

機械工人活葉學習材料

鉗工研磨工作法

周勤之編著



機械工業出版社

編者的話

研磨是現代機器製造業中一種精密的加工方法。本書介紹了研磨的目的和原理、各種研磨的方法等。此外，作者還結合了實際工作的經驗，列舉了一些實例。

本書內容是八級工資制四、五級鉗工所要學習的。雖然書內所講解的研磨方法中，可能有些部分是一般工廠不常碰到的。但讀者看了以後，對實際工作也是有幫助的。

編著者：周勤之 編輯者：機械工人編委會 責任校對：應鴻祥

1953年4月初版 1953年9月第二版 8,001—18,000冊
書號0181-8-30 31×43¹/₃₂ 17千字 14印刷頁 定價1,000元(丙)

機械工業出版社(北京藍甲廠17號)出版

機械工業出版社印刷廠(北京泡子河甲1號)印刷

中國圖書發行公司總經售

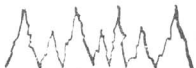
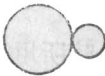
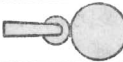
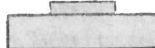
一 研磨的目的和原理

1 研磨的目的

一、增進表面光潔度——機械零件的表面光潔度，是根據零件的材料和加工的方法來決定的。一機件的表面經過加工後，粗看上去很光滑，假使用顯微鏡把它放大來看，就可以看出它的表面是很粗糙的，好像山谷樣一高一低，凹凸不平。所謂表面光潔度就是指這種凹凸不平的程度。表面光潔度的單位是 μ ($1\mu = \frac{1}{1,000}$ 公厘)。它是用一種專門的儀器測量出來的。

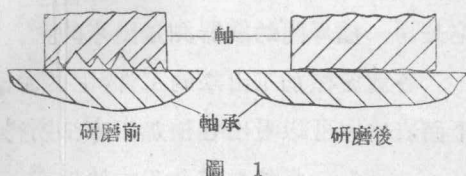
各種機械加工出來的工件，它的表面光潔度是各不相同的，從下面表格中可以看出各種加工方法所得到的表面光潔度：

表1 根據各種加工方法所得到的表面光潔度比較

加工方法	加工情況	表面放大的情況	表面光潔度(μ)
車			1.5~800
磨			0.9~5
壓光			0.15~2.5
砥磨			0.15~1.5
研磨			0.08~0.25

從上面表中可以看出研磨後的表面光潔度最高。一根磨出來的軸，看上去好像是很光潔，其實是高低不平的。如果用磨出的軸在軸承裏旋轉時，由於它的表面凹凸不平，就會破壞軸和軸承間的油膜（如圖 1），使軸和軸承直接發生摩擦。這樣軸就很快磨耗。並且磨耗下來的屑粒混合在潤滑油裏變成一種研磨劑，更加速了軸的磨損。因此如果不常換油的話，軸和軸承還會互相咬死。但是軸經過研磨後，那軸面的凹凸，毛頭等就全部除去（如圖 1），而變成光滑的表面。由於軸上沒有凸出部分的存在，所以軸和軸承間的油膜不會破壞；因此軸的磨耗就大大地減少了。並且在高速旋轉時所發生的熱量也很少。

因此高速旋轉的軸、鋼珠軸承、鋼柱軸承、推力環等，都必須用研磨加工，才能減低它的磨耗。



此外，機器中需要緊密配合的零件，如油壓系統的控制閥；柴油機中的噴油嘴；射油泵等，也都必須經過研磨加工，才能保證高壓力的油不會漏出來。

研磨出來的表面光潔度是根據研磨時所用的壓力、速度、以及所用研磨劑粒度的粗細來決定的，大抵壓力高、速度低、研磨劑粗時，工件的表面光潔度比較低；在壓力低、速度高、研磨劑細時，工件表面光潔度較高。

二、控制精密公差——各種機械加工法，所能控制的公差各有一定的限度。一般車床能控制到 0.05 公厘。磨床在通常情況下，只

能控制到 0.02 公厘。如果對磨床要求到 0.01 公厘的公差就很困難，一定要熟練的技術、配合高級的磨床、方才能達到這個要求。在 0.01 公厘以下的公差在磨床上就沒有多大把握。近代的機械工業中，零件精密度的要求一天比一天高，一個零件的公差常常用 μ 作單位。要達到這樣精密的公差，就一定要靠研磨來完成。用研磨來控制 10μ 的公差是毫無困難的。一般普通研磨的公差是 5μ 。如果有相當熟練的技術，可以控制 1μ 的公差。這在製造量規時，往往要 1μ 的公差。現在研磨所能控制的最精密的公差是 AA 級的對板。它的公差是 $\frac{1}{20}\mu$ 。這樣精密的公差，除了研磨以外其他任何的加工方法都是不能達到的。

三、改進工件的幾何形狀——用機械方法加工的機件，它的幾何形狀並不能符合我們的要求。比如要想做一塊平面，可是加工出來的平面不是真正的平面，而是像波浪樣的平面。我們要上下兩面

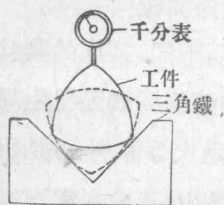
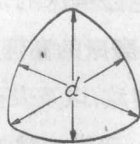


圖 2



互相平行的平面，可是一切的機械加工法中，就不可能做出。在磨圓柱體時，往往所得到的多邊形。在用無心磨床磨圓柱體時，有時會磨出‘等直徑曲綫’，如圖 2 所示。

這種形狀的直徑到處都一樣。因此用分厘卡測量時，是檢查不出的，但是它不是一個圓形。檢驗‘等直徑曲綫’的方法，是把圓柱體放在三角鐵上，再用一個千分表來檢驗。用手旋轉圓柱體我們從千分表上讀數的變化中，就能知道這種情況。這種‘等直徑曲綫’，

在比較嚴重情況下，可能相差 0.04 公厘。這種毛病，用一般的方法是很難校正。但是用研磨的方法就可以迅速地糾正過來。像螺紋的節距誤差等，都能利用研磨來校正它。

2 研磨的方法 研磨的方法，是在研磨面上散布一些研磨劑和潤滑液，把工件放在研磨面上，用低壓力、低速度，以磨擦的方式進行研磨。因為研磨面的材料選擇比工件軟一些的，所以一部分研磨劑就被迫嵌入研磨面中。因此研磨的作用是研磨面切削工件，使較硬工件上的毛頭、波紋很快地被研磨光滑。而較軟的研磨面反而磨耗較慢。

因為研磨是在低壓力下進行的，研磨所生的紋路極淺。並且研磨時盡量做到工件所走的路徑無一定方向。使工件各方向的磨耗相等，同時由於紋路的方向是互相交叉的，所以第一粒研磨劑所刻出的紋路，在第二粒研磨劑不會重覆經過。這樣使研磨的紋路很淺，工件的表面光潔度大大提高。

研磨是一種切削作用，可是它跟磨床的切削不同。磨床的磨輪和工件的接觸只有一條綫。由於磨床的高速旋轉使接觸點發生局部高熱，因此工件表面容易發生裂紋，以及表面退火等弊病。但是研磨是在低壓力、低速度下進行的，發生的熱量很少，不會影響到表面的品質，研磨的研磨劑是分布在工件的全面，好比有很多的刀刃在切削着一樣。而切削又是很緩和細微，所以不會發生變形現象。

研磨的壓力通常每平方公厘 2~5 公分。磨擦速度每分鐘一般不超過 70 公尺。一般說壓力越低表面越光；速度越快、表面也越光，所以在工作時往往先用高壓力低速度進行粗研磨，然後用低壓

力高速度進行精研磨。在研磨工作中最重要的東西是研磨面，研磨劑和潤滑劑。現在把它分別加以說明。

一、研磨面——研磨面的材料通常比工件軟，這樣才能保證研磨劑只嵌入研磨面中，而不會嵌入工件中。如果用比工件硬的材料作研磨面，那麼大部分研磨劑就嵌入工件中，結果使研磨作用反方向進行。普通常用的研磨面材料有灰生鐵、軟鋼、銅、鉛、木材、皮革、瀝青等。

1) 灰生鐵：在精細研磨中，最好的材料就是灰生鐵，因為灰生鐵中含有石墨，所以耐磨性和潤滑性好。研磨所要求的生鐵，是一種質地細密，軟性的灰生鐵。白口鐵或其他粗鬆的灰生鐵都不合研磨的用途。

2) 軟鋼：在研磨螺紋或細孔時，因為灰生鐵的強度不夠，容易拆斷變形，所以往往用軟鋼做研磨面。

3) 銅：研磨裕度大的工件時，用生鐵研磨要費很多時間。如果用銅做研磨面，就能加快研磨的速率。不過用銅研磨不能得到很好的光潔度。所以通常先用銅粗研磨把過多的裕度磨去後，再用生鐵精研磨。

4) 鉛：研磨軟鋼或其他較軟的金屬時，一定要用鉛的研磨面。假使仍舊使用生鐵研磨面，就會損壞工件。

5) 木材、皮革：木材、皮革等材料，主要是在研磨銅或其他軟金屬時用的。

6) 瀝青：研磨玻璃、水晶或其他透明材料時，最後的光磨要用瀝青為研磨面的材料。

二、研磨劑——研磨劑的種類有下列幾種：

1) 碳化矽(金鋼砂)：用在粗磨玻璃、水晶、硬鋼、生鐵、硬質合金等；

2) 氧化鋁(鋼玉粉)：用在精研磨、玻璃、水晶、硬鋼等；

3) 氧化鉻(綠油)：精研磨硬鋼、生鐵；

4) 氧化鐵(鐵丹粉)：精研磨玻璃、水晶、銅等；

5) 碳化硼：精研磨硬鋼、硬質合金等。

研磨劑除材料分有種類外，還有粒度不同的區別。研磨劑的粒度是用號數來表示的。比如今有 300 號研磨劑，就是說這研磨劑能被每吋 300 孔的篩絹所篩過。在機械工業上所用研磨劑的粒度是 300 號~800 號之間。300 號是用在粗研磨；400 號是用在普通研磨；500 號用在精研磨；600 號用在極精研磨；800 號用在超精研磨。

三、潤滑液——潤滑劑是幫助研磨時潤滑用的，使工件表面不會拉毛。同時能把研磨所產生的熱量分佈開去，此外，還能使研磨劑的分佈得比較均勻。因此減少了磨耗不均的現象。研磨的潤滑劑有下列幾種。

1) 機油：研磨中最常用的潤滑劑是機油。在一般的研磨中不宜用太厚的機油，只要用 10 號機油就足够了，在精密研磨時常用一分 10 號機油和三分煤油混合後使用。

2) 煤油：在粗研磨時要求研磨速加快，對工件的表面精度不甚要求，在這樣的情況下，可用煤油作潤滑劑。

3) 豬油：在極精密研磨時使用豬油作潤滑劑最好。因為豬油中含有動物性油酸，能幫助研磨作用、增加表面光潔度。一般的調製

方法，是先把熟豬油，和研磨劑充分拌成糊狀，再用 30 倍的煤油沖稀。

4. 水：研磨玻璃、水晶的時候，可以用水作潤滑劑。

二 平面的研磨法

1 平面的研磨法 研磨

小型平面的工作比較簡單。可以用精確的生鐵平板作研磨面，上面塗些研磨劑及潤滑油，把工件放在上面，用手指輕輕壓下進行研磨。研磨時工件的運動方向成 8 字形（如圖 3）。並且要很細心的

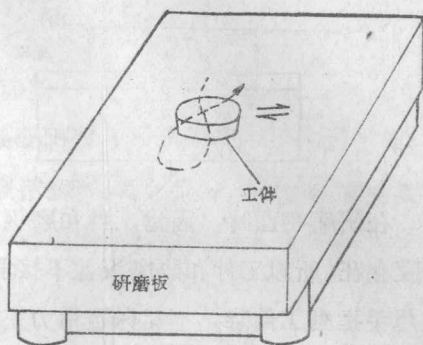


圖 3

把平板的每一角都磨到，使平板磨耗均勻，以保持平板的準確性。每研磨半分鐘以後，要把工件旋轉 90° 。這樣能使工件的磨耗均勻不會產生傾斜。

研磨平面工作的準確度，一方面是依靠個人的技術，另一方面是依靠平板的準確度。所以對研磨板必須細心保護，不使它受傷。當工作完畢後，必須把平板上的研磨劑擦乾，用煤油洗淨，再用木蓋蓋好。

在研磨工作中，要注意清潔問題。千萬別把研磨板、研磨劑及工件弄污。因為就是工作人員手上的污物和空氣中的灰塵，也足以使研磨出來的表面發生粗糙的傷痕。因此在研磨工作時必須細心

檢查研磨板、工件、雙手、研磨劑、潤滑油等，是否清潔。只有這樣才能研磨出品質優良的工件。

較大平面的研磨工作，是比小型平面困難得多，因為研磨大平面的時候，往往不能研磨成真正的平面，而會研磨成球狀的平面來（如圖4）。

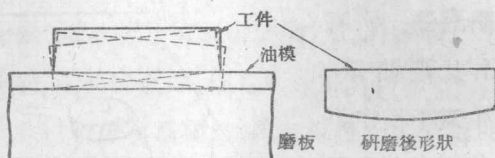


圖 4

在研磨平面時，因為工件和磨板之間有一層研磨劑所形成的油膜存在，所以工件和研磨板並不接觸，而工件是浮在磨板上。又因用手推動工件時，不能保證用力完全平均，容易發生搖擺。由於這種搖擺作用使工件的邊緣磨耗較速，而中心部分磨耗較慢。所以研磨平面的結果往往變成球面形狀。我們在圖5中，對搖擺作用可以看得很清楚。

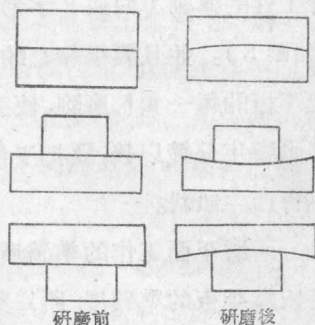


圖 5

解決研磨成球面的辦法，是在研磨板表面刻縱橫的溝槽。它的作用是把多餘的研磨劑刮去，使工件和研磨板直接接觸。這溝槽又能流通空氣，使研磨發生的熱量從溝中散出去。研磨直徑150公厘以下的工件時，在研磨板上可銑成 60° 的V字形槽（如圖6a）。研磨板小方格的面積約是20平方公厘。在研磨直徑比150公厘大的工件時，

所用的研磨板要銑成60平方公厘的大方格；再在大方格中銑成15平方公厘的小方格如圖 6b 所示。

使用這種平板研磨出來的平面很準確，已經能接近真正的平面了。

2 平行面的研磨法 上面所

談的只能單獨研磨一面，如果要研磨上下兩面絕對平行的工件，這是一個很大的難題。在小量製造對板、平行規、高度規時，常常要碰到這個問題。這裏介紹一種研磨絕對平行面的標準方法。

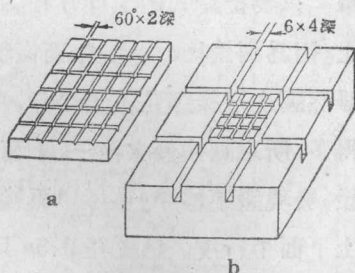


圖 6

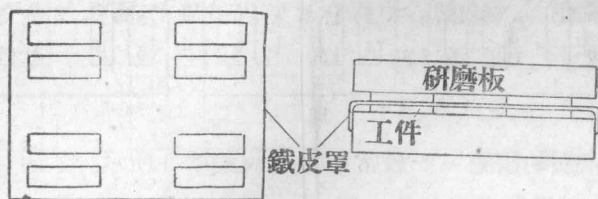


圖 7

圖 7 是在一塊準確平板上面鋪一鐵皮，鐵皮上開八個方孔，把工件放在方孔中，使工件在研磨時不會掉出來。研磨時在研磨板上擦些研磨劑，然後蓋在工件上進行研磨。剛開始時，因為八塊工件的高低不一律，所以先磨到的只有最高的幾塊，但是在最高點磨去後，比較低的工件就會磨到。如此一直研磨下去，直到最後八塊工件全部磨出為止。一面研磨好後，把工件洗淨翻出沒有研磨的那一面向上，再用同樣方法研磨，也是在八塊平面全部磨出為止。這樣磨出來的平面，並不能保證上下面平行。要達到平行的目的很簡

單，只要把錯角的工件互相調換一下再行研磨，直到完全磨平爲止。因爲調換後，八塊平面高低不平的工件，能够均匀分佈開來，雖然調換以後還是不太平行，但是上下磨板的平行度，比以前要好得多，所以調換幾次後，上下面就研磨平行了。如果對換一次研磨後，發現還不够平行，可以再換一次。一般在第二次調換後工件的上下面平行度，已經在 0.5μ 以下了。八塊工件的調換方法如圖 8 所示。

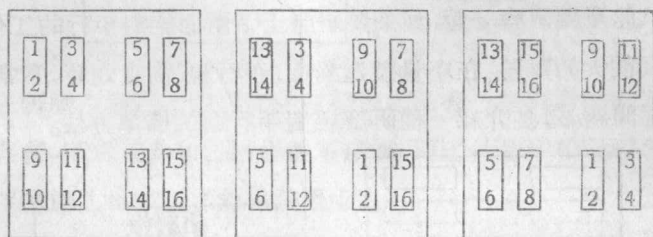


圖 8

3 卡規的研磨 一般常用的卡規如圖 9 所示。

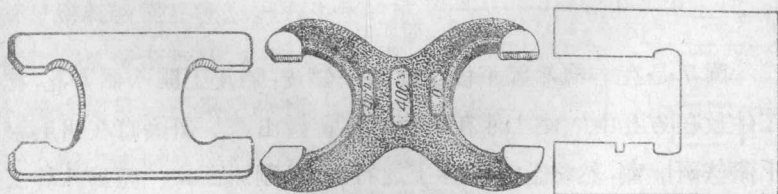


圖 9

爲了減少卡規測量面的磨耗和增加使用壽命，所以都把它測量面研磨。研磨的方法有兩種：

第一種是用一條生鐵直尺作磨面，夾在拾虎鉗上。把卡規的測量面放在上面研磨，爲了避免研磨時的搖擺而成圓弧的形狀，所以

加用兩塊鋼片，和卡規夾在一起研磨。這鋼片的硬度最好跟卡規一樣。這樣就容易磨平卡規的測量面。這種研磨的方法，常用在公差大於 0.01 公厘的卡規中。

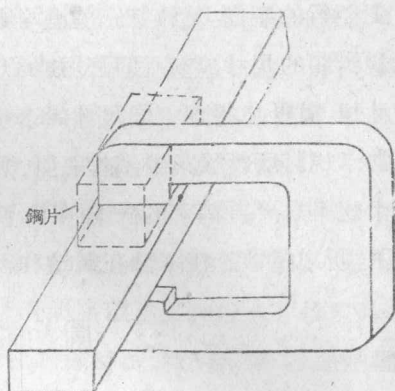


圖 10

上面所談的研磨法，不容易控制上下兩面的平行度；當公差小於 0.01 公厘時，就不太

適用了。第二種研磨卡規的方法，如圖 11 所示。就是用兩塊上下兩面互相平行的斜面。它們的厚度 h 可以用螺絲來調節（如圖 11）。當

螺絲釘緊時，它們的厚度增加，反過來，厚度就可以減少。因此使用這兩塊斜面可以把卡規的上下兩面

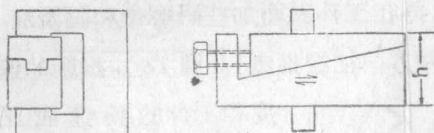


圖 11

同時研磨。這不但提高了工作效率，並且卡規上下面的平行度也準確得多了。

上面所談的卡規有很大的缺點，它不但在製造技術上比較困難，如果公差很小的時候，那更難做到準確了。並且卡規磨耗以後就全部報廢。圖 12 是一種可變卡規，由兩卡規腳和中間的尺寸規疊成的。先把卡規腳的一面精密的研磨，使它成為真正的平面，再用平行塊的研磨方法，把中央尺寸規的上下面，研磨成絕

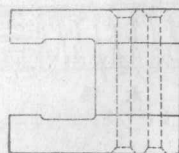


圖 12

對平行的平面。然後把三塊疊合起來，用螺釘釘成一整塊。這種卡規腳間的尺寸，和中間尺寸規的尺寸相等。我們只要調換不同的尺寸規，就可以得到不同尺寸的卡規。這種卡規，不但製造方便；並且當卡規腳磨耗後只要調換一對，那末這只卡規仍舊能用。調換下的卡規腳只要再精密的研磨一下，使它變成平面後，又可以裝上再用了。所以這種卡規不論在製造和經濟方面都是很實用的。

三 圓柱體的研磨法

1 圓柱體的一般研磨法 圓柱體的研磨，多在車床上進行。當工件尺寸較小時，也可以在鑽床上研磨。一般是把工件頂在車床兩個頂尖中間，用適當的速度旋轉。在工件上再套以生鐵的研磨環。生鐵環和工件是滑動配合的。再在工件表面加些研磨劑和潤滑液，開車時，用手抓牢研磨環，沿軸方向往復推動（如圖 13）。推動的速

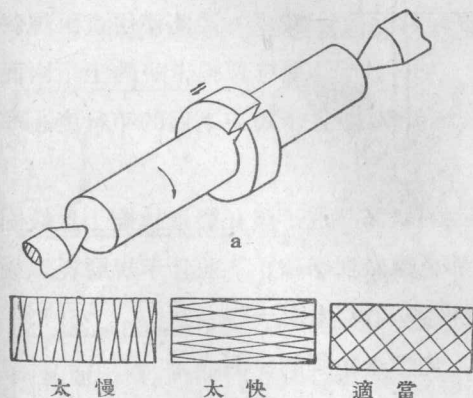


圖 13

度和工件的轉速成正比。它的目的是使研磨出來的紋路約成 45° 的交叉（如圖 13b），這點要特別注意。如果研磨出的紋路成平行狀態，就會影響工件的精度和耐磨性。

在研磨的時候，如果工件有大小不一，可

在大的那一部分多磨幾次，一直到尺寸完全一樣為止。在研磨時可以感覺到大的地方比較緊一點，而小的地方比較鬆一點。直徑 25 公厘的軸，尺寸大小相差 0.01 公厘時，在研磨中就能感覺出來。富有經驗的研磨同志，就是 2μ 大小的誤差，也能够感覺出來。

工件的直徑，因生鐵環的研磨而不斷地縮小，同時研磨環的孔又不斷的磨大，結果使研磨環和工件的配合漸漸變鬆。所以一般研磨環是採用可調整式的。如果感覺到研磨環和工件配合不恰當時，就可以調整一下，使兩者的配合仍舊維持滑動配合。圖 14 是幾種常用的研磨環。

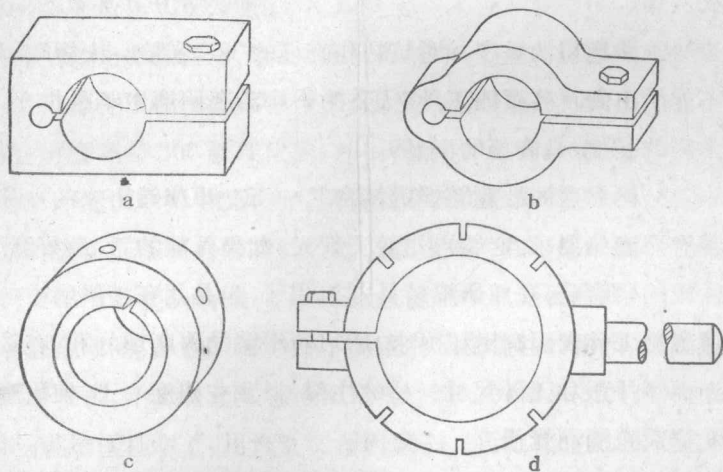


圖 14

圖 14a、b 是固定式的。每種尺寸需要一只，它的優點是在研磨時容易握牢，研磨出來的軸比較準確。但是要研磨不同尺寸的軸，必須具有大小不同的尺寸研磨環。圖 14c 是一種可以調換的，它的外圈是用軟鋼做成，外面滾花以使用手握牢不會打滑，上面有三只

螺釘，圈內安有開口的生鐵研磨環。這研磨環的直徑可用外圈上的螺釘來調節。這種研磨環，不但調節容易，並且生鐵環的直徑可以按照工件的尺寸而加以改變（不過有一定的範圍）。可是在研磨直徑很大或很小的軸時，就不容易控制了。這研磨環最好是用在直徑10~60公厘的工件。圖14d是研磨大型工件的研磨環，在環的周圍銑有條槽。這是增加彈性用的，環上所裝的手柄，就是工作時握手的地方。下面是說對研磨環應注意的幾點：

1) 研磨環的材料必須用高級的細密的灰生鐵，不能有砂眼，夾灰等。

2) 研磨環的長度，應該是孔直徑的 $1\sim 2\frac{1}{2}$ 倍。太短的研磨環不能做出優良品質的工件，太長的研磨環在研磨中不易握牢，一般常用的長度，是直徑的 $1\frac{1}{2}$ 倍。

3) 研磨環的孔應該經過精密的加工。車床鏜出來的孔是不能符合研磨的要求。必須再用鉸刀鉸光。如果可能的話，最好磨一下。鉸出的研磨孔，在粗研磨時是可以用了，但是用在精研磨中，有時還會把工件表面刮出粗痕來。所以精研磨的研磨環的孔，在鉸光後還要用一根和工件尺寸一樣的生鐵軸，預先研磨一下，使研磨環的孔變成正圓而光滑。

4) 粗研磨和精研磨的研磨環，不能混合使用。因為粗磨後研磨環的孔中，嵌滿了的粗砂，這種粗砂無論用什麼油來洗，都不能完全洗掉。所以，用粗磨過的研磨環來精研磨的話，會把工件的表面刮成大量的傷痕。

5) 每次用完研磨環以後，必須用煤油把研磨環澈底洗淨。在

下次再用以前，也要用煤油或汽油再洗一遍。

2 樣柱的研磨法 樣柱是一件極重要的工具。這種工具能够很精密的，迅速的檢驗出孔的尺寸是否符合標準。樣柱最大的公差不得超過 10μ ；最精密的公差是 0.5μ 。這樣小的公差，在磨床上是不容易磨出來的。並且容易產生大量廢品。所磨出的樣柱表面也不够光潔，所以容易磨損。因此研磨是製造樣柱所不能省略的手續。現在舉一個研磨實例。以說明研磨樣柱的方法。

工件是直徑25公厘的精配合樣柱。尺寸是 $\phi 25^{+0.002}_{+0}$ ，硬度是Rc 63。研磨裕度是0.015公厘。

粗研磨：先把樣柱用汽油仔細洗擦乾淨，把尺寸細心的測量出來。然後把樣柱頂在一抬式車床上。所用的研磨環是用圖14c所示的式樣。研磨劑是300號碳化矽，和10號機油混合後使用。樣柱的轉速是每分鐘150轉。把研磨環調整到和工件剛好是滑配時，就可以開車研磨了。在研磨的時候，如果感覺工件和研磨環配合得太鬆，就要停車調整研磨環，不要在樣柱旋轉中收緊研磨環，因為這樣會引起危險的。多餘的研磨劑不要讓它積在樣柱的兩頭，應該用乾淨的紙括去，不然會產生樣柱兩端尺寸略小的結果。大約研磨5分鐘後，就把樣柱拿下，用汽油洗淨研磨劑，再把樣柱浸在清潔的煤油裏，這樣浸了半小時，就能把樣柱的熱量全部散出。待樣柱完全涼透後就可以測量尺寸。如果測量出來尺寸還大，那末可以再磨一次，直到樣柱的直徑是25.005為止。

精研磨：把粗研磨後的樣柱用汽油洗淨，不許還有粗砂存在。精研磨時，研磨環要另外調換一只。研磨劑用500號氧化鋁用一分