刀具

龚振起 刘镇湖 朱宪德 编

13439/18

哈尔滨工业大学出版社



B441317

内 容 提 要

本书共分十章,内容为:刀具材料、基本定义与成形运动、车刀、小孔加工刀具、小螺纹加工刀具、螺纹滚压工具、铣刀、小模数齿轮铣刀、小模数齿轮滚刀、成形滚刀等。

书中系统阐述了上述各种刀具的设计理论、设计方法和设计计算步骤,给出了必要的数据,有设计计算实例,并详细介绍了各种刀具的制造工艺。

本书可作为高等工科院校有关专业的教材,也可供从事精密仪器制造业刀具设计和制造的技术人员使用。

精 密 仪 器 制 造 刀 具

袁振超 刘镇湖 朱克德 编

*

哈尔滨工业大学出版社出版

新华书店首都发行所发行

哈尔滨船舶工程学院印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 15.75 字数 378,000

1987年3月第1版 1987年3月第1次印刷

印数 1—5000

书号: 15341·46 定价: 2.65元

前 言

根据精密仪器工业发展的需要和有关工程技术人员的要求，我们总结几年的教学经验和生产实践，编写了这本书。

书中突出论述了小刀具和特殊刀具的设计与制造，给出了各种小刀具和特殊刀具设计与制造的方法、步骤，列出了大量的图表及数据，并有具体实例，可供生产直接使用。

编写过程中，我们得到了北京、西安、天津、上海、哈尔滨等地钟表厂及其他仪器仪表厂的大力支持，为我们提供资料，并提出宝贵意见，对此，我们表示衷心的感谢。

本书的第一、二、八、九章由朱宪德编写；第三、四、十章由龚振起编写；第五、六、七章由刘镇湖编写。

由于编者水平有限，书中不当之处在所难免，恳请读者指正。

编 者

一九八六年十月

目 录

第一章 刀具材料

- §1—1 刀具材料的性能及种类..... (1)
- §1—2 工具钢..... (2)
- §1—3 硬质合金..... (7)
- §1—4 其他刀具材料..... (10)

第二章 基本定义与成形运动

- §2—1 成形运动和产生的表面..... (11)
- §2—2 刀具切削部分的基本定义..... (11)
- §2—3 各截面内的刀具角度换算..... (14)
- §2—4 刀具的工作角度..... (14)
- §2—5 切削用量三要素和切削层参数..... (16)

第三章 车刀

- §3—1 车刀的种类、用途及主要规格..... (18)
- §3—2 车刀几何参数的合理选择及典型车刀..... (21)
- §3—3 成形车刀..... (24)
- §3—4 金刚石车刀..... (38)
- §3—5 车刀的制造工艺..... (44)

第四章 小孔加工刀具

- §4—1 概述..... (49)
- §4—2 小孔麻花钻的结构与几何角度..... (49)
- §4—3 扁钻的结构、几何参数及钻削原理..... (58)
- §4—4 小孔麻花钻与扁钻的制造工艺..... (66)
- §4—5 倒角钻、中心钻的结构及其几何参数..... (74)
- §4—6 硬质合金倒角钻、中心钻的制造工艺..... (77)
- §4—7 铰刀的种类与结构..... (82)
- §4—8 铰刀的设计..... (85)
- §4—9 铰刀的制造工艺..... (88)

第五章 小螺纹加工刀具

- §5—1 螺纹刀具的种类及用途..... (92)
- §5—2 丝锥..... (93)
- §5—3 丝锥螺纹尺寸及公差..... (98)
- §5—4 丝锥制造工艺..... (102)
- §5—5 板牙..... (105)
- §5—6 板牙螺纹尺寸及公差..... (107)

§5—7 板牙丝锥的尺寸公差	(109)
§5—8 圆板牙制造工艺	(112)
第六章 螺纹滚压工具	
§6—1 滚压螺纹的条件和常用方法	(115)
§6—2 搓丝板	(116)
§6—3 滚丝轮	(118)
§6—4 滚针	(121)
第七章 铣刀	
§7—1 铣刀的种类及其用途	(123)
§7—2 镗铣刀的结构设计及几何参数	(126)
§7—3 镗铣刀的制造工艺	(130)
§7—4 尖齿铣刀的结构参数及几何角度	(132)
§7—5 铲齿成形铣刀	(135)
第八章 小模数齿轮铣刀	
§8—1 概述	(139)
§8—2 渐开线小模数盘形齿轮铣刀	(139)
§8—3 修正摆线小模数齿轮铣刀	(149)
§8—4 小模数齿轮铣刀的结构	(155)
§8—5 整体硬质合金小模数齿轮铣刀的制造工艺	(158)
第九章 小模数齿轮滚刀	
§9—1 修正摆线齿轮滚刀的齿形设计计算	(159)
§9—2 小模数齿轮滚刀的结构与几何参数	(174)
§9—3 滚刀设计实例	(175)
§9—4 整体硬质合金小模数齿轮滚刀的制造工艺	(179)
第十章 成形滚刀	
§10—1 成形法滚齿原理	(191)
§10—2 单齿成形滚刀	(195)
§10—3 多齿成形滚刀	(199)
§10—4 手表擒纵轮组合成形滚刀的设计	(206)
§10—5 手表擒纵轮组合成形滚刀的制造	(217)
§10—6 机械摆钟擒纵轮组合成形滚刀的设计	(224)
§10—7 机械摆钟擒纵轮组合成形滚刀在光学工具曲线磨床上的制造	(233)
§10—8 端面齿成形滚刀	(238)
参考文献	(242)

第一章 刀具材料

切削过程中，直接完成切削工作的是刀具的切削部分。刀具切削性能的好坏，不仅取决于刀具切削部分合理的几何形状和刀具合理的结构，而且在很大程度上还取决于刀具材料。

刀具材料的种类很多，由于其物理机械性能和切削性能的不同，适用的切削条件也各不相同。作为刀具设计人员学会正确掌握和合理选择刀具材料是十分必要的。

§1-1 刀具材料的性能及种类

一、刀具切削部分材料的性能

理想的刀具材料应具备如下几项切削性能。

1. 足够的硬度

刀具切削部分材料的硬度，必须大于工件材料的硬度，常温硬度一般在HR C60以上。

2. 足够的耐磨性

刀具切削部分材料耐磨性的好坏，是材料强度、硬度和组织结构等因素的综合反映，而不是单纯地取决于硬度。组织中硬质点的性质、数量、大小和分布等等，均对耐磨性有影响，此外，耐磨性还与刀具材料对工件材料的抗粘附性有关。金属切削过程中，刀具的切削部分由于受力、热和摩擦而磨损，降低刀具的寿命，所以，刀具材料必须具有较好的耐磨性。

3. 足够的强度和韧性

在切削过程中，刀具切削部分承受较大的切削力，有时还承受冲击和振动，因此，要求刀具材料必须有足够的强度和韧性。一般以抗弯强度表示。

4. 足够的热硬性

刀具磨损的主要原因在于切削时产生的高温使刀具切削部分硬度下降，所以，高温下能否保持高硬度的性能，这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，要求有良好的可加工性，可磨削性，同时要求刀具材料在热处理时变形小、不易脱碳、淬透性好等。

在实际生产中，上述几项性能并不一定同时具备，可根据工件材料的性能和切削要求来选择不同性能的刀具材料，以达到良好的切削效果。

二、刀具材料的种类

刀具材料的种类很多，常用的刀具材料有以下几种：

1. 工具钢 包括碳素工具钢、合金工具钢和高速钢；

2. 硬质合金;

3. 陶瓷材料、金刚石等。

目前最常用的是高速钢和硬质合金。

§1-2 工具钢

一、碳素工具钢

碳素工具钢是含碳量较高的优质钢, 其含碳量在0.65~1.35%之间。碳素工具钢的常用牌号、化学成分及用途见表1-1。

表1-1 碳素工具钢的常用牌号、化学成分及用途

钢号	化 学 成 分 %					用 途
	C	Si	Mn	P	S	
T7A	0.65~0.74	0.15~0.30	0.15~0.30	<0.03	<0.03	用于制造木工工具
T8A	0.75~0.85	0.15~0.30	0.15~0.30	<0.03	<0.03	用于制造形状简单的切削软金属的刀具及木工工具
T10A	0.95~1.04	0.15~0.30	0.15~0.30	<0.03	<0.03	用于制造丝锥、铰刀、车刀、板牙等
T12A	1.15~1.24	0.15~0.30	0.15~0.30	<0.03	<0.03	用于制造车刀、铣刀、丝锥等

碳素工具钢淬火后的硬度和物理机械性能主要取决于含碳量。含碳量越多, 淬火后硬度越高, 但韧性降低。

碳素工具钢经过淬火处理后, 硬度较高可达 HRC60~65; 退火状态下的硬度很低, 可加工性好, 刀刃能够磨得很锋利; 价格低廉。这种钢的主要缺点是红硬性和淬透性差, 当切削温度达200~250℃, 其硬度和耐磨性迅速下降; 超过此温度, 刀刃的硬度急剧下降, 出现烧伤, 失去切削能力。因此, 碳素工具钢只适宜在较低切削速度下工作, 一般切削速度低于8m/min。例如锉刀、手用铰刀、手用丝锥和板牙等刀具, 也可用于低速小尺寸刀具。

二、合金工具钢

由于碳素工具钢存在一些缺点, 为改善其切削性能, 加入一些合金元素, 合成合金工具钢。常用的合金元素有钨(W)、钼(Mo)、铬(Cr)、钒(V)、硅(Si)、锰(Mn)、钛(Ti)等。

合金工具钢淬火后的硬度与碳素工具钢相同, 但红硬性较碳素工具钢高, 因而它能在

较高的切削速度下工作，速度约为碳素工具钢切削速度的1.2~1.5倍，而且比碳素工具钢有较好的耐磨性和韧性。合金工具钢热处理变形小，淬透性也比较好，所以，可用作截面积较大、要求热处理变形小、对耐磨性及韧性有一定要求的低速刀具。

常用合金工具钢的化学成分见表1-2，热处理规范及用途见表1-3。

表1-2 常用合金工具钢的化学成分

钢号	化 学 成 分 %						
	C	Si	Mn	Cr	W	V	Mo
9SiCr	0.85~0.95	1.20~1.60	0.30~0.60	0.95~1.25	—	—	—
CrWn	0.90~1.05	0.15~0.35	0.80~1.10	0.9~1.20	1.20~1.60	—	—
Cr2	0.95~1.10	≤0.40	≤0.40	1.30~1.65	—	—	—
CrW5	1.25~1.50	≤0.40	≤0.40	0.40~0.70	4.50~5.50	—	—
Cr6WV	1.00~1.15	≤0.40	≤0.40	5.50~7.00	1.10~1.50	0.50~0.70	—
W	1.05~1.25	≤0.40	≤0.40	0.10~0.30	0.80~1.20	—	—
Cr12MoV	1.45~1.70	≤0.40	≤0.40	11.0~12.5	—	0.15~0.30	0.40~0.60
CrMn	1.30~1.50	≤0.40	0.45~0.75	1.30~1.60	—	—	—
9Mn2V	0.85~0.95	≤0.40	1.70~2.00	—	—	0.10~0.25	—
GCr6	1.05~1.15	0.20~0.40	0.15~0.35	0.40~0.70	—	—	—
GCr9	1.00~1.10	0.20~0.40	0.15~0.35	0.90~1.20	—	—	—
GCr15	0.95~1.05	0.20~0.40	0.15~0.35	1.30~1.65	—	—	—

表1-3 常用合金工具钢的热处理规范及用途

钢号	淬 火			回 火		用 途
	温 度 (°C)	冷 却 介 质	硬 度 (HRC)	温 度 (°C)	硬 度 (HRC)	
9SiCr	850~870	油	62~65	140~160	62~65	板牙、丝锥、钻头铰刀、齿轮铣刀、滚丝模、搓丝板
		硝 盐		160~180	61~63	
CrWMn	820~840	油	62~65	140~160	62~65	长铰刀、长丝锥、拉刀、专用铣刀和板牙
	830~850	硝 盐	62~64	170~200	60~62	
Cr2	830~850	油	62~65	130~150	62~65	车刀、刨刀、插刀、铰刀
	840~860	硝 盐	61~63	150~170	60~62	
CrW5	820~860	水、油	64~66	150~170	61~65	低速切削硬金属用刀具，如铣刀、车刀、刨刀
				200~250	60~64	

续表

钢号	淬 火			回 火		用 途
	温 度 (°C)	冷 却 介 质	硬 度 (HRC)	温 度 (°C)	硬 度 (HRC)	
Cr6WV	950~970	油	62~64	150~170	62~63	螺纹滚丝模、 搓丝板
				190~210	58~60	
	990~1010	硝酸盐	62~64	第一次500 第二次 190~210	57~58	
Cr12MoV	1000~1049	油	62~63	150~170	61~83	螺纹滚丝模、 搓丝板
		硝 盐		200~275	57~59	
	1115~1130	油	45~50	510~520 多次回火	60~61	
		硝 盐		-78冷处理后 520一次回火		
CrMn	840~860	水	63~66	130~140	62~65	拉刀、长丝锥
		油		160~180	60~62	
9Mn2V	780~820	油	≤62	150~200	60~62	丝锥、板牙、 铰刀
		硝酸盐				
GCr6	800~825	油 盐 硝	62~65	160~180	≤61	手用丝锥、手 用锯条
	790~810	水	63~65			
GCr9	820~850	油 硝 盐	62~65	160~180	≤61	手用丝锥、手 用锯条
GCr15	830~850	油	62~65	160~180	≤61	手用丝锥、手 用铰刀、圆 板牙、机用锯条
	840~860	硝酸盐	61~63			
W	800~820	水	62~64	160~180	59~61	麻花钻、丝锥、 铰刀

三、高速钢

高速钢是一种加入较多的钨、钼、铬、钒等合金元素的高合金工具钢。

高速钢淬火后的硬度虽与碳素工具钢和合金工具钢相同，但耐磨性、强度、韧性、淬透性均比合金工具钢好。高速钢突出的特点是具有较高的红硬性，切削温度高达600℃时尚能切削，而且继续维持原来的硬度和耐磨性，因此，高速钢较之碳素工具钢及合金工具钢可成倍地提高切削速度，一般为2~3倍。切削中碳钢时，切削速度可达30m/min左右。

高速钢还具有刃磨方便、容易磨得锋利、热处理时变形小等优点。由于韧性较好，能够承受较大的冲击载荷，所以，高速钢刀具常用于加工形状不规则、不连续切削的零件。高速钢刀具的制造工艺并不复杂、适宜制造形状复杂的刀具。由于高速钢具有上述特点，所以，目前广泛用于制造钻头、丝锥、铰刀、成形车刀，各种铣刀、齿轮刀具和拉刀等。

高速钢的化学成分见表1-4，钢中的各种合金元素起着不同的作用。在热处理状态下，一部分W和Fe、Cr一起与C形成高硬度的碳化物，可以提高钢的耐磨性；另一部分溶于基体中，增加钢的高温硬度。Mo的作用与W基本相同，并能减少钢的碳化物的不均匀性，细化碳化物颗粒。另外，为了增加红硬性，可在某些高速钢中添加Co、Al、Si、Nb等元素；为了提高耐磨性，可适当增加V的含量，但随着含量的增加，可磨削性变得越来越差，V的含量不宜超过5%。

表1-4

常用高速钢的化学成分

类型	钢号	化 学 成 分 (重量%)									
		C	W	mo	Cr	V	Co	mo%	Si	Al	其 他
普通高速钢	W18Cr4V (P18)	0.70 } 0.80	17.50 } 19.00	≤0.30	3.80 } 4.40	1.00 } 1.40	—	—	—	—	—
	W6Mo5Cr4 Y2 (M2)	0.80 } 0.90	5.50 } 6.75	4.50 } 5.50	3.80 } 4.40	1.75 } 2.20	—	—	—	—	—
	W14CrV MnRe	0.85 } 0.95	13.50 } 15.00	—	3.50 } 4.00	1.40 } 1.70	—	0.35 } 0.55	≤0.50	—	Re 0.07
高性能高速钢	110W1.5Mo 9.5Cr4VCo8 (M42)	1.10	1.50	9.50	3.75	1.15	8.00	≤0.40	—	—	—
	W6Mo5Cr4 V2Al (501)	1.05 } 1.20	5.50 } 6.75	4.50 } 5.50	3.80 } 4.40	1.75 } 2.20	—	≤0.40	≤0.60	0.80 } 1.20	—
	W10Mo4Cr4 V3Al (5F—6)	1.30 } 1.45	9.00 } 10.50	3.50 } 4.50	3.80 } 4.50	2.70 } 3.20	—	≤0.50	≤0.50	0.70 } 1.20	—
	W12Mo3Cr4 V3Co5Si (Co5Si)	1.20 } 1.35	11.50 } 13.00	2.80 } 3.40	3.80 } 4.40	2.80 } 3.40	4.70 } 5.10	≤0.40	0.80 } 1.20	—	—
	W6Mo5Cr4 V5SiNbAl (B201)	1.55 } 1.65	5.00 } 6.00	5.00 } 6.00	3.80 } 4.40	4.20 } 5.20	—	≤0.40	1.00 } 1.40	—	N6 0.20~ 0.50

高速钢的品种较多，按用途和切削性能大致可归纳为普通高速钢和高性能高速钢两类，其常用钢种的主要性能与用途见表1-5。

表1-5 常用高速钢的主要性能与用途

类别	牌 号	硬 度 (HRC)	抗弯强度 σ_b (kg/mm ²)	冲击韧性 σ_k (kg·m/cm ²)	高温硬度 HV (600°C)	主 要 用 途
普通高速钢	W18Cr4V	62~65	~350	~3.00	~520	主要用于制造钻头、 铰刀、丝锥、铣刀、 齿轮刀具、拉刀等
	W6Mo5Cr4V2	62~66	450~470	~5.00	~500	要求热塑性好的刀具、 如轧制钻头、受大冲击负 荷的刀具
	W14Cr4VMnRe	64~66	~400	~2.50	~520	热塑性好，硬度、耐热 性、磨削性、切削加工性 与上二种相当
高性能高速钢	W6Mo5Cr4V2A1 (501)	68~69	350~380	2.00	~602	用于制造拉刀、铣刀、 滚刀、成形车刀等
	110W1.5Mo9.5Cr4 VCo8 (M42)	67~69	270~380	2.30~3.00	~602	加工高温合金、不锈钢 等
	W6Mo5Cr4V5SiMnA1 (B201)	66~68	~360	2.70	~526	用于制造钻头、丝锥、 铰刀、铣刀、车刀等
	W10Mo4Cr4V3A1 (5F6)	68~69	~307	2.00	~583	比501钢更耐磨，用于加 工难切削高强度的耐热钢
	W12Cr4V3Mo3Co5Si (Co5Si)	69~70	240~270	1.10	~608	主要加工超硬度、高强 度钢

下面分别介绍几种普通高速钢和高性能高速钢。

1. 普通高速钢

(1) W18Cr4V 属于钨系高速钢，具有较好的综合性能，在我国得到广泛的应用。热处理后硬度为HRC62~66，抗弯强度约为 320kg/mm²，因此能够承受较大的冲击，600℃时的高温硬度约为HRC51，是制造各种复杂刀具（如拉刀、各种齿轮刀具）的主要材料。这种高速钢的磨削加工性好，所以也常用于制造精加工刀具。

(2) W6Mo5Cr4V2属于钼系高速钢，其碳化物分布较均匀，抗弯强度和韧性较

高，热塑性较好，适用于热成形刀具（如热轧麻花钻）、大型刀具及承受冲击力较大的刀具。

(3) $W_{14}Cr_4VMnRe$ 是一种新型的高速钢，由于钢中加入了锰(0.35~0.55%)和铼(0.07%)，因而改善了钢的热塑性，锻造和轧制都比较容易，在热轧刀具中代替 $W_6Mo_5Cr_4V_2$ 。这种钢的磨加工性也很好，并可作为承受冲击较大的刀具。

3. 高性能高速钢

这类高速钢是通过调整基本化学成分和加入一些其他金属元素（主要是钴和钽），使其性能在普通高速钢的基础上提高一步。它主要用于高温合金、耐热钢、超高硬度钢等难加工材料的切削加工，具有比普通高速钢更高的生产率和刀具耐用度。主要介绍以下几种。

(1) 高碳型高速钢

高碳型高速钢是在普通高速钢的基础上，按化学平衡计算来增加碳量，增加钢中碳化物含量，从而提高高速钢的硬度、耐磨性、耐热性和切削性能。典型的钢种是 $95W_{18}Cr_4V$ ，它是将普通高速钢 $W_{18}Cr_4V$ 的含碳量，从0.7~0.8%增加到0.9~1.05%，使其硬度提高到HRC67~68，高温硬度也有提高，耐磨性比普通高速钢高2~3倍。在切削不锈钢、钛合金时都取得了很好的效果。

(2) 钴高速钢

在高速钢中添加钴后可提高高速钢的热硬性、高温硬度和抗氧化能力，从而提高其耐磨性和刀具耐用度；加入钴能改善高速钢的导热性，从而显著提高钢的切削性能。

应用最广泛的钴高速钢是M42 ($110W_{1.5}Mo_{9.5}Cr_4VCo_8$)，它的综合性能好，硬度接近HRC70，高温硬度在同类钢中居于首位；可磨削性也好。一般用于加工高温合金、不锈钢等，效果很好。然而，在高速钢中加钴后，会增加碳化物的不均匀性，淬火和退火加热时脱碳倾向较大；钴高速钢的强度和冲击韧性较低，价格很高。

(3) 低钴超硬高速钢

$W_{12}Mo_3Cr_4V_3Co_5Si$ (Co_5Si)是一种低钴超硬高速钢，它是用减少Co增加Si的办法获得高性能钢，其常温硬度和高温硬度都接近M42。它可用于加工超高硬度钢、铁基高温合金和铸造高温合金等。缺点是由于增加了V的含量，使可磨性变差。

(4) 铝高速钢

$W_6Mo_5Cr_4V_2Al$ (501)是在 $W_6Mo_5CrV_2$ 的基础上加Al和C构成含铝无钴超硬高速钢。这种钢有很高的常温硬度和高温硬度，有良好的机械性能和切削性能，优点与M42相当。缺点是可磨削性略低于M42。

应该指出，本钢种是立足于我国资源而研制成功的无钴高速钢，性能好、成本低，已推广使用。另外，我国研制的5F6钢和B201钢，性能也达到了钴高速钢的水平，但由于含V多而使可磨削性略差。

§1-3 硬质合金

硬质合金是由高硬度的难熔金属碳化物粉末和金属粘结剂(Co、Mo、Ni等)烧结而成的粉末冶金材料。硬质合金的硬度、耐磨性、耐热性等都高于高速钢。允许切削温度800

~1000℃，允许切削速度远远超过高速钢。因此，采用硬质合金作为刀具材料已非常广泛，不仅一些简单的刀具极其广泛地采用硬质合金，而且一些复杂的刀具，如小模数齿轮铣刀、滚刀等，也早已采用硬质合金材料制造。目前，硬质合金刀具材料在冷加工中已占主要地位。

一、硬质合金的性能及其影响因素

影响硬质合金性能的因素，主要取决于碳化物的种类、数量、粒度及其分布状态、添加剂的分量等。硬质合金的成分和性能见表1-6。

由于碳化物（WC、TiC等）的硬度很高，所以，硬质合金具有很高的硬度，一般在HRC74~82之间。由表1-6可见，两质合金的硬度值随碳化物的性质、数量而变化，又随含Co量的增加而降低。当粘结剂的种类与分量相同，碳化的粘度越小，硬度越高。

表1-6 硬质合金的成分和性质

类 别	牌 号	化 学 成 分				物 理 机 械 性 能					
		WC TiC		TaC (NbC)	Co	比 重 (g/cm ³)	导热 系数 (al/cm ² × 10 ⁻⁶ ·s.°C)	线膨胀 系数 (1/°C)	硬度 (HRA)	抗弯 强度 (kg/mm ²)	冲击 韧性 (kg/cm ²)
WC 基 合 金											
WC + Co	YG3X	96.5	—	<0.5	3	15.0~15.3	—	4.1	9.15	110	—
	YG4C	96	—	—	4	14.9~15.2	—	—	89.5	145	~0.40
	YG3	97	—	—	3	14.9~15.3	0.21	—	91.0	120	—
	YG6X	93.5	—	<0.5	6	14.6~15.0	0.19	4.4	91.0	140	~0.20
	YG6	94	—	—	6	14.6~15.0	0.19	4.5	89.5	145	~0.30
	YG8	92	—	—	8	14.5~14.9	0.18	4.5	89.0	150	~0.40
	YG8C	92	—	—	8	14.5~14.9	0.18	4.8	88.0	175	~0.60
We + Ti C + Co	YT30	66	30	—	4	9.3~9.7	0.05	—	92.5	90	0.03
	YT15	79	15	—	6	11.0~11.7	0.09	6.51	91.0	115	—
	YT14	78	14	—	8	11.2~12.0	0.08	6.21	90.5	120	0.07
	YT5	85	5	—	10	12.5~13.2	0.15	6.06	89.0	140	—
WC + TaC (NbC) + Co	YA6	91	—	3	6	14.6~15.0	—	—	91.5	140	—
	YG8A	91	—	1	8	14.5~14.9	—	—	89.5	150	—
	YW1	84	6	4	8	12.8~13.3	—	—	91.5	120	—
	WY2	82	6	4	8	12.6~13.0	—	—	90.5	135	—
TiC 基 合 金											
	YN05		79	—	Ni—7 Mo—14	5.56	—	—	93.3	80~95	—
	YN10	15	62	1	Ni—12 Mo—10	6.3	—	—	92.0	110	—

表中 Y—硬质合金；G—钴，其后数字表示含钴量；X—细晶粒合金；T—碳化钛，其后数字表示TiC含量；A—含TaC(NbC)的钨钴类合金；W—通用合金；C—粗晶粒合金；N—以镍、钼作粘结剂合金。

硬质合金的硬度随温度的升高而降低，但在800℃时，基本同高速钢的常温硬度相同，这是硬质合金最可贵的性能。影响其高温硬度的主要原因仍然取决于碳化物在高温下的硬度，见表1-7。

表1-7 金属碳化物熔点、硬度

	熔 点 (°C)	硬 度 (HV)
WC	2900	1780
TiC	3200~3250	3000~3200
TaC	3730~4030	1599
TiN	2930~2950	1800~2100

硬质合金是脆性材料，抗弯强度与冲击韧性都比较低。一般抗弯强度在90~150kg/mm²范围之间，但粘结剂含量越高，抗弯强度也就越高，冲击韧性也有所改善。

硬质合金的导热系数不高，在焊接和刃磨时应注意防止过热而产生裂纹。导热系数的高低，随含Co量的提高而降低。

硬质合金与钢发生粘结的温度高于高速钢。粘结性是指切削时刀具材料的微粒与切屑粘结并被切屑带走，以及在高温下刀具材料的某些成分向工件或切屑中扩散的特性。刀具材料的抗粘结能力愈好，刀具的耐磨性和耐用度也就愈高。影响合金粘结温度的主要原因是含量（见表1-8），含Co愈高，粘结温度就愈低。

表1-8 硬质合金的粘结温度与含Co量的关系

含钴量 (%)	0	1	5	20
粘结温度 (°C)	1000	775	685	625

二、硬质合金的种类及用途

常用的硬质合金是以碳化钨为基体，按化学成分可分为三类，其牌号、成分、性能见表1-6。

1. 钨钴类 (WC—Co) 硬质合金

这类硬质合金的硬质相是碳化钨 (WC)，粘结剂是钴 (Co)，代号为YG。主要用于加工铸铁和有色金属。

2. 钨钛钴类 (WC—TiC—Co) 硬质合金

这类硬质合金的硬质相除碳化钨 (WC) 以外，还加入了碳化钛 (TiC)，粘结剂为钴，代号YT，主要用于加工钢件。

3. 钨钛钽 (钼) 钴类 (WC—TiC—TaC (NbC) —Co) 硬质合金

这类硬质合金在YT硬质合金成分中添加了碳化钽 (TaC) 或碳化钼 (NbC) 等添加剂，代号为TW。这是一种用途广泛的硬质合金，即能加工钢，又能加工铸铁，因此又称通用硬质合金。

除以上三类硬质合金外，随着生产发展的需要，又出现了多种硬质合金，如碳化钛硬质合金、超细晶粒硬质合金和钢结硬质合金等。

§1-4 其他刀具材料

除上述刀具材料外，还有陶瓷、金刚石及立方氮化硼等高硬度的刀具材料。

一、陶瓷材料

陶瓷材料的主要成分是 Al_2O_3 。它的特点是硬度高（HRA91~94），耐热性、红硬性均比硬质合金好。因此，切削速度比硬质合金高 20~50%，而且抗粘结好，摩擦系数小，不易产生积屑瘤，能获得较好的加工表面粗糙度和尺寸稳定性，但是抗弯强度低，冲击韧性差。它适用于精加工、半精加工中硬度高或硬度低而粘结性强的材料，不适用于冲击力大的断续切削和重切削加工，也不能切削铝合金，因为在切削过程中铝切削屑被氧化，表面形成的 Al_2O_3 和陶瓷材料相同。同种材料摩擦时，摩擦系数大，容易产生积屑瘤，影响表面粗糙度。

陶瓷材料按成分可分为两大类：一是矿物陶瓷，二是金属陶瓷。

矿物陶瓷是以纯 Al_2O_3 或以 Al_2O_3 为主体，添加少量添加剂，经冷压烧结而成的。它是硬度高，热稳定性好，但抗弯强度低，焊接与刃磨都较困难，所以未能广泛应用。

金属陶瓷是以 Al_2O_3 为基体，添加高硬度、难熔碳化物（TiC、WC）和金属添加剂（Ni、Mo等），以提高抗弯强度和冲击韧性。其综合性能优于矿物陶瓷。

随着陶瓷材料制造工艺的改进及化学成分的调整，将有利于抗弯强度和韧性的提高，从而扩大其使用范围。

二、金刚石

目前最硬的刀具材料是金刚石。金刚石有天然的和人造的两种，它们都是碳的同素异形体。人造金刚石是以碳素为原料，在高温高压下借合金触媒作用，由石墨转化而成的。

金刚石有极高的硬度，硬度值接近HV10000，比硬质合金的硬度高几倍；极高的耐磨性，约为硬质合金的60~80倍；摩擦系数小，一般在0.1~0.3之间；较低的线膨胀系数，比硬质合金小几倍；很高的导热性，切削热容易散出，导热性为硬质合金的1.5~1.9倍。

金刚石的不足之处是韧性差，刃磨困难，价格昂贵。再者，它与铁族的亲合作用大，在高温下金刚石中的碳会扩散到铁中去，使刀刃很快破裂。

目前金刚石主要用于磨具及磨料。用细颗粒金刚石温成的磨轮在生产中得到了广泛的应用。它是磨制小尺寸复杂硬质合金刀具的特效工具，这种磨轮的磨削能力大大超过了碳化硅砂轮。金刚石刀具主要用于加工高精度、低粗糙度的有色金属及其合金零件，以及非金属材料。

第二章 基本定义与成形运动

§2-1 成形运动和产生的表面

一、成形运动

在切削加工过程中，刀具与工件之间必须作一定规律的相对运动，以加工出零件的表面，这个运动称为零件表面的成形运动。

直线运动和回转运动是两个最基本的单元运动。一切成形运动都是不同数量相关联的单元运动的组合。了解和掌握成形运动及其组合方式，对认识、分析和设计刀具刃形是非常必要的。

根据单元运动在切削过程中所起的作用，又可以分为主运动和进给运动两种。

1. 主运动

切去多余金属层，以形成工件表面所必须的运动，称为主运动。通常，主运动的速度高，消耗功率大。主运动可以是直线运动（刨削时滑枕的运动），也可以是回转运动（车削时工件的旋转运动）。

2. 进给运动

使新的切削层连续投入切削的运动，称为进给运动。如车削时车刀的纵向移动和横向移动，钻削时钻头的轴向移动等。

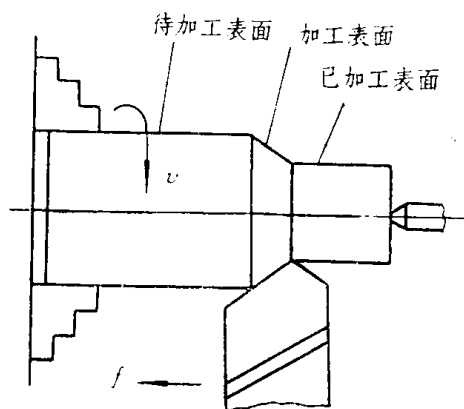


图2-1 车削运动和产生的表面

二、切削过程产生的表面

各种切削，都是为了形成零件的表面。在零件表面形成的过程中，零件上有三段连续变化着的表面（见图2-1）。

1. 已加工表面 已经切除多余金属层而形成的工件表面；
2. 加工表面 工件上正在切削的表面；
3. 待加工表面 工件上即将被切去金属层的表面。

这些定义对任何切削加工都是适用的。

§2-2 刀具切削部分的基本定义

一、刀具切削部分的组成要素

金属切削刀具的种类很多，但各种刀具的切削部分，都可以看成是一把外圆车刀的刀头。外圆车刀的切削部分，可以看作是各种刀具切削部分的基本形态。下面，以外圆车刀