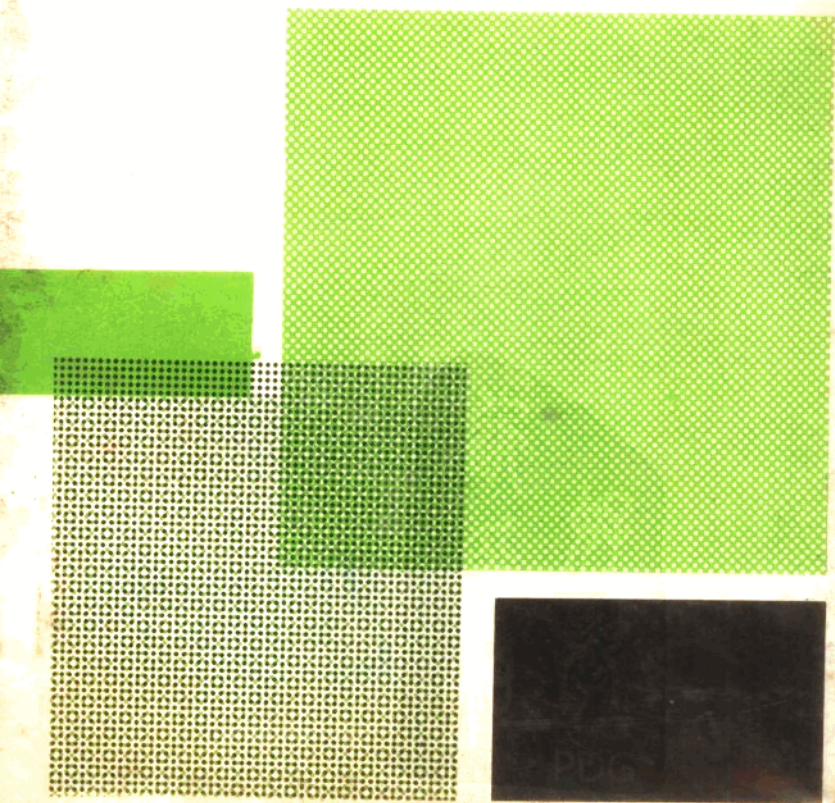


547789

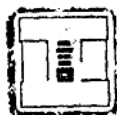
金屬切削理論 之用法 及切削刀具之設計

宋志育·周月嫻編譯 / 正言出版社印行



金屬切削理論 之用法 及切削刀具之設計

宋志育·周月嫻編譯／正言出版社印行



金屬切削理論之用法及切削刀具之設計(平裝)

編譯者：宋志有、周月媛 ◆特價一〇〇元

出版者：正言出版社 | 台南市衛民街三十一號 | 郵政劃撥：金帳戶三
一六一四號 | 電話：(〇六二)二五二一五五、六號 | 發行人：正言出
版社 | 發行人：王餘安 | 本社經行政院新聞局核准登記 | 登記字號
局版台業第〇四〇七號 | 印刷者：美光美術印刷廠 | 台南市塩埕七號

67.3.初版

序

本著係根據幾何學及力學原理，分析切削刀具的成形及作用，按此種研究方法，應用於切削刀具方面者，尚屬僅見。

全著內容，除以理論為基礎，對切削刀具作各項幾何分析外；凡有關切削刀具原理及其設計方法等；以及選用刀具之經濟分析；與刀具技術之未來展望，均有深入探討。所搜集之大量生產用刀具型式多種，一併列入，以為參閱，彌足珍貴。

本著對精密工業，如數值控制工具機等之刀具應用上，有極週詳之研究，為目前推行工業高級化及精密化過程中，極為重要之技術文獻。

作者利用公餘之暇，從事此項有意義之研究工作，貢獻其全力於精密工業，余因嘉其精神，愛其著述，故樂為之序。

吳質義
中華民國六十六年九月五日
於中國鋼鐵公司

編譯者序

NC 數值控制科學係計算機科學與機械製造工程二大科學結合發展出之新穎方法，尤其是用於今日之精密機械零件製造之範疇中。然而，應用在機械加工時實有賴於切削刀具之正確選擇及設計。本書之目的在講述金屬切削科學之理論發展如何影響切削刀具之設計，並以科學及邏輯方法分析切削刀具之設計特徵以改進切削刀具之性能。因此本書溝通了存在於今日切削刀具理論發展及實際應用之隔閡。

本書之內容主要是以 *Design of cutting tools, use of metal cutting* 一書為藍本，再以 *Theory of metal cutting* 及 *Processing consideration in design* 加以補述編譯而成。除適合大專學生閱讀外，亦極適合從事機械製造之工程師們參考進修之用。

本書之完成承中國鋼鐵公司軋鋼廠吳廠長質義和副廠長康博士慶發惠予許多寶貴意見，均此致謝。

編譯者宋志育于台大機械工程研究所
中國鋼鐵公司

周月媛 于 師大英語系
同識于 一九七七、七、二十

目 錄

第一章 切削刀具之作用理論

切削過程之因素	2
切屑形成之力學	7
切割能量及需要動力	22
切削刀具之損壞及刀具壽命	28
表面性質 (Surface quality)	34
刀具材料	39

第二章 切削刀具形狀之幾何學

三度空間之切屑流動	48
工具術語系統 (Tool nomenclature systems)	51
刀具刃口及表面之定位基準 (Locating datum)	53
單鋒刀具形狀之分析	73
利用摹擬法以分析鑽頭之幾何形狀	91
普通銑刀之幾何形狀	94
面銑刀之幾何形狀	96

第三章 單鋒刀具之設計

刀柄強度及剛性之設計分析	98
限制楔形角以防止脆化損壞	103
碳化物刀尖之設計	108
最佳之刀具形狀 (Optimization of tool shape)	111
斷屑器之設計 (Design of chip breakers)	124

2 目 錄

特殊單鋒刀具之設計特性	128
-------------------	-----

第四章 大量生產中，切削刀具之設計

大量生產中切削刀具之特性	135
大量生產中之典型切削刀具	142

第五章 特殊應用之刀具設計

成形刀之設計	147
傳統的鑽頭及其特性	157
銑刀 (Milling cutter)	176
拉刀之設計 (Design of broaches)	193

第六章 金屬之研磨

研磨操作 (The grinding operation)	198
磨輪 (Grinding wheel)	198
研磨過程之力學 (Mechanics of grinding Process)	200
磨輪之磨耗——研磨比率 (grinding ratio)	203
熱影響 (Thermal effects)	205

第七章 非傳統之加工方法

概論	208
熱加工 (Hot machining)	208
放電加工 (Electrical-discharge machining)	209
電解研磨 (Electrolytic grinding)	210
超音波加工 (Ultrasonic machining)	211
電化學加工 (Electrochemical machining)	211

第八章 工具的經濟分析

刀具成本的基本因素	215
最佳機械狀況之分析	222
硬焊及棄置型刀具成本之比較	225
使用計算機以分析刀具之經濟性	227

第九章 切削刀具技術未來發展之趨向

新的材料——航空材料	235
高速率加工之剛性工具機	237
在刀具設計上，數字及適合控制之衝擊	239

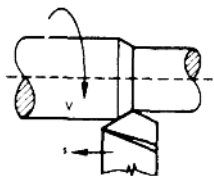
附 錄

定義	241
矩陣之轉置	242
矩陣之反元素（即反矩陣）	245

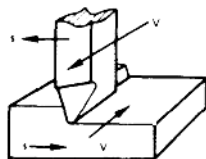
第一章 切削刀具之作用理論

材料去除的傳統過程乃是藉著不同型式之單鋒 (single-point) 或多鋒 (multi-point) 切削刀具在金屬切削工具機上來執行。而基本的材料去除方法是車、鉋、鑽及銑 (見圖 1.1)。切削操作需要兩種基本動作，即切削和進刀。且所有的切削過程是由如下之基本因素來決定：

- (1) 切割速率, V , 吋/分 (ipm) 或呎/分 (fpm)
- (2) 進刀, S , 吋/轉 (ipr)

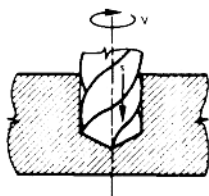


車製

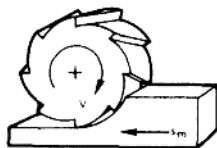


鉋製

單鋒刀具之操作



鑽製



銑製

多鋒刀具之操作

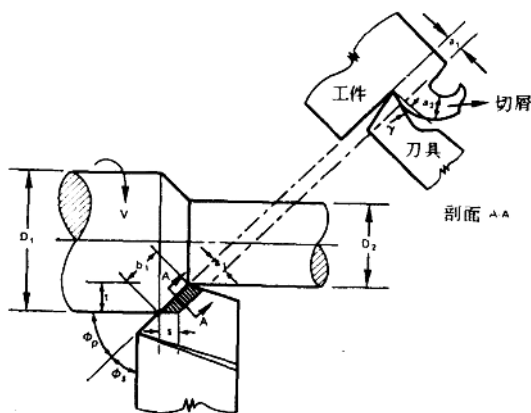
圖 1-1 基本的加工方法

2 金屬切削理論之用法及切削工具之設計

- (3) 切削深度, t , 吋
- (4) 每個工件之切削時間, T_c , 分/件
- (5) 材料去除率, Q , 吋³/分

切削過程之因素

涉及基本材料去除所有過程的切削因素都是近似的, 區別僅在於特殊切削刀具之設計特性。車製之基本因素(見圖 1.2)幾乎和鉋製(見圖 1.3)是相同的, 除了車製之基本動作是迴轉的, 而鉋製是直線橫向行走。傳統的鑽頭和單鋒刀具不一樣, 前者使用二個主要刃口 (cutting edges), 且鑽頭是旋轉並以軸向進刀, 顯示於圖 1.4。



$$\text{切削速率, } V = \frac{\pi DN}{12}$$

$$\text{進刀率, } s_m = sN$$

$$\text{切削時間, } T_c = \frac{L}{sN}$$

$$\text{切割深度, } t = \frac{D_1 - D_2}{2}$$

$$\text{主要刃口角, } \phi_p = 90 - \phi_s$$

$$\begin{aligned} \text{實際切割深度, } b_1 &= \frac{t}{\sin \phi_p} \\ &= \frac{t}{\cos \phi_s} \end{aligned}$$

進刀 = S

實際進刀, $a_1 = s \sin \phi_p = S \cos \phi_s$

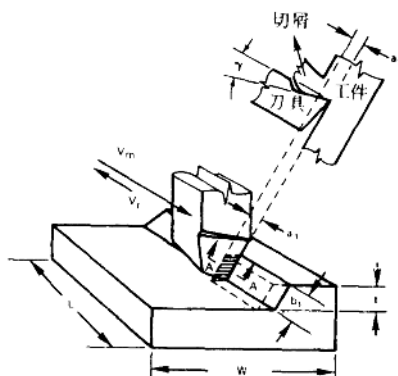
材料去除率, $Q = 12stV$

切屑厚度 = a_2

切割長度 = L

圖 1-2 在車床操作時切削過程之因素

銑製過程牽涉到多刃口銑刀之同時迴轉動作, 且通常是工件之直線進刀。而工作之直線進刀動作可能會阻止刀具之迴轉 (向上或逆銑法 conventional milling) 或者可能和刀具之迴轉方向相同 (向下或順銑法 Climb milling) 。



$$\text{切削速率 } \bar{V} = \frac{N_s L (1 + R_s)}{12 \times 2}$$

$$s_m = s N_s$$

$$T_c = \frac{w}{s N_s}$$

$$Q = 12stV$$

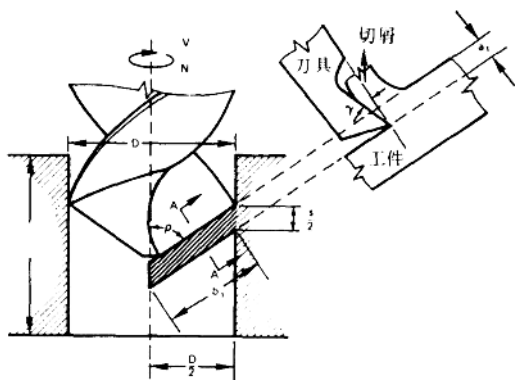
$$\text{速回率 } R_s = \frac{V_m}{V_r}$$

$$\phi_s = 90^\circ - \phi_p$$

$$a_1 = s \cos \phi_p$$

$$b_1 = \frac{t}{\cos \phi_s}$$

圖 1-3 在鉋床操作時切削過程之因素



切削速率, $\bar{V} = \frac{\pi DN}{12}$

每刃口之切割深度, $t = \frac{D}{2}$

進刀率, $s_m = sN$

每刃口之實際進刀, $a_r = \left(\frac{s}{2}\right) \sin \rho$

切削時間, $T_c = \frac{L}{sN}$

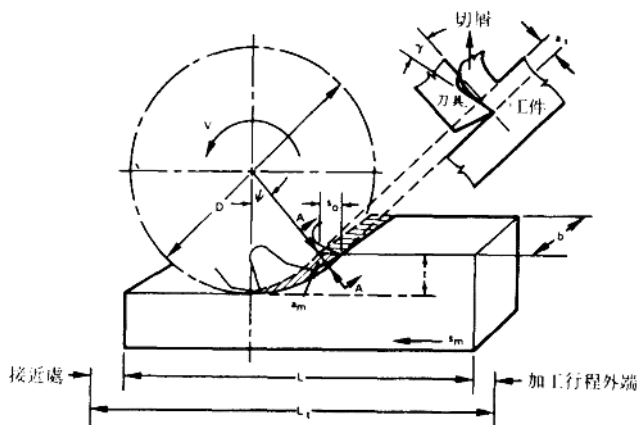
材料去除率, $Q = \left[\frac{\pi D^2}{4} \right] sN$ 實際之切割寬度, $b_1 = \frac{D}{2 \sin \rho}$

$N = \frac{12V}{\pi D}$ (轉/分)

圖 1-4 在鑽床操作時切削過程之因素

原則上，銑刀上每一齒之切削動作皆和單鋒刀相同，且銑製（見圖 1.5）之基本因素能由類似的車製以及其他之材料去除操作來解釋。

由銑刀所銑製出之屑片（Chips），其厚度隨著每一刃口所去除材料之數量而改變。在逆銑時，屑片之厚度從銑齒開始切削之瞬間零改變到切削之末端最大值 a （見圖 1.5）。而在順銑時，屑片之厚度從最大值 a 改變到切削之末端零。



$$\begin{aligned}
 V &= \frac{\pi DN}{12} & Q &= s_o ZN bt \\
 F &= fnN & Q &= Fbt = Fdw \\
 S_m &= s_o ZN & a_m &= s_o \sin \psi \\
 T_c &= \frac{L_t N_c}{F} = \frac{L_t N_c}{s_o ZN} & T &= \frac{L_t}{F} = \frac{L_t}{F n N}
 \end{aligned}$$

圖 1-5 在銑床操作時切削過程之因素

最大屑片厚度 a_m ，如圖 1.6 a 所示之無螺旋平面銑刀上，其值為：

$$a_m = s_o \sin \psi_m \quad (1-1)$$

式中： s_o = 每齒之切刀量

ψ_m = 接合之全角度 (Total angle of engagement)

而

$$\cos \psi_m = 1 - \frac{2t}{D} \quad (1-2)$$

因此

$$\sin \psi_m = \sqrt{1 - \cos^2 \psi_m} = 2 \sqrt{\frac{t}{D} - \frac{t^2}{D^2}} \quad (1-3)$$

此處 D = 銑刀之直徑

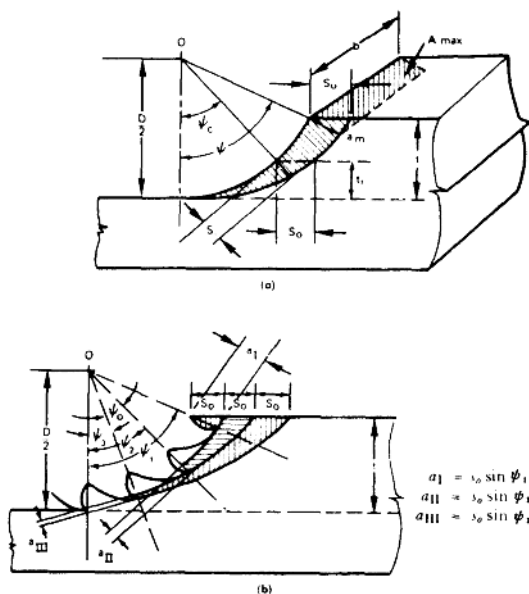


圖 1-6 (a) 在銑製時，經一齒銑過而未被切割之截面積 (b) 銑製時，未切割之切屑厚度

在 i 瞬間，未切割之厚度 a_i 為

$$a_i = 2s_o \sqrt{\frac{t_i}{D} + \frac{t_i^2}{D^2}} \quad (1-4)$$

該處 t_i = 在任何瞬間，割切之深度

屑片之平均厚度， a_{avg} ，於平面銑製時為

$$a_{avg} = s_o \sin \frac{\phi_m}{2} \quad (1-5)$$

$$\sin \frac{\phi_m}{2} = \sqrt{\frac{1 - \cos \phi_m}{2}} \quad (1-6)$$

聯合式 (1-2) 及 (1-6)，代入式 (1-5) 可得：

$$a_{avg} = s_o \sqrt{\frac{t}{D}} \quad (1-7)$$

如圖 1.6(b) 所式，有超過一齒以上接合時，未切割之屑片最大面積 A_{max} 可以由下式來決定：

$$A_{max} = b s_o [\sin \phi_1 + \sin \phi_2 + \sin \phi_3 + \dots]$$

或

$$A_{max} = b s_o \sum_i^{n_i} \sin \phi_i \quad (1-8)$$

上式 b = 切削之寬度

切屑形成之力學

當切削刀具切割材料時，刀具首先使得工件材料上之一層產生塑性變形，於是靠近刀具刃口處之工作材料因塑性變形而分離。對於任

何型式之加工過程，下列四種基本切屑形式中之一種或這些之聯合會因工件材料以及切削狀況而產生。

(1) 不連續切屑

不連續切屑通常是在加工如鑄鐵類之脆性材料時所產生，在這種情形下，切屑是成短片狀，且其形成如圖 1.7 所示，開始時在 (a)，該處顯示刀具與材料之接合點，(b) 切屑已向上移動，且於刀尖處切屑已開始有裂痕產生，(c) 裂痕已開始進行，而 (d) 斷裂已發生，同時切屑片段變成分離了。

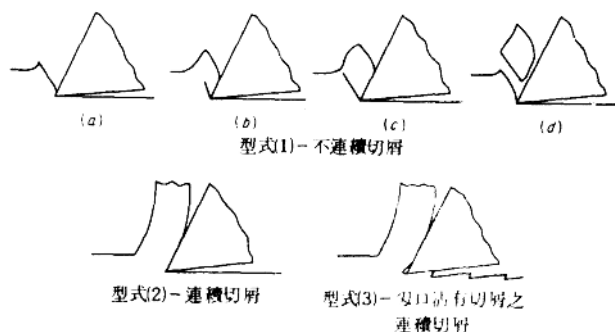


圖 1-7 切屑之形態

(2) 連續切屑

連續切屑通常在刀具和切屑之交互面有低摩擦及缺乏沾屑刃口 (built-up edge) 之情況下機製延性材料所產生。該種切屑會產生是因為金屬工件於刀具之前端產生連續變形，因此在正交切削時 (orthogonal cutting) 切屑如絲帶狀平穩地在刀具面之流出，或者：在三度空間切削時如捲曲狀 (curl)。

該種切削如圖 1.7 中之第 2 型。這種型式之切屑普通是以高切削速率於切割延性材料而得到。

(3) 刃口沾有切屑 (Built-up edges) 之連續切屑。

在切削刀具之刃口處，如有切屑形成，就是特別重要的區域。因為新形成的切屑幾乎沒有時間從大氣中得到氧化物薄膜，且由於該區域之缺乏，幾乎沒有機會使吸收之薄膜得以形成。因此未帶有污濁表面之新形成切屑將擦洗刀具之切割面，以致於刀具與切屑間之粗糙部份將於高溫及高壓下在這區域起接觸作用，其結果使得切屑之質點附著於刀具上。根據以往的發現，在清潔之金屬與金屬間之接觸，其摩擦是相當驚人的，因此切屑之質點可以強烈地附著於切削面上，於是其他之質點可能也同樣地附著那些已經聚集於刃口附近之切割面上，直到在切削刀具之前端 (nose) 有頗大的突出部份 (projection) 形

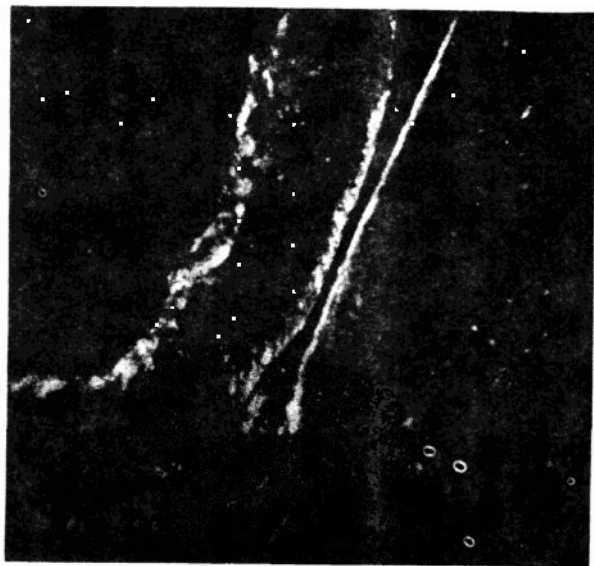


圖 1-8