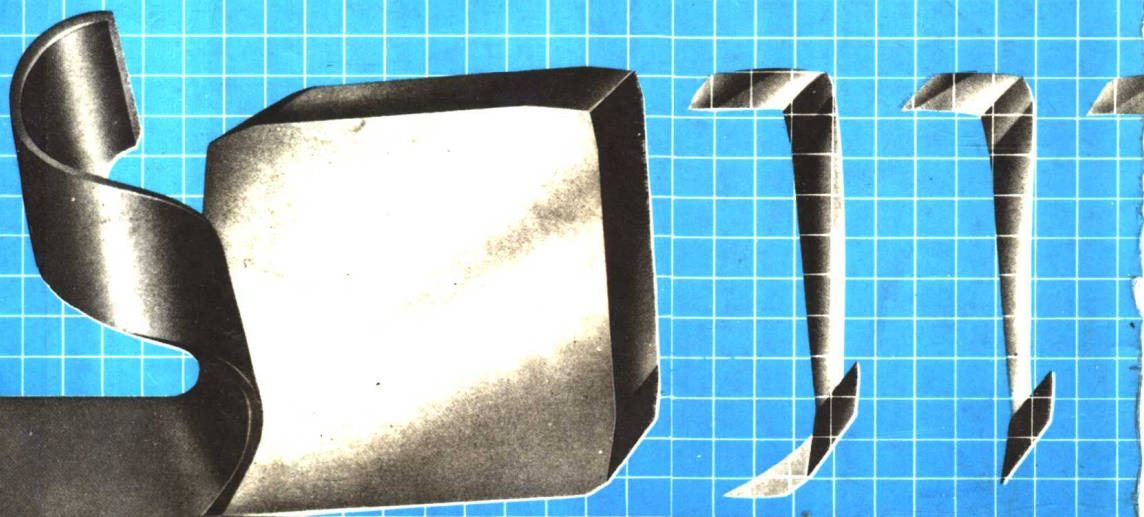
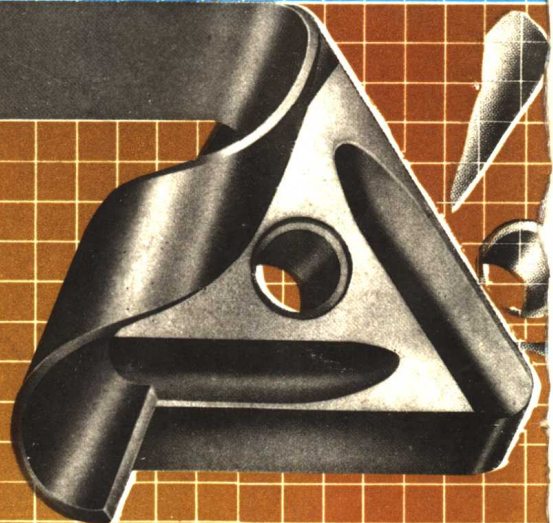


切削工具學



傅光華 編著

(大同工學院機械系教授)



高立圖書有限公司

版權所有・翻印必究
中華民國七十一年六月一日初版

切 削 刀 具 學

編 者：傅 光 華
發行者：高立圖書有限公司
版權人：高 阿 輝
地 址：臺北市襄陽路 13-2 號
電 話：三六一五三三〇號
郵政劃撥：一〇五六一四號
特 價：貳佰伍拾元整

內政部內版台業字第 1423 號

前 言

金屬切削加工迄今仍舊是製造出許多產品的最便宜方法，而且仍然會持續一段很長的時間。它在工業上占據了很大的比例，諸如汽車工業、電機工程、造船、航空工業、鐵路工程、家庭用品業、工具機工業等等，無不如此，刀具正是此類加工中的必須器具。

“工欲善其事，必先利其器”的諺語在此顯得非常貼切。一方面係指須充分了解切削行為，滿足生產的需要；另一面則為慎選刀具，持有迎合需要的刀具。本書的安排儘量秉持此種原則。前四章論及切削加工的基本行為，第一章簡略地介紹切削刀具及切削行為，第二章討論到切削力學，第三章及第四章則分別為切削力量的量測方法及切削溫度與量測，期望不但了解切削參數在過程中的變化情況，尚能兼具從事試驗的專業知識。第五章到第九章的內容是刀具各論。分別就車、鏜、鉋、鑽、切螺紋、鋸、拉製、鉸、銑、切齒、研磨等加工，研討刀具的功能以及保持銳利的切削條件等。針對著欲善其事的先決條件，就在第十章中論及刀具的基本設計。

金屬切削加工業愈來愈傾向於高度自動化以提高產能。在高產能的傳遞式生產線上的停工時間約占了可加工時間的 20 ~ 30 %。而刀具失效的原因約占了停工時間的 40 % 以上。加工中心 (machining center) 所配置的衆多刀具應在何時更換較為合適亦是未來發展的主題之一。因此就在第十一章中論及刀具的磨損查出裝置，其中亦牽涉

到與適應控制 (adaptive control) 。並取較具代表性的論文作成註解，冀能引起大家的興趣與重視。慎選刀具材料亦是降低浪費，提高產能的重要方法。第十二章就站在冶金的觀點探討刀具材料在加工中可能產生的磨損與破壞，進而依據加工條件選擇最佳的刀具材料，同時也論及刀具材料的未來發展。

本書的內容係以部定標準為基礎，先有了通盤了解之後，再延伸另一層面。適用於大專同學的教科書以及工廠從業人員的參考書籍。編者雖然一直從事這方面的教學與研究，惟才疏學淺，掛一漏萬之處，尚祈先進賢達不吝指正，在所企盼。

傅光華

民國七十一年四月

目 錄

第一章 切削概念

1—1 緒 論	1
1—2 金屬切削的沿革	2
1—3 切削原理	3
1—4 刀具刃角的重要性	6
1—4—1 刀具的角度	7
1—4—2 工作角	12
1—5 切削速度、進刀深度、進給率及耗用動力	14
1—5—1 切削過程的要素	14
1—5—2 切削速度	18
1—5—3 切削速度與刀具壽命	19
1—5—4 切削力量	24
1—5—5 切削功率的估計	25
1—6 切削與冷卻	33
1—6—1 切削產生的熱能	33
1—6—2 切削油劑必備的性質	38
1—6—3 切削油劑的種類及用途	39
1—6—4 切削油劑的選擇	43
1—7 刀具材料	43
1—7—1 碳 鋼	43

2 目 錄

1 — 7 — 2	合金工具鋼	43
1 — 7 — 3	高速鋼	46
1 — 7 — 4	鑄造非鐵合金	48
1 — 7 — 5	時效硬化合金	48
1 — 7 — 6	燒結碳化物合金	48
1 — 7 — 7	陶瓷刀具	55
1 — 7 — 8	陶瓷金屬	57
1 — 7 — 9	金剛石	57
1 — 8	刀具壽命	59
1 — 8 — 1	刀具磨損的狀態	59
1 — 8 — 2	刀具壽命的標準	63
1 — 8 — 3	刀具壽命的量度	63
1 — 9	使用經濟	67
1 — 9 — 1	製造成本	67
1 — 9 — 2	機器操作和工具加工的費用	69
1 — 9 — 3	工件費用、生產率和利潤率	71
1 — 9 — 4	切削的經濟性分析	73
1 — 10	斷屑裝置	87
1 — 10 — 1	切屑的折斷現象及裝置	88
1 — 10 — 2	預測切削的曲率半徑	91
1 — 10 — 3	切削折斷中的刀具磨損	95
1 — 11	刀具的管理與維護	96

第二章 刀具的分類及切削力學

2 — 1	分 類	103
2 — 1 — 1	手工具——以人工操作的工具	103

2-1-2	動力工具	108
2-2	切削力學的研究歷史與術語	109
2-2-1	研究歷史	109
2-2-2	術語和定義	113
2-3	切削的形成	115
2-3-1	連續式切削	117
2-3-2	有組合刀口的連續式切削	119
2-3-3	不連續切削	119
2-4	組合刀口的形成和切削捲曲	119
2-5	犁入力和形狀影響	122
2-6	切削形成力學	124
2-6-1	剪應變 (α)	126
2-6-2	剪切角 (ϕ)	127
2-6-3	速度關係	128
2-6-4	應變率 (r)	129
2-6-5	力量和應力的關係	132
2-6-6	單位切削能	135
2-7	切削厚度	141
2-7-1	恩斯特和馬遷特的理論 (Theory of Ernst and Merchant)	141
2-7-2	李 (Lee) 和沙菲爾 (Schaffer) 的理論	143
2-8	金屬切削的摩擦	147

第三章 測量切削力的方法

3-1	緒 論	153
3-2	動力計的具備條件	153

4 目 錄

3-3 動力計的轉換器	156
3-3-1 針盤指示器	156
3-3-2 液壓室	157
3-3-3 空氣裝置	157
3-3-4 光學裝置	157
3-3-5 壓電結晶法	158
3-3-6 電轉換器	158
3-4 黏結電組絲的應變計的使用	161
3-4-1 惠斯登電橋	161
3-4-2 溫度補償	164
3-5 使用位移計的動力計	165
3-5-1 開槽式的懸臂梁動力計	165
3-5-2 懸臂梁的動力計	168
3-6 使用應變計的動力計	169
3-6-1 應變環動力計	172
3-6-2 抗壓構件的應變計	177
3-6-3 三維動力計	178

第四章 金屬的切削溫度

4-1 緒 論	183
4-2 切削溫度	183
4-2-1 切削溫度的因次分析	184
4-2-2 理論分析	187
4-3 切削溫度之測定法	200

第五章 車旋、鏜、鉋、與插刀

5 — 1	緒 論	205
5 — 2	刀具構成的要素	206
5 — 2 — 1	車刀的構造要素	206
5 — 2 — 2	鏜孔刀具的構成要素	208
5 — 2 — 3	鉋刀的構成要素	209
5 — 3	刀具的形狀與角度	209
5 — 3 — 1	車刀的形狀	210
5 — 3 — 2	車刀的刀尖角度	223
5 — 3 — 3	鏜孔刀具的形狀	225
5 — 3 — 4	鏜孔刀的刀尖角度	225
5 — 3 — 5	鉋刀的形狀	231
5 — 3 — 6	鉋刀的刀尖角度	235
5 — 4	切削條件	235
5 — 4 — 1	車削條件	235
5 — 4 — 2	切削力與動力	238
5 — 4 — 3	鉋削條件	239
5 — 4 — 4	搪孔的切削條件	241
5 — 5	利用碳化物車刀的高能率切削	243
5 — 5 — 1	碳化物刀片的安裝方法	243
5 — 5 — 2	斷屑器 (Chip breaker)	249
5 — 5 — 3	高能率切削	251
5 — 5 — 4	高速切削	252
5 — 5 — 5	高溫切削	253
5 — 5 — 6	高進給切削	255
5 — 5 — 7	碳化鈦車刀	258
5 — 5 — 8	陶瓷刀具的切削	258

6 目 錄

5 — 6	車刀的損傷情況與其對策	259
-------	-------------	-----

第六章 鑽與螺紋刀具

6 — 1	緒 論	265
6 — 1 — 1	螺紋的切削方法	266
6 — 1 — 2	鑽頭鑽孔方法	267
6 — 2	鑽頭的構成要素及形狀	270
6 — 2 — 1	鑽頭的構成名稱	270
6 — 2 — 2	鑽頭的種類	272
6 — 2 — 3	鑽頭的角度	275
6 — 3	鑽頭的鑽孔加工	277
6 — 3 — 1	鑽頭切刃的切削狀況	277
6 — 3 — 2	鑽頭的切削抵抗	277
6 — 3 — 3	切削動力	288
6 — 3 — 4	切削條件	288
6 — 3 — 5	鑽頭的斷屑器	295
6 — 4	其他鑽頭	295
6 — 4 — 1	碳化物鑽頭	295
6 — 4 — 2	槍管鑽頭	297
6 — 4 — 3	BTA 方式的鑽頭	299
6 — 5	切螺紋方法	301
6 — 5 — 1	刀具的切削方法	305
6 — 5 — 2	切螺紋用的刀具	306
6 — 5 — 3	螺紋加工用的銑刀	308
6 — 5 — 4	絲 模	309
6 — 5 — 5	絲模頭螺紋刀	311

6—6 絲 攻	313
6—6—1 絲攻的各部份名稱	313
6—6—2 絲攻的種類	317
6—6—3 絲攻的導孔徑	319
6—6—4 絲攻的切削扭矩	320

第七章 鋸、拉力及鉸力

7—1 緒 論	335
7—2 各類加工	337
7—2—1 鋸切加工	337
7—2—2 拉削加工	342
7—2—3 絞削加工	346
7—3 刀具的構成要素與各部名稱	348
7—3—1 鋸 條	348
7—3—2 拉 刀	351
7—3—3 鉸 刀	359
7—4 刀具種類	362
7—4—1 鋸 條	362
7—4—2 拉刀的種類	366
7—4—3 鉸刀的種類	366
7—5 切削條件	370
7—5—1 鋸 切	370
7—5—2 拉削條件	381
7—5—3 鉸削條件	385

第八章 銑刀與製齒刀具

8 目 錄

8—1 緒 論	395
8—2 切削原理及方式	398
8—2—1 銑刀切削的方式	398
8—2—2 切齒原理及方法	402
8—3 刀具的構成要素與形狀	408
8—3—1 銑刀的構成要素與各部的名稱	408
8—3—2 銑刀的分類	410
8—3—3 銑刀的形狀	412
8—3—4 製齒刀具	418
8—4 切削條件	434
8—4—1 銑切條件	434
8—4—2 切齒條件	449
8—5 用碳化物銑刀的高能率切削	454
8—5—1 碳化物銑刀	454
8—5—2 高能率切削	454

第九章 磨 輪

9—1 磨輪的構成	459
9—1—1 磨輪的構成	459
9—1—2 研磨作用	460
9—2 磨輪的要素	464
9—2—1 磨粒的種類	464
9—2—2 磨粒的粒度	466
9—2—3 結合劑的種類	466
9—2—4 結合度	468
9—2—5 組 織	468

9-3	磨輪的形狀與尺寸以及表示法	469
9-3-1	磨輪的形狀與尺寸	469
9-3-2	磨輪的表示	471
9-4	金鋼石磨輪	472
9-4-1	結合劑的種類	472
9-4-2	金鋼石磨輪的表示方法	473
9-4-3	磨輪的形狀與使用條件	473
9-5	磨輪的選擇	474
9-5-1	依據工件、加工條件選擇磨輪	474
9-5-2	以 JIS 為基準的研磨磨輪選擇標準	479
9-6	加工狀態與研磨加工	479
9-6-1	各種研磨加工	479
9-6-2	研磨條件	482
9-7	研磨面的粗度	486
9-7-1	加工面粗度	487
9-7-2	研磨面的缺陷	487
9-8	磨輪的安裝及修整	488
9-8-1	磨輪的安裝	488
9-8-2	磨輪的修整	489
9-9	刀具的研磨	491
9-9-1	工具磨床	491
9-9-2	車刀的再研磨	494
9-9-3	鑽頭的研磨	497
9-9-4	銑刀的再研磨	500
9-9-5	銑刀的研磨	502
9-9-6	螺絲攻的研磨	503

10 目 錄

9-9-7 拉刀的研磨	504
-------------	-----

第十章 刀具設計

10-1 單鋒刀具	507
10-1-1 刀柄強度及剛性的設計分析	507
10-1-2 考慮撓度的刀柄設計	508
10-1-3 限制楔形角以防止脆化損壞	510
10-1-4 碳化物刀尖之設計	514
10-2 特殊單鋒刀具的設計特性	517
10-2-1 切面刀具 (Facing tools)	517
10-2-2 挖槽及切斷刀具 (Grooving and parting tool)	518
10-2-3 鏜孔刀具	519
10-3 大量生產切削刀具之設計	521
10-3-1 使用負斜角以增加刃口	522
10-3-2 限制接觸原則 (Principle of restricted contact)	524
10-3-3 複合切削	527
10-3-4 用於大量生產率之寬刀尖刀具	527
10-4 形成刀之設計	528
10-4-1 直而水平的成形刀	529
10-4-2 圓成形刀	533
10-5 傳統的鑽頭及其特性	537
10-5-1 麻花鑽之餘隙角	537
10-5-2 大量生產時，鑽頭形成之特點	541
10-5-3 恩斯特 (Ernst) 及哈葛蒂 (Haggerty) 氏之蝸	

旋刀尖鑽頭 (Spiral point)	542
10 - 5 - 4 牛津開口尖鑽頭 (Oxford split-point drills)	
.....	542
10 - 6 銑刀 (Milling cutter)	545
10 - 6 - 1 銑齒之幾何形狀	547
10 - 6 - 2 銑刀設計之改進	550
10 - 6 - 3 成形銑刀之設計	552
10 - 7 拉力之設計 (Design of broaches)	558

第十一章 刀具磨損的查出技術

11 - 1 緒 言	565
11 - 1 - 1 刀具壽命的定義	565
11 - 1 - 2 刀具磨損查出器的必要性	568
11 - 2 刀具磨損的查出方法	573
11 - 2 - 1 直接測量方法	573
11 - 2 - 2 間接測量方法	590

第十二章 切削刀具材料與磨損

12 - 1 緒 論	641
12 - 2 高速鋼	641
12 - 2 - 1 結構與組織	642
12 - 2 - 2 性 質	646
12 - 2 - 3 刀具壽命	649
12 - 2 - 4 剪刀在高溫所造成的表面塑性變形	650
12 - 2 - 5 壓應力下的塑性變形	653
12 - 2 - 6 擴散磨損 (diffusion wear)	654

12 目 錄

12 - 2 - 7	耗損磨損 (Attrition wear)	656
12 - 2 - 8	研磨磨損	657
12 - 2 - 9	滑動情況下的磨損	659
12 - 3	燒結碳化物 (Cemented Carbide)	661
12 - 3 - 1	組織與性質	662
12 - 3 - 2	碳化鎢—— 鈷合金	664
12 - 3 - 3	功 能	670
12 - 3 - 4	壓應力下的塑性變形	670
12 - 3 - 5	擴散磨損	672
12 - 3 - 6	耗損磨損 (Attrition wear)	679
12 - 3 - 7	研磨磨損 (Abrasive wear)	686
12 - 3 - 8	破 裂 (Fracture)	686
12 - 3 - 9	熱疲勞 (Thermal fatigue)	687
12 - 3 - 10	滑動情況下的磨損 (wear Under Sliding Condition)	688
12 - 3 - 11	總 結	689
12 - 4	結合鈷的鎢—鈦—鉭 (W - Ti - Ta) 碳化物合金	689
12 - 4 - 1	結構及性質 (Structure and Properties)	690
12 - 4 - 2	WC-TiC-TaC-Co 合金刀具的性能	693
12 - 5	燒結碳化物 (Cemented Carbides) 在切削上的使用技術	697
12 - 6	刀具材料的連續發展	699
12 - 6 - 1	TiC- 基底刀具 (TiC-based Tools)	699
12 - 6 - 2	疊層刀具 (Laminated Tools)	700
12 - 6 - 3	塗層刀具 (Coated Tools)	700
12 - 6 - 4	陶瓷刀具 (Ceramic Tools)	702

12 - 6 - 5	鑽石刀具 (Diamond)	705
12 - 7	結 論	706