

金屬磨削加工

姚伯英編著

龍門聯合書局出版

金屬磨削加工

姚伯英編著

龍門聯合書局

金屬磨削加工

姚伯英編著

★版權所有★

龍門聯合書局出版

上海南京東路61號101室

中國圖書發行公司總經售

文明印刷所印刷

上海西康路337弄106號

1954年7月初版 印數0001-3000冊

定價 ¥ 13,000

上海市書刊出版業營業許可證出 029 號

序 言

金屬磨削加工在機械製造上佔着相當重要位置，爲決定機件精度的重要一環；在大量生產工廠中，爲了使機件達到互換的要求，因之機件最後必須經過磨床磨削加工。

以近代化汽車廠及拖拉機廠而論，磨床約佔全部金屬切削機床的百分之二十五左右，而在滾珠軸承製造工廠中竟達百分之五十；其次如機床廠、重型機器廠、紡織機械製造廠無不需要磨床以磨削重要的配合機件。

在國內有關金屬磨削加工的書籍甚屬罕見，爰特於公餘之暇，收集有關資料加以整理付梓出版以嚮讀者，可供專業學校學生及工廠技術員工作爲參考，由於時間短促，加之見聞所限，設有錯誤或不夠詳盡之處，尙望讀者加以指出，以便於再版時修正及補充。

編者謹識

一九五四年三月

校 正 表

書 名：金屬磨削加工

第幾頁	第幾行	錯 誤 的 字 句	應改成怎樣的字句？
讀 者 意 見			

讀者姓名	服務機關	職 別
詳細住址		

請填詳細住址，以便經常聯系并寄贈本局之圖書目錄。
這張紙如不够填寫，請另紙粘附為禱。

目 錄

第一章 緒論	1
1. 引言	1
2. 磨工的意義	2
3. 磨削加工後工件的表面精度	2
4. 磨削加工後工件可達的配合精度	3
第二章 磨床的種類及其構造	5
1. 磨床的分類	5
(1) 外圓磨床	5
(2) 內圓磨床	7
(3) 平面磨床	7
(4) 無心磨床(無心外圓磨床)	9
(5) 無心內圓磨床	10
(6) 特種磨床	10
2. 磨床的構造	14
(1) 外圓磨床的一般構造	14
(2) 磨床的液壓傳動機構	23
(3) 內圓磨床的磨軸	26
(4) 萬能磨床的構造特點	27
(5) 平面磨床的構造	30
第三章 砂輪及其選擇	39
1. 砂輪的構成	39
(1) 磨料	39
(2) 粒度	40
(3) 黏合方法	41
(4) 硬度等級(黏合強度)	43
(5) 砂輪組織結構	43

2. 砂輪的符號	44
(1) 磨料符號	44
(2) 粒度粗細的規定	45
(3) 硬度等級符號	45
(4) 結構符號	46
(5) 黏合方法符號	46
3. 砂輪的表示方法	46
(1) 東北砂輪廠	46
(2) 蘇聯標準	47
(3) 腦登標準	47
4. 砂輪的選擇	47
(1) 固定因素	47
(2) 可變因素	48
5. 砂輪的形式和尺寸	54
6. 砂輪的安全速度及安全因素	55
第四章 磨削理論及實驗	59
1. 砂輪切削的基本原理	59
2. 砂粒切削深度	60
3. 經驗規則	62
4. 砂輪磨削速度及其轉速計算	63
5. 工件速度	65
6. 磨削深度	66
7. 接觸弧和接觸面積	67
8. 軸向進給速度	67
9. 磨削力	68
10. 磨削時溫度對工件的影響	68
11. 震抖現象	70
12. 磨工餘量	70
13. 冷卻劑的應用和選擇	71
14. 磨削馬力	72

15. 磨削時間的計算	73
16. 砂輪的磨損及受磨工件表面的精度	76
第五章 砂輪安裝及其修整	80
1. 砂輪的安裝	80
2. 砂輪的平衡試驗	82
3. 砂輪的車圓和修整	84
第六章 磨工安全	88
第七章 圓面磨削	90
1. 圓面磨削的範圍	90
2. 外圓磨削	90
3. 外圓磨削實例	97
4. 磨退拔	101
5. 磨角度	104
第八章 內圓磨削	106
1. 內圓磨削的範圍	106
2. 內圓磨削的磨工餘量	106
3. 內圓磨削時的砂輪轉速	108
4. 內圓磨削的方法	109
5. 內圓磨削實例	112
第九章 平面磨削	118
1. 平面磨削的範圍	118
2. 平面磨削的方法	118
3. 電磁台板的應用	120
4. 平面磨削實例	122
第十章 無心磨	140
1. 無心磨削的優點	140
2. 無心磨削的原理	140

3. 磨削大直徑圓條時應用的裝置	142
4. 無心磨削的生產率	143
5. 調節輪轉速的計算	143
6. 調節輪角度的安定	144
7. 工件擱置片及其材料	145
8. 工件擱置片的頂面角度及其厚度	145
9. 工件中心高度對磨削的影響	147
10. 工件中心高度的計算	147
11. 工件擱置片高度的計算	151
12. 磨削砂輪和調節輪的修整	154
13. 無心磨削的分類	156
14. 無心內圓磨	160
15. 磨削實例	160
第十一章 型磨	171
1. 型磨的意義	171
2. 型磨砂輪及其車圓修整	173
3. 型磨的磨削方法	174
4. 型磨實例	175
第十二章 螺紋磨削	178
1. 磨削螺紋的優點及其應用	178
2. 螺紋磨削方式及影響其選擇的因素	178
3. 螺紋磨床的特色	180
4. 砂輪修整裝置	183
5. 無心螺紋磨削	186
6. 砂輪的選擇	187
7. 螺紋磨削方法	187
8. 螺紋磨削過失及其補救辦法	189

附 錄	193
(1) 磨工一般過失原因和修正方法表	193
(2) 圓盤形砂輪的主要尺寸表	199
(3) 砂輪的選擇表(蘇聯標準)	212
(4) 磨外圓時的切削用量表	214
(5) 內圓磨削時的切削用量表	216
(6) 平面磨削的切削用量表	218
(7) 外圓無心磨削的切削用量表	220
(8) 圓磨用砂輪的有效動力(馬力)表	222

第 一 章

緒 論

1. 引言

在近代化的機械製造工廠中，精密機件的最後加工必須使機件尺寸合乎規定公差的要求，而達到機件可以互換的目的。

機件的可以互換有它很重要的價值，它不但可以使應用者感到便利，同時在加工過程中由於是大量製造，因此對減低製造成本、增加產量和提高質量有它一定的作用。爲了達到這個目的，因此磨床就成了生產中最經濟的工具；它不但能使經過磨削的機件得到光潔的表面，而且又能使加工後的機件達到相當高的精度，保證了機件可以互換的可能性。

在磨床上加工的機件，不僅限於經過其他工具機如車床初步加工過的軸或軸承、套筒等等，就是鑄件或鍛件在某種情況下也可在磨床上直接加工，且能很快地使機件達到各種需要的精度。另外在磨床夾持工具方面由於有自動的夾持裝置，因之不論在夾持外圓或內圓時都能在一定的準確範圍之內，這樣使磨床的加工過程更爲便捷。

由於近代磨床設計的不斷改進，因之不論機件的大小和形狀如何，都可在適當的磨床上加工得到準確的公差而不致影響生產率。

經過磨床加工的配合機件，既可使裝配工作迅速便利，同時由於加工後的表面非常光滑，使轉動裕度減小，因此顯著地改進了轉動機件的運轉情況；這種運轉情況的改進；在高速度運轉的條件下更是迫切需要，這種改進既可以消滅運轉時的噪聲，又解決了保持適當潤滑的問題。

正因爲磨床具備這些良好的性能，因此磨床的應用日益廣泛；軸和

軸承的配合要經過磨床的加工，汽缸和活塞環的配合也要經過磨床的加工，另外如套筒、工具機承面的精密加工都利用磨床工作代替了過去的括工，不但減輕了人的體力勞動，又能保證加工後表面得到很高的精度，這樣就使磨床在近代化的工廠中成爲一種不可缺少的工具機了。以汽車廠和拖拉機廠而論，磨床佔全部金屬切削機床的 25%，而在滾珠軸承工廠中，磨床竟佔 50% 左右。

2. 磨工的意義

磨工即將需要加工的機件在磨床上用砂輪來磨削。砂輪是將砂粒用黏合劑黏合而成的輪子，使砂輪在很高速度下迴轉，同時使工件也作一定的運動；這樣當砂輪與工件表面接觸時即起切削作用，產生極細的切屑，將工件表面逐漸磨平而得到光滑平坦精度較高的表面。

由於工件幾何形狀的不同，就必須在不同磨床上進行磨削加工，換言之，即有各種不同加工方法，如磨外圓、磨內圓、磨平面、磨退拔及角度、磨圓弧(型磨)、磨螺紋等等，各項磨削加工方法在以後各章中將詳細地加以敘述。

3. 磨削加工後工件的表面精度

表面精度和加工方法有密切的關係，車削表面與銑削表面精度不同，同樣地，銑削表面與磨削表面精度亦有所不同；圖 1 所示爲幾種經過不同加工方法而得到的表面情況。

磨床加工後工件表面的情況，由圖中顯示出精度較車削、銑削表面爲高，如果用數值來表示加工後之精度時，則經過磨削後的表面精度一般約爲

$$H_{ck} = 0.2 \sim 1.6 \text{ 公微}(\mu).$$

H_{ck} 爲工件表面波紋各點至平均線間各距離平方的平均方根，即均方根值。

$$H_{ck} = \sqrt{\frac{1}{s} \int_0^s h^2 ds}$$

或近似值

$$H_{ck} = \sqrt{\frac{1}{n}(h_1^2 + h_2^2 + h_3^2 + \dots + h_n^2)} = \sqrt{\frac{\sum h^2}{n}}$$

平均線將不平表面平分，即

$$F_{m_1} + F_{m_2} + F_{m_3} + \dots + F_{m_n} = F_{n_1} + F_{n_2} + F_{n_3} + \dots + F_{n_n}$$

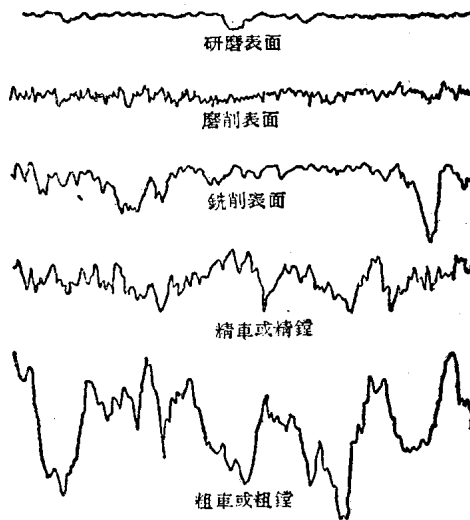


圖 1. 經過不同加工方法而得到不同表面的情況

4. 磨削加工後工件可達的配合精度

機件的配合，因配合的性質的不同，有各種不同鬆及緊的配合；全部配合可分為三大類：

- (1) 活動配合——接合面間有一定間隙，以保證接合面有相當移動的可能性。
- (2) 壓入配合——接合面間有一定過盈，當機件接合後不能有相對的移動。
- (3) 過渡配合——機件接合後可能有間隙或過盈。

為達到機件不同要求的各種配合，制定了公差制度；機件的配合精度依加工的方法不同而異，普通車床所能達到的最高精度約 OCT 2 級精度，但是經車床車削後的表面是由許多高點所組成，因此當配合時機件的接觸支持面減少，應力密度增加，潤滑油層分佈不均勻，工件磨損加快，如機件配合時原來恰為最大間隙，則由於接觸面有高點關係很快

被磨損，使其間隙超過最大界限(機件磨損情況初期磨損很快，主要是因為有高點的關係，當部份高點磨去後，接觸支持面增加、應力密度減少、潤滑油層分佈均勻，即使磨損速度減慢)。因此為保持一定精度的配合，必須選擇適當的加工方法。

磨床加工後工件表面精度較高，亦即工件表面高點較車削表面高點均方根值為小，因此磨損也較少，使配合精度增加。外圓磨工的精度，無論普通或無心磨工，可達到 OCT 1 級精度，如果應用特殊尺寸控制及測量附件時，精度可超過 1 級；內圓磨工如軸桿較短及剛性較強時，精度可與外圓磨工相同，即可至 OCT 1 級精度。當磨削長孔時，由於軸桿較長的關係，不可避免會產生擺動及顫動現象，因此精度僅能至 OCT 2 級或 2a 級。

第二章

磨床的種類及其構造

1. 磨床的分類

由於近代對磨床的設計、構造及其使用有很大的改進和發展，因此磨床和其他工具機一樣按不同工作需要而構成很多型式，一般生產應用的磨床不外分為下列數種：

- (1) 外圓磨床；
- (2) 內圓磨床；
- (3) 平面磨床；
- (4) 無心磨床(無心外圓磨床)；
- (5) 無心內圓磨床；
- (6) 特種磨床。

以上各式磨床，按生產方式不同可製成人工操作、半自動和全自動三種。人工操作的各式磨床在工件生產量不多或工件變動多時應用；半自動磨床在生產量較多時用之，而全自動磨床則用於大量生產中，因其生產率高，同時可使製造成本降低。

按不同的工件形狀和尺寸、不同的工作要求和單位時間內需要的生產量，可以決定磨削該工件最適宜的磨床。

(1) 外圓磨床

外圓磨床為專用來磨削圓面的磨床，是一種最常見的磨床，一般構造型式，可分為下列三種：

(a) 工件迴轉兼作縱向進給，砂輪則在固定位置旋轉，如圖 2a。該種磨床外表形狀如圖 3。

(b) 旋轉的砂輪兼作縱向進給，工件在固定位置上迴轉，如圖 2b。

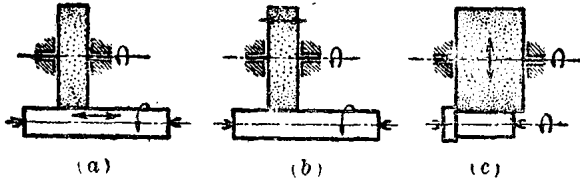


圖 2

(c) 工件及砂輪俱無縱行運動，僅砂輪作磨深之調整，如圖 2c。

該三種類型的外圓磨床中，以第一種類型用途最為普遍，無論用之磨長件、粗件、細件、整體粗細一律或直徑大小不同有軸台的工件均可合宜，因此該類機型，可視為外圓磨床的基型；第二類型已往僅用以磨製較長工件，然近來在中小型磨床上亦有採用該種設計者，其優點為工件僅作迴轉運動而無縱向運動，因此可以節省長而又笨重的機座與檯面，使佔地面積縮小，惟此類型磨床砂輪既作高速迴轉又須完成縱向進給運動，因之其運行軌道必須十分精確。第三類型的外圓磨床一般用來作為刺入磨、深磨、型磨的磨床，其所用的砂輪寬度應較磨製工件的長度為寬。

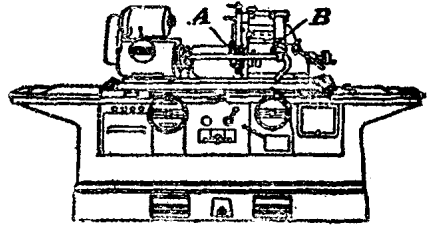


圖 3. 外圓磨床

外圓磨床按可磨工件的最大直徑和長度，而製成各種規格，一般製造廠常以錐高及頂針間距離表明規格的大小。

外圓磨床的規格，一般錐高自 150 公厘~405 公厘，規格如下：

150 × 450 (6 吋 × 18 吋)； 150 × 760 (6 吋 × 30 吋)；

150 × 1 000 (6 吋 × 40 吋)； 250 × 450 (10 吋 × 18 吋)；

250 × 910 (10 吋 × 36 吋)； 250 × 1 220 (10 吋 × 48 吋)；

250 × 1 820 (10 吋 × 72 吋)； 250 × 2 450 (10 吋 × 96 吋)；

250 × 3 050 (10 吋 × 120 吋)； 355 × 910 (14 吋 × 36 吋)；

355 × 1 220 (14 吋 × 48 吋)； 355 × 1 820 (14 吋 × 72 吋)；

355 × 2 450 (14 吋 × 96 吋)； 355 × 3 050 (14 吋 × 120 吋)；

355 × 3 650(14 吋 × 144 吋); 405 × 910(16 吋 × 36 吋);
 405 × 1 220(16 吋 × 48 吋); 405 × 1 820(16 吋 × 72 吋);
 405 × 2 450(16 吋 × 96 吋); 405 × 3 050(16 吋 × 120 吋);
 405 × 3 650(16 吋 × 144 吋)。

外圓磨床可製成液壓傳動、機動或手動，使工作台和砂輪架作一定的進給運動。砂輪和工件的傳動一般均由電動機通過三角皮帶分別予以傳動(磨床構造及傳動，下節詳述)。

另外在外圓磨床上裝上特殊附件後，可磨製凸輪、滾子或曲軸；在磨削工件軸台部份平面時，在某些外圓磨床上可將砂輪架拖板旋轉使與工件軸線成 45°，然後以 V 形輪面砂輪加以磨削，如圖 4。

另外在外圓磨床上可磨削斜角較小的退拔。

(2) 內圓磨床

內圓磨床專用以磨削內孔，如齒輪、套筒、滾子、刀具、軸承的軸孔等。該種磨床具有一高速迴轉的磨軸，一般轉速為 15 000~30 000 轉/分，最高轉數不得超過 65 000 轉/分。再高的轉速，由於磨軸必須不能帶有絲毫顫動，因此設計有很大的困難。除此以外，磨床尚具有一使工件迴轉的床頭；磨削時工件在固定位置迴轉，而磨軸前端裝有較內孔為小的砂輪，磨軸一面以高速迴轉，同時往復作縱向進給，磨軸長度必須能達到內孔末端。

當轉盤旋過一角度時，可磨削退拔孔，如鑽套及工具機上頂尖套筒、心軸退拔孔等。

內圓磨床如圖 5，其規格係按所磨最大孔徑及深度而定，一般孔徑自 6 公厘至 600 公厘，孔深自 75 公厘至 380 公厘。

(3) 平面磨床

平面磨床用於工件平面的

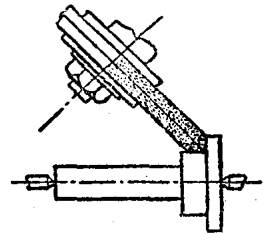


圖 4. 磨削軸台部份平面

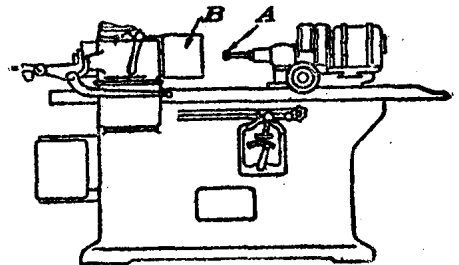


圖 5. 內圓磨床