

# 精密鑄造能力本位訓練教材 精密鑄造種類與應用

編號：PMF-IPC0103

編著者：曹龍泉

審稿者：黃進和

主辦單位：行政院勞工委員會職業訓練局

研製單位：中華民國職業訓練研究發展中心

印製日期：九十年十二月

## 單元 PMF-IPC0103 學習指引

學習本單元時，你應該瞭解或是認識精密鑄造相關學習單元，如下列單元：

PMF-IPC 0101 認識精密鑄造

PMF-IPC 0102 精密鑄造的特性

如果你確定完全瞭解上述單元內容後，請你翻到下一頁開始學習本單元。如果你還是猶豫不決或是無法勝任上述的各單元，請將本教材放回原處，重新回到你尚未學習的單元，或是請教你的老師。

## 引言

我國電子工業、工具機製造及民生產品上，近年來各機器不論在產量及品質上，都有相當的進步，與外國各大廠產品可媲美，並且大量出口。事實上這些相關產品複雜零件或是製作模具上，大部分是應用精密鑄造方法所做成。能有效的減少人力及降低機械加工的成本，並改進產品品質，始可保持既有市場和進一步拓展外銷。至於藝術界要求，仍然需要高水準的鑄件，這問題只有藉由精密鑄造法來完成，可有效地減少後處理工作，因此可輕易達到藝術與設計家的夢想。然而隨著產品內容及目的不同，因而發展出不同的精密鑄造技術。本單元將介紹精密鑄造的種類與應用，同時藉由網路搜尋的方式，讓你進入國際精密鑄造廠家的應用，進而認識這些現代化精密鑄造工廠的產品及應用。你的心情如何？讓我們一起進入下一頁吧！

## 定義

### 精密鑄造：

應用耐高溫的耐火材料將低熔點模型材料包模起來，待包模材料硬化後再將模型材料熔掉而留下精密的模穴，然後將熔化金屬液澆鑄進入模穴，等待冷卻凝固後將包模敲碎並獲得精密鑄件。

### 精密鑄造之特性：

1. 形狀複雜精密工件，容易鑄造成型。
2. 鑄件表面細緻，尺寸精度高。
3. 材質多樣化，內部組織緻密。
4. 減少機械加工與耗損，模具費低。
5. 節省機械加工費用及材料成本，生產快速，產量大。
6. 輕易達到設計夢想。

## 學習目標

- 一、在不使用任何參考書籍下，你能正確地說出 3 種精密鑄造。
- 二、在不使用任何參考書籍下，你能正確地撰寫出包模法的應用種類。
- 三、在不使用任何參考書籍下，你能正確地撰寫出石膏法的應用種類。

## 學習活動

本單元之學習活動是屬於認知領域的學習，其相關活動包含相關知識的學習及實際練習上網尋找相關知識二種，對於精密鑄造種類與應用，你可經由下列三條途徑，自我選擇學習的方式來研習此精密鑄造種類與應用的領域。

一、閱讀本教材之第 5 頁到第 39 頁。

二、連線到搜尋網站尋找相關知識。

三、到圖書館借閱相關書籍或閱讀下列參考書籍

(一) 張晉昌，1987 年，鑄造學，全華科技圖書股份有限公司，第 359 頁至第 394 頁。

(二) 林宗獻，1987 年，精密鑄造，全華科技圖書股份有限公司，第 3 頁至第 32 頁。

(三) 金屬工業發展中心編譯，1979 年，精密鑄造法，經濟部國際貿易局，上冊。

(四) 日本鑄物協會精密鑄造部會編，昭和 48 年，精密鑄造法，日本鑄物日刊工業新聞社，第 1 頁至第 205 頁。

本教材的第一個學習目標是

在不使用任何參考書籍下，你能正確地說出 3 種精密鑄造。

## 精密鑄造種類

在閱讀本單元前，編號 PMF-IPC0101 之精密鑄造與生活及編號 PMF-IPC0102 之精密鑄造的特性等兩單元的相關知識，簡述如下：精密鑄造是應用耐高溫的耐火材料將低熔點模型材料包模起來，待包模材料硬化後再將模型材料熔掉而留下精密的模穴，然後將熔化金屬液澆鑄進入模穴，等待冷卻凝固後將包模敲碎並獲得精密鑄件。精密鑄造依產品目的可區分為工業類、藝術類、休閒類、科技類及醫療類等五種，依據這些種類及產品的特性，可說明精密鑄造特性：1.形狀複雜精密，工件容易鑄造成型。2.鑄件表面細緻，尺寸精度高。3.材質多樣化，內部組織緻密。4.減少機械加工與耗損，模具費低。5.節省機械加工費用及材料成本、生產大量快速。從這些產品的生產方式，約可分為三大類，分別是殼模法、包模法及石膏模法。在講求高科技的今日，精密零組件已廣用於機械、航太、核能、電子…等工業，因此精密鑄造乃扮演相當重要的角色，但隨著消費者對產品需求標準愈來愈高，加上工資高漲及環保問題的衝擊下，鑄造業界不得不尋求更高層次的生產技術運用從中嚴格控制成份及製程，使精密陶模鑄造的附加價值遠相較於傳統鑄造來的高，不但能減少後處理尺寸修改與大型鑄件表面加工時之不便，更能獲得較佳表面粗糙度及原件紋路再現。

若從廣義經精密鑄造法來說，任何鑄造法可達到精密尺寸要求，皆可稱為精密鑄造，如壓鑄法(die casting)、離心鑄造法(centrifugal casting)、半凝固鑄造法(semi-solid casting)、流變鑄造法(thixomolding casting)、熔湯鍛造法(liquid forging) 陶瓷殼模法(ceramic mold process)、陶模法(shell mold process)及石膏模法(plaster mold process)等皆可稱之，各種鑄造法的精密度比較如圖 1 所示。

如用狹義說明，現今所謂精密鑄造法是指陶瓷殼模法、陶模法及石膏模法等三種精密鑄造法，其所利用消失性材料包含蠟、水銀(汞)法、保力龍(聚苯乙烯)或熱塑性塑膠(hot-form plastic 如 ABS、PS、PE)，現今工廠最常採用消失性材料是蠟，主要因素是價格便宜、成型容易、室溫具有一定強度及硬度、可任意的修整及接合、品質穩定等優點，因此，精密鑄造常稱脫蠟鑄造法(lost wax process)。各種經精密鑄造說明如下：

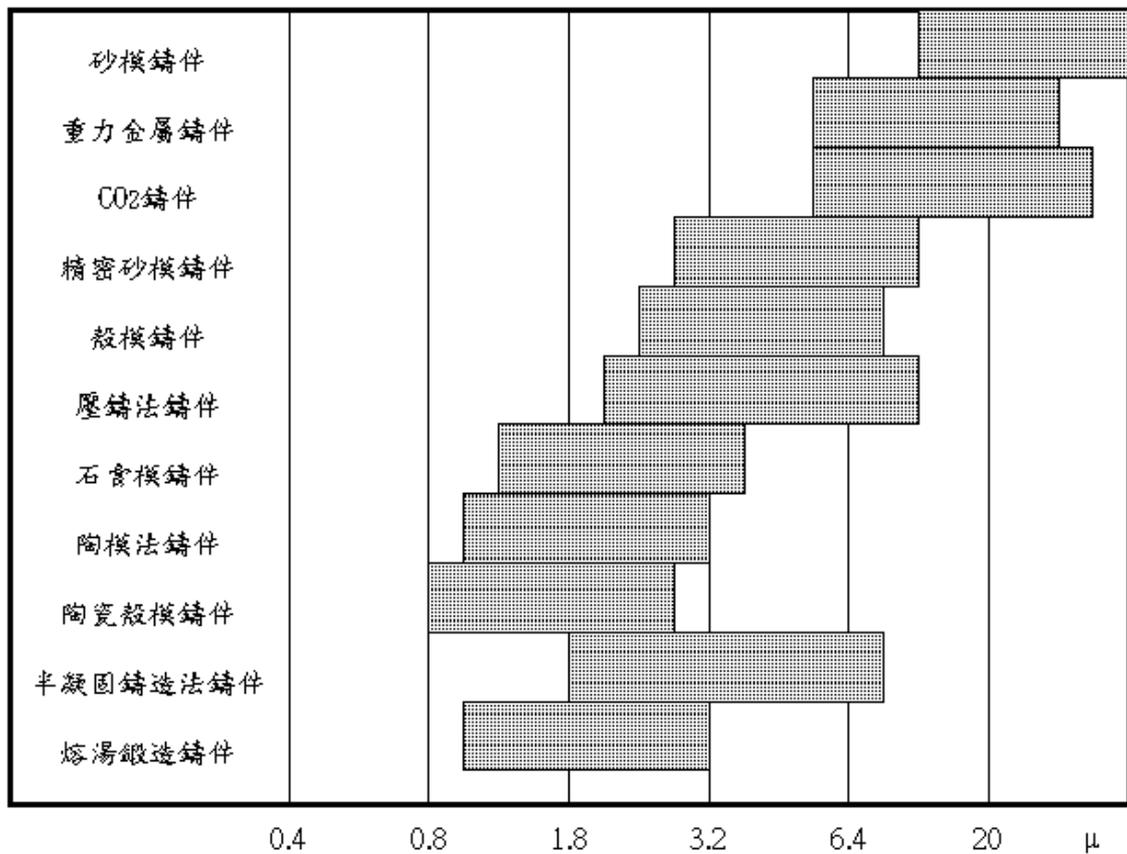


圖 1 各種鑄造法表面精密度比較

#### (一)、陶瓷殼模法

利用水玻璃( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ )、矽酸乙脂(ethyl silicate)或矽酸膠等當作黏結劑，與粉狀耐火材料調配成泥漿型態，將消失性模型(disposable mold)反覆淋漿及淋砂，使消失性模型表層經由反覆式的淋漿及淋砂作業而形成一層耐火材料的殼模，將消失性模型材料的消失及陶瓷殼模的燒結後，並經金屬熔湯的澆鑄與冷卻凝固後，將陶瓷殼模敲碎所獲得的鑄件，如圖 2 所示。現今工業零件、醫療器材、航太精密零件及武器等鑄件，大部分均採用此種鑄造法生產。因此，現在所稱之精密鑄造法大部分是指陶瓷殼模法。由於科技發達及電腦不斷提升，促使機械、電機及控制的整合，使得精密加工自動化應用越來越廣泛，如 CAD、CAM、CNC 等，因此 1995 年十月台灣金屬中心為了能快速成型及加工，而投入了精密鑄造的研發，並引進了快速成型機，結合了這兩種能量，成為先進的鑄造技術，提供業界不一樣的品質、不一樣的感受，有效節省模具開發時間，為客戶爭取最有利的商機。

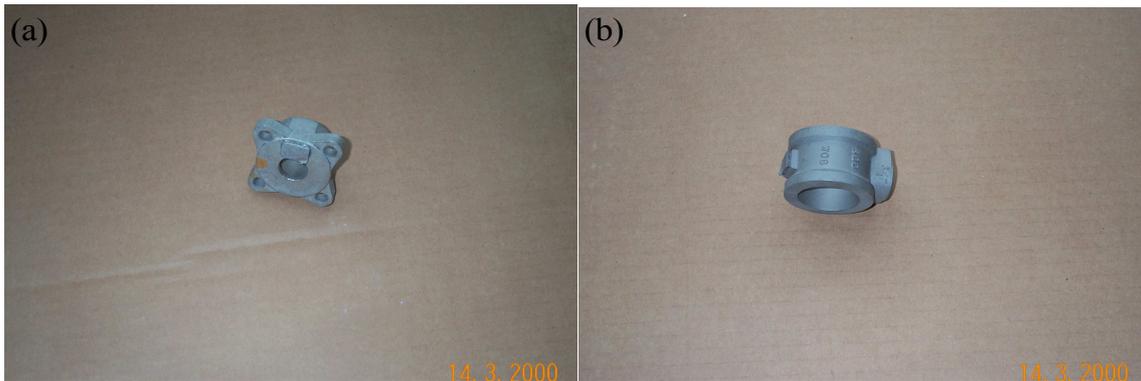


圖 2 陶瓷殼模法之鑄件

## (二)、陶模法

早於 1953 年蕭式鑄造法(Shaw process)即應用在金屬模的鑄造，並普受世界各國重視進行研發，其蕭式鑄造法是爲了考古學之古物及遺物的複製工作所需要，後來才應用於鑄造上。因專利關係，導致國內應用此方法起步較慢，由於陶模具有高強度、耐高溫、耐腐蝕及低韌性等特性，若配合精密鑄造即成爲陶模鑄造法 (ceramic mold process)；利用矽酸乙脂四十水解時所形成的矽膠黏結劑，適當的攪拌調配耐火材料而形成泥漿，再加入適當量的膠化劑後注入模型四周，待其漿液的凝固成型後，經由加熱將模型材料融化或是蒸發，所形成模穴，經由澆鑄後及後處理，可獲得精密的鑄件，如圖 3(a~c)所示陶模法鑄造工程。由於陶模法具有多孔性，且澆鑄後模砂崩散性佳，目前應用於大型精密鑄件、金屬模具及藝術品類。因此蕭式鑄造法(Shaw process)已引起國內精密鑄造產業界的興趣。

### 陶模法主要特色

#### 1. 可鑄造複雜鑄件，且不需要拔模協度

利用陶模膠化後期末完全硬度時，進行拔模工作，即實相當複雜形狀均可拔模。

#### 2. 任何結構性金屬合金均可應用

陶模法的膠化材料是屬於  $SO_2$ ，且調配耐火材料的種類相多如鉛粉，其耐火度相當高。

### 3.鑄件表面光滑且精度高

由於調配耐火材料是粉態，粒度約 3~8 $\mu\text{m}$ ，且脫膜、燒結及澆鑄時，不會影響鑄模尺寸的變化。

### 4.鑄件大小不受限制

陶模法任何大小型鑄件均是用，最近常用於金屬模具的鑄件。

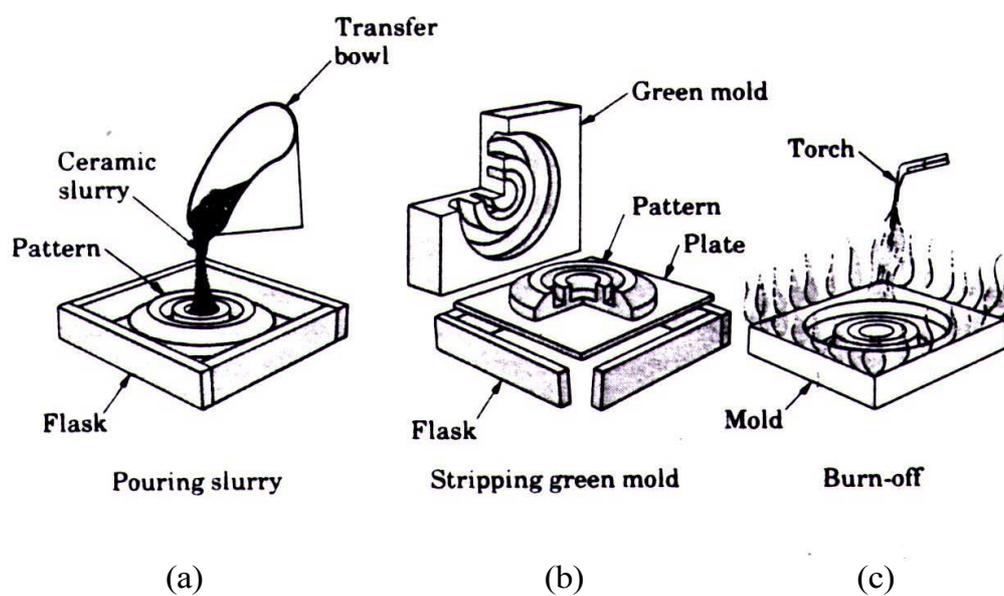


圖 3 (a—c) 陶模鑄造工程(Source:Metals Handbook, vol.5,8thed.)

### (三)、石膏模法

利用調配成漿液之耐熱石膏材料，將可消失性模型材料包模起來，待其包模材料凝固後，再將包含模型之石膏模進行升溫達到模型熔化消失及鑄模的燒結作用，其所形成模穴，高溫情形直接進行澆鑄工作，待其金屬凝固後可獲得鑄件，稱為石膏模法（plaster mold process），如圖 4 所示石膏模法製作流程。因可以獲得表面光滑、尺寸精密及形狀複雜的鑄件，且製作過程簡單，通常應用於藝術類及珠寶工藝，由於石膏材料的耐火度有限，其所能應用材料為非鐵金屬類，如銅合金、鋁合金及鋅合金。

石膏的化學式為  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ，此化學式包含 2 個水，由於水對於金屬熔湯會產生化反應形成金屬氧化物，同時石膏受到高溫的金屬熔湯會分解同時形成水蒸氣或是氫氣及氧氣，造成澆鑄無法進入或是鑄件形成多孔性。同時也會降低石膏模的強度，其石膏受熱的化學反應如圖 5 所示。由圖 5 可知石膏所能承受溫度有限，在承受高溫  $750^\circ\text{C}$  以上時會發生化學熱分解而產生氣體。最於應用於精密鑄造之石膏材料，為一種特殊耐熱石膏材料，內部成分添加其他特殊耐火材料如氧化鎂、氧化鋁等來提高耐火度及石膏分解後的強度。

將上述陶瓷殼模法、石膏模法及陶模法等精密鑄造法之相關性值做比較，如表一。



4a



4b

圖 4 石膏模法製作流程

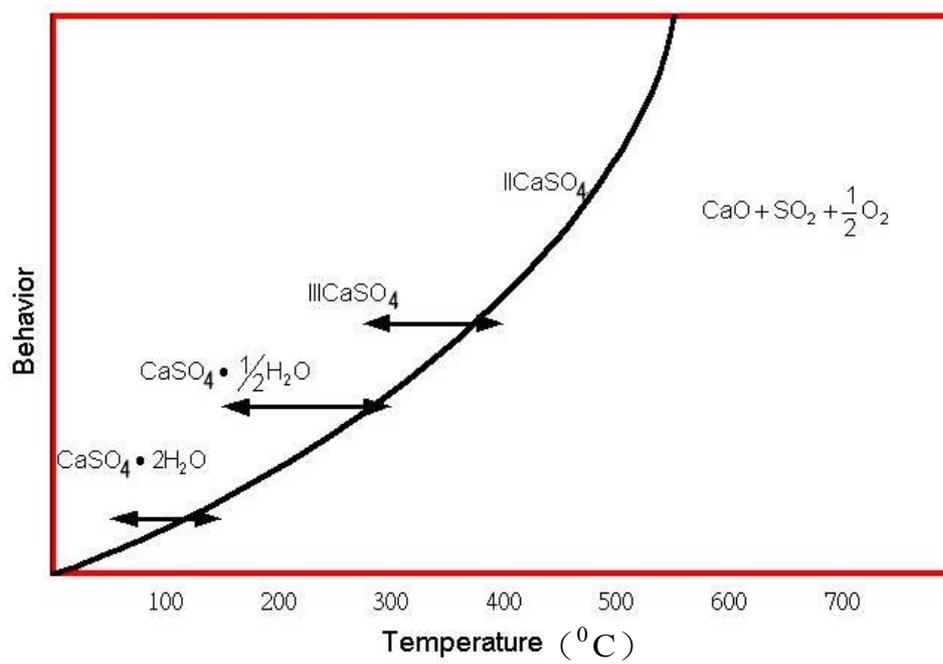


圖5 石膏熱化學反應

表一、精密鑄造法種類及性質

性 值	精 密 鑄 造 法		
	陶 瓷 殼 模 法	陶 模 法	石 膏 模 法
應 用 材 質	任何金屬合金皆適用，尤其是特殊合金鋼最適合。	任何金屬合金皆適用。	銅合金熔點以下皆適用，最適合銅合金。
尺 寸 精 度	一般公差 $\pm 0.5\%$ 以下。	一般公差 $\pm 0.5\sim 0.2\%$ 以下。	一般公差 $\pm 0.5\sim 2.0\%$ 以下。
表 面 粗 糙 度	2-20 $\mu\text{m}$	5-20 $\mu\text{m}$	3-20 $\mu\text{m}$
形 狀	非常適合形狀複雜鑄件，尤其是內螺紋及盲孔的鑄件。	非常適合形狀複雜鑄件。	非常適合形狀複雜鑄件。
壁 厚	最小壁厚約 0.5mm	最小壁厚約 1mm	最小壁厚約 1mm
重 量	數克~100Kg，最適合重量是數克~10Kg	可達 10ton，最適合重量是 0.5~300Kg	30~40Kg，最適合重量是 0.1~20Kg
機 械 性 質	可獲得單晶及方向性結晶。其組織可調整。	性質較佳，有較快冷卻速度，可獲得微細晶粒。	冷卻速度較慢，可獲得粗大晶粒。
生 產 性	可自動化，少量到大量均適合	適合少量到中量。	少量到大量均可達到。
經 濟 性	高價，經自動化生產降低成本。	成本高，適合金屬模具生產。	成本高，僅適合鑄造非金屬材料及琉璃。
用 途	飛機渦輪引擎葉片，一般工業或是農業機器，且適合真空熔煉。	金屬模具(鑄鐵、合金鋼、銅合金)、耐熱耐蝕性合金、大型鑄件、美術工藝品。	3C 產品、琉璃、其他藝術品、鋁合金葉片、鋁合金或是銅合金之金屬模具。

## 學習評量一

請不要參考任何書籍或是相關資料下，回答下列問題，並寫出正確答案。

## (一) 是非題 (40%)

- ( ) 1. 陶瓷殼模法可鑄造含盲孔鑄件。
- ( ) 2. 任何金屬材料均可用石膏模法來鑄造。
- ( ) 3. 陶瓷殼模法可用於大型金屬模具製造。
- ( ) 4. 石膏模法因冷卻速度快，可以獲得微細晶粒組織。
- ( ) 5. 合金鋼材料可應用於石膏模法。
- ( ) 6. 超過 1 ton 金屬模具最適合陶模法鑄造。
- ( ) 7. 尺寸精密度在 0.5% 以下的鑄件，最適合陶瓷殼模法鑄造。
- ( ) 8. 陶瓷殼模法其生產所需的鑄件成本相當高，因此用自動化生產來降低成本。
- ( ) 9. 少量多樣變化且小鑄件如珠寶，此產品最適合採用石膏模鑄造法。
- ( ) 10. 生產單晶組織鑄件，是一種高科技鑄造技術，能用陶瓷殼模法鑄造。

## (二) 選擇題 (40%)

- ( ) 1. 下列何種鑄造方法所生產鑄件表面粗糙度最光滑。(1)石膏模法 (2)壓鑄法 (3)陶模法 (4)陶瓷殼模法。
- ( ) 2. 能輕易的控制材料組織狀態的精密鑄造法為：(1)石膏模法 (2)壓鑄法 (3)包模法 (4)陶瓷殼模法。
- ( ) 3. 陶瓷殼模法所鑄造的一般公差精密度約為：(1)±0.5%以下 (2)±0.2~0.5% (3)±0.01mm (4)±5μm。
- ( ) 4. 精密鑄造法所能鑄造的金屬最小壁厚為：(1)1mm 以下 (2)2mm 以下 (3)0.5mm 以下 (4)10mm 以下。
- ( ) 5. 精密鑄造法所獲得最佳表面粗糙度約：(1)20~5μm (2)200~50μm (3)1~5mm (4)20~500μm。
- ( ) 6. 下列何種不屬於精密鑄造法：(1)石膏模法 (2)壓鑄法 (3)包模法 (4)陶瓷殼模法。
- ( ) 7. 下列何種精密鑄造法能生產內螺紋鑄件：(1)石膏模法 (2)壓鑄法 (3)包模法 (4)陶瓷殼模法。
- ( ) 8. 下列鑄造法能在快速製造精密金屬模具：(1)石膏模法 (2)壓鑄法 (3)陶模法 (4)陶瓷殼模法。
- ( ) 9. 最常用包模法所應用的黏結劑是：(1)石膏 (2)矽膠 (3)水玻璃 (4)泥土。

( ) 10.超合金鋼材料最適合用於何種精密鑄造法：(1)石膏模法 (2)壓鑄法 (3)陶模法 (4)陶瓷殼模法。

(三) 簡答題 (20%)

1.試說明精密鑄造可分為那些方法？

2.請比較陶瓷殼模法、陶模法及石膏模法之三種性質的差異，簡述之。

### 學習評量一答案

你的答案應該包括下列要點：

#### (一) 是非題

1. (○)
2. (×) 石膏的耐熱度有限，只能承受銅合金熔點以下。
3. (×) 陶瓷殼模法是一層薄薄殼所能承受壓力有限。
4. (×) 石膏模法是採用完全包模方式且厚度必須達到一定厚度，導致石膏散熱性差。
5. (×) 石膏的耐熱度有限，只能承受銅合金熔點以下，而合金鋼熔點超過 1600°C 以上。
6. (○)
7. (○)
8. (○)
9. (○)
10. (○)

#### (二) 選擇題

1. (4)
2. (4)
3. (1)
4. (1)
5. (1)
6. (2)
7. (4)
8. (3)
9. (2)
10. (4)

#### (三) 簡答題

1. 試說明精密鑄造可分為那些方法？

答案：陶瓷殼模法、石膏模法及陶模法

2. 請比較陶瓷殼模法、陶模法及石膏模法之三種性質的差異，簡述之。

答案：表一、精密鑄造法種類及性質

表一、精密鑄造法種類及性質

性 值	精 密 鑄 造 法		
	陶 瓷 殼 模 法	陶 模 法	石 膏 模 法
應 用 材 質	任何金屬合金皆適用，尤其是特殊合金鋼最適合。	任何金屬合金皆是。	銅合金熔點以下皆適用，最適合銅合金。
尺 寸 精 度	一般公差 $\pm 0.5\%$ 以下。	一般公差 $\pm 0.5\sim 0.2\%$ 以下。	一般公差 $\pm 0.5\sim 2.0\%$ 以下。
表 面 粗 糙 度	2-20 $\mu\text{m}$	5-20 $\mu\text{m}$	3-20 $\mu\text{m}$
形 狀	非常適合形狀複雜鑄件，尤其是內螺紋及盲孔的鑄件。	非常適合形狀複雜鑄件。	非常適合形狀複雜鑄件。
壁 厚	最小壁厚約 0.5mm	最小壁厚約 1mm	最小壁厚約 1mm
重 量	數克~100Kg，最適合重量是數克~10Kg	可達 10ton，最適合重量是 0.5~300Kg	30~40Kg，最適合重量是 0.1~20Kg
機 械 性 質	可獲得單晶及方向性結晶。其組織可調整。	性質較佳，有較快冷卻速度，可獲得微細晶粒。	冷卻速度較慢，可獲得粗大晶粒。
生 產 性	可自動化，少量到大量均適合	適合少量到中量。	少量到大量均可達到。
經 濟 性	高價，經自動化生產降低成本。	成本高，適合金屬模具生產。	成本高，僅適合鑄造非金屬材料及硫磺。
用 途	飛機渦輪引擎葉片，一般工業或是農業機器，且適合真空熔煉。	金屬模具(鑄鐵、合金鋼、銅合金)、耐熱耐蝕性合金、大型鑄件、美術工藝品。	3C 產品、硫磺、其他藝術品、鋁合金葉片、鋁合金或是銅合金之金屬模具。

恭喜你！你能清楚地瞭解精密鑄造的種類，這些精密鑄造法如果搭配其他特殊的鑄造技術或是新的鑄造觀念，將可以創造出商機，同時輕易的達到產品的要求，接下來這個學習單元是認識精密鑄造種類與應用的關係。

本教材的第二個學習目標是

在不使用任何參考書籍下，你能正確地撰寫出包模法的應用種類。

## 一、陶瓷殼模法的應用

在認識陶瓷殼模法的應用時，請你翻到第 2 頁之陶瓷殼模法定義及特色。此種精密鑄造法能鑄造精密零件之外，任何材質的金屬材料皆可完成，除了一般的機器零件或是休閒器具與零件採用大氣熔煉及澆鑄外，對於航空用鎳基、鈷基超合金及鈦合金或是特殊金屬合金均應用真空鑄造可獲得良好材料組織，並且可生產單晶及方向晶渦輪葉片技術。下列介紹相關陶瓷殼模法與其他特殊鑄造法結合的應用技術。

### (一) 真空陶瓷殼模法：

近年來真空技術的進度及工業界對材料的要求，促使鑄造業快速應用真空技術，真空系統如機械泵浦、擴散泵浦（圖 6）、檢測系統（圖 7）及一些閥門（圖 8）。真空鑄造法(vacuum casting)，可分為下列兩種方式，在大氣壓力熔煉金屬，在真空狀態下澆鑄。另一種方式，在真空中熔煉且在真空中澆鑄（圖 9）。最於高級材料及重要零件，如航太之鈦合金零件均採用第二種方式。

關於陶瓷殼模法與真空鑄造法的結合應用；在真空狀態將陶瓷殼模法之模穴進行澆鑄。可以有效的防止金屬材料的氧化現象，且減少材料澆鑄時所形成的鑄造缺陷，如針孔及孔洞。。

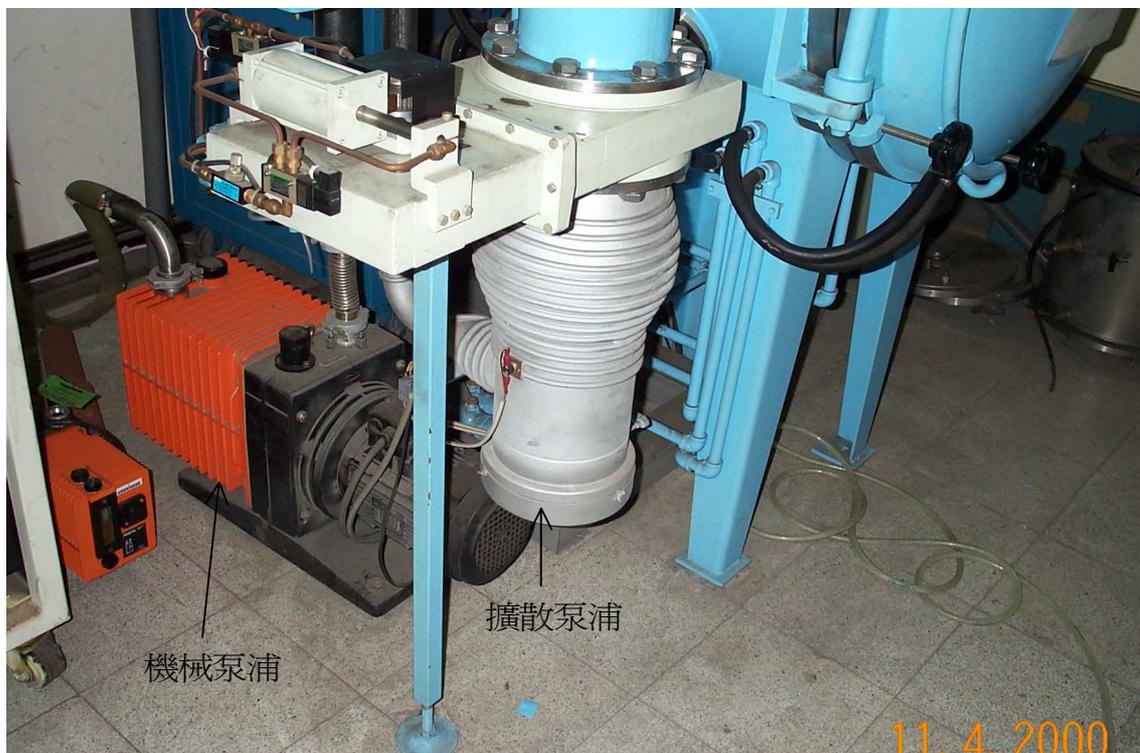


圖 6 機械泵浦及擴散泵浦



圖 7 真空檢測系統



圖 8 閥門控制開關

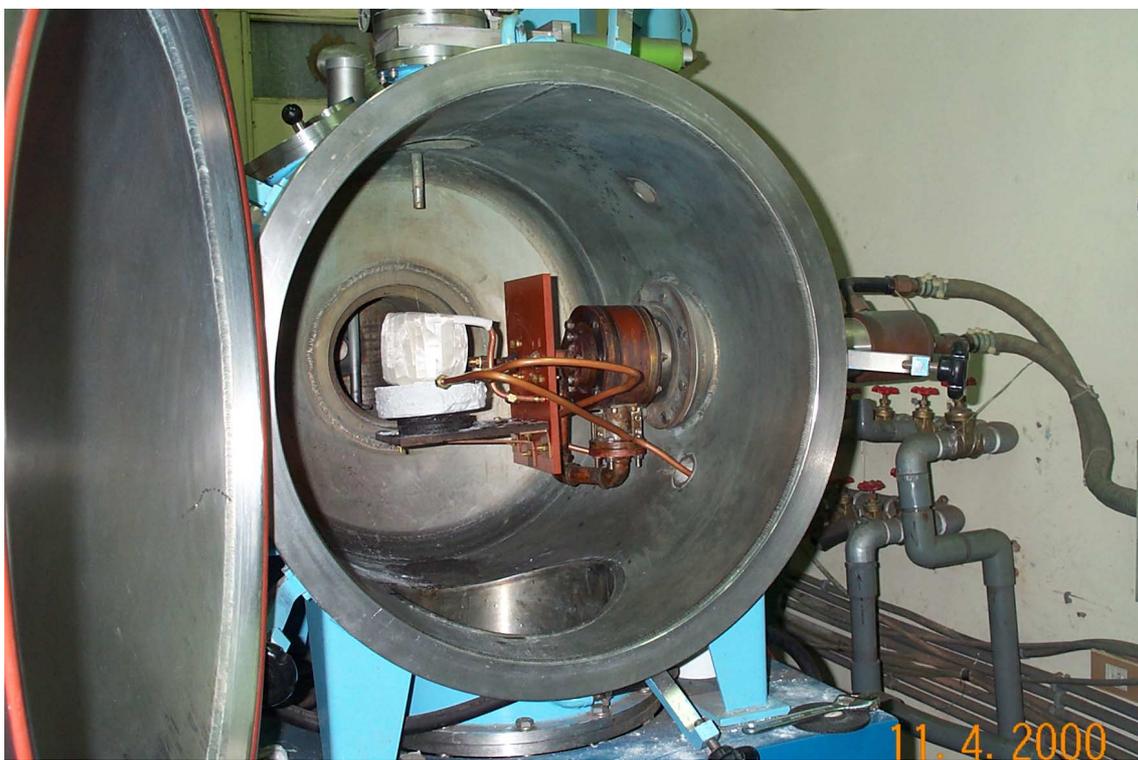


圖 9 真空鑄造

(二) 方向性組織陶瓷殼模法 (directional structure of investment casting process) :

藉由冷卻凝固的控制，促使整個鑄件凝固方向往固定單方向凝固，將此技術應用於包模法的冷卻凝固，所形成鑄件，如圖 10 所示。

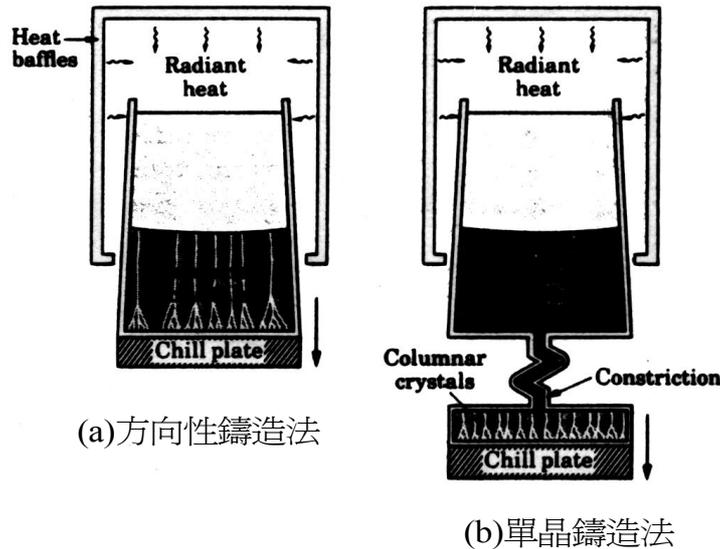


圖 10 方向性組織陶瓷殼模法, Source : B.H. Kear, Scientific Amer, Oct.1986.

(三) 種晶陶瓷殼模法法 :

在第一層泥漿中添加能促使金屬凝固成長之成核劑，此材料通常是金屬氧化物，當融融金屬熔湯澆鑄進入包模之模穴內，此成核劑粒子會成爲金屬合金凝固的起源點，並在適當的條件下，可形成特殊用途零件。

(四) 快速模具陶瓷殼模法新技術應用 :

模具開發領域中有許多複雜技術待解決，許多研究單位投入研究，建立複雜件薄殼快速造型(RP)，此技術直接快速製作消失性原型模或原型蠟型，可直接地用陶殼模法精密鑄造技術及方型類精密陶模鑄造成型(陶模法)等兩項技術，可大幅縮短金屬件及金屬模開發時間和降低開發成本，對業界爭取商機及提昇競爭力有限大的幫助。

- (a)、精密陶殼模法鑄造技術：利用快速造形原件，直接翻製極少量的金屬原型零件，提供客戶進行試組裝及功能確認、試銷等用途，此技術相關製造流程如圖 11。並已實際應用於機車進器管金屬原型開發及氣動工具金屬附件開發等工作上，可縮短開發時間 50%以上，並降低開發成本 30%以上。
- (b)、方型類精密陶模鑄造成形技術（陶模法）：利用快速鑄造模具的開發及製作，目前可製作 S20C 碳鋼金屬模具，表面粗度 10/um 以下，尺寸精度 1.0mm，現已可應用於鑄造中板模及鞋模上，且獲得極佳的成效。可縮售模具製作時間及成本各 50%以上。

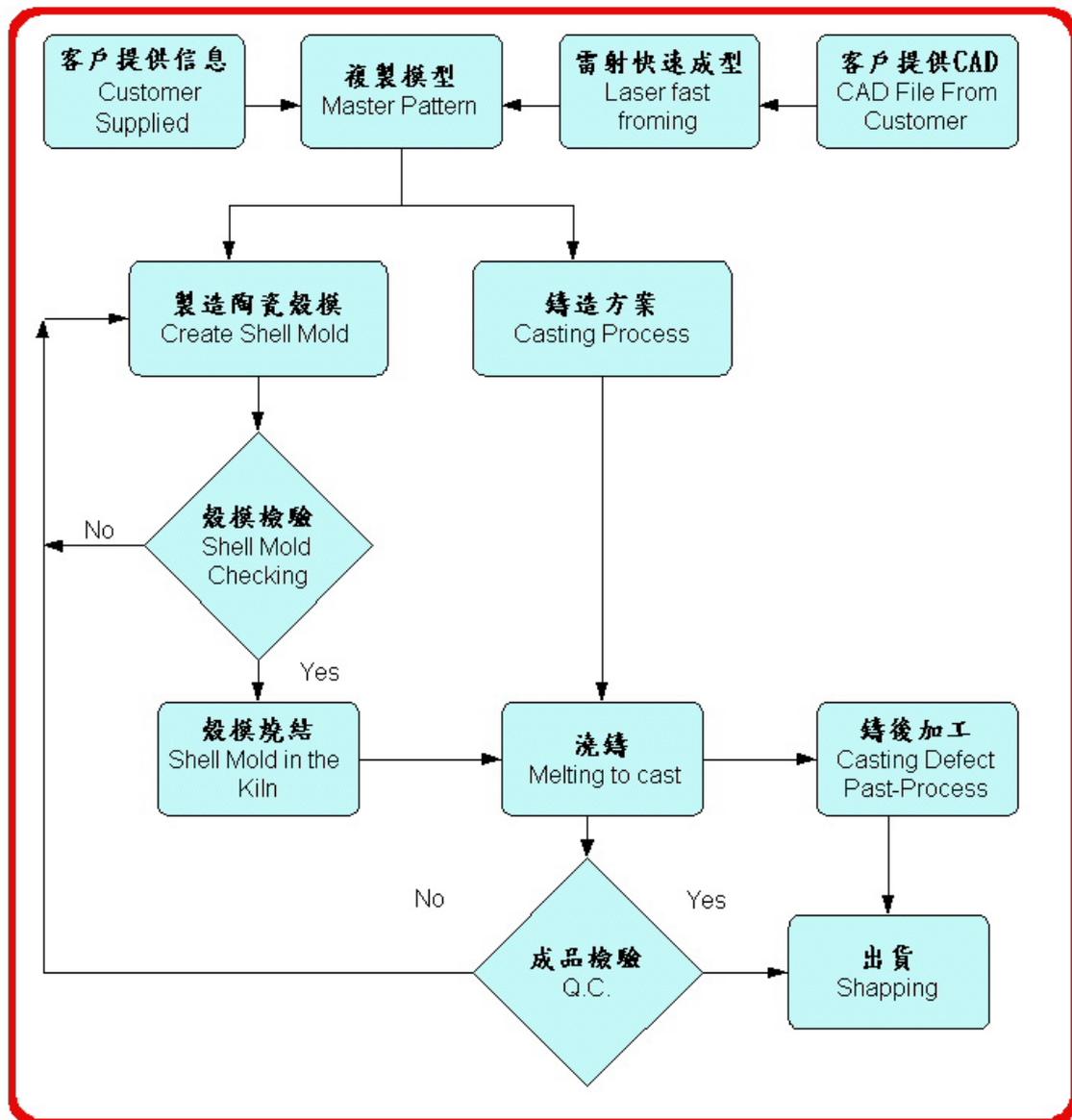


圖 11 陶瓷殼模法之快速模具製作流程

### 學習評量二：

請不要使用參考書籍或是資料，回答下列問題，並寫出正確答案。

#### 一、是非題(50%)：

- ( ) 1、快速模具製造只能用機械加工，不能用精密鑄造法。
- ( ) 2、陶瓷殼模法可以在真空中鑄造。
- ( ) 3、精密陶模法可以鑄造出單晶材質。
- ( ) 4、少量且精密複雜鑄件，適合用減壓石膏模法鑄造。
- ( ) 5、精密陶瓷殼模法應用於快速模具製作，可以有效降低成本。

#### 二、簡答題（50%）

- 1.請簡單說明真空精密陶瓷殼模法精密鑄造法？
- 2.請簡單說明精密陶瓷殼模法與特殊鑄造法的結合應用技術？請回答 2 種以上

## 學習評量二答案

你的答案應該包含下列要點：

### 一、是非題：

- 1、(X) 最新技術是用精密鑄造後再加工，可快速又有效。
- 2、(O)
- 3、(X) 陶模法的模壁較厚且方形，不容易用溫度控制長成單晶。
- 4、(O)
- 5、(O)

### 二、簡答題：

1.請簡單說明真空精密陶瓷殼模法精密鑄造法？

答：能有效防止金屬材料熔化時，所造成氧化現象，且可減低澆鑄凝固時所造成的缺陷，如針孔、孔洞、熔渣等。

2.請簡單說明精密陶瓷殼模法與特殊鑄造法的結合應用技術？請回答 2 種以上

答：(a)真空陶瓷殼模法，(b)方向性組織瓷殼模法。

太好了，你已經瞭解精密鑄造之包模法的應用，對於石膏模法的相關應用，請保持一顆快樂的心情，來認識下一個單元：精密鑄造法之石膏模法的應用種類。

本教材的第三個學習目標是

在不使用任何參考書籍下，你能正確地撰寫出石膏法的應用種類。

### 石膏模法的應用：

從本教材學習目標一及表一，可知石膏模法具有高的精密度且操作過程簡單，極適合個人工作室或是藝術創作者。因此，台灣藝術界廣泛將此技術應用於珠寶及琉璃，其主要的特色與因素是採用石膏脫蠟鑄造法可將藝術作品表現精緻、細膩的立體創作，並且能克服多角度的鏤空、倒角作品。

#### (一)、減壓石膏模法：

利用真空吸附方式將石膏模內部空氣減壓，進而協助金屬熔湯澆鑄進入微細的斷面。此技術經常應用於複雜微細的藝術金屬品。其真空減壓鑄造設備(圖 12 及鑄件成品(圖 13))。



圖 12 真空減壓鑄造設備



(a)戒指



(b)琉璃

圖 13 鑄件成品

(二) 離心鑄造之石膏模法：

離心鑄造法 (centrifugal casting) 是利用旋轉時所產生的離心力，將金屬熔湯澆鑄進入微細的鑄模內而獲得鑄件。離心鑄造之石膏模法是利用離心力將金屬熔湯澆鑄進入微細斷面的石膏模內。此技術常用於複雜微細的藝術金屬品。圖 14 所示離心鑄造石膏模法設備。



(a)高週波熔煉設備



(b)離心設備

圖 14 離心鑄造石膏模法設備。

### 學習評量三

#### 一、簡答題：

- 1.請簡述離心石膏模法之定義？
- 2.請簡述減壓石膏模之原理？

筆 記 欄

### 學習評量三答案

你的答案應該包含下列要點：

#### 一、簡答題：

1.請簡述離心石膏模法之定義？

答：其離心鑄造之石膏模法是利用離心力將金屬熔湯澆鑄進入微細斷面的石膏模內。此技術常用於複雜微細的藝術金屬品

2.請簡述減壓石膏模之原理？

答：利用真空吸附方式，將石膏模內部空氣減壓，增進金屬熔湯澆鑄進入微細的斷面，可獲得微細的鑄件。

現在你已經瞭解精密鑄造的種類與應用相關知識，假如你不是完全熟悉，請你重複學習本單元編號 PMF-IPC0103 錄影帶，以及本教材第 5 頁到 30 頁，直到你完全熟悉認知為止，如果你有困難請直接請教你的老師。

如果你已經完全瞭解後，你可以進入下一頁，並依據學後評量指導完成下列事項。

## 學後評量

一、筆試：請不要參閱資料或是書籍，填寫正確答案於題前之空格。

(一)、是非題：(30%)

- ( ) 1.精密鑄造之鑄件，其組織結構較為粗大。
- ( ) 2.精密鑄造法的缺點是不能鑄造大型鑄件。
- ( ) 3.小型複雜鑄件，其要求尺寸要求高且大量，適合壓鑄法。
- ( ) 4.單晶組織材料的渦輪引擎葉片能用石膏模法獲得。
- ( ) 5.任何金屬合金材料，均可澆鑄於石膏模法。
- ( ) 6.為了獲得方向性組織結構，應用控制陶瓷模法冷卻速度向，可以輕易的獲得此組織。
- ( ) 7.石膏模法因耐熱度較低，所以只能用銅合金熔點以下的金屬合金。
- ( ) 8.航空器材之鈦合金形狀複雜且輕度高零件，可用真空陶瓷殼模法獲得。
- ( ) 9.為了降低製作模具成本，可應用包模法鑄造精密尺寸後，在利用機械加工修整，如此可以有效降低製作模型。
- ( ) 10.要獲得  $5\mu\text{m}$  的表面粗糙度，任何特殊鑄造法均可獲得如  $\text{CO}_2$  砂模法。

(二)、選擇題：(30%)

- ( ) 1.藝術類及珠寶工藝通常應用何種精密鑄造法，為 (1)  $\text{CO}_2$  砂模法 (2) 砂模法 (3) 石膏模法 (4) 陶瓷殼模法。
- ( ) 2.陶瓷殼模法所利用黏結劑為：(1) 水泥 (2) 矽酸膠 (3) 火山黏土 (4) 石膏。
- ( ) 3.下列何種精密鑄造法之冷卻速度較慢，導致材料組織粗大：(1)  $\text{CO}_2$  砂模法 (2) 陶模法 (3) 石膏法 (4) 陶瓷殼模法。
- ( ) 4.要獲得形狀複雜，且有盲孔之高品質鈦合金航太零件，現今採用的方法為：(1) 真空陶瓷殼模法 (2) 傳統精密鑄造法 (3) 壓鑄法 (4)  $\text{CO}_2$  砂模法。
- ( ) 5.精密鑄造設計時，需要考慮影響公差因素：(1) 金屬收縮率 (2) 臘模凝固收縮率 (3) 包模材料硬化收縮率 (4) 以上皆是。
- ( ) 6.下列何種金屬材料適合澆鑄於精密鑄造之石膏模法，最適合的為(1) 鈦合金 (2) 銅合金 (3) 鎳合金 (4) 特殊合金鋼。
- ( ) 7.精密鉛砂系列包模鑄造法所應用金屬材質，最適合的為(1) 鋁合金 (2) 銅合金 (3) 低熔點合金 (4) 特殊合金鋼。

- ( ) 8. 陶模法一般公差精密尺寸約為(1)  $\pm 0.5\%$ 以下 (2)  $\pm 0.5\sim 0.2\%$ 以下 (3)  $0.5\sim 9.0\%$ 以下 (4)  $5\sim 10.0\%$ 以下。
- ( ) 9. 能有效的控制材料組織性值之精密鑄造法是(1)真空陶瓷殼模法 (2)傳統精密鑄造法 (3)壓鑄法 (4)  $\text{CO}_2$  砂模法。
- ( ) 10. 為了有效減少製作模具成本及縮短開發時間，產業界已經將快速造型與鑄造法接合應用，為何種鑄造法：(1)砂模鑄造法 (2)精密鑄造法 (3)壓鑄法 (4)  $\text{CO}_2$  砂模法。

三、簡答題：(40%)

1. 請簡單說明陶瓷殼模法的定義？
2. 請用簡圖說明陶瓷殼模法之單晶形成示意圖？
3. 請用簡圖說明減壓石膏模法陶瓷示意圖？
4. 請任意說明石膏模法、陶瓷殼模法及陶模法等精密鑄造法之三種性值差異？

## 學生自我評量

我對我學後評量之評分

一、筆試：是非題、選擇題每題 3%，簡答題每題 10%，共 100%，總得分\_\_\_\_分。

二、我對精密鑄造與生活的認知得分\_\_\_\_\_分，屬於\_\_\_\_\_等。

依照下列各項自我考量，如有一項缺失即扣 10 分。

- 是否用心的觀察精密鑄造的鑄件
- 是否周詳的計畫作業程序
- 是否重視安全事項並適時提示
- 是否適時檢討以求更好
- 是否做很多的察覽其它書籍
- 老師是否做很多修正

三、安全習慣得\_\_\_\_\_分，屬於\_\_\_\_\_等。

依照下列各項自我考量，如有一項缺失即扣 10 分。

- 是否因操作不當造成人員受傷
- 是否操作不當造成機器當機
- 是否遵守工具設備使用規則
- 是否按規定操作電腦
- 是否搜尋非課程內容
- 設備及機器操作後均回復原位

四、敬業精神與學習態度得分\_\_\_\_\_分，屬於\_\_\_\_\_等。

你可依照下列各項自我考量，如有一項缺失即扣 10 分。

- 操作時是否與他人閒聊
- 是否用心完成工作
- 有問題時是否主動請教老師
- 是否虛心接受老師指導
- 工作環境是否保持乾淨
- 操作結束後是否主動整理

教師評量

一、學後評量評分：  
筆試得分\_\_\_\_\_分

二、安全觀念評量表

安 全 觀 念 評 量 表

安 全 觀 念 評 量 項 目	是	否
1.於規定選用適當的工具	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.教材、工具及材料置於正確位置，並擺放整齊	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.依規定配戴個人防護器具	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.實用機器前，均能告知管理者及事先檢查	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.獨立操作機器與儀器時，要集中精神並不可玩笑嬉鬧	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.完成階段工作時，關閉電源才能離開	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.操作任何設備與工具時，能注意周遭人物的安全	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.工作環境不需要隨時保持整潔，廢料要放置妥善	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.爲了快速完成工件，可以不按規定的步驟完成	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.儀器或是機器運轉時，不可擅置離開工作崗位	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
實 得 總 分		

等 第：A=90 分以上    B=80 分以上    C= 70 分以上  
D= 60 分以上    E=60 分以下

安全觀念評量得分\_\_\_\_\_ 分，屬於\_\_\_\_\_ 等

## 三、學習態度評分

學 習 態 度 評 量 表

學 習 態 度 評 量 項 目	分 數					
	優 10	良 8	中 6	可 4	差 2	劣 0
1.服裝儀容	<input type="checkbox"/>					
2.出缺勤情形	<input type="checkbox"/>					
3.上課及工作之秩序	<input type="checkbox"/>					
4.服從指導，進行學習	<input type="checkbox"/>					
5.認真聽講，真心學習	<input type="checkbox"/>					
6.愛惜教材、工具及設備	<input type="checkbox"/>					
7.主動查閱相關資料	<input type="checkbox"/>					
8.遵守班級、職場與團體的規定	<input type="checkbox"/>					
9.積極參與班級或是職場與團體的活動	<input type="checkbox"/>					
10.能夠協助他人	<input type="checkbox"/>					

等 第：A=90 分以上    B=80 分以上    C= 70 分以上  
 D= 60 分以上    E=60 分以下

學習態度評量得分\_\_\_\_\_ 分，屬於\_\_\_\_\_ 等

四、總評量表

評分項目	單項得分	單項等第	比率(%)	平均分數	總分	等第
1.學後評量			40%			<input type="checkbox"/> A
2.安全習慣			30%			<input type="checkbox"/> B
3.學習態度			30%			<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E
總評	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格					
備註						

## 參考書目

- 1.金屬工業發展中心編譯，1979年，精密鑄造法，經濟部國際貿易局。
- 2.日本鑄物協會精密鑄造部會編，昭和48年，精密鑄造法，日本鑄物日刊工業新聞社
- 3.Rawson L. Wood and Davidlee Von Ludwing ;“Investment Casting for Engineers” American Chemical Society , New York 36, U.S.A. 1952.
- 4.賴耿陽 譯著 精密鑄造技術 復漢出版社。
- 5.陳建仁、兵尚忠 精密陶模(Shaw Process)鑄造成形技術 鑄造月刊 民國86年1月 88期 pp27~31。
- 6.林宗獻 編著 精密鑄造 全華科技。
- 7.江文鉅 編著 鑄造學 全華科技。
- 8.吳英豪 著 鑄造學 復文書局。
- 9.蕭瑞聖 溶射法之不銹鋼複製模 機械技術雜誌 1992.12 94期 pp101~106。
- 10.李裕文 快速原型(Rapid prototype)之精密鑄造技術 鑄造月刊 民國86年8月 95期 pp4~10。
- 11.邱春豐 陶瓷殼模的乾燥 鑄工 民國73年9月第42期 pp30~34。
- 12.林坤豐 陶模破裂的分析 鑄工 民國79年3月 第64期 pp29~33。
- 13.蘇國明 陶模強度添加劑的研究 鑄工 民國82年12月 第4期(第79期) pp58~63。
- 14.殷自力 編著 精密鑄造法 中華民國鑄造學會編印。
- 15.侯淑美 陶殼模龜裂的控制 鑄工 民國78年12月 第63期 pp.46~49
- 16.張晉昌，1987年，鑄造學，全華科技圖書股份有限公司。