

砂模鑄造能力本位訓練教材 機械造模

編號：PMF-SMC0402

編著者：張晉昌

審稿者：郭金國、吳丞恭

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-SMC0402 學習指引

在你學習本單元之前，你應該先了解調配濕模砂及學會如何製作濕砂模，學習的先後關係亦可參考背面的砂模職類能力目錄。假如你認為自己已經會調配濕模砂且能用手工自己製作濕砂模，請翻開本教材第 1 頁開始學習。假如你認為自己還不夠熟悉，請將本教材放回原位，並取出編號 PMF-SMC0302 及 PMF-SMC0401 依序學習，或請教你的老師。

引言

鑄造係將熔融的金屬液鑄入預先做好的鑄模（mold）內，凝固成形後除去澆冒口即可得鑄品。因此，鑄造法包括金屬熔鑄及製作鑄模（造模）兩大項工作，其中鑄模材料可選用鑄砂、耐高溫石膏、陶瓷材料，甚至工具鋼等金屬材料。不過由於鑄砂材料便宜、可塑性高、回收再生容易，且具相當程度的耐高溫特性，因此，採用鑄砂製作砂模，從事砂模鑄造生產的比例佔鑄件產量的絕大多數，此亦為本職類各單元教材所欲介紹的主要範圍。

由於大部分鑄件內外形複雜，且由於砂模的強度有限，因此，一組砂模只能澆鑄一次，不管鑄造成敗如何，澆鑄完成後，砂模均必須被破壞，進行清砂及鑄件後處理的工作，故鑄造工廠的砂模需求量非常大，產量愈多即需要製作愈多的砂模。再則，造模用的材料主要為濕模砂（green sand）及各種化學黏結性鑄砂，其中，由於濕模砂的回收再生最佳，對環境保護衝擊最小、及最經濟便宜、最方便取得等優勢，因此，濕模砂的使用量佔整體砂模鑄造業的絕大部分。

在造模方面，主要亦可分為手工造模及機械造模兩種方法。傳統上，濕模砂係以手工利用整體模、分型板或刮板模等模型造模，但由於流路系統開設不易、造模速度慢、效率低等缺點，目前，中大規模之砂模鑄造廠絕大部分採用機械造模取代人力，利用附流路系統之模型板取代單體模型，多數鑄砂廠甚至採用高效率的自動化機械造模，進行高品質、精確度佳的大量生產工作。

本單元之教材主要介紹機械造模的種類及其原理，並分別介紹水平分模式及垂直分模式無箱機械造模的程序及特色，同時可學到不需黏結劑的真空造模法，近年來陸續研發出來的各種新型機械造模法亦將在最後一個學習活動中呈現，你亦可依現場提供的造模機及中板模型，親自動手學習機械製造砂模，新鮮嗎？有趣吧！準備開始學習囉！

定義

機械造模：利用造模機，以機械動力代替人力，以附流路系統之模型板代替單體模型之濕模砂的造模方法。機械動力主要仰賴壓縮空氣或油壓動力，具有省時省力、造模迅速、效率高、可大量生產、鑄件精確、品質穩定等優點。

無箱造模：機械造模完成後，澆鑄時砂模外不需使用砂箱之造模法，稱為無箱造模法（flaskless molding process）。可分為水平分模式及垂直分模式兩類，前者主要以斜度砂箱配合中板模型造模，完成後取出斜度砂箱後進行澆鑄，必要時可外加套箱加強砂模；後者一般俗稱 DISA 造模，以前後兩模型板封閉型框後射砂擠壓造模，每推出一個砂模，前方模穴與上一個砂模之後方模穴合為一組，在無砂箱的情況下即可澆鑄一次，每小時澆鑄次數甚至可高達約 400 個無砂心的砂模。

真空造模：其實是減壓造模，亦即透過真空幫浦，將密閉砂箱內的空氣抽出，使氣壓減低至半個大氣壓，甚至更低的壓力，利用內外壓力差之原理來造模，日本新東公司研發的 V-Process 甚至以膠膜覆蓋砂模上下方，採用無黏結劑之乾砂為鑄砂，壓力差可使密閉的砂模具有足夠的強度來進行澆鑄工作。近年來研發出來的新型機械造模法，亦常以真空減壓後，再輔以高壓射砂來造模，造模效率、速率及鑄造效果均相當不錯。

學習目標

- 一、在不參考任何書籍及資料下，你能夠正確地說出機械造模法的種類及其原理。
- 二、在不參考任何書籍及資料下，你能夠正確地說出水平分模式與垂直分模式無箱造模的程序及其特色。
- 三、在不參考任何書籍及資料下，你能夠正確地說出真空造模法（V-Process）的程序及其特色。
- 四、在不參考任何書籍及資料下，你能夠正確地說出新型快速自動化機械造模法的種類、造模程序及其特色。

學習活動

本單元之學習活動包括相關知識及實際操作，你對於機械造模的認識與學習，可以由下列兩條途徑選擇一途徑去學習：

- 一、閱讀本教材之第 5 頁至第 64 頁。
- 二、閱讀下列參考書籍：
 - (一)張晉昌，1999 年，鑄造學，全華科技圖書股份有限公司，頁 172~185。
 - (二)張晉昌，1999 年，新型機械造模法，收錄於台灣省鑄造科教師研習教材專輯，頁 107~120。

本教材的第一個學習目標是

在不參考任何書籍及資料下，你能夠正確地說出機械造模法的種類及其原理。

假如你認為能勝任以上目標之要求，請翻至第 16 頁做學習評量。假如你需要多學一些的話，請翻到下一頁或閱讀參考書籍。

機械造模法

一、機械造模的優點

機械造模係利用造模機（molding machine），以機械動力代替手工的造模方式，如圖1所示。而機械的運作是依賴空氣壓縮機傳來的壓縮空氣（compressed air）或利用油壓來推動，省時又省力。因此，機械造模幾乎是現代化鑄造廠的主要生產方式，它具有下列各項優點：

- (一) 機械動力代替人力，造模迅速，適合於大量生產。
- (二) 砂模硬度及強度較手工造模高且均勻，鑄件品質穩定。
- (三) 使用模型板造模，澆冒口大小、位置固定，可降低鑄件失敗率。
- (四) 起模較手工操作更為精確，可提高鑄件精密度。
- (五) 可僱用半技術工人從事要求嚴格的砂模製造工作，故可減少工資費用。

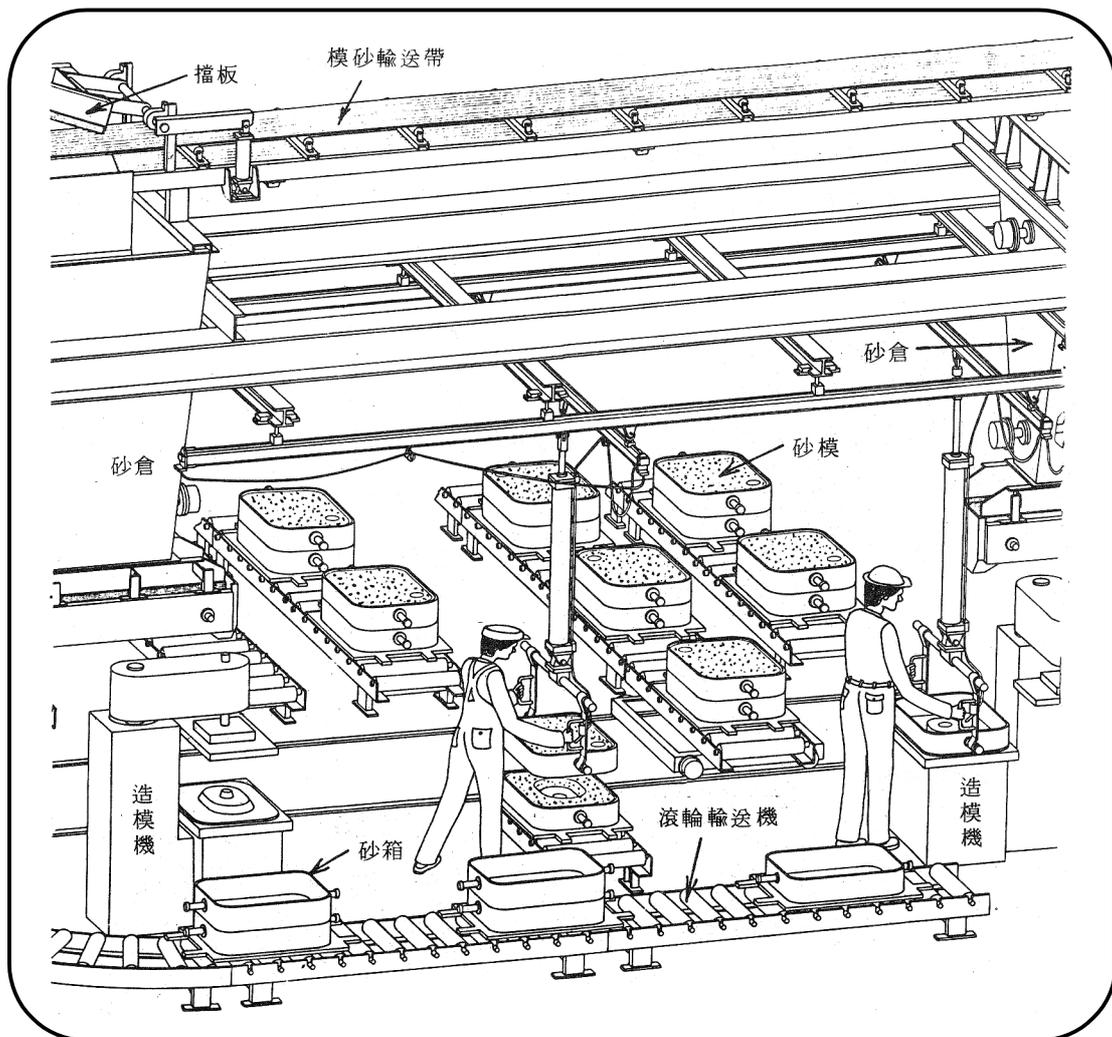


圖 1 典型的機械造模作業

二、傳統造模機械種類

由於科技的進步，進年來各型造模機械設備日新月異，但是不論半自動或全自動造模機械，其造模原理都是大同小異，且與手工造模的原理一樣～使鑄砂具有相當硬度及強度，以便澆鑄高溫金屬熔液；不過機械造模係利用震動（jolting）、壓擠（squeezing）、摔砂（sling）等方式來代替手工搗錘，使鑄砂具有強度，且可利用機械自動起模（stripping）或翻轉（rolling over）砂模，省力又方便。

雖然目前有各式各樣不同類型的造模機械，有單功能的、有多功能的、有半自動的、有全自動的，但若依機械動作來區分的話，傳統造模機械大略可分為下列五大類：

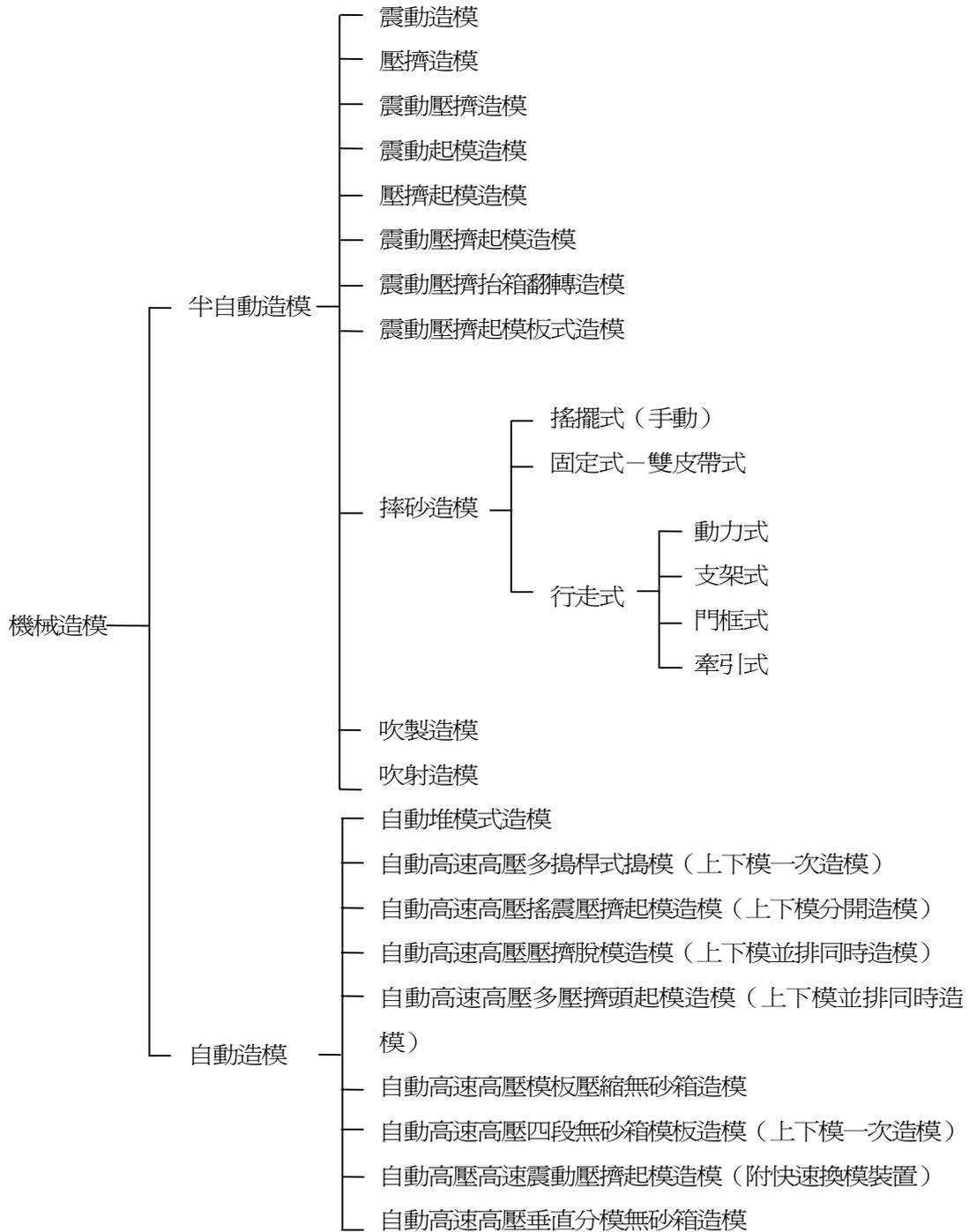
- (一)震動造模機（jolt molding machines）。
- (二)壓擠造模機（squeeze molding machines）。
- (三)震動壓擠造模機（jolt squeeze molding machines）。
- (四)摔砂造模機（slingers）。
- (五)衝氣或吹射造模機（Impact or blowing molding machines）。

上述造模機械如果再加上起模、翻轉砂模或自動控制等功能，則種類繁多，有震動壓擠起模造模機、自動高速高壓震動壓擠造模起模機……等，不勝枚舉，當然，功能愈多，造模效率亦愈高。造模機械發展的趨勢，係朝向無噪音、無砂塵，並可獲得更高、更均勻的砂模強度及精度方向邁進。

三、機械造模方法分類及原理

由於國內外鑄造設備廠商的認真研發，競相生產各種快速又優越的造模機械，提供鑄造廠製造砂模生產鑄件使用。因此，依各種造模機械之功能發展出數十種機械造模法，表1係教育部公布之鑄造學名詞一書中所歸納的二十餘種機械造模法；若依其功能分類，大致可分為震動造模、壓擠造模、震動壓擠造模、起模作業、翻轉砂模作業、摔砂造模、衝氣或吹射造模等方法，本節將分別說明其造模原理；另外，亦有所謂無砂箱造模法，本教材第二個學習活動將分別介紹水平分模式及垂直分模式的無箱造模法；至於較特殊的真空造模法及近年來所發展出來的各種新型高壓或低壓自動化機械造模法等，亦將於第三及第四個學習活動內加以敘述。

表 1 機械造模法分類



(本表摘自：教育部公布，鑄造學名詞，1981 年)

(一)震動造模法

如圖 2 及圖 3 所示，震動造模係利用壓縮空氣將震動工作台及置於其上之砂模舉起，當昇至適當高度時，由排氣口將高壓空氣排出，震動台及砂模因本身重量迅速下降至震動氣缸體，此時砂箱內鬆散的鑄砂，因重力慣性之故，緊密結合在一起，如此連續震動數次，即可獲得極高的砂模強度。砂箱愈下方，砂模強度及硬度愈高。震動造模一般亦稱為顛模法，壓縮空氣保持在 $3\text{kg}/\text{cm}^2$ 以上，造模效果較佳。但由於震動造模時，鑄鐵製造之震動台、震動汽缸與機台之間的相互撞擊，會產生很大的噪音，在各界重視環保的情況下，未來此種造模法將會逐漸被其他造模法所取代。

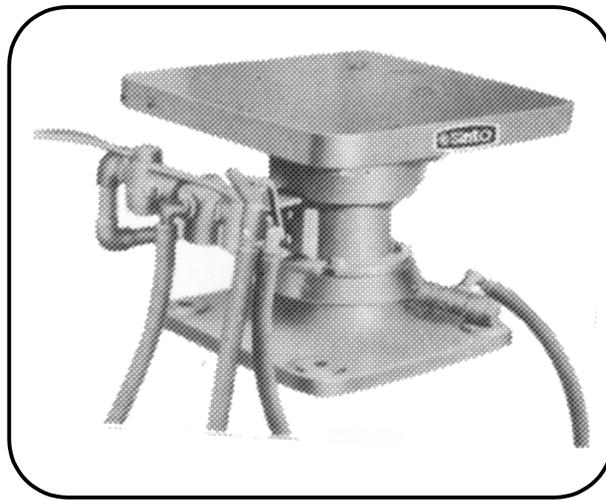


圖 2 震動造模機

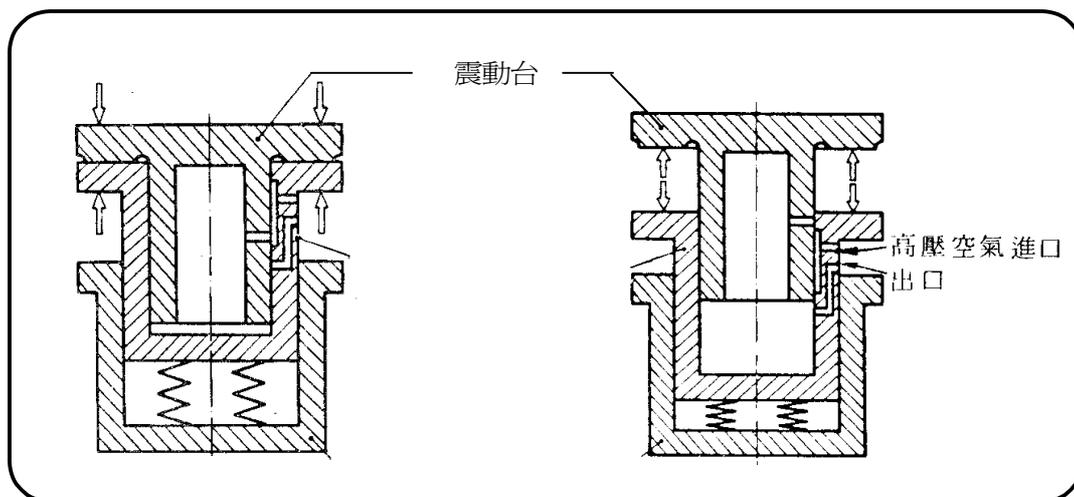


圖 3 震動造模原理示意圖

(二) 壓擠造模法

壓擠造模係利用壓縮空氣，將壓擠板由上往下壓擠擺放在工作台上的砂模～下壓法，如圖 4 所示；或利用高壓空氣使工作台升起，將砂模壓擠在工作台與固定的壓擠板之間，使砂模具有相當硬度～上壓法，如圖 5 所示。由於壓擠作業係利用壓擠板，將砂箱上方加高的鑄砂壓實而獲得強度，因此，愈上方強度、硬度愈高。

大部分的壓擠造模機都是採用後者～亦即上壓法。

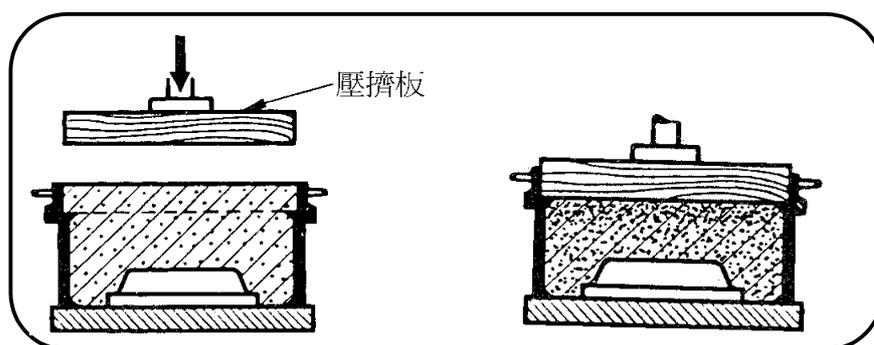


圖 4 下壓式壓擠造模法示意圖

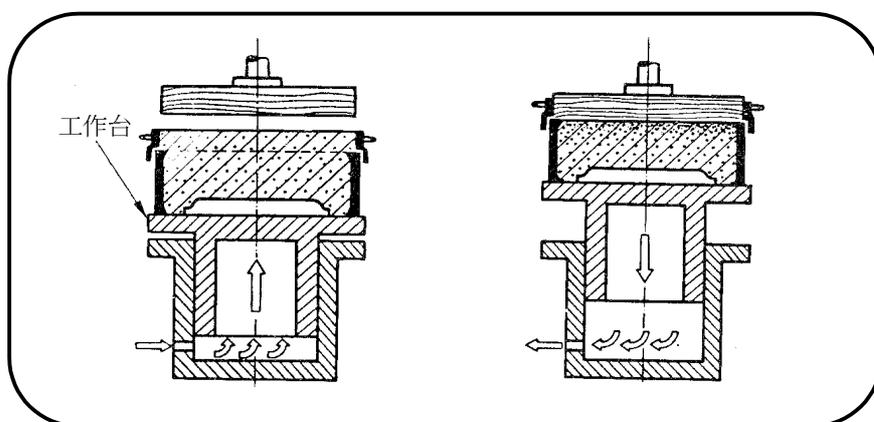


圖 5 上壓式壓擠造模法示意圖

(三) 震動壓擠造模法

震動造模時砂模下方（即分模面）強度較高，愈上面強度愈差；而壓擠造模時剛好相反，分模面位置強度最弱。震動壓擠造模可使砂模上下位置的強度較為均勻，以提高造模機的適用範圍，並可生產高精度的鑄件。圖 6 及圖 7 係此法之造模機及其構造，造模時先採震動作業，填砂後再次壓擠即可完成一個砂模，方便又迅速。

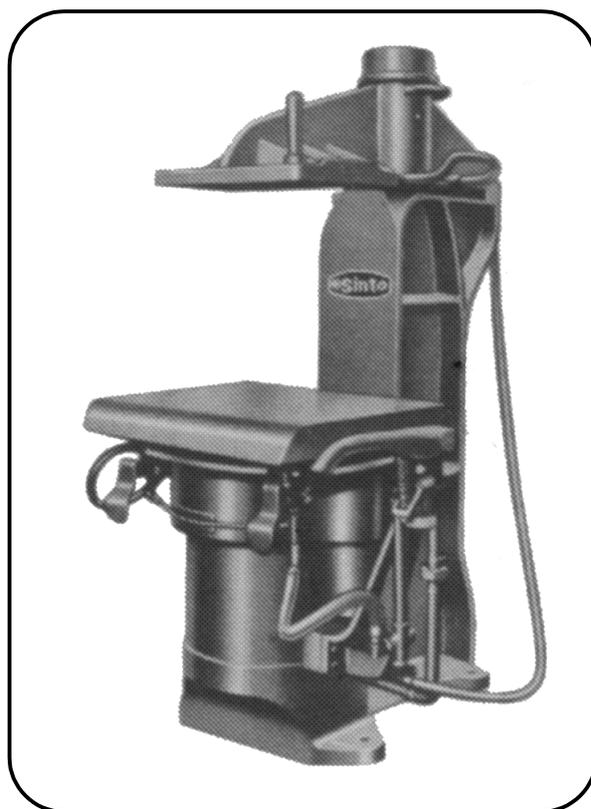


圖 6 震動壓擠造模機

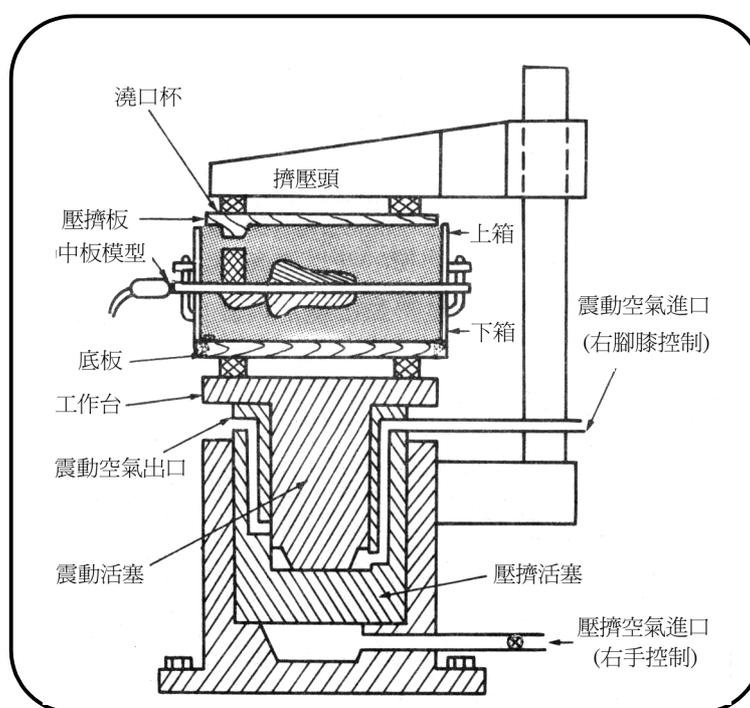


圖 7 震動壓擠造模機之構造示意圖

(四)起模作業 (pattern stripping or drawing)

機械造模完成後，可藉機械的頂升或下沉，使砂模與模型板分離，以代替人工的起模作業，減少人為誤失，提高工作效率。機械起模動作仍然依賴壓縮空氣的作用，為了避免模砂與模型間之結合摩擦力影響起模工作，起模時大都配合高頻率的震動。如圖 8 及圖 9 所示。

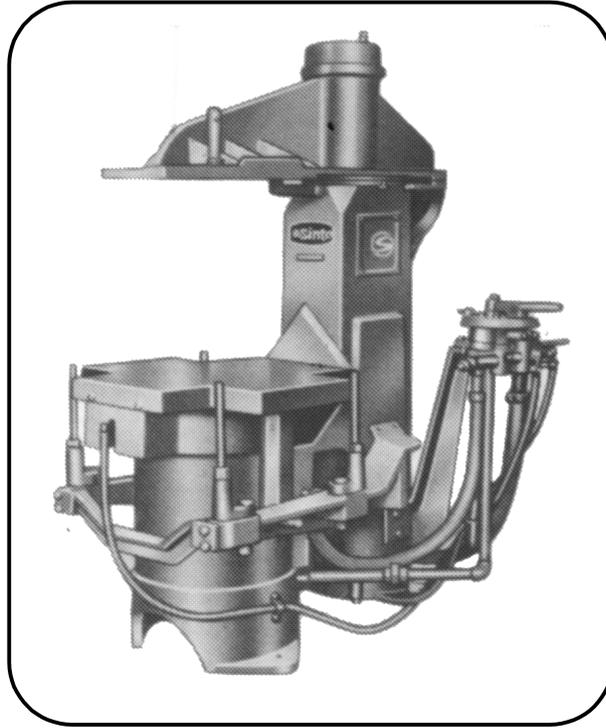
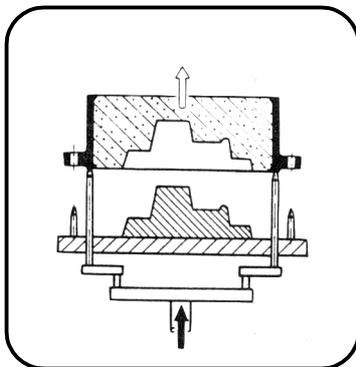


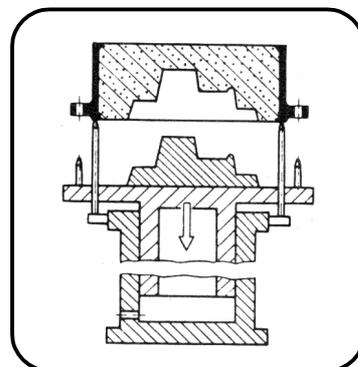
圖 8 震動壓擠自動起模造模機

一般的起模方式有下列兩種：（如圖 9 所示）

- 1.頂升式：藉壓縮空氣之力，利用推桿將砂模推離模型板及工作台。
- 2.下沉式：因壓縮空氣之排出，使工作台及模型板下降，脫離砂模。



(a)頂升式起模作業



(b)下沉式起模作業

圖 9 起模作業示意圖

(五)翻轉（rolling over）砂模作業

機械造模時模穴或分模面大都在下方，故通常需將砂模翻轉以便輸送、安置砂心，或將上模翻轉以便合模。使用機械的翻轉機構作業，可以節省人力並可減少人為誤失，翻轉的方式有很多種，如圖 10 及圖 11 所示。

砂模翻轉後的起模工作，仍然可以分成頂升式與下沉式兩種。

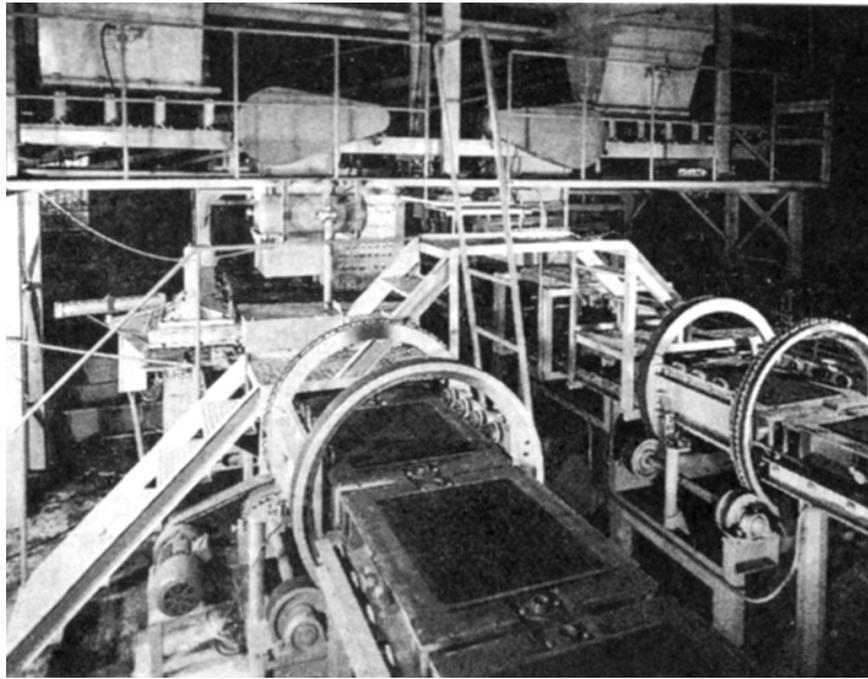
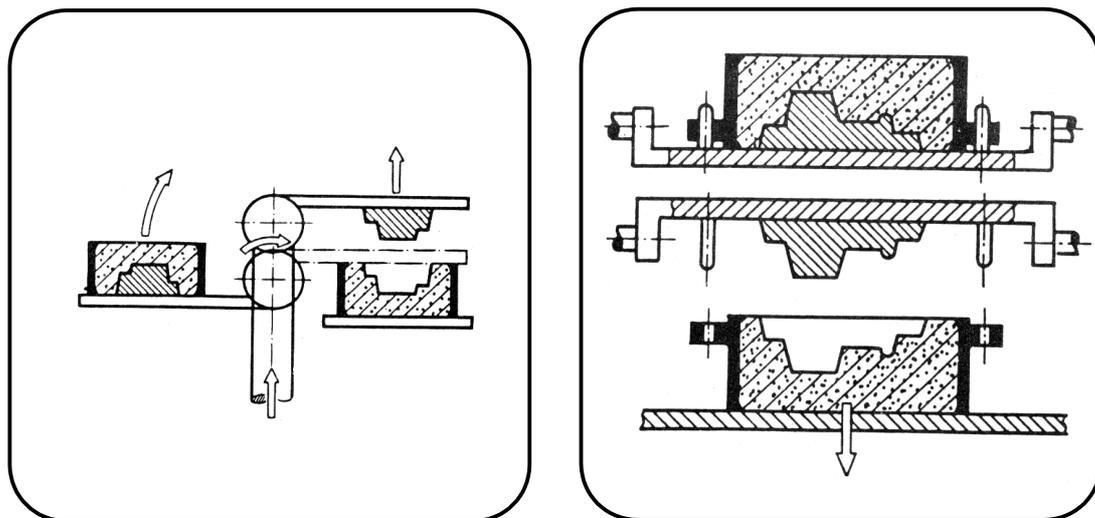


圖 10 翻轉砂模機械設備



(a)左右翻轉後頂升起模

(b)前後翻轉後下沉起模

圖 11 砂模翻轉機構示意圖

(六) 摔砂造模法

摔砂造模是利用高轉速離心力摔出鑄砂，使其衝擊模型，鑄砂因被壓緊而獲得硬度與強度，如圖 12 所示，鑄砂經輸送帶送至摔砂造模機的機頭（slinger head），機頭裡面有一轉輪並附有一輪葉，其轉速約為 1800rpm 或更高，當鑄砂送至機頭時，輪葉將砂挑起並摔入下方的砂箱裡。第一批（面砂部分）轉速較慢，約為 1200rpm，以免衝壞模型，背砂部分則使用較高的轉速。

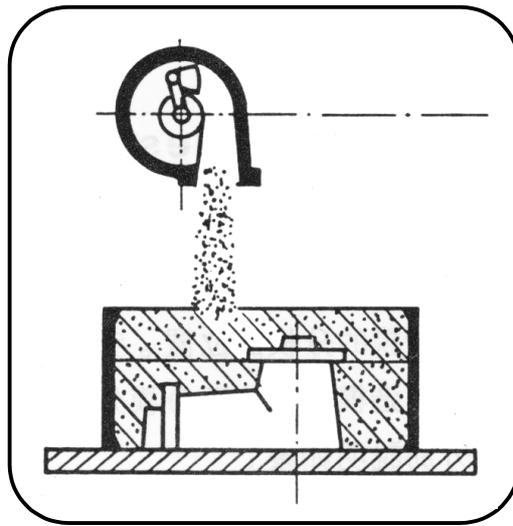


圖 12 摔砂造模作業示意圖

(七) 衝氣造模或吹射造模

震動、壓擠造模法是間接利用壓縮空氣推動機械來製作砂模，但是衝氣造模直接利用高壓空氣衝或射入密閉的砂箱以壓實砂模，無震動噪音，是新型機械造模的趨勢。圖 13 及圖 14 即為衝氣造模之一例，其他新型機械造模法將於本教材最後一個（第四個）教學目標時再詳述。

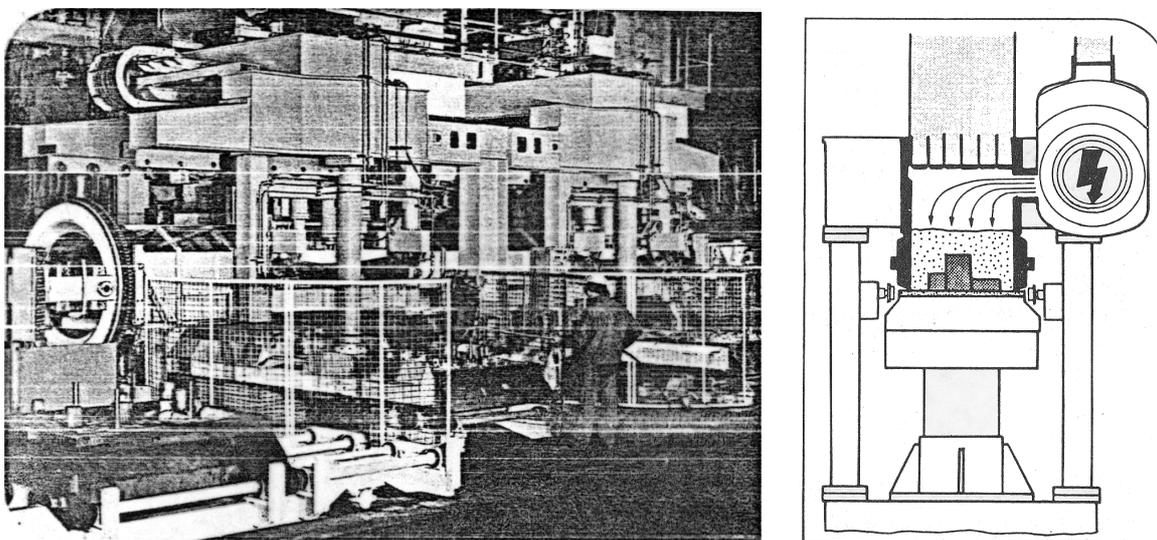


圖 13 高壓衝氣造模機械設備(左)及其造模法示意圖(右)

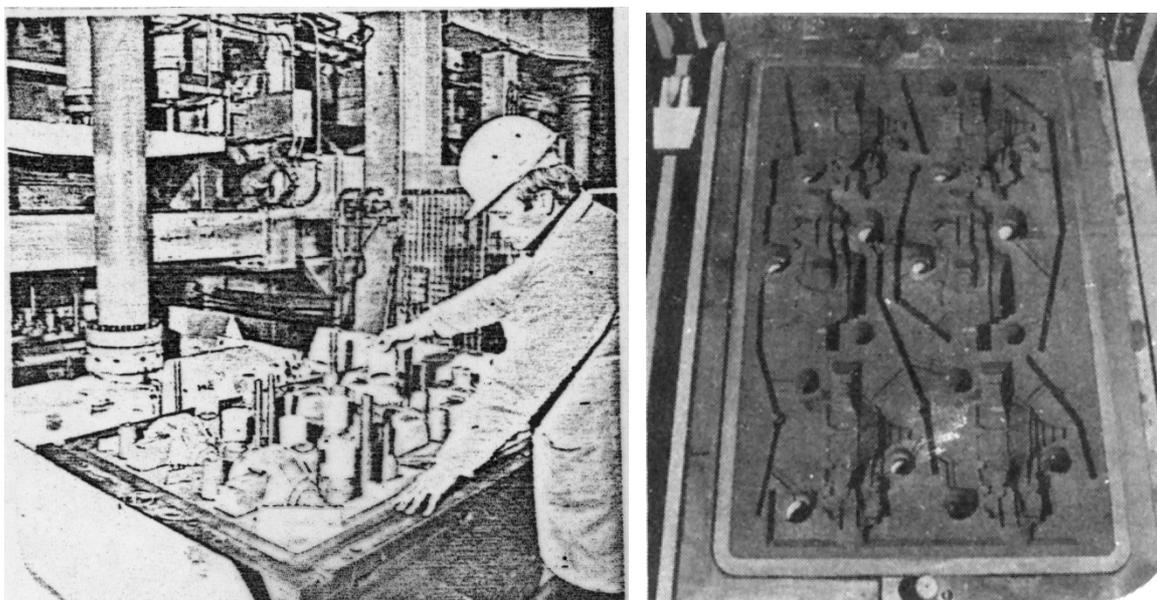


圖 14 高壓衝氣造模法之模型板(左)及製作之砂模(右)

學習評量一

請不要參閱資料或書籍，在下列各題寫出正確的答案。

(一)是非題 (40%)

- () 1.機械造模的動力來源主要是高壓空氣或油壓。
- () 2.半自動機械造模係於起模後，用手工開設流路系統。
- () 3.機械造模的砂模硬度及強度較手工造模為高。
- () 4.壓擠造模所產生的噪音較震動造模為高。
- () 5.機械造模無法進行翻轉砂模的工作。
- () 6.機械造模機所採用的壓縮空氣之壓力最好在 3kg/cm^2 以上。
- () 7.下壓法機械造模所製作之砂模，其下方的硬度較上方為高。
- () 8.震動造模法所製造之砂模，其下方之硬度較高。

(二)選擇題 (30%)

- () 1.可以採用自動化機械造模的模型為 (1)整體模型 (2)模型板 (3)刮板模型 (4)分型模型。
- () 2.機械造模主要係依據那種原理進行造模工作 (1)震動造模 (2)壓擠造模 (3)翻轉砂模 (4)以上皆是。
- () 3.需要人力協助的機械造模，稱為 (1)無箱造模 (2)自動化造模 (3)半自動化造模 (4)以上皆是。
- () 4.機械造模所完成的砂模，除模穴外，亦可同時形成 (1)流路系統(澆冒口) (2)接種處理 (3)球化處理 (4)以上皆非。
- () 5.機械造模過程的起模作業需要下列那一項配合動作？ (1)壓擠 (2)翻轉 (3)高頻震盪 (4)以上皆是。

(三)簡答題 (30%)

- 1.機械造模法的優點有那些？
- 2.試依機械造模的功能而言，舉出至少五種機械造模的方法。

筆 記 欄

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. (×) 流路系統係由模型板於機械造模同時成形。半自動係需用人力協助造模，如翻轉等。
3. (○)
4. (×) 震動造模之噪音較高。
5. (×) 亦可進行翻轉作業。
6. (○)
7. (×) 壓擠造模（不管是上壓或下壓法），上方之硬度均較高。
8. (○)

(二)選擇題

1. (2)
2. (4)
3. (3)
4. (1)
5. (3)

(三)問答題

1. 機械造模法的優點有那些？
 - (1) 機械動力代替人力，造模迅速，適合於大量生產。
 - (2) 砂模硬度及強度較手工造模高且均勻，鑄件品質穩定。
 - (3) 使用模型板造模，澆冒口大小、位置固定，可降低鑄件失敗率。
 - (4) 起模較手工操作更為精確，可提高鑄件精密度。
 - (5) 可僱用半技術工人從事要求嚴格的砂模製造工作，故可減少工資費用。
2. 試依機械造模的功能而言，舉出至少五種機械造模的方法。
 - (1) 震動造模。
 - (2) 壓擠造模。
 - (3) 震動壓擠造模。
 - (4) 起模作業。
 - (5) 翻轉砂模作業。

假如你的答案與上述之重點相同，請翻到下一頁；假如你的答案不與上述之重點相同，則請閱讀第 4 頁所列之參考書籍，或請翻至第 5 頁重新閱讀，以便發現你的錯誤之處，並將第 16 頁上的錯誤更正，然後請翻到第 19 頁。

好極了！現在你已經能夠正確的說出機械造模法的種類及其原理；接下來你可以開始學習本教材的第二部分，包括水平分模式與垂直分模式無箱造模的程序及其特色。

本教材的第二個學習目標是

在不參考任何書籍及資料下，你能夠正確地說出水平分模式與垂直分模式無箱造模的程序及其特色。

壹、水平分模式機械造模程序

一、自動化高壓機械造模

機械造模與手工造模的目的是一樣，主要是使鑄砂形成所需形狀的模穴，因此，利用模型或模型板製作好砂模後，必須使模型或模型板與砂模分離，形成模穴，合模組成砂模，澆鑄金屬液以便完成鑄件生產。

在砂模材料的選用方面，由於鑄件生產數量的需求不同，且由於造模機械價格昂貴等因素，機械造模（尤其是自動化機械造模）大都係用於濕砂模的製造，且大部分用於生產中小型鑄鐵鑄件；而手工造模則適用於濕砂模、乾砂模、自硬性砂模、氣硬性砂模及熱硬性砂模等各種砂模材料及不同鑄件材料的生產。

基本上，一組砂模係由兩個單一砂模所組成，模穴即在此兩個砂模的分模面位置，手工造模時，大部分的砂箱及砂模平放，上下砂模的分模面在水平面方面；而機械造模除了水平分模方式外，亦可以垂直分模方式來造模及合模，造模效率加倍，鑄造效果亦佳。本節先介紹水平分模式機械造模，垂直分模式機械造模則於下一節敘述。

圖15及圖16係中大規模鑄造廠常用的自動化高壓機械造模及安置砂心的情形，圖17至圖20係此種機械造模法所採用的模型板及製造完成的砂模之模穴實例（圖15至圖20摘自Caspers, 2000）。

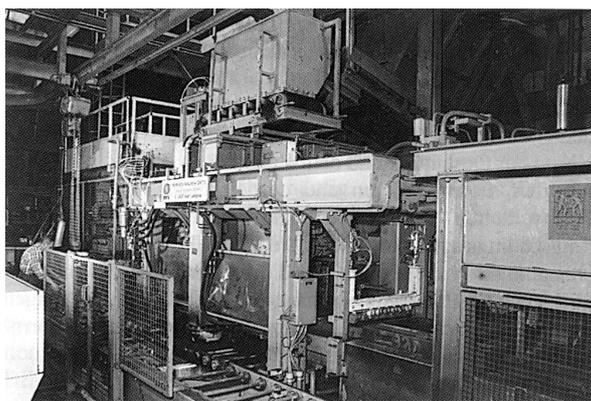


圖 15 自動化高壓造模機械

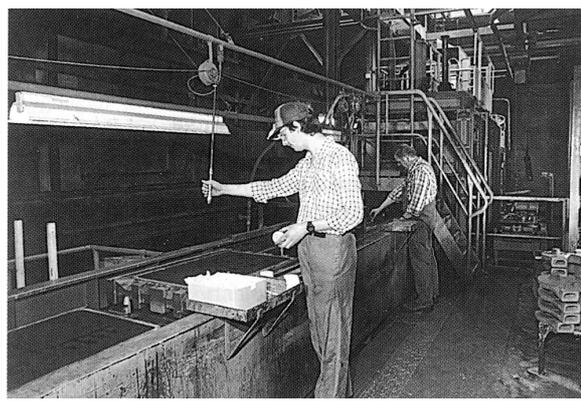


圖 16 機械造模線上安置砂心情形

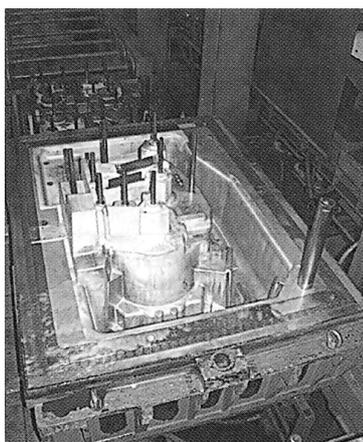


圖 17 機械造模之上模用模型板



圖 18 機械造模製作之上砂模

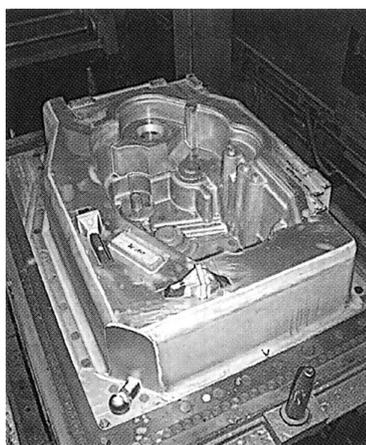


圖 19 機械造模之下模用模型板

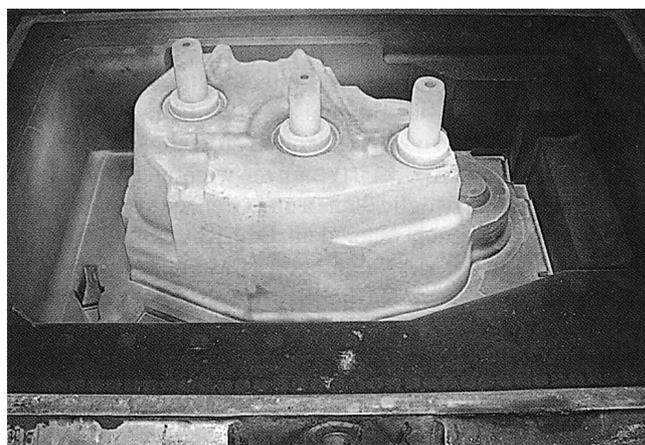


圖 20 機械造模製作之下砂模

二、無箱（斜度砂箱）機械造模程序

機械造模除了上述之方法外，亦可配合中板（match plate）模型及斜度砂箱（slip flask）來造模，如圖21所示。造模完成後可將斜度砂箱取出，澆鑄時砂模外沒有砂箱，因此，有人將此法稱為無箱造模法（flaskless molding process）。但此種機械造模與一般手工砂模的分模面均在水平面，與下節的DISA無箱造模法之分模面在垂直面，且砂模前後緊密連靠在一起，兩者有很大的差別。

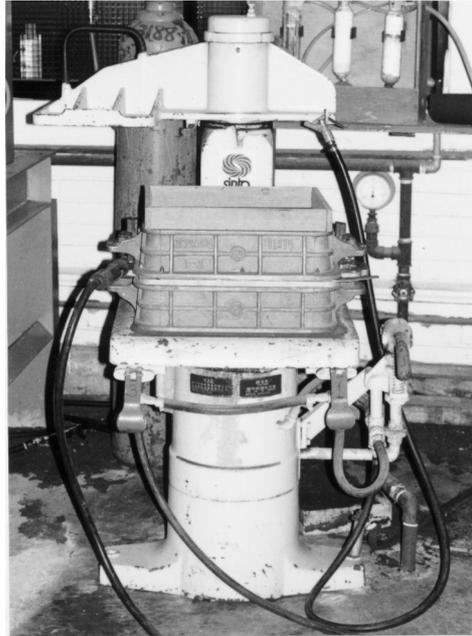


圖 21 半自動造模機配合中板及斜度砂箱造模

此種水平分模式無箱造模法，一組斜度砂箱可連續製作N組砂模，必要時，澆鑄前只要裝上一個圖22所示之套箱（jacket），即可得到類似砂箱砂模的功能，且套箱在澆鑄後數分鐘就可取走，因此，一條生產線只要購置一套斜度砂箱，5~8個套箱即可，不必一大堆砂箱，可節省很多購置及搬運費，並可避免砂箱佔去太多工作空間。

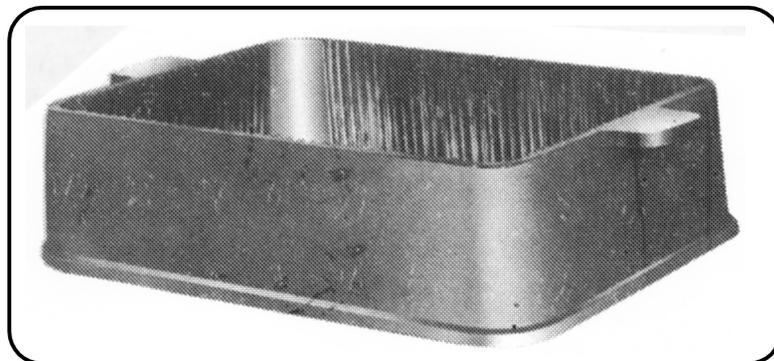


圖 22 斜度砂箱所製之無箱砂模用套箱

以斜度砂箱及中板模型所進行的機械造模法，如圖23至圖28所示，其造模程序如下：

- (一)將中板模型放置於上下斜度砂箱之間，尺寸較大之砂箱（下砂箱）朝上，填砂、震動、再填砂、壓擠，完成下砂模製作，刮平砂面置放底板。如圖 23 所示。
- (二)將底板與上下砂箱一起翻轉，使上箱朝上，扣緊上箱底部的擋砂板活扣，填砂後使用壓擠法製作上模，如圖 24 所示。（震動法將使已造好之下模往下沉，影響鑄件精密度，此階段應避免使用。）
- (三)利用高頻震盪提起上砂模，使與中板分離，如圖 25。
- (四)再度使用高頻震盪，起出中板模型，如圖 26。
- (五)將上砂模套合於下砂模，如圖 27。必要時，於合模前先安置砂心。
- (六)鬆開擋砂板，用木鎚輕敲砂箱四周，然後將上下斜度砂箱同時提起，因砂箱斜度及砂模重量關係，砂箱與砂模自然分離；置放套箱後準備澆鑄。如圖 28 所示。

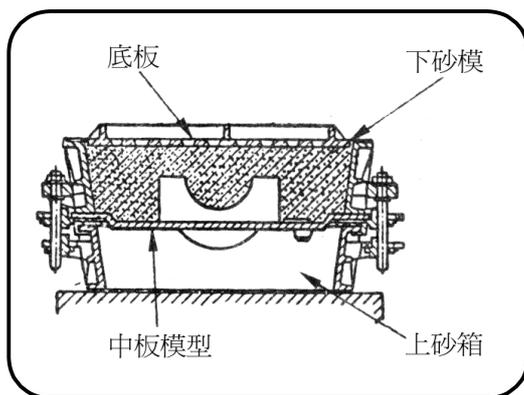


圖 23 製造下砂模

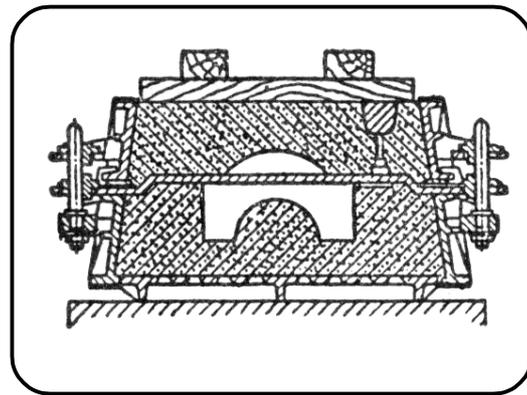


圖 24 製造上砂模

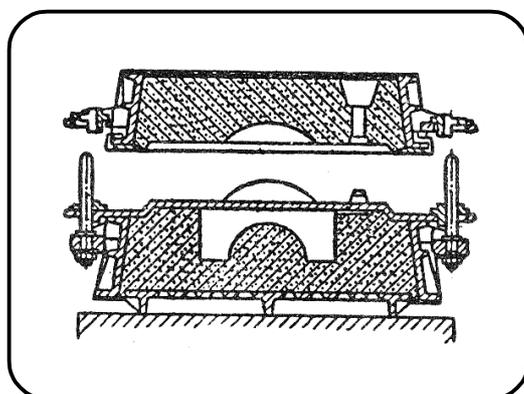


圖 25 用擋砂板提起上砂模

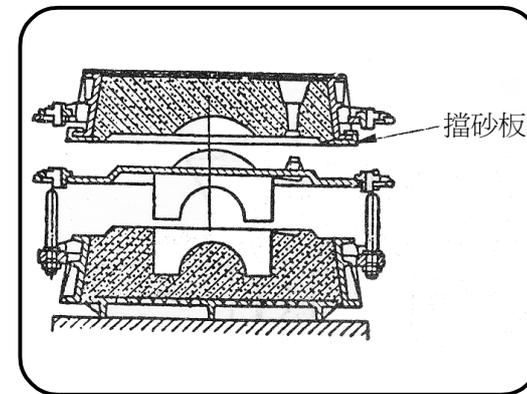


圖 26 震盪起出中板模型

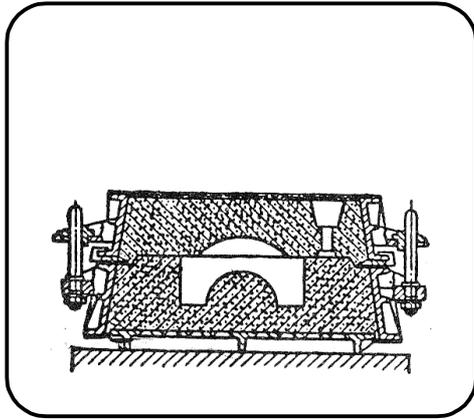


圖 27 合模

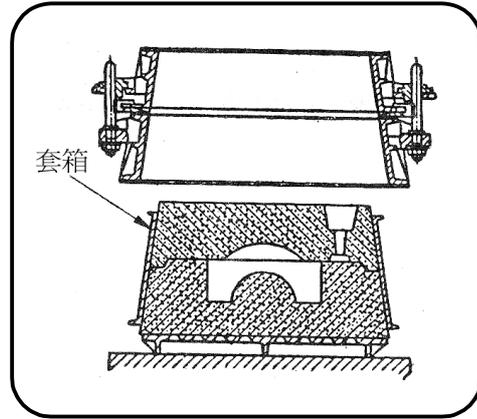


圖 28 安置套箱準備澆鑄

三、機械造模工作指示

請你到模型（具）室選取圖29所示之中板模型或相似之模型板，並取用一組斜度砂箱，再依照水平分模式無箱機械造模程序，及圖30及圖31所提示的造模安全要領，製造一組濕砂模，並澆鑄成圖29上方所示之鑄件。



圖 29 紡織機梭子之中板模型及鑄件（上方）



圖 30 震動造模時右手握震動開關左手扶持砂箱把手



圖 31 壓擠造模時右手握壓擠開關左手扶持壓擠板把手

貳、垂直分模式機械造模程序

一、垂直分模式無箱造模法

傳統的砂模鑄造，其分模面大都是在水平面，因此，造模時模型平放，且除開敞模（open mold）外，所有砂模都是由兩個或兩個以上的砂模所組成。而垂直分模式無箱造模法是1964年由丹麥的狄塞公司（DISA）研究開發成功，其特色是分模面在垂直面，模穴在砂模前後兩垂直面上，因此每造一個砂模，前方模穴即可與上次砂模後方模穴組合為一組，亦即每造一個砂模即可澆鑄一次，可節省一半以上造模時間；且不需使用砂箱，故稱為無箱造模法，如圖32及圖33。此法一般常簡稱為DISA造模法，但如圖32，德國LORAMENDI公司於九〇年代亦開發類似的造模機械設備，兩者之造模程序、速率與效率均相當。

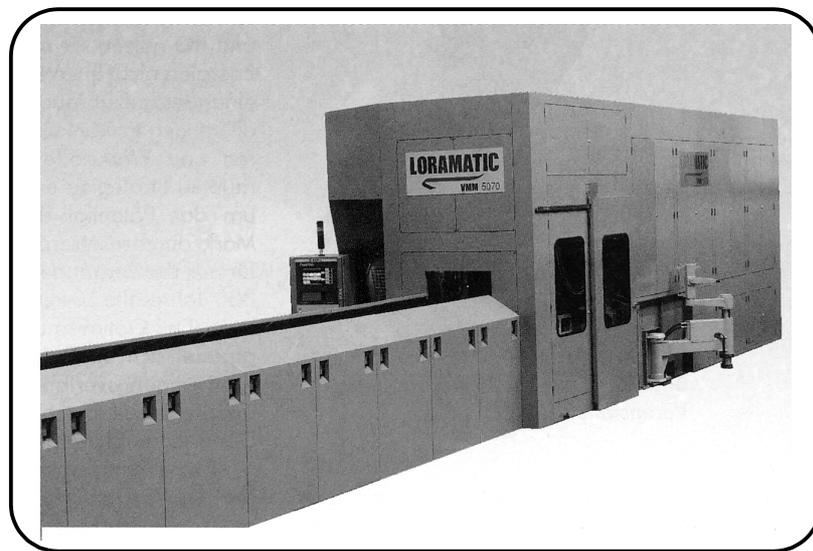


圖 32 垂直分模式無箱造模機械設備

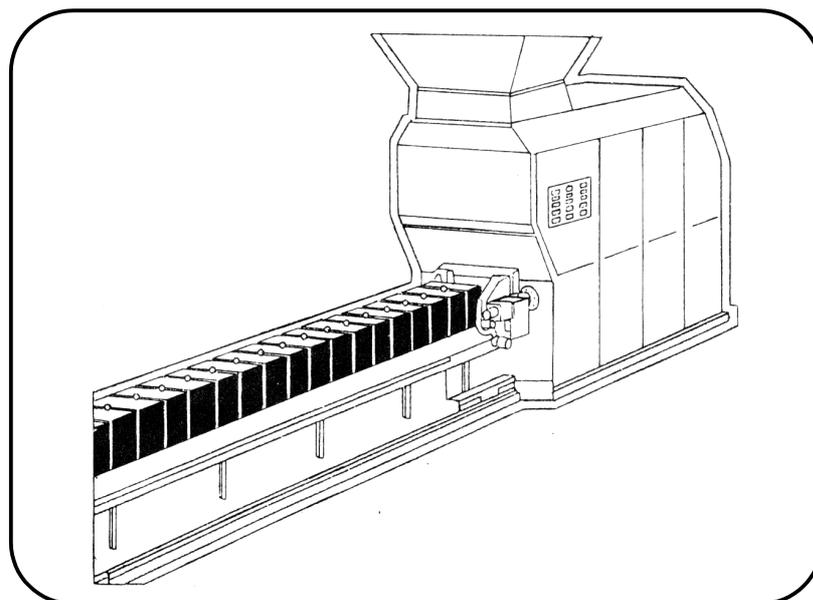


圖 33 垂直分模式無箱造模生產線示意圖

二、垂直分模式無箱造模程序

如圖34至圖39所示，此法之造模程序大致可分為下列六個步驟：

- (一) 打開鑄砂進料口，利用壓縮空氣將鑄砂射入前後模型板與型框所圍的密閉空間，如圖 34。吹射壓力為 $0\sim 20\text{Bar}$ ($0\sim 20\text{kgf/cm}^2$)，壓力大小依鑄件厚度而定，厚度愈大或形狀複雜則壓力愈大，一般採用 10Bar 即可獲得良好的砂模硬度與強度，且清砂容易。
- (二) 壓擠前後模型板，使鑄砂密實而具有相當硬度與強度。如圖 35 所示。

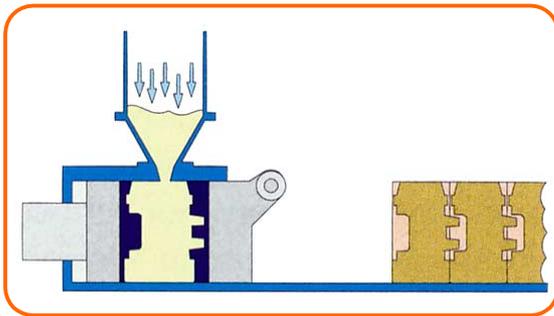


圖 34 射砂進入模型板所圍密閉空間

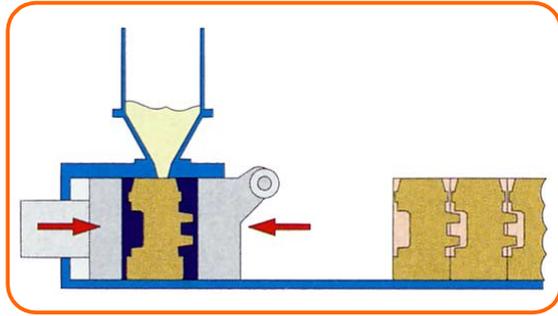


圖 35 壓擠前後模型板造模

- (三) 將前方模型板向前退出，如圖 36 所示，以免影響砂模前移路徑。
- (四) 用後方模型板之推桿，將砂模推出，如圖 37 所示。則前方之模穴與上一次所造砂模之後方模穴，形成一完整之鑄件模穴，亦即每次造好推出一個砂模，即完成一組砂模之模穴，等待澆鑄。

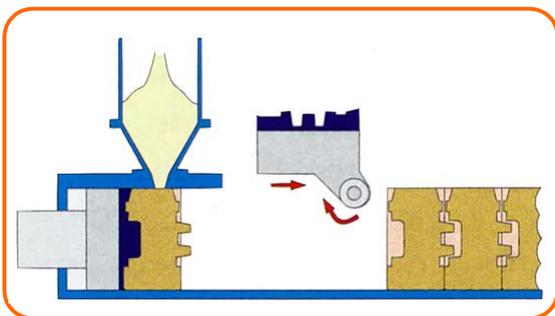


圖 36 前方模型板退出

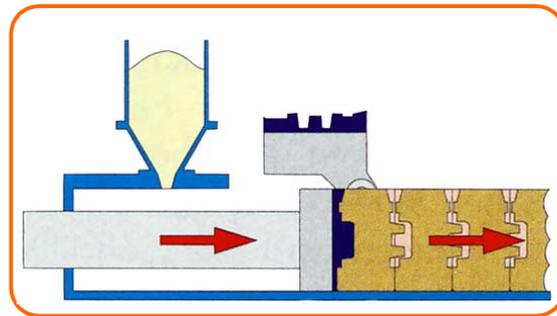


圖 37 後模型板推桿將砂模往前推出

(五)後方推桿及模型板拉回，前方之砂模同時進行澆鑄工作，如圖 38。

(六)前方模型板轉正並推回原來位置，使與型框構成一密閉空間，如圖 39，以便繼續射砂、擠壓等循環步驟(一)至(六)的無箱造模作業。圖 40 為垂直分模式無箱造模設備之構造及造模情形示意圖。

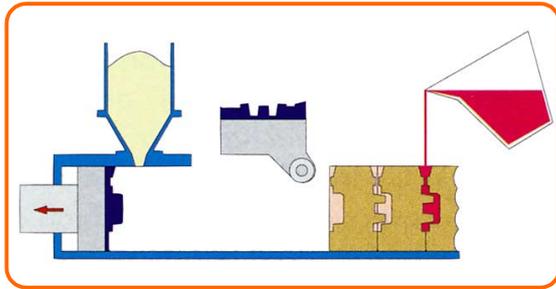


圖 38 澆鑄作業

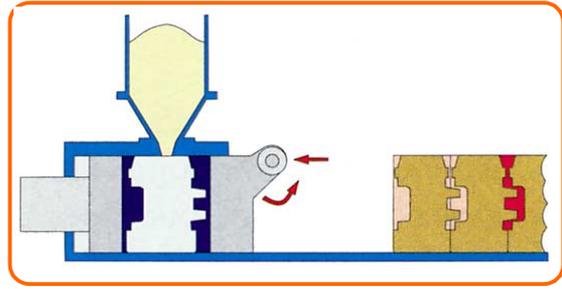


圖 39 模型板轉正推回，準備造模

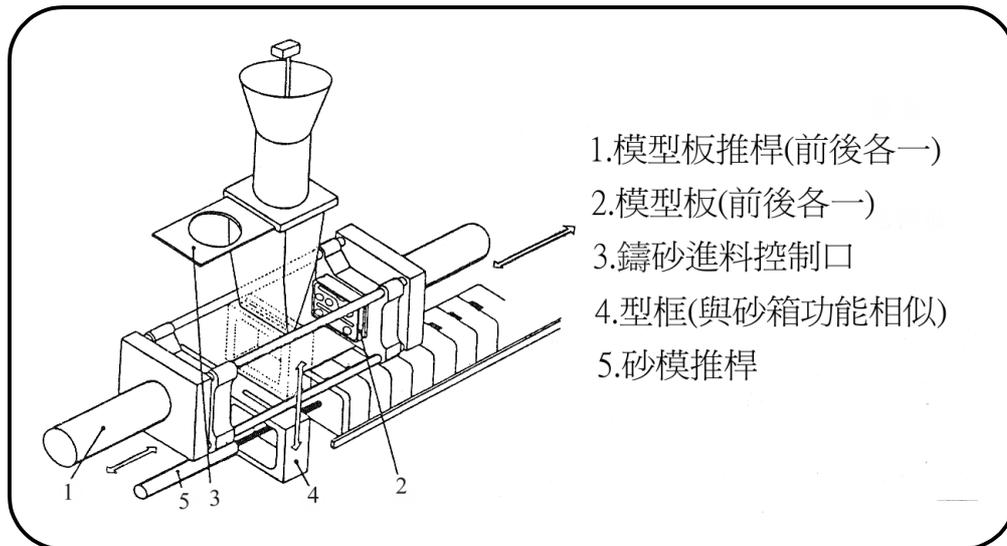


圖 40 垂直分模式無箱造模機之構造示意圖

垂直分模式無箱造模法除了可製造砂模外，必要時亦可安置砂心，以便鑄造中空鑄件。利用機械安置砂心時，需有一塊類似模型板的砂心裝置用面板（core setting mask），將砂心裝在面板相關位置之砂心盒模穴內（利用真空吸住），然後將面板移至砂模前，將砂心裝妥後，面板自動退出，再繼續下一次作業，如圖41至圖44所示。

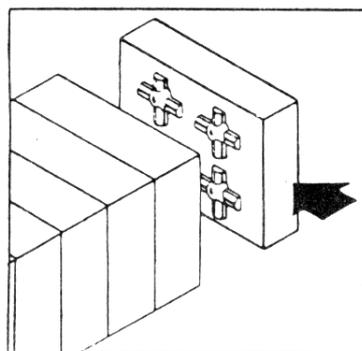


圖 41 裝有砂心之面板移至砂模前

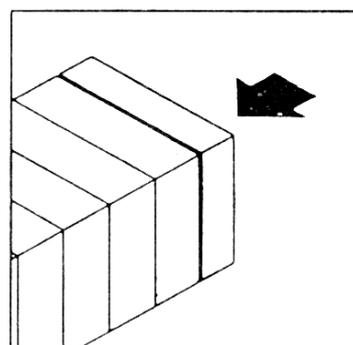


圖 42 將砂心安置在砂模上

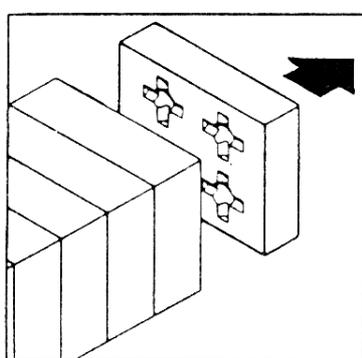


圖 43 面板退出

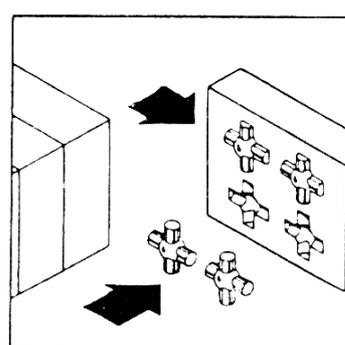


圖 44 將砂心吸在面板準備下一循環

圖45至圖47係利用機械在垂直分模式砂模安置砂心的現場範例，圖45及46顯示砂心裝置在面板上及安置在砂模上的實際情形，從圖47上亦可看出，利用此法澆鑄完成的鑄件，其位置係在垂直的分模面上，與豎澆道平行，而傳統砂模之鑄件與豎澆道方向垂直。

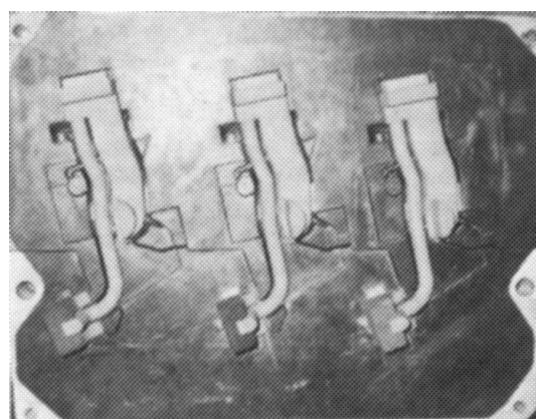


圖 45 利用真空將砂心吸住在面板之砂心盒模穴內

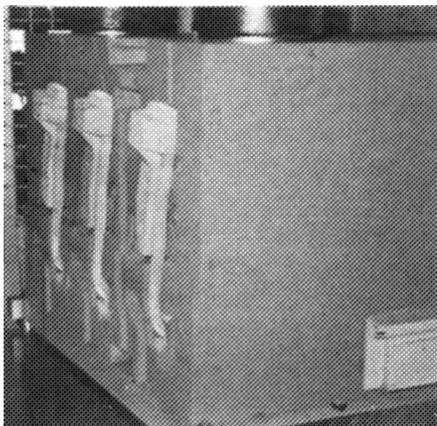


圖 46 利用面板將砂心安置砂模上

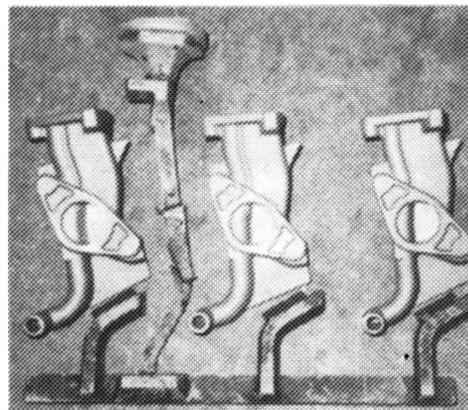


圖 47 垂直分模無箱造模法所製鑄件

三、垂直分模式無箱造模法的優點

- (一)砂模只需水平移動，不必翻轉或上下移動，減少落砂甚或損壞之機會，鑄件毛邊減少，精密度增加。
- (二)造模只需壓擠，不必震動，無噪音；且射砂及壓擠係在密閉容器內，砂塵不會飛揚，工作環境大為改善。
- (三)每造一砂模即可澆鑄一組鑄件，且造模程序只有射砂及壓擠，工作效率為傳統砂模鑄造三倍以上。以 DISA 2013 型造模機為例，每小時可製作 390 個無砂心砂模，或 370 個有砂心砂模；LORAMATIC VMM-5070 及 4050 型造模機，每小時可製作 400 個無砂心砂模，或 360 個有砂心砂模。
- (四)分模面在垂直面，砂模前後緊密靠在一起，澆鑄時不致於因金屬液壓力或浮力而脹裂或浮起，不必使用砂箱或壓重，可節省為數可觀的費用，並省下該批設備所佔的空間及搬運的人力、時間。
- (五)砂模可澆鑄範圍達 50~60%，可生產中小型及複雜鑄件，且適於大量生產。
- (六)安置砂心準確度可達 $\pm 0.1\text{mm}$ ，且安置一次只需約 3 秒鐘時間（利用造模時間），迅速又正確，可減少很多人為誤失。
- (七)可採用較細的鑄砂，鑄件表面光度良好。一般使用的粒度為 AFS GFN110~80。

學習評量二

請不要參閱資料或書籍，在下列各題寫出正確的答案。

一、筆試

(一)是非題 (25%)

- () 1.無箱造模法的砂模在澆鑄時可不必使用砂箱。
- () 2.無箱造模法在造模過程都不必使用砂箱。
- () 3.垂直分模式無箱造模法每製造一個砂模即可澆鑄一次。
- () 4.垂直分模式無箱造模法安置砂心時仍需用人力安置。
- () 5.水平分模式無箱造模法與手工造模一樣，先製造下砂模，起模後才製造上砂模。

(二)選擇題 (25%)

- () 1.應用斜度砂箱造模時，需配合下列哪一種模型使用？ (1)刮板模 (2)中板模 (3)分型板 (4)以上皆可。
- () 2.垂直分模式無箱造模法每小時可製造幾個不需砂心的砂模 (1)100個 (2)200個 (3)300個 (4)400個。
- () 3.垂直分模式無箱造模法需使用幾個模型板？ (1)1個 (2)2個 (3)3個 (4)4個。
- () 4.水平分模式無箱砂模澆鑄時，可用下列何者加強砂模強度？ (1)斜度砂箱 (2)壓鐵 (3)套箱 (4)以上皆可。
- () 5.採用砂心面板協助砂心安置前，應用下列何者將砂心暫時放置在垂直的面板上？ (1)真空吸引 (2)高壓空氣 (3)CO₂ (4)以上皆可。

二、實作測驗 (50%)

請在30分鐘內完成以下指示的工作，並依據自我評量表，檢查自己的工作成果。

工作指示

請你依現場提供之中板模型及斜度砂箱，利用震動壓擠造模機製作一組水平分模式無箱砂模，並依現場提供之鉛液澆鑄成鑄件。

學習評量二答案

一、筆試

你的答案應該包括下列要點：

(一)是非題

1. (○)
2. (×) 應用型框或斜度砂箱。
3. (○)
4. (×) 可以用砂心面板定位安置砂心。
5. (×) 上砂模完成後，才分別起模。

(二)選擇題

1. (2)
2. (4)
3. (2)
4. (3)
5. (1)

二、實作測驗

自我評量表：通過者打(✓)，不通過者打(×)

- () 1.安全習慣：工作中有無不當操作而受傷。
- () 2.工具使用規則：工具有無不當操作而損壞。
- () 3.時間：是否依規定在 30 分鐘內完成。
- 4.結果
- () (1)砂模之模面硬度達 70~85 之間。
- () (2)鑄件目視檢查品質良好。

評分標準：你必須達到每個項目都是(✓)，才算合格。如果有一個(×)代表不合格。那麼請你繼續練習，直到合格才繼續練習下個學習目標。

假如你的答案正確，且能夠熟練上列工作的話，請翻到下一頁繼續下一個學習目標。如果你不能勝任的話，則請閱讀第 4 頁所列之參考書籍，或請翻到第 19 頁重新閱讀以便發現你的錯誤之處，並將第 31 頁上的錯誤更正，且請你繼續練習實作部分，直到完全熟練為止，然後翻到下一頁。

太棒了！如今你已通過了第二個學習活動，你已能正確地完成水平分模式機械造模，且能瞭解垂直分模式無箱造模的程序及特色；本單元下一個目標希望你能正確地說出真空造模法的程序及其特色。

本教材的第三個學習目標是

在不參考任何書籍及資料下，你能夠正確地說出真空造模法（V-Process）的程序及其特色。

真空造模法（V-Process）

真空造模法係真空封閉造模法（vacuum sealed molding process）的簡稱，此法係日本新東工業公司從原創作人AKITA會社買取未成熟的技術後，委任河野良治郎博士為開發部長，將30位技術人員編成一個龐大的開發計畫團（research project team），經過無數次的失敗，耗費三億日圓，於1972年才獲得工業化成功的一種革命性造模法。目前在德國設廠生產真空造模設備，如圖48所示，採用此法的工廠已逐年增加，到1984年為止，日本有130家，西歐有37家，月產量1985年在日本為9100噸，西歐為2100噸。



圖 48 真空造模機械設備

一、真空造模的程序

此法係使用不含黏結劑的乾態矽砂來造模，是一種嶄新的造模方法，其造模步驟與傳統採用含黏土及水分之鑄砂的手工造模或機械造模方法截然不同，茲以圖解說明真空造模法的造模程序如下：（如圖49至圖57所示）

(一)準備中空模型板

將模型安裝在中空的模板上，並在模型上鑽穿許多通達中空模板的小孔，尤其是在模型死角處，以便膠模因真空吸力密貼在模型上方。如圖 49。

(二)預熱膠膜

選用伸張力大，塑性變形率高的塑膠薄膜（film），其適當厚度為 0.05～0.1mm。一般可採用 0.075mm 醋酸乙烯膠膜等，以加熱器在模型上方烘烤，使其軟化後密貼模型上方。如圖 50 所示。

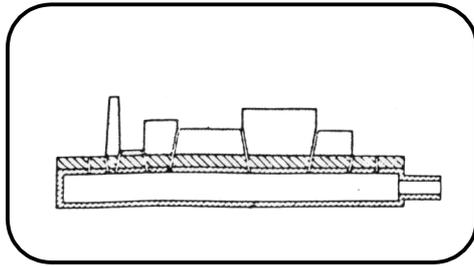


圖 49 真空造模用中空模型板

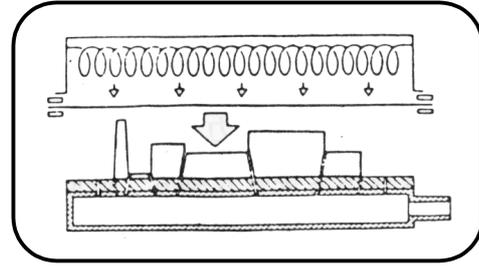


圖 50 模型板上方預熱膠膜

(三)密貼膠膜在模型板上

將因加熱而軟化的膠膜覆蓋在模型表面後抽真空，並使中空室內壓力減低至約 0.5Bar（200~400mm 水銀柱高），使軟化的膠膜因真空吸力及大氣壓力關係，密貼在模型上。如圖 51 所示。

(四)安置中空砂箱

在吸住膠膜的模型上，套上裝有吸引管（蛇腹管）的中空砂箱，如圖 52 所示，此時中空模板內仍然維持減壓狀態。

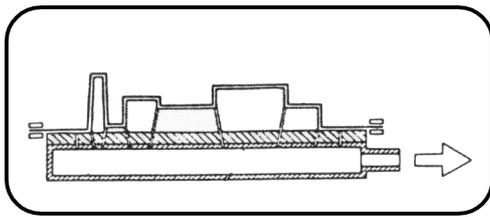


圖 51 抽真空密貼膠膜在模板上

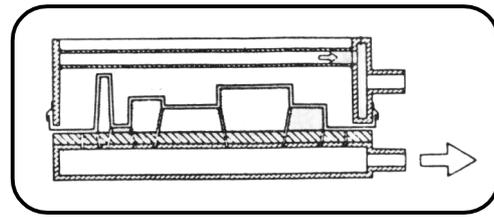


圖 52 模板上安置中空砂箱

(五)充填乾態砂砂

將具有良好粒度分佈及填充效果的乾態砂砂或其他基砂，填裝於砂箱內並略施予震動，使其流動至各死角處並震實砂模。如圖 53 所示。

(六)砂模上覆貼膠膜

將砂模表面刮平，若為上模則於開設澆口杯或澆池後，再在其上覆蓋一層膠膜，然後將中空砂箱抽真空，使其壓力亦降至 0.5Bar 左右，膠膜因而密貼在砂模上。如圖 54 所示。

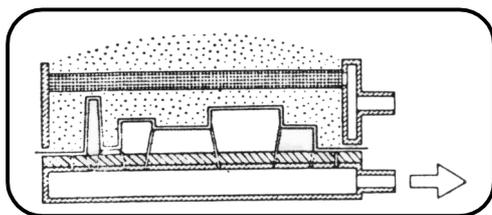


圖 53 砂箱內填入乾砂砂

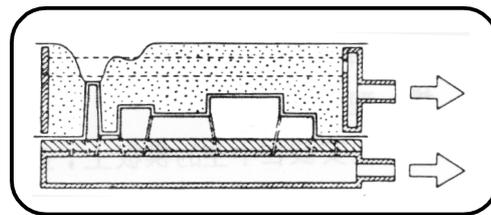


圖 54 開澆池後在砂模上方覆貼膠膜

(七)起出模型，完成砂模製作

當吸引管將中空砂箱減壓至一定程度時，砂箱中的乾砂因吸力及大氣壓力的作用，具有相當硬度及強度。此時，將中空模板內的壓力釋放，則砂模上下兩層膠膜均被吸住，砂模即可輕易的與模型板分離，而完成砂模製作，如圖 55 所示。圖 56 係真空造模法所製造的砂模實例，上下表面均密貼光滑膠膜，採垂直合模澆鑄。

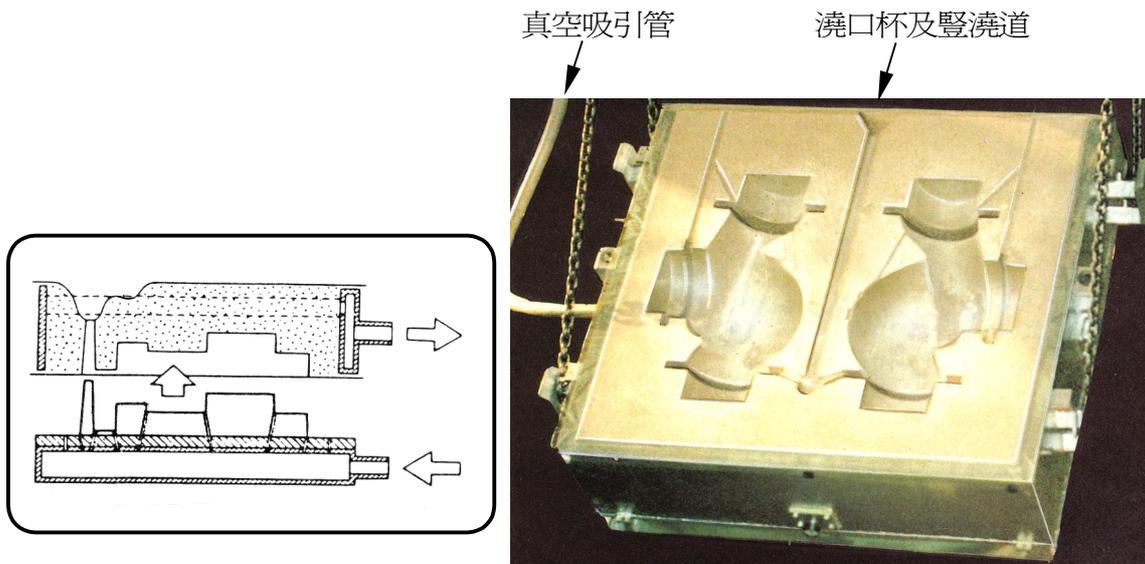


圖 55 砂箱抽真空，模板釋放空氣，完成砂模

圖 56 真空造模法所完成之砂模

(八)合模澆鑄

依照上述步驟製造上下砂模，合模後保持在減壓狀態下進行澆鑄，如圖 57 所示。澆鑄薄壁鑄件時，將砂模略置傾斜效果更佳。

(九)拆箱取出鑄件

澆鑄後經過適當的冷卻時間，只要釋放砂箱內的壓力，使其回復至正常狀態，則砂砂立即鬆散而與鑄件分離，一起掉落，如圖 58 所示。此時，不但砂砂與鑄件極易分離，且分離後的砂砂仍然保持原有性質，不需再處理便可直接回收使用。

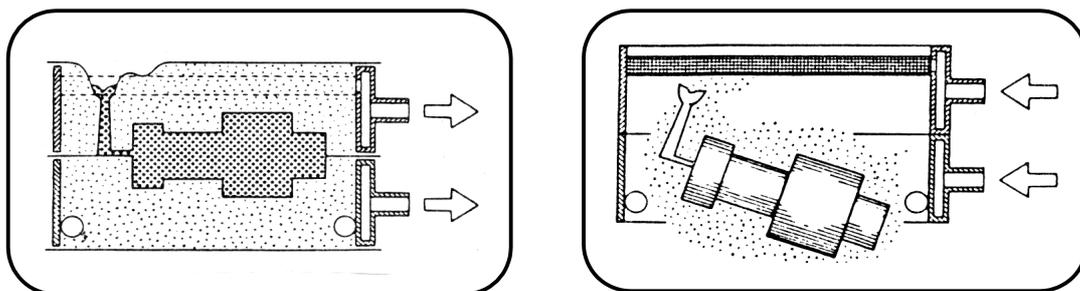


圖 57 上下砂模在抽真空下合模澆鑄 圖 58 砂箱釋放空氣，清箱取出鑄件

二、真空造模法的優點

如上所述，真空造模法事實是一種減壓造模法，造模時不需震動或壓擠等動作，此法尚具有下列各項特色，可惜國內目前尚未採用此法造模，爲了改善工作環境，提高鑄件品質，實有待積極引進此種新型的造模技術。真空造模法的優點有：

- (一)造模時不發生噪音，可改善工作環境。
- (二)砂模係在乾燥狀態下進行澆鑄，鑄件不會產生氣孔，可減少瑕疵。
- (三)此法所製鑄件表面光滑，尺寸正確，鑄件品質優良。
- (四)鑄砂採用乾燥之矽砂，鑄件清理容易。
- (五)矽砂回收後，可直接再次應用，不需砂處理設備，可節省成本。
- (六)可減少造模人力，提高工作效率。

學習評量三

請不要參閱資料或書籍，在下列各題寫出正確的答案。

(一)是非題 (60%)

- () 1.真空造模法應使用斜度砂箱。
- () 2.真空造模法所使用的鑄砂為乾態矽砂。
- () 3.真空造模法所使用的鑄砂黏結劑為水玻璃。
- () 4.真空造模法應使用中板造模。
- () 5.真空造模法所造之砂模，上下兩面均需覆貼一層膠膜。
- () 6.真空造模法之砂模，在抽真空（低壓）的狀態下進行澆鑄。
- () 7.膠膜覆貼前應先用加熱器預熱使其軟化，以便真空抽吸密貼使用。
- () 8.真空造模法在起模（拔模）時，砂箱應抽真空，而模型板則應釋放進入空氣。
- () 9.真空造模法澆鑄後只要震動砂模即可拆箱清理鑄件。
- () 10.真空造模時抽真空使壓力減低至 0.5Bar（一大氣壓力=1Bar），以便造成砂模內外壓力差，使砂模具有硬度及強度。
- () 11.真空造模法所使用的模型板，應在最高處及外角處鑽小孔，以便密貼膠膜。
- () 12.真空造模法在拆箱清理鑄件後，矽砂可直接再生使用。

(二)簡答題 (40%)

- 1.試列舉真空造模法的製程。
- 2.試述真空造模法的優點至少五項。

筆 記 欄

學習評量三答案

你的答案應該包括下列要點：

(一)是非題

1. (×) 使用四周具有蛇腹管之中空砂箱。
2. (○)
3. (×) 不必黏結劑。
4. (×) 使用單面模型板，底面設計中空箱。
5. (○)
6. (○)
7. (○)
8. (○)
9. (×) 應釋放砂箱之真空，讓空氣進入砂模。
10. (○)
11. (×) 應在模型的死角（或內角處）鑽小孔。
12. (○)

(二)簡答題

1. 試列舉真空造模法的製程。
 - (1) 準備中空模型板。
 - (2) 預熱膠膜。
 - (3) 密貼膠膜在模型板上。
 - (4) 安置中空砂箱。
 - (5) 充填乾態矽砂。
 - (6) 砂模上方覆貼膠膜。
 - (7) 起出模型，完成砂模製作（含上、下砂模）。
 - (8) 合模澆鑄。
 - (9) 拆箱取出鑄件。
2. 試述真空造模法的優點至少五項。
 - (1) 無噪音，可改善工作環境。
 - (2) 使用乾矽砂，鑄件無氣孔。
 - (3) 使用乾矽砂，鑄件清理容易。
 - (4) 不需砂處理設備，可節省成本。
 - (5) 可減少造模人力，提高工作效率。

假如你的答案與上述之重點相同，請翻到下一頁；假如你的答案不與上述之重點相同，則請閱讀第 4 頁所列之參考書籍，或請翻至第 33 頁重新閱讀，以便發現你的錯誤之處，並將第 38 頁上的錯誤更正，然後請翻到第 41 頁。

恭禧你！你已能正確地說出真空造模法（V-Process）的程序及其特色。接下來，你可以開始學習本教材的最後一個學習活動，即學習新型快速自動化機械造模法的種類、造模程序及其特色。

本教材的第四個學習目標是

在不參考任何書籍及資料下，你能夠正確地說出新型快速自動化機械造模法的種類、造模程序及其特色。

新型高（低）壓快速自動化機械造模法

雖然濕模砂（green sand）採用機械造模法（machine molding）已有一個多世紀，但是由於傳統震動式（jolting）機械造模會產生很大的噪音，且造模程序繁複，造模效率不高，近年來環保意識抬頭、人工成本高漲之際，國內外砂模鑄造業者均積極轉型。

在二十世紀最後一、二十年中，工業先進國家的鑄造設備廠商，已配合生產現場的需求，研究發展出多種噪音低、精度高及速度快的造模方法，例如垂直分模式無箱造模法、各種高壓衝氣造模法及真空（低壓）輔助造模法等，且融入尖端科技微電腦、氣油壓自動控制及邏輯程式控制器（PLC）於製程的控制與管理，而研製成功多種低噪音且生產快速的自動化機械造模系統，今舉數種新型機械造模法介紹如下：

一、高壓衝氣造模法

瑞士George Fischer（+GF+）公司研製多種衝氣造模系統，主要包括高壓空氣衝擊法及燃氣衝擊法兩大類，如圖59至圖61所示，此種造模系統可減少冒口需求、增加成品率，提高砂模穩定性、減少後處理，尺寸精度佳、減少機械加工等優點。圖59為此法所製造的砂模，可節省很多砂心的製造及安置。



圖 59 高壓衝氣造模法所製造的砂模

(一)高壓空氣衝擊 (Air-Impact) 造模法

圖 60 為高壓空氣衝擊法示意圖，主體設備是一個大壓力艙，內裝高壓空氣，砂箱及模型板置於壓力艙下方，當砂箱裝滿鑄砂後，打開閥門，在極短時間內高壓氣體釋出，快速膨脹的空氣直接對鬆散的鑄砂壓實強化，立即獲得表面密實的砂模，效率達 120 箱／時。

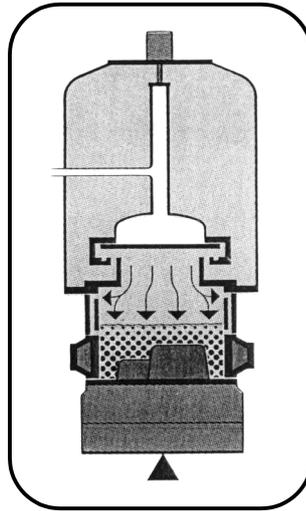


圖 60 +GF+公司的高壓空氣衝擊造模法

(二)高壓燃氣衝擊 (Gas-Impact) 造模法

另一種高壓燃氣衝擊法，如圖 61 所示，係藉由可燃氣體（如瓦斯天然氣、甲烷、丙烷）與空氣的混合氣體點燃時所爆發的力量衝擊壓實模砂，其爆發壓力可達 4~5bar (4~5kg/cm²)，砂模強度高、穩定性佳、可得較高的鑄件尺寸精度、減少機械加工量。

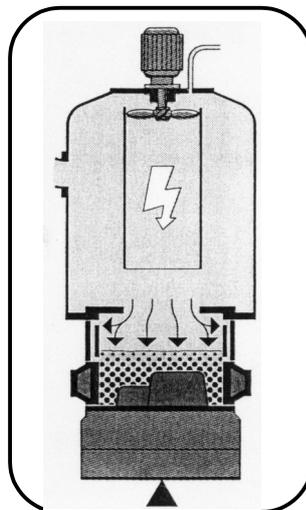


圖 61 +GF+公司的高壓燃氣衝擊造模法

(三)空氣衝擊 (Aromatic) 造模法

德國 BMD 公司所開發的空氣衝擊造模法，是利用快速膨脹的空氣來衝擊壓實鑄砂，如圖 62 所示，在砂箱及模型板上方的壓力艙底層四周安裝該公司專利的細小槽孔板閥，此細孔閥可在主閥開啓後極短時間內（約 10msec），在廣大的空間內將高壓空氣釋出，產生 3.5bar 壓力，此膨脹的空氣所產生的壓力波，可使砂箱內的鑄砂受到衝擊而壓實，砂模的模面硬度可達 88~92，背砂部分堆積較疏鬆，硬度約為 80，透氣度良好。

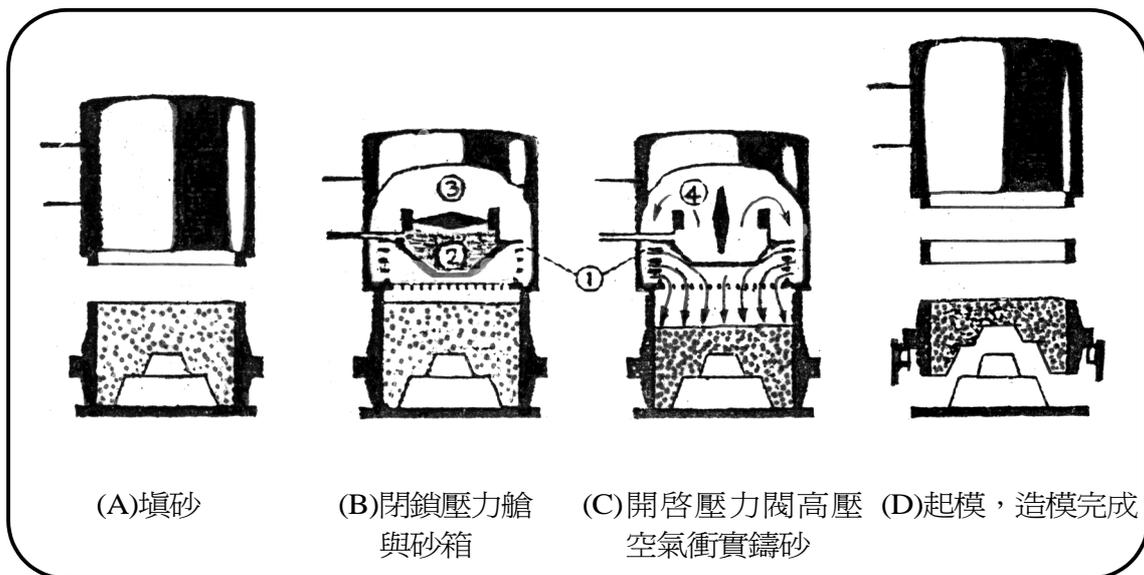


圖 62 BMD 公司的空氣衝擊造模流程〔圖中 ①槽孔板閥②高壓③艙壓④等壓〕

二、浮動模板壓擠 (Underpress) 造模法

德國Buderus公司改良傳統的壓擠造模法，設計一個浮動式的模型板，如圖 63所示，浮動模型板安置於型框半腰處，當砂箱及型框內填滿鑄砂後，上方置放一塊擠壓板，然後將浮動模型板往上推移，將模型擠壓入砂模中，使砂模達到預定的密實程度，模型板下降至原來型框位置，進行起模作業，最後分開擠壓板、砂模及模型板型框，即完成砂模製造。此法所造砂模之模穴四周及砂模邊緣均可得較高之硬度、鑄件尺寸精度佳、品質良好。

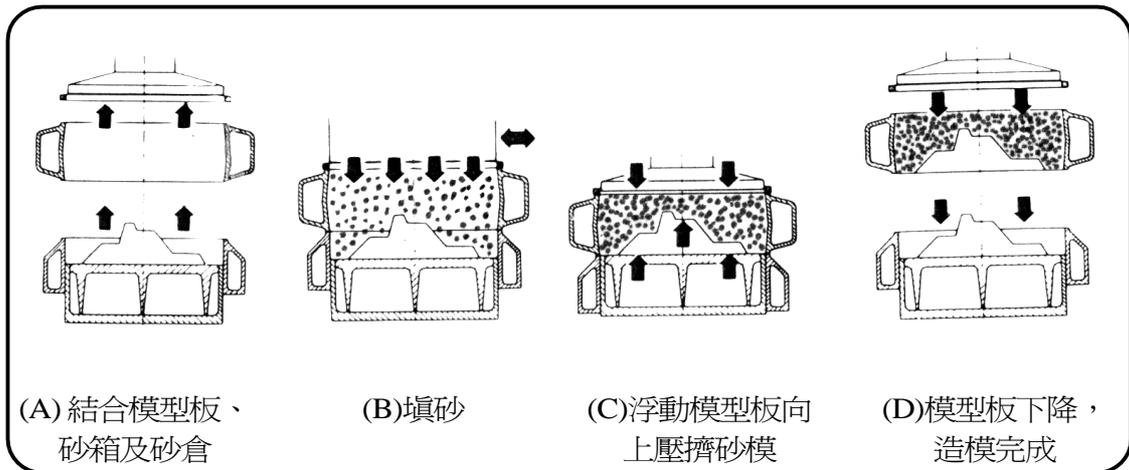


圖 63 Buderus 公司的浮動板壓擠造模法流程

三、真空（減壓）輔助造模法

(一)真空輔助造模法（Vacuum Formatic）

德國鑄造設備商 Forma-Buhler 公司所開發的 Vacuum Formatic 造模法，如圖 64 至圖 66 所示，在上下模型板之間設計一個可供抽真空的腔室，而在上箱上方與下箱下方均配置砂倉，儲存混練好的鑄砂備用，抽真空時，因壓力差之故，砂倉內的鑄砂被真空吸引射入砂箱內，與上下模型板接觸而得到初期的砂模硬度，最後再由模型板方向同時反向壓擠上下模，以便壓實砂模。此法可同時製造上下砂模；且下模完成後，可利用旋轉台轉出安置砂心，然後將砂模送回輸送系統合模以備澆鑄。生產水平結合式無箱砂模亦是此法的另一特色。

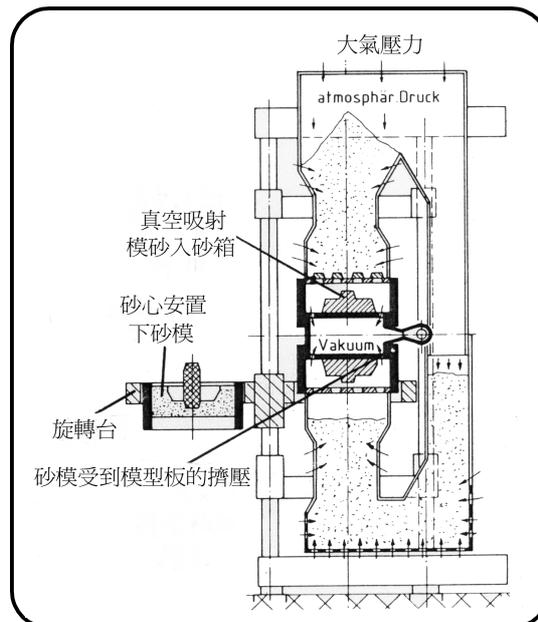


圖 64 Forma-Buhler 公司的真空輔助造模法示意圖

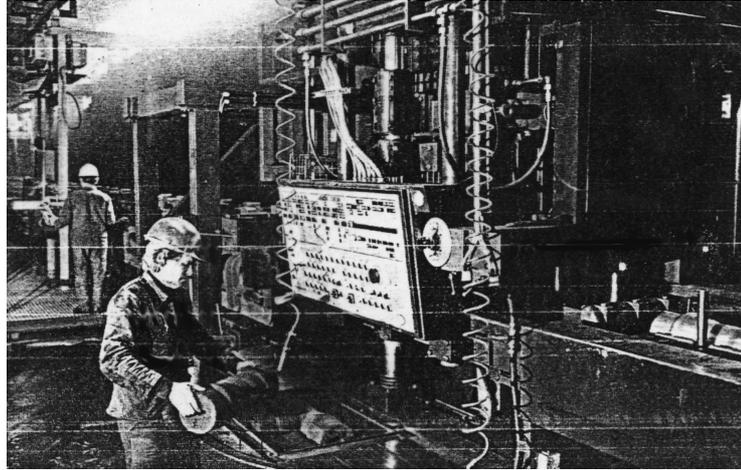


圖 65 真空輔助造模設備，製造砂模及安置砂心作業

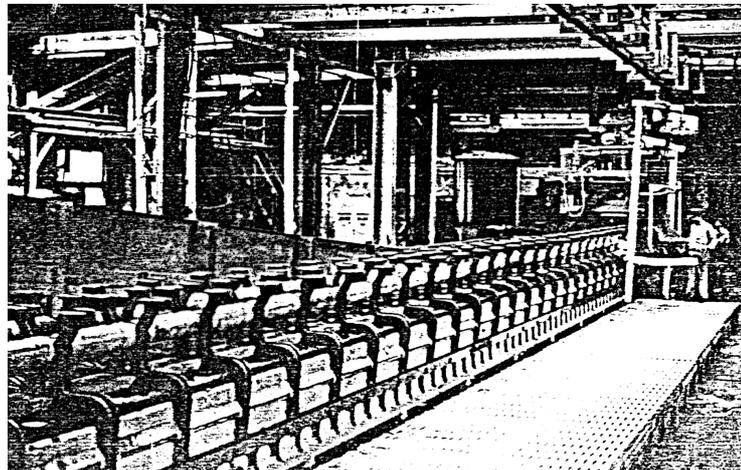


圖 66 真空輔助造模生產線

(二)真空加壓 (Vacupress) 造模法

德國另一家鑄造設備商 Kunkel-Wagner 繼續研發其在 1979 鑄造博覽會 (GIFA) 首次推出的真空加壓 (Vacupress) 造模法，如圖 67 所示，該法首先將砂箱內約 60% 的空氣抽除，造成砂倉與砂箱間之壓力差，當閥門開啓時，鑄砂快速被吸入砂箱內，造成初期的砂模密度與硬度，最後再以多活塞壓擠頭進一步加壓搗實，完成表面硬度均勻之砂模。圖 68 爲此法造模機械設備、模型板及左下角完成之砂模。

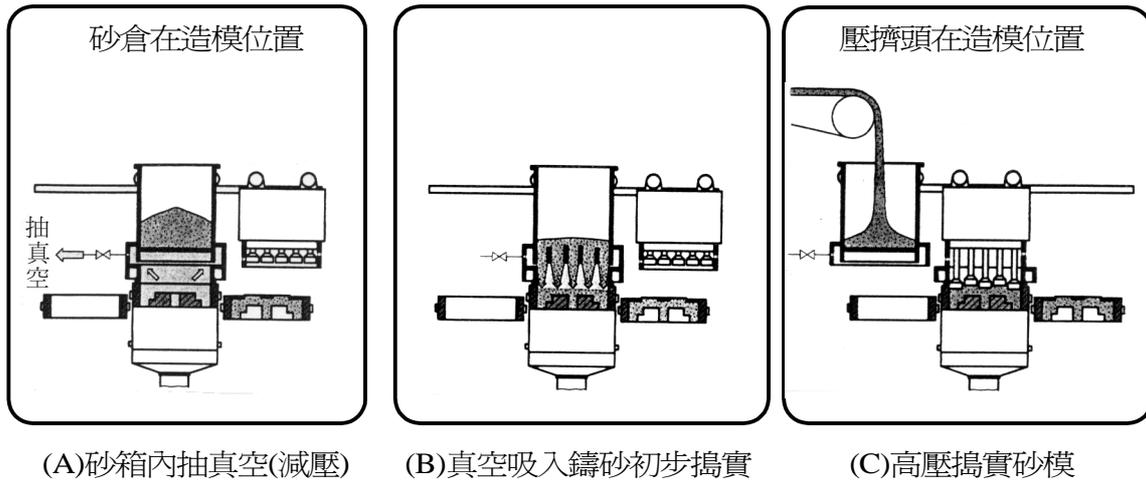


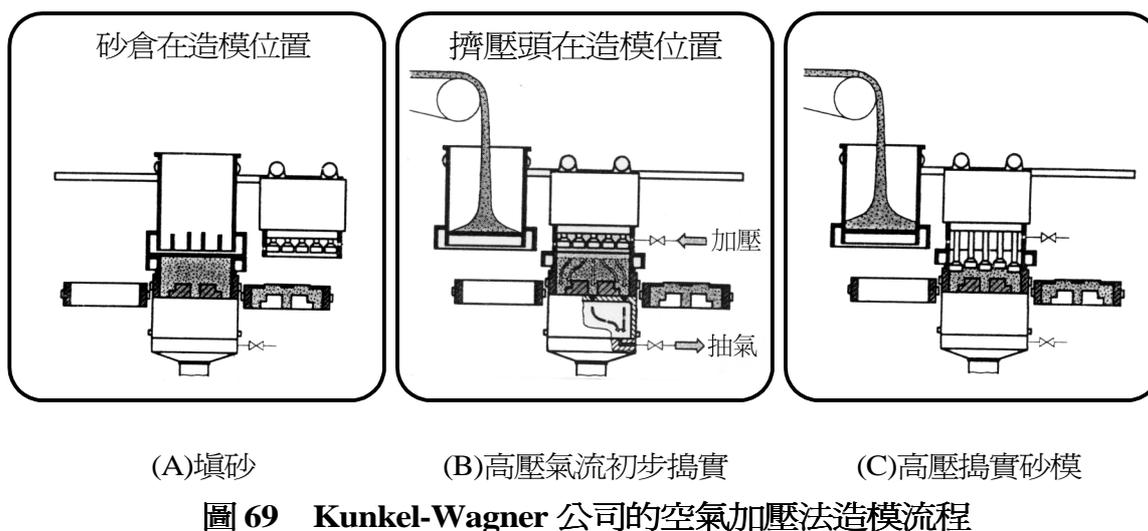
圖 67 Kunkel-Wagner 公司的真空加壓法造模流程



圖 68 真空加壓法之造模設備及模型板

(三)空氣加壓（Airpressplus）造模法

K.W.公司研製的另一項造模技術~空氣加壓造模法，如圖 69 所示，填砂後在砂箱上方導入高壓空氣，而從砂箱底層抽氣（減壓），使鑄砂因高壓氣流的緣故，獲得初期密度與硬度，最後再以多活塞壓擠頭藉高壓空氣搗實，完成砂模製造。



(四)多重加壓（Variopress）造模法

K.W.公司進一步結合上述兩種造模法，推出多重加壓造模的機械，如圖 70 所示，相信可以為砂模鑄造業帶來更為快速、便捷與精密的造模方法與造模設備。

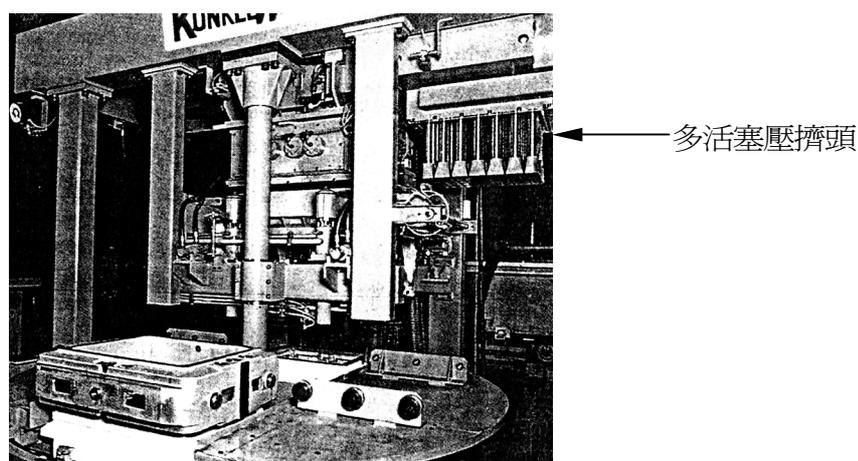


圖 70 Kunkel-Wagner 公司的多重加壓造模機械

四、脈沖式（Dynamuls）造模法

德國BMD公司研發成功的脈沖式造模法，如圖71所示，首先在砂箱內裝填鑄砂後，即送入脈沖機組之下方，各活塞壓擠頭按照模型高度預先調整好各種不同預負載。

準備妥當後，脈沖波高速的推向鑄砂，各沖頭根據其不同的預負載插入砂模內，如圖71(B)，在不到一秒鐘的時間內即到達終點位置，這時砂模即被壓實，而各沖頭之間與最上部之鑄砂，同時由平面壓擠板將它壓實，砂模即告完成。圖72及圖73係採用此法之模型板及砂模照片實例。

請翻至下一頁

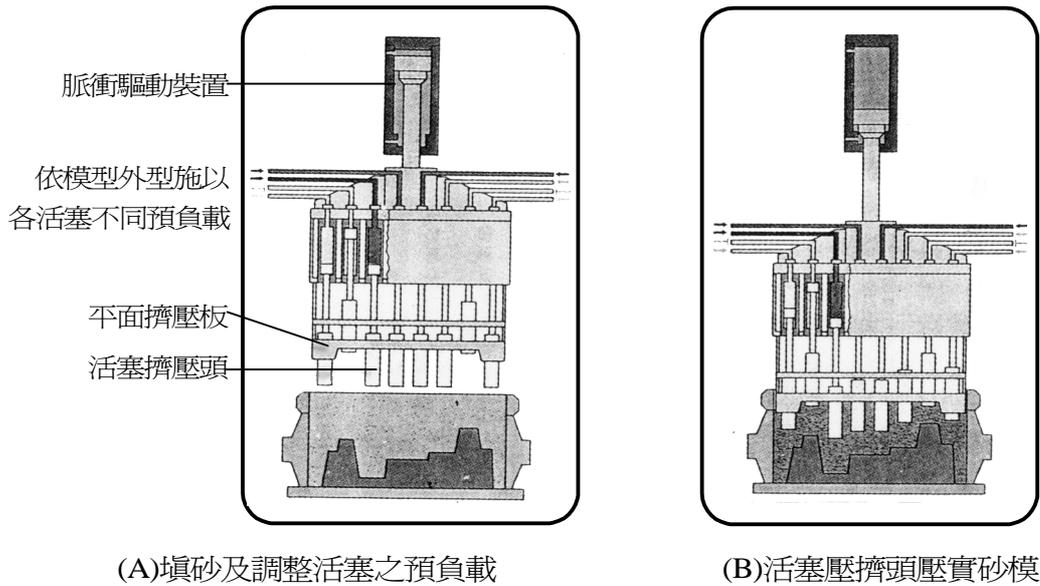


圖 71 BMD 公司的脈沖式造模法製程



圖 72 脈沖式造模法之模型板

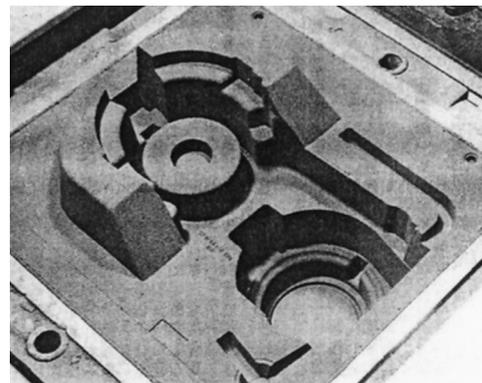


圖 73 脈沖式造模法所製造之砂模

脈沖式 (Dynamuls) 造模法特徵如下所述：

- (一)可根據不同模型要求來調整壓實參數。
- (二)適合複雜或高難度鑄件生產。例如直徑 50mm，深度 150mm，起模斜度僅 1 度之深孔。
- (三)砂箱與模型之間距離只要 15mm 即可，提高模板使用面積。
- (四)模面硬度高達 90 以上，尺寸精確。
- (五)噪音特低。
- (六)機械負荷低，模型磨損少。木質、塑膠質及金屬模型均可使用。

五、高壓氣流與壓擠造模法～靜壓（SEIATSU）造模法

此法主要係結合高壓氣流（Air-flow）及壓擠（squeeze）的一種造模法，由日本新東（Sinto）公司於1977年研發成功，並於1979年開始引入商業化鑄造生產行列。其造模程序主要包括下列四個步驟（如圖74所示）：

- (一)砂箱定位及填砂。
- (二)密閉砂箱並導入高壓氣流舂實鑄砂。
- (三)利用上方壓擠頭壓實鑄砂。
- (四)降低機台，完成起模作業。

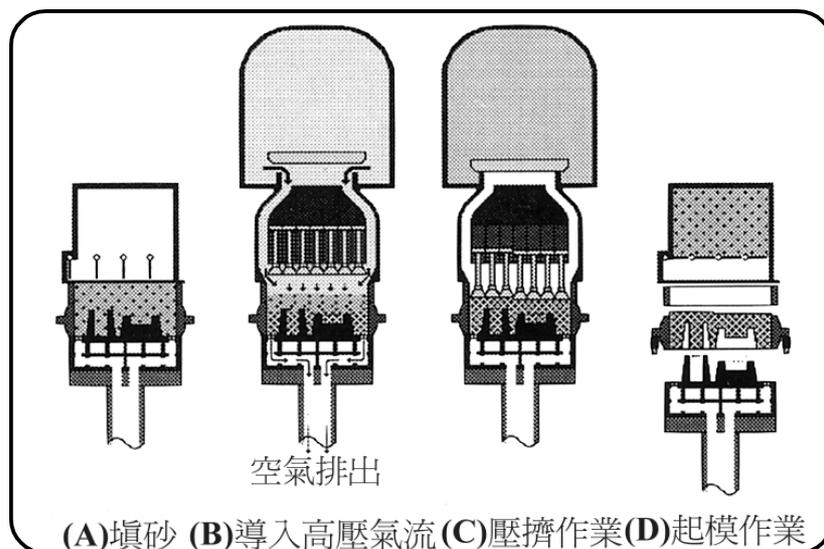


圖 74 新東公司靜壓造模法製程

此法特色在於高壓氣流穿過鑄砂及模型板後，會經由模板上一系列的通氣孔排出，因此模穴四周硬度高，且背砂因壓擠而更密實，故可作深拔模而不需砂心，且噪音低，故亦可稱為靜壓造模法，如圖75所示。圖76係採用此法所製作的汽車零件砂模及鑄件。

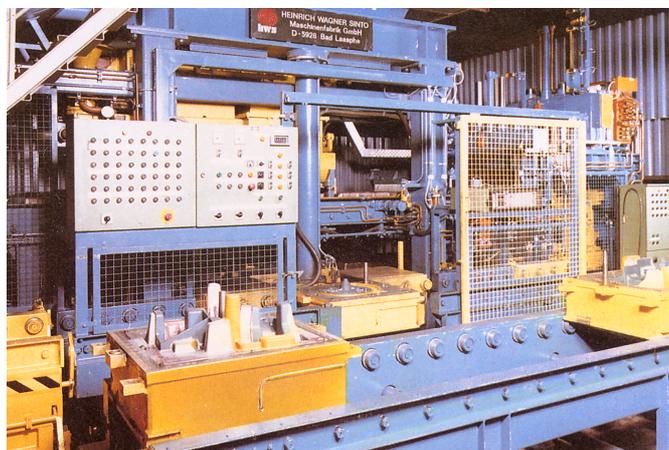


圖 75 靜壓造模法（SEIATSU）設備及造模現場

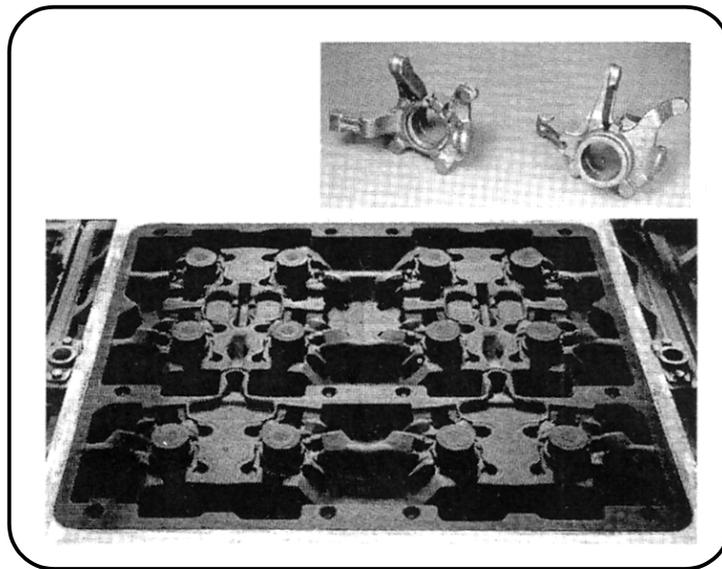


圖 76 靜壓造模法所完成的砂模及汽車零件

六、兩階段衝氣造模法

德國Formtec公司研發的兩階段衝氣自動造模法，其流程如圖77所示，在填砂完成後，第一階段只開啓壓力艙的中間閥門，進行初步的密實鑄砂作業，第二階段繼續開啓周圍全部閥門，進行全面的壓實鑄砂。其衝氣壓力高達100bar/s，可得到更緻密的砂模及更精確的鑄件尺寸。

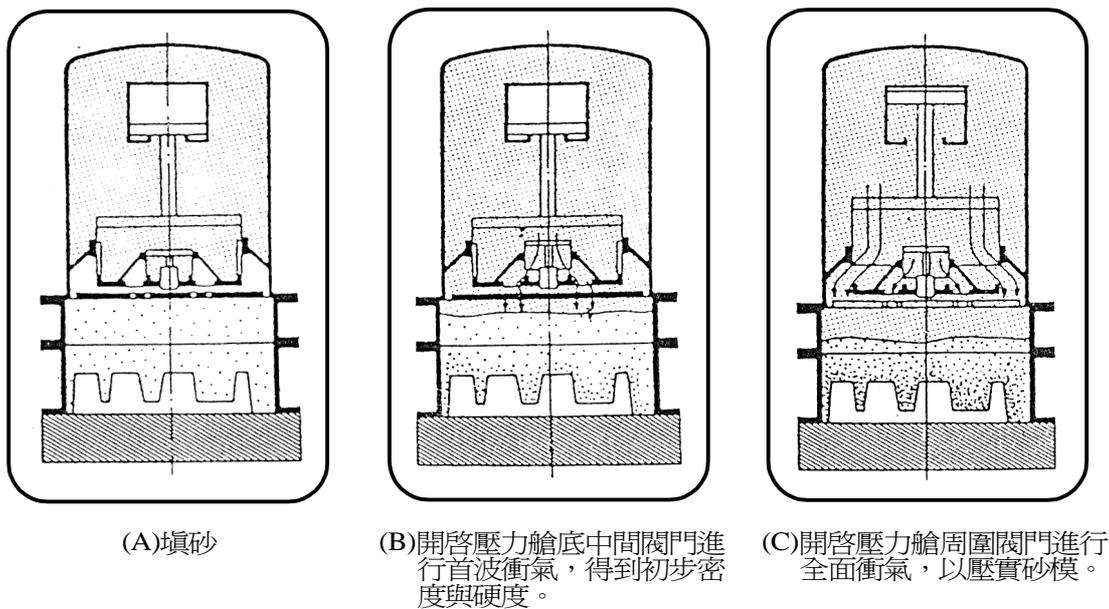


圖 77 Formtec 公司的兩階段衝氣造模流程

七、新型無箱造模法 (New flaskless molding)

垂直分模式無箱造模法 (如：DISA 造模法) 造模速度快，每模所需時間不到十秒鐘，但是受限於垂直分模及鄰近模穴的相互影響，鑄件尺寸大小有限。水平分模式無箱造模法的側吹 (Side blow) 機構又易受制於模型高低深度造成死角，影響砂模硬度及密度的均一性。

一般而言，上述兩類無箱造模法均缺乏生產多樣鑄件的容易轉換性，且易造成鑄砂廢棄物和鑄模品質不一致等缺點 (Masamoto Naito Sintokogio Ltd, 1998)。而下列兩種水平分模式無箱造模係爲了改善上述缺點而被研發出來。

(一) 頂射式 (Top blow) 無箱造模法

如圖 78 所示，頂射式無箱造模在安置砂箱後，砂箱與模型板一齊翻轉 90°，置放於砂倉底下，鑄砂從上方快速衝入砂箱內，此型機械設計四個吹射管閥，吹射時可控制空氣量，可生產複雜的砂模、深凹模穴之鑄模、高壓縮比及高抗壓強度之無箱砂模。

(二) 頂衝底射式 (Top and bottom blow) 無箱造模法

圖 79 則爲頂衝底射式無箱造模，上下砂模硬度均佳，可生產不必砂心的深孔鑄件 (如 120mm ϕ 130mmH 的幫浦本體)，因需求較少的砂心，可大幅降低生產成本，且生產效率高，最快速的四機一體可生產 240 模/時，更具競爭力。

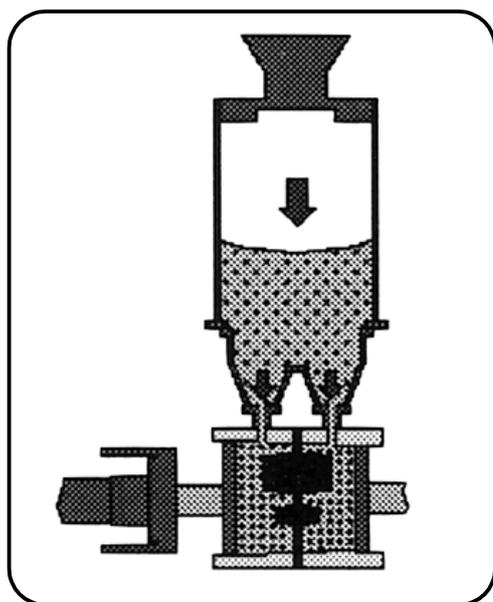


圖 78 頂射式無箱造法示意圖

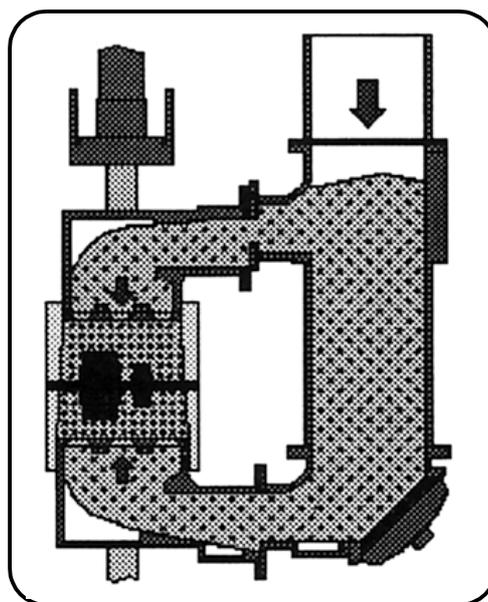


圖 79 頂衝底射式無箱造模法示意圖

學習評量四

請不要參閱資料或書籍，在下列各題寫出正確的答案。

(一)是非題 (10%)

- () 1.近年來研究發展出來的新型造模機械大都朝向低噪音、精度高及速度快的造模方式。
- () 2.脈沖式 (Dyapuls) 造模法主要原理係利用高壓空氣衝擊鑄砂來造模。

(二)選擇題 (40%)

- () 1.下列那一種新型機械造模法是屬於高壓空氣式？ (1)真空輔助造模法 (2)真空加壓造模法 (3)真空造模法 (4)空氣衝擊造模法。
- () 2.下列那一種新型機械造模法需用多活塞壓擠頭協助造模？ (1)真空造模法 (2)脈沖式造模法 (3)空氣衝擊造模法 (4)真空輔助造模法。
- () 3.下列那一種新型機械造模法，係採用真空 (減壓) 輔助造模？ (1)真空加壓造模法 (2)脈沖式造模法 (3)頂射式無箱造模法 (4)以上皆是。
- () 4.預先調整多活塞壓擠頭的主要目的為 (1)定時 (2)節省材料 (3)砂模深淺部位的硬度及強度均勻 (4)以上皆是。
- () 5.下列那一種新型機械造模法係亞洲國家 (日本) 研發出來的？ (1)真空加壓造模法 (2)脈沖式造模法 (3)靜壓造模法 (4)以上皆非。

(三)簡答題 (50%)

- 1.試舉出至少五種利用高壓空氣進行造模作業的新型機械造模法。
- 2.試舉出至少三種利用真空 (減壓) 吸引，協助進行造模作業的新型機械造模法。

學習評量四答案

你的答案應該包括下列要點：

一、是非題

1. (○)
2. (×) 利用不同預負載之壓擠頭及平面壓擠板。

二、選擇題

1. (4)
2. (2)
3. (1)
4. (3)
5. (3)

三、簡答題

1. 試舉出至少五種利用高壓空氣進行造模作業的新型機械造模法。
 - (1) 高壓空氣衝擊 (Air-Impact) 造模法。
 - (2) 空氣衝擊 (Airomatic) 造模法。
 - (3) 空氣加壓 (Airpressplus) 造模法。
 - (4) 兩階段衝氣造模法。
 - (5) 頂射式 (Top blow) 無箱造模法。
 - (6) 頂衝底射式 (Top and bottom blow) 無箱造模法。
2. 試舉出至少三種利用真空 (減壓) 吸引, 協助進行造模作業的新型機械造模法。
 - (1) 真空輔助 (Vacuum Formatic) 造模法。
 - (2) 真空加壓 (Vacupress) 造模法。
 - (3) 空氣加壓 (Airpressplus) 造模法。
 - (4) 多重加壓 (Variopress) 造模法。

學後評量

一、筆試：請不要參閱資料或書籍，寫出正確的答案。

(一)是非題 (30%)

- () 1.壓擠造模所產生的噪音較震動造模為低。
- () 2.震動造模法所製造之砂模，其上方之硬度較高。
- () 3.半自動機械造模係於起模後，用手工開設流路系統。
- () 4.無箱造模法在造模過程都不必使用砂箱。
- () 5.垂直分模式無箱造模法，每製造一個砂模即可澆鑄一次。
- () 6.真空造模法所使用的鑄砂為乾態矽砂。
- () 7.真空造模法所造之砂模上下兩面均需覆貼一層膠膜。
- () 8.膠膜覆貼前應先用加熱器預熱使其軟化，以便真空抽吸密貼使用。
- () 9.真空造模法澆鑄後只要震動砂模即可折箱清理鑄件。
- () 10.真空造模法在折箱清理鑄件後，矽砂可直接再生使用。

(二)選擇題 (30%)

- () 1.可以採用自動化機械造模的模型為 (1)整體模型 (2)模型板 (3)刮板模型 (4)分型模型。
- () 2.機械造模主要係依據那種原理，進行造模工作 (1)震動造模 (2)壓擠造模 (3)翻轉 (4)以上皆是。
- () 3.機械造模所完成的砂模，除模穴外，亦可同時形成 (1)流路系統 (澆冒口) (2)接種處理 (3)球化處理 (4)以上皆非。
- () 4.機械造模過程的起模作業需要下列那一項配合動作？ (1)壓擠 (2)翻轉 (3)高頻震盪 (4)以上皆是。
- () 5.垂直分模式無箱造模法需使用幾個模型板？ (1)1 個 (2)2 個 (3)3 個 (4)4 個。
- () 6.水平分模式無箱砂模澆鑄時，可用下列何者加強砂模強度？ (1)斜度砂箱 (2)壓鐵 (3)套箱 (4)以上皆可。
- () 7.應用斜度砂箱造模時，需配合下列那一種模型使用？ (1)刮板模 (2)中板模 (3)分型板 (4)以上皆可。
- () 8.垂直分模式無箱造模法每小時可製造幾個需安置砂心的砂模 (1)160 個 (2)260 個 (3)360 個 (4)460 個。
- () 9.下列那一種新型機械造模法是屬於高壓空氣式？ (1)真空輔助造模法 (2)真空加壓造模法 (3)真空造模法 (4)空氣衝擊造模法。
- () 10.預先調整多活塞擠壓頭的主要目的為 (1)讓砂模深淺部位的硬度及強度均勻 (2)定時 (3)節省材料 (4)以上皆是。

二、實作測驗 (40%)

請你到工具室管理員處領取機械造模所需的中板模型及必要的工具、材料，然後依下列之指示製造一組濕砂模。在工作之前，請你先填好工作計畫，並送給老師認可。

工作指示

請你利用斜度砂箱及中板模型，依水平分模式無箱造模程序，製造一組無砂箱濕砂模，並測量砂模的模面硬度。

我的工作計畫

作業名稱：_____

工作開始日期：_____ 完成日期：_____

工作時間：_____小時 教師認可：_____

我製作上列工作時所需用之用具：

1 _____ 3 _____ 5 _____

2 _____ 4 _____ 6 _____

我所需要的材料及消耗品

名稱	說明	規格	數量	估價

學生自我評量

一、我對我學後評量之評分

(一)筆試：是非與選擇每題3%，共60%，總得分_____分

(二)實作：自我評量—40%，總得分_____分

自我評量表：請在下表評分內容，通過者打(✓)

操作項目	評 分 內 容	得 分
1.斜度砂箱機械造模 (每項 10%)	() 1.機械造模程序正確、順暢。 () 2.操作造模機械技術熟練。	
2.無箱砂模品質檢查 (每項 10%)	() 1.砂模之模穴四周無崩砂、落砂之情形。 () 2. 砂模模面硬度平均值在 70~85 間。	
總 得 分	／40	

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

學後評量評分=筆試+實作=_____分，屬於_____等

二、我的工作計畫得分_____分，屬於_____等。

依照下列各項自我考量，有一項缺失即扣10分。

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <input type="radio"/> 是否細心周詳的填列工具設備 | <input type="radio"/> 是否細心周詳的計劃工作程序 |
| <input type="radio"/> 是否重視安全事項並適時提示 | <input type="radio"/> 是否再作檢討以求更好方法 |
| <input type="radio"/> 書寫是否清晰整齊 | <input type="radio"/> 老師是否做很多改正 |

三、安全習慣得分_____分，屬於_____等。

依照下列各項自我考量，有一項缺失即扣10分。

- | | |
|-------------------------------------|--------------------------------------|
| <input type="radio"/> 是否戴安全帽、安全眼鏡 | <input type="radio"/> 是否遵守機器操作規則 |
| <input type="radio"/> 是否遵守工具使用規則 | <input type="radio"/> 是否注意操作過程各項安全事項 |
| <input type="radio"/> 是否有工具脫落或損壞之情形 | <input type="radio"/> 是否有材料脫落或損壞之情形 |

四、敬業精神與學習態度得分_____分，屬於_____等。

依照下列各項自我考量，有一項缺失即扣10分。

- | | |
|----------------------------------|------------------------------------|
| <input type="radio"/> 工具排放是否整齊 | <input type="radio"/> 工作環境是否清潔 |
| <input type="radio"/> 操作時是否與他人閒聊 | <input type="radio"/> 工作態度是否積極而有耐心 |
| <input type="radio"/> 是否虛心接受老師指導 | <input type="radio"/> 是否常主動向老師請教問題 |

請翻至下一頁

教師評量

一、學後評量評分

(一)筆試得分_____

(二)實作得分_____

實作評量項目：請在下表評分內容，通過者打(✓)

操作項目	評 分 內 容	得 分
1.斜度砂箱機械造模 (每項 10%)	() 1.機械造模程序正確、順暢。 () 2.操作造模機械技術熟練。	
2.無箱砂模品質檢查 (每項 10%)	() 1.砂模之模穴四周無崩砂、落砂之情形。 () 2.砂模模面硬度平均值在 70~85 間。	
總 得 分	／40	

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

學後評量評分=筆試+實作=_____分，屬於_____等

二、工作計畫評分

工作計畫評量表

工作計畫評量項目	分數					
	優 10	良 8	中 6	可 4	差 2	劣 0
1.使用材料及消耗品記錄清楚	<input type="checkbox"/>					
2.使用機器及工具之準備	<input type="checkbox"/>					
3.工作次序之前後安排	<input type="checkbox"/>					
4.工作時間長短適宜	<input type="checkbox"/>					
5.未遺漏工作細節	<input type="checkbox"/>					
6.機器使用注意事項	<input type="checkbox"/>					
7.工具使用注意事項	<input type="checkbox"/>					
8.工作安全事項	<input type="checkbox"/>					
9.工作前後檢討改進	<input type="checkbox"/>					
10.工作計畫書寫清晰整齊	<input type="checkbox"/>					
實得總分						

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

工作計畫得分_____分，屬於_____等

三、安全習慣評分

安全習慣評量表

安全習慣評量項目	是	否
1.使用合於規定的工具，不任意替代	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.工具及材料置於正確位置並擺放整齊	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.依規定佩戴個人安全器具	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.啓動機器前檢查防護及運轉部位，異常應即反應	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.獨立操作機器，集中精神，不玩笑嬉鬧	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.機器運轉時不擅離工作崗位	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.不以任何物品或肢體接觸運轉中的機件	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.工作環境周圍保持整齊、清潔、光線足夠	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.成品的毛邊適當修整、妥當放置	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.依規定清潔及保養機器設備	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
實得總分		

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

安全習慣得分_____分，屬於_____等

四、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.言行舉止合宜，服裝儀容整齊	<input type="checkbox"/>					
2.準時上、下課，不遲到早退	<input type="checkbox"/>					
3.守秩序，不喧嘩吵鬧	<input type="checkbox"/>					
4.服從教師指導，進行學習	<input type="checkbox"/>					
5.上課專心認真	<input type="checkbox"/>					
6.愛惜教材教具及設備	<input type="checkbox"/>					
7.有疑問時主動要求協助	<input type="checkbox"/>					
8.閱讀教材外的講義及參考資料	<input type="checkbox"/>					
9.參與班級教學的討論活動	<input type="checkbox"/>					
10.將學習內容與工廠環境配合	<input type="checkbox"/>					
實得總分						

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

我的學習態度得分_____分，屬於_____等

五、總評量表

評 分 項 目	單項得分	單項等第	比率 (%)	單項分數	總分	等第
1.學後評量 (筆試+實作)			70%			<input type="checkbox"/> A
2.工作計畫			10%			<input type="checkbox"/> B
3.安全習慣			10%			<input type="checkbox"/> C
4.學習態度			10%			<input type="checkbox"/> D
總評	<input type="checkbox"/> 合格		<input type="checkbox"/> 不合格			
備註						

參考書目

- 一、Verein Deutscher Gessereifachleute (VDG), Giesserei, Januar 1982~August 2000。
- 二、Masamoto Naito Sintokogio Ltd, Green Sand Molding for the 21st Century, Tight Flask & Flaskless, Metal Asia, 5(5), August 1998。
- 三、K.H. Caspers, Das Luftstrom-Pre β -Formverfahren im Spiegel der Produktionsuberwachung. Giesserei 87 (2000) Nr.5, PP.52-57。
- 四、K. Chrosciel, P. Greiner, R. Richter, L. Schummer, Grund-und Fachkenntnisse Giessereitechnischer Berufe. Hamburg: Handwerk und Technik. (1993)
- 五、張晉昌，鑄造學，台北：金華科技圖書公司，1999年。
- 六、教育部公布，鑄造學名詞，台北：國立編譯館，1981年。
- 七、張晉昌，新型機械造模法，台灣省鑄造科教師研習教材專輯，1999年。