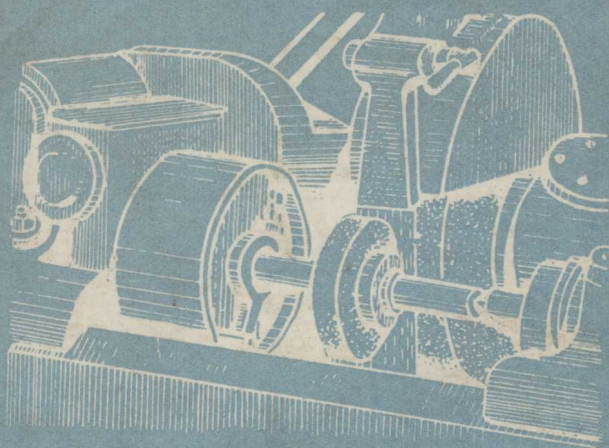


工业技术基础知识丛书

金属磨削知识

梁 錫 昌 編 著

哈尔滨市科学技术普及协会供稿



黑龙江人民出版社

521.238
402

內 容 提 要

這本書共分七章，第一章和第二章講解砂輪的特性、選擇方法和修正方法；第三章到第五章講解磨削過程的基本知識與磨工工藝；第六章和第七章講解提高磨加工質量與生產率的原則，並介紹了一些先進經驗，可供磨工和技術人員學習與參考。

金 屬 磨 削 知 識

梁錫昌 編著 哈爾濱市科學技術普及協會供稿

黑龍江人民出版社出版（哈爾濱道里森林街副14號）黑龍江省書刊出版業營業許可證001號

地方國營建設印刷廠印刷 新華書店黑龍江分店發行

開本787×1092公厘 $\frac{1}{32}$ • 印張1 $\frac{7}{8}$ • 字數43,000 • 印數1—4,500

1958年7月哈爾濱第1版 1958年7月哈爾濱第1次印刷

總號：455

統一書號：T 15093 • 5 定價：(6)一角七分

目 录

第一章 各种磨加工方法	1
一、外圆磨	1
二、内圆磨	2
三、平面磨	3
四、圆锥磨	3
五、螺絲磨	5
六、磨削用量要素	5
第二章 砂 輪	8
一、磨 料	9
二、粒 度	9
三、粘合劑	11
四、砂輪硬度	12
五、砂輪組織	13
六、砂輪的形狀与代表符号	14
七、砂輪选择	15
八、砂輪修正	17
九、砂輪的平衡和空轉試驗	22
第三章 磨削过程基本知識	23
一、磨削过程	23
二、磨削力	24

三、磨削热与冷却潤滑液	25
四、砂輪磨損	27
第 四 章 外圓磨和內圓磨	27
一、外圓磨削方法	27
二、粗磨和精磨	32
三、磨削用量選擇	32
四、內圓磨	37
第 五 章 平 面 磨	40
一、磨削方法	40
二、磨削用量選擇	43
第 六 章 提高磨加工質量的經驗	45
一、表面光洁度	46
二、表面烧伤	49
第 七 章 提高磨加工生產率的經驗	50
一、高速磨削法	51
二、先進經驗介紹	53

第一章 各种磨加工方法

磨削是目前最主要的精加工方法，磨出来的工件形状很规矩，精度和光洁度都很高。近年来磨削在大量生产的工厂和精密机械制造工业中，如机床工业、汽车拖拉机工业、滚动轴承工业、仪器制造工业等方面用得更多。

在生产中应用的磨加工方法很多，下面介绍几种最常用的方法：

一、外圆磨

外圆磨用来磨工件的外圆柱面。它又可以分为：

(1) 纵走刀的外圆磨。图1左面的①就是这种磨加工方法的简图。采用这种方法磨外圆时，首先要砂轮转动，以便从工件上磨下铁末，而且砂轮要转得很快，一般把砂轮转动叫做主运动。但如果只有这个运动，砂轮就只能把工件磨出一个缺块，不能继续把工件磨圆。因此，我们还要使工件转动，这叫做圆周走刀。有了上述两个运动后，只能磨出砂轮宽度那么长的工件，因

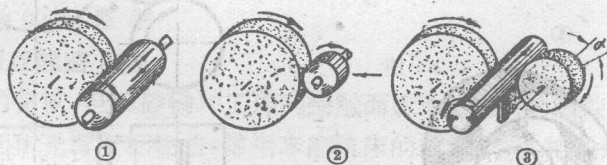


图 1

此，还需要工件来回移动，叫做纵向走刀。

用纵走刀磨外圆时，上面三个运动同时存在。而且在工件纵向走到一端后，为了能把工件继续磨小到要求直径，工件(或

砂輪)還要橫向進刀。進刀後工件又開始被砂輪磨掉一層。工件往返一次後進刀時,叫雙程進刀;工件走到兩端都有進刀時,叫單程進刀。

(2)橫走刀的外圓磨。如圖1中②,這種方法主要用來磨短工件。這種方法沒有縱向走刀,因此,砂輪的寬度必須比工件長。橫向走刀也不是間斷的,而是連續的。

(3)无心磨。如圖1中③,工件被兩個砂輪和支板夾在中間。左面較大的砂輪轉得很快,由它磨工件。右面較小的砂輪是用來帶動工件走刀的,叫導輪。當導輪轉動時,工件也就跟着轉動,即圓周走刀;但工件還應該有縱向走刀,只要把導輪搬斜 α 角後,導輪轉動就能使工件又轉又移了。

如果我們只看工件和砂輪的運動時,无心磨和縱走刀的外圓磨一樣,有砂輪轉動,工件轉動和工件移動三個運動同時存在。不同點是工件不由機床帶動,而由導輪帶動。這樣作的好處是工件可以不固定在頂尖上,因此能連續不斷的磨工件,容易自動化。另外,還適合於磨細長工件,如絲杆等。

二、內圓磨

內圓磨用來磨工件的內圓柱孔。它又可以分為:

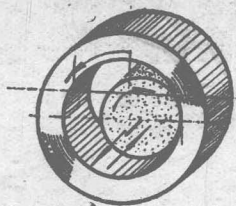


圖2

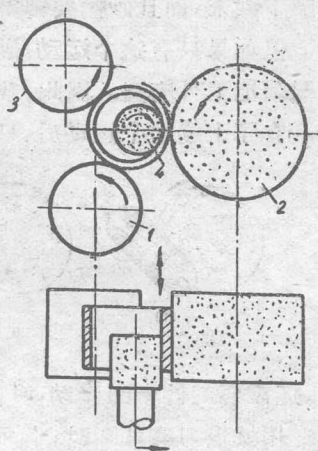


圖3

(1) 縱走刀的內圓磨。如圖 2，它和縱走刀的外圓磨差不多。

(2) 无心內圓磨。如圖 3，工件放在支持滾輪 1 上，并用压紧滾輪 3 把工件压向導輪 2。導輪 2 帶動工件轉動，滾輪 1 和 3 也隨工件轉動。故机床只傳來兩個運動：砂輪 4 轉動和導輪 2 轉動。

三、平 面 磨

在生產中常用下面兩種磨平面的方法：

(1) 用砂輪外圓周磨平面(圖 4、①)。

(2) 用砂輪的端面磨平面(圖 4、②)。

在磨平面時，砂輪作快速轉動，工件縱向往復走刀。

當砂輪的寬度(圖 4、①)或砂輪的直徑(圖 4、②)小於工件的寬度時，在每一行程後，砂輪或工件還應橫向走刀。如果工件要磨幾遍時，在磨完整個平面後，砂輪應向下吃刀。

在上述兩種方法中，用砂輪周磨出的平面精度和光潔度均較高，在生產中用得較多。輪端磨法的生產率高，而且能磨出很

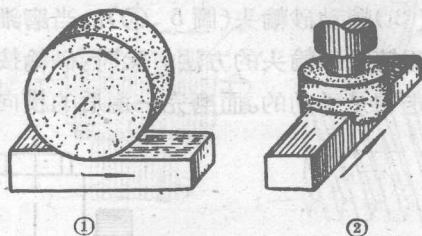


圖 4

美觀的花紋，但因砂輪和工件的接觸面太大，發出的熱較多，所以精度和光潔度都較差，常用來磨机床的導軌。有人把輪端磨的砂輪作成銀塊的，減少了接觸長度，也能得到較高的加工質量。

四、圓 錐 磨

在外圓磨床上，可以用下列三種方法來磨外圓錐面：

(1) 轉動工作台(圖 5、①)。這種方法適于磨錐度不大,而且較長的工件。一般工作台只能轉 $6\sim 7^\circ$,故只能磨錐頂角小于 $12\sim 14^\circ$ 的工件。此時的運動:砂輪轉動,工件轉動,縱向走刀及間斷的橫進刀。

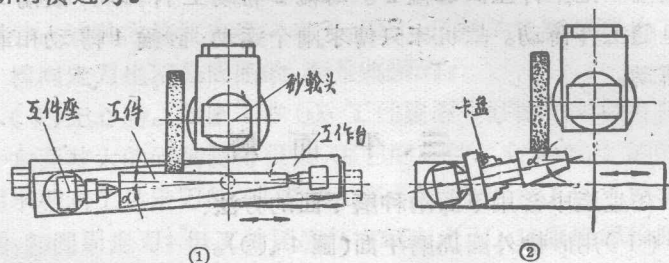
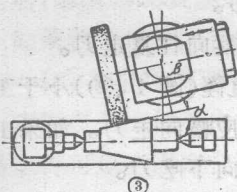


圖 5



(2) 轉動工件座(圖 5、②)。工件夾在卡盤內,只要將帶卡盤的工件座轉過錐角的一半,就能磨出圓錐面。這種方法適于磨錐角大、長度短的工件。

(3) 轉動砂輪頭(圖 5、③)。當磨錐度大而長的工件時,最好採用轉動砂輪頭的方法。此時,砂輪按工件圓錐面方向走刀,這個走刀是手動的。而磨完一遍後的橫向進刀,是把工件向左移動。

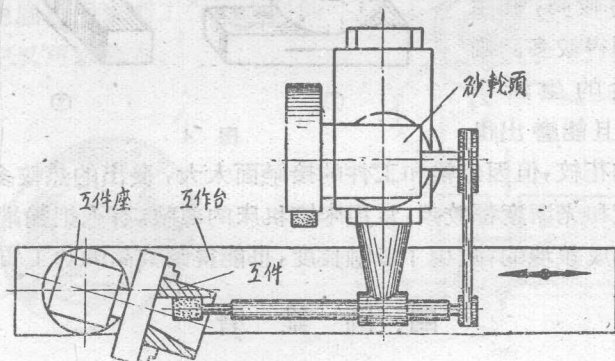


圖 6

圖 6 示磨圓錐孔時的情況，工件夾在卡盤上，由工件座轉過半個錐角。加工時，除砂輪和工件轉動外，由工作台往復移動磨出圓錐孔，每次行程終了時，由砂輪頭橫進刀。

五、螺絲磨

螺絲磨用來加工各種精密絲杆及絲錐等工件。

在螺絲磨床上，可以用單片砂輪或多片砂輪來加工螺絲。

圖 7、①為多片砂輪磨螺絲時的情形。為了明了運動情況，我們只要看多片砂輪 2 中任意一片的工作就可以了。加工時，這一片砂輪高速轉動，而螺絲形狀的工件，必須同時轉動和移動，才能走出螺旋綫。當然，工件轉一圈時，應保證剛好移動一個螺距。工廠中磨絲錐的運動就是這樣。

為了提高生產率，故把砂輪 2 作成多片的（即相當於把很多個單片砂輪湊起來的）。

在磨絲杆時，由於螺旋角較大，砂輪應按螺旋角搬度，才能放到螺旋溝中去。這時，只適於採用單片砂輪加工。

多片砂輪的缺點是修正砂輪複雜，加工精度較差。

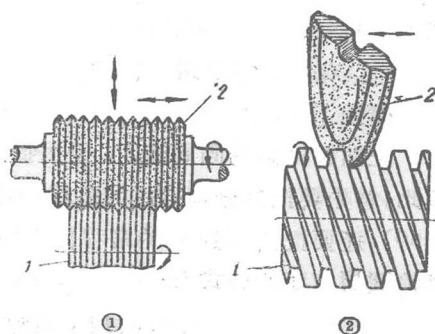


圖 7

六、磨削用量要素

在加工時，我們常常要自己決定砂輪轉數、工件轉數、工件縱向走刀量和橫向間斷的進刀量（也叫磨削深度），總起來就叫做磨削用量。

(1) 砂輪的圓周速度。砂輪用它最外一層砂粒進行磨削，這層砂粒的運動速度叫砂輪的圓周速度。一般砂輪在一分鐘之內要轉1200~1500轉，由此算出最外一層砂粒在一秒鐘之內要走20~60公尺，或者一小時走200公里以上，這已經接近於飛機的速度了！

我們用每秒鐘砂輪外層移過的公尺數來表示砂輪的圓周速度，寫為公尺/秒。如果我們知道了砂輪的直徑和轉數，就能設法計算出圓周速度。現在，我們來研究一下下面的幾個公式：

首先，當砂輪轉過一周時，在砂輪外層的砂粒就走过一整圓周。而圓周的長度等於砂輪直徑的3.14倍，即：

$$\text{圓周長(公厘)} = 3.14 \times \text{直徑(公厘)}$$

砂輪在一分鐘之內不只轉一圈，我們再考慮到砂輪每分鐘的轉數，則砂粒每分鐘走过的路程，等於每一轉走过的路程（即圓周長）乘每分鐘的轉數，即：

$$\text{每分鐘走过路程(公厘)} = 3.14 \times \text{直徑(公厘)} \times \text{每分鐘轉數}$$

上面說砂輪的圓周速度，要用每秒鐘走过的公尺數表示。因此，首先要將每分鐘走过的路程，化為每秒鐘走过的路程（即除60），還要把公厘表示的路程化為公尺（即除1000），最後得出砂輪圓周速度的公式為：

$$\text{圓周速度(輪)} = \frac{3.14 \times \text{直徑(公厘)} \times \text{轉數/分}}{60 \times 1000} \text{公尺/秒}$$

例：設砂輪直徑為600公厘，砂輪每分鐘轉數為1200轉，問砂輪的圓周速度是多少？

將這些數字代入公式：

$$\text{圓周速度(輪)} = \frac{3.14 \times \text{直徑} \times \text{轉數}}{60 \times 1000}$$

$$= \frac{3.14 \times 600 \times 1200}{60 \times 1000} = 37.68 \text{公尺/秒}。$$

故知圓周速度为37.68公尺/秒。

由公式我們体会到,当砂輪的直徑不变时,轉数愈高,速度也愈高;而当砂輪的轉数相同时,如果砂輪的直徑不同,速度也不同;砂輪直徑愈大,速度也愈高。

(2)工件圓周走刀速度。工件圓周走刀速度的單位为每分鐘多少公尺,寫为公尺/分。它由工件的轉数和直徑决定,和砂輪圓周速度不同之点,就只是每分鐘的公尺数和每秒鐘的公尺数,即差60倍。故工件圓周速度的公式可按式計算:

$$\text{圓周速度(工)} = \frac{3.14 \times \text{直徑(工)} \times \text{轉数(工)}}{1000} \text{公尺/分}$$

(3)縱向走刀量,是指工件轉过一轉时,工件移动的距离。縱向走刀量常以占砂輪寬度的多少來决定。在粗磨直徑小于20公厘的工件时,縱向走刀量为砂輪寬度的0.3~0.5倍。即砂輪寬度为20公厘时,縱走刀量应为6~10公厘。在粗磨直徑大于20公厘的淬火鋼时,縱向走刀量为砂輪的0.7倍。粗磨未淬火鋼时可达0.75倍,粗磨鑄鉄为0.25倍。

在精磨时,縱走刀量与工件材料和直徑无关,可为0.2~0.3倍砂輪寬度。

这些数据適合于外圓磨和平面磨加工。

(4)磨削深度。每次行程終了时,砂輪向工件的橫向移近量叫磨削深度,或者叫橫进刀量。它决定每一行程中磨下的金屬層厚度。外圓磨的磨削深度为0.005~0.08公厘。

复 习 題

- 1、外圓磨和 无心磨有何 相同之点与不同之点? 有哪些优点 和缺点?

- 2、設砂輪直徑為500公厘，規定安全速度為30公尺/分，問砂輪最大允許轉速是多少？

第二章 砂 輪

俗語說：“工欲善其事，必先利其器”。在磨削時，砂輪是最主要的磨具，只有詳細了解砂輪的各種特性後，才能選擇好砂輪，使用好砂輪，取得最好的加工效果。

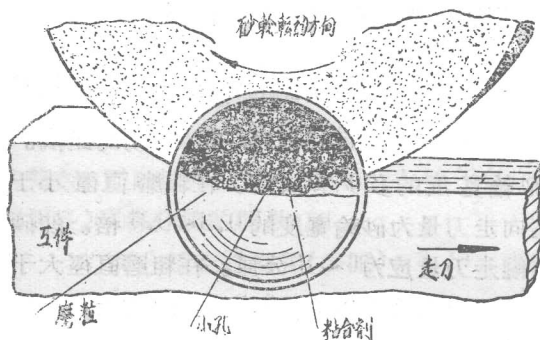


圖 8

圖 8 的砂輪正在工作，我們用放大鏡來看砂輪表面，則可以看到砂輪是由很小的硬粒子所粘結成的多孔物體。硬粒子的尖角凸出，好像長滿了很多刺一

樣。在磨削時，砂輪高速轉動，砂輪的硬粒子把工件金屬不斷的抓去，而得到我們要求的表面。

硬粒子是砂輪的基本材料，叫做磨料。把磨料粘在一起的材料叫粘合劑。砂粒抓下來的鐵末要容納在砂輪的空隙間，因此砂輪的松緊程度也影響它的性能。因此，砂輪的性質根據磨料的種類、砂粒的大小、粘合劑的種類、砂粒粘合強度、砂輪的松緊程度和砂輪的形狀與尺寸而有所不同。

一、磨 料

磨料都是非金属材料。工厂中常把磨料一概叫做金刚砂。其实我们用的磨料可分为两大类：氧化铝磨料和碳化矽磨料。

氧化铝的硬度比硬質合金还要高，韌性也很好。氧化铝磨料的砂輪可以用來磨各种淬火和未淬火的碳鋼、合金鋼和高速鋼等材料，即適于磨强度和韌性較大的材料。

由于原材料与制造方法的不同，氧化铝磨料又分为褐色氧化铝（也叫做普通氧化铝）和白色氧化铝兩类。褐色氧化铝所含雜質較多，故硬度稍次，但韌性較高，適于磨鋼类及其他强度較高的材料。白色氧化铝硬度更高，適于磨高速鋼和合金鋼。

單晶氧化铝是最近才出現的新磨料，它是在一种硫化物的爐渣中培养出來的單晶体。單晶氧化铝的顆粒均匀，强度高，硬度大，鋒利多稜。在同样磨削情况下，單晶氧化铝的砂輪耐用度比普通氧化铝要高50~100%，因此特別適宜于成形磨削。

我國山东張店砂輪厂的氧化铝，經苏联專家鑒定証明，强度和韌性很高，是世界上第一流的產品。

碳化矽磨料比氧化铝还要硬，顆粒更尖銳，但比氧化铝脆。故用于磨硬質合金、鑄鐵等脆性材料。又由于純度不同，碳化矽磨料又分为綠色碳化矽和黑色碳化矽兩类。綠色碳化矽純度較高，为灰綠色，硬度高于黑色碳化矽，强度及韌性稍次，主要用來磨硬質合金。黑色碳化矽为灰黑色，主要用來磨鑄鐵及其他非金属材料。

在表1中，列出了各种磨料的性質与用途。表中的“代表符号”应当記住。

二、粒 度

一般粗加工要求砂粒尺寸大，而精加工要求尺寸小，其他方

面对砂粒的尺寸大小都有所要求。我們把磨料做成各种大小的

表 1

磨料名称	代表符号	主要成分含量	性 質	用 途
普通氧化鋁	3*	86—91%	灰褐色，暗褐色， 粉紅色，暗紅色。	磨碳鋼、合金鋼（淬火高速鋼除外）、珠光体可鍛鑄鐵、硬青銅。
白色氧化鋁	3B	96—99%	白色，灰白色，淡紅色。 比普通氧化鋁硬、脆。	磨淬火高速鋼、螺絲、小型及複雜刀具。鋁件，不宜于粗磨。
綠色碳化矽	K3	>97%	鋒芒尖銳，硬度僅次于金剛鑽及碳化硼，強度較低，磨韌性材料易裂坯。	磨硬質合金。
黑色碳化矽	K4	>95%	黑色或暗綠色，強度比綠色碳化矽高，但硬度較低。	磨軟青銅、黃銅、白口鐵、灰口鐵、鋁和非金屬材料。

注：各字母讀數音为：3——埃，B——白，K——卡，3——資，4——其

顆粒，以適應不同的加工需要。粒度就是表示砂粒大小的数字。

一般是用篩子來把砂粒按大小分开的。篩子有很多層，最上一層篩子的孔眼最大，愈到下面愈小，故不同大小的顆粒就分別留在各層篩子上了。篩子上孔眼的大小是用一时上的孔眼数目表示，我們把一时內的孔眼数叫粒度。故砂粒大，孔眼就大，一时內的孔眼数小，粒度也小。因此，粒度正好和砂粒尺寸相反，即粒度大时，砂粒尺寸就小。

当砂粒很小时，不能用篩子來分，采用沉淀法來确定粒度。顆粒愈小，在水中沉淀得愈慢，故要流得远一些才能沉淀下來，我們若放上一排桶，就把不同尺寸的砂粒分开了。

在表 2 中，列出了粒度号数和砂粒尺寸的关系。用得最多的号数是46和60号。

表 2

分类	号 数	顆粒尺寸 (公忽)	測定方法	分类	号 数	顆粒尺寸 (公忽)	測定方法
磨 粒 类	5	5000~4000	篩 測 法	磨 粒 类	46	420~355	篩
	6	4000~3300			54	355~300	
	7	3300~2800			60	300~250	
	8	2800~2300			70	250~210	
	10	2300~2000			80	210~180	
	12	2000~1700		磨 粉 类	90	180~150	測 法
	14	1700~1400			100	150~125	
	16	1400~1200			120	125~105	
	18	1200~1000			150	105~85	
	20	1000~850			180	85~75	
	24	850~700			220	75~63	
	30	700~600		类	240	63~53	混 合 法
	36	600~500			280	53~42	
	40	500~420			320	42~28	

三、粘 合 剂

單独的砂粒要用粘合剂把它粘在一起。粘合剂对砂輪的性質影响很大。粘合力差时,砂輪会在高速时裂开,而且砂粒易掉而引起砂輪形狀的改变。粘得太牢,砂粒磨鈍了还掉不下來,也会引起工件表面質量的下降。因此,粘合剂的种类和性質对砂輪性質影响很大。

現在工厂中的砂輪有80%是用的粘土粘合剂。粘土就是粘性較好的泥土。粘土能耐热,不怕水或其他冷却液的腐蝕,缺点是脆性大。

切断用的薄砂輪与高速磨削使用的砂輪,要求更强的粘合力,而且最好有一点彈性,不易裂坏。这些砂輪多采用橡膠和樹

脂作为粘合剂。

我國苏家屯砂輪厂,于1957年用 硼砂玻璃制成了一种高速磨削砂輪的粘合剂。这种砂輪的安全圓周速度达50公尺/秒。

在表 3 中,列出了主要粘合剂的名称、性質和用途。

表 3

名 称	代表符号	性 質	用 途
粘 土	K	防水、耐热、不起化学变化,做成的砂輪可以很好保持切削刃的外形,但較脆,不能受弯曲力及冲击力。	除切断工作及磨窄槽外,其他加工均可应用。
樹 脂	G	彈性較好,不怕冲击,但耐溫度較低,怕帶鹼性的冷却液。	磨槽、磨淬火鋼、磨成形面,如絲錐等。
橡 胶	B	彈性更大,耐溫更低(150°后就变軟)。	切断,成形磨及无心磨用导輪。磨时吃刀应小。

*K——卡, G——白, B——珠。

四、砂 輪 硬 度

砂粒在抓下金屬的同时,自己也受到外力的作用,如果粘合力小于这个外力时,砂粒就会掉下來。我們用砂輪硬度 这一名詞來代表砂粒粘結的牢固程度。这里的硬度和一般所指的硬度不一样,这一点必須注意。我們还要 区别开砂輪硬度和磨料硬度,同一种磨料可以做出各种不同硬度的砂輪。

砂輪硬度对砂輪工作影响很大,当硬度选得適当时,最外一層砂粒磨鈍后,即砂粒的尖鋒磨圓后,磨削力量的增加正好把鈍粒推下來,而露出第二層新的尖銳磨粒繼續工作,这是最好的情况。如果砂輪硬度选得太高,鈍粒也掉不下來,磨削工作困难,容易引起振动,会产生光潔度下降、燒伤 等現象。当然,砂輪 硬度太低也不好。

砂輪硬度的分类如表 4。

表 4

分 类	符 号	分 类	符 号
最 軟	$4M^*$	中 硬	CT_1, CT_2, CT_3
很 軟	BM	硬	T_1, T_2
軟	M_1, M_2, M_3	很 硬	BT_1, BT_2
中 軟	CM_1, CM_2, CM_3	最 硬	$4T_1, 4T_2$
中 等	C_1, C_2		

注：代表符号后面的数字 1, 2, 3 愈大，表示硬度愈高。

*M—墨，C—側，T—特。

五、砂 輪 組 織

砂輪組織是表示砂輪的松緊程度。圖 9 为同一种磨料，粒度及粘合剂，可以做成較緊的組織(圖 9, ①)，此时孔隙很小；②較松一些；③最松。

砂輪組織的分級，是按整个砂輪体積中砂粒所占的百分比來区分的。

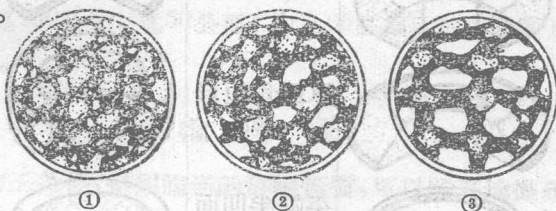


圖 9

的。表 5 为砂輪組織的分类和分級。

表 5

組織 分类	密	中	疏
組織 分級	0, 1, 2, 3,	4, 5, 6,	7, 8, 9, 10, 11, 12
砂粒占砂輪体积%	62, 60, 58, 56,	54, 52, 50,	48, 46, 44, 42, 40, 38

由此表可知，砂輪組織共分 13 級。常用的是第 5 和第 6 級。砂輪組織級数愈高，組織愈松。