

# 製造程序

MANUFACTURING PROCESSES

(上册)

原書第七版

原著者

翻譯者

陳健春

陳貴棠

詹政忠

林立人

淡江書局印行

# 製造程序

MANUFACTURING PROCESSES

( 上册 )

原書第七版

原著者

翻譯者

B. H. AMSTEAD

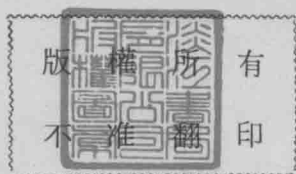
陳健春 陳貴東

PHILLIP F. OSTWALD

詹政忠 林立人

MYRON L. BEGEMAN

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。許多入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

本書原著爲 MANUFACTURING PROCESSES，譯名爲機械製造程序，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爲教材便是明證。

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，願能達到確實爲讀者服務之目的。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，要特別歸功於弗雷德 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，並且熱心地将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。



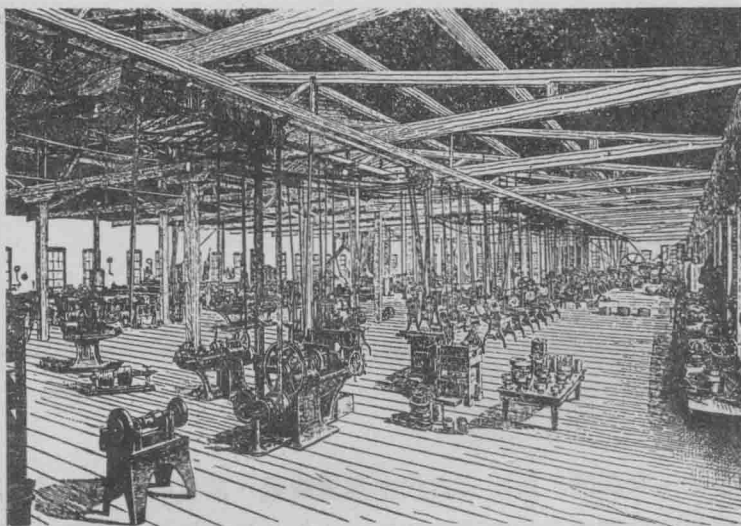


圖 1.1 機械工廠的內部，100×300 呎（30×90 公尺）使用高架皮帶傳送動力，大約1885 年。

### 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。為了滿足這種需要，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、成形的方法、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. 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。

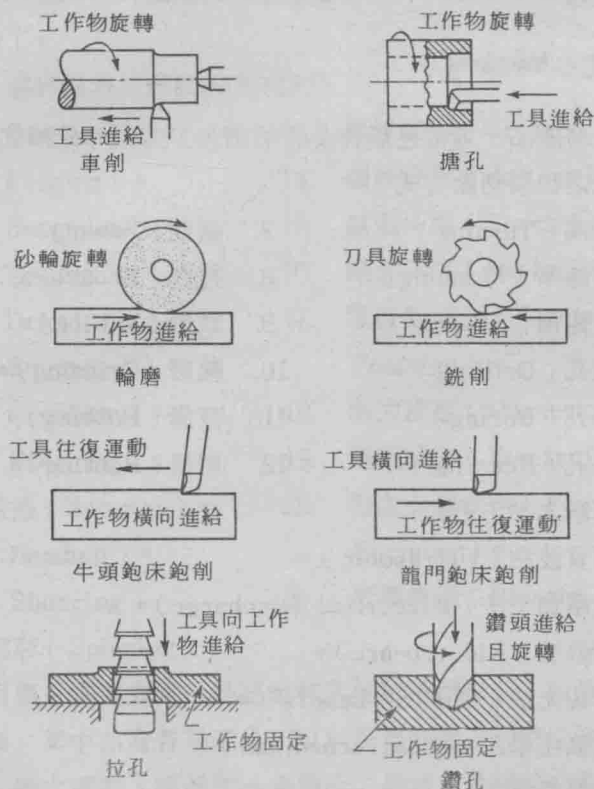


圖 1.2 切削零件至特定尺寸之傳統加工方法。

## 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

利用升高溫度，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