



王大靜譯

最新機械製造程序

manufacturing processes

Roberts and Lapidge

最新機械製造程序

manufacturing processes

Arthur D. Roberts

Formerly Department Chairman
Manufacturing Engineering Technology
Norwalk State Technical College

Samuel C. Lapidge

Assistant Professor
Manufacturing Engineering Technology
Norwalk State Technical College

江苏工业学院图书馆
藏书章

王大靜譯

省立高雄工專機械科主任

大孚書局印行

七十二年二月初版

最新機械製造程序

C特價 平裝二〇〇元
精裝二四〇元

譯者 王大靜

發行人 傅寶泰

出版者 大孚書局

地址：台南市德光街六十五號
郵政劃撥帳戶第三五四七五號

登記證 本社登記證字號：行政院新聞局局版台業字第一五四三號

印刷者 合成美術印刷廠

台南市協和街一〇六號



前言

把材料加工成有用產品的機器和方法的基本知識，對於在機械、製造、工業、電氣機械，和有關工業界中的任何從業人員，是很重要的。

產品的經濟設計，機器設計者必須有怎麼樣能夠製造它的觀念。製造工程師和工廠佈置、生產，或者品質管制工程師，每日處理製造程序。電氣機械、光學、冶金，和其他工程師，時常發現關於需要這種知識。

本書可以在兩個學期中念完，或者在許多二年制工程學院中，教師可以按需要，採用選擇的幾章，作為一學期的基本加強課程。唯一的先決條件，是代數知識。因為每一種機器和方法，有許多變化，在製造程序的許多部門中，不是一兩門課程，會使學生變成專家。關於學生學習在今日所有工業中的複雜設備，沒有足夠的時間，而且實在沒有需要。

大多數畢業生發現在他們的早期，他們趨向專門化到相當的程度。在那個時期，他們在他們的工作範圍內，開始研究最有價值的題目更為深切。然後列在本書中的參考，製造者的目錄，和人員的接觸，當他們需要時，會加上一些細節。

著者祇搜羅他們發現使用十分廣泛，或者似乎在使用中是迅速成長的那些方法。有些成長領域，比如是在新割切工具，精細的衝坯料，EDM，ECM，新輪磨材料，和新的着重在某種熔接方法的項目中。祇要範圍許可，對於每一部機器或者方法所給予的篇幅，是和它在工業中的全部使用的頻率有關係。可是不同的地區，有十分不同的量度。教師然後可以使用參考，人員的經驗，或者地區的工業，來詳細說明題目適合情況。

即使本書基本上是關於在教室中的學生，寫作是這樣的設計，就是便利自行研究。所有生字和名詞，當它們被引述時，都下定義。在許多地方，寫出工場和技術名詞，因此學生不會由於有些不同的詞彙弄得含混。明顯的標題和次標題，使它容易對章節加以複習，或者尋找特別資料。在每一章的末端，包含複習問題和直到最近的參考。

每一種型式的機器或者方法，涵蓋十分詳細，因此學生可以得一種感覺，設備能夠做些什麼，它的尺寸範圍和功率，和它的限制。我們不希望要記住這些數據，但是必須認清設備的範疇和能量。

說明祇要可能，是頗為簡單，而且供給標示和說明，因此每一部機器，可以容易瞭解。複雜機器的圖片，祇有專家能夠瞭解，和尺寸的極端（時常較少使用），已經從大多數章節中略去。

準備了許多線圖，來協助學生迅速掌握住原理，而且它們是經過了在教室中的試驗。

割切、輪磨、鍛造，和類似工作的數學原理，在本書中包括不廣。雖然這個是工作的優美園地，它是高度專門化的，而且在這種研究水準，是不需要的。問題和公式是包括了，而且在製造中，人們需要那些來做它們的工作。

數位控制現在是用在整個世界的大型和小型工廠中。使用N/C機器，已經改變了許多觀念，而且在製造中，使許多經濟方法，成為可能。比如N/C機器是說成車床、鑽床等的另一種型式。當人們想到怎麼樣做事情，這些N/C機器今天應該時常記在心內。基本N/C

觀念是表示在第五章中，因此學生可以瞭解晚近的趨勢。

章的安排，已經可能受實驗室經驗所影響，假若可以實行，應該伴隨着這個題目的研究。車削、鑽孔、銑製，和輪磨方法是基本的，而且在大學機器工場中，是時常最合用的；因此它們是首先敘述。

在許多工具機上的實驗室經驗是，即使關於設計工程師，假若時間能夠安排，是十分合意的。關於工程技術員，這是真實的需要。學生假若在車床、銑床，或者外徑磨床上，想達成 ± 0.001 吋（ 0.025 公厘）的意義，有十分不同的觀念。實驗的期間不需要長。著者已經發現，即使2小時的時間，用在完成典型的割切操作，對於學生可能是有相當的價值。

公制以及美國制，在整本書中顯示。今天實際上全世界是使用公制，而且在美國許多產品，是作成這種制度。比如，本書是“註雙重尺寸”，像在英國和美國中的許多圖一樣。

改變成公制是不困難，雖然有些有關規範（比如微細的光度）的數字尺寸，是十分不同。在書中的大多數問題，是用習慣和公制兩者來解決。公制當量尺寸，通常是整化成整數，而不是恰好相當，因為當我們開始“想到公制”，我們將使用3公厘和6公厘來代替 $1/8$ 或者 $1/4$ 吋的準確當量3.175和6.35。

製造方法的研究，應該是一項連續的，因為新方法，精煉，和全然的新發展，是始終會發生的。著者相信本書能夠在競爭、激勵，和時時改變的範圍內，會給予良好而基本的開始。

感謝：本書沒有接近300家公司慷慨的提供目錄，技術文件，建議，和說明這些幫助，是不能寫出的。說明下的名字指出這些公司。商業協會也有重要的資料來源和協助，學生當需要幫助時，應該和他們接觸。

我們誠懇的感謝那些許多人，對於各特別章加以校對或者協助。在這些人們之間是Carl German教授，他寫了第一章中的許多，和Marie Kiss教授，對於第三十章的塑膠予以協助。也感謝Margaret 羅勃特夫人，關於耗費了許多時間，把課文，和本計劃中所需要的年數函件的打字。

阿塞D羅勃特

山敏C那普傑

目 錄

前 言

第一章 金屬的性質和基本

冶金學..... 1

硬度..... 1

金屬的基本結構..... 5

熱作和冷作..... 11

割切性和顯微結構..... 12

析出(歷時)硬化..... 17

第二章 量測設備..... 19

公 制..... 19

定 義..... 19

塊 規..... 20

手持量測儀器..... 21

精密手持量測儀器..... 23

檢驗台量測設備..... 27

生產規..... 34

特別規測和量測設備..... 38

表面粗度量測..... 41

應該用什麼樣的公差?..... 44

第三章 品質管制，寫公差和註
尺寸..... 46

品質管制..... 46

公 差..... 49

註尺寸法..... 51

第四章 基本割切資料..... 59

割切性..... 59

割切方法..... 60

割切工具材料..... 66

工具壽命..... 71

關於割切所需要的功率..... 73

速率，進給和割切深度在光度上的影響..... 75

割切液體..... 76

第五章 數位控制..... 81

用作控制的孔帶..... 81

機器控制單元(MCU)..... 83

N/C機器的型別..... 84

註尺寸..... 85

N/C機器的程式寫法..... 86

數位控制的優點和缺點..... 88

第六章 引擎車床..... 91

車床的各部份..... 91

在引擎車床上所作工作..... 93

工作夾持..... 99

基本引擎車床的變化..... 104

使用引擎車床的經濟..... 106

第七章 高速生產的車削機器..... 109

轉塔車床..... 109

大型自動車床..... 118

第八章 車床的割切工具..... 122

車床的刀頭..... 122

第九章 鑽 床..... 134

割切的型別..... 134

鑽床的型別..... 135

孔的準確定位——方法和機器..... 138

鑽孔所需要的功率..... 142

第十章 鑽床的割切工具..... 145

鑽頭材料..... 145

2 目 錄

鑽頭尺寸	145
鑽頭名詞	146
鑽頭的型別	148
鑽孔尺寸的準確度	153
鉋孔	153
鑽孔時間的計算	155

第十一章 螺紋割切

名詞	158
特別螺紋	160
攻螺紋(割切內螺紋)	160
鉋螺紋(外螺紋)	168

第十二章 銑床

銑床的型別	171
在銑床上的工作夾持	180

第十三章 銑刀

順銑和習用銑法	192
銑製的計算	192

第十四章 磨料和磨輪

磨輪的磨損	199
用在磨輪中的磨料	200
磨輪的形狀	201
磨輪的編號制度	202
磨輪的修整和矯正	205
正確磨輪的選擇	205
輪磨安全	206

第十五章 輪磨和磨料割切

磨床	208
在輪磨中的方法考慮	219
自動輪磨	220

第十六章 光製方法

鏜磨	222
----	-----

研磨	225
擦光	228
滾筒光製(大量光製)	229
噴砂	232

第十七章 牛頭鉋床和龍門鉋床

牛頭鉋床	235
龍門鉋床	241

第十八章 鏜孔和車削機器

立式鏜床(VBM)	246
臥式鏜床(HBM)	252
高度生產的鏜床和車削機器	255
結 論	256

第十九章 刮鉋

刮鉋刀的種類	258
刮鉋刀	259
刮鉋床	261
刮鉋刀的磨利	263

第二十章 鋸床和銼刀

切斷鋸床	266
輪廓帶鋸床(立式帶鋸床)	269
鋸片	269
銼刀	271

第二十一章 熔接和有關方法

熔接的用途	274
熔接型式	275
有些基本字彙	276
電焊機	277
電弧熔接法	278
在電弧熔接中的一般考慮	289
氣體熔接	292
火燄割切(氣炬割切)	293

表面硬化	294
電阻熔接	296
硬 焊	299
軟 焊	301

第二十二章 粉末金屬法

粉末的生產	302
製造 P / M 粉末供應用的另外步驟	304
P / M 粉末的特性	304
粉末的模壓	305
P / M 零件的燒結	308
鋁質 P / M 產品	309
金屬和非金屬滲入	310
在燒結後的操作	310
粉末冶金的限制	311
特別 P / M 方法	311

第二十三章 砂模鑄造

砂模鑄造的優點和缺點	315
製造砂鑄件的步驟	315
鑄造模型的其他型式	321
樣模設備的其他型式	323
砂模鑄造的自動	327
砂鑄件的割切	328
鑄件設計	329

第二十四章 其他鑄造方法

永久模型鑄造	331
壓鑄法	333
殼式鑄造	336
包模鑄造	339
陶瓷模型法	341
石膏模鑄造法	343
連續鑄造法 (C-C)	345
結 論	346

第二十五章 滾壓、拉長、

彎摺和擠壓

製造形鋼	348
軋鋼工場	348
冷 軋	351
冷 拉	352
摺床彎摺	353
剪 切	356
冷軋成形	356
管子彎摺	358
熱擠壓	359

第二十六章 壓床工作

在壓床中所作工作的型別	362
壓 床	363
壓床模子	365
壓床的選擇	367
多滑板機器	368
衝精細坯料	369
鋼尺模子	372
衝孔機	373
深度擠凹	374
冷擠壓	375

第二十七章 鍛造方法

熱鍛法	378
鍛造機器	380
沒有出模角的鍛造	385
滾 鍛	386
水平作用鍛造機器	386
高能率鍛造 (HERF)	388
鍛造的自動	390
在鍛造中的安全	391

第二十八章 齒輪製造

齒輪術語	393
齒輪的型別	395
齒輪的製造	396

4 目 錄

齒輪的光製	399
齒輪的校對和檢查	402
其他型別的齒輪	402

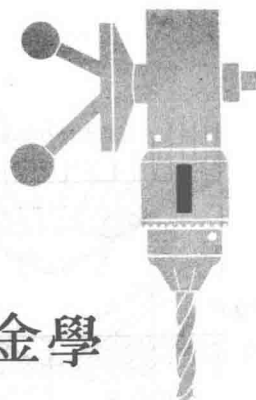
第二十九章 非習用割切法

放電加工 (EDM)	404
電化學割切 (ECM)	409
電化學去毛口 (ECD)	411
電化學輪磨 (ECG)	412
其他化學方法	414
雷 射	415

第三十章 塑 膠

塑膠是什麼?	420
熱凝性塑膠	421
熱塑性塑膠	422
怎麼樣選擇塑膠	426

塑膠品的製造	426
關於模造塑膠品的公差	434
塑膠固結	434
塑膠的割切	435
附錄A 鋼和鐵的製造方法	438
附錄B 金屬的編號制度	443
附錄C 熔接符號	450
附錄D 錐 度	453
附錄E 速率和進給	455
附錄F 鑽頭尺寸	457
附錄G	459
附錄H	461
附錄I 轉 塔	462
附錄J 長度換算	463
附錄K 其他換算	464



金屬的性質和基本冶金學

金屬怎麼樣會適合特種製造程序，或者怎麼樣會迎合特種設計需求，從安全和成本觀點兩者來看，是十分重要。因此關於每種材料的機械性質，像硬度、張力強度、延性，和韌性必須瞭解。

題目是很大；金屬的物理性質和冶金學，有很多可利用的優越書籍和圖表，因此這裡不想談到包括整個題目。可是在今日的各種製造程序中，有些名詞時常用得到。對於簡單冶金結構和金屬的切削性，這些名詞和它們的基本關係瞭解的發展，是這一章的目的。

硬 度

硬度在實際工程意識中，可以看作是對於穿透的抗力。在本章後面將會知道，硬度是金屬的顯微結構的函數，但是首先必須瞭解用來量測它的標度。所有六種標度是任意的，而它們中的幾種是有嚴密的關係。

莫氏標度對於硬度是畫割試驗。它祇是比較天然礦石，其中的每一種會畫割標數較次的。標度是：

- | | |
|---------|------------|
| 10 — 鑽石 | 9 — 剛玉或藍寶石 |
| 8 — 黃玉 | 7 — 石英 |
| 6 — 正長石 | 5 — 磷灰石 |
| 4 — 螢石 | 3 — 方解石 |

2 — 石膏 1 — 滑石

這些方法在工業中從來不使用，但是因為它在文獻中時常作為參考，而列在這裡。

關於一般的比較：

- | | |
|------|-------------|
| 炭化鎢 | 大約 9.2 莫氏標度 |
| 硬工具鋼 | 大約 7.5 |
| 低炭鋼 | 大約 4.3 |
| 鋁 | 大約 2.3 |

公制是用在所有下列五種硬度試驗方法中。所有負荷用克或者公斤，和所有量測用公厘。因此我們沒有換算問題，因為這些在美國和歐洲作為標準，已經是許多年。前四種是印痕試驗。

洛氏硬度試驗機

對於大多數試驗，這些是用錐形鑽石尖（圖 1-1）。先加上 10 公斤的初期預定負荷（小負荷），因此鑽石坐好在材料上，然後把 15 到 150 公斤的全負荷加上而放鬆。表上直接指出硬度讀數。這樣作是試驗硬度的迅速而準確的方法。

大約有 15 種不同的標度可以使用。這是由改變預定負荷（3 到 10 公斤）、主負荷（15 到 150 公斤），和穿透器來完成。可是使用最頻繁的三種標度是：

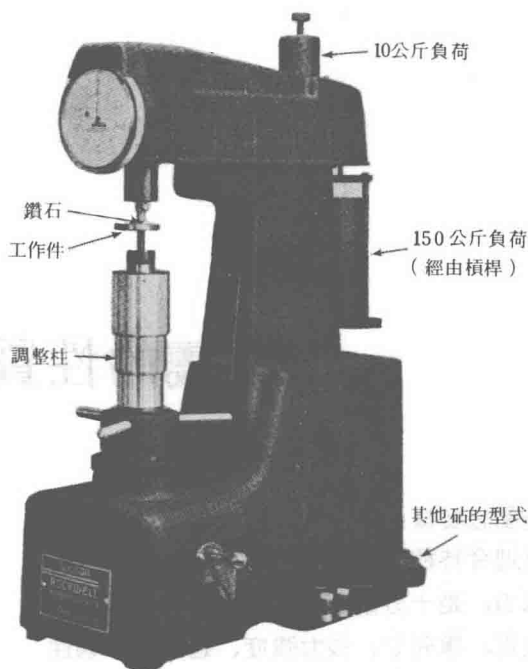
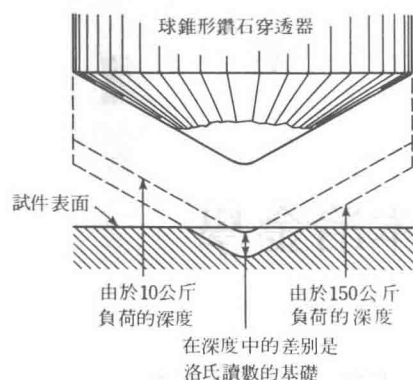


圖1-1 裝設作為正常和超級硬度試驗的洛氏硬度試驗機 (AC公司, 威爾遜儀器部)。

洛氏C標度 [R_c 或者國際標準組織 (ISO) 稱HRC] 用 150公斤負荷的鑽石穿透器。這是作為比冷軋鋼為硬，而高到極硬的鋼料和炭化鎢。

大約讀數是：

硬化工具鋼， R_c 50—65

銼是大約 R_c 50

炭化鎢， R_c 80—90

冷軋鋼， R_c 22

洛氏A標度 (R_A 或者HRA) 用有 60公斤負荷的鑽石穿透器。這是用作脆性材料，比如炭化鎢和炭化鈦刀頭，它在低於 150公斤負荷下會破裂。炭化物刀具大約等於 R_A 87—96。

洛氏B標度 (R_B 或者HRB) 用 1/16吋直徑 (1.59公厘) 鋼球有 100公斤主負荷。這是用作軟性材料，比如軟鋼、黃銅和鋁。

大約讀數該是：

冷軋鋼 (R_c 22)，HRB 100

黃銅，HRB 50

鋁 HRB 25

勃氏硬度試驗

勃氏硬度試驗器 (圖 1-2) 對於大多數試驗，採用鋼或者炭化鎢珠。負荷通常是 3,000公斤 (大約 3噸)，雖然在軟材料上可以用 5公厘鋼珠和 500公斤負荷。由鋼珠所作成的印痕直徑，是在低倍顯微鏡下量測的。然後基於這個公式，從表中求到硬度數： $BHN = \text{用印痕面積除負荷}$ 。ISO叫做HB。

勃氏標度的缺點是：

1 10公厘鋼珠在軟材料上做出印痕太大。

2 硬化鋼或者炭化物印痕器不能用來試驗高於 BHN 750 (大約 R 75) 的材料。

3 印痕直徑必須用手量測，用公厘計算，來決定硬度數。

勃氏硬度的優點是：

1 從低於 BHN 30 的軟鋁到高至 BHN 750 的硬化鋼的連續標度數。

2 印痕留下試驗的永久記錄。

3 次要點，但是有用，是 BHN 用 10 除它，大約等於 R. 數值。

4 所做出的印痕頗大，有“平均”多相材料硬度的趨勢。

5 在一些鋼料的 BHN 和張力強度之間，有頗為密切的關係。 $TS \approx BHN \times 450$ 。

6 直接讀數模式也合用。

勃氏硬度試驗機由幾個公司製造。售價大約從 \$ 600 起碼。

顯微硬度試驗機

維克氏和羅普顯微硬度試驗，祇要改變印痕器，可以用同一試驗機來完成。有幾種型式可以利用，其中之一顯示在圖 1-3 中。它們的售價高到 \$ 3000。

這些機器必須能夠平滑的加上負荷，從 1

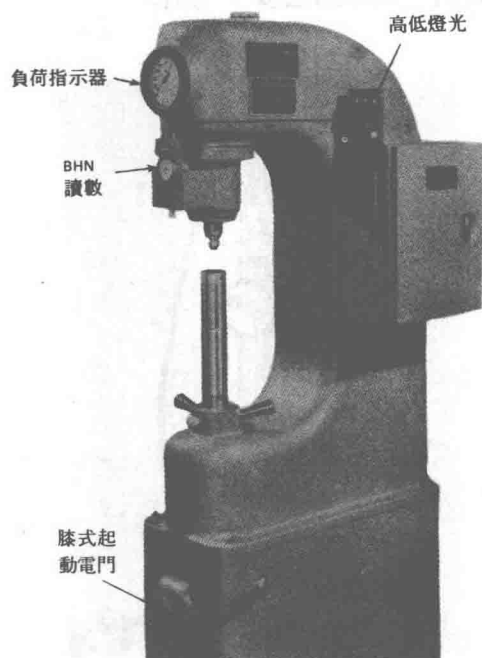


圖 1-2 液壓自動操作，勃氏直讀硬度試驗機。

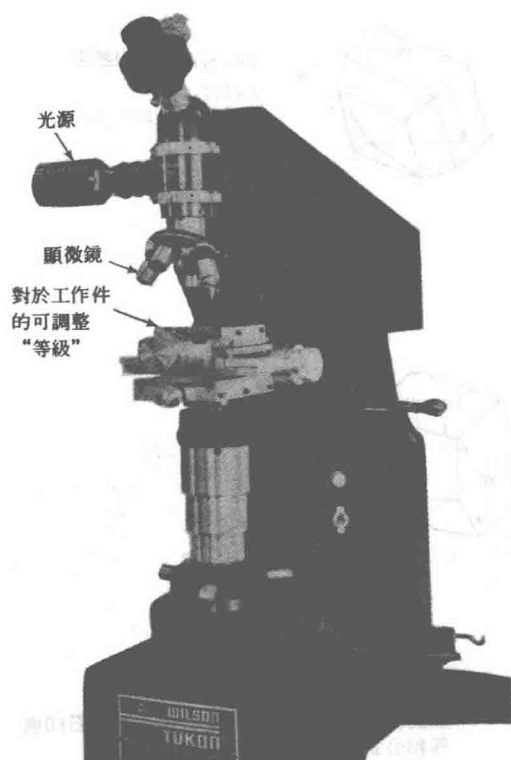


圖 1-3 顯微硬度試驗機，用作維克氏或者羅普鑽石印痕器。

克到至少 1 公斤，而且必須有自備顯微鏡，高到至少放大 500 倍。

維克硬度試驗，使用像顯示在圖 1-4(a) 中的鑽石穿透器。所用負荷是十分輕，通常從 1 到 50 公斤，以便使它容易試驗脆的或者薄的材料。對於所有材料，從軟性到極硬，使用單一標度。為求得硬度讀數，在顯微鏡下量測方形印痕的對角線（通常 0.2 到 1.5 公厘）。硬度數值是從表中或者從顯示在圖 1-4 中的公式求出。

讀數是寫作 DPH（鑽石稜錐硬度），VPN（維克稜錐硬度），或者 HV（ISO 命名，維克硬度）。關於材料的 DPH 數和 BHN 讀數極為接近：在標度上 300 處，大約高於百分之 8。

羅普顯微硬度試驗，也使用連續標度。它

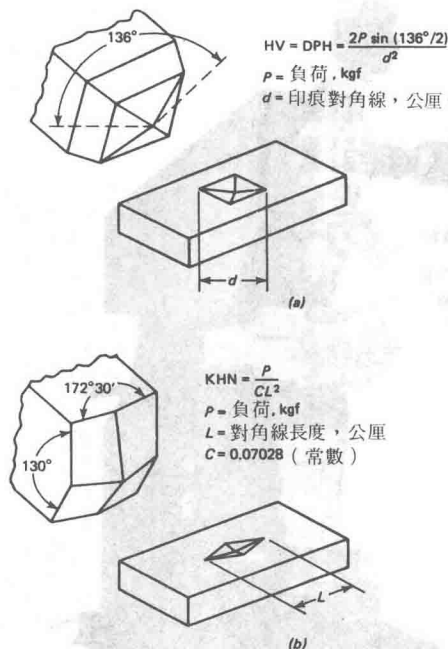


圖1-4 關於維克和羅普顯微硬度試驗機的鑽石印痕器和公式。

應用鑽石穿透器，而磨成延長的鑽石形狀（圖1-4 (b)），和應用1克到1公斤的極輕負荷。因此，它是特別在樣件的極小片段上，和在極薄材料上，比如箔和薄（0.025公厘）塗層上作實驗工作。

印痕的長對角線，是在顯微鏡下用公厘量測，因為對角線可以小到0.002公厘，（0.0008吋）。硬度數值從表中求得，或者可以計算。羅普硬度數，KHN或者KN，用500克負荷，是很接近BHN和DPH。

蕭氏反跳硬度計

這是反跳量硬度法（圖1-5）。鑽石尖錘（2.3克標準重量）在9.89吋（251公厘）的標準模型上和0.704吋（18公厘）的直接閱讀模型上的固定高度落下。鑽石在材料上作出小的印痕，並且在玻璃管內反跳。當一些能量由材料吸收，反跳量將按照材料的硬度變

化；金屬愈硬，反跳愈高。操作者由眼睛觀測在任意標度上的最大反跳高度。這就是蕭氏讀數。標度是這樣作成，淬火最高硬度工具鋼讀成100。直接表盤讀數模型也是可以利用。

蕭氏反跳計的優點是：

- 1 它的操作極簡單，而不毀損工作件。
- 2 它是時常不要在台架上使用，像容易手提硬度機，用在極大和小零件兩者之上。
- 3 它有連續標度，而且幾乎可以用在任何材料上。
- 4 它是十分便宜，連全套裝備從\$500元起。

當試驗硬度時的一般預防事項

被試驗零件的厚度在選擇硬度試驗設備中，可以作得大大的不同。0.010吋（0.25公厘）的薄斷面，到0.030吋（0.75公厘）厚，需要用輕負荷。低到0.005吋（0.125公厘），維克法是可靠，而羅普法可以用作小於0.001吋（0.025公厘）的箔。

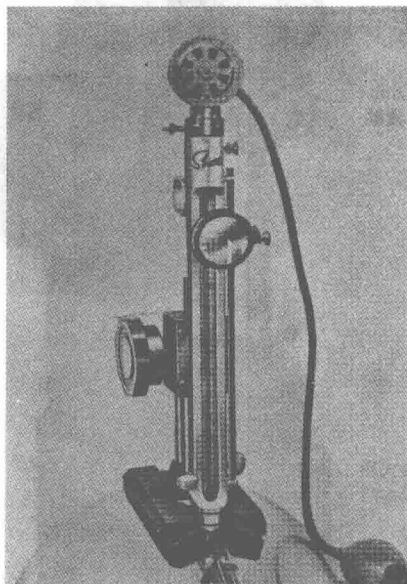


圖1-5 顯示用在大滾子上的蕭氏反跳計。

表 1-1 幾種硬度試驗機的大約當量（僅就鋼而言）

洛氏 R_c 和 R_a	勃氏 BHN 3000-公斤 負荷	維克深度 DPH	羅普 KHN	蕭氏反跳計	例 如
95 R_c					
90	Cannot	2800	2300	120	炭化物工具
80	test	1800	1300	115	
70	850*	1100	830	106	硬化工具鋼
60	653*	700	620	81	高速鋼
50	485	525	540	67	鋼銼刀
40	375	390	410	52	
30	285	290	315	42	軋煉工具鋼
20	223	230	245	33	冷軋鋼
95 R_a	207	207	230	32	
90	183	190	205	28	軟性灰鐵
80	146	154	170	22	
70	121	126	140	19	
60	105	100	128	15	
50	83†	93	100	12	黃 銅
40	75†	82	90	10	
30	67†	75	80	7	鋁
20	61†	68	73		

注意：維克，羅普和勃氏讀數十分相似

$BHN \div 10 \approx R_c$ 讀數

*炭化鎢球

†500-公斤負荷

注意：不要詳述太接近的公差的硬度數值。 R_c 65—66或者 BHN 300—305 的規範是頗不真實。在單一鋼料中，1吋²（625公厘²）的面積內的試驗過程中，洛氏硬度讀數可由兩點或更多點來變化。大多數材料是不均勻，所以它們有高到百分之5的“固定”變化。

小於1吋（25.4公厘）直徑的零件，將不會得到正確的讀數，雖然它們可能是祇有百分之1或2的偏差。從大多數製造者有正確的表可以利用。

比較表（表 1-1）列出在所談到的五種方法中的大概關係。不要把這些看作正確比率，因為加入所有硬度試驗中的太多變數，而不同的“當量”表列出不同的數字。

金屬的基本結構

每一種製造方法，它改變實體金屬物體的形狀，是受了在材料中原子排列的影響。金屬的物理性質（比如高強度、熱傳導、電傳導）

，以及機械性質（比如張力強度、硬度、延性等等），和保持同類和或者不同類原子在一起的結合力，以及原子的化學混合有關。

金屬的結構，可以在三種水準上加以分析：

- 1 原子（或者次微觀）。
- 2 微觀（高到2500倍放大——光學微觀）。
- 3 達觀（高到10倍放大）（macroscopic）。

在原子水準上，它將在本章討論，在金屬中的最小建立塊（元素或者合金），是叫做單元體（unit cell）。三種最普通型式顯示在圖 1-6 中。

晶 體

金屬材料稱作結晶。單一品體是由幾百萬的單元體所形成（或者假若它是合金，是單元體組合），在晶體中各方向有重複模型。各種大小的單一品體，現在可以買到。

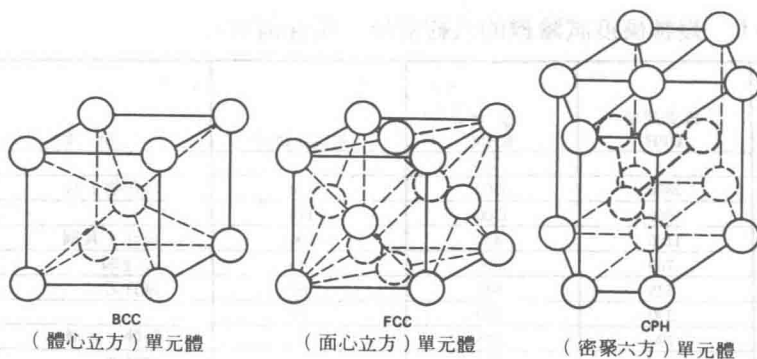


圖1-6 在金屬中發現的單元體的三種最普通型式。

大多數材料是多晶體結合的，像假若用浸漬塗鋅鋼片試驗，便可證明。各個鋅的晶體或者晶粒有不同的方向，在它們的邊界相互遭遇。另一個例子是顯示在圖 1-7 中的純鐵顯微結構草圖。記住圖 1-7 是金屬的平坦斷面，它是通過各個晶體割切而成。

注意：任何企圖由於參考它們的晶體結構，把無數種可用的材料分類，來作一般的敘述，是極易導致錯誤的。

例如黃銅，它是面心立方格子 (FCC)，鋅是六角密聚格子 (HCP)，兩者都很容易割切。可是有些不銹鋼也是 FCC，和有些鈦合金是 HCP，並且它們兩者都是割切很困難。這種困難大多由於它們的迅速工作硬化率，像在本章以後要說的。

在晶體中的結合力，是叫作金屬的（或者電子雲）、共價的、離子的和泛得瓦 (van der Waals) 的力。這些將不在本書中討論。關於較多的資料，見本章末尾的參考。在一個晶體中的原子，當它們在晶粒邊際相遇時，時常不和在別的晶體中的原子完全對齊。因此，在晶粒邊際的結合力（晶粒間的力）將會小於晶粒內的結合力。因此，金屬的性質，將由於在它的結構中的晶粒（晶體）的大小、形狀、化學組織和方向而受影響。

上面所述的原子結合力，是負擔各個晶體的強度。在晶粒邊際處的類似力量，有助於協助保持許多晶體在一起。這些吸引力的數量和

樣式，說明我們割切、成形和彎曲材料的樣式。

在晶體之間的機械力量

力量在晶體間作用的很重要例子，是標準張力試驗。我們可假定我們是進行試驗強力銅合金，因為鋼曲線有特別的“衝擊”在它的裡面。

試件已經割切成圖 1-8 所示的形狀和尺寸。這個試件是夾在像在圖 1-9 中所顯示的一種試驗機器的兩爪之間。這些機器是作成可以用力拉（張力）或者推（壓力）動從 10 到 100 噸（910 到 9100 公斤力或者 90 到 900 KN）的大小。

當試驗機器在拉伸試件，金屬的“拉長”是在離開 2 吋（50 公厘）的兩個正確標記點之間，由和在圖 1-10 中所顯示的相類似的表作

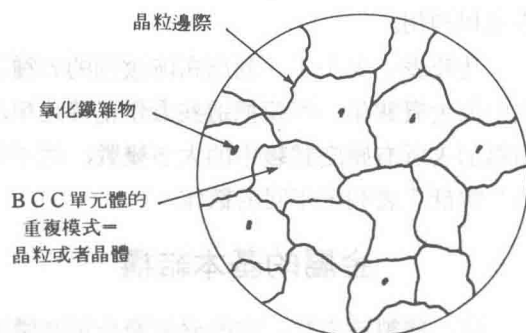


圖1-7 純鐵（不是鑄鐵）的晶粒結構晶體排列的典型組成。

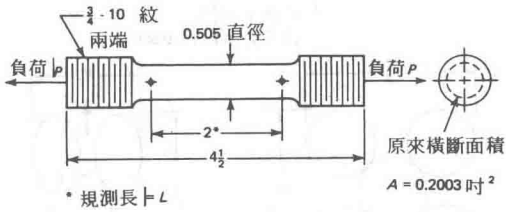


圖1-8 標準割切張力試驗樣件

正確量測。在規定時間量測伸長和負荷，和用作繪製顯示在圖 1-13 中的曲線的基礎。

在討論當試驗中金屬所經過的變化，必須瞭解幾個定義。

負荷 P 是在試驗機器的表上讀出，用磅、公斤力或者牛頓計算。

伸長是在試件上的兩點之間，在延伸規上的讀數，用吋或者公厘計算。它是讀成 0.001 吋或者 0.02 公厘單位。

應力是每單位面積上的力量，用每平方吋磅 (psi)，每平方米牛頓 (N/m^2)，或者每平方公厘公斤力 (kgf/mm) 計算。

注意： N/m^2 是官方定名巴斯卡 (Pa)，但是在導出方程式中，它是寧可用基本單位。

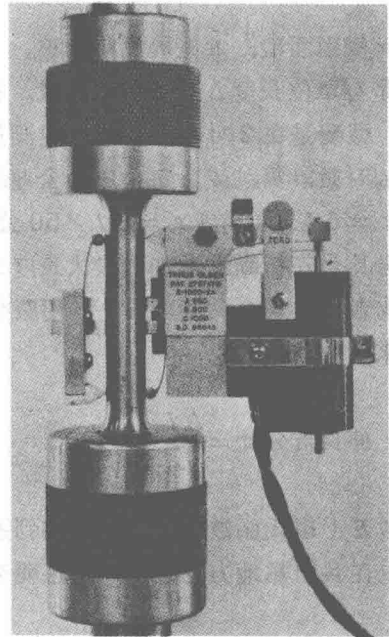


圖1-10 顯示連接到標準試驗樣件的電子伸長表。應變的讀數是由連接到圖形紀錄器所做成的。

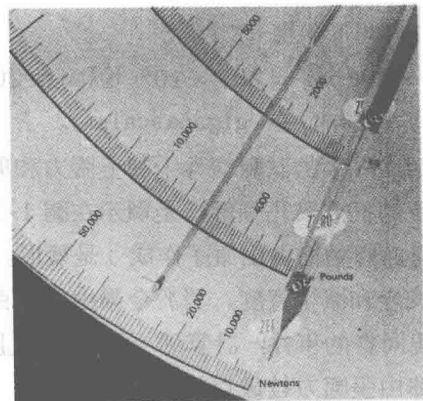


圖1-9 (a) 典型 60,000 磅 (600,000-N) 液壓操作張力試驗機。(b) 現在可以利用的三用閱讀標度。

$$\text{應力} = S = \frac{\text{負荷}}{\text{面積}} = \frac{P}{A}$$

式中 A = 橫斷面積，垂直於負荷軸線。

應變 e 是每單位長度 ΔL 的伸長份量。在這種試驗中，應變是在 2 吋 (50 公厘) 規測長度上用每吋的吋數計算，或者每公厘的公厘計算；

因之， $e = \Delta L / 2$ 或者 $e = \Delta L / 50$ 公制。

伸長百分比是在折斷點增加的最大長度 ΔL (在 2 吋或者其他規測長度之間)，用原來的規測長度來除它。

$$\text{伸長百分比} = \frac{\Delta L}{L} \times 100$$

彈性係數 E (楊氏係數) 是在降服點到達以前的時間，在共同點地方的應力，用應變來除它。

$$E = \frac{\text{磅/吋}^2}{\text{吋/吋}} = \text{磅/吋}^2 \text{ (psi)}$$

或者

$$E = \frac{\text{N/公尺}^2}{\text{公厘/公厘}} = \text{N/公尺}^2$$

或者巴斯卡 (Pa)

例 1-1

$30 \times 10^6 \text{ psi} = 207 \times 10^6 \text{ KPa} = 207 \text{ GPa}$ (兆巴斯卡——gigapascals)。

在圖 1-8 中的試驗樣件上加上張力和剪力。所發現的高度簡化圖解，是顯示在圖 1-11 中。注意晶體結構 (由原子作成) 是變形。它是增加長度和減少寬度。對於金屬中的幾百萬晶體發現同樣的事件，計算到 (至少基本上) 在試驗棒由張應力拉破以前發現的頸縮。

大多數延性金屬的剪力強度小於直線張力強度，所以實際破裂，是顯示在圖 1-12 (a) 中的“杯形和錐形”。很脆的材料比如灰鑄鐵，

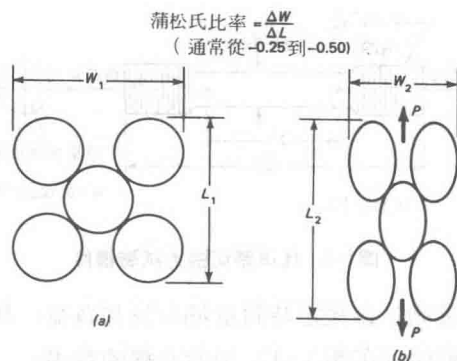


圖 1-11 張力負荷在金屬的原子上的影響的簡化圖解。(a) 原子在未受應力情況中；(b) 原子由張應力的變形。

在純張力中破裂，如圖 1-12 (b) 中所示。

因之，實際金屬件將有許多不同的晶粒尺寸、雜物、在晶粒中的“間隙”等等，它們的全部將從所示的完整模型，變更材料的性質。

應力應變曲線

從張力試驗收集資料的結果，關於延性金屬，會時常顯示像圖 1-13 的曲線。這種曲線，為金屬而繪出，能夠寫出關於金屬的大量資料。參考圖 1-13。

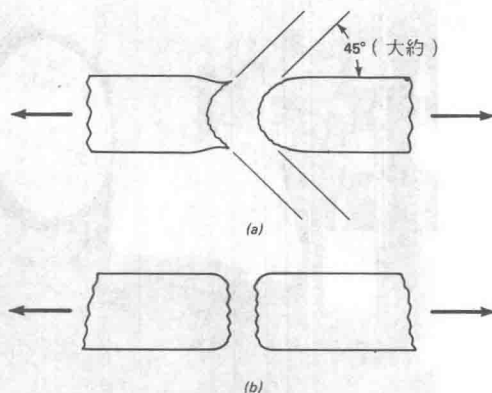


圖 1-12 金屬在張應力下失效所產生的兩種斷裂型式。(a) 延性金屬的“杯和錐”式斷裂；(b) 脆性斷裂—伸長小於 6%。