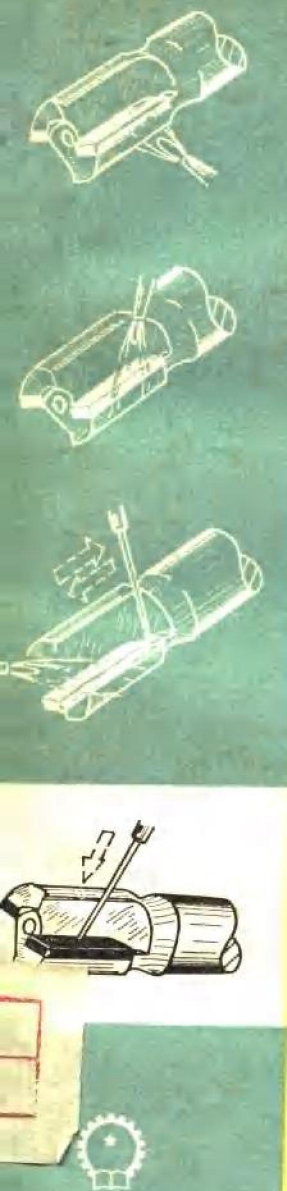


硬质合金 工具的钎焊

陈德才 编著

机械工业出版社



内容提要 硬质合金钎焊是工具制造中的一项新技术，它已广泛地应用在钎焊各种硬质合金刀具、模具、量具和采掘工具上。

本书主要介绍：硬质合金的钎焊特性、钎焊基体材料的选择和槽形的设计、钎焊的焊料与熔剂、钎焊的方法与实例、钎焊裂纹和脱焊的原因与防止方法等。

本书可供工具制造厂焊刀工与工程技术人员学习参考。

硬质合金工具的钎焊

陈德才 编 著

*

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）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092 $\frac{1}{32}$ ·印张 5 $\frac{3}{4}$ ·字数 129 千字

1976 年 11 月北京第一版·1976 年 11 月北京第一次印刷

印数 00,001—31,000 定价 0.41 元

*

统一书号：15033·4368

毛主席语录

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平

目 次

一 硬质合金的钎焊特性	1
1. 硬质合金的性能和用途	1
2. 各种牌号硬质合金的钎焊特性	5
一、硬质合金的强度与钎焊裂纹的关系	5
二、硬质合金的线膨胀系数与钎焊裂纹的关系	6
二 硬质合金刀具、模具、量具基体材料的选择和槽形设计	8
1. 基体材料的选择	8
一、一般硬质合金车刀、刨刀基体用的材料	8
二、硬质合金多刃刀具的基体材料	8
三、特殊用途硬质合金刀具的基体材料	8
四、硬质合金模具的基体材料	9
五、硬质合金量具的基体材料	9
2. 硬质合金刀具、模具、量具槽形的合理设计	10
一、硬质合金刀具的刀头部分几何形状	10
二、硬质合金刀具的自由焊槽形与封闭和半封闭槽形的比较	12
三、重型刀具和大焊接面的硬质合金刀具、模具、量具的槽形设计	15
四、硬质合金多刃刀具的槽形设计	17
五、特殊形状的硬质合金刀具、模具的槽形设计	20
六、量具、量仪上用的硬质合金测量头或支承面等的槽形设计	25
七、矿山采掘和石油钻探用的硬质合金工具的槽形设计	28
八、带工艺墙的槽形设计	31

三 钎焊硬质合金用的焊料与熔剂	33
1. 钎焊硬质合金用的焊料	33
一、选择焊料的条件	33
二、焊料的熔炼	38
三、各种焊料的性能比较	35
四、钎焊硬质合金的几种常用焊料	43
2. 钎焊硬质合金用的熔剂	48
一、选择熔剂的条件	48
二、熔剂的成分和配制	48
三、各种熔剂的适用范围	52
四 钎焊硬质合金的加热方法及其工艺过程	53
1. 钎焊硬质合金的一般工艺过程	53
一、硬质合金的焊前准备工作	53
二、钢基体的焊前准备工作	54
三、焊料的准备	54
四、焊料、熔剂及硬质合金的安放次序和位置	55
五、正确地控制钎焊温度	56
六、钎焊操作	57
七、钎焊后的冷却和低温回火	59
八、清除焊缝附近的多余熔剂	61
九、焊后质量检查	61
2. 氧炔焰钎焊	62
3. 焦炭炉钎焊	64
一、焦炭炉钎焊的优缺点	64
二、反射式焊刀焦炭炉	64
4. 电阻加热钎焊	67
一、电阻加热钎焊的优缺点	67
二、电阻加热钎焊的使用范围及注意事项	68
三、电阻加热钎焊的过程	68

5. 高频感应钎焊	69
一、高频感应钎焊的优缺点	69
二、高频感应钎焊的应用范围	70
三、高频钎焊用的感应器形状及其制造方法	70
四、高频钎焊的注意事项	79
五、高频钎焊的加热及操作方法	80
6. 浸铜焊	88
一、浸铜焊的适用范围及其优缺点	88
二、浸铜焊的工艺过程	89
三、浸铜焊的加热方法	92
7. 其他加热钎焊方法	97
一、箱式电炉加热钎焊	97
二、油炉加热钎焊	98
三、煤气炉加热钎焊	99
五 钎焊裂纹和脱焊的原因及防止方法	100
1. 裂纹产生的原因	100
一、因不注意硬质合金牌号和几何形状而造成的钎焊裂纹	100
二、因槽形设计不合理而造成的钎焊裂纹	100
三、钎焊时, 加热速度太快或钎焊后刷冷所产生的裂纹	100
四、硬质合金本身有缺陷而导致发生裂纹	101
五、由于刃磨不当而产生裂纹	101
2. 采用特殊钎焊工艺, 以减少钎焊应力和防止裂纹的产生	103
一、在焊缝中加补偿垫片的方法	103
二、采用双层硬质合金片的钎焊方法来防止裂纹	106
三、采用高速钢做基体或用高速钢做垫片的方法	107
四、用低温焊料加紫铜垫片的方法	108
五、用预制“裂纹”的方法来防止发生裂纹	108
六、采用局部钎焊来防止裂纹的发生	109
3. 脱焊的原因和防止脱焊的方法	110

一、脱焊的原因	110
二、防止脱焊的方法	111
六 硬质合金刀具、模具、量具等工件的钎焊实例	112
1. 硬质合金刀具钎焊实例	112
一、YT60、YT30、YG2、YG3X 等牌号及大型易裂的 硬质合金刀具的钎焊	112
二、硬质合金切断刀的钎焊	114
三、硬质合金多刃刀具的钎焊	114
四、硬质合金喷射钻头的钎焊	122
五、金刚石工具的钎焊	129
六、聚晶金刚石车刀和立方氮化硼车刀的钎焊	135
2. 量具和量仪的硬质合金测量面钎焊实例	137
一、千分尺的硬质合金测量面钎焊	137
二、硬质合金球形测量头的钎焊	142
三、齿厚游标卡尺硬质合金测量面的钎焊	144
四、硬质合金 V 形块的钎焊	146
3. 硬质合金模具及其他硬质合金工件的钎焊实例	147
一、高速旋转模锻用的硬质合金锤模的钎焊	147
二、硬质合金拉丝模的钎焊	150
三、硬质合金冲模的钎焊	151
四、硬质合金顶尖的钎焊	154
五、采掘和钻探用的硬质合金工具的钎焊	154
六、硬质合金球磨筒的修补与钎焊	160
七 高速钢刀具的钎焊	164
1. 焊料的成分及配制	164
2. 高速钢刀具钎焊工艺过程及注意事项	165
3. 特殊形状的高速钢刀具的钎焊	168
一、接长钻头的钎焊	168
二、小直径枪孔钻的钎焊	170
三、特大型镶片高速钢刀具的低温钎焊	172

一 硬质合金的钎焊特性

随着我国工业生产的日益发展，硬质合金工具在各工业部门已得到广泛的应用，并且收到了显著的效果。

硬质合金具有很高的硬度、耐磨性和红硬性。硬质合金的钎焊是工具制造中的一项新技术，它是将硬质合金和钢体牢固地连接在一起的有效方法之一。这项钎焊工艺，已经广泛地应用在硬质合金刀具、模具、量具和采掘工具上。由于各种牌号的硬质合金成分不同，其用途及钎焊的特性也不同。因此，我们必须进一步了解硬质合金的性能、用途及其钎焊的特性。

1. 硬质合金的性能和用途

硬质合金基本上分为 YT 和 YG 两类。YT 类是由碳化钛、碳化钨和钴所组成，一般是用于制作切削钢材的刀具。YG 类是碳化钨和钴的合金，多用于制造切削铸铁件、淬火钢、不锈钢等刀具，以及各种硬质合金量具、模具、地质采矿和石油钻井用的采掘工具。此外，也还有加入少量碳化钽或碳化铌等贵重金属碳化物的硬质合金，用作切削特殊耐热合金材料的刀具。表 1 列有硬质合金新旧牌号与国外牌号对照表，表中国产硬质合金牌号中的字母意义如下：Y 代表冶金工业部标准；G 和 T 是分类标记，而 G 和 T 后面的数字是表示钴或碳化钛的含量百分比，如 YG8 是由 8% 的钴和 92% 的碳化钨所组成的合金，而 YT15 则是含量为 15% 的

表 1 国内外硬质合金牌号对照表

现 用 牌 号	旧 牌 号	相当于苏联牌号	相当于国际标准
—	G 2	BK 2	—
YG 3	G 3	BK 3	—
YG 3 X	G 3 X	BK 3 A	—
YG 4	G 4	BK 4	—
YG 4 C	G 4 C	BK 4 B	—
YG 6	G 6	BK 6	G 10
YG 6 X	G 6 X	BK 6 A	—
YA 6	—	—	K 10
YG 8	G 8	BK 8	G 15
YG 8 C	G 8 C	BK 8 B	—
YG 11	G 11	BK 11	G 20
YG 11 C	G 11 C	BK 11 B	—
YG 15	G 15	BK 15	G 30
YT 5	T 5	T 5 K 10	P 40
YT 14	T 14	T 14 K 8	P 20
YT 15	T 15	T 15 K 6	P 10
YT 30	T 30	T 30 K 4	P 01
—	T 60	T 60 K 6	—
YW 1	—	—	M 10
YW 2	—	—	M 20

碳化钛与其余为碳化钨和钴所组成的合金。牌号末尾如有 X、J 和 C 等字母是表示碳化物颗粒的粗细，X 表示细颗粒硬质合金，它比一般颗粒的合金具有较高的耐磨性，但强度稍低。J 表示为极细颗粒的碳化物，耐磨性更加提高。而字母 C 则是粗颗粒碳化物的合金，它具有很好的强度。

表 2 是各种牌号硬质合金的性能及其用途。在设计钎焊硬质合金刀具和模具时，必须根据各种牌号硬质合金的特性来选择基体材料、设计槽形和钎焊工艺。

表 2 各种牌号硬质合金的性能及其用途

合 金 牌 号	合 金 性 能				用 途 介 绍
	物理机械性能			使 用 性 能	
	比 重 (克/厘米 ³)	抗弯强度 (公斤/毫米 ²)	硬度 (HRA)		
YG3X	15.0~15.3	100	92	是钨钴合金中耐 磨性最好的一种合 金，但冲击韧性较 差	适用于铸铁，有色金 属及其合金的精镗、精 车等。亦可用于合金钢、 淬火钢的精加工
YG4C	14.9~15.2	140	90	是粗颗粒碳化钨 合金，耐磨性高于 YG 8 合金，使用 强度 近于YG 8 合 金	适用于煤炭采掘工业 中镶制电钻 及 风 钻 钻 头，钻进煤层和无烟煤， 无矽化页岩，钾盐、岩盐 及其它均质岩，适用于 中硬砂岩（Ⅴ~Ⅵ级， 部分Ⅳ级），灰岩及软硬 交互频繁的岩层中使用
YA 6	14.4~15.0	140	92	细颗粒碳化钨合 金，由于加入了少 量稀有元素，合金 的耐磨性和强度均 高	适于硬铸铁，有色金 属及其合金的半精加 工，亦适用于高锰钢、 淬火钢、合金钢的半精 加工及精加工
YG 6	14.6~15.0	140	89.5	耐磨性较 YG 8 好，但低于 YG 3， 但对冲击和振动没 有 YG 2 和 YG 3 敏感	适于铸铁、有色金属 和合金的粗 或 半精加 工，也用于有色金属线 材的拉伸，地质勘探， 煤炭采掘用钻头
YG6X	14.6~15.0	135	91	细颗粒碳化钨合 金，耐磨性较 YG 6 高，强度近于 YG 6	适用于冷硬合金铸铁 与耐热合金钢，亦适宜 于普通铸铁的精加工
YG8C	14.4~14.8	175	88	粗颗粒碳化钨合 金，使用性能近于 YG 15，而耐磨性 高于 YG 15	适用于冲击回转凿岩 机用的钎头，凿中硬和 坚硬岩石。亦适于截煤 机牙，油井钻头，压缩 率大的钢棒、钢管的拉 伸等

(续)

合 金 牌 号	合 金 性 能			用 途 介 绍	
	物理机械性能		使 用 性 能		
	比 重 (克/厘米 ³)	抗弯强度 (公斤/毫米 ²)			硬度 HRA
YG 8	14.4~14.8	150	89	强度高, 抗振, 耐冲击, 耐磨性和使用时的切削速度较低	适于铸铁、有色金属及其合金与非金属的粗加工、断续切削和钻深孔、扩孔等。还适于拉丝模采掘工业等钻头、喷嘴、顶尖、导向装置等
YG11C	14.0~14.4	200	87	粗颗粒碳化钨合金, 强度好, 耐磨性优于 YG 15	适于镶制重型凿岩机用的钻头, 如深孔钻进, 凿岩台车用的钎头等
YG 15	13.9~14.1	200	87	强度较上述合金高, 但耐磨性较低	适于冲击回转凿岩机凿坚硬和极硬岩层, 压缩率大的钢棒和钢管的拉伸, 及冲压工具等
YT 5	12.5~13.2	130	89.5	在钨钴钛合金中强度最高, 而耐磨性最差	适用于碳钢和合金钢的粗加工, 及断续切削时, 如粗车, 粗刨, 粗铣及钻孔等
YT 14	11.2~12.7	120	90.5	强度高, 抗振抗冲击性好, 耐磨性也好, 稍低于 YT 15	适于钢材的粗加工和半精加工。如: 不平整断面和连续切削时的粗车, 间断切削时的半精车, 连续面的粗铣, 铸孔的扩钻等
YT 15	11.0~11.7	115	91	耐磨性较 YT 5 和 YT 14 好, 但强度和抗冲击性较差	适于钢材的半精加工和精加工, 如精车和半精车, 精铣和半精铣, 扩孔等
YT 30	9.35~9.7	90	92.8	红硬性和耐磨性好, 可高速切削, 但不抗振, 不耐冲击, 焊接和刃磨时应倍加小心	适于碳钢和合金钢的精加工, 如小断面精车, 精镗, 精扩及淬火钢的精车

(续)

合金牌号	合金性能			用途介绍	
	物理机械性能		使用性能		
	比重 (克/厘米 ³)	抗弯强度 (公斤/毫米 ²)			硬度 (HRA)
YW 1	12.6~13.0	125	92	红硬性较好，能承受一定的冲击负荷，是一种通用性较好的合金	适用于耐热钢、高锰钢、不锈钢等难加工钢材及一般钢材和铸铁的加工
YW 2	12.4~12.9	150	91	耐磨性较YW 1稍差，但强度高而能耐较大的冲击负荷	适于耐热钢、高锰钢、不锈钢及高级合金钢等特殊难加工钢材的粗加工和半精加工。也可用于一般钢材和铸铁的加工

2. 各种牌号硬质合金的钎焊特性

一、硬质合金的强度与钎焊裂纹的关系 各种牌号的硬质合金，当它的强度越高，钎焊时发生裂纹的可能性就越小。反之，钎焊裂纹就比较容易发生。但硬质合金的硬度和耐磨性往往与强度成反比，即高硬度、高耐磨性的合金，强度较差，而高强度的合金，其硬度和耐磨性较低。因此，一般可得到如下结论：即精加工或超精加工所用的硬质合金，在钎焊时容易发生裂纹。如在钎焊 YT60、YT30、YG 3 和 YG3 X 等硬质合金时，就要采取特殊措施来防止发生裂纹。各种牌号硬质合金的可焊性能，如下式表示：

YG 类：

YG3X→YG3→YG4→YG6X→(YA6)→YG6→YG8→YG11→YG15

YT 类：

YT60→YT30→YW1→YT15(YW2)→YT14→YT5

以上两式中，从左至右表明硬度和耐磨性逐渐降低，而强度和韧性增加，钎焊裂纹发生的可能性则减少。

二、硬质合金的线膨胀系数与钎焊裂纹的关系 众所周知，大多数材料在加热时均要膨胀，冷却时则要收缩。而硬质合金与一般作为基体材料所用的碳素钢，它们在加热时的线膨胀系数差别很大，从 1:2 到 1:3 左右(见表 3)。当钎焊加热时，硬质合金和基体钢材都自由膨胀，从图 1a 中可以看出：硬质合金从 A 膨胀至 A'，而钢基体从 B 膨胀至 B''，它比硬质合金多膨胀了 B'B''。在焊后的冷却收缩过程中，

表 3 硬质合金与钢的线膨胀系数

序 号	材 料	线 膨 胀 系 数 (毫米/米·°C)
1	45 钢	14×10^{-6}
2	40 Cr 钢	12.6×10^{-6}
3	W 18 Cr 4 V 高速钢	12.1×10^{-6}
4	YG 类硬质合金	$5-7.0 \times 10^{-6}$
5	YT 类硬质合金	$4.20-6.7 \times 10^{-6}$

则钢体就要比硬质合金多收缩 B'B''。由于焊缝已牢固地将硬质合金和钢体焊在一起，不允许它们各自自由收缩，因而它们之间的收缩差 B'B'' 除了依靠极薄的焊缝的塑性来抵消一小部分外，绝大部分为应力状态存在着(见图 1b)。这种应力在焊缝处成压应力，在硬质合金上表面成拉应力。当这种拉应力大于硬质合金的抗拉强度时，就会在硬质合金表面产生裂纹(见图 1c)，这就是钎焊硬质合金时发生裂纹的最主要原因。由此可见，当硬质合金的钎焊面积越大时，其

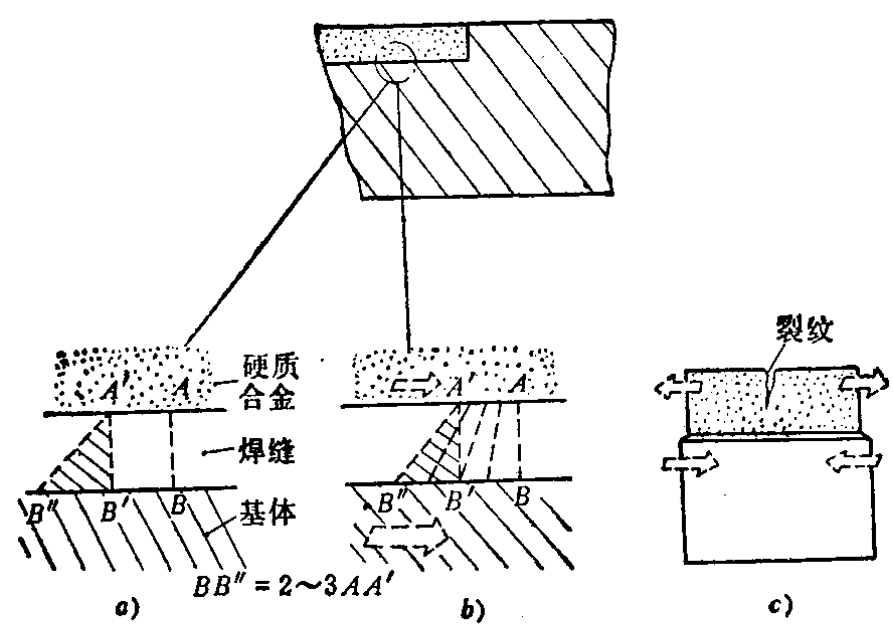


图 1 硬质合金在钎焊时产生焊接应力和裂纹的情况
 a—加热时自由膨胀；b—冷却时的收缩；c—产生应力和裂纹

钎焊应力和裂纹发生的可能性就越大。所以我们在钎焊大面积硬质合金时，不论其强度高（如 YG 8 和 YG 10 大面积合金冲模等），均应采取特殊措施，以防止钎焊裂纹的发生。同样，根据硬质合金和钢的膨胀系数不同这个主要矛盾，结合我国的具体情况，试验成功了多种减少钎焊应力、消除钎焊裂纹的有效方法，近年来已在国内部分厂矿中推广使用。

二 硬质合金刀具、模具、量具 基体材料的选择和槽形设计

1. 基体材料的选择

一、一般硬质合金车刀、刨刀基体用的材料 常用的硬质合金车刀、刨刀，刀杆一般可用 45 号钢制成。近年来，我国各厂矿也采用球墨铸铁来制作一般中小型车刀的刀杆，或采用精密铸造等工艺来制造刀杆，进一步降低了刀具制造成本，节约了钢材。但在大型车刀、切断刀或带有冲击载荷的刨刀等硬质合金刀具，就不宜用球墨铸铁做刀杆。在钎焊球墨铸铁刀杆的硬质合金刀具时，必须注意其加热温度。加热温度不宜过高，以免将刀头部分烧熔化，尤其在用电阻焊、高频焊或焦炭炉焊时更要特别注意。

二、硬质合金多刃刀具的基体材料 硬质合金多刃刀具，一般可用 40Cr 钢做刀体。对于某些刀体需要淬硬的刀具，可选用 9CrSi 钢做刀体。因 9CrSi 刀杆在焊后淬火时所用的冷却介质的温度比 40Cr 高，这对硬质合金比较有利。此外，用 9CrSi 钢做较小的硬质合金多刃刀具（或刀头）刀体时，钎焊后用空冷或压缩空气吹冷，也可以使刀体达到一定的硬度，以满足使用的要求。

三、特殊用途硬质合金刀具的基体材料

1. 大型立车和大型龙门刨床所用的车刀和刨刀，因它们所受的载荷大，且在切削时发热量大，而往往还带有较大的冲击，所以刀杆材料可用 50 号钢或 55 号钢。

2. 当大型车刀、刨刀采用装配式的大刀架上装小刀体时, 作为刀头部分的小刀体可采用 9CrSi 钢或 W18Cr4V 高速钢做基体, 钎焊后进行风冷, 以使小刀体达到一定的硬度, 从而提高刀具的使用寿命。

3. 高精度硬质合金刀具。在座标镗床等精密机床上加工高精度工件时, 其刀具可用 W18Cr4V 高速钢做刀体。刀具在钎焊后进行空冷, 刀头部分就有足够的硬度 (刀杆越细小, 焊后硬度也就越高), 这可以保证在加工时能获得高的精度和光洁度。由于高速钢的膨胀系数与硬质合金较为接近, 所以钎焊应力也较小, 刀具寿命也能提高。在某些特殊情况下, 甚至可采用 YG8 硬质合金棒, 或用钎焊耐磨性极好而硬度高的 YT 60, 或更硬脆而耐磨的硬质合金做刀体, 以供超精切削加工时之用。

四、硬质合金模具的基体材料

1. 仅受轻微载荷的拉丝模和耐磨零件等, 其模体可用 45 号钢制造。

2. 一般受冲击载荷的模具, 可用 50 号钢或 55 号钢做基体。当冲击力较强时, 可用 40Cr 或 9CrSi 钢做基体。

3. 在受热条件下作激烈冲击或反复热振动的模具 (如高速旋转模锻的锤模或热轧时用的扇形板等), 一般可采用 9CrSi 钢做基体材料。在某些使用条件特别恶劣或模具截面尺寸较大时, 也可采用 W18Cr4V 高速钢做基体, 以提高模具的热稳定性和减少钎焊应力。

五、硬质合金量具的基体材料 硬质合金量具的基体材料, 可根据量具的具体要求而定, 一般可与量具的部件或主体材料相同。

2. 硬质合金刀具、模具、量具槽形的合理设计

一、硬质合金刀具的刀头部分几何形状

1. 在设计刀槽时, 应保证硬质合金刀片高出刀体 $0.5 \sim 1$ 毫米左右 (可根据刀具尺寸而定) 以利于刃磨 (见图 2a), 这对于硬质合金多刃刀具尤为重要, 否则在刃磨时碳化硅砂轮要同时磨削钢体、焊料和硬质合金刀片三种不同材料, 而

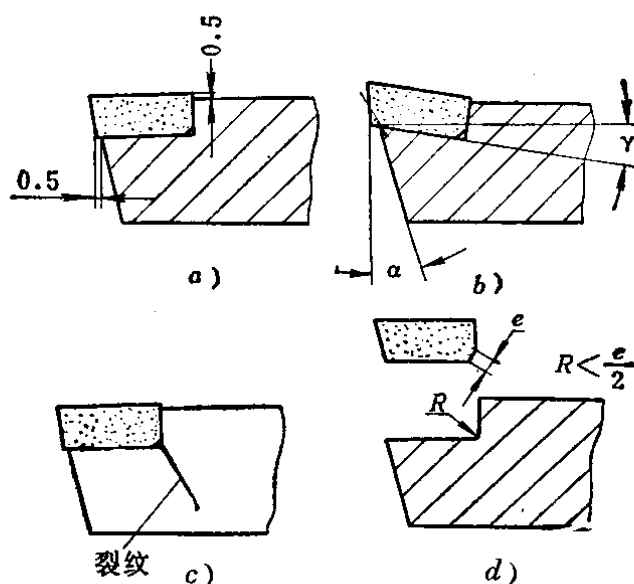


图 2 正确的刀槽几何形状

a —刀片与刀槽的相对位置; b —刀槽的几何形状; c —刀槽不倒角而产生的裂纹; d —刀槽倒角

钢体和焊料 (铜合金或银合金) 就会很快的将砂轮堵死, 不但降低了刃磨效率, 而且容易使硬质合金发生裂纹。如果用金刚石砂轮刃磨时, 要同时磨削三种软硬相差悬殊的材料就更为困难了。

2. 刀头部分的几何形状应在选择硬质合金刀片及铣刀槽时加工出来 (见图 2b), 使刀具在钎焊后稍加刃磨就可以使用, 避免刀具钎焊后因大量刃磨而产生裂纹, 同时也增加了