

重力模鑄技術

崔 銘編譯



愛迪出版社

重力模鑄技術

出版者：愛迪出版社

地址：九龍官塘物華街23號
群星大廈叁樓B座

承印者：文英印刷廠

地址：九龍新蒲崗八達街七至九號
均樂工業大廈地下

前 言

早在 1952 年，在熔鑄基本課程第五卷裏，法國熔鑄業理事會專業協會全國委員會發表約廿頁專論，研討有關金屬模的鑄造技術。惟因此項技術本身範圍廣濶以及這種鑄造合金方法的不斷發展，特別是稱為重力模鑄，壓力模鑄以及離心模鑄等技術的探討，最近顯有出版專用手冊之需要。

這種模鑄技術的生產量，在輕合金方面，已達總產量之 60 %。但在銅基合金方面，硬模鑄造大多只在製造鋁青銅鑄件以及生產黃銅鑄件。

鋅和鋅合金的全年生產量已知約為 25,000 公噸，幾乎全部都是壓力模鑄產品。此外，模鑄技術的推廣可能不久將包括鑄鐵產品。

模鑄技術的顯著發展，到目前為止，對成功攸關的重要因素仍未有合理而系統化之研究。一切有關金屬因素，以及鑄模塗料，材料選擇，進料技術，其他尚有有關凝固，收縮，機械化和安全方面等問題，仍無教本可用。

專業協會全國委員會為改進現況，將此問題提交具有廣泛經驗和資料來源的工業團體。

特別想到熔鑄工業技術中心，並承總經理司徒非先生(Stupfler)傾力合作，衷心至感。

同此，技術中心硬模鑄造部主任畢琳先生(Billing)，會同專業協會全國委員會推荐之法國熔鑄工業專校工程師法萊士先生(Falaise)等；併此致謝。技術中心之其他同仁曾參與本書編纂者：巴德蘭先生(Barthelet)負責選擇資料；卡彌賽先生(Camuset)檢製大量圖說，使有關教材獲親眼目睹之效果；俞樂美先生(Ulmer)和馬

斯開先生 (Macré) 各在熱力及金屬方面貢獻寶貴意見。

因此，本書為名符其實的集體創作，受甚多極有成就的工程師們鼎力支持，才可能有此收穫。特別值得一提的是柯斯德先生 (Coste)，古實第先生 (Cousteix)，符龍先生 (Fouron) 和瓦理先生 (Voisin) 等。

本書的第一部份解釋有關金屬模中鑄造問題的一般金相因素。第二部份是結合工程師，技術員，以及熟練技工等的精華，對有關重力模鑄技術所推荐的方法。有關模鑄產品的各方面工作，以最合理程序，排列先後，而有關金屬之處理問題，健全問題，修整，金屬的合理流動性質等問題，都有見地。

最後，為許多詳細資料做一結論，引證五項典型產品的生產技術做為技術應用的實例。

吾人深信無論是指導人，或是參加實際工作的技術人員，都能從本書中找到寶貴的資料。此點應感謝前已提及的各經驗豐富，勤於科學及文獻研究的諸先生，尤其是畢琳和法萊士兩先生。

華依萊

(D. Waeles)

專業協會全國委員會主席

目 录

第一部 理論探討	1
1. 第一章 概論	3
2. 第二章 金相的基本知識	11
3. 第三章 金屬和合金的性質	31
4. 第四章 鑄造缺陷	51
5. 第五章 鑄造技術的各種問題	63
6. 第六章 模鑄合金	67
第二部 技術性意見	97
7. 第七章 原理	99
8. 第八章 硬模中作物的位置	101
9. 第九章 生產方法	109
10. 第十章 澆注	145
11. 第十一章 鑄品的凝固	169
12. 第十二章 鑄模塗料	195
13. 第十三章 硬模附屬品	203
14. 第十四章 經濟型硬模	213
15. 第十五章 硬模的機械化	219
16. 第十六章 選擇硬模材料	231
17. 第十七章 安全措施	235
18. 第十八章 鑄造程序實例	238
參考資料	258

第一部 理論探討

第一章 概論

基本問題

自從人類發現金屬可以熔化，就想把液化金屬倒入在金屬凝固過程，以及凝固以後都能保持形狀的鑄模（Mould）裏，而使金屬結成我們所需要的形狀。

製作鑄模的傳統方法是做一個我們希望製成東西的模型（pattern），並把這模型印在適於做模的可塑性材料裏。後者多半是經過特別處理的含砂黏土質砂。為便於說明起見，此處扼要說明製作砂模的方法。

砂模的製作要利用模型，而模型的外形也就是想要做成東西的外表形狀。這種模型一般都是用木料做成，但也可以用金屬（青銅，鑄鐵，鋁合金）或塑膠，當然也可以用其他任一種堅固材料。

為使模砂能夠堆在模型四週，並需搬移處理，這些模砂都放在稱為模箱（Moulding box）的固形框架裏。這一類模箱通常都設有定位銷和孔，以便於做成複雜形狀的東西。

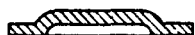
很顯然地，鑄模必須由兩個或兩個以上分開的，或可以分開的部份湊成，才能使模型從它本身在模砂中所造成的立體映像中取出來，而鑄模的分開數目和位置，全看所需複製成品外形的複雜程度而定。

例如要製作斷面如下圖（第1圖）的一個簡單圓盤。

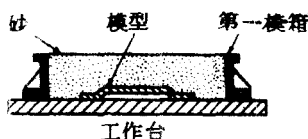
模型和成品完全一樣（稱為「自然」模型）的製作鑄模過程，計有下列步驟：

1. 把模型面朝下放在平面上，依第2圖所示方法安放第1號模箱。翻砂工就用模砂填滿模箱和模型。全部總成（模箱，砂和模型）隨後即按第3圖方式倒轉安置。

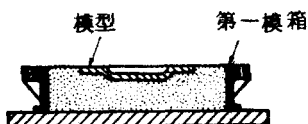
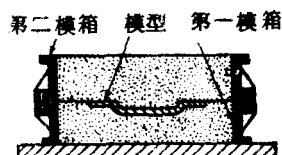
2. 翻砂工隨後把第二個模箱放在第一個模箱上，利用定位銷使鑄模的兩半儘可能精確對準。第一個一半鑄模敷蓋一層細砂或粉等以防黏結，隨後把模砂填入上方第2號模箱，見第4圖。
3. 隨後拆開兩箱，從砂中取出模型（第5圖）。
4. 再把兩箱按照模型未取出以前位置重新合攏（第6圖）。



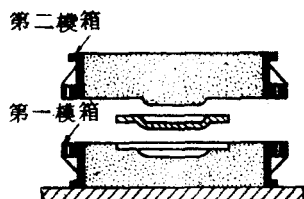
第1圖 典型鬆動模



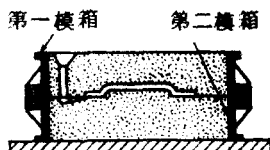
第2圖 製作鑄模的第一半模

第3圖 倒轉第一半模
以備製作第二半模

第4圖 製作鑄模的第二半模



第5圖 提開兩個半模以便取出模型



第6圖 準備澆鑄的鑄模

在這些過程中的某些部份，必須要做成通道（channel），使熔金屬可由此流入鑄模內，同時要計劃進料頭（feeder heads）或通氣孔（vents）的位置，以確保鑄件的品質。

分析這些必需的作業方式，可以清楚了解過程中的許多限制因素。

(a) 一般情形下，模型只能從一個方向——垂直方向——抽出。

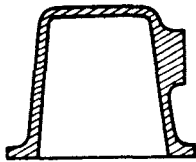
- (b) 模型的各部份，其形狀必須要能從砂中取出，而不致攪亂砂中印痕〔也就是說這些模型必須要有足夠的退度 (draft) 或拔梢 (taper) 〕。
- (c) 用木料做成的模型，尤如前述的例中，可能強度不夠。
- (d) 內形或外形複雜的成品，可能無法應用前述利用成品本身當模型的方法，複製鑄件。

很顯然地，一位鑄工（俗稱翻砂工）如只會應用這種方法，他所製成的鑄件，必然是十分簡單的東西。然而，熔鑄方面發展成功的很多技術，可利用模箱的翻砂方法製造比較複雜的東西。其中因採用「心型」（'core'）而使砂模鑄造的範圍，大見推廣。

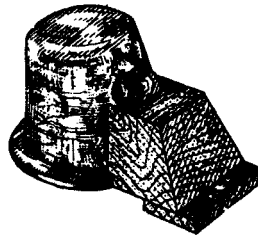
心型是一個鑄模的一部份或組元，是在稱為「心型箱」（core boxes）的總成中製成。做成這些組元的材料可能就用模砂，但最常用的是用不含黏土的砂砂，其中摻有黏結材料。模砂的顆粒因有這種材料，再經加熱處理，或因化學反應，而使其緊密結固。

形狀較複雜的東西，可把適當樣式的心型放在抽出模型的砂痕中，可達成製造的目的。

設我們所要製造的東西，不是剛才所討論的簡單圓盤，而是一邊附有突面的深口杯，如第7圖所示，一側有一個凹面 (re-entrant)。



第7圖 杯形鑄件
一側有一個凹面



第8圖 帶有心型端承以製凹面的模型

研究此鑄件可知：

鑄造鑄件的內部，在理論上是可行的，但在實際製作時頗為困

難。

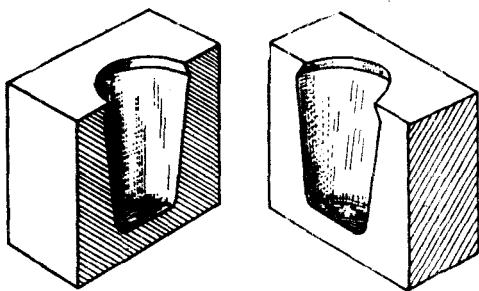
模型上的橫向突面完全不能脫開鑄模。

模型不能用木料製作，以其強度不夠。

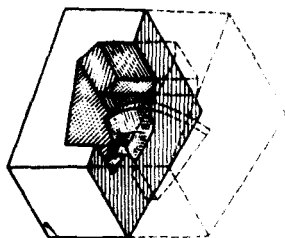
由於這些原因，必須要借助模型和心型（第 8 圖），才能達成目的；而製作心型時還需要兩個心型箱（第 9 和第 10 圖）。

最後的鑄模總成斷面見第 11 圖，即可澆鑄。

相當複雜的鑄件，就可以用這種方法在砂模裏做成。



第 9 圖 製作中央心型的心型箱



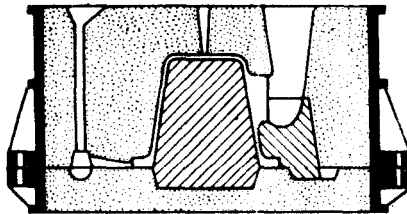
第 10 圖 製作凹面心型的心型箱

完工鑄件的精確程度，要看模箱的準位程度，模型和心型箱的精確度，以及模型的設計和構造；然而所能達到的精確程度總有一定限度，但現代的大量生產工業要求生產者製作鑄件的精確度日見提高，高到可以完全不要再用機器加工的程度，等到最現代化的砂模技術仍

不能達成需要時，就有必要研究採用其他型式鑄模的可能性。此外，精確度的需要也不是必須要用其他方法的唯一因素。很顯然地，也要考慮作業成本，而需要生產大量相同產品的地方，採用比較昂貴的設備，可能有利於生產成本。

探索一種永久鑄模

工業技術的進步，雖在砂模鑄造方面有長足的改進事實，但此法最主要的不利點是每一個鑄模只能使用一次。因此，翻砂工廠遂受人工處理鑄砂和模箱問題的支配，作業成本受這些處理問題的影響很大。所以，熔鑄業經常努力試作可以承受連續熔鑄作業的全部或一部份鑄模。



第 11 圖 鑄模組裝，即可澆鑄

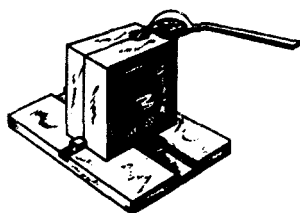
這不是一個新的概念，古時候就會不斷應用過。古物中有很多鑄模是用石頭鑿成，用以製作青銅武器。

大件鑄物需要多次複製時，鑄模的主體重複使用也不少見。這種方法以後又推廣到使用金屬塊，把要製作東西的外形刻在金屬塊裏。這種方法的發展，除了不需用砂和模箱外，也看出鑄件幾乎能自任何方向從鑄模中取出的優點。由此而發軔了重力模鑄的技術。

這種技術的合理發展就是壓力模鑄，使大量鑄件能以極高速率下生產。同時，產品的精確度已可提高到可以說「壓力模鑄是原料和完工成品間最簡捷之路」

模鑄技術的優點

重力模鑄。重力模鑄所使用的硬模，是由金屬組件構成的（一般都用鑄鐵或鋼）。硬模的設計隨鑄件的形式而變，須使總成能適於澆鑄和抽取。這許多作業步驟構成一個作業循環 (Cycle of Operation)，當以某一定的週期重複生產時，就決定了這設備的生產率。硬模的組成和拆解的某些步驟可以一部份機械化。在這過程中，液體金屬完全靠自身的重量流入模內，也就因為這一特點才稱之為**重力模鑄**，以別於壓力模鑄的方法（第 12 圖）。



第 12 圖 重力模鑄用典型金屬鑄模，或稱硬模。

壓力模鑄。這項技術是前述重力模鑄的進一步發展，具有下述特點：

- (1) 硬模是裝在一具壓機的兩塊平板或稱「平台」(plattens)之間，一般都是橫型，利用平台而使硬模開閉。
- (2) 硬模隨機器一起移動，因此也決定總成的一般移動方向。
- (3) 液體金屬一般都在壓縮室 (compression chamber) 內，經活塞的推送作用而將其射入硬模內。此壓縮室如設在熔融的金屬內，而金屬又由屬於機器一部份的加熱爐加熱者，則此壓縮室稱為熱室 (hot chamber)。而熔融金屬經機器外爐子加熱，再送入壓縮室送進硬模者，則稱為冷室 (cold chamber)。

壓力模鑄需要對要製作鑄件的設計和形狀，做特別小心的研究。

經濟方面，一種鑄品的生產宜採用何種生產技術，受很多因素限制，其中最主要的是：

機械性能；
尺寸大小的精確度
形狀的複雜性；
表面狀況；
鑄件生產數量；
生產時間。

考慮到強度，精確度或表面狀況顯示需要特殊技術時，鑄件生產成本的估計特別重要。生產成本不僅要考慮到所使用的硬模本身成本（它和以後可能生產的數量有關），並且要考慮射機的成本部份。同時也應該留下隨後幾項輔助作業，如熔解，修整和有些機器加工等成本的裕度。最後，使用金屬的確實重量也是影響生產總成本的因素。一件成品生產成本的縝密研究決定了某一特殊技術的援用限度，換句話說，成品的生產數量必須要滿足某種生產程序的特點，才有採用的經濟價值。

大量生產的出現可以使機械化壓力模鑄成為實際可行的方法。由於巨大資本投資的結果，大量生產的鑄件售價很低。例如一具電咖啡磨，它的售價可能低於非大量生產下所製成的一部份配件。

第二章 金相的基本知識

熔鑄業必然會遭遇到的許多問題中，有關金屬和合金的結構事項，是最重要而又最複雜的問題。

一件成品構成材料的結構是在凝固時形成的，它可以在固體狀態冷卻時加以改良，它也可以在不同的熱處理影響下進行改變。

一件成品的合金結構決定了下列性質：

- 機械強度；
- 抗熱性能；
- 抗蝕性能；
- 切削性；
- 健全性。

相反地，為滿足工業要求而對產品中某種特殊性質的需要也決定了產品所採用的合金種類。

每一種合金的凝固和冷卻都受它自身特性的影響。這些特性正是面對熔鑄業者各種問題的主要癥結；它決定鑄件所採用合金的適宜性。所以，熔鑄技工能依照凝固和冷卻的特點以分別合金種類是非常重要的事。有關這項性質的學識能使鑄工發揮最高的熔鑄技術。

固體和液體狀態

物質能以三種形式存在：固體狀態；液體狀態；氣體狀態。

這三種物理狀態代表該物質不同的凝結程度。

在固體狀態時，原子以極大的力量互相束合，因此使固體整體賦有較大的剛性 (rigidity)。這種束合力 (binding force) 隨溫度升

高而逐漸減小。當到達原子能因為本身的動量 (Momentum) 作用而能互相相對移動的狀態時，物體就不能保持本身形狀；因此而委身於容器形狀。這材料便從固體狀態變到液體狀態，而這種變換我們稱之為熔解 (fusion) 或熔化。熔解是可逆性的現象。如果液體合金容其冷卻，它就採取熔解時各種相反步驟，重新回復其固體狀態。

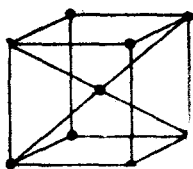
熔解和凝固是把金屬材料轉成鑄件的基本階段。因此，研究影響這些現象的不同因素是熔鑄技術的基本要事。

晶 體

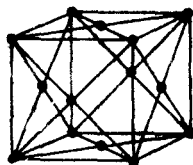
固體狀態的物質具有晶體結構 (crystalline structure)。但也有少數例外，稱為非結晶性物質 (amorphous substances)。

晶體 (crystals) 在冷卻時聚核成形。例如溫熱的鹽水溶液如容其冷卻，在容器的底部就有鹽的晶體沉澱。

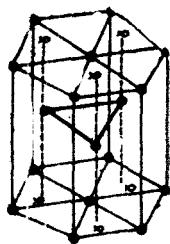
如用 X - 射線來檢視晶體的構造，就能看出這種晶體是由一群按一定並重複的幾何模式排列的原子。此模式稱之為「晶格」(Lattice)。在金屬晶體中，最常發現的三種晶格如下：



第 13 圖 體中心
立體晶格 (單體)



第 14 圖 面中心
立體晶格 (單體)



第 15 圖 六方晶格 (單體)