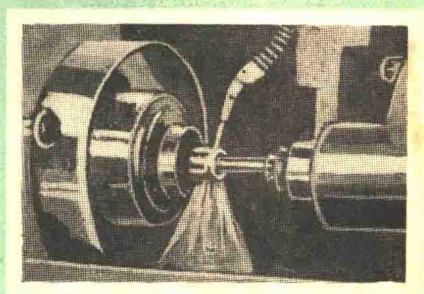


快速磨削

雅謝里采恩著



機械工業出版社

校正表

書號： 0309

書名：					
頁	行	錯誤字句	改正字句	說	明
姓名			服務		
			機關		
				職別	

注 (一)姓名地址務請填寫清楚，以便經常聯系； (二)請不要忘記填寫書名；
 意 (三)本表如不敷用，請以另紙粘附； (四)本表請摺好交郵，切勿用漿糊。

中俄名詞對照表

二 畫

二次淬火 Вторичная закалка

三 畫

三相交變磁場 Трёхфазное переменное магнитное поле

三相異步電動機 Трёхфазный асинхронный двигатель

四 畫

公盈 Натяг

五 畫

可塑性 Пластичность

加工餘量 Припуск

切入磨削法 Шлифование методом врезания

六 畫

母綫 Образующая линия

曲率 Кривизна

多孔性 Пористость

自己磨鋒性 Самозатачиваемость

合裝式電動機 Встроенный мотор

托氏體索氏體 Троостсорбит

八 畫

波狀凸起 Гребешок

表面活動性 Поверхностная активность

九 畫

修整 Правка

風頭(壓頭) Напор

耐用度 Стойкость

砂輪架 Супорт круга

垂直方向的偏斜度 Неперпендикулярность

十 畫

脆性 Хрупкость

馬丁體 Мартенсит

馬丁體回火 Отпуск мартенсита

振動 Вибрация

通氣性 Вентилируемость

通過磨削法 Шлифование методом напрохода

特形磨削 Фасонное шлифование

十 一 畫

粗糙度 Шероховатость

間隙 Люфт

粒度 Зернистость

參變因素 Параметр

動力硬度 Динамическая твердость

週率變換器 Преобразователь частоты

十 二 畫

稜度 Гранность

過熱 Перегрев

渦流 Вихревой поток

超負荷 Перегрузка

十 三 畫

跳動 Толчок

新生表面 Свободная поверхность

碎斷係數 Коэффициент измельчения

電動磨頭 Электрошлиндель

十 四 畫

劃痕 Царапина

碳化鐵 Карбид

微觀硬度 Микротвердость

微觀幾何形狀 Микрогеометрия

十 五 畫

衝擊 Импульс

標準樣件 Эталонная деталь

橢圓度 Овальность

十 六 畫

磨粒 Абразивное зерно

磨耗 Расход

磨損 Износ

磨渣 Шлам

錐度 Конусность

燒傷 Ожог

綢紋 Смятие

複印 Капирование

篩選 Сетовой анализ

黏結劑 Связка

十 七 畫

潛能 Скрытая энергия

潛晶體 Скрытый кристалл

北 京 崇 文 門 內 盔 甲 廠 17 號

機 械 工 業 出 版 社 收

郵 資
總 付

通訊處：

195 年 月 日寄

快 速 磨 削

雅謝里采恩著

孫方玲、李春光譯



機械工業出版社

1955

出版者的話

本書闡述快速磨削的一些基本問題，解析了它們的物理意義，推荐了一些準備快速磨削的設備和工具時所必須進行的措施。從砂輪在切削速度很大時的適用性及其試驗方法的觀點上，對砂輪的特性進行了分析。

本書闡述的問題有：表面光潔度、砂輪的磨損及耐用度、工件的幾何形狀等與磨削規範的關係，以及整個磨削過程的生產率，並與普通速度的磨削進行了相應的比較。

對於內圓磨削、無心磨削（縱進磨削、橫進磨削及特形磨削）及平面磨削也都進行了研究。並敘述了某些在快速磨削過程中不停車測量零件用的測量儀的構造。

本書適用於工程技術人員、機床調整工及技術熟練的磨工。

蘇聯 П. И. Ящерицын 著 ‘Скоростное шлифование’ (Машигиз 1953 年第一版)

* * *

書號 0809

1955 年 8 月第一版 1955 年 8 月第一版第一次印刷

850×1143^{1/32} 字數 76 千字 印張 3^{7/16} 0.001— 2,500 冊

機械工業出版社(北京亞甲廠 17 號)出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可證出字第 008 號 定價(8) 0.66 元

010800

目 次

緒 論	5
第一章 快速磨削的理論根據和實驗根據	7
1 磨削過程的簡要特性 (7)——2 磨削過程概述 (9)——3 磨削過程的物理實質 (21)——4 經過淬火的鋼件在磨削時的燒傷(25)——5 應力的產生和磨削裂紋的形成 (27)——6 沒有燒傷的磨削範圍的確定 (29)——7 多孔性砂輪的某些構造上的特性。砂輪在磨削時的通氣性和冷却性(32)——8 磨削內孔時空氣流的冷却作用(39)——9 磨削時的作用力 (42)——10 砂輪的磨損和耐用度(45)——11 砂輪的自己磨鋒性 (52)——12 砂輪的強度(59)	
結 論	63
第二章 快速磨削的準備工作	64
1 設備準備(64)——2 砂輪的平衡 (69)——3 砂輪的試驗 (70)——4 防護裝置(72)	
第三章 用高度多孔性砂輪進行的快速內圓磨削	74
1 磨削深度對於工件磨削表面的光潔度和幾何形狀的影響 (74)——2 工件速度對於工件的表面光潔度和幾何形狀的影響 (77)——3 砂輪寬度對於工件的表面光潔度和幾何形狀的影響 (77)——4 往復行程次數對於工件的表面光潔度和幾何形狀的影響 (81)——5 切削速度對於表面光潔度的影響(81)——6 切削速度對於砂輪磨損的影響(83)	
結 論	84
第四章 桶形滾子在無心磨床上用通過磨削法的加工	85
1 通過磨削法施工過程的實質 (85)——2 切削速度對於橢圓度和稜度的影響(88)——3 磨削深度對於橢圓度、稜度和表面光潔度的影響 (89)——4 導件軛筒的轉數和走刀次數對工件幾何形狀精確度的影響 (90)——5 縱向進給的快速無心磨削法(93)——6 用切入法進行的快速無心磨削(98)	
結 論	101

4

第五章 平面磨削與測量工件的裝置..... 103

1 平面磨削(103)——2 測量工件的裝置(104)

參考文獻..... 109

中俄名詞對照表..... 110

緒 論

在一般機器製造施工中，磨削過程佔有很大的比重。例如，在軸承工業中，磨削工序在全部施工程序中約佔60%。磨削是在金屬切削機床上進行的精密加工法之一。

雖然磨削法受到了極大的注意，但是和其他各種加工法相比，它到現在畢竟還是落後的。高速度的車削、銑切、銹螺紋等，在蘇聯均已普遍地應用了。使用優質的硬質合金，當切刀的幾何形狀適當時，可以把金屬切削機床的生產率提高若干倍。在很多企業中，整套的磨削裝配也顯得落後了。下列施工規範就是它受到限制的因素：砂輪和工件的旋轉速度，縱向進給和橫向進給的大小。

磨削過程的理論分析指明了當所有其他條件都相同時，增大砂輪的速度可使每顆磨粒切下切屑的厚度減小，切屑的總的瞬間斷面及磨削力也都減小，並可改善加工表面的質量。

此外，砂輪的速度增大時，可以加大磨削深度和工件轉速，這樣就能大大地提高磨削的生產率。

這些問題的實際解決剛剛才開始。關於快速磨削方面的參考資料尚不充足。大多數的磨削工序還是用20~30公尺/秒的砂輪圓周速度進行着。黏結劑的強度成了增大速度的限制；過高的砂輪轉速會造成砂輪的破裂。

此外，各種標準砂輪的組織有時也不允許提高磨削規範，因為這會使工件成為磨削表面燒傷的廢品。

作者在自己的實驗中曾使用了卡蘇林斯克磨料工廠（Косылинский абразивный завод）製造的黏土黏結劑的多孔性砂輪。這種砂輪在45~50公尺/秒的速度下表現出足夠的工作強度。

由於在磨削時增大砂輪的速度可使切屑的厚度減小，因而使加大磨削深度和工件轉速提供了可能性。

當粒度很小時，砂輪大的多孔性可以使切屑很好地容納在砂

輪中;因而砂輪研光的趨勢得以減小。

砂輪的多孔性有利於砂輪的自己磨鋒和通氣性;多孔性並適於形成空氣的渦流,使工件冷却及防止工件燒傷。上述組織的砂輪質量較小,這一點在高速工作時(因高速而產生很大的離心力)是非常重要的。

作者在工作中研究了磨削規範的各個參變因素對於工件微觀幾何形狀的影響,即對於磨削表面的橢圓度、稜度、錐度、垂直方向的偏斜度等的影響,並找到了一定的關係。

研究了下列最重要的問題:1)磨除1公斤金屬的磨料消耗量;2)磨削時磨床傳動系統的剛性;3)多孔性砂輪的通氣性;以及一系列的其他問題。

在所有的研究工作中,都把砂輪在標準轉速時和較大轉速時的磨削結果進行了比較。

在下列工序中曾進行過快速磨削的研究:1)滾珠軸承座圈內孔的磨削;2)桶形滾子的通過法無心磨削;以及3)縱向進給和橫向進給的磨削。

滾子的磨削法為軸承工業提供了特別的有利條件。這種方法強調了技術上的辯證關係:快速磨削法的出現促成了零件新式施工法的運用。例如滾子,在從前都是在無心磨床上用橫向進給磨削法磨成的;而在作者的領導下使用快速磨削時,在滾子的粗磨和精磨工序中,根本上都使用了新式的通過磨削法。勞動生產率提高了9倍。

作者曾使用硫化橡膠砂輪和人造樹脂砂輪在45~50公尺/秒的速度下進行過磨削,也都獲得了良好的結果。

作者並不認為已經澈底說明了這一複雜的問題,但是從工作中得出的某些結論,可能對於在很多機器製造工廠中運用快速磨削方面是有益的。關於桶形滾子在無心磨床上以很大的砂輪速度作通過法磨削施工時的理論上和實際上的結論,也可能對於軸承工業的工廠以及其他工廠在特形磨削工作中都是有用的。問題的提出及其解決的方法並可能有益於快速磨削法的進一步研究。

第一章 快速磨削的理論根據和實驗根據

1 磨削過程的簡要特性

磨削是用大量的磨粒自金屬表面層切除細微切屑的過程。

磨粒在砂輪中漫無規律地分佈並由特種黏結劑(硫化橡膠、人造樹脂或黏土)黏結在一起。黏結劑並沒有填滿全部空間，而在磨粒之間形成空隙。

由此可見，砂輪中存在着磨粒、黏結劑和空隙。砂輪組織的改變根據磨粒體積與空隙體積的比值而決定。砂輪的組織就是磨粒彼此靠近的程度(表1)。

砂輪的組織相同時，對於任何硬度、粒度及黏結劑種類的砂輪來說，其所含磨粒的百分比都是固定的。在表1的橫欄中，硬度每增加一級，砂輪中的黏結劑的體積就增加1.5%，而空隙的體積則相應地減少1.5%。

在表1的縱欄內列出了13個組織號碼，而且號碼越小，則相應的組織越緊密(磨粒之間的距離越小)；號碼越大組織越疏鬆(磨粒之間的距離越大)。

砂輪內磨粒的體積隨組織不同而改變，組織每差一個號碼磨粒體積就減少2%，黏結劑的體積則相應地增加2%；而砂輪內空隙的總體積始終保持不變，但空隙的尺寸則因磨粒較少而變得較大。

根據實際磨削的結果，可以按照表2選擇各種工作用的砂輪。

砂輪另外的一些參變因素(磨料的種類，砂輪的尺寸、粒度、硬度、黏結劑的種類)都在有關書籍中詳細述及，本書不加研究。

磨粒在砂輪中的分佈如同上面所說，是漫無規律的；因此，它們可能具有不適當的切削角。大多數磨粒的前角都是負的。切削劃痕是由速度為30~50公尺/秒的磨粒造成的，並同時在切削區域，即

表 1 砂輪中磨粒、黏結劑及空隙的含量

組 織 號	硬 度 (根據 ГОСТ)	ЧМ	ВМ1	ВМ2	М1	М2	М3	СМ1	СМ2	С1	С2	СТ1	СТ2	СТ3	Т1	Т2	ВТ1	ВТ2	ЧТ
		空 隙 的 體 積 (%)																	
		49.5	48	46.5	45	43.5	42	40.5	39	37.5	36	34.5	33	31.5	30	28.5	27	25.5	24
黏 結 劑 的 體 積 (%)																			
0	62								1	0.5	2	3.5	5	6.5	8	9.5	11	12.5	14
1	60							1.5	3	2.5	4	5.5	7	8.5	10	11.5	13	14.5	16
2	58								5	4.5	6	7.5	9	10.5	12	13.5	15	16.5	18
3	56					0.5	2	3.5	7	6.5	8	9.5	11	12.5	14	15.5	17	18.5	20
4	54				1	2.5	4	5.5	9	8.5	10	11.5	13	14.5	16	17.5	19	20.5	22
5	52				3	4.5	6	7.5	11	10.5	12	13.5	15	16.5	18	19.5	21	22.5	24
6	50				5	6.5	8	9.5	13	12.5	14	15.5	17	18.5	20	21.5	23	24.5	26
7	48	0.5	2		7	8.5	10	11.5	15	14.5	16	17.5	19	20.5	22	23.5	25	26.5	28
8	46	2.5	4		9	10.5	12	13.5	17	16.5	18	19.5	21	22.5	24	25.5	27	28.5	30
9	44	4.5	6		11	12.5	14	15.5	19	18.5	20	21.5	23	24.5	26	27.5	29	30.5	32
10	42	6.5	8		13	14.5	16	17.5	21	20.5	22	23.5	25	26.5	28	29.5	31	32.5	34
11	40	8.5	10		15	16.5	18	19.5	23	22.5	24	25.5	27	28.5	30	31.5	33	34.5	36
12	38	10.5	12		17	18.5	20	21.5	25	24.5	26	27.5	29	30.5	32	33.5	35	36.5	38

在極小的金屬體積內產生很大的熱量。因而在工件與磨粒接觸部分的金屬變得較為柔軟，而磨粒則比較容易地自加工表面上切下金屬。

表 2 砂輪的組織

小空隙的砂輪	中等空隙的砂輪	較大空隙的砂輪	大空隙的砂輪 (疏鬆砂輪)
4 號及 5 號組織 用於硬而脆的 金屬，高度表面光 潔度的磨削 特形磨削時用	6 號組織 用於外圓磨削 和刀具磨鋒	7 號及 8 號組織 用於軟而韌的 金屬和平面磨削	9 號和 12 號組織 用於快速磨削（但 這裏說的砂輪與普通 12 號組織的砂輪相 比，黏結劑的含量較 少）

在磨削過程中，切削應力高達 1200 公斤/公厘^2 ，這時，若用車削加工則只到 300 公斤/公厘^2 。和其他的切削加工方式相比，磨削時切除單位重量的切屑所耗費的功率要大一些。例如車削加工時，一小時切除 13 公斤切屑平均需要 1 馬力；銑切時，平均一小時切除 3~5 公斤切屑需要 1 馬力；磨削時，則平均一小時切除 1 公斤切屑就需要 1 馬力。

2 磨削過程概述

研究磨削過程中切屑的形成及切屑基本碎片的問題時，大多數的研究者都把磨削工具看成一把具有很多切削齒的銑刀。此時，假設磨粒彼此之間都保持着同樣的距離，並且都分佈在與砂輪軸綫垂直的平面 AB 上（圖 1）。假設磨粒 3 切下切屑時在 m' 點切入金屬，而在 E 點處和它分開。相鄰的磨粒 4 也在 m' 點的附近切入金屬。但將要切下切屑時，零件圍繞自己的軸綫旋轉了一段 NE 弧，而磨粒 4 的尖端劃出了 $m'E$ 弧。在 AB 斷面上切下的切屑將成為尖楔形。

為了計算切屑的厚度 a_{max} 及其長度 l ，我們來研究一下磨粒 4 自金屬接觸處分開的瞬間情況（圖 2）。在上述情況下，磨削時切屑形成的簡圖與外圓銑切時切屑形成的簡圖相同。因此，可以根據外圓銑切用的公式計算出磨削時切屑的厚度。公式的詳細推導

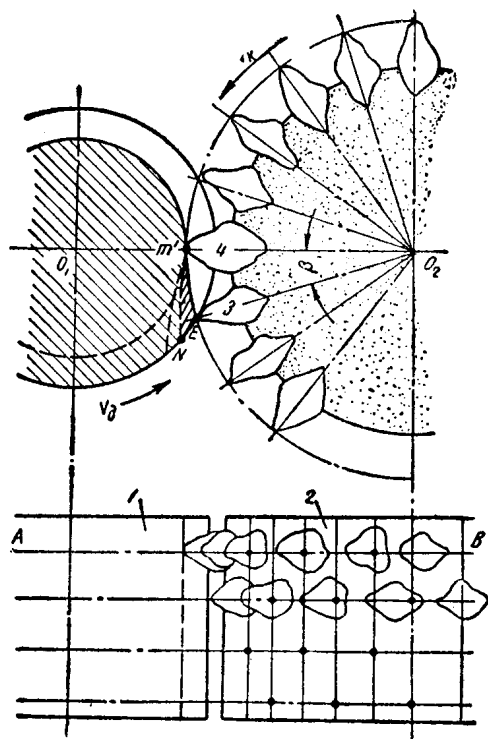


圖1 磨削過程的理想情況簡圖：
1—工件；2—砂輪；3,4等—磨粒。

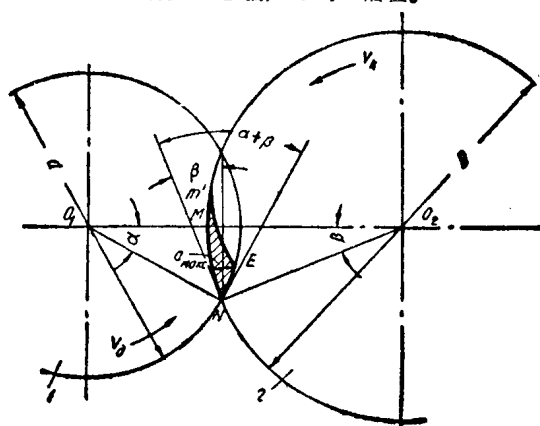


圖2 切屑形成簡圖：
1—工件；2—砂輪。

載於有關書籍中，此處只列出其最後的形式。

一顆磨粒切下切屑的最大厚度：

$$a_{\text{max}} = 2 \frac{v_{\theta} p}{v_k} \sqrt{z} \cdot \sqrt{\frac{D+d}{Dd}} \text{ 公厘},$$

切屑的長度：

$$l = \sqrt{z} \cdot \sqrt{\frac{Dd}{d+D}},$$

式中 v_k ——砂輪的速度(公尺/秒)；

v_{θ} ——工件的速度(公尺/秒)；

D ——砂輪直徑(公厘)；

d ——工件直徑(公厘)；

z ——砂輪磨粒切入工件的深度(公厘)；

p ——磨粒間的距離(公厘)。

技術科學碩士布勞茲哥里(И.М.Брозголь)證明了砂輪的磨粒自零件表面上(在沿工件軸綫排列的平面中)切下的切屑的寬度，較磨粒橫斷面的寬度為小；而在銑切時，切屑的寬度和銑刀齒的寬度則是相等的。

這種現象說明了磨削過程和銑切過程在運動學上的差別，這些差別包括：

1)在與零件軸綫垂直的斷面內，排列在砂輪表面上的兩顆相鄰的磨粒，它們的鋒尖位於不同的平面內，並在不同的平面內進行工作；同時，在上述斷面內，像這樣相鄰的兩個銑刀齒則在同一平面內進行工作；

2)在砂輪與磨削表面相接觸的瞬間，沿着零件軸綫沒有完整的切削綫；而銑切時，則可獲得較為完整的切削綫。

砂輪的磨粒沒有一定的形狀，但根據用顯微鏡對磨削表面的微觀幾何形狀和磨粒的形狀進行研究的結果，可以認為沿工件軸綫斷面中的大多數磨粒都具有圖3中放大示出的形狀。

在這樣的情況下，切屑的最大寬度 b 決定於砂輪1的磨粒切入工件2的深度 z ，和 α 角。

根據測量，可以得知：當 $z = 0.004$ 公厘時，則寬度 $b = 0.012$ 公厘。在砂輪表面上，每一平方公厘內的磨粒數目如下：

砂輪的粒度	24	36	46	60
砂輪表面 1 平方公厘 內切削磨粒的數目	0.62	2.0	2.9	6.2

砂輪的磨粒切入工件時，就在軸向斷面內切下三角形 kem 範圍內的一片金屬。在片段 H 上的一定間隔 h 內，一顆類似的磨粒的尖端切入工件的或然率等於 $\frac{h}{H}$ 之比，即：

$$p_b = \frac{h}{H}。$$

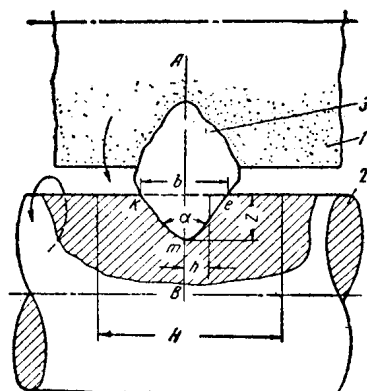


圖3 磨粒的切入：

1—砂輪；2—工件；3—磨粒。

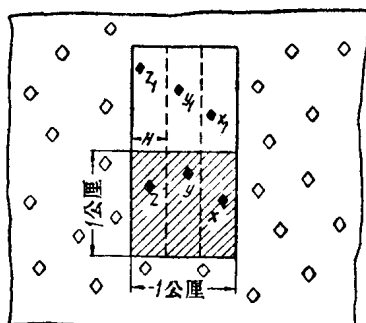


圖4 砂輪工作表面的展開圖：

x, y, z ——磨粒。

片段 H 可用下述方法求出。設任意一段砂輪的展開面如圖4，其上的小方框表示磨粒。假如在 1 平方公厘的砂輪表面上分佈了 n_1 顆磨粒（它們被用字母 x, y, z 標出），則每顆磨粒佔有長 1 公厘，寬 H 的面積；而且 $H = \frac{1}{n_1}$ 公厘。代入 H 的值，則得：

$$p_b = \frac{h}{\frac{1}{n_1}} = hn_1。$$

由上述方程式可得出結論，在同一斷面內準確對正的兩顆相鄰的磨粒 y 及 y_1 的尖端切入工件的或然率應等於零，因為 $h = 0$ 。

在間隔 b 內，與切下切屑寬度相等的兩顆相鄰的磨粒切入工

件的或然率也極小；因為切屑的寬度 b 很小，所以或然率 $P_b = hn_1$ 也很小。

因此，相鄰兩顆磨粒的工作是在兩個垂直於工件軸線的不同平面內進行的。切削作用開始於 S 點（圖 5）並將繼續到磨粒自工件中分開的瞬間為止。在這樣的情況下，將切下形狀如圖 5 所示的一塊切屑，而不是像某些作者所曾設想過的那樣的尖楔狀。假如考慮到工件在切削時的旋轉，則磨粒將不是在 N 點而是在 K 點離開工件。這樣就使切屑的厚度增大了一些。

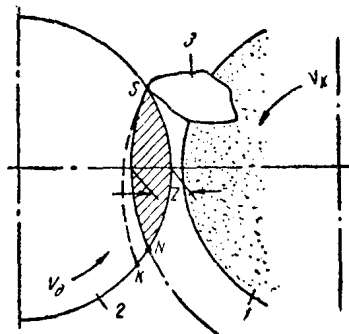


圖 5 磨粒切入的情況。
1—砂輪；2—工件；3—磨粒。

正如自圖中所看出的那樣，切屑的最大厚度可以用方程式 $a_{max} = z$ 表示；式中 z 為砂輪磨粒切入工件的深度。

切屑的長度大致可用下式求出：

$$l = 2\sqrt{z} \cdot \sqrt{\frac{Dd}{D+d}}。$$

為了充分地說明磨削過程的特性，僅僅確定垂直於工件軸線斷面內的切屑的參變因素還是不夠的，因為砂輪的個別磨粒切下切屑的寬度，比兩顆相鄰磨粒之間沿工件軸線所量得的距離小得很多。因此，沿工件軸線方向相鄰的兩顆磨粒在 H 段上切入 A 和 B 兩處（圖 6 中以陰影綫標出），而在斷面 A 和 B 之間的表面則仍舊未被切到。要從整個的 H 段上切下切屑，必須有一定數量的磨粒進行工作。

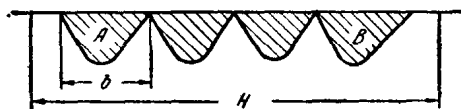


圖 6 工件加工表面的縱斷面。

圖 7 中，右圖表示工件與砂輪接觸表面的展開圖；展開面寬 1 公厘，長 l 公厘。