

製造程序

MANUFACTURING PROCESSES

上册

原書第七版

原著者

翻譯者

陳健春 陳貴東

詹政忠 林立人

淡江書局印

製造程序

MANUFACTURING PROCESSES

(上册)

原書第七版

B. H. AMSTEAD
PHILLIP F. OSTWALD
MYRON L. BEGEMAN

原者者
江蘇工業學院圖書館
藏
陳健春
書
政
意
陳貴東
林立人

淡江書局印行

製造程序（上册）

原著者：B. H. AMSTEAD

PHILLIP F. OSTWALD

MYRON L. BEGEMAN

翻譯者：陳健春 陳貴東

詹政忠 林立人

發行人：邱 如 升

出版者：淡江書局有限公司

發行者：淡江書局有限公司

台北市重慶南路一段一三七號

郵政劃撥儲金第六八六〇號

定價：新台幣 130 元整

登記證：局版台業字第〇八一四號

中華民國六十八年九月一日初版

序 言

本書前六版的發行，除了供給大學及學院作為教科書外，也做為工程師和專家們的主要參考書，由此證明了它的價值。

作為教科書，應該要滿足講授與實習課程的要求。本書所包含的材料，方法和設備，對於設計師、檢驗員、生產和計劃工程師、學生等，都是理想的參考資料。

研讀機械製造程序，可作為專業技術的基礎。本書提供了對建立複雜技術知識的理解方法。許多人為了不同的目的研究機械製造程序，或從人文的、或從商業性的、或從其他職業領域來探索。對於這些非專門技術學生的學習，本書提供了學習的焦點，且增進個人在社會與技術世界中的價值。

由於新材料、機械化、和自動化的發展，機械製造方式變得更加複雜。因此，訓練工程師顯得十分重要，使他能瞭解材料所允許的各種加工方法，以及加工過程對材料性質的影響。在競爭性設計及製造方面，工程師必須重視加工方法的優點，限制，以及預知公差量。為了瞭解複雜的製造和裝配方法，由工程師和科學家聯合研究與發展實驗的工作，顯得日趨重要。

為了提供對機械製造原理的廣泛討論，本書包含了材料結構，和如何改變物理性質的重要知識。為求加工方法清晰具體，普遍採用原始照片及線圖，並審慎精選最有用的表格。第七版每章末尾所列的問題與習題，數目已增加一倍。此外，開放式的專案研究題，加深對機械製造方法的瞭解。

本版重要的增加部分是包含公制單位，但不排除英制單位。自英制單位改革為公制單位已成定局。因此，為求填補兩種制度間的差異，本

書每一英制單位之後，以括弧標註公制單位。例如，“ A 的直徑1.7吋（43公厘）。”如此標註將有助於學生、技師、及工程師運用兩種單位制。

業經發展並顯示有繼續存在價值的新資料，已編入本書中。每一章的開頭，包含歷史性的照片圖，以指示機械製造的歷史和改革。對學生而言，歷史背景的瞭解可以明顯地增加學習興趣。

許多機會供給學習藝術、技藝和科學的機械製造者，不管是在職業學校、技術學校、二專、學院、或大學接受教育，就業的機會幾乎無限制——機械操作員，製造和裝配督導員，工程資料計劃師，設計師，製造工程師，研究員、推銷員、採購員、管理員、廣告著作及操作手冊編輯者，及公共關係人員，這些可以擔任的重要工作幾乎不計其數。

作者十分感謝許多公司，他們提供圖片及適當的說明，以協助本版書之出版。

已故Myron L. Begeman教授的心血，可以在每一頁上發現。對於機械製造的貢獻，沒有幾個人能與他相提並論。他的貢獻包括教學、研究、資詢、講演及著作。毫無疑問地，由於他的精湛研究，以及著作這一本適合時代，完善，及實用的機械製造程序，使他持續地貢獻於機械製造工作上。

德克薩斯州
科羅拉多州

B. H. Amstead
Phillip F. Ostwald

譯者序言

本書原著為 MANUFACTURING PROCESSES，譯名為機械製造程序，係採用目前最新之第七版翻譯而成。原著之優點在網羅多方面的專家與學者共同著作，且經逐版修訂，配合工業進步之趨勢而充實內容，故能風行於世。國內甚多專科以上院校皆採用為教材便是明證。

對於大多數沒有機械工業知識背景的大專學生，一開始即需閱讀原文，並要求從陌生的專用名詞中領悟或推理機械工業的內容，實在不容易。故本書之翻譯力求採用淺明文字，盡可能接近原文之書寫方式，使初次研習者較容易理解貫通，也容易配合原文版對照閱讀。

原序及第一章至第三章、第十六章至第十八章由詹政忠翻譯，第四章至第六章及第二十三章至第二十六章由林立人翻譯，第七章至第九章及第十九章至第二十二章由陳健春翻譯，第十章至第十五章由陳貴東翻譯。章節之分配原則在求內容與個人專長相接近，次求筆法相連貫。

四位譯者皆擔任過教職，故皆注意初次研讀者可能產生之困難點，偶爾捨原文之書寫方式而逕行意譯，願能達到確實為讀者服務之目的。本書係利用業餘時間審慎翻譯而成，唯才疏學淺，疏漏之處必然難免，懇請專家先進不吝指教。

譯者 謹識

中華民國六十八年五月於台北市

上册 目錄

第一章	基本製造程序	1
第二章	材料之性質和特性	19
第三章	鐵金屬材料之生產	38
第四章	非鐵金屬材料之生產	71
第五章	鑄造方法	89
第六章	特殊鑄造法	123
第七章	熱處理	151
第八章	熔接	177
第九章	粉末冶金	221
第十章	塑膠	243
第十一章	測量學	274

第一章

基本製造程序

歷 史

本書每一章開頭，皆附有古代木刻或版畫、寫生圖、風景或機械的照片，以便將早期的方式與現代製造方式作比較。這些圖片顯示已經發生的演進，例如，圖 1.1 是一百年以前的機械工場。目前製造方法已有改進，但早期的機械型式仍可從圖上辨認。

現代製造程序之興起，可以歸功於懷特尼和他的軋棉機、可互換性的生產方式、1800 年代的銑床、和同一年代中世界各地類似的發展。美國內戰期間，由於生產上的迫切需要，對機械製造工作給予極大的衝擊力。機械製造程序之實驗與分析的起源，要特別歸功於佛雷德 W. 泰勒，在懷特尼之後一世紀，他提出金屬切割技術的論文，建立了機械製造的科學基礎。其他的人，如已故的麥倫 L. 貝克曼，在機械製造程序的發展中，是一位謹慎的觀察者、研究者、及報告者，並且熱心地將新資料傳播給工業界。

動力轉換機器的發明，如水輪機、蒸氣機、和電動機等，以其機械力量取代人力，貢獻於人類。鐵金屬、非鐵金屬和塑膠等的各種發展，導致形成有用的產品，將人類的技術境界向前推進了一大步。對飛球調速器、凸輪、電氣、電子、和電腦的瞭解與使用，使人類能夠適切地控制機械。

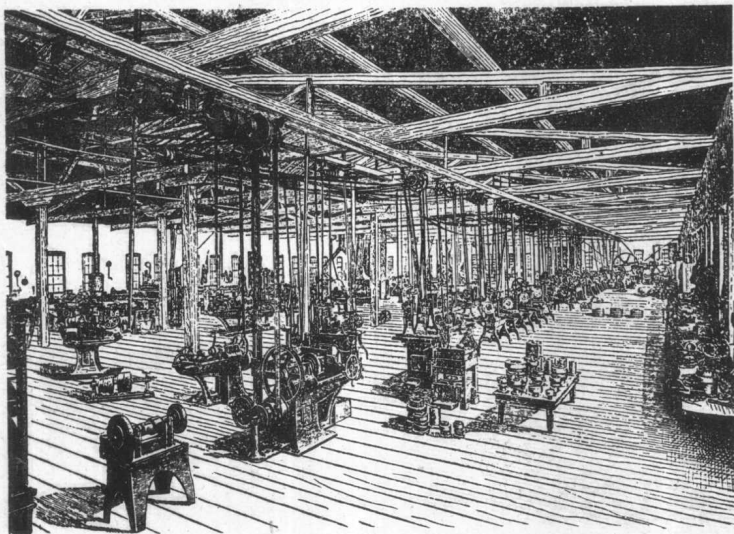


圖 1.1 機械工廠的內部，100×300 呎（30×90 公尺）使用高架皮帶傳送動力，大約 1885 年。

經濟生產的準則（Economical Production Criteria）

生產的成本，包含原料、機械、人工、銷售、倉儲、和經常性的開支。機械、人工成本和原料的開支，佔了成本的大部份。當材料已經選定，則加工的方法和機械的選擇，都將受到限制；或者先行選定機械，則加工材料的選擇，將受到限制。我們可以說，經濟生產的目的，就是生產有利潤的產品。這就意指產品的成本足夠低廉，且具有競爭能力；並且是目前所需要的產品，或是必須開發出來的產品。

自從第一次開始使用機械，即有漸進且穩定的趨勢，朝著結合更多的操作，和轉移更多的技術於機械上，使機械更具效率，以減少時間及勞力。爲了滿足這種需要，機械的設計與控制都變得更加複雜。自動化機構裝置在許多機械上，有些甚至是完全自動控制。這些技術性的發展，可使工業生產以較低的工資，達到高度的生產率。想要享受高度生活水準的任何社會，都必須具備這種發展。

隨著生產機械的發展，產品的品質亦被重視。製造工作的品質與準確度，必須嚴格控制，使製成的機件可以互換，且能提供最佳的功能。大量生產方式中，每一機件都必須能裝配在成品中。用互換件製成的產品，裝配迅速，成本低廉，且便於使用。爲了維持機件的準確尺寸，必須具備適當的檢驗設備。

決定經濟生產的三大準則如下：

1. 設計簡單，具備實用性，並能達到適度的美觀。
2. 對原料的選用，能夠兼顧物理性質、外觀、成本、和工作性能或加工性。
3. 製造程序之選定，應該避免使產品之精確度、表面加工超過實際需要，並且要盡可能降低單位成本。

產品設計

爲了使產品具有競爭能力，產品的設計，必須盡可能降低原料、加工、和儲存的成本。任何產品的製造，皆可指定採用較強韌、抗蝕性較佳、或壽命較長的材料，但工程師應依據經濟生產的準則，給予適當的斟酌。設計上，有時須用重量較大、價格較廉的材料，以取代重量較輕、價格較高的材料。

生產精度較高的零件，須用較昂貴的精密機械和製造方法，也須要較熟練的技術員，被淘汰的零件也會較多。產品設計的精度，不可超過使用時的要求。良好的設計品，應該顧及最後處理或塗層作業（Coating Operation）。因爲在評審產品時，其外觀與機能幾乎同等重要。許多類似彩色塑膠或其他特殊材料作成的產品，由於美觀耐看，所以銷路較佳。但在大部份情形下，零件的機能是產品的主要評審因素。對於高強度、耐磨耗、耐蝕、或重量受限制的產品，零件的機能顯得特別重要。

大量生產方式的零件，在設計時，必須設法配合大量生產式機械，並盡量避免使用不同的裝置（Setup）方式。如果使用普通生產機械，每次加工過程，零件都得經過拆卸、存放、和運送到下一部機械的步驟

4 製造程序

，由這些步驟所增加的成本，並不能增加產品的實用價值。

工程材料 (Engineering Materials)

在產品的生產和設計前，必須先對材料和加工方法有所瞭解。各種材料的物理性質、切削特性、成型的方法、和使用壽命等，常有不同。設計者為產品選擇最適當的材料及加工方法時，必須考慮上述種種因素。材料可大體歸類為金屬 (Metallic) 與非金屬 (Nonmetallic) 兩種。非金屬可分類為有機物 (Organic) 或無機物 (Inorganic)。由於非金屬、純金屬、和合金 (Alloy) 金屬的種類甚多，必須加以審慎的研究瞭解，才能選擇適用的材料。

工業上所使用的材料，很少是以元素形態存於自然界。例如，金屬的自然化合物——氧化物、硫化物、或碳酸鹽等，必須經過分離 (Separating) 或精鍊 (Refining Operation)，才能做進一步的加工 (Processed)。經過分離，材料的原子結構在常溫必須相當穩定，且能存放長久時間。在金屬工作上，鐵可以說是最重要的元素，但鐵的純元素形態很少有商業性用途。鐵若與其他元素結合而成各種各樣的合金，就能成為主要的工程材料。非鐵金屬包括銅、錫、鋅、鎳、錳、鋁、鉛等等，在我們的經濟生活中，佔著重要的地位，況且每一種非鐵金屬都有它的特別性質和用途。

機械或加工方法之選擇 (Machine or Process Selection)

製造時，需要選用經濟且精確生產的工具和機械。經濟生產的達成，主要取決於選擇適用的機械和加工方法。反過來說，產品的數量也影響這項選擇。通常，某種機械特別適於生產某種數量的產品。在小量 (Small-Lot) 或零星 (Jobbing) 的生產，特別適於選擇一般用途 (General-Purpose) 的機械，例如車床，鑽床，和鉋床等。因為此種機械適應性良好、原始成本較低、較少的維護需要、和較具彈性，以適合工廠中不同的工作要求。特殊用途 (Special-Purpose) 的機械只能

用來生產標準化的大量產品。例如，活塞研磨機或汽缸蓋平面加工機等單一機能的專用機械，可由半熟練技術員（Semiskilled Operator）來操作，並能達到迅速、精確、低成本、和完美的工作要求。

特殊用途的機械與常用的標準型機械，顯著地不同。它們裝置有特殊的機構，以取代技術員的精巧技能。一枚簡單的螺絲，可以用車床來製作，也可以用自動螺絲機來製作。車床的技術員，除了必須知道如何製作螺絲之外，尚必須能十分熟練的操作車床。在自動機械上，操作的程序以及工具的移動，都是由凸輪和止塊（Stops）來控制，而且，每次的產品品質都十分相似。將“技術轉植”（Transfer of Skill）於機械中，就可選用較不熟練的技術員，但却需要較佳的管理與維護。通常情形，並沒有需要製造完全自動化的機械，否則成本將非常高昂，反而不經濟。

欲為產品選擇最適當的機械與加工方式，必須具備所有可行的加工方式的知識。必須考慮的因素是生產的數量、完工產品的品質、和足以擔負生產工作的機械之利益與限制。大部份零件都可能採用數種方式來生產，但不必過份重視這項事實，因為通常僅有一種最經濟的生產方式。

金屬加工可以按各種型式的加工方式來分類，其中大多數的方式略加改變，即可適用於大部份的非金屬材料。

製造方式之分類

A. 改變材料形狀的方式

1. 從礦物提鍊。
2. 鑄造。
3. 熱加工和冷加工。
4. 粉末冶金的成形。
5. 塑膠模造。

B. 切削零件達到特定尺寸的方式

1. 傳統性切削，排除切屑。
2. 非傳統性切削。

6 製造程序

C. 表面加工的方式

1. 金屬切削。
2. 磨光。
3. 塗層 (Coating)。

D. 連結機件或材料的方式

E. 改變物理性質的方式

改變形狀

大多數金屬產品，是從礦物還原法或礦物精鍊法所獲得的鑄錠開始加工。熔化的金屬倒入金屬或石墨模型中，作成常用的形狀及大小，以便進一步加工。

改變金屬材料最初形狀的方式如下：

- | | |
|----------------------|---------------------------------------|
| 1. 鑄造 (Casting)。 | 13. 伸展成形 (Stretch Forming)。 |
| 2. 鍛造 (Forging)。 | 14. 軋軋成形 (Rolling Forming)。 |
| 3. 擠製 (Extruding)。 | 15. 氣炬切割 (Torch Cutting)。 |
| 4. 軋軋 (Rolling)。 | 16. 爆炸成形 (Explosive Forming)。 |
| 5. 引伸 (Drawing)。 | 17. 電液壓成形 (Electrohydraulic Forming)。 |
| 6. 擠壓 (Squeezing)。 | 18. 磁力成形 (Magnetic Forming)。 |
| 7. 軋碎 (Crushing)。 | 19. 電積成形 (Electroforming)。 |
| 8. 穿孔 (Piercing)。 | 20. 粉末金屬成形 (Powder Metal Forming)。 |
| 9. 型砧鍛造 (Swaging)。 | 21. 塑膠模造 (Plastic Molding)。 |
| 10. 彎曲 (Bending)。 | |
| 11. 剪切 (Shearing)。 | |
| 12. 旋轉成形 (Spinning)。 | |

上面列舉之加工方式，是將最初之材料改變形狀，以適應製作特定機件的需要。其中亦有若干成品，可以作為商場上已完工的產品，例如旋轉成形、軸之軋軋、壓鑄件、金屬板之伸展、及抽拉之金屬線等。其餘之成品，無論尺寸或外觀皆不能達到完成品的要求，必須進一步加工。

。必須注意者，最後三種加工方式——電積成形、粉末金屬成形、塑膠模造——雖與鑄造相類似，但不能視為鑄造。電積成形之零件，是利用金屬之電解，聚積在有導電性之樣模（Pattern）上。金屬是由電解液和用作陽極的純金屬棒所供給。零件的厚度若須高度精確，可採用此種製造方式。粉末金屬成形的零件，必須經過施加壓力的過程。製造時，將金屬粉末放在金屬模中，再施以高壓使之成形。大多數金屬粉末之產品，需要經過加熱程序，使粉末結合在一起。塑膠產品是將原料加熱或加壓，或二者兼具，依模型而成形。爆炸、電液壓和磁成形等三者，皆為高能率（High-Energy Rate）加工方式，此類產品在極短時間與極大的壓力下成形。

切削加工（Machining）

製造任何產品，通常包括許多的切削加工方式。分類如下：

A. 傳統之切屑切除方式

- | | |
|------------------|-------------------|
| 1. 車削（Turning）。 | 7. 鋸削（Sawing）。 |
| 2. 長鉋削（Planing）。 | 8. 拉孔（Broaching）。 |
| 3. 短鉋削（Shaping）。 | 9. 銑削（Milling）。 |
| 4. 鑽孔（Drilling）。 | 10. 輪磨（Grinding）。 |
| 5. 搪孔（Boring）。 | 11. 滾齒（Hobbing）。 |
| 6. 絞孔（Reaming）。 | 12. 切槽（Routing）。 |

B. 非傳統之加工方式

1. 超音波法（Ultrasonic）。
2. 放電加工法（Electrical Discharge）。
3. 電弧法（Electro-arc）。
4. 雷射光法（Optical Lasers）。
5. 電氣化學法（Electrochemical）。
6. 化學銑削法（Chem-milling）。
7. 磨料噴射切削法（Abrasive Jet Cutting）。

8 製造程序

8. 電子束切削法 (Electron Beam Machining)。

9. 電漿 (電弧電離氣) 切削法 (Plasma-arc Machining)。

上面所列之非傳統加工方式，切屑非常小，適於製作高精度尺寸的產品。此類加工，是在動力驅動的切削工具機上完成。工具機的加工方式，不外運用往復式或旋轉式運動的原則，也就是工具或工作物作往復運動或旋轉運動。如圖 1.2 所示，龍門鉋床 (Planer) 就是往復運動式機械的例子，工作物往復運動，並通過夾持於特定位置的刀具。牛頭鉋床 (Shaper) 則相反，工作物固定，刀具作往復運動。至於旋轉運動式機械，可以車床 (Lathe) 為例子，工作物旋轉，刀具固定。在鑽床 (Drill Press) 上，則為工具旋轉。

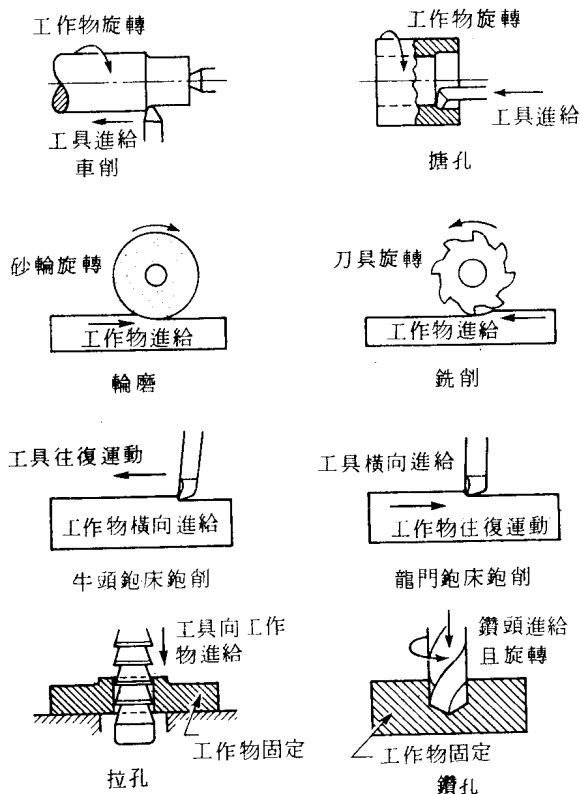


圖 1.2 切削零件至特定尺寸之傳統加工方法。

表面處理 (Surface Finish)

表面處理的目的，在確保表面光滑，高精度，美麗的外觀，或使表面具有保護作用。其加工方式如下：

1. 拋光 (Polishing)。
2. 磨料帶研磨 (Abrasive Belt Grinding)。
3. 滾筒打磨 (Barrel Tumbling)。
4. 電鍍 (Electroplating)。
5. 搪磨 (Honing)。
6. 研磨 (Lapping)。
7. 精磨 (Super finishing)。
8. 金屬噴灑 (Metal Spraying)。
9. 無機物塗層 (Inorganic Coating)。
10. 磷酸防蝕 (Parkerizing)。
11. 陽極氧化 (Anodizing)。
12. 滲鋅法 (Sheradizing)。

上述之表面處理方式，對尺寸之影響極小，主要目的在獲得完美的表面。以磨料實施加工的方式，除了使零件達到預定的尺寸外，並使表面精良。搪磨、研磨和拋光等三項，只磨除原來加工所留下之切痕，尺寸之改變極微小。精磨也是表面改良之加工方式，用以磨除無用之金屬碎片，顯出平實的結晶金屬面。電鍍和類似的方法，用以得到抗蝕的表面，或僅增加美觀，但不增加尺寸。

連接 (Joining)

產品需要組合兩件以上的零件時，通常以下列的方式來連接：

- | | |
|----------------------|----------------------|
| 1. 熔接 (Welding)。 | 4. 燒接 (Sintering)。 |
| 2. 軟焊 (Soldering)。 | 5. 壓接 (Pressing)。 |
| 3. 硬焊 (Brazing)。 | 6. 鉚接 (Riveting)。 |

10 製造程序

7. 螺紋件接合 (Screw Fastening)。

8. 黏接 (Adhesive Joining)。

熔接係利用加熱或再加壓，使金屬之熔融部位相接合。軟焊和硬焊的方式相近，但熔化不同的金屬介入零件之間以接合。燒接係加熱於金屬粉末，使顆粒互相結合。黏接的材料有粉末狀、液體、固體、和帶狀，廣用於接合金屬、木料、玻璃、布料、和塑膠。

改變物理性質

利用昇高溫度，或迅速、重覆之應力，以改變材料物理性質的方法頗多。常用之方法如下：

1. 熱處理 (Heat Treatment)。
2. 熱加工 (Hot working)。
3. 冷加工 (Cold working)。
4. 珠擊法 (Shot peening)。

許多熱處理的方法，可以改變金屬的物理性質與結構。雖然熱加工和冷加工主要目的在改變金屬之外形，但對於金屬的結構與性質，都有相當的影響。珠擊法用在數量較多的小零件，如彈簧，以增加抵抗疲勞損壞。

基本工業

以產量分類

工業分類之方式頗多，但無法決定何者為佳。大體言之，依產量的多少，可以分類如下：

1. 大量生產 (Mass production)。
2. 中量生產 (Moderate production)。
3. 零星生產 (Job lot production)。

大量生產，係指較長時間內，連續不斷的大量製造。部分權威人士認為，每年生產十萬件以上才能列入大量生產的範圍，但這種限制似乎