

硬质合金刀具刃磨

段明扬 王子文 杨玲 编著

机械工业出版社



硬质合金刀具刃磨

段明扬 王子文 杨玲 编著



机械工业出版社

内 容 简 介

本书介绍了硬质合金刀具的碳化硅砂轮磨削、机械研磨、金刚石砂轮磨削和电解磨削等刃磨加工技术,并详细介绍了单刃刀具、铣刀、铰刀、浮动镗刀和齿轮滚刀等各种典型硬质合金刀具的刃磨工艺和刃磨方法及刀具角度的测量方法,同时,书中还着重阐述了硬质合金可转位刀片的国家标准和各种硬质合金可转位刀片的特性、断屑槽型的适用范围、刃磨工艺和刃磨方法、 m 值检查方法,以及刃磨夹具设计的基本知识和各种刃磨夹具、研磨机具的结构与用法等。

本书可供从事金属切削刀具制造、使用、管理的技术人员和工人参考。

硬质合金刀具刃磨

段明 杨 王子文 杨玲 编著

*

责任编辑:王天湛 封面设计:王洪流

*

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

北京龙华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ ·印张 $9 \frac{3}{8}$ ·字数 252 千字

1991年1月北京第一版·1991年1月北京第一次印刷

印数 0,001 ~ 5,000·定价: 6.00 元

*

ISBN 7-111-02100-2 / TN·42

前 言

金属切削加工是机械制造业中应用最广泛的加工方法，而金属切削刀具是推动金属切削加工技术发展的一个极为活跃而又十分关键的因素。硬质合金刀具是现代机械加工中广泛应用的金属切削刀具之一，其制造质量主要取决于刃磨质量，因而，硬质合金刀具的刃磨占有非常重要的地位。

硬质合金刀具刃磨的几何角度、表面粗糙度和尺寸、形状、位置精度等，将直接影响刀具的切削性能和使用寿命，以及被加工零件的加工精度、加工表面质量和生产率。目前，随着我国机械工业的发展，各厂矿企业中，青年工人的比例很大，他们在制造和使用硬质合金刀具时，需要刃磨刀具的知识；而原来从事金属切削刀具制造的技术人员和工人，也需要更新和补充新的知识；在硬质合金可转位刀具推广应用中，尤其对用于自动线和数控机床的硬质合金可转位刀具，如何刃磨可转位刀片更是一个突出的关键技术问题。广大技术人员和生产工人，迫切希望有一本指导硬质合金刀具刃磨的书籍作为参考。为了更好地适应我国硬质合金刀具迅速发展的需要，满足广大从事金属切削刀具制造、使用、管理的技术人员和生产工人的要求，我们根据多年实践经验并参阅一些资料而编写了这本书。

提高硬质合金刀具的刃磨水平，不仅与正确选择刃磨加工技术有关，而且还与刃磨工艺和刃磨方法及刃磨夹具等密切相关。因此，本书除简要介绍有关刃磨加工技术外，对各种典型硬质合金刀具和可转位刀片的刃磨工艺和方法等作了详细介绍，并且，还介绍了各种典型实用的刃磨夹具和研磨机具。

编写过程中，得到了有关单位和滕大中、汤巧秀等同志的大力支持

持和帮助，书中插图由段平同志描绘，在此一并表示衷心感谢。

由于作者水平有限，本书错误和不足之处在所难免，热忱希望广大读者批评指正。

作者

1990年1月

目 录

前言

第一章 碳化硅砂轮磨削和机械研磨	(1)
一、碳化硅砂轮磨削	(1)
1. 碳化硅砂轮特性及其选择	(1)
2. 砂轮的 安装	(16)
3. 砂轮的修整	(18)
4. 磨削用量的选择	(23)
5. 砂轮保管和安全使用及刃磨注意事项	(23)
二、硬质合金磨削裂纹的产生与预防	(26)
1. 磨削裂纹产生的原因	(26)
2. 预防磨削裂纹产生的措施	(27)
三、工件高转速磨削法	(28)
1. 工作原理	(28)
2. 磨削方法及效果	(29)
四、间断磨削法	(30)
1. 工作原理	(30)
2. 砂轮开槽	(30)
3. 磨削用量	(35)
4. 磨削效果	(36)
五、机械研磨	(37)
1. 机械研磨用磨料	(37)
2. 研磨用具和研磨机	(39)
第二章 金刚石砂轮磨削和电解磨削	(45)

一、金刚石砂轮磨削·····	(45)
1. 金刚石砂轮特点·····	(45)
2. 金刚石砂轮结构及其特性·····	(47)
3. 金刚石砂轮特性选择·····	(53)
4. 金刚石砂轮磨削用量选择·····	(62)
5. 金刚石砂轮磨削液选择·····	(65)
6. 金刚石砂轮修整·····	(66)
7. 金刚石砂轮使用注意事项·····	(71)
二、电解磨削·····	(72)
1. 电解磨削的基本原理和特点·····	(72)
2. 电解磨削设备·····	(78)
3. 电解液及其配制·····	(80)
4. 电解磨轮及其修整·····	(86)
5. 影响电解磨削效果的其他主要因素·····	(93)
6. 电解磨削加工注意事项·····	(97)
7. 电解磨削常见故障和处理方法·····	(98)
第三章 典型硬质合金刀具刃磨·····	(102)
一、刀具刃磨机床的调整和对刀·····	(102)
1. 机床的调整方法·····	(102)
2. 对刀方法·····	(105)
二、硬质合金单刃刀具刃磨·····	(107)
1. 车刀几何角度·····	(107)
2. 硬质合金普通单刃刀具刃磨·····	(112)
3. 硬质合金仪表机床单刃刀具刃磨·····	(117)
三、硬质合金铣刀刃磨·····	(120)
1. 硬质合金小直径端面铣刀刃磨·····	(121)
2. 硬质合金装配式端铣刀盘刃磨·····	(129)
3. 硬质合金立铣刀刃磨·····	(134)

4. 硬质合金错齿三面刃铣刀刃磨	(138)
5. 硬质合金角度铣刀刃磨	(143)
四、硬质合金铰刀刃磨	(145)
1. 锥柄硬质合金机铰刀刃磨	(146)
2. 铰刀角度的刃磨方法	(152)
3. 硬质合金无刃铰刀刃磨	(168)
五、硬质合金浮动镗刀和齿轮滚刀刃磨	(171)
1. 硬质合金浮动镗刀刃磨	(171)
2. 硬质合金小模数整体齿轮滚刀刃磨	(175)
六、硬质合金刀具角度测量	(179)
1. 单刃刀具的角度测量	(179)
2. 铰刀的角度测量	(184)
3. 滚刀的前角测量	(189)
第四章 硬质合金可转位刀片刃磨	(191)
一、硬质合金可转位刀片	(191)
1. 可转位刀片的基本特性和结构特点	(191)
2. 硬质合金可转位刀片国家标准简介	(193)
3. 可转位刀片断屑槽型	(227)
二、硬质合金可转位刀片的刃磨工艺和方法	(233)
1. 可转位刀片需要刃磨的原因	(233)
2. 可转位车刀片的刃磨工艺和方法	(234)
3. 可转位铣刀片的刃磨工艺和方法	(243)
4. 可转位刀片的复磨方法	(248)
5. 可转位刀片的 m 值偏差的检查方法	(250)
三、硬质合金可转位刀片的上下平面刃磨	(254)
1. 刀片上下平面的刃磨方法	(254)
2. 刀片平面研磨机的运动及其轨迹	(256)
3. 行星运动刀片平面研磨机	(261)

4. 行星运动刀片平面研磨夹具.....	(262)
5. 偏心运动刀片平面研磨机.....	(263)
6. 带断屑槽刀片的双面研磨刀座.....	(266)
四、硬质合金可转位刀片的刃磨夹具.....	(268)
1. 刀片刃磨夹具的设计要点.....	(268)
2. 可转位车刀片的刃磨夹具.....	(278)
3. 可转位铣刀片的刃磨夹具.....	(282)
4. 多用的刀片刃磨夹具.....	(289)

第一章 碳化硅砂轮磨削和机械研磨

硬质合金刀具的刃磨加工技术有许多种，其中主要有碳化硅砂轮磨削、机械研磨、金刚石砂轮磨削、电解磨削、电火花磨削、阳极机械磨削和导电磨削等。在使用中，应根据被刃磨的硬质合金刀具的特点和要求，以及生产实际情况来选择刃磨加工技术，以求得较好的技术经济效益。

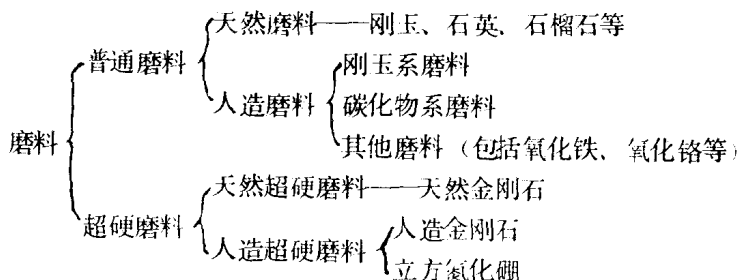
下面介绍实际生产中常用的碳化硅砂轮磨削、机械研磨、金刚石砂轮磨削和电解磨削。

一、碳化硅砂轮磨削

1. 碳化硅砂轮特性及其选择

目前，在工厂中刃磨硬质合金刀具常采用碳化硅砂轮磨削加工技术。因为碳化硅砂轮比刚玉类砂轮磨削硬质合金效果好，但是，必须适当地选择砂轮的特性参数，才能达到满意的磨削效果。砂轮特性主要包括磨料、粒度、硬度、结合剂、组织、形状和尺寸等。

(1) 碳化硅磨料及其选择 磨料是制造砂轮的主要原料，也是砂轮能产生磨削作用的根本因素。磨料种类如下：



国产磨料名称、代号及应用范围见表 1-1。

表 1-1 国产磨料品种及应用范围

系列	磨料名称	代 号	特 点	应 用 范 围
刚 玉 系	棕刚玉	A (GZ) 1	棕褐色。硬度高、 韧性大。价格较便 宜	适于磨碳素钢、一般 合金钢、可锻铸铁、硬 青铜等。
	白刚玉	WA (GB)	白色。硬度比棕 刚玉略高而韧性略 低	适于磨淬火钢、高速 钢等硬度较高、抗张强 度大的零件和薄壁零件 等
	单晶刚玉	SA (GD)	淡黄色或浅灰 色。硬度和韧性都 比白刚玉高	适于磨高硬度、高韧 性材料,如高钒高速钢、 耐热合金钢、不锈钢等
	绿刚玉	PA (GG)	粉红色或紫红 色。硬度与白刚玉 相近而韧性稍高	适于磨量具和仪表零 件及粗糙度要求较细的 零件
	微晶刚玉	MA (GW)	棕黑色。强度高、 韧性大	适于磨不锈钢、轴承 钢、特种球墨铸铁等, 以及重负荷磨削和精密 磨削
	锃钹刚玉	NA (GP)	白色。硬度比白 刚玉高而韧性略低	适于磨球墨铸铁及某 些高硬度、难磨材料
	锃刚玉	ZA (GA)	浅褐色。韧性好	适于磨耐热合金钢、 钛合金和奥氏体不锈钢 等,以及重负荷磨削
	黑刚玉	BA (GH)	黑色。硬度比棕 刚玉低而具一定韧 性。价格低廉	多用于自由研磨,以 及制作树脂砂轮、砂布 砂纸等

(续表)

系 列	磨料名称	代 号	特 点	应 用 范 围
碳 化 物 系	黑碳化硅	C (TH)	黑色。硬度比白 玉高而性脆	适于铸铁、黄铜、矿 石、耐火物及其他非金 属的磨削、研磨和切割
	绿碳化硅	GC (TL)	绿色。硬度次于 碳化硼。比黑碳化 硅还要脆而硬	适于磨硬质合金、光 学玻璃、宝石、钛合金 等材料, 以及珩磨缸套
	立方碳化硅	SC (TF)	草黄绿色。硬度 高于黑碳化硅而略 次于绿碳化硅, 性 脆	适于对微型轴承进行 超精研磨和沟道磨削等
	碳化硼	BC (TP)	黑色。硬度仅次 于金刚石和立方氮 化硼。耐磨性好	适于硬质合金、宝石、 陶瓷等材料的研磨和抛 光
超 硬 磨 料	天然金刚石	JT	淡绿色或黑色或 白色等色。表面光 滑、韧性好。硬度 最高	适于硬质合金、立方 氮化硼、光学玻璃、陶 瓷、硅片等高硬度材料 受冲击负荷时的磨削
	人造金刚石	RVD、 MBD、SCD、 SMD、DMD (JR)	淡绿色或黑色或 白色。表面比天然 金刚石粗糙, 脆性 较大。硬度最高	适于硬质合金、立方 氮化硼、光学玻璃、陶 瓷、硅片等高硬度材料 不受冲击负荷时的磨削
	立方氮化硼	CBN (DL)	灰褐色。硬度仅 次于金刚石	适于磨高硬度淬火 钢、工具钢、模具钢、 不锈钢、耐热合金、高 钒高速钢等

1/括号内为磨料老代号 (GB2476—81、JB2808—79、JB3049—82)。

由表 1-1 可知, 普通磨料中, 适于磨削硬质合金的磨料是绿碳化硅。它的化学成分为含 SiC 99% 以上, 游离碳小于 0.2%, Fe_2O_3 小于 0.2%, 含杂质少, 呈绿色光泽结晶。它的硬度, 在普通磨料中仅次于碳化硼 (但碳化硼由于热稳定性差, 不能承受磨削高温作用等原因, 很少做成砂轮使用), 而高于其他磨料, 切削能力较强。所以刃磨硬质合金刀具时, 推荐采用绿碳化硅砂轮。

(2) 粒度及其选择 粒度是指磨料的颗粒的几何尺寸大小, 是沿磨粒长轴的垂直方向测定的。磨料经过制粒加工后, 按颗粒尺寸大小, 分为 41 个粒度号。其中, 由 $4^\circ \sim 240^\circ$ 之间有 27 个粒度号, 各粒度号的尺寸范围, 以基本粒群的尺寸范围表示; $\text{W}63 \sim \text{W}0.5$ 之间有 14 个粒度号, 各粒度号的尺寸范围, 以基本粒尺寸范围确定。各粒度号及对应的磨粒基本尺寸见表 1-2。

磨削硬质合金刀具的磨料粒度的选择, 主要考虑表面粗糙度要求和磨削效率, 以及还要考虑硬质合金材料的导热性较差, 容易产生磨削裂纹这一重要因素。因而, 一般可根据以下原则选择:

1) 表面粗糙度要求细 (即精磨) 时, 应选用粒度较细的砂轮; 粗磨时, 加工余量和采用的磨削深度较大, 应选用粒度较粗的砂轮。这是因为选用粒度较细的砂轮磨削时, 由于砂轮的粒度越细, 砂轮工作表面的单位面积上的磨粒数越多, 同时参加切削的磨粒数也越多, 在磨削表面上的刻痕也越密越细, 所以可获得较细的粗糙度, 但是, 磨削效率较低; 在选用粒度较粗的砂轮磨削时, 磨削效率较高, 但获得的表面粗糙度较粗。当然, 粒度对粗糙度的这种影响只能就一定的条件来说, 不是绝对的。磨削表面粗糙度除砂轮粒度的影响外, 还与机床的调整、砂轮的平衡、砂轮的修整、磨削速度等因素有很大关系, 所以, 砂轮粒度的选择还必须和采用的磨削条件结合起来考虑。

2) 砂轮和硬质合金刀具接触面积较大时, 应选用粒度粗一些的砂轮, 例如, 磨削相同的平面, 用砂轮的端面磨削比用砂轮的周边磨削的粒度要粗些; 接触面积较小时, 可选用粒度细一些的砂轮; 湿磨

表 1-2 国产磨料粒度及对应尺寸

粒度号	基本尺寸 (μm)		粒度号	基本尺寸 (μm)	
	GB2477-83	JB1182-71		GB2477-83	JB1182-71
4°	5600~4750	—	100°	150~125	160~125
5°	4750~4000	—	120°	125~106	125~100*
6°	4000~3350	—	150°	106~75	100~80
7°	3350~2800	—	180°	90~63	80~63
8°	2800~2360	3150~2500	220°	75~63	—
10°	2360~2000	2500~2000	240°	75~53	63~50
12°	2000~1700	2000~1600	280°	—	50~40
14°	1700~1400	1600~1250	W63	63~50	—
16°	1400~1180	1250~1000	W50	50~40	—
20°	1180~1000	1000~800	W40	40~28	40~28
22°	1000~850	—	W28	28~20	28~20
24°	850~710	800~630	W20	20~14	20~14
30°	710~600	630~500	W14	14~10	14~10
36°	600~500	500~400	W10	10~7	10~7
40°	500~425	—	W7	7~5	7~5
46°	425~355	400~315	W5	5~3.5	5~3.5
54°	355~300	—	W3.5	3.5~2.5	3.5~2.5
60°	300~250	315~250	W2.5	2.5~1.5	2.5~1.5
70°	250~212	250~200	W1.5	1.5~1.0	1.5~1.0
80°	212~180	200~160	W1	1.0~0.5	1.0~0.5
90°	180~150	—	W0.5	0.5至更细	0.5至更细

注：表列基本尺寸的数值范围符合统计学“不包括下限”的原则，即5600~4750中包括5600而不包括4750，余类推。

比干磨用的砂轮，粒度可以细一些。这样选择主要从磨削热易使硬质合金产生磨削裂纹的因素来考虑。

综上所述，磨削硬质合金刀具的砂轮粒度选择，在内外圆磨床和平面磨床上磨削时，一般选用 $40^{\circ} \sim 100^{\circ}$ 粒度，其磨削表面粗糙度可达 $R_a 0.1 \sim 1.6 \mu\text{m}$ ；在工具磨床上磨削时，一般选用 $46^{\circ} \sim 120^{\circ}$ 粒度砂轮，其磨削表面粗糙度可达 $R_a 0.1 \sim 1.6 \mu\text{m}$ 。在粗磨时，一般选用 $40^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 粒度砂轮，其磨削表面粗糙度可达 $R_a 0.8 \sim 1.6 \mu\text{m}$ ；在半精磨时，一般选用 $60^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 粒度砂轮，其磨削表面粗糙度可达 $R_a 0.4 \sim 0.8 \mu\text{m}$ ；在精磨时，一般选用 $80^{\circ} \sim 120^{\circ}$ 粒度砂轮，其磨削表面粗糙度可达 $R_a 0.2 \mu\text{m}$ 以下。

(3) 硬度及其选择 砂轮的硬度是指砂轮工作表面的磨粒在外力作用下从砂轮上脱落下来的难易程度。也就是说，磨粒容易脱落的，砂轮的硬度就软；反之，硬度就高。因此，砂轮的硬度并不是指磨粒或结合剂本身的硬度，它与金属的硬度概念不同。影响砂轮硬度的主要因素是结合剂的数量，结合剂数量多时，砂轮硬度就高，结合剂少的硬度就软。

为了适应不同的工件材料和磨削加工条件的要求，需要有各种不同硬度等级的砂轮供选择使用。我国生产的砂轮硬度等级及代号见表 1-3。

正确选择砂轮的硬度是很重要的，是获得良好磨削效果的关键。砂轮的硬度选得过高，结合剂会把已经磨钝的磨粒牢牢地把持在砂轮工作表面上，这不仅使磨粒不易破碎或脱落而失去切削能力，而且也加剧了砂轮与磨削表面的摩擦力，使磨削表面容易发热而产生裂纹。这时，为了及时地除去磨钝的磨粒，就必须频繁地修整砂轮，造成砂轮的大量磨耗。相反，如果砂轮的硬度选得太软，在磨削时，磨粒还在锋利的时候就会脱落，从而造成不必要的磨损，并使砂轮很快失去正确的几何形状。因此，只有正确地选择砂轮的硬度，才能保持其正常的磨削状态，满足刃磨的需要，特别是精磨某些刀具时，砂轮的硬

表 1-3 国产砂轮硬度等级及代号

硬 度 等 级		代 号	
大 级	小 级	GB 2484—81	GB 2484—84
超 软	超 软	CR	D
			E
			F
软	软 ₁	R ₁	G
	软 ₂	R ₂	H
	软 ₃	R ₃	J
中 软	中软 ₁	ZR ₁	K
	中软 ₂	ZR ₂	L
中	中 ₁	Z ₁	M
	中 ₂	Z ₂	N
中 硬	中硬 ₁	ZY ₁	P
	中硬 ₂	ZY ₂	Q
	中硬 ₃	ZY ₃	R
硬	硬 ₁	Y ₁	S
	硬 ₂	Y ₂	T
超 硬	超 硬	CY	Y

度即使偏差一小级，也会影响刃磨质量，可见砂轮硬度的正确选择是十分重要的。

选择砂轮硬度时，最基本的原则是：保证砂轮在磨削过程中有适当的自锐性，避免砂轮过大的磨损；保证磨削时不产生过高的磨削温度，避免硬质合金产生裂纹。具体而言，在磨削较硬的材料时，选用较软的砂轮；而磨削较软的材料时，选用较硬的砂轮。在粗磨时，选用较软的砂轮；而精磨时，选用较硬的砂轮。在磨削平面时，选用较

软的砂轮；而磨削外圆时，选用较硬的砂轮。不用冷却液磨削时，选用较软的砂轮；而用冷却液磨削时，选用较硬的砂轮。在磨削导热系数较差的材料或散热条件较差的工件时，选用较软的砂轮；而磨削导热系数较好的材料或散热条件较好的工件时，选用较硬的砂轮。同时，选择砂轮硬度时，还要考虑结合剂性能，在同样的磨削条件下，用树脂结合剂的砂轮硬度选用较硬些，用陶瓷结合剂的砂轮硬度选用较软些。另外，硬度的选择还与工件速度、工件表面情况等因素有关。

综上所述，由于硬质合金刀具不仅材料硬、导热系数差和散热条件差，而且磨削硬质合金刀具的绿碳化硅砂轮一般都用陶瓷结合剂，所以，磨削硬质合金刀具的砂轮硬度选择，一般可选用H～L硬度。在内、外圆磨床和平面磨床上磨削时，粗磨可选用H～K硬度（一般多选用J～K硬度），半精磨和精磨可选用J～L硬度（一般多选用K～L硬度）；在工具磨床上磨削时，可选用H～K硬度（粗磨一般多选用H～J硬度，半精磨和精磨一般多选用J～K硬度）。

（4）结合剂及其选择 结合剂是将许多细小的磨粒粘结在一起组成砂轮的材料。砂轮结合剂的主要作用在于将磨粒粘结在一起，使之具有一定形状和必要强度。因此，结合剂除了应保证砂轮在高速旋转工作时不破坏外，还应对磨粒有适当的把持力，使磨粒在锋锐状态时不致于整粒脱落，而在磨钝后又能及时地碎裂或脱落，以保证砂轮具有良好的磨削性能。

我国生产的普通磨料砂轮结合剂种类及代号见表1-4。

表 1-4 普通磨料砂轮结合剂名称及代号

结 合 剂 名 称	代 号	
	GB 2481—81	GB 2481—81
陶瓷结合剂	A	V
树脂结合剂	S	B
橡胶结合剂	X	R
菱苦土结合剂	L	Mg