

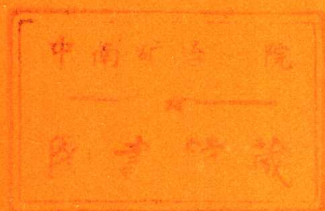


475001

精 密 鑄 造 法

上 册

工具機手冊 第十三冊



金屬工業發展中心 編譯



精 密 鑄 造 法

上 冊

工具機手冊 第十三冊

邱 紹 成 譯

版 權 所 有
不 准 翻 印

中 華 民 國 六 十 八 年 十 二 月 出 版

工 具 機 手 冊 之 (十 三)

精 密 鑄 造 法

上 冊

(全二冊)

編 譯 者：金 屬 工 業 發 展 中 心

發 行 者：經 濟 部 國 際 貿 易 局

印 刷：佳興印刷局企業有限公司

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，尚祈不吝指正！

序

幾世紀以來，精密鑄造並非新技術，它以脫蠟法(Lost-wax) 的名稱被廣泛的應用來生產從珠寶到雕像等藝術品。最近由於它製造的機械另件尺寸精密而受到生產者之重視。直到目前為止，這方面的文獻仍不多，因為大部分的研究實驗都偏重於蠟的成份及包模材料。然而，在美國及英國都已實際用來生產了。

本書將敘述以目前已有的知識和已使用的情形做個印證，書中所舉的例子都是從實際經驗中得到的，在此特別要向 B.S.A. Co. Ltd. 和 W.J. Hooker Ltd 兩公司致謝他們所提供的許多寶貴經驗的資料。

本書希望能對有志從事於此行業之人士提供一些服務，且能讓學子們多吸收一份這方面的學識。以上係 Machinery's Yellow Back 原序。

目前國內有精密鑄造工廠從事精密的機器另件和高壓管件，和一般的手工具扳手工廠也用脫蠟法大量鑄造，並已拓展外銷，惟本技術在國內尚在萌芽時期，特此推薦，有賴我工業界、兵工界之重視並加發展與利用，期能對一般商品及兵器生產之質與量都將因此有所改進，寄有厚望焉！

目 錄

頁次

第 一 章

優缺點，設計上應考慮事項及尺寸公差	1
-------------------------	---

第 二 章

生產蠟模之模具	6
---------------	---

第 三 章

蠟與射蠟機	12
-------------	----

第 四 章

蠟模及水銀模	17
--------------	----

第 五 章

包模作業脫蠟及鑄模預熱	28
-------------------	----

第 六 章

澆鑄，熔爐種類，鑄疵及 Invstril 制度	38
-------------------------------	----

精密鑄造法（下冊）參考目錄

- 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。
- 第二章 P.I. Castings [Altrincham] Ltd.
模具與鑄件之實例。
- 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。
- 第四章 Napiercast Foundry, Napier Aero Engine, Ltd.
熔融態射蠟之用蠟，水溶性蠟，以環氧樹脂模具
熔融態射蠟所需之設備。
- 第五章 Napiercast Foundry, Napier Aero Engines Ltd,
陶心、殼模、浮砂桶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
空之威磨熔解作業。
- 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。
- 第七章 Trucast Ltd. 之塑膠態射蠟機及 R.F 熔解爐
- 第八章 Monsanto Chemicals, Ltd. and Leeds & Bradford
蒸氣式脫蠟爐。

精密鑄造法

(上 冊)

第 一 章

優、缺點，設計上應考慮事項，尺寸公差。

幾世紀以來精密鑄造都以脫蠟法從事於珠寶、雕像及鑄鐘等藝術品之生產。精密法之兩大優點是(1)減少複雜鑄件之加工工時，(2)生產加工困難且公差極緊之零件。

簡單地說，精密鑄造就是用能耐高溫的耐火材料將熔點低的模型材料包起來，這種模型材料在鑄模硬化後可以熔掉而留下尺寸精確的模穴，再把熔融金屬液倒入模穴，待凝固後將包模敲碎，即可得到所需之精密鑄件。

但是在各個步驟中都有不同的影響品質的因素存在，以下將逐步加以說明。

討論正題之前先把精密鑄造之優缺點敘述於下：

優 點

不容易加工的金屬在鑄造時盡量接近所需的尺寸，以減少將來的加工量；輪廓複雜的鑄件，以一般加工方法不易做到時，可以在鑄造時盡量使其外形接近所需求者，不必再加工或使加工手續降至最低。

可耗性模型材料的鑄肌可得和高度加工的表面一樣。模型件可以整體或分開製造後再行組合，使其外觀強度及尺寸要求都得到改善。

可控制冶金上的條件而獲得健全的鑄件。

另一優點是精密鑄造廠能很容易地改變零件的設計，而不需大量的改變設備型態。

在特別情況下，精密鑄造對一種零件而言可說是唯一的經濟生產法。例如，一個機械零件在經一次熱處理，四次研磨後，需要再經42道不同的加工程序才能完成，若採精密鑄造可以鑄得公差在數千分之

幾吋之胚件，只經四次研磨後，即可得到所需的成品。

另一個例子是做紡織機的梭子 (weaving machine shuttle lifter)，以往是用五個零件，以螺絲釘結合起來，其工程步驟包括了67道不同手續，可以說極其麻煩。經改以精密鑄造後，一次鑄出其外形，而僅僅需要八道工作程序即可完成之。

圖1所示是精密鑄造產品之一部分，其中A者為手槍本體，以傳統機械加工法從事每週10,000件之生產，需62位工人，42部各型機器；改用精密鑄造法僅需20位工人每週即可生產5,000件。

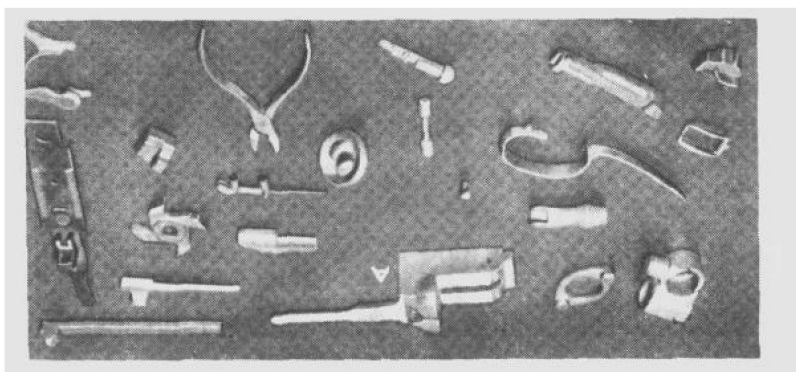


圖1 為B. S. A公司精密鑄件之部分成品，其中A者為手槍本體。

缺 點

精密鑄造之缺點有：

1. 生產量少時，與一般方法比較起來就顯得其成本偏高。
2. 由於鑄模強度有限，因此能鑄造的鑄件尺寸受到限制。
3. 除非有週全的計劃及適當的風乾懸掛設備，否則會有因不良品太多而造成不經濟。

可澆鑄之金屬

幾乎所有可用的金屬都可鑄造，這包括了碳鋼、合金鋼，不銹鋼和工具鋼；一般及高強度鑄鐵；鋁合金、鈷合金、銅合金、鋁青銅、

磷青銅、矽青銅和鎳合金。鈹鎳合金(Be-Ni)亦能鑄造。

在鑄造銑刀時，以化學成分 C 0.76%, Cr 4.8%, Mo 0.10%, W 17.2%, V 1.55%, 熔解溫度 2850~2900°F(1566~1593°C) 可得完美的鑄件。圖2所示為 stellite 及各種不同的不銹鋼澆鑄精密鑄件。

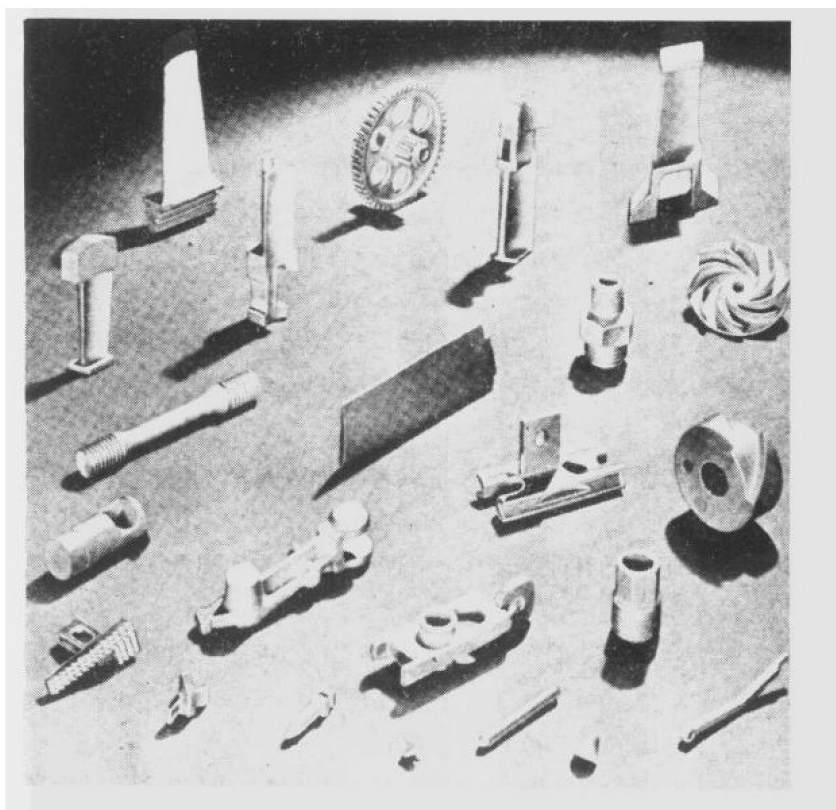


圖2 Stellite 及不銹鋼的精密鑄件

設計上應考慮事項

爲了得到好的精密鑄件，在一開始着手設計時就應加考慮某些重要的因素。

儘可能的避免厚断面，以免在高溫澆鑄後產生收縮；厚薄變化不

要太突然，否則會使組織發生偏析，薄斷面產生冷硬，厚肉處鐵水補充不到的缺點。非常薄的鑄件，譬如說只有 0.005in，在蠟模包模的製作時就要注意了，尤其要使模穴表面非常光滑，否則將發生不良品而增加成本。

鑄造金屬的傳熱率須依鑄件的最小斷面來計算，高傳導率的金屬可以用來澆鑄厚度 0.010in 以下的鑄件，澆鑄流動性良好的合金時，可以不必考慮其澆冒口系統。

高合金鋼及部分不銹鋼在熔融狀態時，流動性不佳，對於薄鑄件的補充效果不良。傳導率中等的合金包括有不銹鋼、黃銅及青銅等。

另件設計應儘量避免過切(undercut)，因為相對的必須使用分割模型(split die)來做蠟模和複雜的砂心。同時為了減低不良品發生蠟模的製作也必須非常小心。

有時為了補強須加用肋條(rib)，這為的是做到減低厚度目的。一般說來儘可能不要加腹板(web)或肋條，因為它將增加熱裂及收縮孔的機會。

為避內應力產生破裂現象，可以考慮加大圓角，但也必須考慮到澆鑄時金屬流動是否順暢。

砂心的製作並沒有什麼困難，不管它是方的、圓的，甚至連內螺紋都可直接鑄出。

大多數的金屬都能鑄造厚度僅 0.020in 的鑄件，但某些金屬則只能鑄出 0.040in 厚的鑄件。決定最小厚度的一個原則是在包模作業時的振動，不要影響到蠟模的精密度。

因為有些金屬在凝固時有非常明顯的收縮，因此在設計時對於薄斷面的補充可以由加大厚斷面的尺寸來獲得足夠的鐵水補充效應。

尺寸公差

一般而言精密鑄造另件公差定在 $\pm 0.003\text{in/in}$ 。鑄胚公差大多在 $\pm 0.005\text{in/in}$ ，在蠟模及澆鑄溫度如能注意控制可以得到更好的公差。例如在生產輪機噴射發動機的鈹鎳合金葉片時，其公差可達 0.001in/in 。

適合的公差，可由開始設計時的仔細計算來獲得，雖然依各步驟不同而有變化，但需加考慮的因素有：

- (1)蠟在凝固時的收縮率。
- (2)包模材料硬化時的膨脹率。
- (3)包模的熱膨脹率。
- (4)鑄件之總收縮率。

此外，公差亦可由金屬種類及熔點來決定。一般而言，熔點在 $2000^{\circ}\text{F}(1093^{\circ}\text{C})$ 以下的金屬尺寸公差很易限為約 0.002in/in ；溫度較高者則其極限界限約為 0.005in/in 。

第 二 章

生產蠟模之模具

無論採用蠟模，塑膠模或水銀模都需要具備用來生產它們的模具。使用何種模具則視採用何種模型材料，鑄件的複雜性，產量等而定；此外尚需考慮到對尺寸公差的影響。

長期使用的模具

需要長期使用的模具，必須像壓鑄模或塑膠成形模一樣堅固。零件形狀簡單時，可使用兩半模(two-part die)，形狀複雜時則需加以分割。依模具需用壽命可分別由鋼、青銅或鋁合金製造。

有時在模型中需具有穿透孔時，需採用可回收性砂心。具內螺紋孔可由砂心來做，通常標準模具製造法都可採用，且可以由一個模子做出許多相同的模型。滾齒法(method of hobbing)可以用來生產形狀便於滾齒的零件。

低熔點合金模具

以含40%錫 60%鉍，熔點 375°F(190.5°C)，所做之低熔點合金模具適合於長期生產使用，鉍在冷卻時的輕微膨脹，可由錫的收縮予以抵消，以其所含的比例在實際生產時的體積變化將可予以消除。

另外一種合金也可使用，就是含25%鉛50%鉍及25%錫，這就是說將有均勻的收縮率。

這種低熔點合金模具是先以鋼、鋁或鋅合金做成主模型(master pattern)，然後再將低熔點合金澆入。現舉一個製作兩半模具的方法為例。

如圖 1 所示先將主模型的一半用白石膏覆蓋起來，套好砂箱後澆入金屬，然後放在澆鑄機枱上，如圖 2 所示，在圖上你可看到操作者正準備經由澆口倒入熔融的合金。

待冷卻凝固後，將砂箱翻過來，除掉石膏，同樣地澆入低熔點合



圖 1 將原模型的一半用石膏覆蓋起來



圖 2 套好砂箱後準備澆入熔融的低熔點合金

金。此時另一半的原模型仍被原先澆鑄的金屬所覆蓋。全部合金凝固後再拿掉主模型。

圖 3 所示為分做兩半的模具及主模模型。



圖 3 分做兩半的模具及主模型

在美國的做法是在原模型上澆入低熔點合金之前先敷上一層約 0.0003in 厚的橡膠膜，並在砂箱邊緣用膠帶黏合。橡膠膜做為分模劑。

用可熔的合金來做模具通常都是用鋼質套箱襯起來以承受射蠟時的高壓而不致變形，同時亦可保護分模面。

雖然蠟在冷卻時會收縮，但為了離模容易起見都預留有 $1\frac{1}{2}^{\circ}\sim 1^{\circ}$ 的拔模斜度。

主 模 型

主模型可用鋼質鋁質或木材甚至可用塑膠材料來做。在實用上以鋁最為適用，因為它易於加工及表面粗度良好。主模型的尺寸可以控

制到與鑄件尺寸有一定的關係。通常是比鑄件大 1%，以補償模具材料、蠟模、耐火材料及鑄造金屬之收縮量。

射出成形金屬模

要做一個形狀簡單的兩半模模具，有一個方便的方法是採用金屬塗佈法(metal spraying)。

將主模型以粘土覆蓋至一定的分模線，再塗上一層薄油脂，然後再噴上銅、鋅或鋁至一定的厚度，一半完成後，翻過來除去粘土，在另一半的主模型上塗上油脂，再用同樣方法噴上銅、鋅或鋁，至此才在背後覆以低熔點合金。

上下兩模做好後，才做定位銷及射蠟口。在做定位銷時要有技巧，否則會影響到鑄件的精度。

石膏模具

若產量少到20個左右時，可以用白石膏來做模具，其做法如下：

將主模型以鋼質砂箱套起來，並以粘土覆蓋至一定的分模線，然後把白色石膏倒入把整個模型蓋起來，硬化後翻過來除去粘土，分模面上塗一層薄薄的油脂(petroleum jelly)，再澆入石膏做好另一半。

硫與石墨混合模具

另一種偶而採用的模具材料是硫與石墨混合材料。這種材料經加壓加熱成形後表面光製極佳。這種方法正用形狀簡單少量的生產，可免除昂貴的模具費用。

可撓性模具

碰到產品精度不重要時，如外科用具、手工具等，可以採用具柔軟的橡皮模或 PVC 模。它的好處是有過切的模型另件模子，就不是鬆件方式也很容易取出。

圖 4 所示是一些可撓性模具實例，其中A 者為外科手術鉗之橡皮模，上面有很深的稜角，若採用金屬製模具在取出蠟模時會發生損壞現象。但採用橡皮模則能很容易的取出且不致損壞。

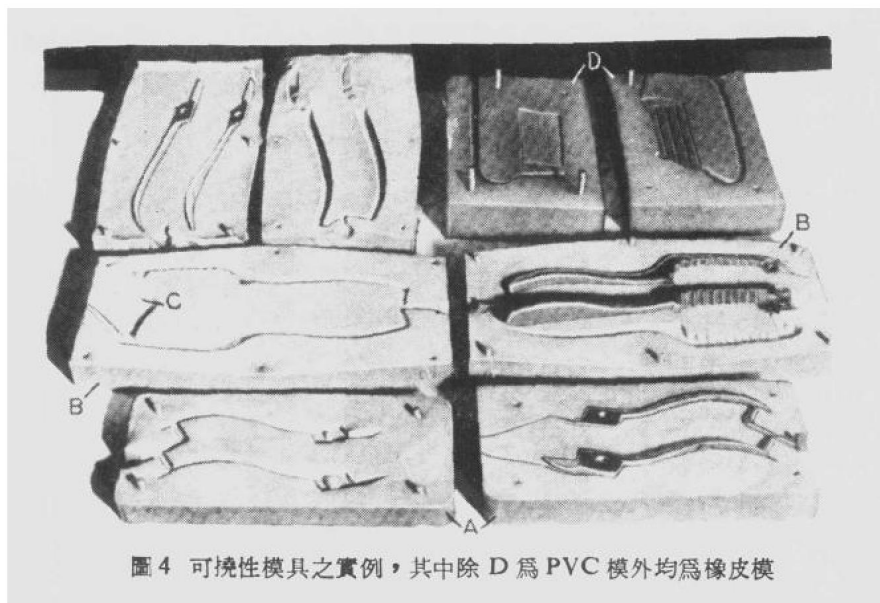


圖4 可撓性模具之實例，其中除 D 為 PVC 模外均為橡皮模

又圖中之B為一對破核桃的挾子手柄 (nut-cracker limb)，可撓性橡皮模其過切部份非常嚴重。當破核桃挾組合時，就是將手柄之一對凸緣 (lug) 與另一手柄之一個凸緣相配合，然後再用一根銷同時穿過這三個凸緣。模具的分模面接近平面，若不願完全沉在面下潭內凸緣的存在，則此蠟模可以毫無困難地從模具中取出。因為用的是可撓性模所以沉在面下的凸緣蠟模還是可以設法取出的。可撓性模具的做法與低熔點合金模具之做法相類似。橡皮模具在受壓之下加熱使其硬化，並且在分模面上撒一層法蘭西石墨 (french chalk) 以防止其粘合。

圖4中B部分橡皮模是先做左邊的一半，並在分模面留下一凹槽C，那麼在做另一半時就會出現一凸塊，這一凸塊的高度與凸緣內面同高。因此在模面上就可做出一完全的樞銷 (pivot-pin)。

為了取掉原模型，用小刀將凸塊割一個槽，而使得此凸塊成了一鬆動折翼 (loose flap)，同樣的在取出蠟模也時要把這折翼掀起。

圖4中的D部分是用 PVC 材料做成的熱交換器零件模具，一邊的凸片 (fin) 非常薄，空間小且深，若用一般的剛體模具，取出蠟模非