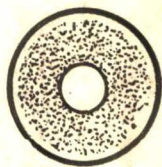


金 剛 石 代 用 品

修整砂輪的研究及应用

何肇础、顧永生編譯



机械工业出版社

出版者的話

在机器制造业中，磨削工序占有很大的比重。尤其是在汽車拖拉机制造厂中，磨床的数量有的竟达全部金屬切削机床的15~20%。因此研究用金剛石代用品来代替貴重的金剛石修整砂輪，在經濟上有着重大的意义。

本書簡略地講解了各种現有金剛石代用品修整工具的材料、結構，着重地叙述了不同工具使用效果上的特性，以便在生产中实际应用。

本書可作五級以上工人和技术員的參考書。

編譯者：何肇础、顧永生 校訂者：吳孝通

NO. 2008

1958年10月第一版

1958年10月第一版第一次印刷

787×1092 $1/32$ 字数 34 千字 印張 1 $1/2$ 0,001—5,000 册

机械工业出版社(北京东交民巷 27 号)出版

机械工业出版社印刷厂印刷 新华書店發行

北京市書刊出版业营业
許可証出字第008号

統一書號 15022.1205

目 次

一	金剛石代用品修整砂輪的意義及概念	2
二	砂輪修整方法的技术概述	3
三	修整工具的材料及結構	7
四	修整工具支座的構造	12
五	各种修整工具修整效果研究的前言	15
六	各种修整工具及因素对磨削精度的影响	17
七	各种修整工具及因素对磨削表面光潔度的影响	26
八	各种修整工具及因素对砂輪磨削性能的影响	36
九	各种修整工具最合理的应用范围及修整用量	45
十	結語	48

一 金剛石代用品修整砂輪的意義 及概念

擴大金剛石代用品修整砂輪的應用範圍是一項重要的經濟技術任務。在互換性零件的各種生產工藝中磨削工序占有重要的地位，例如在汽車拖拉機製造廠中磨床的數量達到全部金屬切削機床的15~20%。現時利用金剛石代用品修整砂輪的磨削工序在汽車拖拉機廠中約占75%，而在軸承廠中約占50%。金剛石代用品可以用來修整精度為8~9公忽及表面光潔度為10級的磨削工序的砂輪，因此合理地應用金剛石代用品將能大大地減少技術金剛石的消耗。圖1為汽車拖拉機主要零件上技術金剛石消耗定額降低的動態。金剛石代用品修整砂輪的繼續發展，應該是研究將其合理地應用於精度及光潔度高的磨削工序的問題。

擴大金剛石代用品修整砂輪應用範圍的任務應該從下列三個方向來求得解決：

(1) 尋求用於光潔及精確磨削工序的修整工具的合理結構和修整工藝，同時對於修整工具已採用的結構進行改進；

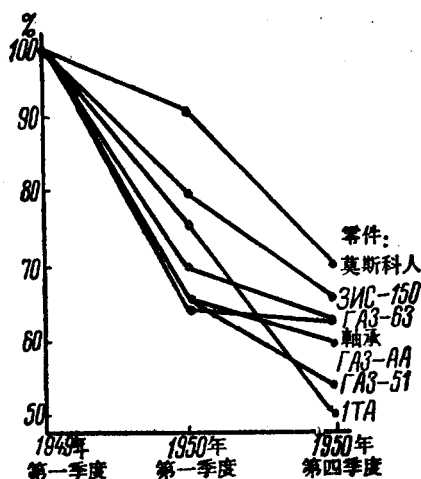


圖1 汽車拖拉機主要零件上技術金剛石消耗定額降低的動態。

(2) 研究各种不同修整工具的技术经济效果, 以便找出各种类型修整工具合理的利用范围;

(3) 借助于建立正确使用車間修整設置的制度, 使金剛石代用品修整砂輪广泛地应用于半精及精磨工序上。

砂輪工作表面的修整在磨削工艺上是非常重要的因素; 砂輪工作表面修整得合理与否将直接影响到加工質量及生产率的問題。一般用于修整砂輪的有金剛石及金剛石代用品, 用金剛石代用品修整砂輪的过程在很大程度上不同于用金剛石来修整。

用金剛石修整砂輪的过程是基于以高硬度的金剛石切削砂輪表面上的磨粒, 借以得到熨平的砂輪表面。

而当用金剛石代用品修整砂輪时, 整个过程主要是从被破坏的粘結剂上剝落已鈍的磨粒, 使磨粒剝落的地方出現新的磨粒, 因此它能使砂輪具有較好的切削性能和提高磨削生产率。

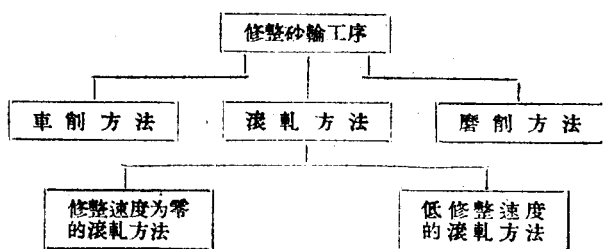
对于金剛石代用品及其夹具有下列几点基本要求:

- (1) 滿足被加工工件所需要的精度;
- (2) 保証被加工工件規定的表面光潔度;
- (3) 保証机床規定的生产率;
- (4) 修整工具应用上的經濟合理性;
- (5) 修整結果的穩定性及夹具工作的安全性。

二 砂輪修整方法的技术概述

各种修整砂輪的工序可以按其执行的方法来划分如下表所列。

車削方法是采用金剛石来修整砂輪, 修整时的切削速度就等于砂輪的圓周速度。在用金剛石修整的过程中, 金剛石切去由磨粒



及粘結劑組成的砂輪表層，並且使砂輪表面留下犹如螺紋的外形。

借助于增大縱向和橫向進給以及尖銳的金剛石，就能提高砂輪的切削能力，但同时却增加了砂輪表面的微觀不平度。相反的，用減小進給量和用鈍的金剛石，則砂輪的切削能力及其表面的微觀不平度就会減小。

為了實現用金剛石代用品修整砂輪的可能性，採用下列的修整方法：滾軋方法及磨削方法。

滾軋方法可以分為二種形式；一種是切削速度等於零的，另一種是低切削速度的。

切削速度為零的滾軋方法是利用整塊的修整圓盤來進行修整砂輪的。這種修整圓盤可由硬質合金、金屬和磨料來制成。採用這個方法時砂輪軸綫與修整圓盤的軸綫是相互平行的（圖2），修整圓盤能在軸承中自由地旋轉，在修整過程中它與砂輪接觸並且與砂輪以同一圓周速度旋轉。因此在這情況下切削速度等於零，

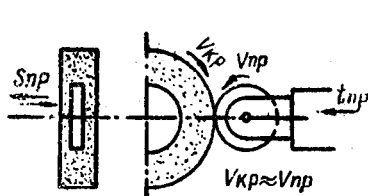


圖2 修整速度為零的滾軋方法。

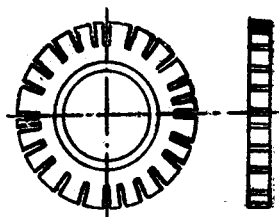


圖3 具有不同節距橫槽的修整圓盤。

而砂輪修整的實現是由于圓盤擠碎砂輪表面的磨粒及粘結劑層所致。

實際上，由于軸承中的摩擦力，使修整圓盤存在一定程度的滑動；這種滑動顯然能協助排除切下來的磨料及粘結劑層并且使修整圓盤磨損。

採用這種方法時，修整的基本工作——打碎、擊破、剝落和有時切削磨粒與粘結劑——是用修整圓盤的前導邊緣來執行的，而圓盤寬度上的其餘部分基本上只是校正砂輪的幾何形狀及熨平其表面。因此增加修整圓盤的寬度就降低砂輪表面的微觀不平度及砂輪的切削性能。此外增加修整圓盤的寬度後會影響排除切下來的磨料及粘結劑，因而亦會使砂輪塞實。

增加修整圓盤切削元素的數目，如採用具有不同節距的橫槽（圖3），採用砂輪刀片（圖4）等能使速度為零的修整過程顯著見效（從恢復砂輪的切削性能角度出發）。

在這種情況下，磨粒的破碎增加，磨料屑末的排出更為容易，因此能大大提高砂輪的切削性能，但同時卻增加了砂輪表面的微觀不平度。

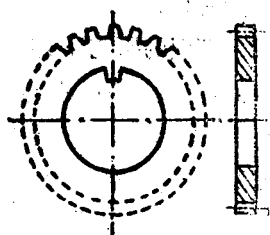


圖4 砂輪刀片。

低切削速度的滾軋方法是利用由粗粒碳化硅或硬質合金制成的修整圓盤進行工作。

為了提高修整時的切削速度，應使修整圓盤的軸線在垂直或水平平面上與砂輪軸線傾斜某一角度（圖5）。圖中所示為修整圓盤與砂輪接觸的情況。

其中 $\vec{v}_{kp}$ ——砂輪圓周速度向量；

$\vec{v}_g$ ——修整圓盤圓周速度向量；

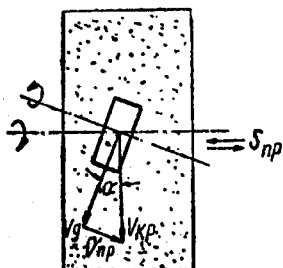


圖 5 甲 修整圓盤軸綫在垂直平面上傾斜之修整方法。

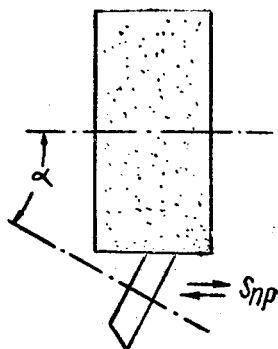


圖 5 乙 修整圓盤軸綫在水平平面上傾斜之修整方法。

$\vec{V}_{np}$ ——修整速度向量；

α ——修整圓盤軸綫與砂輪軸綫之間的傾斜角度。

因此可以得到修整速度向量 $\vec{V}_{np} = \vec{V}_{kp} - \vec{V}_g$ ，即 $V_{np} = V_{kp} \cdot \sin \alpha$ 。

磨削的研究及实际工作說明，最合理的傾斜角度為 $\alpha = 5 \sim 10^\circ$ ，亦即當 $V_{kp} = 30$ 公尺/秒時，最合理的修整速度 $V_{np} = 2 \sim 6$ 公尺/秒。

增大角度 α 無疑的能增加修整速度（排除磨料及粘結劑的速度），但是這時會大大地降低修整圓盤的耐磨性。角度 α 由 0° 增至 5° 時，由硬質合金碎粒制成的修整圓盤的單位生產率（見第 17 頁注）將減小一半以上。

這種修整方法實際上就是前面二種方法的組合，即車削方法及速度等於零滾軋法兩者的組合。

這時，修整圓盤相當於一個具有大量“刀具”不規則地位於圓周表面上的修整工具，而由每一把“刀具”進行着击碎，剝落和有時切削磨粒及粘結劑。由於大量的“刀具”參加到修整過程中，所以使砂輪的工作表面具有大量的切削元素及供磨屑和冷卻用的空隙。

正如磨削的研究和实际工作所指出：砂輪工作表面的这种微觀外形能保証最好的磨削效率，特別是在切削性能方面。

磨削方法亦即高切削速度的修整方法。它之所以称为磨削法是由于它仿效了磨削过程，这时装在心軸上的修整圓盘安装在兩頂尖上并以工件的速度被强迫旋轉。

在这情况下修整速度 $V_{np} = V_{kp} + V_{go}$

修整速度 V_{np} 高于砂輪圓周速度 V_{kp} 約 1.2~2.0 公尺/秒。

理論上这个修整方法應該是能保証最好的磨削效率的，特別是在表面光潔度方面，因为它和車削方法相比較是具有大量的“刀具”以高切削速度进行切削，因而應該保証螺紋狀的砂輪表面具有最小的螺距及砂輪工作表面具有最大数量的切削元素。

然而由于所采用的碳化硅修整圓盘在机械性能上比金剛石逊色得多，因而在修整过程中碳化硅的顆粒（刀具）强烈的剝落，导致修整效果变坏。

用磨削方法修整砂輪無疑是有效而方便的，但目前其应用范围受到一定的限制（主要应用于外圓磨床上）。

現时这个修整方法的發展是借提高修整工具的動力硬度，也就是强迫修整圓盘以高速旋轉（20000~40000轉/分），这要借助于空气透平或高頻率电动机帶动。

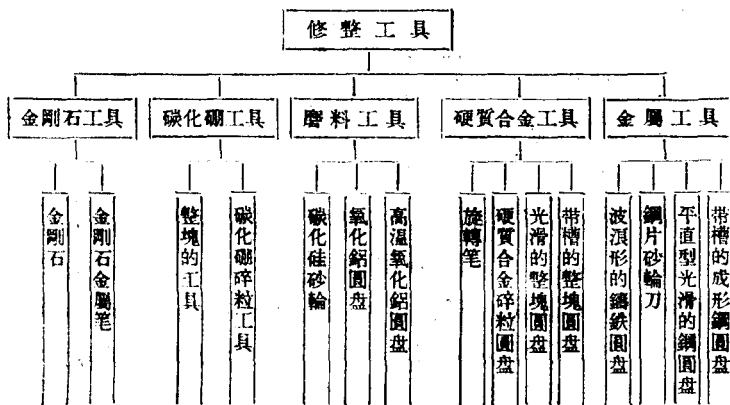
三 修整工具的材料及結構

修整工具的材料及結構对于砂輪的修整效果起决定性的作用。所有修整工具按其材料可以基本上分为五类：

1. 金剛石类；
2. 碳化硼类；
3. 磨料类；
4. 硬質合金类；

5. 金屬类。

修整工具材料及结构的分类如下面圖表所示:



金剛石工具 金剛石工具具有最高的硬度及耐磨性，这是它具有决定性意义的优点。金剛石的單位生产率要比硬質合金BK6的約高1000倍，因此利用金剛石修整砂輪时，修整过程能按車削的型式进行，并且能采用最簡單及輕便的万能修整夹具及对任何特性的砂輪进行修整。

金剛石修整工具的缺点是抗弯强度比較小，因此当不小心或較粗糙的修整时，金剛石的顆粒容易剝落。为了便于进行修整及利用金剛石的碎顆粒，通常采用金剛石金屬筆，它是由金剛石碎粒及銅鎢合金所組成。

碳化硼工具 到目前為止用碳化硼作修整工具还没有在工业上得到应用。碳化硼突出的优点是它具有很高的硬度（仅次于金剛石），然因它的抗弯及抗压强度不高，这就減低了用它作为修整工具材料的价值。

目前对用整塊的碳化硼来制造修整筆已在进行有效的試驗，

而用碳化硼碎粒制造修整工具的試驗暂时还没有展开，因为至目前为止，碳化硼碎粒燒結的有效工艺尚未研究出来；然而利用整塊碳化硼或其碎粒来制造修整工具是个有前途的問題。

碳化硅工具 碳化硅被广泛地应用于修整砂輪上，这时，碳化硅是制成以陶瓷为粘結剂的修整圓盘。磨料修整工具的單位生产率比碳化鎢工具的要低 20 倍左右。为了减小碳化硅圓盘沿徑向的綫性磨損，通常将其外形做得比其他修整圓盘大一些，但是其应用范围也因此而受到了限制（例如在无心磨床上就極少应用）。

苏联斯大林汽車厂（現名里哈乔夫工厂）所采用碳化硅修整砂輪的特性及尺寸如下表所示：

表 1

修整砂輪的形状及尺寸 (公厘)	磨粒材料	粒度	硬度	粘 結 剂
III150×32×65	黑色碳化硅	16;24	BT1	陶瓷粘結剂
III125×32×50	黑色碳化硅	24	BT1	陶瓷粘結剂
III100×20×20	黑色碳化硅	24	BT1	陶瓷粘結剂
III100×32×20	黑色碳化硅	36	CT1	人造树脂粘結剂

这些修整圓盘用于滾軋和磨削方法，修整对象是进行粗、半精及精磨工序所用的砂輪。

氧化铝工具 属于这类工具最常用的是圓盘 A24 及高溫氧化鋁圓盘 A3，它們和碳化硅一样單位生产率極低并且很脆。

A24 是由白色氧化铝制成的磨料圓盘，它的粒度是 24 号，粘結剂为陶瓷，硬度在 CT₃—T₂ 范围内。这种砂輪的特点是結構非常紧密（磨粒的位置非常密集）。圓盘 A3 与普通的碳化硅和氧化铝修整砂輪不同之点是它是由細顆粒氧化铝所組成的，这些顆粒的相互連結不用任何玻璃状或結晶的粘結剂。这种修整工具在修

整过程中能保证砂輪的工作表面具有最小的微觀不平度，但这时却磨鈍了砂輪上的切削顆粒并降低了砂輪的切削性能。

硬質合金工具 硬質合金由于具有比較高的硬度、耐磨性和抗弯强度，因此是最有效及最有前途的用作修整工具的材料。工厂中通常应用整塊的硬質合金修整圓盘或硬質合金碎粒圓盘进行修整工作。

整塊的修整圓盘由硬質合金 BK6 制成，硬度为 $R_A=86\sim92$ 。

整塊的硬質合金修整圓盘可以制造成二种尺寸型式：中等尺寸的和小尺寸的。中等尺寸的修整圓盘主要用于无心磨床及外圓磨床上，它所修整的砂輪多用于半精及精磨工序；小尺寸的修整圓盘則用于內圓磨床上。

無論中等尺寸或小尺寸的修整圓盘都可以制成整体的（圖 6）或装配的（圖 7），而后者較前者具有一系列的优点：

1. 整体圓盘的直径磨損至一定尺寸后，剩下的硬質合金即成为廢物，而装配的几乎完全可以消除这点；
2. 可使硬質合金輪圈的成形及燒結工作显著簡化，并可以消除由于裂紋而产生的廢品；
3. 可避免困难的磨削硬質合金的工序，

因为这时未淬火鋼輪轂的配合孔及兩側端面可以容易地用車刀来

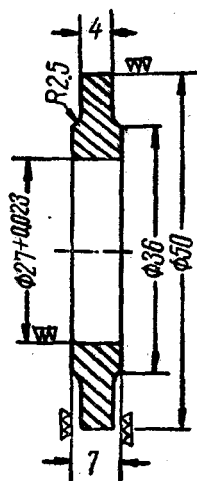


圖 6 中等尺寸的整体的硬質合金修整圓盘。

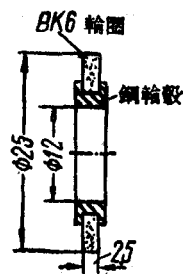


圖 7 小尺寸的装配的硬質合金修整圓盘。

加工;

4. 减少修整工具的重量; 装配的比整体的要轻 26%;
5. 显著的降低修整工具的价值。

在某些工厂有采用硬質合金旋轉笔来修整砂輪的, 这些旋轉笔由硬質合金 T15K6 制成。由碳化硼碎粒或硬質合金碎粒制成的旋轉笔有着很大的發展前途。

硬質合金碎粒工具 近年来工厂中开始广泛地应用硬質合金碎粒来制造修整工具, 这种工具采用硬質合金 BK3 的碎粒制成, 碎粒的粒度为 10~16, 而結合剂則采用黃銅。

采用硬質合金碎粒制成的修整圓盘, 提供了下列几点可能性:

1. 利用硬質合金的廢物;
2. 制成任意形状的修整圓盘;
3. 降低修整工具的价值。

由于硬質合金碎粒具有高的修整效率, 因此这种形式的修整工具有着很大的前途, 特别是用于无心磨床、外圓磨床及平面磨床的工序上。

金屬的修整工具 金屬修整圓盘由下列材料制成:

1. 低炭鋼, 滲炭深度 0.2~0.4 公厘, 淬火硬度 $R_C = 50 \sim 60$;

2. 工具鋼和合金鋼, 淬火硬度 $R_C = 60 \sim 65$;

3. 鑄鐵, 淬火硬度 $R_C = 60 \sim 64$ 。

金屬修整工具在硬度及耐磨性方面显著的比硬質合金差, 因此, 現时金屬修整工具被硬質合金所排挤, 尤其是在半精和精加

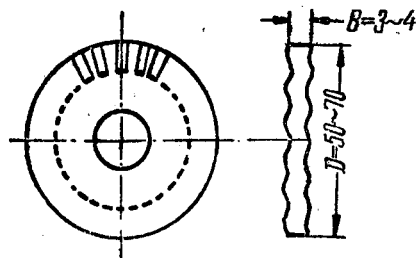


圖 8 波浪形鑄鐵圓盤。

工工序上。

然而在荒磨及粗磨工序上以及在成形磨削时金屬修整工具仍是广泛地应用的。

在工厂中采用下列几种金屬的修整工具：

1. 具有銳齿的鋼片砂輪刀（亦称菊花刀片），用于修整用砂輪端面磨削的平面磨床上的砂輪和磨弓，亦用于修整荒磨工序上的砂輪；
2. 具有鈍齿的鋼片砂輪刀，用于修整以砂輪周边磨削的外圓、无心、平面磨床上的粗磨工序用的砂輪；
3. 波浪形的鑄鉄圓盘（圖8），用于修整外圓及无心磨床上的粗磨及半精磨用的砂輪，亦用于修整外圓磨床上砂輪的端面。

四 修整工具支座的构造

修整工具支座的构造在很大程度上影响修整的質量，尤其是在光潔度及精度方面。对于支座的构造有下列几点主要要求：

1. 保証修整工具配合的坚固性；
2. 保証修整圓盘旋轉的圓滑性及修整結果的稳定性（特别是对于用滾軋方法工作的）；
3. 保証支座的輕便和簡單性，以便于安装、使用及修理。

目前所采用的各种支座构造列于下表。

修整工具借强制旋轉的支座（磨削方法上用） 属于这类的支座有二种：

1. 修整工具由机床傳动而获得旋轉的支座（圖9）；
2. 修整工具具有独立傳动的支座（圖10）。

由机床傳动而获得旋轉的修整工具的支座，工厂中多应用于

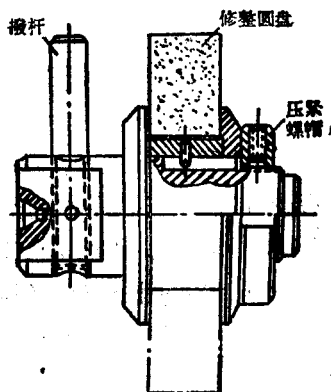
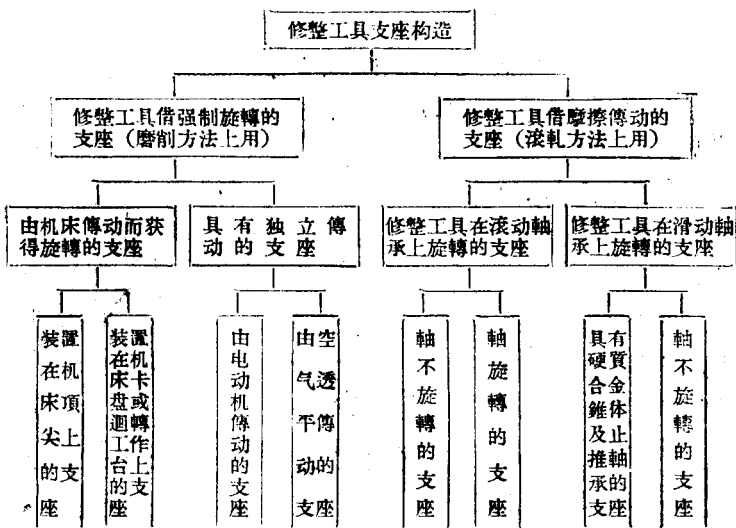


圖9 由机床傳动而获得旋轉的修整工具的支座。

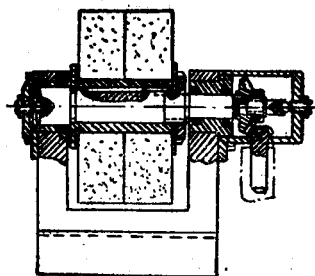


圖10 具有獨立傳动的修整工具的
的支座（用于无心磨床上）。

外圓磨床上。

如圖9所示的支座在使用时是裝置在外圓磨床的頂尖上并以

工件的速度被强制旋轉。

圖 10 所示为用于无心磨床上具有独立傳动的修整工具的支座。工作时修整圓盘借助功率为 0.25~0.52 瓩的电动机带动旋轉。

修整工具借摩擦旋轉的支座（滾軋方法用）屬於这类支座的修整圓盘其旋轉是由于与被修整砂輪接触后所产生的摩擦力所致。

这类支座有二种：

1. 修整工具在滚动軸承上旋轉的；

2. 修整工具在滑动軸承上旋轉的。

修整工具在滚动軸承上旋轉的支座有軸不旋轉的（圖 11）及軸旋轉的（圖 12）两种；前者修整工具在軸承外圈上旋轉，后者修整工具固定在軸上，軸則在軸承內圈上旋轉。

修整工具在滑动軸承上旋轉的支座有两种：一种是硬質合金圓盘用其本身的錐体在硬質合金止推軸承上旋轉的（圖 13）。这种构造有很多缺点，如硬質合金圓盘配合的地方很快就会出現間隙、圓盘上錐体及止推軸承的精度要求很高，增加了制造上的困难，因此这种支座不适用于大量生产上。

还有一种是軸不旋轉的。这时修整工具（通常是銳齿砂輪刀）或者直接套在不旋轉的軸上或者装在套筒上（套筒在靜止的軸上旋轉）（圖 14）。这种支座通常用于修整平面磨床上用端面工作的砂輪及磨弓，也用于修整荒磨工序上的砂輪。

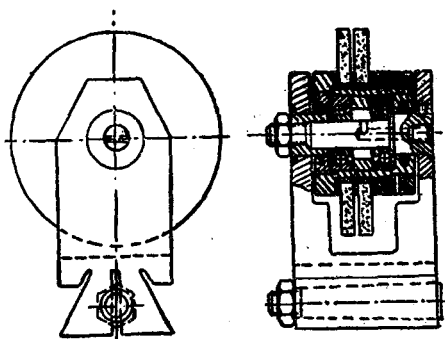


圖 11 修整工具在滚动軸承上旋轉的支座（用于无心磨床上）。

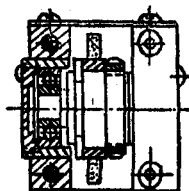


圖12 修整工具在滾動
軸承上旋轉（軸旋
轉）的支座。

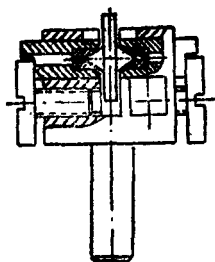


圖13 修整工具在滑
動軸承上旋轉的
支座。

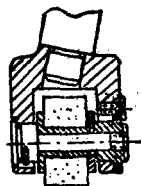


圖14 修整工具在滑動
軸承上旋轉（軸不
旋轉）的支座。

修整工具借摩擦傳動的支座由于軸承間隙的產生會影響修整圓盤旋轉的平穩性及均勻性，因此它和修整工具是強制旋轉的支座比較起來，後者能保證得到更高的表面光潔度；而前者之中，軸旋轉者較軸靜止者又具有下列優點：

1. 由于軸承的間隙可以進行調整以及軸承的運動由外圈改變為由內圈來進行，因而軸承的耐用性可以提高5~10倍；
2. 由于軸承支持面之間的跨距減小了約 $\frac{1}{2}$ ，因而提高了修整圓盤工作的剛性及圓滑性；
3. 使用上方便，當更換修整圓盤時能很快地裝卸；
4. 由于能夠消除軸承內的間隙因而能保證穩定的修整效果。

五 各種修整工具修整效果研究 的前言

正如大家所知道的，修整工序在很大程度上決定磨削的質量及生產率。