

技術資料 No.41

精密鑄造文獻集

第一輯



中華民國鑄造學會編印

精密鑄造文獻集

第一輯

中華民國鑄造學會編印

技術資料 No.41

精密鑄造文獻集第一輯

發行：中華民國鑄造學會

理事長：齊世基

高雄市高楠公路1001號

編輯：中華民國鑄造學會出版委員會

印刷：佳興印刷局企業有限公司

高雄市苓雅區廣西路76號

電話：(07) 238363

中華民國六十四年十二月

精密鑄造文獻集 第一輯

目 錄

精密鑄造法 (Precision Casting Methods).....	林良清·蔡馬陵 陳奉一·邱紹成.....	1
精密鑄造用金屬與合金.....	楊國和.....	26
精密鑄造用鋁合金及銅合金.....	許啓仁.....	31
陶模鑄件的冒口補充.....	林文謙.....	35
廢蠟復甦之研究.....	周傳訓.....	42
新改良型粘結劑.....	陳奉一.....	46
精密鑄造耐火材料與製模.....	周傳訓.....	49
陶模強度之要素.....	周傳訓.....	51
陶模的乾燥.....	邱紹成.....	67
精密鑄件除砂之新方法.....	林文樹.....	78
精密鑄件架空軌道噴光系統.....	林文謙.....	81
精密鑄造邁向自動化.....	黃柏仁.....	83
精密鑄造之品質管制.....	賴瑞訓.....	86
精密鑄造評價分析.....	張錫綸.....	94
精密鑄造法製造更好的機械另件.....	蔡幸甫.....	97

精密鑄造法 (Precision Casting Methods)⁺

林良清* 蔡馬陵**
 陳奉一***
 邱紹成***

本文原為工業技術研究院金屬工業研究所林主任良清、蔡馬陵、陳奉一及邱紹成等四人，應「材料科學」六十四年度學術研討會之邀請，於民國六十四年九月廿七日在台灣大學學生活動中心禮堂，以「精密鑄造與加工」為題，做專題演講時所發表。

會後與會人士及工業界人士，均認為講解內容豐富、題目新穎、紛紛函索資料，鑒於精密鑄造在我國正值蓬勃發展之際，為期對精密鑄造業者及其同好略盡棉薄之力，本刊乃特請各主講人將原稿略加補充及潤飾，並插入最新圖片及照片多幀，特予刊登，以饗讀者。

一、緒言

本論所謂精密鑄造法，係指採用某些非金屬鑄模，與普通鑄模相較，經澆鑄金屬液後，所得的鑄件精度頗為突出之鑄造法。隸屬本範疇的鑄造法計有包模法 (Investment Casting Process)，陶模法 (Ceramic-mold Process) 及石膏模法 (Plaster-mold Process) 等。

1-1 包模法

包模法亦稱脫脂法 (Lost wax Process)，其原理自古即有。使腊模 (wax pattern) 自粘土質包模中溶脫後，澆鑄金屬液之方法，決非近代人所開創，近代人祇不過應用此原理，將鑄模材料及製造步驟加以改良，使本法從古典的工藝性鑄造法，蛻變為近代的工業化鑄造而已。

遠溯至公元前數百年前，在埃及便已盛行着古典的包模法、鑄造型狀複雜的青銅工藝品，事實上在非洲大陸至今尚留傳着原始的包模法。在

歐美，此法迨至第二次世界期間，為了生產大量的武器零件，始邁向工業化的途徑。目前的發展更為迅速。例如，早期的實體包模 (Solid Invested mold)，殆已被作業性較佳、製造成本低廉，且澆鑄後結晶較微細之陶瓷殼模 (Ceramic Shell mold) 所取代 (如圖 1-1)。另在沾漿工程方面，此法亦逐漸採用自動化作業以替代人工，圖 1-2 示電腦控制的自動化沾漿作業。現在此法已成為製造噴射引擎不可或缺的技术。

1-2 陶模法

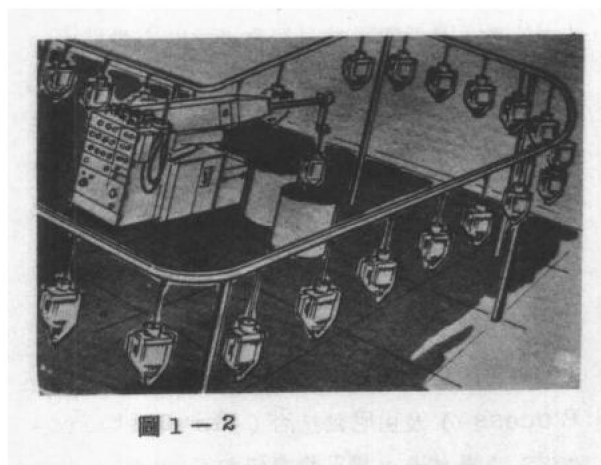
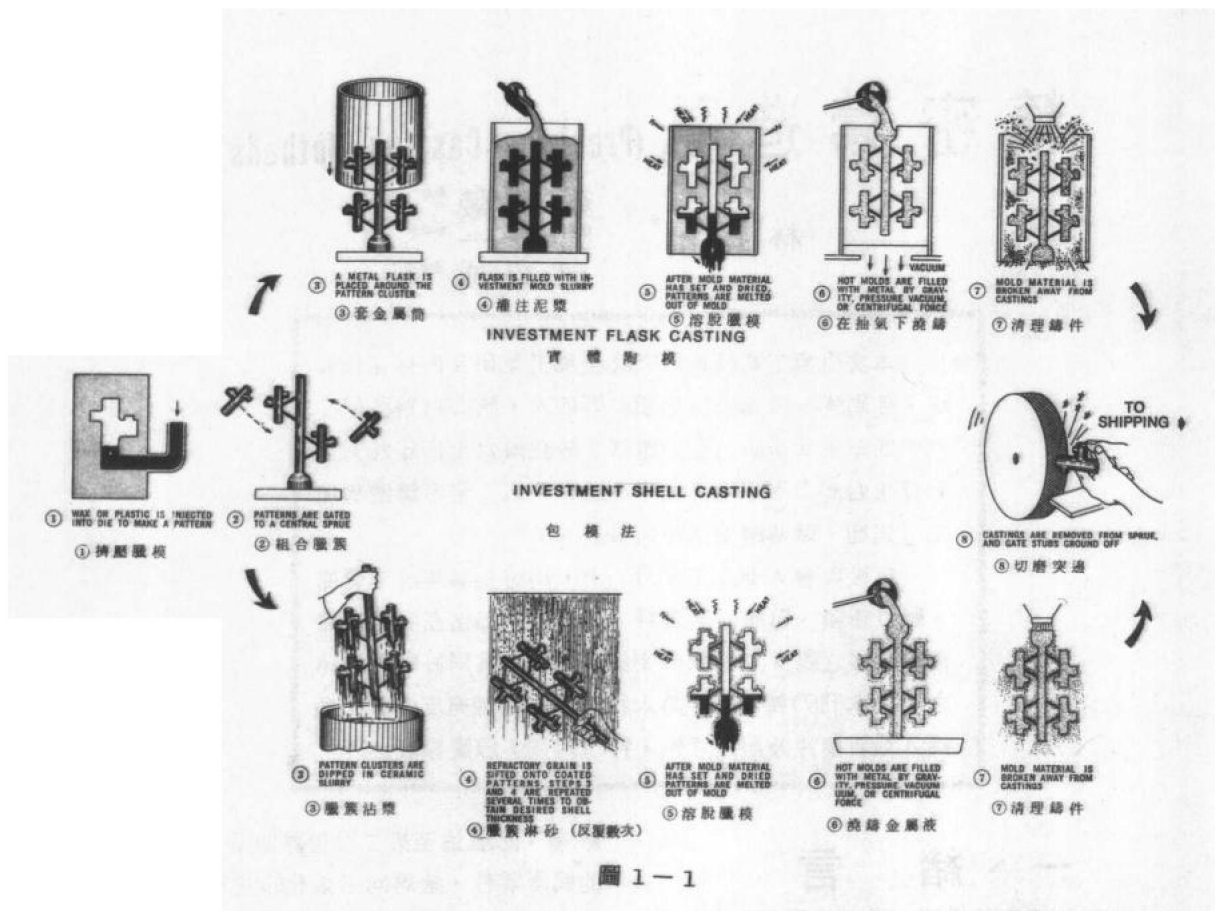
陶模法以蕭氏鑄造法 (Shaw's Casting Process) 及由尼鑄造法 (Uni-Cast Process) 為代表。蕭氏鑄造法約在1950年，由於考古學上複製遺跡之需要，為英國蕭氏兄弟 (Shaw's Brother) 所創造，嗣經研究改良，遂成為今日的工業化鑄造法。由尼鑄造法約始自1960年，為美國葛林伍德氏 (R.E.Greenwood) 之創作。兩者均可利用矽酸乙脂四十 (

+64年12月1日收件

* 金屬工業研究所正研究員、本學會總幹事

** 中國鋼鐵公司工程師

*** 金屬工業研究所研究員



(Ethyl-Silicate 40) 之水解液為粘結劑，先配以粒度分佈適宜的耐火砂，再點滴適量的膠化劑，將其攪成泥漿，注入模型四週，使其自行膠化後，前者以強火烘烤如圖 1-3，使膠化體中的揮發物迅速燃燒而產生無數微細裂痕。形成略具透氣性的陶模；後者係將膠化體浸漬於硬化浴中如圖 1-4，經一定的時間後使其中的揮

發物在無從蒸散下，藉助化學反應而先使其趨安定，以維尺寸精度，然後再經烘烤便得表面光滑的陶模。目前兩者均在專利權保護下，成為鑄造金屬模、大型精密鑄件及美術工藝品必需的技術。

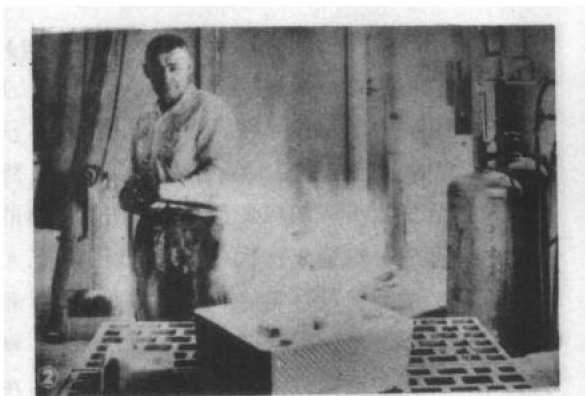




圖 1-4 陶模浸漬於硬化浴中

1-3 石膏模法

石膏模法的起源亦甚早，自中世紀即已被應用於青銅像之鑄造。但此法在工業上的應用却延至 1940 年，始在美國推廣起來。目前已成為鑄造鋁合金或鋅合金質金屬模；鋁合金質精密複雜機件，電子器材用箱壳及微波導管等，如圖 1-5，1-6，最具經濟價值的技術。由於石膏模法係使用石膏為鑄模材料，其通氣性，耐熱性及傳熱性均差。因此造模時必須藉助各種方法，諸如卡巴古法（Capaco process），安弟奧吉法（Antioch process），攪拌發泡法及化學發泡法等，以改善其通氣性。又澆鑄的金屬材料亦僅限於融點較低的非鐵金屬，諸如銅、鉛、鋅合金等。惟澆鑄銅合金鑄件時，鑄模內尚需摻配結砂、矽砂、金屬粉或石墨粉等以利改善其性

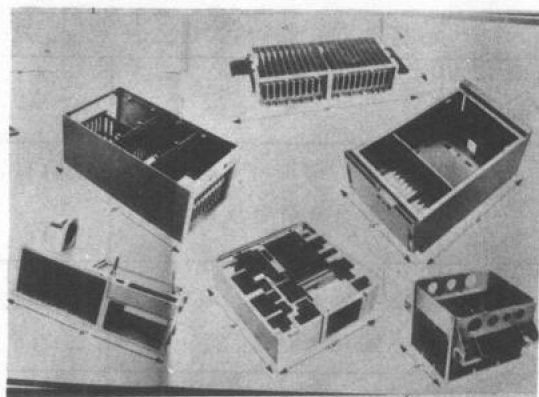


圖 1-5 電子零件箱壳

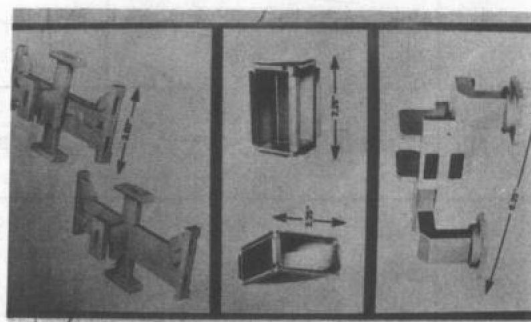


圖 1-6 微波導管

能，此時石膏僅當做粘結劑使用而已。

表 1-1 示各種精密鑄造法之比較。

六十四年（第二屆）「材料科學」學術研討會

主辦單位

- 中國材料科學學會
- 中國礦冶工程學會
- 工業技術研究院
- 中山科學研究院

協辦單位

- 國立台灣大學
- 國立清華大學
- 國立交通大學
- 國立成功大學

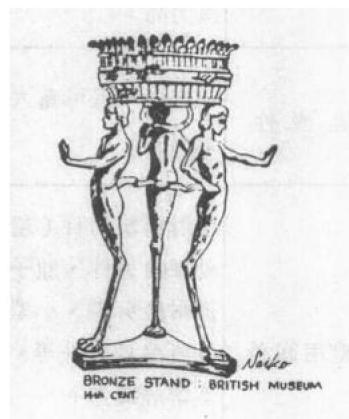


表 1-1 各種精密鑄造法之比較

鑄造法 鑄件	包 模 法	陶 模 法	石 膏 模 法
適用材質	對所有的鑄件材質均適合，尤以對合金鋼最為適合。	對所有的鑄件材質均適合。	限於融點在銅合金以下金屬，即銅、鋁、鋅合金均可。
尺寸精度	一般公差 $\pm 0.5\%$ 以下。結構一體化，無方向性。	一般公差： $\pm 0.5 - \pm 0.2\%$	一般公差： $\pm 0.5 - \pm 0.2\%$
表面光度	$2 - 20 \mu$	$5 - 30 \mu$	$3 - 20 \mu$
型 狀	適於非常複雜鑄件，含有螺紋，盲洞亦可。	適於相當複雜鑄件，可利用於預製陶心之製造，供澆鑄空心鑄件。	適於相當複雜鑄件。
壁 厚	最小壁厚約至 0.5^{mm}	最小壁厚約至 1.0^{mm}	最小壁厚約 1.0^{mm}
重 量	可鑄 5 g 至 100 kg 鑄件但最適範圍 0.05 - 10 kg	可鑄至 10^t 大型鑄件但最適範圍 0.5 - 300 kg	可鑄 30 - 40 kg 鑄件但最適範圍 0.1 - 20 kg
機械性能	結晶無方向性，可調整肉眼組織以求改進。	性能較佳，因鑄件冷卻速度較快，結晶微細。	性能較金屬模、砂模稍劣。因冷卻速度緩慢，結晶易變粗大。
生 產 力	少量、大量生產均可，沾漿作業可採用自動化方式，生產力高。	少量、中量生產均可，生產力低。	少量、大量生產均可，生產力中等程度。
經 濟 性	成本高，但可藉大量生產降低成本。	成本稍高，適於金屬模或大型鑄件。	成本稍高，但適於鑄造非鐵合金，最適合鋁合金。
應用範例	噴射引擎零件（超合金）、氣動旋輪零件、原子爐零件耐熱耐蝕零件、小型精密機件、農機具零件等，亦適於真空熔解鑄造。	金屬模（鑄鐵、鋼合金、銅合金）、耐熱耐蝕零件（高合金、特殊合金）、旋輪噴嘴、中、大型精密機件、美術工藝品。	金屬模（鋁合金、銅合金）、葉輪（鋁合金）、精密機件、電子器材用箱殼等（鋁合金）其他美術品等。

二、包模鑄造法

2-1 鑄造程序

包模法的製造程序十分簡單，其步驟如下：

- (1)製作射腊模或塑膠模之母型。
- (2)母型合好送往射出機射腊模或塑膠模。
- (3)幾個同樣的腊模或塑膠模組合成一個具備有澆注系統之完整鑄型，稱之為“樹”(Tree)。
- (4)將“樹”浸入耐火陶液內，使表面沾有漿液。
- (5)將浸有漿液的“樹”表面淋上一層耐火砂。
- (6)乾燥。
- (7)將(4)、(5)、(6)三個步驟重覆5到6次。
- (8)將樹送入脫腊設備作脫腊作業。
- (9)脫腊後之樹稱之為包模，將包模送入加熱爐在1000℃左右燒結。
- (10)將熔融的金屬液倒入燒結完成之包模內。
- (11)澆注冷卻後之包模，將之打碎，取出鑄件。
- (12)澆注之鑄件，再經過清砂，切除澆口系統等。
- (13)必要時，可以加工、熱處理、電鍍等。

2-2 製造方法介紹

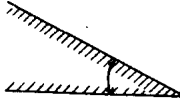
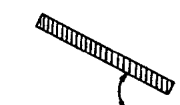
(1)設計：

對一精密鑄件，必需加以研究何處是本身能力可達到的精度，何處需放加工量，以何種方法加工。還得考慮鑄造上是否有困難，如厚薄不均和太薄容易發生變形等問題。有時需重新設計，以適合於包模鑄造法。以下為設計上應注意的事項：

①長度公差：

尺寸mm	一般(±)	一般(±)
0~10	0.20	0.10
11~25	0.25	0.15
26~50	0.35	0.20
51~75	0.40	0.25
76~100	0.50	0.30
101~150	0.70	0.40
151~200	0.90	0.50
210以上	1%	

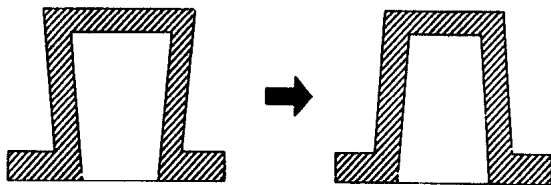
②角度公差：

形狀	一般(±)	特別(±)
	30'	—
	2°	1°

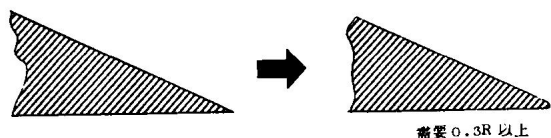
③表面光度

一般	經修正後	表面易生粗狀者
12S以下	6S以下	20S以下

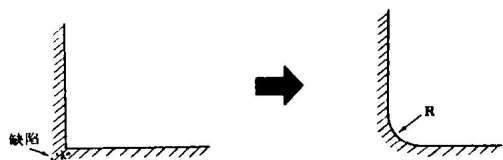
④射腊時金屬模內之砂心要能很容易取出。



⑤儘量避免尖銳部份



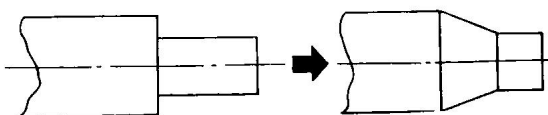
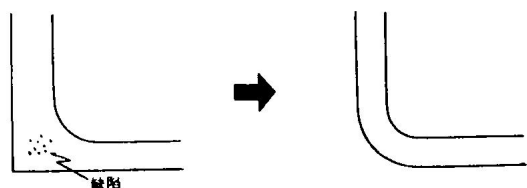
⑥內部轉角要留較大的 R



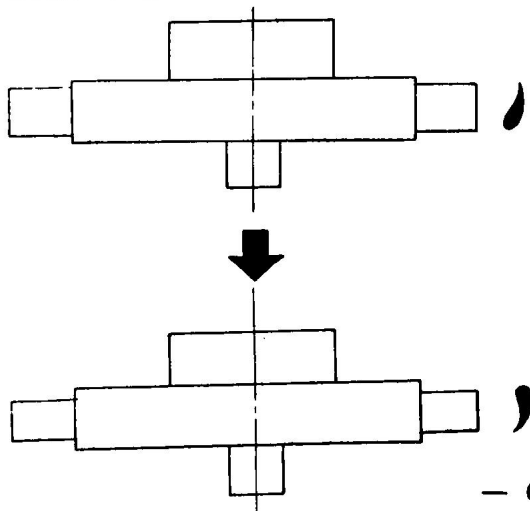
⑦鑄件厚的部位可以考慮掏空



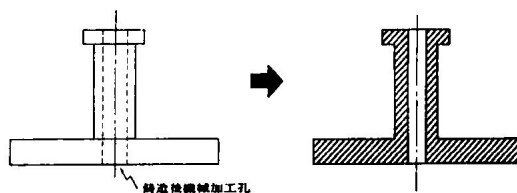
⑧避免厚度急劇改變



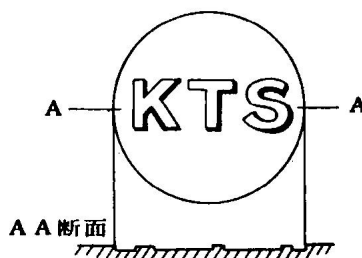
⑨肉薄且先凝固的部份要向下



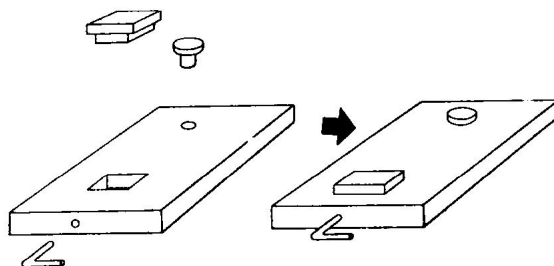
⑩面積大且厚度變化太大的鑄件可以考慮放入砂心



⑪鑄造文字時以浮出為佳



⑫多種零件最好組成一單體



(2)母模之製作

使用輕質而操作容易的鋁合金模，形狀特殊的蜡模用金屬模，以Sn42%—Bi58%的軟質合金鑄造，以代替機械加工金屬模。如圖2-1

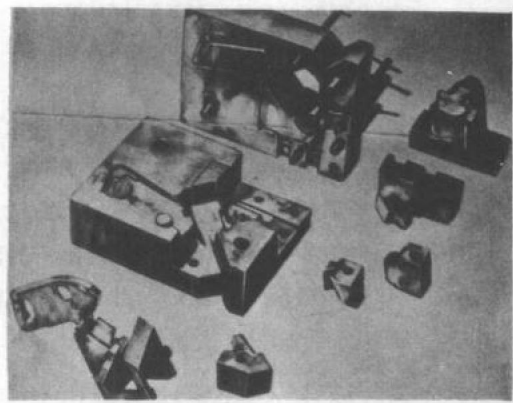


圖 2-1 低溫合金金屬模

(3)射腊

模型材料迄今仍以作業性良好、提取及保管容易的腊料為主。

腊模的最大缺陷為射腊後在厚處容易發生變形。目前改善法有二；一為採用水溶性尿素樹脂製造模型；另一為採用擠型機將腊在低溫高壓下擠入模內成型。圖2-2為高壓擠腊機之一。

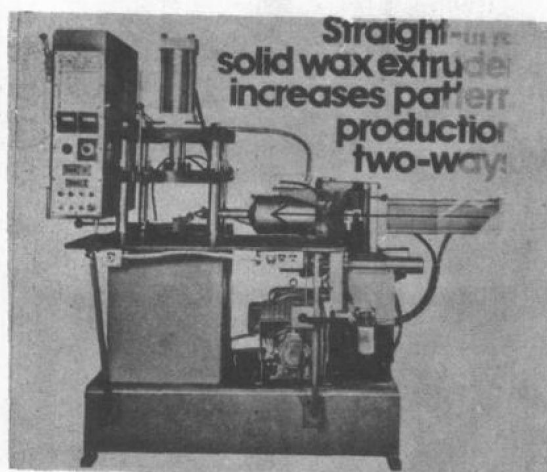


圖2-2 高壓擠腊機

(4)浸漿淋砂

製造包模時需將腊模反覆浸漬於調配適當的泥漿中多次，首層泥漿之調配如表2-1。所得泥漿以5號詹氏杯（Zahn's Cup No.5）測定其黏度（Viscosity）以50秒為最好。

表2-1 首層泥漿之調配表

	熔融石英粉	鋇粉
矽膠液 (Silicasol)	1,000cc.	1,000cc.
鋇粉	—	4,200g
熔融石英粉	2,250g	—
濕潤劑	0.2 cc.	0.2 cc.
消泡劑	數滴	數滴

第一層泥漿浸漬後，以80目（mesh）的鋇砂淋於其上，等待乾燥後進行第二層的浸漿。第二層以後的泥漿調配如表2-2。所得泥漿以4號詹氏杯（Zahn's cup No.4）測其黏度為13~19秒為佳第二層以後的淋砂，其砂粒可以較大為20~65目（mesh）。

表2-2

矽膠液	1,000 cc.
熔融石英粉	1,600 g

圖2-3 為泥漿攪拌時間與黏度之關係。

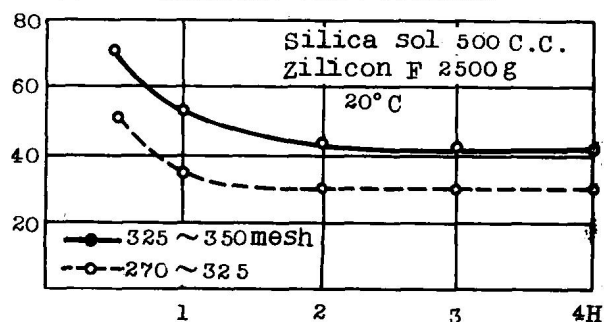


圖2-3 泥漿攪拌與黏度之關係

在每次浸漿淋砂後，必須完全乾燥才能進行下一次的浸漿工作，這樣才能獲得品質優良的殼模。此項作業為單純的反覆動作，可以採用機械化甚至自動化，如圖2-4。



圖2-4 沾漿自動化作業情形

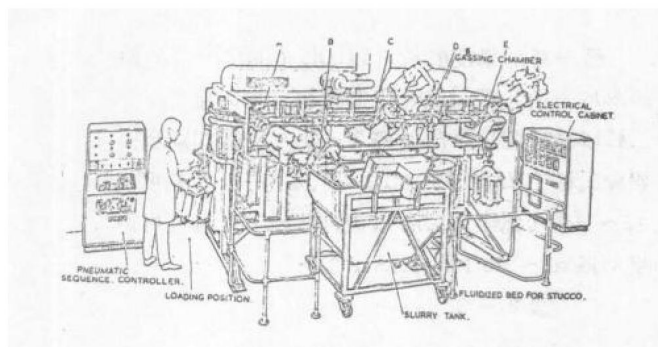


圖 2-5 化學方式乾燥法過程

(5) 脫腊

脫腊原則是避免因腊受熱膨脹、使模壁發生破裂而受損。急熱脫腊 (Shock heat Dewaxing) 是將包模放入 $900 \sim 1000^{\circ}\text{C}$ 之炉中，利用高溫輻射熱，將腊熔脫，這種方法會產生濃煙造成污染。目前公害問題漸受重視，此法將逐漸停止使用。因應而起的是蒸氣脫腊法 (Autoclave Dewaxing process)，這種方法是利用 150°C 80psi 之高壓蒸氣，穿透模殼與腊型表面接觸，利用蒸氣之潛熱 (Latent heat) 將腊熔脫，用這種方法可以使腊的收回率高達95%，可謂經濟之至，圖 2-6 為蒸氣脫腊炉之外觀及內部構造。

(6) 燒結

包模脫腊後，難免尚有腊殘留於包模內為使殘留腊全部熔脫；同時包模需經過 900°C 之燒結過程，才能增加其強度；而且為增加鋼液流動性。因此，在澆鑄前將包模放入炉中燒結並預熱。如圖 2-7。

(7) 鑄造

一般精密鑄造工廠大都採用大氣式高週波熔解炉生產高級精密鑄件時，為提高鑄件品質，可以使用高週波真空熔解炉，圖 2-8 為其操作過程。

在鑄造缺陷中，一般不銹鋼鑄件常發生局部黑斑點 (Pitting)；低合金鋼常發生流不到 (misrun) 及高溫裂痕 (Hotcracking) 等。這些缺陷與熔解溫度、脫氧處理及澆鑄後處理方法有密切的關係，如低合金鋼的燒鑄溫度低於 1595°C 時常發生澆鑄不到現象。而高於 1625°C

時却常發生高溫裂痕，如圖 2-9 所示。

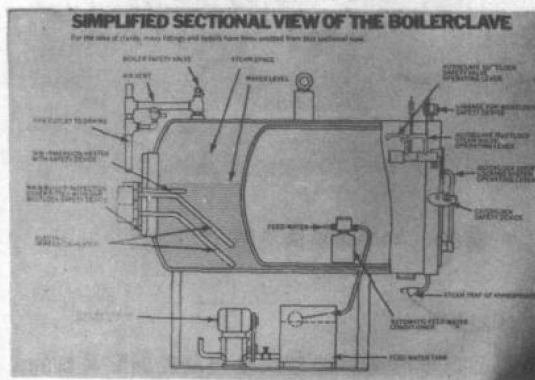
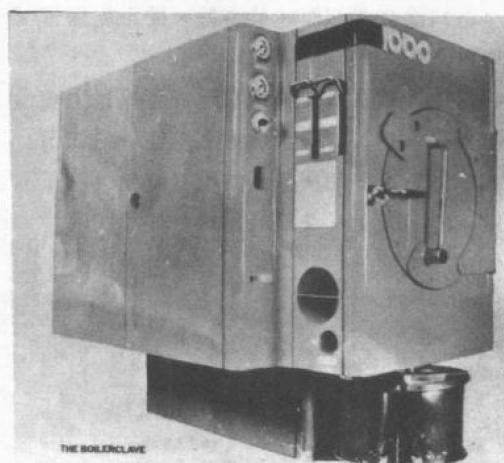


圖 2-6 蒸氣脫腊炉外觀及內部構造

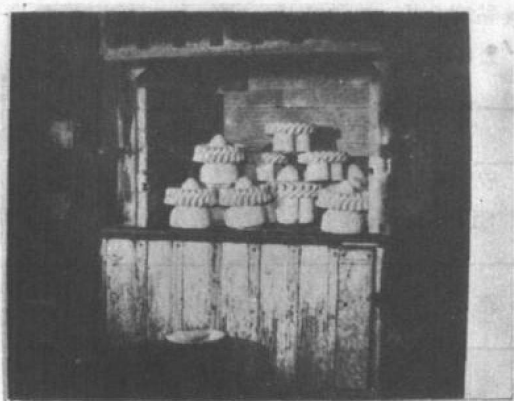


圖 2-7 包模燒結情形

以 $0.1\% \text{Ca-Si}$ 為脫氧劑若再配以 $0.1\% \text{Al}$ 時其脫氧情形較未配者對減低廢品率頗具效如圖

2-10所示。表2-3 常用之包模鑄件合金。

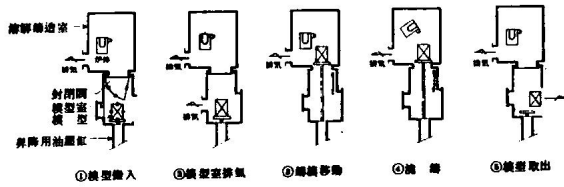


圖2-8 高週波真空熔解澆鑄過程

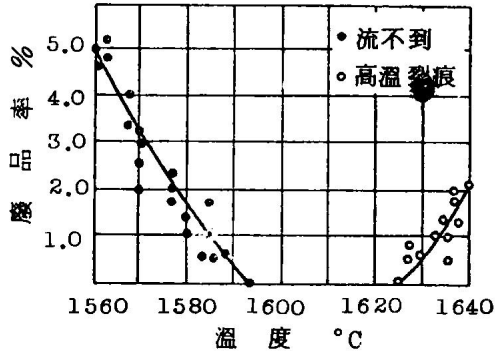


圖2-9 廢品率與澆鑄溫度之關係

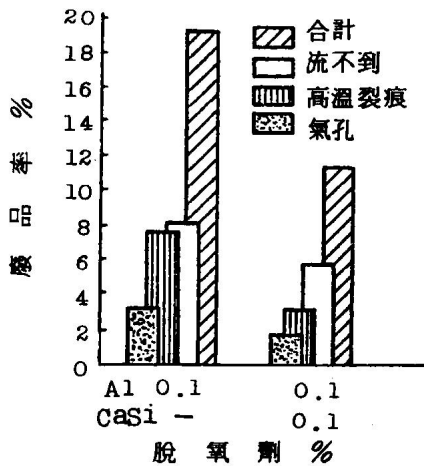


圖2-10 廢品率與脫氧劑之關係

(8) 清砂加工

對鑄件清砂、切斷澆口、研磨、矯正等各項後處理工作，目前已有性能優異的各種設備問世。諸如：砂心清理機 (Core knockout machine)，高壓噴水機 (Hydro blaster)，電鹽浴清砂槽 (Electrolytic salt-bath cleaner)，高速切斷機 (Abrasive wheel cut off machine)，矯正機、皮帶研磨機

(Belt Grinder) 等，如圖2-11-14。這些工作仍須依靠人工操作，今後有待改進為自動化。

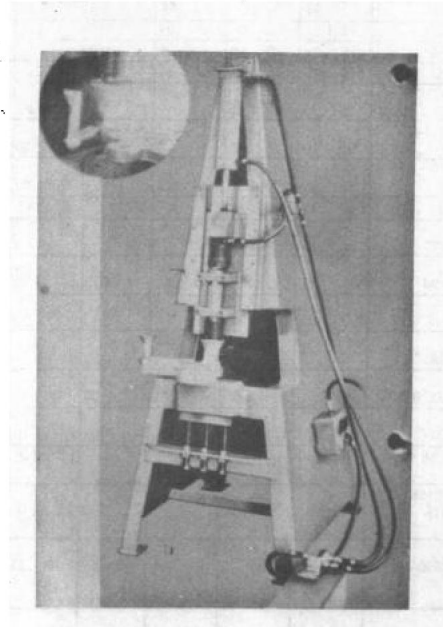


圖2-11 砂心清理機

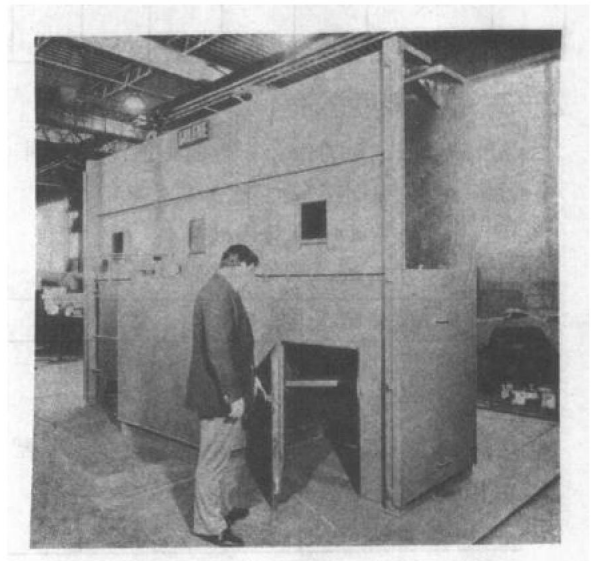


圖2-12 電鹽浴清砂槽

表 2-3 包模鑄件常用合金鋼

ALLOY	SPECIFICATION	C Min. Max.	Mn Min. Max.	P Min. Max.	S Min. Max.	Si Min. Max.	Ni Min. Max.	Cr Min. Max.	Mo Min. Max.	Cu Min. Max.	V Min. Max.	OTHER
17-4 PH	AMS 5355A, AMS 5342, AMS 5343, AMS 5344	.06	.70	.04	.03	5 1.0	3.6 4.6	15.5 16.7		2.8 3.5		(.05 Max. N) (.15 .40Cb+Ta)
304	AMS 5370	.05	1.0 2.0	.04	.03	1.0	8.0 11.0	17.0 20.0	.50	.50		
310	AMS 5366A	.18	2.0	.04	.03	50 1.50	19.0 22.0	23.0 26.0	.50	.50		
316	A296 631G;CF-8M	.08	1.50	.04	.04	2.00	9.0 12.0	18.0 21.0	2.0 5.0			
410	AMS 5350D	.05 1.5	1.0	.04	.03	1.0	.50	11.5 13.5	.50	.50		
420	SAE 60420	20 40	1.0	.04	.04	1.5	1.0	11.5 14.0	.50			
440C	AMS 5352A	.95 1.2	1.0	.04	.03	1.0	.75	16.0 18.0	.35 .75			
1020	AISI 1020	.18 23	.30 .60	.04	.05							
4140	AMS 5338	.35 45	.75 1.0	.04	.04	1.0		80 110	.15 .25			
8620	MIL-S-22141A (N ORD) IC 8620	.15 25	.65 .95			20 80	40 .70	40 60	.15 .25			
52100	MIL-S-22141A (N ORD) IC 52100	.95 1.10	.25 .55			20 80		1.3 1.6				
KETOS	QQ-T 570 (1) CL 01	.85 95	1.00 1.30	.03	.03	20 40		40 60				30 (.40 60W)
HURON	SAE D-3	2.00 2.35	24 45			25 45		11.0 13.0	.80			80 (.75 Max W)
Hastelloy C	AMS 5388	.15	1.0			1.0	BAL	15.5 17.5	16.0 18.0		20 60	(.25 Max Co) (3.75 5.25 W) (4.5 7.0 Fe)
Hastelloy X	AMS 5390	.21	1.03	.045	.035	1.05	BAL	20.25 23.25	7.90 10.10			(.45 2.55 Co) (.16-1.04W) (16.80 20.20 Fe)
Stellite 3	B50YP76	2.00 3.00	1.00			1.00	3.00	28.0 35.0				(18.0-15.0 W) (3.00 max. Fe) (BAL Co)
Stellite 21	AMS 5385C	20 30	1.0			1.0	1.75 3.75	25.0 29.0	5.0 6.0			(.007 Max. B) (3.0 Max. Fe) (BAL Co.)
Stellite 31	AMS 5382B	.45 .55	1.0	.04	.04	1.0	9.5 11.5	24.5 26.5				(7.0 8.0W) (2.0 Max. Fe) (BAL Co)
N155	AMS5376	2.0 1.0 2.0	.04	.03	1.0	19.0 21.0	20.0 22.5	2.5 3.5				(2.0-3.0 W) (.75-1.25 Co + Ta) (.10-20 N) (BAL Fe)
E-Aronel	QQ-N 288 comp. E	30	1.5			1.0 2.0	60.0			26.0 33.0		(3.5 Max Fe) (.50 Max. AL) (1.0 3.0 Cb + Ta)
Silicon Bronze	ASTM B198-52 Alloy 12A		1.5			1.0 5.0				BAL		(5.0 Max Zn) (1.0 Max Sn) (.50 Max Pb) (2.5 Max Fe) (1.5 Max AL) (5 Max. others)
Beryllium Copper 20	AMS 4890A					20 .35	20	.10		BAL		(.10 Max Zn) (.10 Max Sn) (.02 Max Pb) (.15 Max. AL) (1.85 2.15 Be) (.35 Max. Fe) (.2 .65 Co)
René 41	B50TF37	.06 .12	.50			.50	BAL	18.0 20.0	9.00 10.50			(5.00 max. Fe) (.010 max. B) (.10-0.12 Co) (3.00- 3.30 Ti) (1.50-1.80 Al) (.07 max. Zr) (.18-5.21 Co)
718	PWA649	.10	.35	.015	.015	.35		17.0 21.0	2.80 3.30	.10		(50.0-55.0 Ni) (.1 Co) (1.00 max. Co) (4.75-5.50 Cb + Ta) (.65-1.15 Ti) (.40-.80 Al) (.006 max. B) (.05 max. Zr) (BAL Fe)
Maraging 250	MIL-S-46850 Type III	.03	.10	.01	.01	10	16.0 17.5		4.4 4.9			(9.5-11.0 Co) (.15 45 Ti) (10 Max. AL)
713C	AMS 5391A	.08 .20	.25		.015	.50	BAL	12.0 14.0	3.8 5.2	.50		(1.0 Max Co) (1.8-2.8 Nb+Ta) (.50-1.0 Ti) (5.5-6.5 AL) (.005-.015B) (.05-.15 Zr) (2.5 Max. Fe)

2-3 鑄件精度公差

包模鑄造法之鑄件公差，視其形狀而有分別，一般鋼鑄件之最小公差如表 2-4。

表 2-4 尺寸精度公差

尺寸種類	最低公差
直線方向	± 0.005 吋
角 度	± 1/2°
圓 度	0.005"/每吋直徑
大型加工件	0.015"
表面光度	125RMS.
RMS: Root Mean Square.	

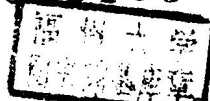
在實際應用上，尺寸公差和鑄件厚度、澆口位置等因素有密切關係。

對於鑄件最薄的厚度可以達到何種程度，則與合金的種類有關，大致說來如表 2-5。

表 2-5 鑄件最小厚度

合金種類	最小厚度
碳 鋼	0.060"
不 銹 鋼	0.060"
銅	0.040"
鋁	0.040"

533186



2-4 應用範圍

包模精密鑄造法之應用範圍極廣，自食品設備、醫學設備直到電腦設備和太空器材都有用包模精密鑄造之零件如圖 2-15~2-17，而其用途仍在擴大中。發展能如此迅速的原因，主要在於其特有的優點：

(1) 其公差可達到 $\pm 0.005 \text{ in/in}$ ，省略了許多再加工的手續。

(2) 可以低廉的成本，大量製造形狀複雜之零件。

(3) 可以任意選擇所需要的合金。

(4) 許多複雜的機械零件，經過改變設計，簡化以包模法製造出來。

(5) 包模法所用的母型材料甚多，從 Silicon Rubber 低熔點合金到高級工具鋼，可視實際需要來選擇使用。

2-5 包模鑄造方法目前的市場發展現況

(1) 技術及勞力密集

談到市場首先應瞭解成本的情況，才能體會到其在市場上的競爭力，根據美國方面之統計，此一工業非但是一高度技術性的工業，亦是一勞工密集的工業。下表 2-8 即是此類鑄件成本的幾個實例。

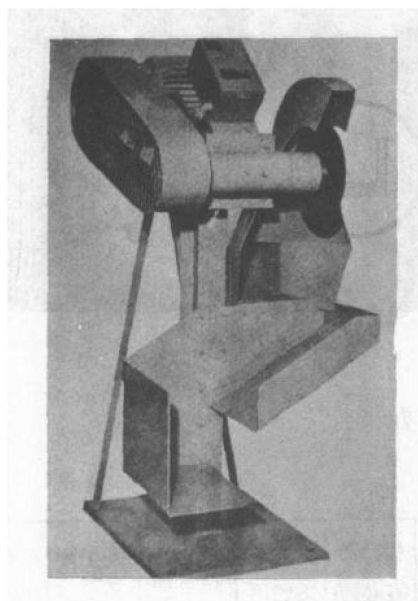


圖 2-13 高速切斷機

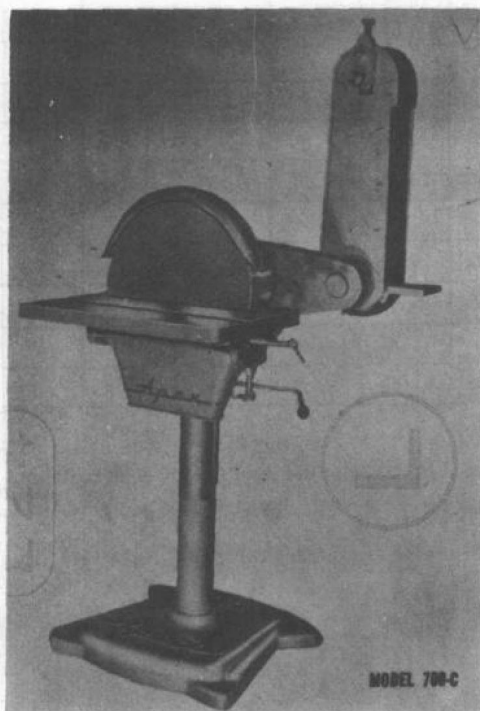


圖 2-14 皮帶研磨機

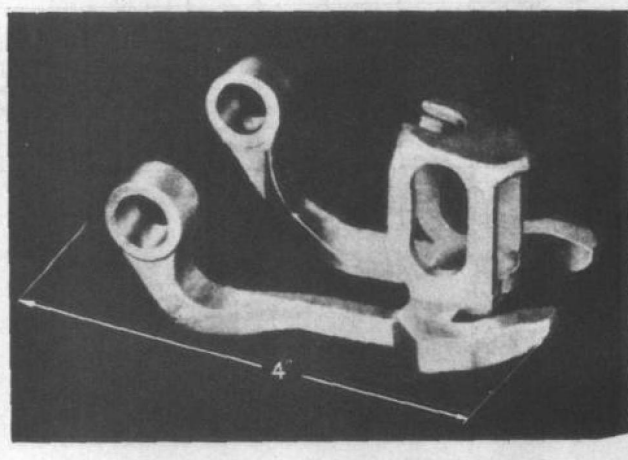


圖 2-15

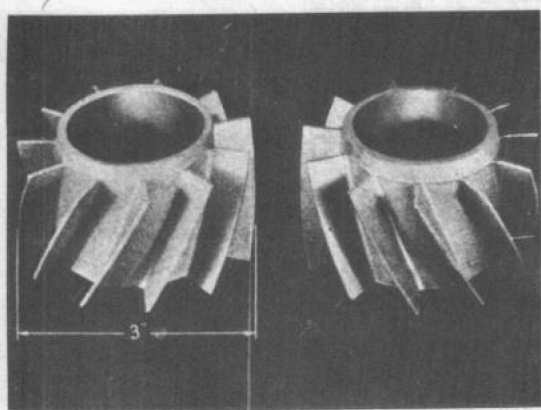


圖 2-16

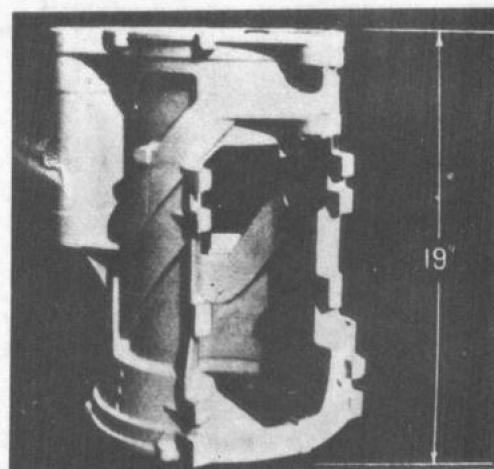


圖 2-17

表 2-6 包模法精密鑄件之成本分析

例 號	材料 種類	鑄件 重量 (公克)	工 (分鐘) 時					總工 時 (分鐘)	人工費 US\$ 9-/ 小時	材料費 (在美國) US\$	在美製 造費用 US\$	材料費 在台加 1.5% US\$	人工費 在台 US\$ 1.5/ 小時	在台製 造費 US\$
			腊 模	浸 漿	熔 鑄	清 砂	加 工							
1	略	略	3.0	1.0	.8	1.1	3.4	9.3	1.39	.45	1.84	.52	.52	.76
2	略	—	2.5	1.5	1.0	1.6	3.0	9.6	1.44	.62	2.06	.71	.71	.95
3	略	—	1.2	.6	.6	1.1	2.1	5.6	.84	.42	1.26	.48	.48	.62
4	略	—	1.3	.4	.3	.7	1.8	4.5	.68	.17	.85	.20	.20	.31
5	略	—	1.2	.7	.5	1.1	1.3	4.8	.72	.36	1.08	.41	.41	.53
6	略	—	.9	.3	.3	.5	1.1	3.1	.46	.11	.57	.12	.12	.20
7	略	—	1.2	.7	.5	1.0	1.4	4.8	.72	.33	1.05	.38	.38	.50
8	略	—	3.3	2.3	1.6	3.0	3.8	14.0	2.10	.97	3.07	1.12	1.12	1.47
9	略	—	.5	.1	.1	.2	.7	1.6	.24	.06	.30	.07	.07	.11
10	略	—	5.1	3.0	5.2	4.3	5.5	23.1	3.46	5.05	8.51	5.80	5.80	6.38

(3) 對我國發展包模法之看法

包模法在我國雖已廣泛被採用，但多限於澆鑄精度較低的鑄件，是以今後發展的方向應向精密密度較高的方向走。不過，如果要使包模法生根，似仍應作許多努力，以筆者愚見，列於下：

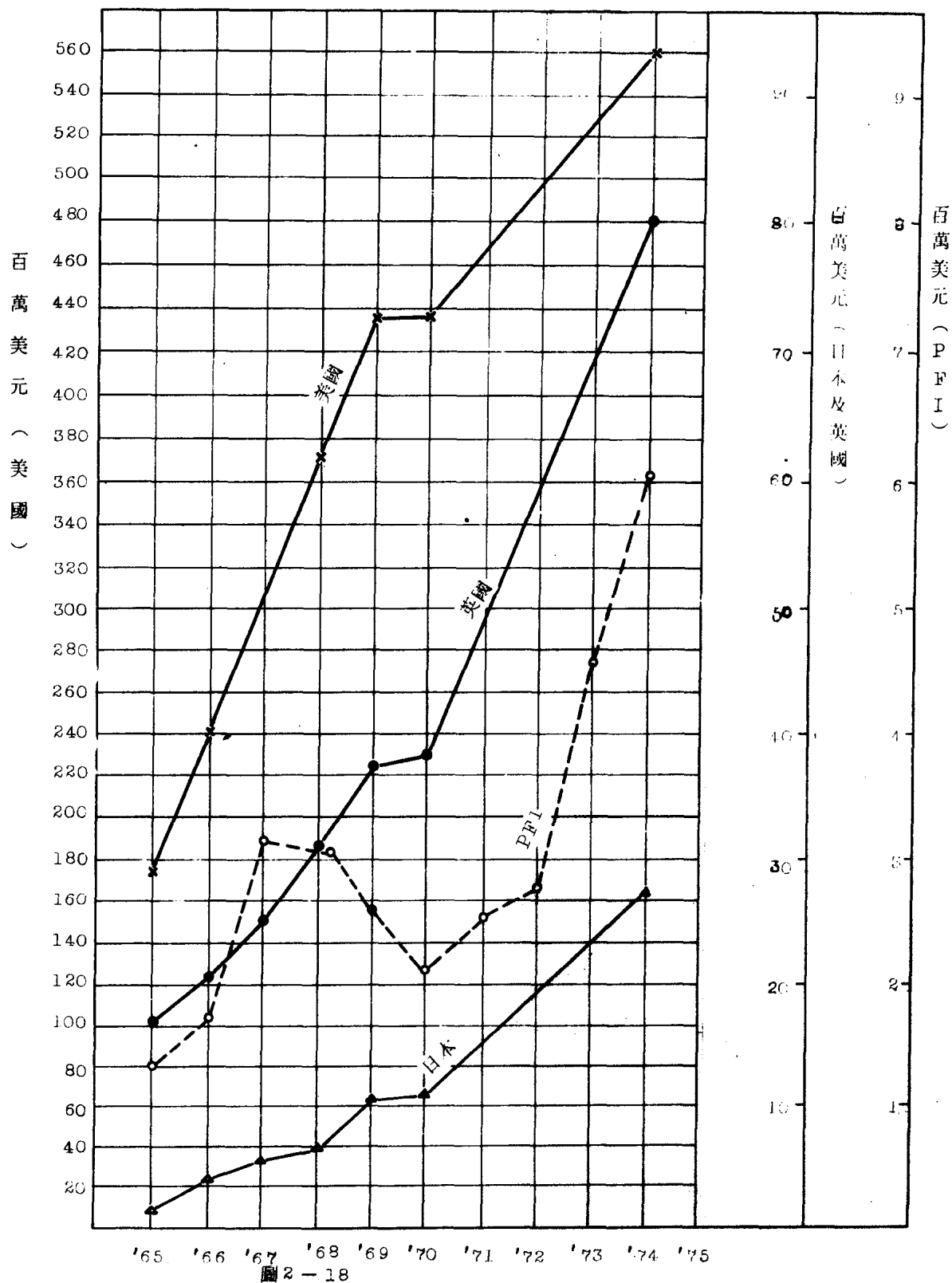
- ① 訓練優良的工程人員。
- ② 訓練高級設計人員，使自身有鑄件設計的能力。

③ 發展精密鑄造相關工業，如大量需要精密鑄件的武器工業，醫學工業等等。

④ 對引進國外技術，政府應給予適當的輔導及融資上所協助。

(2)市場發展

美國、英國、日本及 P F I 精密鑄件成長趨勢統計如圖 2 - 18



資料來源：日本「金屬」月刊 1971, 7, 1, PFI 資料, 金屬中心報告)