

砂輪的選擇

78.397

78,397
711

一 砂輪的構造

砂輪是由許多細小的磨粒用結合劑黏結成的。如果用放大鏡把它放大來看，每一顆磨粒就好像一把小刀，就像圖 1 那樣。所以我們可以把砂輪看成是由無數小刀組成的一種多刃刀具。

製造砂輪的磨粒是由磨料壓碎得到的。磨料有天然磨料和人造磨料兩種。常用的天然磨料有剛玉和金剛砂。金剛石不常用。

常用的人造磨料有普通氧化鋁、白色氧化鋁、黑色碳化矽和綠色碳化矽。

黏結砂輪的結合劑種類很多，有黏土結合劑、矽酸鈉（水玻璃）結合劑、氧化鎂結合劑、人造樹脂結合劑、硬橡膠結合劑和蟲膠結合劑等。

黏結劑黏結磨粒的能力的大小，叫做砂輪的硬度。所以砂輪的硬度也可以認為是：砂輪表面的磨粒受到外力後，結合劑阻止磨粒脫落的阻力。如果結合劑把磨粒黏結得很緊的，那就是硬砂輪；結合劑把磨粒黏結得不太緊的，那就是軟砂輪。這就是說，當砂輪表面受到一定大小的力後，軟砂輪的磨粒容易脫落，但硬砂輪的磨粒就不容易脫落。有人不知道砂輪的構造，以為砂輪的硬度就是磨粒本身材料的硬度或結合劑的硬度，這些看法都是不對的。

砂輪的硬度等級和符號如表 1。



圖 1 砂輪的每顆磨粒就像一把小刀子。

SWT/936/01

表1 砂輪的硬度等級和符號

砂輪廠	砂輪的硬度等級																		
	極軟	很軟	軟	中軟	中等	中硬	硬	很硬	極硬										
蘇聯	硬度等級的符號																		
	4M	BM	M	CM	C	CT	T	BT	4T										
	4M	BM ₁	BM ₂	M ₁	M ₂	M ₃	CM ₁	CM ₂	CT ₁	CT ₂	T ₁	T ₂	BT ₁	BT ₂	4T ₁	4T ₂			
	軟—————→硬																		
磨登	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W

前面說過，磨粒是由磨料壓碎得到的，所以有粗有細。組成砂輪的磨粒的大小，可以用砂輪的粒度來表示。粒度的大小，可以由篩子來選擇。如果磨粒是用每吋(25.4公厘)長度內有20個孔(即每平方吋有 $20 \times 20 = 400$ 孔)的篩子(如圖2)分離出來的，那麼就把它叫做20粒度。

細磨粒用篩子來分離是有困難的，所以磨粒的尺寸在0.04公厘以下的，一般都用顯微鏡分析。如M28、M20等。此外，細磨粒也有用沉澱法(水分法)分離的。磨粒的大小用磨粒在1公尺深的水面上沉下所需要的時間(分鐘)表示。時間愈長，磨粒的尺寸愈小。

粒度和磨粒的尺寸如表2。

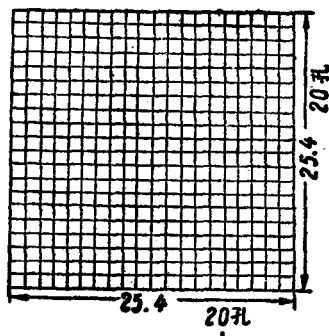


圖2 選擇磨粒用的篩子。

表2 粒度和磨粒的尺寸

粒度號數	分 鐘	磨粒尺寸 (公忽)	粒度號數	分 鐘	磨粒尺寸 (公忽)	粒度號數	分 鐘	磨粒尺寸 (公忽)	粒度號數	分 鐘	磨粒尺寸 (公忽)
10	—	2300 ~ 2000	46	—	420 ~ 355	180	2'	85~63	M28	15'	28~20
12	—	2000 ~ 1700	54	—	355 ~ 300	220	3'	75~63	M20	30'	20~14
14	—	1700 ~ 1400	60	—	300 ~ 250	240	3'	63~53	M14	60'	14~10
16	—	1400 ~ 1200	70	—	250 ~ 210	280	5'	53~42	M10	120'	10~7
20	—	1200 ~ 1000	80	—	210 ~ 180	320	10'	42~28	M 7	240'	7~5
24	—	850 ~ 700	90	—	180 ~ 150	—	—	—	M 5	480'	5~3.5
30	—	700 ~ 600	100	$\frac{1}{4}'$	150 ~ 125	—	—	—	—	—	—
36	—	600 ~ 500	120	$\frac{1}{2}'$	125 ~ 105	—	—	—	—	—	—

上面已經說過砂輪是由結合劑把磨粒黏結而成的。但是，結合劑並沒有把砂輪的所有空間都填滿。這就是說，磨粒和磨粒之間還有孔隙。磨粒和磨粒之間既然有孔隙，那末磨粒和磨粒之間就有一定的距離，而且這個距離有大有小。表示砂輪的磨粒和磨粒之間距離的關係的，叫做砂輪的組織。砂輪的組織有緊密的、中型的、疏鬆

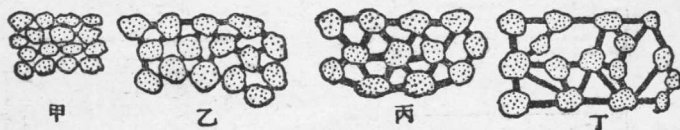


圖3 砂輪的組織：

甲—緊密的；乙—中型的；丙—疏鬆的；丁—多孔的。

的和多孔的四類，如圖 3。根據鬆緊程度的不同，又可以分為 19 號，如表 3。砂輪的組織號數愈大，磨粒和磨粒之間的距離也愈大，也就是愈疏鬆。

表3 砂輪的組織號數

組織類別	緊密的	中型的	疏鬆的	多孔的
組織號數	0, 1, 2, 3	4, 5, 6	7, 8, 9, 10, 11, 12	13, 14, 15, 16, 17, 18

根據機床和加工條件的需要，可以做成各種形狀和尺寸的砂輪。工廠中常用的油石，它的構造也是同砂輪一樣，只不過形狀不同罷了。

常用的幾種砂輪和油石的形狀，如表 4。

表4 常用的幾種砂輪和油石的形狀和符號

符號	砂輪或油石的形狀	符號	砂輪或油石的形狀
III		1K	
2II		2K	
4II		4II	
IIII		4K	
II			

(續)

符號	砂輪或油石的形狀	符號	砂輪或油石的形狀
1T		ГК	
2T		БКВ	
3T		БП	
ГП		БТ	
Г60°		СП	
		1C	

根據前面所說，我們可以知道，砂輪的規格應該包括下列幾個部分：

1) 磨料；2) 粒度；3) 硬度；4) 結合劑；5) 組織；6) 形狀和尺寸等。

所以通常砂輪就像圖 4 那樣註明了各個規格。圖中註明的符號：ЭБ 是白色氧化鋁磨料，60 是代表砂輪的粒度，CM₂ 是說明中軟硬度，K 是黏土結合劑，8 代表第 8 號組織，ПП 是砂輪形狀的符號，350 是砂輪的外徑（單位是公厘），32 是砂輪的高度（單位是公

厘), 127 是砂輪的孔徑(單位是公厘), 35 公尺/秒 是說明砂輪的圓周速度。



圖 4 砂輪規格的認識。

二 選擇砂輪的原則

砂輪選擇的正確, 對於工件加工的精度和表面質量(表面光潔度、表面層的組織和表面裂紋等)影響很大。砂輪選擇的正確, 對於砂輪的消耗和修整砂輪的金剛石的消耗以及生產效率也都有關係, 所以正確的選擇砂輪是非常重要的。選擇砂輪的時候, 應該根據工件材料的性質、加工種類(粗加工或精加工)和機床類型來選擇砂輪的磨粒材料、結合劑、粒度、硬度、組織以及砂輪的形狀和尺寸等。現在分別的說明如下:

1 磨料的選擇 選擇砂輪的時候, 首先應該根據工件材料的性質選擇磨料。簡單說來, 抗張強度小, 脆性的工件材料(如鑄鐵、青銅等), 應該用碳化矽磨料的砂輪。抗張強度大, 韌性的工件材料(如碳鋼, 合金鋼和高速鋼等), 應該用氧化鋁磨料的砂輪。因為碳化矽磨料的脆性較大, 如果用它來磨抗張強度大的材料, 那麼磨粒就容易碎斷。氧化鋁磨料的脆性比較小, 但沒有碳化矽那樣鋒利, 硬度也比較小。如果用它來磨抗張強度小, 脆而硬的材料, 也是不適合的。

白色氧化鋁磨粒比普通氧化鋁磨粒硬度大(但脆性也大)並且鋒利。所以白色氧化鋁磨粒的砂輪不適宜粗磨。粗磨的時候磨粒容易碎斷,未免浪費。在精磨的時候,使用白色氧化鋁磨粒的砂輪,可以得到很好的結果。因為它鋒利,容易切入金屬。切削過程中的切削力比較小,產生的熱量也就少。所以加工的工件尺寸比較準確,工件的表面層組織也不容易變壞,不容易產生裂紋,表面光潔度也比較好。尤其是磨細小和薄片的工件的時候,爲了避免磨削過程中產生較大的切削力和較多的熱量,引起工件變形,表面層組織變壞,使用白色氧化鋁砂輪進行磨削更是必要的。

磨淬火的高速鋼刀具時,刀具的表面常常產生細小的裂紋,甚至退火,以致減低了高速鋼刀具的耐磨性(就是兩次磨刀相隔的機動時間縮短了)。如用白色氧化鋁砂輪磨削,這種缺點是可以適當地避免的(假如砂輪的硬度和組織以及切削用量選擇的恰當,完全可以避免)。

綠色碳化矽磨粒比黑色碳化矽磨粒鋒利,但脆性比較大。所以綠色碳化矽砂輪主要是用來磨硬度很大的硬質合金。如果用它來磨一般的脆性材料,那就不經濟了。一般的脆性材料都用黑色碳化矽砂輪磨,只在精磨的時候,有時才用到綠色碳化矽砂輪。

剛玉的硬度比較低,所以主要用來製造磨滾珠的砂輪和無心磨床的導輪,以及 0.15 公厘以下的研磨粉。

金剛砂因為質量不純,所以主要是用來製造粗磨時用的氧化鎂結合劑的大砂輪或拋光粉。

現在把各種磨料的主要應用範圍和代表符號寫成表 5。

2 結合劑的選擇 砂輪的結合劑有黏土、矽酸鈉、氧化鎂、硬橡膠、人造樹脂和蟲膠等。

黏土結合劑的砂輪應用最廣泛,因為它可以做成各種形狀(特

表5 磨料主要應用範圍和代表符號

工 作 材 料 和 磨 削 種 類	磨料種類	代表符號
碳鋼、合金鋼 可鍛鑄鐵(燜過火的)硬青銅	普通氧化鋁	Э
淬火的高速鋼 磨螺紋、刃磨鑽頭、刃磨鉸刀、刃磨拉刀、刃磨插齒刀、刃磨螺旋銑刀、刃磨螺紋車刀、磨拉絲模、磨齒輪	白色氧化鋁	ЭБ
精磨淬火之滾珠 製造無心磨床之導輪	剛玉	Е
軟青銅、紫銅、黃銅、冷硬鑄鐵和灰鑄鐵等	黑色碳化矽	KЧ
鋁	黑色碳化矽或 白色氧化鋁	KЧ或ЭБ
硬橡皮、電木、瓷器、石板、其他非金屬材料	黑色碳化矽	KЧ
硬質合金 工具鋼刀具的研磨	綠色碳化矽	KЗ

別薄的砂輪除外)、各種硬度、各種組織、各種粒度和各種尺寸的砂輪,適合各種工作情況下使用。

這種砂輪的速度不能大於35公尺/秒,側面壓力比較大的時候(如用圓盤砂輪[⊙]的側面去磨平面)以及加工表面不連續時,便有破裂的危險。所以在這種工作情況下不能使用黏土結合劑的砂輪。

黏土結合劑的砂輪品質較純,組織和硬度都很均勻,耐熱性強、穩定性高,對水和油的浸蝕以及氣候的變化都不生影響。所以磨削的時候用冷却潤滑液或者不用冷却潤滑液都可以。

黏土結合劑的砂輪,一般是不製造緊密組織的。它的組織比較鬆,工作的時候不易被切屑阻塞,所以生產效率比較高。

⊙ 圓盤砂輪也叫做盤形砂輪。——編者

黏土結合劑的砂輪，在磨削過程中能保持外形，所以適合於成形磨削。如磨螺紋，磨齒輪等。

矽酸鈉（水玻璃）結合劑的砂輪生產效率比較小。因為矽酸鈉的黏結能力不強，硬度變化的範圍有限，而且磨粒和磨粒之間的孔隙也比較小。

矽酸鈉略溶於水，所以磨削時通常都不使用冷却潤滑液。

矽酸鈉結合劑，一般只用來製造用砂輪的端面磨平面的砂輪，或尺寸較大的砂輪。因為它在磨削過程中產生的熱量較少，而且用這種結合劑製造大砂輪所需要的時間比製造黏土結合劑的砂輪短。它的成本也會低一些。

矽酸鈉結合劑的砂輪應用不多。

氧化鎂結合劑的砂輪只能乾磨。它不能耐潮濕和寒冷，因此必須放在乾燥和溫暖的房間裏。

氧化鎂結合劑的砂輪，主要是製造直徑1公尺以上的金剛砂砂輪。用途不大。

人造樹脂結合劑的砂輪，強度大，有彈性，可以製造高速旋轉（60公尺/秒）和很薄的砂輪。

人造樹脂結合劑可以製造切斷金屬和各種切槽的砂輪和成形砂輪。

人造樹脂結合劑的砂輪，硬度和粒度範圍比較廣。磨削的時候不容易發熱。所以適合磨各種淬火鋼刀具。這時它可以比黏土結合劑的砂輪使用更大的切削用量，所以生產效率較高。

人造樹脂結合劑的砂輪，磨削的時候溫度高於180°C，結合劑的強度就會損壞。

人造樹脂結合劑的砂輪，如受1.5%的鹼性冷却液（如蘇打溶液）浸蝕，結合劑就會破壞。只有經過特殊的處理，才可以避免破壞。

硬橡膠結合劑的砂輪比人造樹脂結合劑的砂輪更有彈性。它適合製造切斷硬質合金和其他金屬的薄砂輪（切削速度45~50公尺/秒）以及製造無心磨床的導輪。

硬橡膠結合劑的砂輪組織緊密，不適合作為粗磨（加大餘量時）。但它的外形輪廓能經久不變，適合在成形表面上加工。

硬橡膠結合劑的砂輪，溫度高於150°C的時候，結合劑就會軟化。如果同油類冷卻潤滑液接觸，結合劑就會破壞。所以用這種砂輪磨削的時候，不能使用油類的冷卻潤滑液。

蟲膠結合劑主要是用來製造切斷和精磨的砂輪。這種砂輪的組織比較緊密，硬度比人造樹脂和硬橡膠結合劑的砂輪小，所以不適宜粗磨。這種砂輪成本比較高，近來用的極少。

除此以外，近來製造高速磨削的砂輪（圓周速度在50公尺/秒以上）還有一種特殊的結合劑。這種砂輪在蘇聯用的很普遍。

結合劑的代表符號如下：

黏土結合劑——K；

矽酸鈉結合劑——C；

氧化鎂結合劑——M；

人造樹脂結合劑——B；

硬橡膠結合劑——B；

蟲膠結合劑——Ш。

3 粒度的選擇 選擇砂輪的粒度的時候，應該注意下列各點：

一、加工表面要求比較光潔，工件的尺寸需要較精確時，應該選用粒度大（磨粒的尺寸小）的砂輪。因為砂輪的磨粒小，同時參加切削的磨粒較多，工件表面所殘留的磨粒痕跡要少一些。

二、砂輪和加工表面接觸的面積比較大，並且切削速度比較大的時候，應該選用粒度小（磨粒的尺寸大）的砂輪。因為粒度小的砂

輪和工件表面的摩擦較小，所以發熱也較小。因此，內圓磨床的砂輪應該比外圓磨床所用的砂輪粒度小。用砂輪的端面磨平面的時候，所用的砂輪應該比用砂輪的圓周磨平面的時候所用的砂輪粒度也小。

三、粗磨的時候，加工餘量比較多，切削深度比較大，砂輪的粒度應該比精磨時小。生產效率才高。

四、磨韌性金屬和軟金屬（如黃銅、紫銅、軟青銅等）的時候，磨粒容易碎斷，或砂輪表面常常被切屑嵌塞。所以應該選用粒度小的砂輪。

五、工件和砂輪的尺寸比較大的時候，應該選用粒度比較小的砂輪。

六、磨很硬的材料（如淬火鋼，硬合金鋼等）的時候，適合用粒度比較大的砂輪（硬質合金最好用粒度比較小的砂輪除外）。

七、磨成形表面的時候，爲了保持砂輪的外形輪廓，應該選用大小粒度組合的砂輪。這種砂輪的組織比較緊密，形狀可以保持持久不變。

各種粒度的應用範圍，像表 6 所列的那樣。

表6 粒度應用範圍

粒 度 號 數	應 用 範 圍
10~16	大型鑄件的粗加工和打毛刺
16~24	鋼、鑄鐵和青銅的粗磨
30~46	磨紫銅、黃銅、硬鋁件和大型刀具
46~120	各種零件的精磨、磨高速鋼和硬質合金刀具
150~220	磨螺絲槓板和絲錐

一般說來，中等粒度的砂輪應用最普遍。除去精磨以外，生產效率特別高。粒度大的磨粒只有在精磨、研磨和拋光等情況下

使用。

4 硬度的選擇 如果砂輪的硬度太大，在磨削過程中鈍了的磨粒就停留在砂輪表面上。這時切削困難，摩擦力增加。所以增加了動力的消耗並使工件表面迅速發熱。如果砂輪的硬度太小，那麼在磨削過程中磨粒會脫落太多。砂輪磨損太快，表面也不平，這樣會大大地影響到加工精度。所以只有正確地選擇砂輪的硬度，才能保持砂輪的正常磨損和加工的需要。我們在下面就談一談選擇砂輪硬度的原則：

一、加工軟金屬的時候應用硬砂輪，加工硬金屬時應用軟砂輪。但加工特別軟的金屬（如黃銅、紫銅和軟青銅等），為了避免砂輪的孔隙受切屑嵌塞，而失掉切削作用，仍然應該選用較軟的砂輪。

二、砂輪和工件表面的接觸面積比較大的時候，應該選用較軟的砂輪，以免發熱過多。

三、磨斷續的表面和去掉鑄件的毛刺時，應該選用較硬的砂輪，以免砂輪的磨損太快。

四、加工散熱比較難的工件（如薄的、細小的或空心的工件），應該選用比較軟的砂輪。

五、重型磨床和較穩定（振動較小）的磨床可以用較軟的砂輪。因為它們在磨削時的振動小，磨粒不容易毀壞，可以允許使用軟的砂輪。但在輕型磨床上使用較軟的砂輪就不合適了。因為磨削時振動較大，磨粒容易碎斷或脫落，這時適合用比較硬的砂輪。

六、自動走刀的磨床可以比手走刀的磨床用較軟的砂輪。因為用手走刀的時候，走刀量難免有時大，有時小，以致磨粒容易脫落。這時最好用比較硬的砂輪。

七、加工表面要求愈光潔，加工的尺寸要求愈精確時，應該選用比較軟的砂輪，以免發熱過多，表面層組織變壞。但是過軟也是

不合適的，那時磨粒脫落太多，砂輪表面不平，會影響到加工精度。

八、乾磨（不用冷卻潤滑液）的時候，磨粒容易碎斷，發熱較多。所以應該比濕磨的時候選用比較軟的砂輪（軟 1~2 級硬度）。

九、在需要生產效率比較高的情況下，可以選用比較軟的砂輪。因為在磨削過程中軟砂輪鈍了的磨粒就碎裂了、或脫落了，露出了新的鋒利的刃口，以致它的切削性能很好。但是它的缺點是增加了砂輪的消耗。

一般說來，在各種工作情況下使用的砂輪硬度是從 $M_2 \sim CT_3$ 。只有磨滾珠時才用 CT 硬度的砂輪。

刃磨硬質合金和高速鋼刀具的時候，砂輪的硬度是 $M_3 \sim CM_1$ 。

在手走刀的磨床（或砂輪機）上粗磨鍛件和鑄件的時候，砂輪的硬度是 $CT_1 \sim CT_3$ 。

一般切斷工作，砂輪的硬度是 $C \sim CT$ 。

在外圓磨床和平面磨床上半精加工和精加工時，砂輪的硬度是 $M_2 \sim C_2$ 。

5 組織的選擇 砂輪的組織對磨削性能影響很大。因為砂輪有了孔隙，磨粒和磨粒之間就有了距離。每顆磨粒都具有刀刃，切下來的切屑就容納在孔隙裏。砂輪旋轉的時候，由於離心力的關係，可以把容納在孔隙裏的切屑拋開。如果砂輪孔隙比較小或沒有孔隙，磨粒和磨粒之間的距離就很小，沒有容納切屑的地方，而且孔隙容易被切屑嵌塞。所以砂輪同加工表面之間的摩擦就會增加，切削性能較壞，這時如果需要增加切削深度也是不可能的。

砂輪的孔隙還對冷卻作用有關係。因為砂輪孔隙中藏有空氣，當砂輪旋轉的時候，空氣就從它的圓周甩出，在砂輪中心就形成真空，於是從側面吸入空氣，繼續不斷地從圓周甩出。磨削的時候，這種流動的空氣就帶走大量的熱，因而改善了切削情況。

當使用冷却液磨削的時候，砂輪孔隙中藏有冷却液。砂輪旋轉的時候，冷却液就從圓周甩出。孔隙愈大，冷却液的儲藏愈多。所以孔隙的大小直接關聯着砂輪和加工表面間冷却液流量的大小，也就是直接和切削情況有關。

在高速磨削的時候，使用的多孔砂輪，由於孔隙多，它的重量就小，旋轉時的離心力也要小一些，不易破裂。所以使用這種砂輪還給提高砂輪的圓周速創造了條件。

根據上面所說，我們知道，選擇砂輪的時候，必須根據工件材料的性質，加工餘量的大小，砂輪和工件的接觸面積等決定砂輪的組織。凡是材料的韌性愈大，切削深度愈大和接觸面積愈大時，都應該選擇組織較鬆的砂輪。一般說來，砂輪組織的應用範圍如下：

一、用砂輪的端面磨平面、切斷、磨硬質合金、磨軟金屬和韌性金屬的時候，適合用 7、8、9 號組織的砂輪。

二、外圓磨削、內圓磨削、無心磨削、用砂輪的圓周磨平面、刃磨刀具等，適合用 5、6 號組織的砂輪。

三、成形磨削、磨硬金屬和脆性金屬以及磨加工表面光潔度要求較高的工件，適合用 3、4 號組織的砂輪。

四、高速磨削的時候應用特種結合劑製造的多孔砂輪。

6 形狀和尺寸的選擇 外圓磨床所用砂輪的直徑，必須根據磨床的尺寸決定。每種磨床的砂輪大小是不相同的。砂輪的寬度必須根據磨床的剛性、動力和工件材料的種類決定。磨床的剛性强、動力大，可以用寬一點的砂輪。剛性弱、動力小的必須用窄一點的砂輪。加工特別軟和韌性的金屬（如紫銅、黃銅、軟青銅等），切屑容易嵌塞砂輪的孔隙。爲了避免這種嵌塞現象，可以減少砂輪和加工表面的接觸面積。在這種情況下必須用比較窄的砂輪。

在外圓磨床上採用切入磨法時，砂輪的寬度可能和工件的長

度相等。或比工件的長度稍寬一些。

成形磨削的時候，砂輪的寬度應該根據工件的形狀和尺寸來決定。

內圓磨床所用砂輪的直徑應該盡量大一些，因為這樣砂輪的圓周速度可以增加，可以提高生產效率。它的大小按照表 7 裏的範圍來確定。

表7 根據工件孔徑選擇砂輪直徑

工件孔徑(公厘)	砂輪直徑(公厘)	工件孔徑(公厘)	砂輪直徑(公厘)
12~17	10	55~70	50
17~22	15	70~80	65
22~27	20	80~100	75
27~32	25	100~130	90
32~45	30	130~150	115
45~55	40	150 以上	125

內圓磨削的時候，砂輪的寬度必須根據加工孔徑的大小和孔的長度、工件材料的種類和冷卻方法決定。加工孔徑愈小和孔的長度愈大，冷卻愈困難的時候，砂輪的寬度可以小一些。一般可以按表 8 確定。

表8 根據孔的長度選擇砂輪的寬度

孔的長度(公厘)	砂輪的寬度(公厘)	孔的長度(公厘)	砂輪的寬度(公厘)
25	16~20	50	32~40
30	20~25	60	40~50
35	22~28	70	50~60
40	25~30	75	60
45	30~35	—	—

用砂輪的端面磨平面的時候，常常是用鑲片砂輪組合起來。有時也用 1K 型砂輪。