

机械工人活页学习材料 377

国产陶瓷车刀的应用

董振澧 编著



机械工业出版社

出版者的話

陶瓷刀是用一种非金属材料在高温下熔烧制成的。它的主要成分是三氧化二铝。它的特点是价格低廉、硬度和紅硬性很高；缺点是抗弯强度差、脆性大。

苏联和我国的經驗証明，陶瓷刀完全可以应用于金属切削加工。不但可以部分的代替硬質合金，而且也大大提高了生产率。

本書作者曾参加过对陶瓷刀具的生产試驗。本書介紹了陶瓷刀具的性能和一些使用的經驗，可供讀者参考。

編著者：董振瀾

NO. 2727

1959年2月第一版 1959年5月第一版第二次印刷
787×1092¹/₃₂ 字数 31 千字 印張 1⁷/₁₆ 6,001—11,000 册

机械工业出版社(北京阜成門外百万庄)出版

北京西四印刷厂印刷 新华書店發行

北京市書刊出版业营业
許可証出字：第008号

統一書号 T15033·1619

定 价 (9) 0.14 元

一 引言

陶瓷刀是一种由非金属材料——陶瓷制成的金属切削工具。早在1932年苏联就用它切削轻金属及塑料等材料。在第二次世界大战时期,德国用它加工铝合金,以代替高速钢及硬质合金。1948年,苏联中央机器制造工艺科学研究所开始在金属切削方面使用了陶瓷材料的刀具。1942~1944年,德国和英国也进行了一些试验与研究。1953年中国科学院冶金陶瓷研究所开始试制陶瓷刀片,到1955年将已制成之陶瓷刀片在机电研究所进行了切削试验。试验证明,我国自己制造的陶瓷刀片完全可以应用在金属的车削加工中。在1957年国产陶瓷刀又进一步的在第一汽车制造厂进行了生产试验,证明国产陶瓷片在某些情况下是可以应用在生产中来代替硬质合金。

世界各先进工业国不但在进一步的研究陶瓷刀,努力提高它的硬度、抗弯强度及抗压强度等物理机械性能,并且已在实际应用中得到良好的效果。

苏联出产的HM-332陶瓷刀的物理机械性能最近几年已有很大的提高,1951年它的抗弯强度只有 21公斤/公厘^2 ,到1956年就提高到 37公斤/公厘^2 。国产陶瓷刀到目前为止抗弯强度已达到 $30\sim 40\text{公斤/公厘}^2$,硬度达到RA92以上。

如果从它的抗弯强度来看,比高速钢及硬质合金相差很多,但在比较规则的零件上还是可以进行切削的。苏联高尔基汽车厂的辅助车间早已在应用陶瓷刀加工零件了。第一汽车制造厂对部分汽车零件的加工工序曾经

事实证明,陶

瓷刀不但可以代替部分的硬質合金，同時也大大的提高了生產率。上海機床廠車工，上海市勞動模範朱大仙同志切削45號鋼，在走刀量 S 為0.3公厘/轉，吃刀深度 t 為1公厘之下，切削速度達到了2016公尺/分；他在哈爾濱電機廠進行過陶瓷刀的高速切削表演，利用捷克出產的SV-18R高速車床車削35號鋼，走刀量為0.3公厘/轉，吃刀深度為1公厘之情況下，速度達到了每分鐘2600多公尺。南京機床廠在SV-18R車床上車削35號鋼時，在 $S=0.2$ 公厘/轉， $t=1$ 公厘之情況下，速度達到了每分鐘5117公尺。這說明了陶瓷刀適于高速切削，並能达到其他材料制成的刀具所不能達到的速度。

我國已有專業的工廠製造陶瓷刀了，它的質量一般的說還很好，但是目前在全國範圍來說，陶瓷刀的使用還沒有推廣，有些人對陶瓷刀還有些懷疑。因此怎樣使國產陶瓷刀在祖國的社會主義建設事業上發揮它的作用，除了製造部門及研究部門要進一步的提高它的質量之外，更重要的是使用部門得大膽的應用它，找出它的優缺點，提供給製造部門及研究部門參考，以便進一步提高它的硬度及強度。

筆者對國產陶瓷刀進行過一些初步的生產試驗，現將一些使用經驗介紹給讀者，以便使更多的人了解它的性質及其使用方法。

二 陶瓷刀片製造的簡單工藝

一、製造陶瓷刀片的材料 製造礦質的陶瓷刀主要的材料為三氧化二鋁(Al_2O_3)，另外還要加一些阻化劑，普通加1.0%之氧化鎂(MgO)；因為氧化鎂可以在燒結時當溫度較高的情況下，防止結晶過大。結晶過大可能使陶瓷刀的強度大大降低。除有1.0%之阻化劑之外，其他99%是三氧化二鋁，但是三氧化二

鋁的純度不能達到百分之百，其中還夾雜着一些對陶瓷刀片性能有極大害處的氧化物，如二氧化矽 (SiO_2)，氧化鐵 (Fe_2O_3)，氧化鈉 (Na_2O)，氧化鈣 (CaO) 等。這些氧化物固然可以使陶瓷刀的燒結溫度略有降低，但也相對的降低了燒成的強度。陶瓷刀的材料三氧化二鋁愈純，強度及硬度則愈高。陶瓷刀燒結的溫度是隨着雜質的增加而降低，其機械性能也要相對的降低。

除上述的普通礦質陶瓷刀具之外，還有一種金屬陶瓷。金屬陶瓷是在燒結之前將純度為 99% 以上的三氧化二鋁中加一些純金屬粉末，如鐵 (Fe)、鎳 (Ni)、鉻 (Cr)、鈷 (Co) 等粉末，用粉末冶金的方式來進行燒結。這樣燒結的刀片，除硬度可以達到 RA90 以上之外，在抗彎強度方面可以大大超過礦質陶瓷刀具。金屬陶瓷在國內有些單位已在試制。

二、製造陶瓷刀片的簡單工藝

1. 將外面買來的三氧化二鋁，先用球磨機進行球磨，在顯微鏡下觀察顆粒的大小約在 2μ 以下，即可停止球磨。如果在 2μ 以上，在燒成刀片之後，結晶很大，則強度很低，因此在球磨後，再經嚴格的分選，將大於 2μ 之三氧化二鋁選出。

2. 煅燒 將已選好之三氧化二鋁，放在爐內煅燒，溫度升到 1400°C ，保溫三小時，將三氧化二鋁內的結晶水全部去掉，使原來之 γ 三氧化二鋁變成 α 三氧化二鋁。這時它的比重比煅燒前約增加 30% (煅燒前為 3.33 煅燒後為 3.9)。

3. 再球磨 分選煅燒後再加 1% 之阻化劑 (如果是製造金屬陶瓷，可以再適當的加入各種純度很高的金屬粉)，放在一起球磨，使球磨機轉數為 90 轉/分，磨 50 小時。

4. 製造礦質陶瓷時，如果球磨機的球為鐵球，球磨完畢之後必須經過酸洗工序，將三氧化二鋁在球磨時摻入的鐵質，用純鹽

酸洗掉，以免产生 Fe_2O_3 ，而影响刀片强度；如果球磨机用瓷球，此工序可以免掉。

5. 用蒸馏水冲洗，将盐酸清洗掉，控制酸度约 PH2 左右。

6. 成型 将已制好较纯的三氧化二铝制成刀片形状。成型的方法有两种：

甲、石膏模浇注法 将已配好的原料（ Al_2O_3 占 99%， MgO 占 1%）搅成糊状，浇注在已制好比所需要的刀片尺寸大 20% 的石膏模内，将水分吸掉，开模后在室内干燥或在干燥室内干燥。

乙、钢模加压法 将配好的原料，经干燥去掉水分及结晶水，将粉末放入钢模内在压力机上压榨而成型。

7. 预烧 将坯件放在马弗炉内烧到 $800^\circ\sim 1000^\circ\text{C}$ 左右，渐渐冷却出炉，这时还没有硬化，可以修磨加工。

8. 烧成 这个工序是最关键的工序，刀片的质量与这个工序的关系最大。

将刀片放在石墨坩埚内或陶瓷坩埚内，中间夹以 60~100 粒度之三氧化二铝（烧金属陶瓷则须加活性碳，以防止金属氧化），烧到 1750°C 左右，保温约半小时，使其渐渐随炉冷却到室温，出炉即好。

三 陶瓷刀的物理机械性能

硬质合金、高速钢及陶瓷车刀等的物理机械性能如表 1。

从表 1 可以看到硬质合金和陶瓷刀具的区别。陶瓷刀具在硬度方面比硬质合金稍高，但它的抗弯强度要比硬质合金低约 3~4 倍，导热性也比较差些。由于它的抗弯强度低，因而脆性大，不能像硬质合金那样使用，但在没有严重的冲击负荷及切削力不

表 1 各种刀具的物理机械性能比较表

工具材料名称	工具牌号	物 理 性 质				物 理 性 质		
		热容量 C 卡/克度	导热性 λ 卡/公分秒度	比重 γ	线收缩系数 d (20~300°)	硬 度		抗弯强度極限 σ_{u32} (公斤/公厘 ²)
						R _C	R _A	
淬火高速鋼	P18	0.11	0.05	8.73	—	63	83	370
銀鈷鉍硬質合金	BK8	0.04	0.14	14.45	$6 \cdot 10^{-6}$	—	88.5	140
銀鈷鉍鉍硬質合金	T15K6	0.059	0.065	11.01	$5 \cdot 10^{-6}$	—	90.2	115
苏联陶瓷刀具	—	0.02	0.009	3.75	$9 \cdot 10^{-6}$	—	88~90	30
国产陶瓷刀具	—	—	0.009	3.84	—	—	92.7	30~41
碳素鋼	45	0.11	—	—	11.72	—	—	140
								380
								330
								400
								180
								326.5
								—
								—
								—

大的情况下，就可以大大發揮它的作用。陶瓷刀的紅硬性比硬質合金高得多，因此可以进行高速切削。它的抗磨性能也很好，速度很高时刀具也不会很快的磨損。不过导热性能比較差，因此在刀片的焊接过程中要特别注意，如有不小心，刀片就会崩裂；切削过程中澆注冷却液也应注意，不允許在切削中途澆注，应在刀具切削工件之前先澆注。由于陶瓷导热差，因而切削热傳导到刀具上的热量很少，大部傳导到切屑，而工件所吸收的热量比用其他材料刀具要多。

四 陶瓷刀具的合理几何参数

陶瓷刀具是一种新的刀具材料制成之刀具。最近几年来，苏联及东欧各人民民主国家都在研究它的合理几何参数，但结果各有不同。国产陶瓷刀的合理几何参数的研究，现在尚未进行，但是决定几何参数的一般原则，意见是相同的。除根据刀具材料来选择之外，工件的硬度，有无硬皮，机床——工件——刀具系统刚性，也是决定几何参数的主要因素。

现在将选择合理几何参数的原则和方法简述如下（参看图1）。

1) 主偏角 φ φ 角可以在 $20^\circ \sim 90^\circ$ 之间来选择，它的大小直接影响着刀具的寿命。 φ 角愈大则寿命愈低，但是 φ 角愈小则 P_y 愈大；如果工件刚性很差，则会影响工件精度，而且亦能引起机床、工件振动，

因此 φ 角亦不可太小。笔者曾将原来 $\varphi = 45^\circ$ 之陶瓷刀，改为 30° ，在切削条件不变的情况下，刀具寿命约提高一倍，但是工件中间要比两端略粗，这是因为工件刚性差，及 P_y 增大的原因。

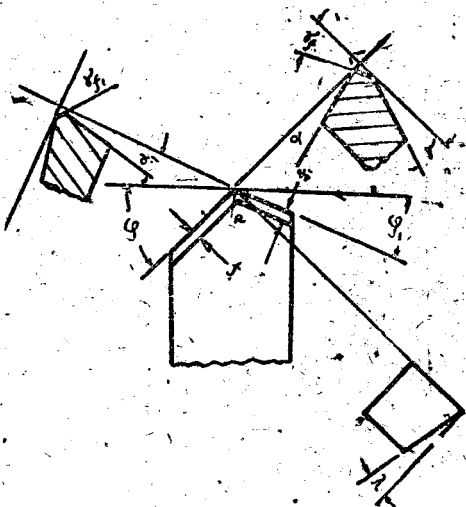


圖 1

2) 主后角 α

α 角一般是 $8^\circ \sim 10^\circ$ ，切削較硬的材料用 10° ，而普通材料用 8° 。

3) 前角 γ 。前角的合理数值，与机床剛性及被加工材料有很大的关系。机床剛性好，加工时不易产生振动，因而前角应取小一些，或取負前角；这样可以延長刀具寿命，刀尖强度增加，可以减少刀尖崩裂現象。

材料硬度高，应取小的前角。

4) 副偏角 φ_1 。副偏角的选择除在靠模車床上用的刀具应根据工件的形状来决定之外，对精加工及粗加工都应有所区别，粗加工 φ_1 应稍大一些，精加工要小一些。

5) 刀刃傾角 λ 。 λ 角取正值能增强刀口的强度。由于陶瓷刀具脆性大，刀刃容易崩裂，因此 λ 角应取正值，但是机床强度較差时亦可取零度，不应取負值。普通 λ 之值为 $0^\circ \sim 10^\circ$ 。

6) 倒棱前角 γ_l 。陶瓷刀主切削刃都应有一負的倒棱前角，这样可以增强刀刃的强度。切削鋼时，可以取大一些，寬一些，普通为 $-10^\circ \sim -45^\circ$ ，寬度为 $0.2 \sim 2.0$ 公厘。汽車厂在切削調質鋼时采用了 $\gamma_l = -20^\circ$ ，寬度为 2 公厘，得到了良好的效果。切削鑄鉄时， γ_l 应为 -5° ，寬度为 $0.2 \sim 0.5$ 公厘。

7) 刀尖半徑 r 。 r 之大小与被加工零件所要求的表面光潔度及被加工材料有关，通常为 $1 \sim 1.5$ 公厘，但是在粗車鑄鉄时可以采用 $r = 10$ 公厘，这样不致于使刀尖崩裂（參看圖 7）。

8) 負切削刃上的倒棱角 γ_{fl} 及寬度 l_1 。切削鋼件时，根据需要可以在副切削刃上加一倒棱，这样可以加强刀尖强度，并能促进断屑。通常 γ_{fl} 为 -10° ，寬度可取 $1 \sim 1.5$ 公厘。

在各种不同条件之下，合理刀具几何参数我們建議采用表 2 所列数值：

表 2

推荐的几何参数		加工条件
φ (度)	30	机床—工件—刀具系统刚性特别强, 切削深度不大
	45	机床—工件—刀具系统刚性相当强 (常用角度)
	60~75	机床—工件—刀具系统刚性不够
	90	机床—工件—刀具系统刚性不够, 推切车削和切端面
φ_i (度)	0	用有附加切削刃的刀具加工
	5~10	光加工
	10~15	粗加工
γ (度)	10~15	加工钢($\sigma_b < 70$ 公斤/公厘 ²)机床刚性较差
	5~10	加工钢($\sigma_b < 70$ 公斤/公厘 ²)
	0~5	加工铸铁件及钢件
	0~(-10)	加工淬火钢或机床刚性好之情况下加工其他材料
γ_f (度)	-5	加工铸铁件
	(-5)~(-10)	在 $t < 2$ 公厘, $S < 0.3$ 公厘/转之条件下加工钢
	-25	在 $t > 2$ 公厘, $S < 0.4$ 公厘/转及加工较硬的钢
	-45	适用于钢的粗加工
f (公厘)	0.2~0.5	加工铸铁及在机床—工件—刀具系统刚性不够时加工钢
	1~2.0	机床—工件—刀具系统刚性很强时, 加工钢
α, α_1 (度)	8~10	加工钢及铸铁
λ (度)	0~5	加工余量较少, 余量均匀
	5~10	粗加工或加工余量不均匀
刀尖半径 r (公厘)	1.0~1.5	加工钢及精加工或半精加工铸铁
	8~10	粗加工铸铁

五 陶瓷刀的刃磨与研磨

很多書上記載陶瓷刀的刃磨是比較困难的。在砂輪高速之下往往磨了很長的时间，磨去的体积很少，而且刀尖崩裂的現象也經常出現。如果用硬質合金或高速鋼的刃磨方法来刃磨陶瓷刀，效果是不好的，因为它的机械物理性能与高速鋼及硬質合金有很大的区别，陶瓷刀脆性大，导热性差，抗弯强度低，在刃磨时应当考虑这些因素。

砂輪和刃磨用量的选择特別重要；如选择不当，刀口就会剥落，或产生裂紋。当砂輪速度很高，由于导热差，因摩擦而产生的热量分布不均，局部温度很高，也会产生裂紋。

一、刃磨

1. 砂輪的选择 砂輪的材料以綠色碳化硅为宜。粗磨时要用粒度46的砂輪；精磨通常要用60~80粒度为宜。在硬度方面应为 $M_3 \sim CM_1$ ，結合剂为粘土，砂輪的直徑不可太大，最好在200公厘以內的碗形砂輪，其寬度不应小于刀片被磨平面的寬度。

2. 磨削用量的选择 磨削速度方面，苏联很多学者各有不同意見，而且他們之間所建議的速度也相差很大。A. И. 依沙也夫等認為切削速度 $11 \sim 14$ 公尺/秒为最好，而C. П. 沙巴朗夫等認為 $6 \sim 7$ 公尺/秒为最好，B. C. 馬麻也夫認為采用 $1.5 \sim 2$ 公尺/秒比用其他速度效率高。但是那一个速度比較好各有各的道理。我們进行了一系列的試驗，証明2公尺/秒的速度磨削效率最高。經驗証明，磨削速度如果再高，不但不能提高磨削效率，同时也常常把刀片打坏，或者产生肉眼不能看到的小裂紋。縱进給量建議采用 $1 \sim 1.5$ 公尺/秒，橫进給量建議采用 $0.02 \sim 0.04$ 公厘/行程。

3. 其他 刀片与砂輪之間的正压力，B. C. 馬麻也夫認為

75 公斤/公分² 为最好，也有人認為正压力不应大于 0.3~0.5 公斤/公分²。我們在这方面进行了試驗，結果正压力以 40~50 公斤/公分² 磨削效率为最高。压力超过这个限度，刀片容易挤碎。磨削压力小，效率就很低。但是在实际磨削过程中，往往低于 50 公斤/公分²，因为手拿着車刀磨时很难掌握准确，而且手的力量也很难加到这样大。

普通砂輪机及各种磨刀机的砂輪速度約为 30 公尺/秒。这个速度对磨陶瓷刀来說是太高了。为了保証每秒 2 公尺之速度，可以将普通的 3628 型硬質合金磨床进行改装。这样可以用 30 公尺/秒速度磨硬質合金刀具及高速鋼刀具，同时也可以用于磨陶瓷刀具。改装后机床机构示意图，如图 2 所示。

当手把在 B 位置时，皮带盘 5 和內齿輪 3 由离合器相接合，因此馬达 1 之动力經過小齿輪 2，及內齿輪 3 而減速，傳遞給皮带盘 5，并由皮带 12 傳到主軸而得到砂輪的直綫速度为每秒鐘 2 公尺左右。

当手把在 A 位置时，皮带盘 5 和离合器 11 相接触，因此馬达的动力直接傳遞給皮带盘，再由皮带盘經皮带傳到砂

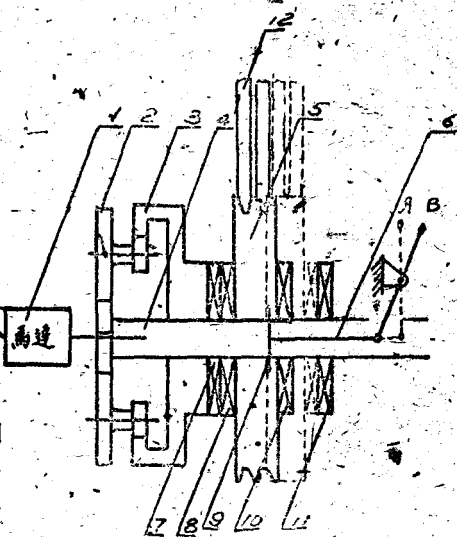


圖 2

輪主軸，这样得到的砂輪直綫速度为每秒 30 公尺。

如果沒有 3628 型磨刀機，也可以將砂輪裝在舊的銑床或車床的主軸上，根據砂輪的直徑來換算主軸的轉數。車刀放在特制的夾具上，然後再將夾具裝在車刀架上，或把萬能虎鉗裝在銑床工作臺面上，這樣就可以刃磨了。

如果採用機械式緊固的刀杆，則可將刀片放在刀夾內，用萬能虎鉗夾緊刀夾，調整到所需要的角度。

磨刀刀夾可採用圖 3 及圖 4 的形式。圖 3 是帶有彈簧的刀夾，依靠彈簧以保證砂輪與刀片之間的壓力之大小，同時又可以消除刃磨時產生的強烈振動。

圖 3 所示的是刃磨寬 12 公厘、厚 6 公厘、 $\varphi_1 = 45^\circ$ 、 $\varphi_2 < 30^\circ$ 的國產瓷刀專用刀夾。如果要刃磨方形的刀片，可以將件 2 端部改變一下即可以應用。

件 4 是一壓緊螺釘，用 45 號鋼製造，淬火硬度為 $R_c 40$ 。件 5 是壓板，可以不淬火；但上下兩個面必須磨光到 $\nabla \nabla \nabla 8$ 。刀片 9 是由壓緊螺釘直接壓在壓板 5 上，由壓板 5 再壓在刀片上。件 2

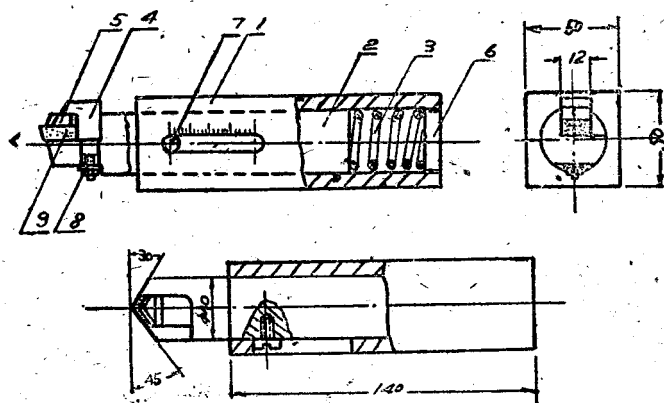


圖 3

由45号鋼制造，与刀片接触之面应当很光，要求在 $\nabla\nabla 6$ 以上。件3是加压彈簧，件6是堵头，彈簧由此装进。件1最好由輕金屬制造，以免整个夹具过重操作不便。1上有刻綫，当刃磨时可以指示压力大小。

圖4是不帶有彈簧的刀夹。这种刀夹适于手拿着在改装后的3628磨刀机床上刃磨，因为手腕能代替彈簧，消除振動。这种刀夹制造簡單，使用也比較方便。

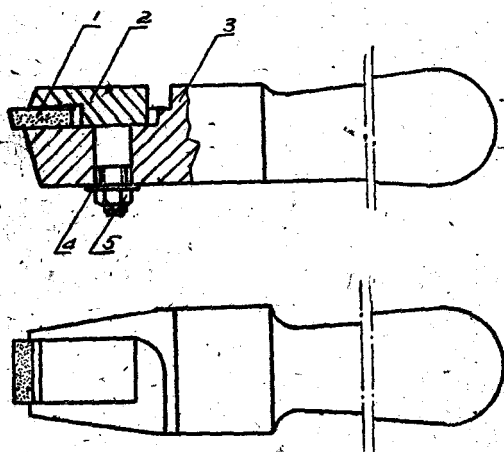


圖 4

1—刀片；2—压紧螺釘；3—刀夹；4—垫片；5—螺帽。

根据苏联資料，在刃磨时要采用冷却液。我們是采用干磨，磨出的表面光潔度很好，刀片的切削耐用度也沒有什么影响，不过在砂輪的磨削面上粘着大量的陶瓷粉，把砂輪的空隙全部填满，这样砂輪就不起磨削作用了，并且和陶瓷刀片互相摩擦，因此效率很低。建議在砂輪底部約三分之一处浸在水盆內，砂輪的磨削方向是从刀片底部到頂部。由于砂輪的速度很低，盆里的水不会

飞溅出来。如果机床是由 3628 改装而成，可以用浇注的方法来清洗砂輪。

二、陶瓷刀的研磨 研磨是陶瓷刀具刃磨最后的工序。在鑄鉄圓盤上塗有碳化硼研磨膏，粒度約为 200~300 (如无碳化硼研磨膏，可以用同样粒度的碳化硅研磨膏代之)。鑄鉄盤的旋轉速度为每秒 1.5~2.5 公尺。这样研磨之后可以得到 $\nabla\nabla\nabla 9$ 之表面光潔度。

如果无鑄鉄盤，也可以用 200 粒度之碳化硅油石代替，研出的表面質量和鑄鉄盤研出完全相同。

我們在切削試驗过程中，經常在刀具后面磨損到 0.4 公厘左右时，使用綠色碳化硅油石研磨一下，这样可以延長刀具寿命約一倍以上。

研磨时要特別注意刀口处不应有崩齒現象，不然会影响工件的表面光潔度，同时刀具的寿命也要大大的降低。

当切削鋼件时，刀片在压力中心处往往产生很細的網狀裂紋，这些裂紋在第二次研磨时，必須去掉，否則会使刀尖崩裂。

六 陶瓷刀具的結構

選擇陶瓷刀具的結構是很重要的，因为机床情况、加工方法以及刀片的質量，都与被選擇的結構有很大的关系。通常采用的結構約分三大类：机械式紧固；焊接結構；胶結結構。

一、机械式紧固 机械式紧固有多种多样，但都具备以下几个特点：

- 1) 結構簡單，夹固可靠，使用方便；
- 2) 車削鋼件都帶有断屑台，从而解决了断屑問題，不必在車刀前磨出断屑台；

3) 刀杆与刀片夹紧部分应当很平, 否则很容易夹碎刀片;

4) 可以节省大量的刀杆, 因此一个刀杆可以用很长的时间, 这样就要求刀杆要淬火。

下面介绍几种常用的机械式紧固刀杆的结构: 圖 5 所示的刀杆是汽车厂用来切削铸件及铜件时用的结构, 是两倾式紧固刀杆, 由三个零件构成: 即刀杆本体 A, 偏心螺钉 B 和夹紧丝钉 C。刀片的宽度为 12 公厘, 刀片的主偏角为 45° , 副偏角为 10° , 刀片的厚度为 6 公厘。如果刀片宽度不同, 可以改变刀槽的宽度, 但与刀片接触的两个面必须达到 $\nabla \nabla 6$, 并且要互相平行。与刀片接触的底面也必须很平, 否则刀片会被挤碎。把刀片放在刀槽内后, 下垫以薄铜片, 偏心螺钉把刀片底部顶住, 然后再用夹紧螺钉使刀片紧固在刀杆上。当刀片经刃磨后长度渐小, 这时可以把刀片调整一下, 并使偏心螺钉永远顶紧刀片。

圖 6 所示的刀具, 是汽车厂用来切削钢件的结构。刀杆的结构由五个零件构成, 即刀杆 1, 压紧螺钉 2, 断屑台 3, 垫圈 5 及螺帽 6。刀片 4 夹紧在断屑台及刀杆本体之间。这种刀杆适于夹紧方刀片, 这个图是使用 $12 \times 12 \times 6$ 公厘刀片的刀杆。

断屑台 3 可以用高速钢制造, 但耐用度较差。能用硬质合金强化可以大大提高其寿命, 如果用硬质合金制造则比较理想。但也可以放上一块陶瓷片, 这样也可以节省一块硬质合金。

圖 7 是汽车厂用来切削铸铁(粗车)的车刀, 这个刀杆与圖 6 的刀杆结构完全相同, 但刀尖半径为 $8 \sim 10$ 公厘, 这样能增强刀尖的强度。

圖 8 是上海机床厂朱大仙同志采用的偏刀, 这个刀的几何参数如下:

主后角 $\alpha = 8^\circ$, 副后角 $\alpha_1 = 8^\circ$, 过渡刃后角 $\alpha_{\text{nep}} = 10^\circ$, 前

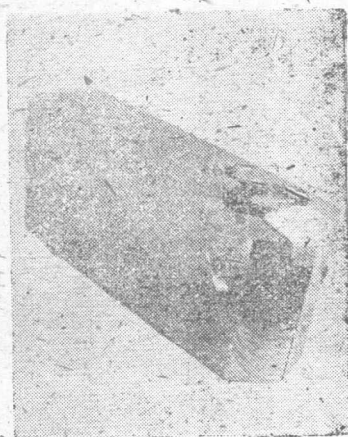
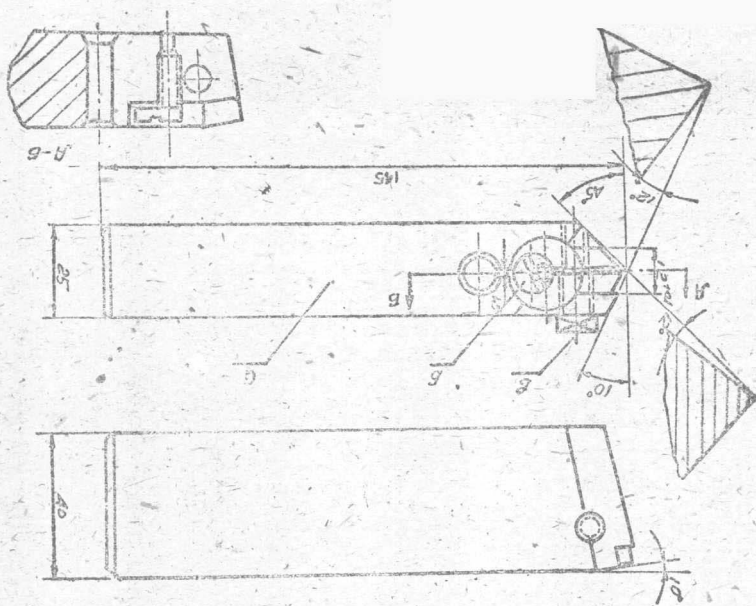


圖 5