

475003

精 密 鑄 造 法

下 冊

工具機手冊 第十四冊

金屬工業發展中心 編譯

精 密 鑄 造 法

下 冊

工具機手冊 第十四冊

邱 紹 成 譯

版 權 所 有
不 准 翻 印

中華民國六十九年二月出版

工 具 機 手 冊 之 (十四)

精 密 鑄 造 法

(下 冊)

編 譯 者 金 屬 工 業 發 展 中 心

發 行 者 經 濟 部 國 際 貿 易 局

印 刷 富 進 印 書 有 限 公 司

前 言

我國工具機製造，近年來各機種不論在產量和品質上，都有長足的進步，與國外各廠產品，已可媲美，且已大量出口。經濟部國際貿易局鑑於唯有改進產品品質，始可保持已有的市場和進一步拓展外銷，乃于民國六十七年十二月委託本中心編撰工具機手冊約四十冊，內容包括切削加工工具機的製造技術、沖壓模具、塑膠模具、壓鑄技術、鑄造技術、熱處理、表面處理、控制系統等，提供有關本業工廠技術員工參考，希冀由本手冊的刊行，能解答工廠中一部份所遭遇的問題；至於有關工具機書籍已刊載的內容，在本手冊中不再贅述，謹於篇首，簡介如上，至於編撰時間倉促，容有不週，尙祈不吝指正！

精密鑄造法

(下 冊)

序 言

在寫本書的時候，精密鑄造法（或稱脫蠟法）的發展趨勢正從「大塊型」鑄模改變為較小的殼模（Investment shell）。很難斷定什麼時候才能完全改變過來。但幾乎可以肯定的是，「大塊型」的鑄模還會被延用一段時間，即使將它的體積變小一點，它也不可能全然消失在精密鑄造法中。在目前的藝術界，仍然需要一些够水準的鑄件，這些也只有靠具有這方面專長的鑄造廠來提供。

儘管其程序在變，但脫蠟法的基礎是永不會變的。故請參閱本工具機手冊第十三冊「精密鑄造法上冊」。

本書是介紹精密鑄造技術的最新發展，從改善模蠟品質到真空熔解。這些介紹幾家典型現代化精密鑄造工廠的文章都曾零星地在“Machinery”雜誌出現過。這些工廠幾乎都有各自的制度及各生產階段技術相互間的密切關係，然而企圖在不同主題下重新分類，則被認為是不切實際的這些文章都以原貌收集在此，以公司名稱為章名，其主要內容則為每段的主題。

譯者自 The British Foundryman 1979 十月號 Deritend Precision Castings Ltd. Droitwich 工廠設備及生產作業簡介一文中，介紹精密鑄造現代工廠的技術，一併提供參考。

目 錄

頁次

第一章	P. I. Castings [Altrincham] Ltd. 蠟模之生產及組合；生產控制法；造模、熔解及離心 鑄造法。.....	1
第二章	P. I. Castings [Altrincham] Ltd. 模具與鑄件之實例。.....	13
第三章	B. S. A. Precision Castings, Ltd. 蠟模之沾漿及淋砂，環氧樹脂蠟模；可溶性蠟模及砂芯。...	23
第四章	Napiercast Foundry, Napier Aero Engines, Ltd. 熔融態射蠟之用蠟、水溶性蠟，以環氧樹脂做模具， 熔融態射蠟所需之設備。.....	34
第五章	Napiercast Foundry, Napier Aero Engines, Ltd. 陶心、殼模、浮砂筒浸漿淋砂及同溫模型乾操作業、 鑄件晶粒之控制、激熱脫蠟法、真空與非真空之感應 熔解作業。.....	45
第六章	Napiercast Foundry, Napier Aero Engines Ltd. 輔助真空鑄造法、電刷架鑄件及其模具、螢光探傷法。...	56
第七章	Trucast Ltd. Trucast公司之射蠟機及放射頻率熔解爐。.....	60
第八章	Monsanto Chemicals, Ltd., and Leeds & Bradford Boiler Co., Ltd. 蒸氣式脫蠟爐。.....	65
第九章	Deritend Precision Castings Ltd. Doritwich 精密鑄造設備及生產作業。.....	67

精密鑄造法上冊參考目錄

- 第一章 優缺點，設計上應考慮事項及尺寸公差
- 第二章 生產蠟模之模具
- 第三章 蠟與射蠟機
- 第四章 蠟模及水銀模
- 第五章 包模作業脫蠟及鑄模預熱
- 第六章 澆鑄，熔爐種類，鑄疵及 Invstril 制度

第 一 章

P. I. Castings (Altrincham) 公司所採用的Picast法，除了兩點比較特殊外，其餘的在基本上與一般精密鑄造廠並無二致。其比較特殊的地方是以堅硬的粉末加上水解後的矽酸乙脂或其他粘結劑所成的泥漿直接敷在蠟模上，不像一般的做法還要撒上一層較細的耐火材料。此外，在澆鑄時將鑄模旋轉，使金屬熔液利用離心力充滿整個模穴，省却預先敷貼（Pre-coating）的手續，可節省許多時間與金錢，而從外端向中心凝固的方向性凝固，則可改善其組織。

蠟模的生產：

蠟模生產室是一長方形的房間，如圖1所示。射蠟機沿牆成一直線排列；蠟模以托盤傳送到覆蓋著鋁片的工作枱。在這些工作枱上，把蠟模表面的屑除去，組合在澆道之前，必要時可用小刀將毛邊等清除。

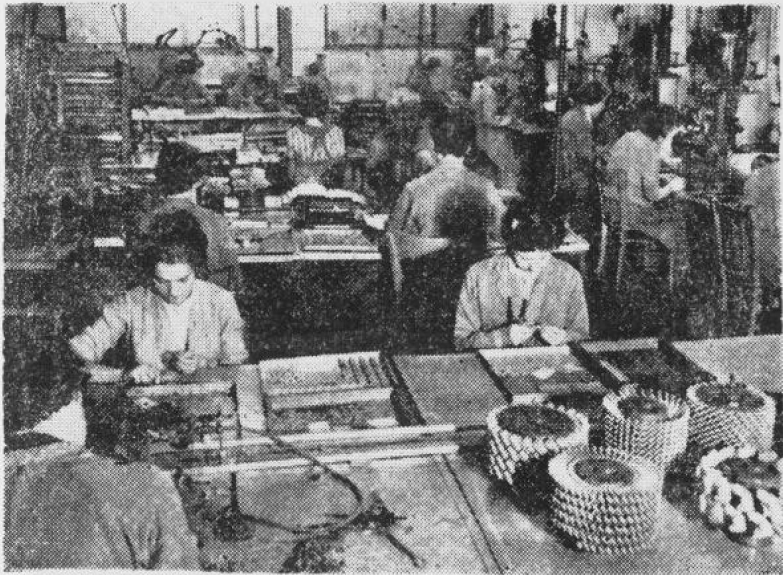


圖1. P. I. Casting公司的射蠟室，圖中右方沿牆排列的射蠟機，在前方為蠟模組合作業。

圖 2 所示為該公司所使用的射蠟機之一。圖中 A 所示為一塊鋼板，以焊接的鋼架支撐着。在這塊鋼板下方的中央有一氣缸，射蠟用的撞鎚（Ram），則向上穿過鋼板。

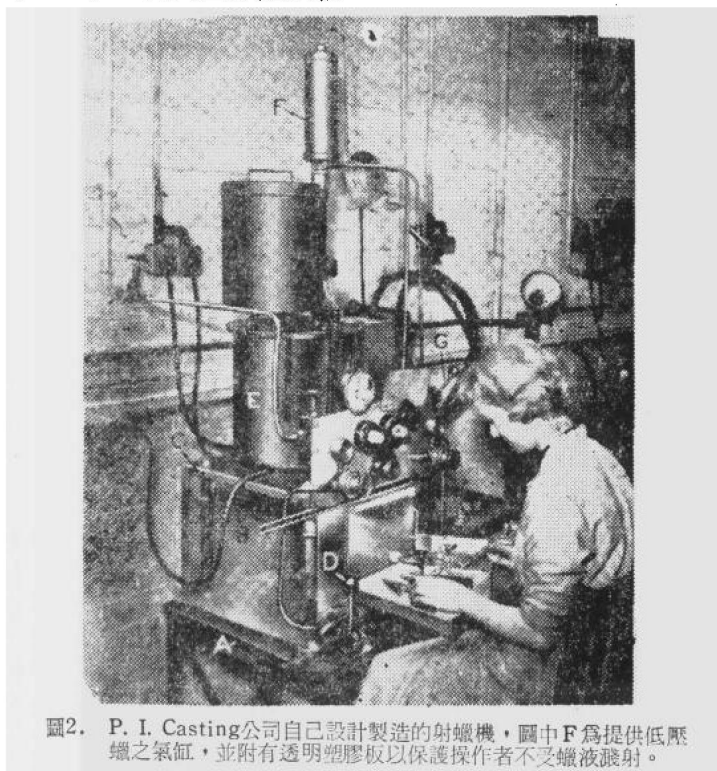


圖2. P. I. Casting公司自己設計製造的射蠟機，圖中F為提供低壓蠟之氣缸，並附有透明塑膠板以保護操作者不受蠟液濺射。

在撞鎚的上端，附有垂直運動的枱面B，圖中所示為枱面上升到最高位置時的情形，這個枱面尺寸約為18"×15"，在四個角並附有鑽孔的凸緣（Lug）與圓柱配合做為枱面上下移動時導軌，圓柱子並支撐上方頂住模具的鋼板C，在A、C之間的邊緣上並以透明塑膠板圍住，以保護操作者不受濺射的蠟液所傷。面對操作者這一面的塑膠板則可以活動，以便放入或取出模具。

操作機器以前，這個由透明塑膠板圍繞而成的活動幕簾先行關閉。在幕簾的低緣是以金屬做成，與控制枱面移動閥之操作桿D相配合。因此，除非活動門關閉，否則枱面無法上升。操作桿撥到左邊，枱

面則會下降。在機器的上端有一個熔蠟桶，上附可移動的蓋子，以便把固態蠟加入。

熔蠟桶是以電熱方式加熱，溫度上升到 82°C 時，蠟可以全部變為液體。桶子裡的蠟溫完全由節溫器來控制。並用一根短的管子與容器E相連接，蠟可以在裡面自由流動。這個容器構造上有時比較複雜，在圓桶的外緣及中心都設有電熱器，並用節溫器將蠟溫控制在 78°C 。

在圓形容器的另一面，將套筒垂直穿過以與底端的閥配合來控制蠟的流動。在靠近套筒底部處有一個口，使蠟能依靠重力而流入；套筒上半部則有一個柱塞與垂直氣壓缸F的撞鎚底端相連，當壓縮空氣進入氣缸內活塞之上時，打開閥G，柱塞被往下推，使得已進入套筒內的蠟受力而排出底端。

經由這個套筒，可將蠟液經過射蠟口射入模具內。把止塊(Stop)嵌入枱面，以確保模具的密合，也可以使射蠟口正確地對準模具的進模口。

把兩付模具分別裝在兩部機器上。因此當一付正在射蠟，另一付則已經凝固可以脫模了，這樣可以節省許多時間。因為採用低溫射蠟，其凝固收縮較小，而且由於射蠟時壓力低，可以把模具內的氣體完全驅除，因而可避免氣孔的發生。雖然射蠟時很慢，但採用兩付模具射蠟，當一付正在脫模時，另一付可以進行射蠟，因此每天工作8小時，可完成600個蠟模。

用來射蠟的模具是由一塊易切金屬，如Duralumin，鑄鐵或軟鋼直接加工而成，並在四個角加上配合定位銷及布司。這些模具一般說來都不須硬化，因此可以考慮用低熔點合金，如錫、鉍合金來做。用Duralumin做模具的好處是加工容易，而且對長期使用時具有耐磨性，有時亦可嵌入鋼質外殼，以增長其使用壽命及避免在分模面發生過多的毛邊；另一個優點是重量輕，對工作者而言，長期工作後不會感到疲勞。在這種情況下，值得注意的是，若能妥善安排射蠟機的操作順序，操作者可以保持坐著，而產量又可提高20%。模具的製作是在廠內一間小的工具間內，以傳統的技术來做。因此，進度可以自己控制，對鑄件生產之延誤情形可以降至最低。一個模具需要用幾個模穴

才為確當，可依下列因素：砂芯的數目及其排列、需要多少蠟模及生產速率的情況而定。

蠟模的組合：

因為採用離心鑄造，蠟模須組合在一管狀的支架或澆口(Sumps)上。這具有各種尺寸的澆口，以適合獨自的蠟模或呈樹枝狀的蠟模。

蠟模的組合過程如圖1所示，圖3所示則為近距離所攝。鋼製的刮鏟是以特製的本生燈(Bunsen burner)火焰加熱，也用以加熱澆道端以便焊在澆口的面上，要注意各個蠟模間的空隙，以減低生產成本，儘可能地增加每一束蠟樹的蠟模。新發展的一種特殊包模材料可以使模與模之間的距離薄至 $\frac{1}{16}$ 吋。

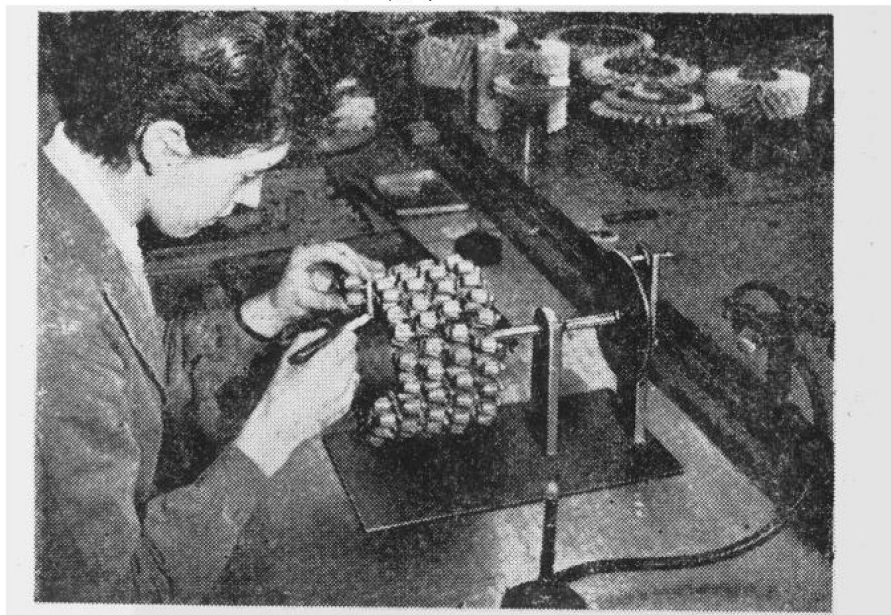


圖3. 蠟模組合情形。

生產控制法：

當接到一批新訂單時，先檢視鑄件形狀以決定最佳的澆口位置，及蠟模要焊在澆道上的方位，使能獲得最緊密的蠟模排列。同時要決定澆道的直徑及砂箱的尺寸。一般使用的砂箱有三種標準尺寸：各為9吋、10 $\frac{1}{2}$ 吋及12吋。澆道及砂箱的選定是使鑄件最外部份與砂箱間

留有 $\frac{1}{8}$ 吋的距離。實際澆鑄時蠟模面的方向會使金屬液分佈到模穴內的能力發生影響。在離心力下，模型的安排要使金屬液能經過澆口而充滿整個模穴內。

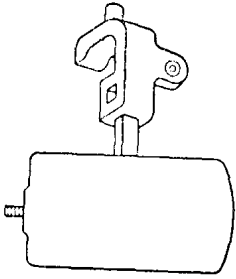
資 料 卡				工作號：78B12	
顧客：John Smith & Co. Ltd.				零件號：1234x	
澆口尺寸	砂箱尺寸	包 模	每束蠟樹之蠟模數 行×列=總數	鑄件單重	材料規格
3"	9"	1.73	12×6= 72	12.5gr	P.I.C.xx
4½"	10½"		16×6= 96		
5½"	11½"		18×6=108		
熱 處 理 及 溫 度		保持時間	冷 却 條 件		
退火或正常化		850°C	20分	空 冷	
硬化處理		830°C	20分	油 冷	
回 火		650°C	1 小時	空 冷	
檢查標準：I. F. V. Clause 1a					
特別規定：Brinell 硬度 255/305					
澆 口 位 置：		鑄 造 技 術			
			估 計	樣 件	大 量
		轉 動 情 況	C	C	C
		轉 速	300	290	300
		澆 鑄 溫 度	1530°C	1530°C	1530°C
		噴 嘴 尺 寸	¾"	¾"	¾"
鑄模預熱溫度		800°C	800°C	800°C	
附註：					

圖4. 資料卡記載範例。

有關特殊鑄件的這些相關資料都記錄在資料卡 (Master Card) 上，這些卡片都存在檔案櫃裡，並分別標明為：「待決的」(Pending) 或「生產的」。圖 4 所示是這種卡片的範例。在這卡片上除了記載上述的資料外，並記載了每一束蠟樹有幾排、每一排有幾個蠟模、總數多少、單一鑄件的重量、材料規格、熱處理及檢查程序和採用那種鑄造方法。鑄件在澆口的位置以草圖標明，同時並記載是否有的特殊指示。

每一批訂單在工場內的生產程序，都要事先準備一份生產程序卡，裡面所記載的大部分從資料卡抄過來的，有任何改變也都要記錄下來。因此，對某些較特殊的鑄件要此後要再做時，這些卡片都可做為參考。當一批蠟模要組合在澆道上時，操作者可先參閱生產程序卡，以確定該使用那種尺寸的澆道，然後再依圖 3 所示將蠟模焊上。

如圖 3 所示，為被支撐着的澆道。一對兩腳規 (Divder) 用來量測縱向上每個蠟模的位置。圓周方向的蠟模亦要成排的並要與第一個蠟模排列整齊。除了蠟模非常扁平可以採用交錯式排列，使每一蠟樹可以焊上約 4,000 個蠟模外，一般如圖 3 所示的澆道約可組合 200 個蠟模。

鑄模的準備：

當所有的蠟模都被組合在澆道上時，就將它移到鑄模準備室，擺在一塊鋁板上，如圖 5 中的 J 所示，並在澆道的一端以螺釘固定。然後以適當大小的砂箱套住。

此時如圖 5 所示，將一個用來盛裝多餘泥漿的套箱蓋在上面，並用手鉤將上、下兩砂箱夾緊，完成後將它置於震動抬上，如圖 6 所示。再把準備好的泥漿倒入，泥漿高度要超過上面砂箱約數吋。

包模用泥漿，其成份如前所述，是在廠內以攪麵包用式樣的混合機來混拌，泥漿攪拌的程度要達到使鑄模無需再上塗料，即能獲得表面光滑的鑄件為準。在震動中，將泥漿倒入，以驅除內部的空氣，並使鑄模能堅實緊密，多餘的泥漿可留存在上半部的砂箱裡。

除去多餘的泥漿後，將鑄模面整修至與砂箱面齊，並放入一高效率除塵器內抽除雜質。然後就可放入爐中乾燥，並用一種能耐高溫的塗料在鑄模表面做記號，以便澆鑄時辨認，使能符合生產卡上所要求



圖5. 將組合好的蠟模放在鋁板上，並套上適當的砂箱準備倒入泥漿。

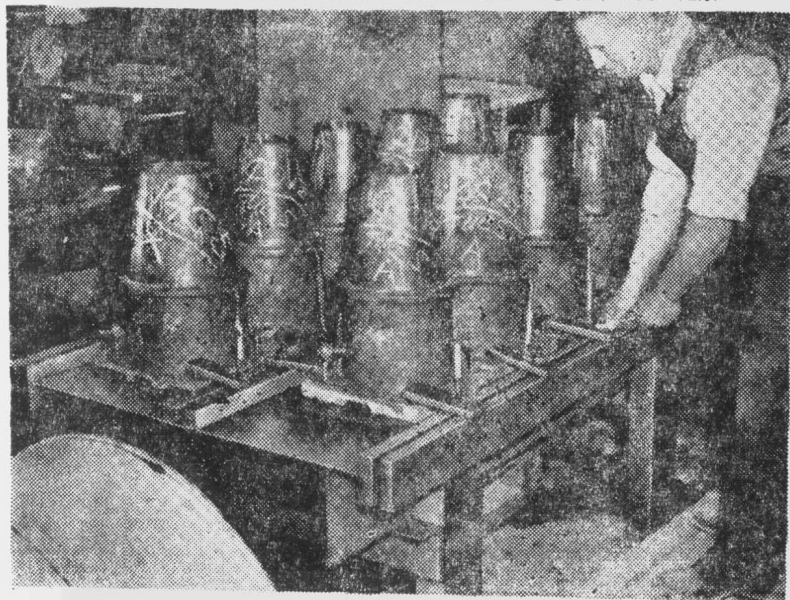


圖6. 套好砂箱的蠟模，放置在震的枱上，準備倒入泥漿。

的材質。脫蠟工作則在一特殊的脫蠟爐中進行。

澆鑄前，先將鑄模放入具有自動控溫系統的瓦斯爐內預熱。爐溫可由最初的 250°C ，以控溫曲線板控制昇溫速度約在 $100^{\circ}\text{C}/\text{小時}$ ，直至爐溫達到 800°C 為止。鑄模在爐內要預熱約 $12\sim 36$ 小時。溫度到達後，即將鑄模取出準備澆鑄，如圖 7 所示。在這個階段內要將紅熱的鑄模安放在離心機上，並須儘可能的快速操作，以免模溫有大幅的降低。

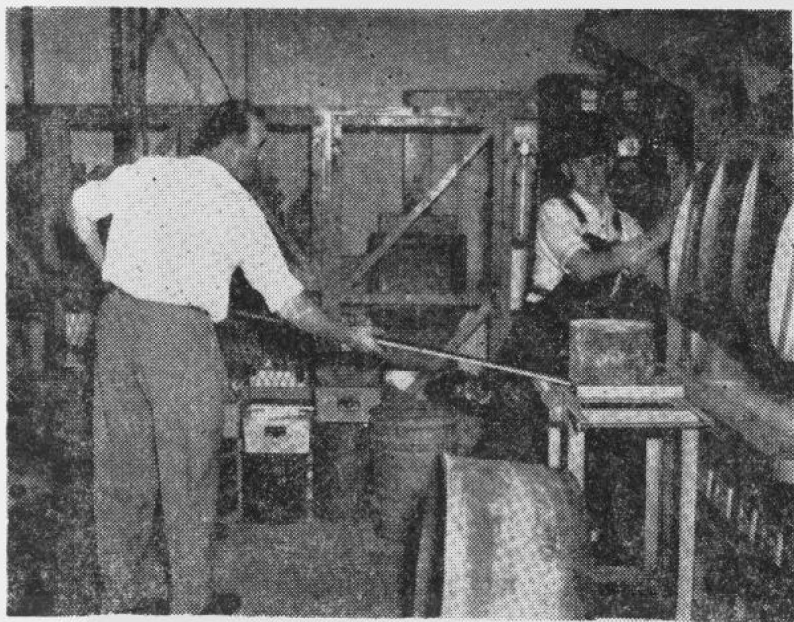


圖7. 脫蠟後的鑄模放在具有自動控溫系統的瓦斯爐內預熱。

離心鑄造機：

離心鑄造機安置在地坑內，上面覆蓋着鋼板。僅露出鑄模夾持部份。

如圖 8 所示，用耐火材料砌成的澆斗，正從爐中取出金屬液，欲澆鑄在已安置於離心機上的鑄模內。澆斗的開口直徑從 $\frac{1}{4}$ 吋 $\sim \frac{3}{4}$ 吋，依澆鑄速度而選擇適當的澆斗。澆鑄前，離心機轉速要調整到生產卡上所規定的轉速。

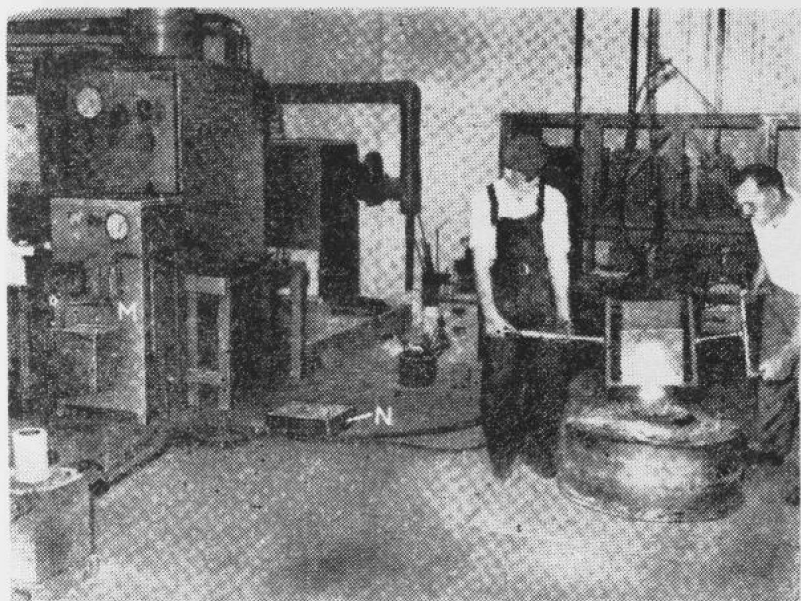


圖8. 以高週波熔解爐熔解後的金屬液，從基座N處抬起準備澆鑄的情形。

圖9所示為Charles S. Madan & Co., Ltd., Altrincham所製造的離心鑄造機。帶動旋轉抬的垂直心軸以雙列球軸承支撐，並以3 HP的直流馬達經由三條V型皮帶及減速齒輪來驅動。馬達的轉速及方向由裝在圖8中M所示之小箱子裡的變阻器（Rheostat）來控制。在這小箱子裡並附有轉速計，直接連到旋轉心軸上，從轉速計上可以直接讀出轉速。

作用在金屬液之力，依旋轉速度、澆鑄的質量及從中心到模穴的半徑而定。對每一鑄模所需的轉速可由一簡單公式計算出來。半徑3吋的鑄模，以轉速400r.p.m.澆鑄時，在某些情況下非常理想，但應隨鑄件的性質及形狀而變換其速度。金屬液在鑄模旋轉的情況下澆下去，隨即向外飛散迅速充滿模穴，但是模穴內的空氣卻無法快速地被驅除。雖然鑄模已經事先加以預熱，但模壁仍將從金屬液中吸收不少的熱量，因此使得模壁部份比較鑄件中心處凝固得快一些。

因此，凝固從模壁開始，逐漸向中心部位發展。多餘的金屬液一方面做為澆道，一方面做為補充冒口。用這種方法其成品率約有45～

50%，依鑄件的形狀而異。因氣孔而造成的廢品幾乎沒有，而由於加壓於模穴內的金屬，使鑄件表面及尖角處都能充滿鐵水。為了使金屬液的凝固方向受離心力的影響，澆鑄後可保持旋轉約10分鐘。

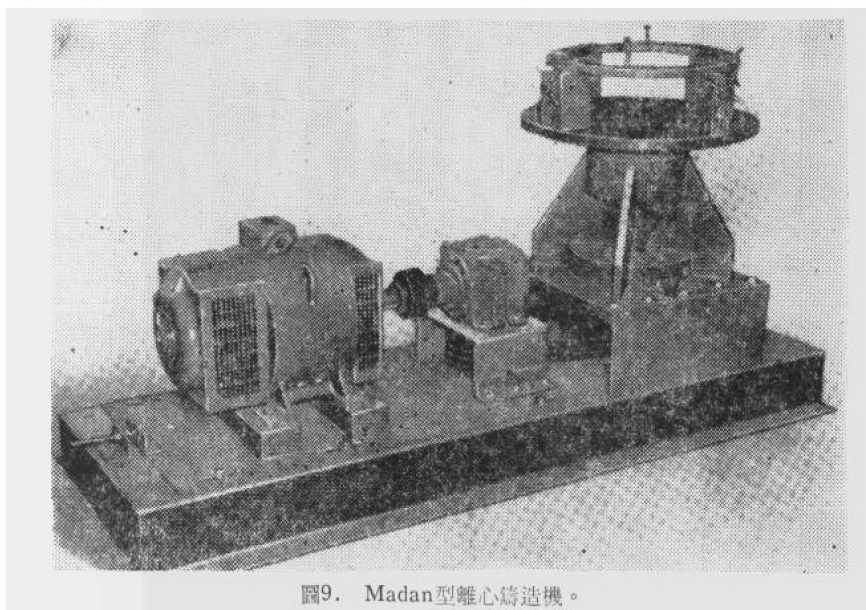


圖9. Madan型離心鑄造機。

熔 解：

對任何特殊的鑄模而言，熔解工作總比澆鑄工作為優先。熔解採用高週波熔解爐，其所使用的火花隙發電機 (Spark-gap generator)，安置在圖8中左方所示之大箱子裡。再從發電機拉出導線到地坑裡的基座N，基座附有覆緣連接器 (Shrouded connector)，爐體底下附有柱塞 (Plug)，安放時把柱塞插入被覆連接器內即可。爐內置有容量20磅的砂線石坩堝，外繞水冷式加熱線圈，線圈與柱塞相連，以橡皮管供給冷却水，其長度需足夠使爐子抬起到澆鑄位置，如圖8所示。在圖中左下角可看到另一型式完全相同的爐子。

這些爐子的容量足夠該公司所生產的中小型鑄件所需的金屬液。若要澆鑄大一點的鑄件時，可以兩個爐子一起熔解，然後再倒入同一個澆斗內再行澆鑄，或者可以使用另外一個較大的熔解爐。這個爐子容量40磅，採用馬達發電機，是Electric Furnace公司的產品。在圖