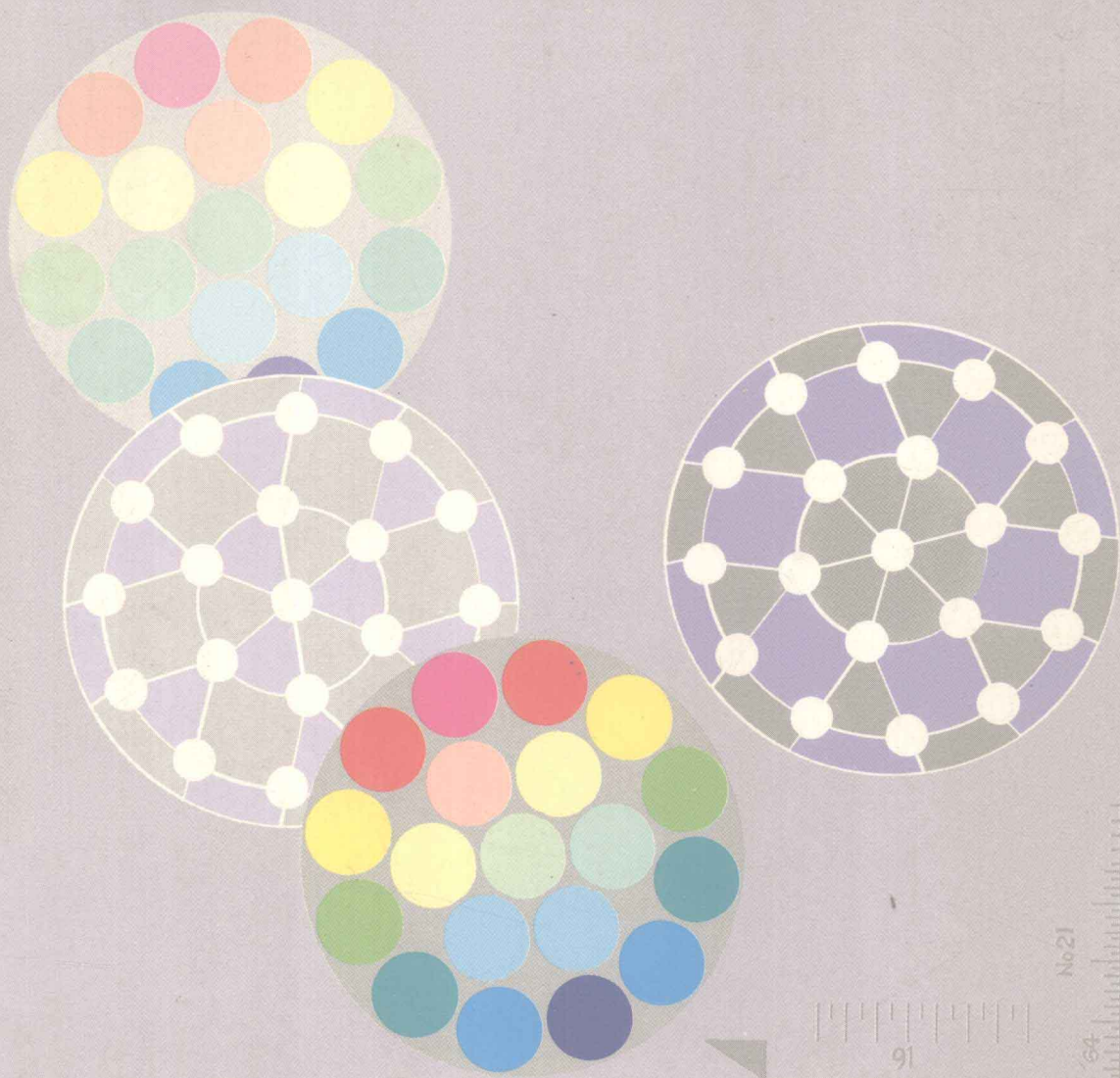


精密鑄造應用實務

陳武宏 編著



全華科技圖書股份有限公司 印行



全華圖書

法律顧問：陳培豪律師

精密鑄造應用實務

陳武宏 編著

出版者 全華科技圖書股份有限公司

地址 / 台北市麗江路76巷20-2號2樓

電話 / 5071300 (總機)

郵政帳號 / 0100836-1號

發行人 陳 本 源

印刷者 宏懋打字印刷股份有限公司

電話 / 5084250 • 5084377

門市部 全友書局(黎明文化大樓七樓)

地址 / 台北市重慶南路一段49號7樓

電話 / 3612532 • 3612534

定 價 新台幣 240 元

初版 / 78年 3 月

行政院新聞局核准登記證局版台業字第〇二二三號

版權所有 翻印必究

圖書編號 0211808

我們的宗旨：

**推展科技新知
帶動工業升級**

**為學校教科書
推陳出新**

感謝您選購全華圖書
希望本書能滿足您求知的慾望

「圖書之可貴，在其量也在其質」，量指圖書內容充實，質指資料新穎夠水準，我們本著這個原則，竭心盡力地為國家科學中文化努力，貢獻給您這一本全是精華的“全華圖書”

為保護您的眼睛，本公司特別
採用不反光的米色印書紙！！

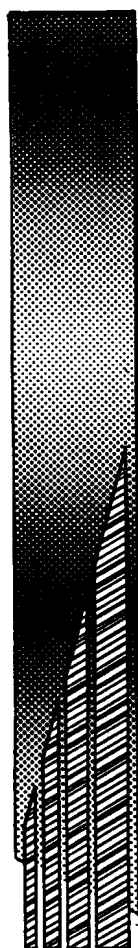


編輯部序

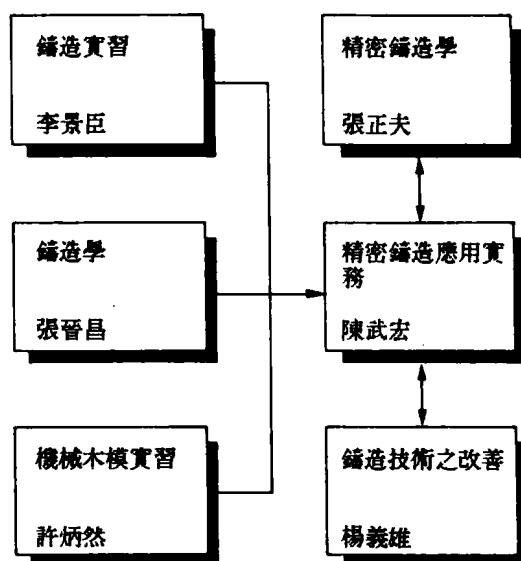
「系統編輯」是我們的編輯方針，我們所提供給您的，絕不只是一本書，而是關於這門學問的所有知識，它們由淺入深，循序漸進。

此書乃作者積多年經驗，廣收先進國家的資料，兼併數年來所編員工訓練資料和業務人員的訓練教材等，編成一系列的書籍之一。內容包括精密鑄造簡介、特徵、運用限制、設計開發新產品之利用、精密鑄件材料、加工方法、採購要訣和研究方向等。可供精密鑄造生產人員，深入瞭解與技術工運用，並且可供在校學生、設計人員、研究開發人員、採購人員和貿易商等作參考。

同時，爲了使您能有系統且循序漸進研習相關方面的叢書，我們以流程圖方式，列出各有關圖書的閱讀順序，以減少您研習此門學問的摸索時間，並能對這門學問有完整的知識。若您在這方面有任何問題，歡迎來函連繫，我們將竭誠爲您服務。



流程图





序 言

自中正理工學院畢業後，在兵工廠服務約十年，眼見大部份的武器零件，都由傳統的加工，諸如車、鉗、銑、鉋、鑽和研磨等，經過數十次，才能從條料，變為成品。五十年代末期，身歷脫臘精密鑄造的引進，一下子為其神奇的成形能力所吸引，四、五十道次始能完成的零件，採用精密鑄造方法，祇需再三、五道次，即可成為成品，如何不讓人嘆為觀止呢！斯時，即下定決心，今後將以精密鑄造為職志，期望在這行業上，能夠對國家、社會的工業，有所提昇，有所貢獻。

一、二十年來，迄未離開此行業，偶或另謀他職，亦與它有關，譬如鋁、銅之冶煉和機械零件之外銷等，從製造到業務，都曾深入接觸，確切瞭解國內之現況：鑄造業者，缺乏技術來源；而各行各業的採購者，欠缺運用方面的知識。於是生產技術不長進，應用範圍又不廣泛，因此，目前國內的精密鑄造廠，雖然增加頗多，却只停頓在高爾夫球桿頭、船用五金、手工具和凡而等的生產，一直無法發揮精密鑄造的特長。每思及此，總覺汗顏，乃將多年的經驗，廣搜先進國家的資料，兼併數年來所編員工訓練資料和業務人員的訓練教材等，編譯成一系列的書籍，期能拋磚引玉，激發各界的研討意願，使國內的精密鑄造工業，能夠成長茁壯，讓各產業都能跟著獲益。

此書是整個系列之一，內容包括精密鑄造簡介、特徵、運用限制、設計開發新產品之利用，精密鑄件材料、加工方

法、設計方法、採購要訣和研究方向。這些內容，可供精密鑄造業之生產人員，深入瞭解技術運用，讓業務人員，對營業目標的取捨，多所助益。更供給各行各業的設計人員、製造人員、研究開發人員和採購人員，如何運用精密鑄件，降低其產品之成本，提高其利潤。至於貿易商，更是非看本書不可，目前，美、歐、日等先進國家，脫臘鑄造大多運用於航空零件的生產，而商用零件等，都逐漸在尋求國外的供應商，深信國內的貿易商，關於這方面的詢價，必然日益增加，為能獲取較高接單機會，更要瞭解精密鑄造。

本書做為高工、大專工科學生的教材，或者參考書籍，必可擴大學生的視野，對於將來的就業，可獲駕輕就熟之便。

由於學識淺薄，謬誤之處，在所難免，至祈師長先進，不吝指正，是所至盼！



目 錄

1

精密鑄造簡介

1.1	前 言	1
1.2	精密鑄造的意義	1
1.3	脫臘鑄造簡史	2
1.4	脫臘鑄造基本工程	6

2

精密鑄造的特點與運用

2.1	特 徵	19
2.2	運 用	20

3

精密鑄件的應用限制

3.1	強調精密鑄件運用的益處	41
3.2	精密鑄件的運用限制	42
3.3	精密度與價格的關係	53
3.4	統計方法檢查「設計」	57
3.5	統計的品質管制	59

4

利用精密鑄件設計開發新產品

4.1	前 言	63
4.2	經由精密鑄件進行材料測試	66
4.3	模具價格比較	67
4.4	節省開發工作的時間	68

5**精密鑄件用低溫非鐵合金**

5.1	前 言	73
5.2	精密鑄造合金之可鑄性	74
5.3	鑄造中的變數	75
5.4	鎂合金鑄件	76
5.5	精密鑄件用鋁合金	77
5.6	精密鑄件用銅基合金	80
5.7	結 論	86

6**鑄鐵與延性鑄鐵之精密鑄件**

6.1	鑄鐵之範圍	89
6.2	為何採用延性鑄鐵	91
6.3	精密鑄造新材料	92
6.4	精密鑄造延性鑄鐵的分類	94

7**鐵合金和耐熱合金**

7.1	前 言	101
7.2	碳素鋼及低合金鋼	102
7.3	麻田散鐵系不銹鋼	106
7.4	沃斯田體系不銹鋼	107
7.5	工具鋼	108
7.6	鎳基合金	110
7.7	鈷基合金	112
7.8	鋁 - 鎳 - 鈷 磁石合金	113
7.9	天生硬質工具合金	115
7.10	精密鑄造用硬合金	116
7.11	尺寸穩定性	117

8

耐化學和高溫合金之運用

8.1	前言	123
8.2	鑄造蒙納爾合金之使用推薦	130
8.3	高溫用途不銹鋼	131
8.4	鑄造不銹鋼中之碳化物析出	132
8.5	麻田散體不銹鋼	133
8.6	化學用途之鈷基合金	133
8.7	鈷基高溫合金	134
8.8	高溫用途鎳基合金	136
8.9	化學上之“Hastelloy”鑄件	136
8.10	高溫鑄件用“Multimet”	138
8.11	摘要	139

9

工具夾點與基準面之利用

9.1	加速交易	145
9.2	工具夾點的定位方法	146
9.3	工具夾點觸點	150
9.4	工具夾點之應用	154

10

如何加工精密鑄件

10.1	加工與設計	157
10.2	銼刀加工裕度	160
10.3	切螺紋和攻牙	160
10.4	碳化物刀具的應用	161
10.5	鑽孔方法	162
10.6	研磨至成品	163
10.7	鑄造組織和鍛造組織的差異	163
10.8	鑄造合金切削性的重新認定	165
10.9	切削矽黃銅鑄件	166

10.10	鎂合金鑄件之運用	167
10.11	夾具設計原理	167
10.12	夾具必須可以調整	169
10.13	夾具必須易於操作	171

11

如何設計精密鑄件

11.1	前 言	181
11.2	基本設計原則	183
11.3	設計限制	184

12

如何採購精密鑄件

12.1	前 言	203
12.2	採購者的需求	204
12.3	影響鑄件成本之生產因素	207
12.4	新鑄件的訂購	208
12.5	曾製過鑄件之訂購	212

13

精密鑄造之展望

附錄 1	MIL-C-6021H, 表IV	243
附錄 2	MIL-C-6021H, 表V	244
附錄 3	MIL-C-6021H, 表VI	244
附錄 4	Ni, Co 和Fe 基鑄造合金成分對照表	245
附錄 5	精密鑄造用鋁合金化學成分	261
附錄 6	精密鑄造用鋁合金機械性質	262
附錄 7	精密鑄造用鋁合金物理特性	263
附錄 8	MIL-C-6021H, 表I	264
附錄 9	MIL-C-6021H, 表II	264
附錄 10	MIL-C-6021H, 表III	265
附錄 11	MIL-C-6021H, 表IV	266

精密鑄造簡介

1.1 前言

金屬零件的製造，除了傳統的車、鉗、銑、鉋、鑽、磨和拉製以外，爲了節省材料和製作工時，還採用金屬型成之方法，其涵意爲「一塊金屬的形狀改變」。它大致上分爲五大類：(1)機械操作，例如鍛造、擠製、滾製、抽製和各種金屬片成形方法。(2)鑄造。(3)粉末冶金。(4)電鑄。(5)軟焊、硬焊和熔接等接合方法。零件製造方法的選擇，最先要知道生產該零件所有的可能方法，其次就是要曉得，那一種方法的成本最低。

當然，製造方法的選擇，尚須包括材料種類、製造方法對本質冶金組織的影響、零件的大小和形狀（複雜度）、所需公差、表面狀況、生產量、成本和其他因素（設備的有效程度、生產速率和預備生產所需時間等）。如想獲得更詳細資料，請參考機械月刊社出版之機械百科全書中，拙譯之金屬型成（metal forming）乙節。本書只對鑄造方法，尤其是精密鑄造方法，加以研討。

1.2 精密鑄造的意義

所謂鑄造，乃是以高熱熔化金屬，將熔液澆注於鑄模，經冷卻成形的作業。而凡是能製得精確尺寸，表面光滑和形狀複雜的鑄件者，其鑄造方法，皆可

稱為「精密鑄造法」。一般所謂的精密鑄造法，包括殼模法(shell mold process)、壓鑄法(die cast process)、包模法或脫臘法(investment or lost wax process)、陶模法(ceramic mold process)和石膏模法(plaster mold process)等。殼模的製作，利用熱硬性樹脂之加熱不可逆凝固能力，將模砂黏結住。所謂壓鑄法，係利用精密之金屬模具，以手動或自動，注入熔融金屬，又經加壓，鑄造高精度鑄件之方法。脫臘法是將臘型埋沒於包模材料中，經加熱熔解而脫出臘，產生所需模穴，然後在空穴部份，澆入熔融金屬而製造高精度鑄件的方法。陶模法是利用無機黏結劑，將耐火粉末燒結成陶質鑄模的方法。石膏模法是以石膏製作鑄模，鑄件表面非常平滑，因為不耐高溫，只能鑄造鋁及銅合金等。本書只討論脫臘鑄造法，以後所提精密鑄造法，若無特別提示，則全部代表脫臘鑄造法。

1.3 脫臘鑄造簡史

模鑄術是所有金工作業中，最古老方法之一。古時代的佛像、硬幣和鍋等，常用青銅或鐵鑄造。我國古代製模，多數用土，鑄模的製作雖易，然鏤刻較難，故進而使用臘模。今人所謂之脫臘法，始自夏禹，應屬平心之論。古籍天工開物曾言：「凡造萬鈞鐘與鑄鼎法相同，掘坑幾丈幾尺，燥築其中如房舍，挺泥作模骨，用三合土築，不使有絲毫隙拆，乾燥之後，以牛油、黃蠟附其上數寸……油臘慢定，然後雕鏤書文物象絲髮成就，然後舂絕細土與炭末為泥，塗慢以漸而加厚至數寸，使其內外透體乾堅，外使火力炙化，其中油臘從上口孔隙鎔流淨盡，所成空處即鐘鼎托體之區也」。由出土古董，可以看出我國古時脫臘鑄造之盛況。至於國外的記載，耐特氏(Knight's)美國機械辭典，曾列舉青銅，係公元前2230年，用脫臘法鑄造的最早金屬之一。聖經依利賽一章(公元前712年)，曾述及Aaron人鑄造之金犢。Nero暴君之青銅像，則係希臘雕像大師Zenodorus，為配合羅馬愛神廟附近巨像而鑄造者。西班牙Seville大教堂中，有一座寶蓮燈，係Bart Marel在1562年，以脫臘法鑄成，現仍保持卓越的藝術地位。

離心鑄造法，亦稱脫臘——隱形模及液體鍛造作業，目前使用於牙科、珠寶和藝品，最為廣泛。1907年，牙科醫師Taggart博士，介紹離心鑄造法給同業，代替將金片錘入蛀牙之小孔內。1940年才有人試行於珠寶飾品之製作

。現在全世界都已盛行。

談到工業上的運用，因為近代工業，所要求製品之尺寸精度、機械特性和同一形狀物品之多量生產等，以及製造工程與臘、耐火材料和黏結劑等特性問題，前述生產方法，一直無法用在工業上。第二次世界大戰中，噴射引擎的誕生和其他武器零件製造上的需要，於西元1940年，歐美各國將其方法，加以改善研究，以適應近代的工業。於是脫臘法在工業上的運用，終於急速發展。日本經過戰後數年的研究，在1950年才開始工業化。我國一直到1970年前後，才開始引進脫臘法，一直在手工具、高爾夫球桿頭和船用五金的生產上打轉，偶或製造一些工業零件，因為沒有政府和研究團體的推動，工業上的運用，迄無優越的表現，更遑論汽渦輪葉片和航空器材的生產了。

圖1.1所示，為英國精密鑄造工業，由1940年到1970年的進展情形，乃是英國精密鑄造者協會(BICTA)所統計的。又如圖1.2所示，為美國精密鑄造者協會(ICI)之統計。我們知道精密鑄件，分為兩大主流，一者為一般工業用途，一者為航空鑄件。試觀我們自己，一直還停留於藝品、球桿頭和船用五金的生產，豈不是落後太多了呢？

因為地緣關係，日本跟我們的關係，最為密切。他們的發展情況，值供我們借鏡。圖1.3所示，為日本從1965年到1970年，各種精密鑄造方法的年生產量比較。再看表1.1，為日本昭和54年到55年(1979~1980年)，精密鑄件以用途分類之生產量和生產額之比較。脫臘法的生產量，1980年與

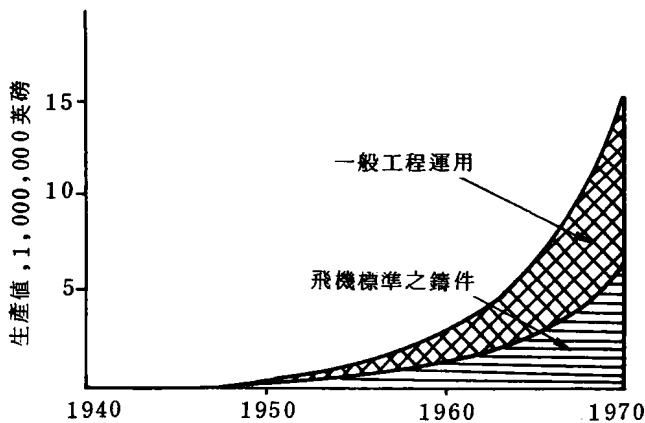


圖 1.1 英國精密鑄造工業之成長

4 精密鑄造應用實務

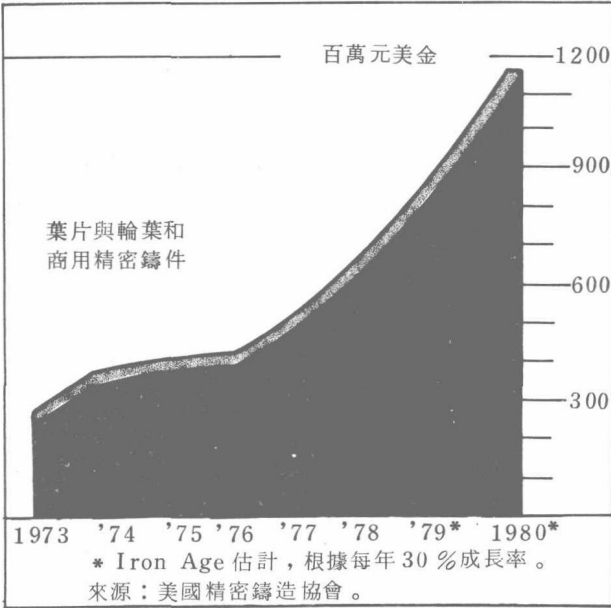


圖 1.2 精密鑄件連續成長圖

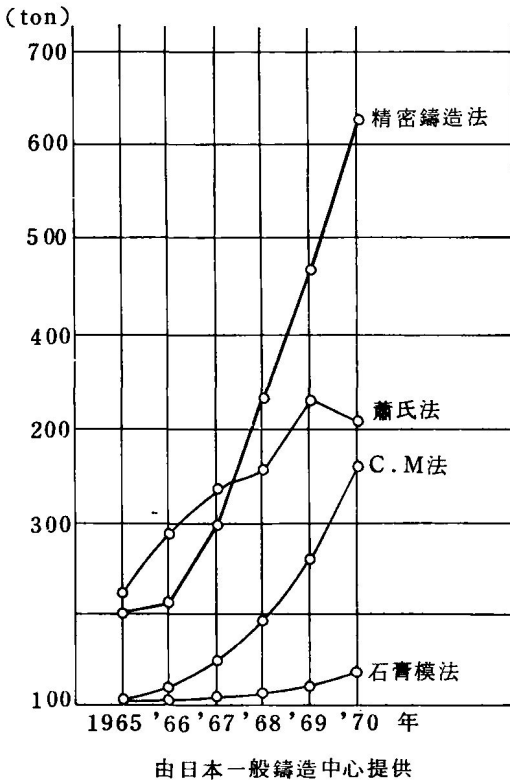


圖 1.3 1965 到 1970 年鑄件每年
生產噸數

表 1.1

年	1979			1980		
項目 用途	脫臘法	陶模法等	合計	脫臘法	陶模法等	合計
產業機械器具	797 T (4,936)	134 T (432)	931 T (5,368)	881 T (6,245)	138 T (653)	1,019 T (6,898)
紡織、農機	202 T (850)	— —	208 T (850)	195 T (866)	— —	195 T (866)
電信、通信機器	202 T (963)	6 T (126)	208 T (1,089)	223 T (1,272)	3 (208)	226 T (1,480)
汽 車	594 T (2,328)	89 T (257)	683 T (2,585)	1,057 T (3761)	197 T (524)	1,253 T (4,285)
航空機、武器	76 T (1,884)	— —	76 T (1,884)	89 T (2,522)	— —	89 T (2,522)
模 具	— —	234 T (649)	234 T (649)	— —	369 T (742)	369 T (742)
其 他	341 T (1,272)	5 T (65)	346 T (1,337)	444 T (1,726)	3 T (74)	448 T (1,800)
合 計	2,218 (12,233)	468 (1,529)	2,686 (13,762)	2,889 (16,392)	7101 (2,201)	3,599 (18,593)

註：() 內之數值為生產額，單位：百萬日圓。

1979 年之比為 1.30 倍，生產額為 1.34 倍。在用途分類上，生產量和生產額之增減，我們可以看到脫臘法，在各種工業的盛衰情況：產業機械用具，生產量為 1.11 倍，生產額為 1.27 倍；紡織和農機零件，生產量為 0.94 倍，生產額為 1.02 倍；電力和通信機器零件，生產量為 1.09 倍，生產額為 1.36 倍；汽車零件，生產量為 1.78 倍，生產額為 1.62 倍；航空機和武器零件，為 1.17 倍和 1.34 倍；其他，為 1.30 倍和 1.36 倍。由以上的圖和表，我們知道脫臘法的進展，日本從 1966 年以來，每年平均增加 30 % 以上。人家能，我們為什麼不能呢？

1.4 脫臘鑄造基本工程

脫臘鑄造之鑄模，依陶殼的構造與性質，分為兩類。即陶實體模(ceramic solid mold)和陶殼模(ceramic shell mold)。珠寶、飾品和牙科業，都是使用實體模法，此法是以臘作成原型，擺於金屬砂箱(flask)，澆入石膏(摻有耐火粉)，俟石膏凝固後，將臘熔出，留下空穴，經烘乾後，即可澆鑄金屬。一般採用加壓法、失壓鑄造法和最常看到的離心澆鑄法。當金屬凝固後，將鑄模打碎，經清砂、切斷澆口後，即得所需鑄件。全世界採用此法，生產工業零件者，並不多見。陶殼模法的製作過程，非常簡易，只需沾漿及敷砂(dipping and stuccing)，數次即可。此方法的優點，是燒成時間縮短，除砂簡單，而且同量的金屬，造模成本，約只實體模法的一半。零件重量超過9kg時，實體模法變成非常繁重，而且難以操作。陶殼模法，只要沾敷七層，就能夠澆鑄55kg的金屬，有時尚不必背砂(back-up support)。國內工業零件的生產，全數採用陶殼模法。本書僅就此法，予以扼要說明。讀者若想深入瞭解生產技術，請參考拙編之一系列資料：IC1.射臘模之設計、製造與澆口系統。IC2.精密鑄造用模型的製作。IC3.精密鑄造鑄模的製作。IC4.冶煉與澆鑄和IC5.鑄件處理。

1.4.1 生產臘型的模具

製成的耐火鑄模，其所包圍的模型(pattern)，不管是臘、塑膠或水銀，都由模具型成。所用模具的種類，依所用模型材料、所需鑄件的複雜度和生產量而定。當然，成品的準確性，也影響模具種類的決定。

- (1) 長期操作模具：若是你的零件，需要長期的生產，則模具非常類似於壓鑄模或塑膠模。零件的形狀單純時，可用兩片模(two-part die)，但若為相當複雜的形狀時，就要數片拆模。依照所需模具之壽命，它可由鋼鐵、青銅或鋁構成，以一般工具間的生產方法製造。
- (2) 低融合金模具：零件需求量稍少時，可採用低融合金模具，例如40%錫和60%鉍之白金屬(white metal)，融點只 190°C (375°F)，可在約 200°C (400°F)澆鑄。鉍在冷卻中會稍微膨脹，合金中所佔的比例，正可補償錫之收縮，因此可避免體積變化。國內高爾夫球桿頭之模