

鑽 孔 與 搪 孔

下 冊

工具機手冊 第十冊

8-3073
48

金屬工業發展中心 編譯

鑽 孔 與 搪 孔

下 冊

工具機手冊 第十冊

張 元 敏 譯

版權所有
不准翻印

中華民國六十八年十一月出版

工具機手冊之(十)

鑽孔與搪孔

下冊

(全二冊)

編譯者：金屬工業發展中心

發行者：經濟部國際貿易局

印刷：佳興印刷局企業有限公司

前 言

我國工具機製造，近年來各機種不論在產量和品質上，都有長足的進步，與國外各廠產品，已可媲美，且已大量出口。經濟部國際貿易局鑑於唯有改進產品品質，始可保持已有的市場和進一步拓展外銷，乃于民國六十七年十二月委託本中心編撰工具機手冊約四十冊，內容包括切削加工工具機的製造技術、沖壓模具、塑膠模具、壓鑄技術、鑄造技術、熱處理、表面處理、控制系統等，提供有關本業工廠技術員工參考，希冀由本手冊的刊行，能解答工廠中一部份所遭遇的問題；至於有關工具機書籍已刊載的內容，在本手冊中不再贅述，謹於篇首，簡介如上，至於編撰時間倉促，容有不週，尚祈不吝指正！

鑽孔與搪孔

(下 冊)

目 錄

	頁次
第 一 章	
鑽孔之經濟性分析.....	1
第 二 章	
工具之堪用切削時間.....	5
第 三 章	
選擇工作條件之準則.....	8
第 四 章	
切削力及所需之功率.....	32
第 五 章	
提高經濟性生產力之措施.....	52
第 六 章	
依 REFA ¹ 計算工作時間.....	61

鑽 孔 與 搪 孔

(下 冊)

第 一 章

鑽孔之經濟性分析

1. 材料之可鑽性

1.1 影響因素

材料之可鑽性首先與其強度（拉力強度，硬度）延伸率及晶粒組織等有關。隨強度之昇高其工具與材料接觸區域內之切削壓力與溫度自亦增加，同時亦增加雙口之負荷。高大的延伸率使鑽孔困難，因為切屑發生強烈的壓縮。故常有切屑黏集在雙口及邊緣上之趨勢。由之構成所謂堆積之雙口。孔壁因此而不光潔，並阻碍切屑流動。同時亦使雙口前材料之軟化。此現象會使切屑不易脫離並發生跳動鑽孔處發生加工硬化。雙口因此而——特別在高合金的沃斯田鐵組織——不能繼續擠入材料中。高錳鋼補救辦法範例：輕小之進給經常保持連續之切屑，否則會突然變鈍。另外一影響因素為材料之晶粒組織（圖 1.1）由熱處理退火、調質⁽³⁷⁾及加添合金元素（表 1.1）能改良其可鑽性。例如硫、鉛或磷等加添物使切屑破碎而其他元素却為負作用。在許

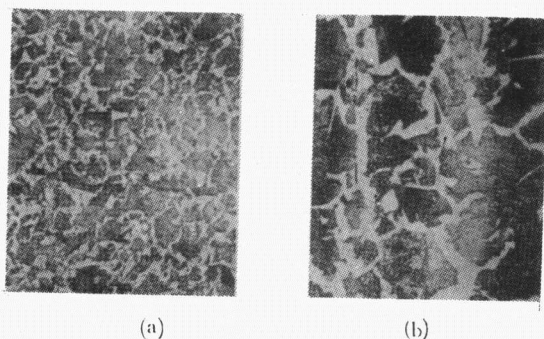


圖 1.1 C 60 鋼之金相圖
(a)調質處理細粒之波來鐵組織，(b)退火處理粗粒化。

表 1.1 合金元素對可鍛性之影響及在合金鋼上之應用

合金元素	簡號	可鍛性 (+) 改善 (-) 困難	隨成份增加對性質上之影響
鋁	Al	(-) 切削抵抗增高，黏性增強。	耐燒性增加，組織變細。
鉻	Cr	(-) 黏性增強，切削面粗糙導熱性減低。	具磨損抵抗，耐蝕表層，熱強度增高。
鈷	Co	(-) 黏性增強，切削面粗糙。	耐蝕 變形 抵抗力及熱強度增加。
碳	C	(-) 磨損及變形抵抗增加，黏性減少。	變形強度提高，耐燒性及韌性降低。
銅	Cu	(-) 黏性及表面粗度增加。	韌性及熱強度提高，侵蝕抵抗力增強。
錳	Mn	(-) 切削磨損強烈。	硬化強度及疲勞強度增高（沃斯田鐵組織）。
鉬	Mo	(-) 切削抵抗增加，導熱性降低。	耐反應性，耐熱及磨損强度高，韌性增強。
鎳	Ni	(-) 切削抵抗提高，導熱性能降低。	耐蝕力增高，熱強度及變形抵抗改善。
(鈮或鈦)(Nb/Ti)			(構成沃斯田鐵)。
磷	P	(+) 切屑短脆，黏性降低。	切削性改善。
硫	S	(+) 疏鬆的組織，硫化物潤滑作用。	切削性改良，但對高強度負荷具敏感性。
矽	Si	(-) 工具磨損增加。	耐火，磨損強度較佳。
氮	N	(-) 黏性（帶狀切屑）及叉口磨損增加。	熱強度較高，熔焊性改良。
鈦 (或鈮)	Ti (Nb)	(-) 切削抵抗，黏性增加。 磨損增加。	加熱時具耐蝕表層 熔焊性改良。
鎢	W	(-) 磨損增加，切削抵抗提高 (細密的組織)。	熱及磨損強度提高，韌性改良。
釩	V	(-) 磨損增加，黏性及切削抵抗提高	磨損抵抗及熱強度提高。

多情況中例如構造鋼可用退火——即在一定溫度上隨之緩慢冷卻——發生一粗粒組織（短脆卷曲的切屑）而使鑽孔容易。在高合金鋼上却為相反，其困擾的黏結性要經過調質處理至較高的強度（至少1200N/mm²）方使其有顯著減低^(38, 39)。

鑽孔特性乃為按孔之深度在一密封空間內經長或短時間所完成之

工作。因此切削熱之導出（與車削不同）較為困難。故工件材料之導熱性亦屬重要（表 1.2）。材料之可鑽性可用一短孔試驗確定。此可由一般之切削條件（規定值參閱 3.1 節），切屑形成，雙口情形及孔壁品質上作觀察可得。詳細資料記載在試驗記錄中（表 1.3 中格式）。

表 1.2 各種材料在 20°C 時之導熱性能

材 料	導 熱 率 λ	
	W/m°C	與含 0.2 % C 的鋼比照
銅	393	786 %
鋁 (99.5)	221	442 %
黃銅 CuZn 10	110	220 %
黃銅 CuZn 28	92	184 %
碳素鋼 (0.2% C)	50	100 %
碳素鋼 (0.6% C)	46	92 %
蒙納合金 (28% Cu ; 67% Ni ; 5% Fe)	25	50 %
不銹鋼 (18% Cr ; 8% Ni)	21	42 %
沃斯田鐵彈簧鋼 (17% Cr ; 7% Ni)	15	30 %
大理石	2.8	5.6 %
塑膠材料 PVC	0.17	0.34 %

表 1.3 試驗紀錄之格式（測定可鑽性之鑽孔試驗）

- | | |
|---|--|
| A. 試驗條件 | |
| 1. 材料（名稱化學成份、硬度或拉力強度） | |
| 2. 工具（麻花鑽型式、雙口料、尺寸、硬度） | |
| 3. 操作條件（機器型式、孔深度、轉速／切削速度、進給） | |
| B. 試驗結果 | |
| 1. 切屑構成 | |
| (a) 形狀（短切屑：短脆的，螺旋形或卷曲的；長切屑：帶狀切屑，線狀切屑） | |
| (b) 切屑壓縮性（均勻／不均勻，小／大） | |
| 2. 雙口情形（操作銳利，無破裂，雙口無堆積，輕微／強烈變鈍，破碎，黏着或堆積雙口，週緣附物） | |
| 3. 孔壁品質 | |
| (a) 表面（光亮的／無光澤的，平滑／波紋，稍微／強烈有溝紋的） | |
| (b) 尺寸準確性（圓度，大口） | |
| (c) 穿通孔之底面（棱角尖銳／凹凸不平，帶／不帶毛口） | |

1.2 可鑽性等級

在顧及此項觀點下可列出材料之可鑽性等級為：

好鑽的：非鐵金屬（少數例外），自動車床用易削鋼，中等強度之構造鋼（500至600N/mm²），軟灰口鑄鐵，可鍛鑄鐵。

易鑽的：軟鋼，普通合金構造鋼，中等硬等的灰口鑄鐵、鑄鋼、電解銅、鋁—青銅，矽鋁鑄合金(Silumin)，塑膠材料。

難鑽的：高合金鋼（X記號鋼）^(38, 39)，例如沃斯田鐵鋼、鎳鋼、不銹鋼耐熱鋼、錳鋼、硬鑄鐵、含耐磨填料或襯層之塑膠材料^(40, 41)

工具及刃口料經過適當之選擇（參閱上冊第二、三兩章）則每一鑽孔問題皆可獲得滿意之解答。如有例外（例如在高溫用特殊合金及硬金屬等）則可放棄使用切削鑽孔法而選用無屑成型法（燒結）或用電子沖蝕（放電加工）作金屬之剝離⁽⁴²⁾或（用於脆性材料上）超音波加工法⁽⁴³⁾之用碳化硼作衝擊。

第 二 章

工具之堪用切削時間

2.1 定義與限界

工具之堪用切削時間乃在新磨的雙口上至雙口變鈍需要更換工具時，其間從事純切削的時間。此值在切削過程之經濟性上具有決定的因數。在鑽孔時多數是以堪用切削長度 T_L 為基準作為標準尺度，即所有孔之總長，用該鑽具經一次研磨在相同的材料上並在相同的工作條件下完成。此值亦為由切削時間 T_s 進給 s 及轉速 n ，且多數是以 mm 列出：

$$T_L = nsT_s = uT_s$$

其中 $u = ns$ 為進給速度用 mm/min

用高切削速度（轉速）及大進給時所需之加工時間（主時間）自必較短，但所得之堪用時間或堪用之切削長度均較短而使工具費增加甚多。如以一相當低的切削速度並以較高之進給鑽孔，則可獲得較大的堪用切削長度而反為有利。

圖2.1示此關係之實例。以25mm ϕ 高速鋼麻花鑽須在C60中15秒內鑽完50mm 深的孔。為使每次鑽孔時間及所用進給及所用進給速度 u 保持一致，在提高進給 s 時，轉速 n 及所需之切削速度 v 要減少，即乘積 $ns = u$ 保持不變。結果：在進給較高時獲得之堪用切削長度為較大而所需之功率亦降低。在上例中其最有利之情況約為 $v = 23\text{m/min}$ 。

自然也要注意許多鑽床在大進給時所產生之高大軸向力，產生過大的仰起以致不能承受（閱上冊 1.1節）。同樣對鑽頭之伸出長度⁽⁴⁴⁾也要防止其易斷性。故對進給亦有其上限（閱圖3.2）。切削速度太低時，可能會在鑽孔處對冷材料甚難切削。因之一味降低 v 值並不能任意提高堪用切削長度。表中之規定值通常至少要以2000mm 為基礎（例外：難鑽的材料）。

在鑽灰口鑄鐵(GG220)時與 v 之關係切於圖2.2中。

在鑽硬並對雙口發生強烈磨損之材料上宜用特別高值之雙料，例

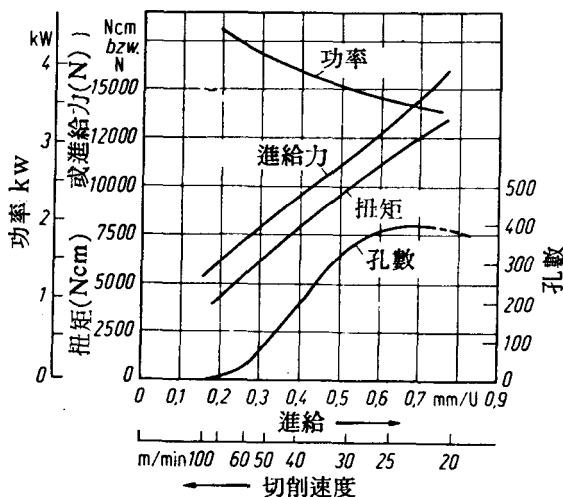


圖 2.1 在進給速度(200mm/min)不變下，切削速度及進給對鑽頭功率(25 ϕ , C60)之影響

如高合金的高速鋼 (S6-5-2-5, S10-4-3-10，參閱上冊表 3.1 對於硬金屬)，可以找出滿意之切削長度。

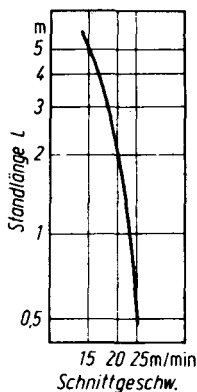


圖 2.2 麻花鑽之基本堪用切削長度，鑽徑25mm，高速鋼，材料GG20，孔深50mm，進給 $s=0.8\text{mm/轉}$ 。

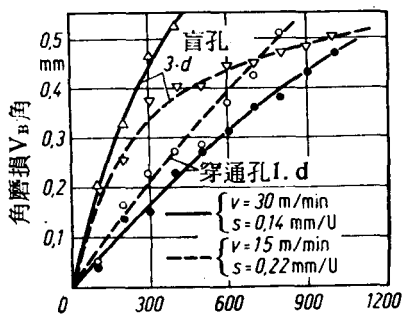


圖 2.3 在 C45鋼中鑽孔(鑽頭直徑12mm)時之雙角磨損。

2.2 鈍雙口之徵象⁽⁴⁵⁾

鑽頭爲已鈍之徵象爲：在雙口幾何形狀之改變下繼續增加雙口磨損（圖 2.3），例如在麻花鑽的雙角上，主雙口，副空面之邊緣上及橫刃上發生。

鑽屑之黃棕色或藍色。

紅熱的鑽尖（在冷却劑失效時）；

進給力及扭矩之異常升高（圖2.4）；

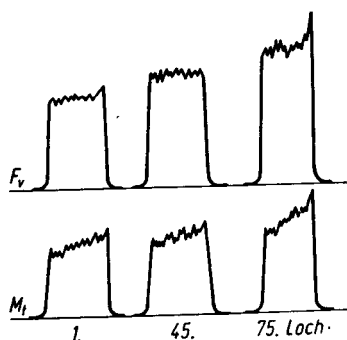


圖 2.4 鑽孔說明圖（鑽第 1, 第 45 及第 75 孔時之進給力 F_v 及扭矩 M_t ）（孔徑 10mm, C 60, $n=1,000$ 轉/分, $S=0,1$ mm/轉）

鑽頭之“嘯聲”（直接在雙口屈服之前）；

孔壁不光潔，尤其在搪孔、沉孔及鉸孔時爲然。爲避免過高之研磨及工具費，通常在鑽頭雙口成爲絕對不銳利之前須予取出更換。磨損寬度在主空面或在邊緣上量得者須不超過 0.5.....1.2mm（按直徑大小）。均可作爲徵象。例如一麻花鑽在週緣上變鈍時將在雙口磨利時，導致長度上之嚴重損失，因在新磨之前尖角已爲較短。橫雙口上之強烈變鈍則表示鑽尖之硬度不夠，尖角錯誤或空角太小。

第三章

選擇工作條件之準則

每種材料有一最適宜的切削速度範圍 v ，此值亦須由雙料共同確定。進給 s 則與鑽頭之直徑有關。其他允許之限界為最大扭矩及軸向力，以及機器之傳動功率等。以上均需與一般準則表內有關資料相配合。一線數表列有 d, v 及 n 間之關係可供使用，如圖3.1所示。

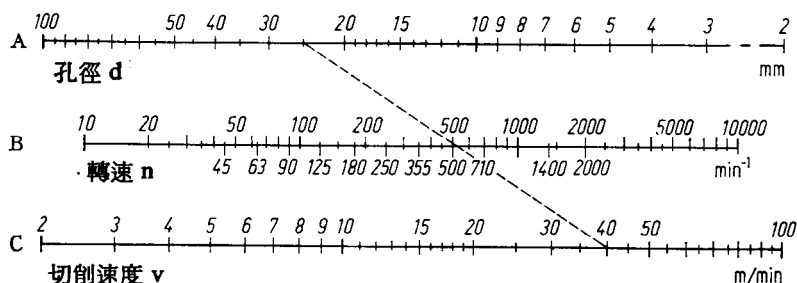


圖 3.1 d, n, v 之線數表例如將 A 線上 25 (鑽頭直徑 d) 與 C 線上 40 (切削速度 v) 用直線相連交 B 線即為所求之轉速 $n=510$ 。

3.1 高速鋼及硬金屬麻花鑽之工作值

對高速鋼鑽頭適用：

(a) 鑽輕金屬及其他非鐵金屬如銅、鋅及其合金可用高切削速度 v (超過 30m/min) 鑽削構造鋼至強度約為 900N/mm^2 者，灰口鑄鐵，可鍛鑄鐵，鑄鋼以及塑膠材料等，可用中等切削速度 (超過 15m/min)。高合金的高級鋼及特殊鋼，鎳及鈦合金及類似難鑽之材料，則採用低切削速度 ($4\text{--}15\text{m/min}$)。

(b) 選擇進給 $S(3.2)$ 可用公式 $[29] s = c\sqrt{d}$ ，在鑽徑 d 為 $5\text{--}50\text{mm}$ 時適用。材料係數 c 乃依其可鑽性定出。表 3.1 中列有幾種數值。鑽徑 5mm 以下者因其穩定性不足，其進給須隨直徑成比例降低。在較大鑽頭上進給亦須依所列允許進給力及扭矩為限。

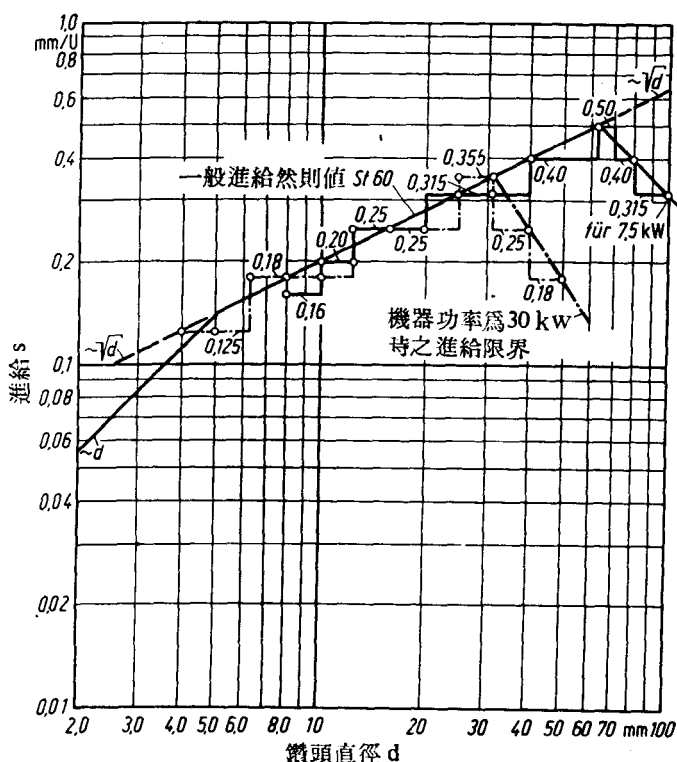


圖 3.2 選擇進給 s 之限界值與鑽徑 d 及機器型式（標稱功率，進給分級）之關係，例如 3kW 機器在 31mm ϕ 時 $s=0.35\text{mm/轉}$ ；在 0.75kW 機器上，鑽頭直徑為 63mm ϕ 時， $s=0.5\text{mm/轉}$ ；在更大之鑽頭直徑，進給自須降低。

表 3.2 及 3.3 以 R20（比數 1.12）標準系列為基礎之準值。常用比數之系列例如 R20/2(1.25) 或 R20/3(1.4) 則須視情況決定是否選用次一較高或次一較低的進給。故宜留意孔之長度，因為準值祇對指定之孔深適用（表 3.4）。其他準值在表 3.5 中刊出者適用於 1mm 中以下麻花鑽之 n 及 u 。

硬金屬鑽頭因其對衝擊之敏感性，及口常易碎裂。一與材料有關之最低切削速度 v 為必要。過高之切削速度使硬金屬及口過熱發生負作用（硬金屬氧化）而造成破裂及快速磨損。甚至刀頭之硬鉀溶解而

表 3.1 材料係數C (參閱 3.1. b 節) 及由此計算 10mm ϕ 高速鋼麻花鑽上之進給準值

A. 鋼及灰口鑄鐵 強度			B. 非鐵金屬 強度		
N/mm ²	係數 c	進給 (10mm ϕ 用) s ₁₀ mm/轉	HB 10/1000	係數 c ₁	進給 (10mm ϕ 用) s ₁₀ mm/轉
≥ 500	0.067	0.21	鍛造鎂合金	0.112	0.36
≥ 600	0.063	0.20	純鋁	0.08	0.25
合金鋼 ≥ 700	0.056	0.18	鋁合金 ≥ 800	0.067	0.21
≥ 900	0.048	0.15	銅、銅合金		
≥ 1100	0.040	0.125	鋁合金 ≥ 1000	0.063	0.20
不銹鋼 (易鑽的)	0.032	0.10	銅合金, 鍛造 鋁合金 ≥ 1600	0.053	0.17
			鍛造銅合金 ≥ 2100	0.045	0.14

損壞。又因其抗彎強度較弱，須用較小之進給加工。孔深之界限大約為(4...5)d。表3.6表示其切削速度及進給之準值。

例題：

(a) 具莫氏錐柄之高速鋼麻花鑽 DIN345/N，直徑25mm 在灰口鑄鐵 GG-20(200HB)上加工，孔之深度為 50mm，由表3.2得：n=280 轉/分 (v=22m/min)，s=0.36mm/轉 (u=101mm/min)，不用冷却劑潤滑。

(b) 具柱柄之高速鋼麻花鑽 DIN338W，10mm ϕ ，在硬化之鋁合金 (AlCuMg1)上鑽孔，孔深為 60mm，由表 3.3得 n=1600轉/分 (v=50m/min)，s=0.18 · 0.8 (表 3.4 孔深因數 6d)=0.14mm/轉 (u=224 mm/min)用乳化冷却劑。

(c) 硬金屬麻花鑽具莫氏錐柄 DIN 8041，16mm ϕ 在鑄青銅上鑽孔。深度 40mm。由表8.6得 v=70m/min (n=1400轉/分)，S=0.14 mm/轉 (u=196mm/min)，不用冷却潤滑劑。

3.2 避免錯誤

(a) 孔之超量尺寸。每種鑽頭之鑽孔比其標稱尺寸稍大 (準值參閱上冊圖 1.4)。假定對此值必須保持不變，則以下列各點為條件：磨

成之尖角應為對稱（圖 3.3 示其誤差），中心宜正確，鑽軸亦為準確之圓運動，夾具無缺點及操作器具須有良好之維護處理（例如對夾頭或錐套均避免敲擊）。

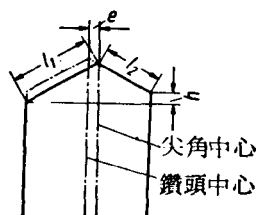


圖 3.3 偏向一邊的尖角研磨
 e 尖角之偏心， h 雙角之高度差異；主雙口之長度差 $\Delta l = l_1 - l_2$

(b) 尖角大小之影響(圖 3.4)脆性材料宜採用尖角（例如 80° 用於塑膠壓成料或用曲折之主雙口（例如尖角 $118^\circ/80^\circ$ 者用於灰口鑄鐵）鑽孔，因為較大的雙口長度常可得一較長之切削堪用時間。在塑膠材料上可用較尖的研磨，藉以避免孔緣之破裂。相反在軟或韌硬之鋼材上應具有較平之研磨角（ $130^\circ \dots 140^\circ$ ），藉可在孔之底端上將毛邊排除。在硬鋼上以平角鑽穿孔而鑽通時亦能獲得雙口迅速通過優點。特別平的研磨角（尖角至 180° 及更多者參閱上冊 2.2 節）常在鑽易彎之薄鐵皮時使用，藉可使鑽頭週線儘快通過底邊以獲得圓孔。

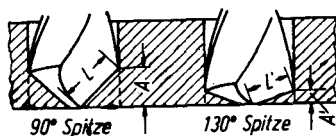


圖 3.4 尖角小（例如 90° ）比尖角大（例如 130° ）者具有較大之主雙口長度 L ，但有較大之 A 段。

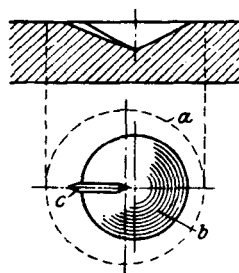


圖 3.5 一刻槽 C 可修正單邊開鑽之缺點
 a 孔之劃線， b 開鑽， c 刻槽

表 3.2 高速鋼麻花鑽之準值 (用於鋼及鑄鐵)

材料强度硬度 (HB) N/mm ²	鑽頭型式	切 削 液	切削速度 $v \frac{m}{min}$		
				ϕ mm	l
非合金鋼 ≤ 500	N	乳 液	28...25	n	8000
				s	手
≤ 700	N	乳 液	25...22	n	7100
				s	手
合金鋼，鑄鋼 ≤ 700	N	乳 液	20...18	n	5600
				s	手
≤ 900	N	乳 液	16...12.5	n	4000
				s	手
≤ 1100	N	乳 液	11.2...8	n	3150
				s	手
高級鋼，鎳合金不銹而好切削的	N	乳 液	8...6.3	n	2000
				s	手
難切削高熱及高强度的鈦合金	HS-Co	乳液活性 切 削 油	5...4	n	1250
				s	手
高 錳 鋼	HS-Co	乾或硫化 物切削油	4.5...3.0	n	1000
				s	手
灰口鑄鐵可鍛鑄鐵 $\geq 200HB$	N	乾	22...18	n	5000
				s	0.03
$\leq 250HB$	N	乾	16...12.5	n	4000
				s	手