

# CBN砂輪 研磨前準備工作

陳江龍

## 摘 要

目前CBN砂輪有四種主要結合劑系統——樹脂、金屬、瓷質及電鑄，其中，只有電鑄CBN砂輪研磨前不需要特殊準備工作。其他三種結合劑系統則需要一個或兩個階段準備工作，“削正（true）”——使跟砂輪心軸同心；“削銳（dress）”——將砂輪平滑表面削去，使露出磨料顆粒。如果削正，削銳工作不做底的話，CBN砂輪研磨將打折扣，目前有許多方法及設備用來做CBN砂輪的削正及削銳工作。本篇內容即在分析何種結合劑系統最適合何種削正、削銳方法。

## 簡 介

CBN砂輪發展較為緩慢，但是卻大大改變了人們對於硬鐵金屬及超合金材質的研磨。如果砂輪修整適當的話，CBN砂輪能夠降低生產時間及整體研磨成本。另外，亦能保持高精度公差，不破壞工件材質。但是如果不懂得CBN砂輪基本使用知識，上述所帶來好處將無法獲得。

CBN能夠用來加工「難削材」如硬鋼及太空合金等材料，但同時也帶來了CBN砂輪本身修整的問題，對於這一套有別於對付傳統砂輪的方法，所有的問題以及可能產生的誤解必須徹底搞清楚，這樣才能在應用上得到廣大的效益。

## 結合劑種類及其修整

現今，有關CBN砂輪製造的結合劑系統有四個主要種類。這些結合劑包括樹脂結合劑、金屬結合劑、瓷質結合劑及電鑄。各種結合劑系統的砂輪修整過程不相同。例如：樹脂或金屬結合劑系統需要兩個階段修整過程，瓷質結合劑系統有些種類亦需要。然而，電鑄法砂輪是唯一不需要削正（trueing）及削銳（dressing）的砂輪。

傳統磨料之砂輪的削銳是爲了去除不銳利磨料——而產生新的、銳利的砂輪表面。通常在新砂輪安裝或往後使用中要經常修整。而CBN砂輪的修整卻是另一完全不同理由。

對於需要兩個階段（削正及削銳）修整過程的砂輪而言，其第一個階段是削正——將其砂輪磨面修平或整形成所需要的形狀。如圖1，其砂輪表面相當平滑，磨料晶粒突出表面不多。如以此情況下之砂輪研磨，其砂輪會將其工作物燒焦或產生打滑現象。

第二階段，削銳——將砂輪平滑表面削去，即將包圍在磨料附近的結合劑去除，使其磨料銳角能完全地露出砂輪表面，以產生研磨能力作用，如圖2。

如果C B N砂輪經過適當修整，90 %以上磨料將不斷地產生新銳角以利研磨工作。相對地，氧化鋁砂輪則只有30 %以下磨料產生研磨作用，其他磨料則在削銳中脫落掉了。

我們知道結合劑種類（如樹脂、金屬或瓷質）會影響砂輪的研磨與削銳工作，同樣地其修整過程適當與否亦會影響修整結果好壞。

一般而言，修整後最理想情況是要達到砂輪的「穩定狀態」，即經修整後，實際研磨一段時間，其砂輪的研磨特性（研磨抵抗、研磨馬力、工件表

面及砂輪磨耗速度）將到達穩定狀態。

如果砂輪一開始「削銳不足」（underdressed），即包圍在磨料顆粒之結合劑，在削銳過程中，沒有將其去除到最適當量。此時，砂輪顯得較硬，需要較大馬力，磨出來的表面較正常預期情況更為光滑及較低之研磨效率，不過，繼續研磨下去，砂輪會達到上述的穩定狀態，通常其時間需要幾分鐘或幾小時，如果達到穩定狀態，則此穩定情形將一直維持下去。

另外，如果砂輪一開始「削銳過度」（overdressed），此時砂輪顯得較軟，磨出來的面稍差，需要較少馬力及砂輪的磨耗比正常要稍快。不過，繼續研磨下去，亦將會達到「穩定狀態」。然而，一般來說，削銳過度達到穩定狀態時間比削銳不足來的短。

有些時候，砂輪在削整的時候故意作成削銳不足以「強迫」砂輪磨出比一般更好的加工表面。這樣一來，磨料粒度可以使用粗一點以提高砂輪壽命，因為較佳加工面只能選較細之粒度，但削銳不足也能有改善加工面的同樣效果。



圖1 削正完成

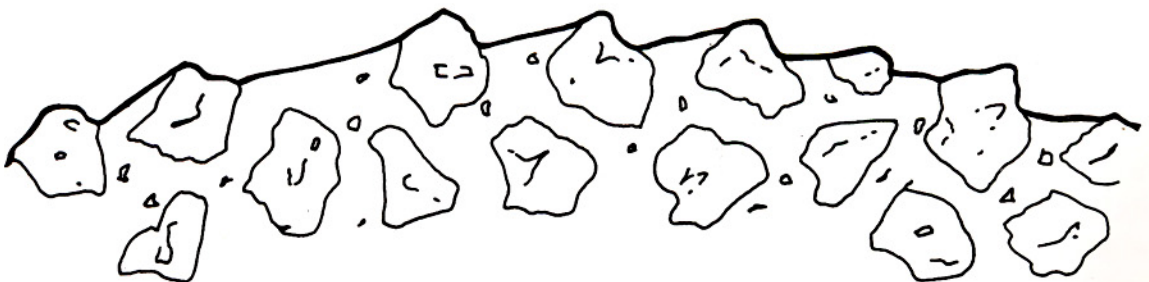


圖2 削銳完成



在許多工廠的工具室研磨，不一定要達到穩定狀態。因為，通常能及時地調整研磨因素以配合砂輪的性能。但是如果在自動化生產研磨作業中，能得到穩定的材料去除率，馬力及加工表面粗度是非常重要的。因此，正確的砂輪削銳必須要隨時徹底維持在最佳狀態。

在所有CBN砂輪中，樹脂CBN砂輪約佔了60%，金屬結合劑CBN砂輪佔15%，電鑄15%及瓷質結合劑CBN砂輪10%。因為樹脂結合劑CBN砂輪佔相當高百分率。所以，許多有關用來削正、削銳樹脂結合劑CBN砂輪的方法系統發展出來，樹脂CBN砂輪應用相當廣泛，從工具室到自動化生產工廠均有。砂輪尺寸從3mm (1/8")的內圓研磨到800mm (32")的無心研磨或圓筒對軸式研磨。同樣地，電鑄、金屬和瓷質CBN砂輪亦有各種研磨方式及尺寸。

我們知道樹脂和金屬結合劑CBN砂輪幾乎都需要二個階段修整工作。通常這些修整工作是在磨床上，砂輪安裝之後進行的。然而，有時候砂輪製造廠家在交給最後使用者時，已經將砂輪削正及削銳。馬上即可用於研磨。但此種情況必須客戶所使用磨床心軸和砂輪裝置筒夾 (wheel mounting collets) 保持在正常情況下，而且偏擺量要最少。在使用過程中，為了求得砂輪正確幾何形狀，有時

亦需要加以適時削正或削銳。

有些瓷質CBN砂輪需要兩個階段修整過程，但是，絕大部分氣孔性瓷質CBN砂輪只需要一個階段，削正/削銳工作同時進行，即可用於研磨。

樹脂和金屬結合砂輪之削正和削銳，或者是瓷質砂輪的削正都可以利用其他的設備來完成，譬如在車床或特殊設計之單能機，而這一類小型設備都很容易與現有磨床互相配合使用，但如果這一類用來專門修整砂輪的設備主軸偏擺太大或是磨床本身主軸不準，對於精度的控制及表面的達成將會發生問題。

## 削正工具及過程

許多有關傳統 (氧化鋁和碳化矽) 砂輪和鑽石砂輪的削正工具亦能適用於CBN砂輪上。其他的工具則是只適合於CBN砂輪的削正。

有些削正工具和技巧只適合於一種結合劑砂輪，其他削正工具則可能是通用的。表1比較了一些常用削正工具與各種結合劑砂輪之間適用性。

為了獲得良好的加工表面，精度和所需形狀，一個經過正確的削正的砂輪是必須具備的首要條件。圖3說明了CBN砂輪削正過程中所允許最大砂輪之偏擺量 (the maximum wheel runout)。調查中知道超過60%要求其最大的砂輪徑向容許偏擺量只有5μm (0.0002 in)。

表1 削正

	樹脂	金屬	瓷質	電鑄
1. 金屬結合鑽石削正筆	+	○	+	N/A
2. 單石鑽石削正筆	○	-	+	N/A
3. 動力迴轉削正器	+	+	+	N/A
4. 剎車式削正器	+	+	-	N/A
5. 軟銅/鉬	○	-	-	N/A
6. 電鑄/金屬結合鑽石塊狀工具	+	+	+	N/A
7. 碳化矽砂輪研磨	○	+	-	N/A

+ 推薦使用。

○ 在某些情況下，可以使用。

- 不推薦使用。

\* 電鑄CBN砂輪在研磨前中，均不需要削正或削銳。

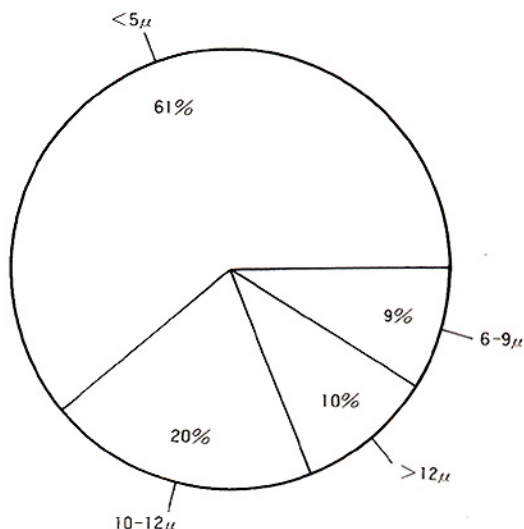


圖3 最大徑向容許偏擺量

由於 CBN 砂輪結合劑方面的改變，其整形方法亦有改變。最近由於瓷質結合劑 CBN 砂輪發展以及大型砂輪應用於研磨工作之增加使得單石 (single point) 及動力迴轉式 (rotary) 鑽石削正工具使用亦隨之增加。圖 4，說明了目前全世界所使用各種不同削正方法的比率。用量最多樹脂結合劑 CBN 砂輪的削正方法，最常用的是金屬結合鑽石 (diamond impregnated nibs) 削正工具。

一般尺寸小於  $200 \times 25 \text{ mm}$  ( $8'' \times 1''$ ) 的較小之樹脂結合劑 CBN 砂輪能適用於各種削正及削銳方法。一旦砂輪裝上磨床後，可使用任一簡單或複雜削正工具來完成削正工作。其中的工具之一，如圖 5 所示，即為金屬結合鑽石筆，此筆通常其直徑為 9 mm 或者較小些 (降低摩擦熱)，而是由 100

/ 120 目 (粒度) 鑽石以金屬結合在其筆尖上。將其筆尖穩固地固定著，砂輪同其進刀而其進刀量不超過 0.025 mm (.001 in)。削正時通常會在砂輪週邊以奇異筆塗上顏色以標示其整形裕度。當在週邊所標示的顏色全部被去除時，即可確定其砂輪已整形完畢。

在過去，單石式鑽石削正筆 (single point diamond trueing nibs)，如圖 6 和 7，一般不被推薦用於 CBN 砂輪的整形，直到瓷質結合劑 CBN 砂輪製造出來被應用研磨上時，其單點式鑽石筆的使用才較為普遍。

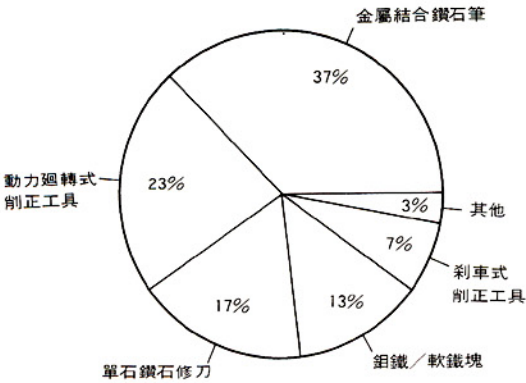


圖 4 削正方法

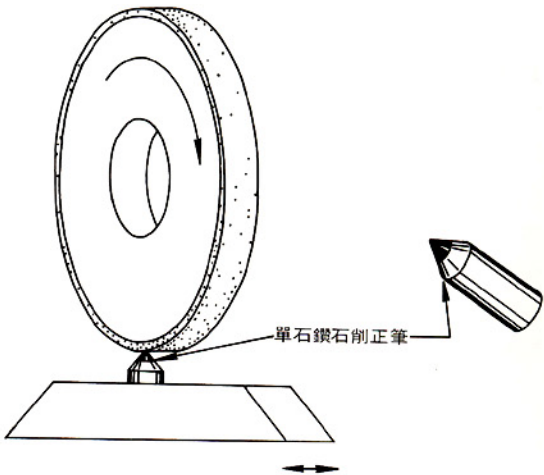


圖 6

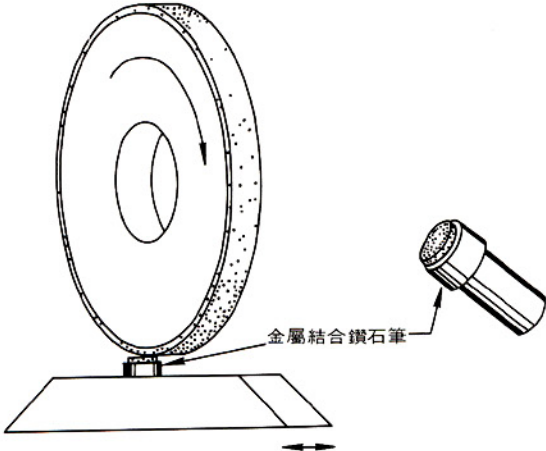


圖 5

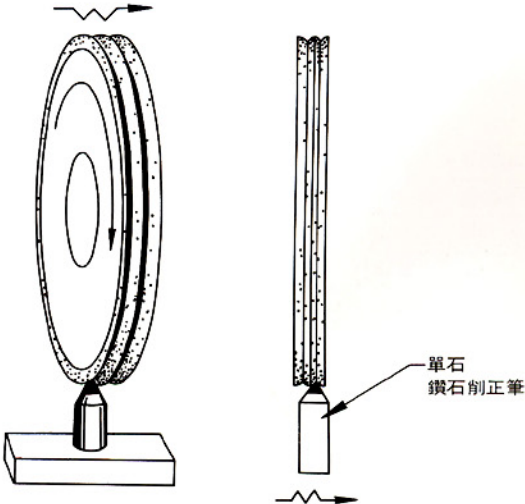


圖 7



瓷質CBN砂輪就其砂輪組織 (wheel structure) 來說, 非常類似於傳統磨料 (氧化鋁、碳化矽) 之瓷質砂輪。此一多孔的組織 (open structure) 及瓷質結合劑之易碎特性使銳利單石筆能對此瓷質砂輪削正, 而無危險狀態摩擦熱產生。

CBN雖然不比鑽石硬, 但CBN砂輪以傳統速度 (conventional speed) 迴轉下, 其單石鑽石削正筆尖會很快地變平無尖點。一旦此種情況發生, 將有許多摩擦熱產生。而摩擦熱則很容易破壞 (degrade) 砂輪結合劑, 破壞CBN磨料或傷害削正筆尖上的鑽石。因此, 實驗室或實地操作結果說明了如果CBN砂輪以較低速度迴轉, 則單石、鑽石筆的削正效果會更好。砂輪以低速度 (10 m/s) 迴轉, 此時砂輪會顯得軟, 磨耗較快, 但是鑽石筆尖較不會被磨平。在這種低速削正的情況下, 樹脂CBN砂輪與有些金屬CBN砂輪以單石鑽石筆來削正會相當成功。

剎車式削正工具 (brake controlled truing device) 是削正平面型金屬結合劑CBN砂輪最常用工具。因為它能有效去除金屬結合劑而不會產生傷害性摩擦熱或嚴重壓碎CBN磨粒。同樣地, 此剎車式削正器亦能有效地應用於樹脂結合砂輪上。

剎車式削正工具 (如圖8), 是使用一個較CBN砂輪之速度為低的砂輪來做削正, 此一削正砂

輪之磨料可能是氧化鋁、碳化矽或甚至鑽石, 它們可能是瓷質、樹脂或金屬結合劑。最常用的是60網眼“L”級硬度的瓷與碳化矽砂輪。

此一系統通常提供了較溫和的削正過程, 而鑽石筆尖則否。因此, 亦有利於下一步驟削銳工作。然而, 使用剎車式削正工具通常要比使用鑽石筆削正花費時間較長, 而且其砂輪表面平坦度亦較不易產生。這是因為剎車式削正工具 (氧化鋁、碳化矽砂輪等) 磨耗相當快, 所以需要多、大的進刀量 (0.051 ~ 0.127 mm (.002 ~ .005 in)) 來作削正。另外, 會在砂輪表面中央逐漸地尖細成一高的點。

因為瓷質CBN砂輪整平會有磨損 (abrasion) 與壓碎 (crushing) 現象, 所以剎車式削正工具不用於瓷質CBN砂輪的整形。

動力迴轉式削正工具 (rotary powered truing devices) (如圖9、10、11) 是最常被推薦廣泛應用於CBN砂輪的削正。而此種削正工具很適合於較大直徑 (超過200 mm (8")) CBN砂輪之削正。此種削正工具是由壓縮空氣、液壓或電力帶動, 主要是金屬結合劑或電鍍。迴轉式削正工具應用, 可為十字軸 (cross axis) (如圖9) 或平行軸 (parallel axis) (如圖10、11) 兩種方式, 效率相差不多, 是削正大、小砂輪的方法中最有效之一。此一迴轉式削正工具系統大部份常

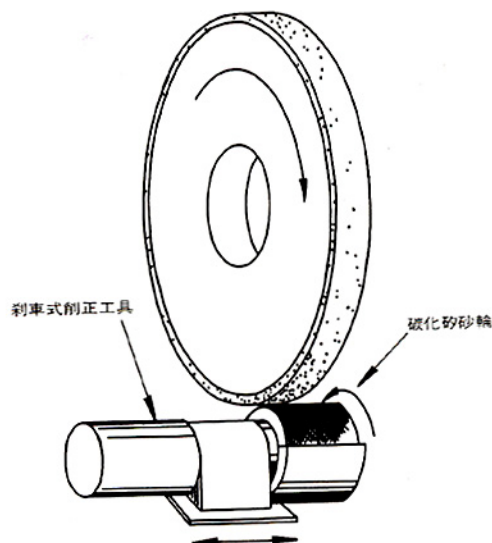


圖 8

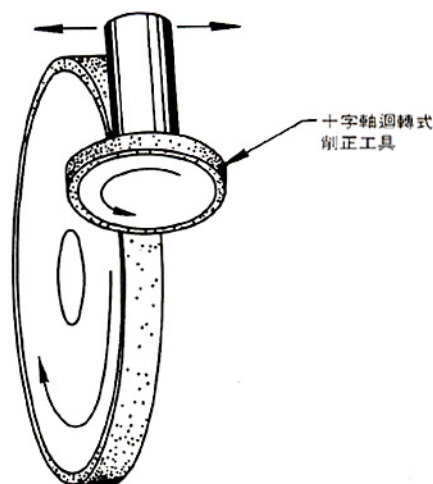


圖 9

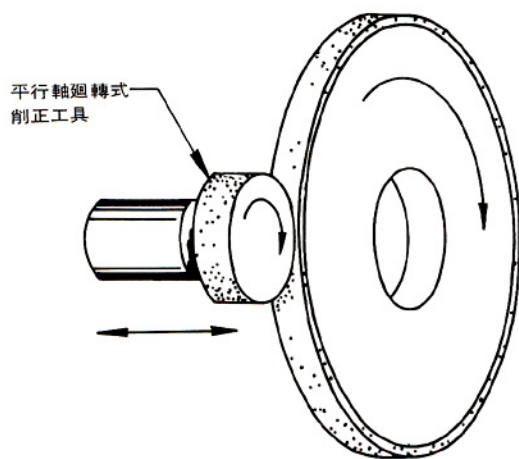


圖 10

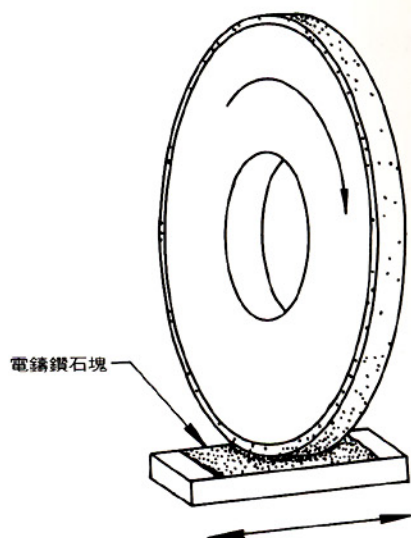


圖 12

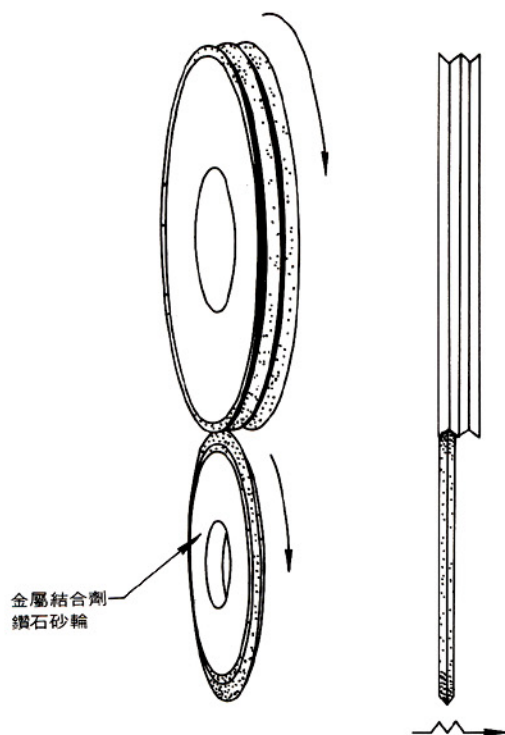


圖 11

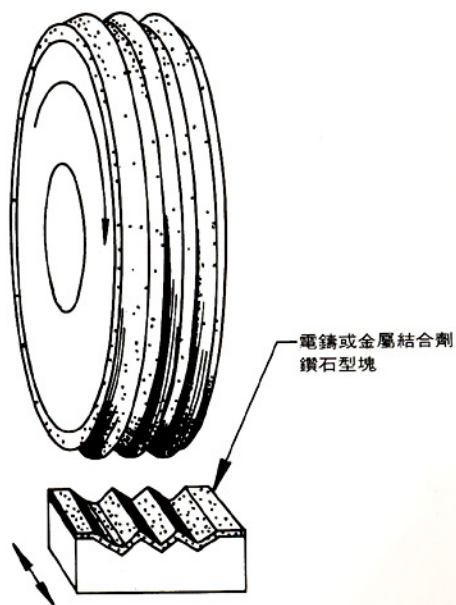


圖 13

用來削正大的砂輪、無心研磨砂輪、圓筒研磨砂輪，而對樹脂、金屬和瓷質結合劑 C B N 砂輪之削正均相當有效。

鑽石削正塊 (diamond trueing blocks) 可能是電鑄鑽石塊 (electroplated diamond block

) 或金屬結合劑鑽石塊 (metal bond diamond block)。其削正方式 (如圖 12) 一平直鐵塊鑄上鑽石來削正平直形砂輪，或其鐵塊有成某一形狀來將砂輪成型為所需形狀 (如圖 13)。整形塊 (trueing block) 廣泛地被應用於樹脂 C B N 砂輪，但

亦有少數用於瓷質CBN砂輪，甚至於亦用於金屬結合劑CBN砂輪的整形工作。美國有家樹脂CBN砂輪製造廠家已經提供了總型砂輪（form grinding wheel）與金屬結合鑽石削正工具（metal bonded diamond form tool）為一組作削正之用（如圖14）。

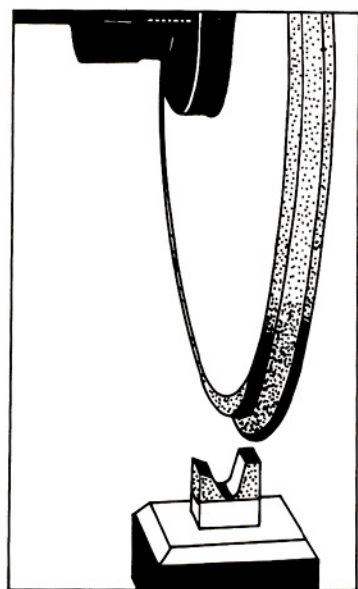


圖 14

另外一種非常簡單，但並非很有效的平直形樹脂CBN砂輪的削正方法，即用鉬鐵或者軟鐵塊（molybdenum metal or mild steel block）來削正，如圖15，此種方式很簡單只要將未削正、未削銳砂輪跟整形塊研磨，直到砂輪形狀達到正確為止。此一軟鐵塊將使砂輪易於脫落其顆粒，因此，必須小心為之。如果過度削銳砂輪其表面會產生粗組織，而且有許多孔（這些孔是削正時磨料顆粒脫離結合劑而產生的）。

剛開始時，其進刀量應該保持小量進刀——一般不超過0.012 mm。然後，慢慢地增加進刀量，一直到0.025 mm為止或所需要形狀為止。繼續此種狀況，一直到砂輪表面能有最佳研磨效果為止。

其他有效的削正CBN砂輪方法是使用起動鋼輪（driven steel roller），同時產生削正及削銳作用（如圖16），此一系統在樹脂CBN砂輪較為有效，金屬與瓷質CBN砂輪效果則較差。

以特殊易被壓碎的結合劑做成的砂輪在市面上使用已有多數年。此一結合劑做成之超級磨料（CBN）砂輪經由不含磨料的擠壓滾輪（non-abrasive crush rolls）來整形，如圖17，其形狀及同心圓度相當好。此種削正方法類似以傳統磨料砂輪來削正。另外，在構成及保有複雜的砂輪形狀方面，此方法是個很有效方法。

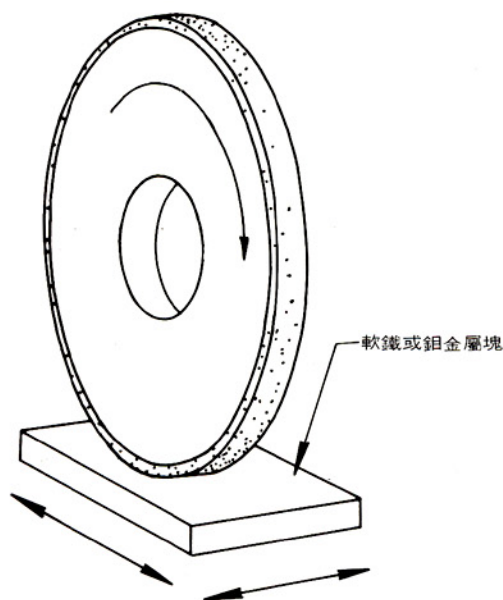


圖 15

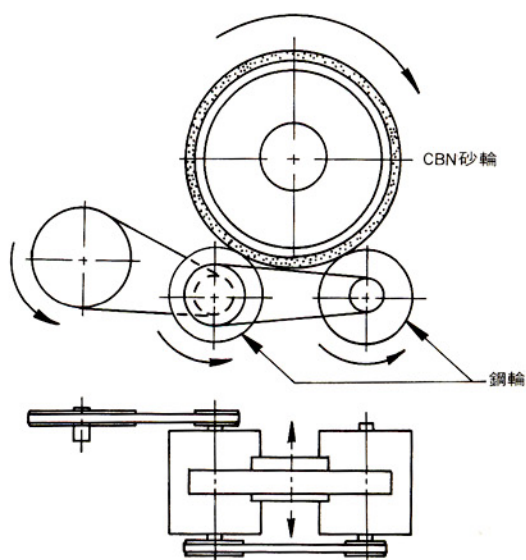


圖 16



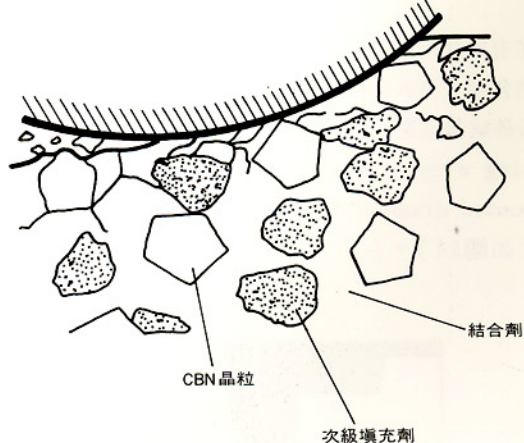
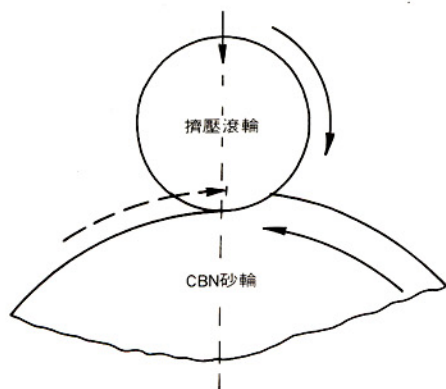


圖 17

上述整形方法，只說明了許多常用削正 CBN 砂輪的一些系統及方法。這些方法和削銳系統（dressing system），提供了 CBN 砂輪的研磨之準備和維護工作。

## CBN砂輪的削銳工作

大部份的 CBN 砂輪之削銳方法與設備型態的發展已有多歷史。這些削銳系統裡，其中有些是很基本，有些是較複雜的。圖 18 對比較常用削正或削銳方法之使用率作個比較。大部份削銳方法都已採用自動（automated）和 NC 控制系統。表 2 說明了四種主要結合劑 CBN 砂輪對各種削銳的有效性。

CBN 砂輪最簡單，最常用削銳方法是使用氧化鋁削銳棒或塊。該削銳棒規格為“G”級硬度或類似等級硬度，網眼 220 或更細些。此種削銳方法是使用少量冷却液，在削銳棒與砂輪間產生稀泥（slurry）現象。此稀泥能侵蝕結合劑，使 CBN 磨料粒露出來，使砂輪銳利。如果磨床上無冷却液，可在削銳之前，將削銳棒浸以冷却液。削銳棒通常以手持方式進行與 CBN 砂輪接觸（如圖 19）。不過為了安全起見，最好將削銳棒或塊以老虎鉗（vise）或類似固定物件來固定住。另外，進刀量多寡和橫送速度必須配合砂輪大小、磨料粒度、結合劑種類或其他因素。如前所述，在削正或削銳步驟中，如果讓砂輪速度減慢，可以得到最佳的效果。

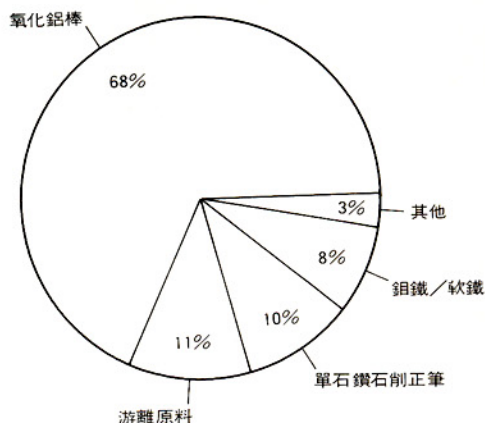


圖 18 削銳方法

表 2 削銳

	樹脂	金屬	瓷質	電鑄
1. 氧化鋁削銳棒	+	+	-	N/A
2. 游離磨料	+	-	-	N/A
3. 軟鐵/鉬研磨	+	-	-	N/A
4. 單石鑽石削銳筆	○	-	+	N/A
5. 剎車式削正工具	○	○	-	N/A
6. 金屬絲刷子	+	-	-	N/A

+ 推薦使用。

○ 在某種情況下，可以使用。

- 不推薦使用。

\* 電鑄 CBN 砂輪在研磨前、中，均不需要削正或削銳。



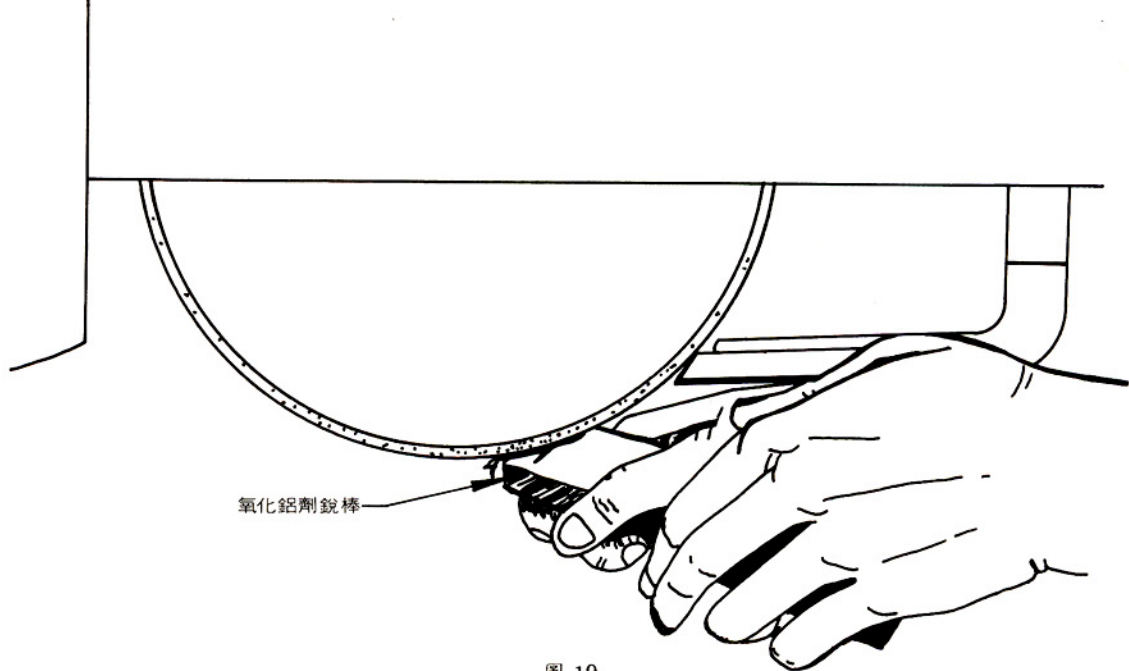


圖 19

有種技術，是將游離氧化鋁與聚乙炔乙二醇相混合，成為水溶性蠟。而將其混合物成型為棒狀，當應用於CBN砂輪時，將附着於工作物表面上（圖20），此種方法，砂輪必須置於靠近工作物。此一工作物將壓擠帶有蠟的氧化鋁磨料而將砂輪結合劑去掉，砂輪產生銳利。此種方法理想上適合於削銳樹脂CBN砂輪。

另外一種系統，類似於水溶性蠟棒，是使用壓輪（pinchroll），只適用於CBN砂輪的削銳。

此系統是使用一特殊噴嘴，噴出含冷却液，氧化鋁磨料混合物於壓輪與砂輪之間（如圖21）。在此一界面接觸，砂輪和壓輪以同方向旋轉，但不同速度。此一速度上差距產生一種砂輪與氧化鋁磨料間拖作用（scuffing action）而形成削銳作用。此系統被應用於許多研磨機器上用來削銳CBN砂輪。

同樣方法已經發展出來，即使用游離氧化鋁磨料。將壓縮空氣送出，磨料粒噴向砂輪表面。此種削銳程度受空氣送出大小、磨料粒度和噴出時間所

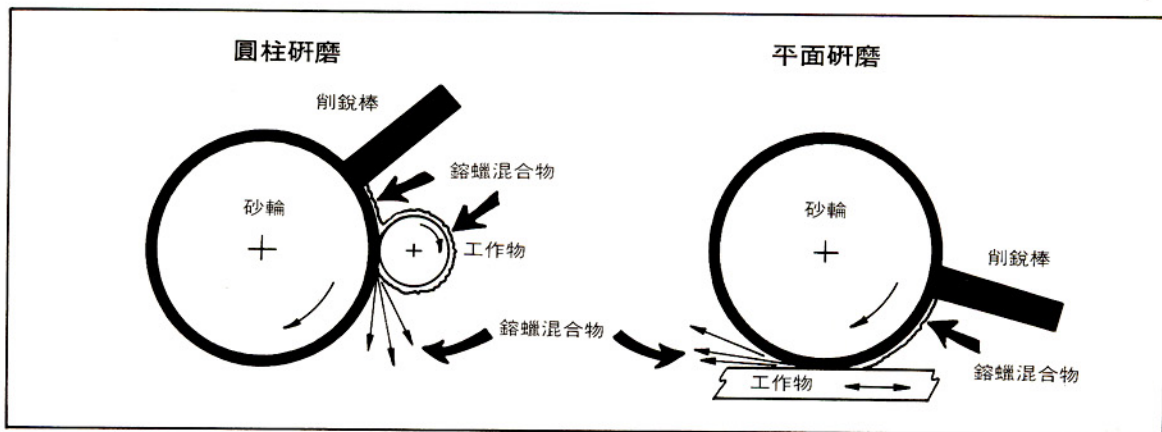


圖 20

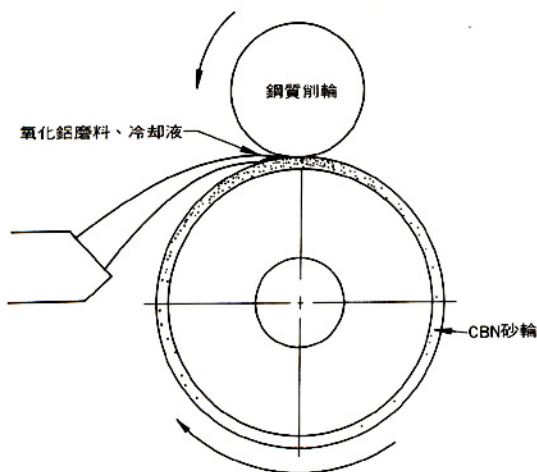


圖 21

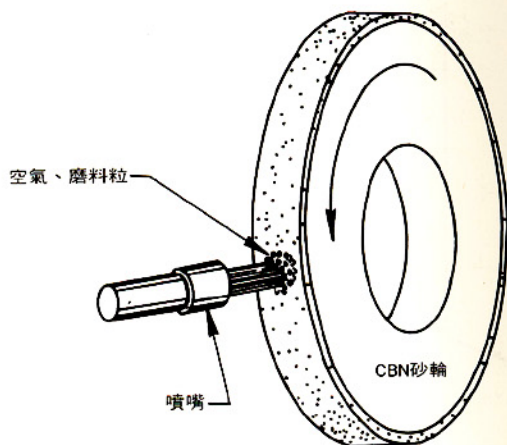


圖 22

影響。如圖22，這一套系統已經自動化，主要用在齒輪精細研磨加工。

另一游離磨料削銳方法亦用磨料粒與冷却液混合物。但不使用壓輪方式（如圖23），而使用超音波方式使氧化铝磨料將結合劑擠出。此方法在實驗階段很有效，實用上仍在試用中。

另一種實驗方法，已經相當成功，即用堅硬金屬絲刷子。此刷子之金屬絲相當堅硬，可將砂輪之結合劑去掉，但是金屬絲有相當彈性不會脫落掉（如圖24）。此一刷子的旋轉軸跟砂輪成 $45^\circ$ ，而且該刷子可以由砂輪來帶動。

另外，其他三種削銳方法在削正工具時已經提及。如果使用適當的話，碳化矽砂輪（當作利車式削正工具）將使削正後CBN砂輪（樹脂或金屬結合劑）有點削銳效果。但此時CBN砂輪的研磨效果要比完全削銳時來的差，但砂輪一旦進行研磨時，會自行繼續削銳。

當軟鋼或鉛鐵塊被用來削正樹脂CBN砂輪時，一般會有部份削銳效果。用其他方法削正後，可用此方法來做削銳工作，但這種方法有時對CBN砂輪而言太過於強烈，而且效果不容易控制。

另一用來削銳瓷質CBN砂輪的工具是單石鑽石筆。通常情況下，此種瓷質CBN砂輪其削正、削銳在同一階段完成。而且這一類CBN砂輪都是屬於多孔性只須修整一次的砂輪。

大砂輪的削銳工作，必須選擇正確削正及削銳

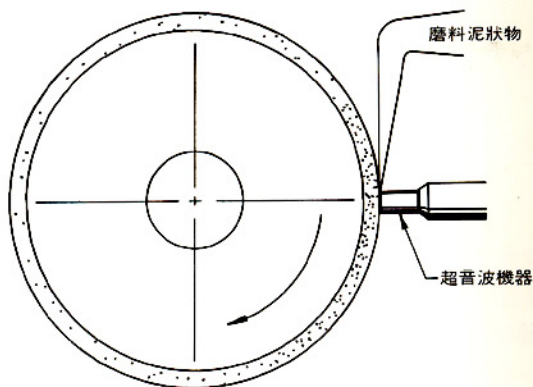


圖 23

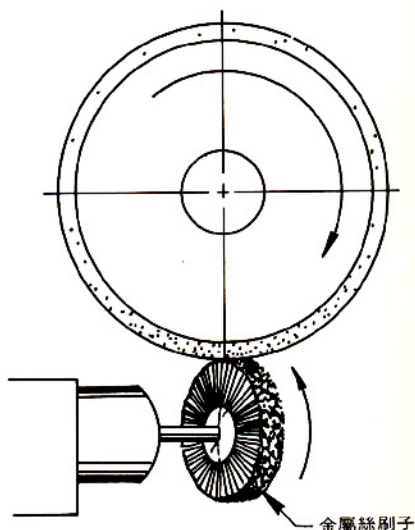


圖 24



設備。如果選擇太小削正工具，在獲得所需要砂輪表面形狀方面問題較大，而且削正時間亦很久。如果大砂輪的話，用動力迴轉式削正工具相當有效。

這種動力迴轉式削正器配合一套能自動降低砂輪速度以利削正和削銳的系統，是目前 C B N 砂輪

的最佳組合。而這樣的組合，正大量出現在設計使用超級磨料的現代化自動機器設備上。

削正與削銳技術是欲獲得較佳研磨作業及加工表面的兩大主要因素。

## 參考資料

- Lewis, Kenneth B. and Schleicher, William F., *The Grinding Wheel*, 3rd Edition, The Grinding Wheel Institute, 1976.
- Meyer, H.R. and Sauren, J., "Trueing of CBN Grinding Wheels", Braunschweig Institute of Technology, March, 1984.
- Unno, K., "The Present Condition of the Use of CBN Wheels and Associated Problems".
- Yonekuru, M. and Yokogawa, K., "Effects of 'TSUKDASHIRYO' of Resinoid Bonded Borazon CBN Wheel Grinding Performance", *Bulletin of the Japan Society of Precision Engineering*, June, 1983.
- 中國砂輪企業股份有限公司翻譯 技-9-2-1 中文稿。