

高速切削瓷刀的 製作和使用須知

張福康編譯

大東書局出版



高速切削瓷刀的 製作和使用須知

江苏工业学院图书馆藏
P. П. Грудсв 著
康 編 譯
藏 書 章

大東書局出版

瓷刀是一種成本低廉而性能優良的最新切削工具材料，它的唯一的缺點是脆性較大。爲了能合理地掌握瓷刀的特性而把它很好地應用到生產上去，必須創造出一套適合於瓷刀的使用方法——包括最合適的刀頭幾何形狀、磨礪方法、刀具構造、瓷片的夾持方法、切削用量、操作方法及使用範圍等。關於這些問題在這本小冊子中都有了相當詳細的介紹，而其中特別對各種刀具、構造的設計圖樣和各廠生產試驗的實例提供了許多寶貴的資料，可供車工同志及有關技術人員們的參考。

本書開頭的幾章是一般性的介紹，其內容包括瓷刀的基本認識，瓷刀的實際評價及有關鋼玉質瓷片的製造方法等方面的常識。

張福康編譯 陳 農校閱

*

1954年5月發排 · 1954年7月上海第一版

1954年7月上海第一次印刷(0001—2300冊)

書號:5157 · 30"×42" · 1/32 · 39千字 · 1¹⁵/₁₆印張 · 定價3,500元

*

大東書局(上海福州路310號)出版發行

上海市書刊出版營業許可證出〇四三號 · 上海市書刊發行營業許可證發〇六一號

三星印刷所(上海浙江北路129弄5號)印刷

目 次

一 前言.....	1
二 鋼玉質瓷刀的基本認識.....	4
三 瓷刀的工作條件.....	10
四 刀具的構造.....	11
五 製作瓷刀的工藝特點.....	24
六 選擇切削用量的主要依據.....	31
七 瓷刀在工廠中推行的經驗介紹.....	41
八 報告書的內容.....	43
附 錄.....	44

一 前 言

機器製造工業是一切工業的基礎，而金屬的切削加工則是此一工業最重要的課題之一，因之不難理解，切削工具材料具有多麼重大的意義！正確解決切削工具材料，對於機器製造工業生產效率的提高，產品品質的改進，生產成本的降低，以及重要工業原料與國防資源的節約等問題，實具有決定性的作用。正因為如此，故近年來，有關切削工具材料的研究，就成為科學家們的中心任務之一，特別是蘇聯，他們在這一方面所作的重大努力和成就，是任何資本主義國家所望塵莫及的。

到目前為止，工業上採用的切削工具材料不外三種，即碳鋼、高速鋼及硬質合金。

碳鋼最大的缺點是耐熱性太差，如果超過 240°C 就會失去硬性，因此祇有在很低的切削速度下方可使用，高速鋼的耐熱性比較要好得多，一般可達 600°C 以上，因而切削速度就可大大提高。牌號為 BK 8 的硬質合金可耐熱到 800°C ，牌號為 T 15 K 6 的硬質合金則甚至可耐熱到 900°C 。硬質合金不但耐熱性非常好，它的耐磨性和硬度也很不錯。所以到目前為止，它仍然是一般認為最優良的工具材料。由於硬質合金的優良物理機械性能，才能施行近代的高速切削。如果把碳鋼車刀切削鋼材的切削速

度作為 100%，那末使用高速鋼車刀時，切削速度就可提高到 400%，使用 BK 8 硬質合金車刀，可以提高到 1,000%，使用 T15 K 6 硬質合金車刀則更可提高到 2,000%，亦即為碳鋼的 20 倍。

硬質合金最大的缺點，是成本太高，而且在製造時需要大量的鎢、鈷、鈦等元素為原料，這些都是寶貴的工業原料和國防資源。此外，由於近年來切削技術及其他條件的改進，高速切削的速度亦正在不斷地繼續提高，根據這種發展的趨勢看來，硬質合金的耐熱性已將漸漸不能勝任。因此，除非再研究出一種耐熱性更好的新切削工具材料，高速切削速度的繼續提高必將受到嚴重的限制。

為了降低工具材料的製造成本並節約上述寶貴原素，為了進一步提高切削工具的耐熱性，近年來蘇聯科學家們曾利用各種天然的與人造的礦物材料製成切削工具，來進行大規模的切削試驗工作，而其中最有成效的當推人造鋼玉（一種特種陶瓷材料）。

人造鋼玉在很早以前就被應用到工業上去了，但用作切削金屬的刀具，直到 1932 年才開始實現，那是蘇聯的羅蒙索夫陶瓷廠發現的。至於用人造鋼玉為刀具切削紅熱狀態下的金屬，1939 年在多姆斯基工藝學院，1947 年在中央重型機器製造科學研究院（ЦНИИТМАШ）都進行了試驗。

從 1947 年起。對於這種新切削工具材料，在蘇聯開展了廣泛而深入的研究工作和生產試驗，參加這一項工作的有中央重

型機器製造科學研究院、蘇聯磨料與研磨科學研究院、莫斯科門傑列也夫化學工藝學院、蘇聯工具科學研究院等學術機關，以及依里奇工具機製造廠、“赤色無產者”工具機製造廠等工廠。

通過了科學家與先進工人們的密切合作和共同努力，他們終於創造出二種具有優異切削性能的鋼玉質陶瓷材料（即 ИМ-332 和 ИВ-13）。此外，對於利用這種材料所做刀片（以下簡稱瓷片）的幾何形狀、夾持方法、切削用量及使用範圍等問題，亦獲得了一定的研究成果。

在目前，瓷刀正在蘇聯各種各樣的企業中進行推廣，使用者已愈來愈多了。

由於蘇聯先進經驗的啓示，近二、三年來，我國各地的先進車工和技術人員們，亦紛紛利用各種天然礦石（如砂礫石等）和發火栓等材料，磨成刀片，進行切削試驗，但效果不大。1953年，中國科學院冶金陶瓷研究所爲了配合祖國大規模工業建設的需要，開始研究自製鋼玉質瓷刀，經過一年多的努力，已獲得了良好的成果。目前該所正在大力進行推廣。

二 鋼玉質瓷刀的基本認識

鋼玉究竟是什麼東西

鋼玉是一種天然出產的礦石，它的主要成分是氧化鋁。從顯微鏡的觀察得知，這種礦石是由完整的桶狀、柱狀、錐狀或板狀結晶體所組成的。鋼玉的顏色一般常呈藍灰或黃灰色，但也間有少數變種，成透明而帶有各種美麗的顏色而產出的，例如裝飾用的紅寶石和藍寶石等。

鋼玉具有極高的硬度（達莫氏硬度9），在目前所有的已知材料中，除了金剛石以外，簡直沒有再硬的東西了。由於這種優異的硬度，人們在很早以前就把它作為研磨材料，用來製造各種研磨輪、研磨盤、研磨紙及研磨粉等。

鋼玉盛產於印度、蘇聯、緬甸、泰國、加拿大及南非等地，從前由於實際需要，每年開產的數量很大。可是由於開產成本太高和其他種種原因，這種礦石近年來大部份已被人造鋼玉所代替了。

人造鋼玉是一種用氧化鋁（ Al_2O_3 ）為原料，以普通製造瓷器的方法製造而成的優良材料。這種材料不僅具有優異的硬度、耐磨性及耐熱性，而且化學性也極為安定，基本上不受任何酸、鹼的侵蝕。此外，它的介電性質也很好。機械強度方面，雖然遠不如

鋼鐵或硬質合金等材料,但在窯業產品中,已經算是首屈一指的了。

由於人造鋼玉在各方面都具有良好的性質,故可以用來製造許多有用的工業器材,例如高溫爐裏面的耐火材料、絕熱磚;化驗用的耐酸、耐鹼器皿(可以代替白金器皿);測量高溫用的熱電偶的保護管、研磨材料;汽車和飛機的汽缸裏面的發火栓;電器工業用的絕緣材料;手錶裏面的“鑽”以及某些硬質合金與金剛石製品的代用品等。鋼玉用來製造高速切削用的瓷刀還是近幾年來的嘗試。人造鋼玉的用途將是無限廣泛的。

人造鋼玉由於質地較純,故性能方面比天然鋼玉更為優良。表1是人造鋼玉和其他切削工具材料性能的比較表,可供參考。

表 1

性 能	鋼 玉		硬 質 合 金		高 速 鋼
	普 通	特 種	BK 8	T 15 K 6	
硬度(R_A)	88—90	92—93	88	90	83
抗彎強度 (公斤/平方公厘)	30以下	45以下	130	110	370
抗壓強度 (公斤/平方公厘)	180以下	500以下	350	400	380
耐熱性 $^{\circ}\text{C}$	—	1,200	800	900	600

瓷刀的製造方法

鋼玉質瓷刀的唯一原料是氧化鋁(Al_2O_3),氧化鋁是一種白色粉末狀的普通工業原料,可從鐵礬土中大量提煉,也就是煉鋁

工業的中間產物。

一般地說來，鋼玉質瓷刀的製造方法和普通瓷器差不多，所不同的是原料要求很純粹，氧化鋁的顆粒要求特別細，燒成溫度要求特別高。

製造步驟大致是這樣的：先把預為煨燒的原料放在鋼質的球磨機內加水細磨，經過相當時間以後，就形成一種感覺十分細膩的“泥漿”。由於氧化鋁本身的質地很硬，在細磨過程中，難免有少量鐵質會從球磨機上磨落到“泥漿”中去，鐵質對於瓷刀來說是一種有害的物質，故必須除去。去除的方法是先以鹽酸溶解鐵質，再反覆用水洗去。去鐵後的“泥漿”或把它烘乾，製成粉末，或加入微量酸液並調節水份，製成微酸性的懸濁“泥漿”。粉末可用乾壓法在鋼模內壓製成形，“泥漿”可用澆注法在石膏模子中成形。初步成形後的生坯，強度較差，必須先行入窖烘燒，使之變得略為結實以後，再在砂紙或研磨盤上磨成所需的幾何形狀或將原來的形狀略加修整。最後，置於高溫爐內以很高的溫度把它燒結。燒結後的瓷片經過檢驗和修磨以後，就可用機械夾持法或鉚接法安裝到刀桿的凹部中去，供切削金屬之用了。

瓷刀的實際評價

鋼玉質瓷刀具有很多優點：(1)它的硬度很高，從表1可以看到，普通鋼玉的硬度與硬質合金相等，而特種鋼玉則甚至超過硬質合金。(2)瓷片和金屬的親和力，較任何目前所採用的切削工具材料為小，因此可以減少切削時的摩擦，從而提高工件表面

的光潔度。(3)瓷片的成本很低,估計要比硬質合金便宜數十倍。硬質合金的需要量很大,如果瓷刀能謀取進一步的改善,從而全部代替硬質合金,那麼它在經濟上的意義,將是非常巨大的。(4)瓷刀的製造,不需要錫、鈷、鈦等寶貴元素,可為國家節省大量的有用資源。(5)就目前中國的情況而言,硬質合金的供應量遠趕不上實際的需要,這是全面推廣高速切削的巨大障礙,因之瓷刀的研究和推廣,對於我國高速切削的發展將有很大的幫助。(6)瓷刀的耐熱性高達 $1,200^{\circ}\text{C}$,在這一點上,它遠遠地超過了任何目前所使用的切削工具材料。耐熱性是決定切削速度的基本條件,二者常成正比的關係。瓷刀的優異的耐熱性,使目前高速切削的速度有獲得進一步的可能的。硬質合金的最高切削速度記錄,根據1950年蘇聯先進車工具科夫同志所發表的數字,是每分鐘2,400公尺;而瓷刀的最高切削速度記錄,根據蘇聯先進車工波蘇也夫同志1952年所發表的數字是每分鐘3,787公尺,這是一個世界上從來未曾有過的高速切削速度記錄,它充分地說明了瓷刀的好處及其無可限量的前途。

鋼玉質瓷刀也存着許多缺點。首先是導熱性較差,這一缺點降低了它對於急劇溫度變化的抵抗力,在進行切削或銲接瓷片時,如果處理不當,容易造成崩裂。其次,這種材料的物理機械性質很不均一,同一化學成分在同一情況下製得的瓷片,其性能往往有相當大的出入。但這些都不是主要的缺點,瓷刀最嚴重的問題是韌性不够(即脆性太大),因而不能承受太大的切削力。從表1可以看到,鋼玉的抗彎強度祇相當於硬質合金的 $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{4}$,抗壓

強度，相對地說來，比抗彎強度要好得多，一般相當於硬質合金的 $\frac{1}{2}$ 左右，但也有超過硬質合金的。總括一句，瓷刀經得起壓力，但卻經不起彎力。

脆性這一缺點，嚴重地影響了瓷刀的壽命及其使用範圍。到目前為止，瓷刀的應用還祇限於鋼和鑄鐵的精車或半精車方面，以及用於切削有色金屬和塑料等一類東西。對於鍛、鑄成的毛坯或衝擊性的切削工作，暫時還不能適用。

脆性原是陶瓷材料的通性，要在這一方面求得改進，必須要從化學成分和製造方法等方面着手，但這一問題很不簡單，而且也不是一樁短時期的工作。因此，我們除一方面根據上述方向去求得脆性問題的根本解決外，還必須要從其他方面去找尋補救的辦法——包括刀頭幾何形狀、瓷片夾持方法、磨礪方法、切削用量及使用範圍等問題的適當解決。對於這些補救辦法，在過去數年中，蘇聯的科學家和先進車工們曾經深入而廣泛地進行過研究，並獲得了相當巨大的成就。

中國科學院冶金陶瓷研究所在蘇聯先進經驗的基礎上，利用自製瓷片($R_A=90\sim92$)進行鑄鐵和鋼材的切削試驗，也獲得了良好的成績。表2是該所切削試驗的記錄，可供參考。

人造鋼玉是一種很有希望的切削工具材料，雖然到目前為止，還祇限於精車與半精車方面的使用，但是我們有充分的理由相信，在不久的將來，通過進一步的改良以後，瓷刀的切削性能將會超過硬質合金的。

有關硬質合金的研究，已經進行了三十餘年；而瓷刀的有系

表 2 中國科學院冶金陶瓷研究所切削試驗記錄

材料名稱	硬 度 (H_B)	切 削 用 量			
		吃刀深度 (公厘)	走刀量 (公厘)	切削速度 (公尺/分)	壽 命 (分)
鑄 鐵	190	2	0.4	270	30
鑄 鐵	190	1	0.15	500	60
鋼	—	1.5	0.5	240	20
鑄 鐵	170	2	0.22	150	180
1035 圓 鋼	—	1	0.25	150	55
鑄 鐵	74	5	0.46	500	300以上
高強度鑄鐵	240	1	0.45	150	21

統的研究，則剛在開始階段。因此一般地說來，瓷刀對於我們，還是一種比較生疏的東西，今後的改進，還需要陶瓷與金屬切削方面的專家、學者以及先進車工們的共同的繼續努力。

三 銼刀的工作條件

在掌握銼刀的使用技術時，首先應該估計到瓷片韌性太差這一事實，它的韌性比硬質合金小得多。

由於這個道理，所以在掌握銼刀的使用技術時，必須注意下列幾點：

1. 銼刀必須要在剛性的加工系統（機床-工件-工具）下使用。切切避免在震顫存在的情況下進行工作。
2. 對於黑色金屬，銼刀祇能供精加工或半精加工之用。
3. 銼刀亦可供切削有色金屬、鋼料（抗張強度在 160 公斤/平方公厘以下者）、灰鑄鐵、高強度鑄鐵及球墨鑄鐵等材料之用。
4. 工件必須沒有徑向凹缺，每一刀的長度，在可能情況下愈長愈好。
5. 工件表面有一端不需車削時，若利用銼刀車削，則此不加工部的前端須先車削一凹槽。
6. 利用銼刀進行切削時，不須使用冷却潤滑液，因為瓷片有相當高的耐熱性能。

在某種情況下，由於實際上的需要而必須使用冷却劑時，那麼須要保證冷却潤滑液流能夠充分地供應到刀片上以及切入工件的切削刃部份。

四 刀具的構造

瓷片的角度

有關瓷刀工作的研究者指出，間隙角 α （一名後角）當以 $8-10^\circ$ 為最有利。間隙角如小於此值，刀具壽命就會降低；間隙角大於此值，則切削刃崩壞的可能性就會增加。副切削刃間隙角亦可為 $8-10^\circ$ 。由於瓷刀的強度小，脆性大，故祇有採用負前角即 $\gamma = -10^\circ$ 並在剛性的加工系統下才能得到良好的結果。衆所週知，負前角會增大垂直切削分力 P_z 的數值，而尤其更會增大水平切削分力（ P_x 與 P_y ），其後果是招致在切削過程中發生震顫，如果加工系統的剛性不夠，震顫將更趨劇烈。為了避免震顫，可以採用正前角，用於切削鋼料時， $\gamma = 10^\circ$ ，但在這種情況之下，主刀刃必須要有帶着負前角 $\gamma_\phi = -5 \sim -10^\circ$ 的倒稜面，倒稜面的寬度須等於切削厚度或走刀量的近似值。

進行切削時，為了使韌性金屬的切屑發生捲曲，可模仿硬質合金刀所採用的方法，在瓷片頂面上磨出一條淺槽來。在這種情況下，頂面上還需要磨出一個帶着負前角的倒稜面。

主偏角可在 20 至 90° 的範圍內，但必須注意一點，即增加主偏角時，必須同時降低走刀量。

帶有直線切削刃的瓷片，刀尖半徑 r 可在 1 公厘以下，副偏

表 3

被加工材料	抗張強度 公斤 / 平方公厘	布氏硬度	瓷 片 的 角 度					刀 尖 圓 弧 半 徑 公 厘
			γ	$\gamma\phi$	$\alpha=\alpha_1$	ϕ	ϕ_1	
鋼	60以下	—	10	-5				
	60~100	—	10	-5	8	30	10~15	1
	100~120	—	-5	—	10	90		
	120~160	—	-15	—	10			
鑄 鐵	—	180以下	10	—	8			
		180以上	5	—				

角 ϕ_1 可為 $10\sim15^\circ$ ，主切削刀傾角 λ 可為 $0\sim10^\circ$ 。

切削鋁合金時， γ 可為 15° 。

在表 3 中列舉了依被加工材料性質而變異的瓷刀切削部份的各種角度數值。這些角度，應在實驗室與實際工作累積經驗的基礎上，求取更為準確的數值。

構造特點

使用瓷刀的成功與否，不單決定於瓷片角度和切削用量的是否正確，刀桿刀頭部份的構造式樣，亦有重大的關係。

特別重要而需要解決的是瓷片在刀桿中夾持的牢固性問題。

瓷片夾持在刀桿中，應該採取這樣的位置，即保證刀具儘可能地可以在多方面使用，並須操作方便。

瓷刀的主要構造特點是封閉的裝置瓷片用的凹部。試驗工作顯示，具有封閉凹部的刀具，最為牢固。

利用機械方法夾持瓷片的刀具應該這樣設計，即保證在瓷片支持面和夾持面上所加的壓力，能够分佈均勻而不局部地集中在某些部位上面。

利用鑲嵌方法安裝瓷片的刀具

圖 1~9 所示是利用鑲嵌方法以安裝瓷片的刀具。

圖 1~3 表示安裝着 02 式瓷片的刀具，這種瓷片與刀桿成 60° 或 45° 角而鑲嵌入刀桿中。這種裝置促使瓷片得以很好地緊固在刀桿中。爲了便於掉換瓷片，可以使用切削部份能够分離的刀具(圖 4)。圖 5~8 表示這種刀具的詳細構造。

圖 9 所示，是鑲嵌着半橢圓式瓷片的刀具。

圖 1~9 所描述的關於瓷片的裝置方法，可以應用於各種型式的刀具。瓷片應該很容易地置入凹部中並須平服地緊貼在凹部的表面上。關於瓷片在凹部中的夾持方法將在下面說到。

利用機械夾持法以安裝瓷片的刀具

利用機械夾持的方法來裝置瓷片的刀具，能够加快已磨損或崩壞的瓷片的掉換。由於這個緣故，在實際使用時，要比鑲嵌瓷片的刀具方便得多。

在金屬切削的實踐過程中，利用機械方法安裝瓷片的二種基本型式的刀具已經獲得採用。

第一類是利用切削力以夾持瓷片的刀具。圖 10 與 11 所示是 ВНИИ 所設計的刀具構造。