

第四章 傳統鑄造方法 Foundry Process

鑄造技術的應用可以追溯到西元前二千年，但其基本原理卻與今日鮮有差別，此可以三千年前別透玲瓏的青銅器皿來輔證。

鑄造可用於大量生產，但由於鑄模的改進，透過鑄造技術，也可用來生產表面精光，尺寸精確的鑄件，也可以用來改良材料的機械性質，因此，幾乎所有可以熔化的金屬或合金，皆可拿來鑄造。

鑄造程序包括：

- 製模。
- 金屬材料的準備與熔化。
- 液體金屬澆注。
- 清潔鑄件。
- 鑄砂的再生處理與重新使用。

其中，鑄模的材料包括：金屬、石膏、陶瓷及各種耐熱材料等，而本章所要討論者，則以砂模為主。雖然用砂模的使用已不及以前那麼多，但是砂模鑄造的基本原理與技術，仍然為今日各種新式鑄造技術所參考與遵循。

一、名詞解釋

- 濕砂模（Green-Sand Molds）：為最常用的砂模，其係以含適當水份並經混合的砂來製模。
- 表面乾燥鑄模（Skin-Dried Molds）：模穴面上與高溫金屬接觸部份的砂為乾砂（或用濕砂再噴上一層噴料與漿質），因不含水份（應該是說含水份較少），澆鑄時不會產生水汽，可避免鑄件內產生砂眼或氣泡。
- 乾砂模（Dry-Sand Molds）：在鑄造前砂模必須在烘爐內烤乾（砂箱必須為金屬）。
- 泥土模（Loam Molds）：製模時先用磚或大鐵件構成基本形狀，然後敷以厚泥漿，用於大型鑄件的鑄造。
- 夫喃模（Furan Molds）：以乾燥而有尖銳稜角的砂與夫喃樹脂（膠合劑）、磷酸（加速劑）相混合，並在砂模製妥後，將空氣加壓入砂中以硬化之，宜用在消失性模型或砂心的製造。
- CO₂ 模：以乾淨的砂與矽酸鈉相混合，並在砂模製妥後，將 CO₂ 加壓入砂中。
- 金屬模（Metal Molds）：以金屬製作模型，可得到高精度與光平表面的鑄件。
- 特殊模（Special Molds）（見第四章）

二、砂模鑄造與造模程序

砂模鑄造依其所使用的模型（樣模），可分為：

- 可取出模型（Removable Patterns）：用模砂在模型周圍堆實，並捶至適當鬆緊程度，然後取出模型，將熔融的金屬澆入所留下的空穴內，即可得到鑄件。
- 可消失性模型（Disposable Patterns）：用聚苯乙烯（Polystyrene）製造模型，埋入砂中，不再取出，當熔融的金屬澆入後，模型即被氣化消失。

一般鑄造工廠中，常見的製模方法有：

- 檯上製模法（Bench Molding）：在適當高度的工作檯上進行製模（適用於小鑄件）。
- 地面製模法（Floor Molding）：在地面上進行製模（大型鑄件）。
- 地坑製模法（Pit Molding）：將模穴製作於地坑中，以代替下砂箱（適用於超大鑄件）。
- 機器製模法（Machine Molding）：利用機器進行鑄砂、翻轉砂模、製造澆口及取模。

（一）可取出模的製造程序

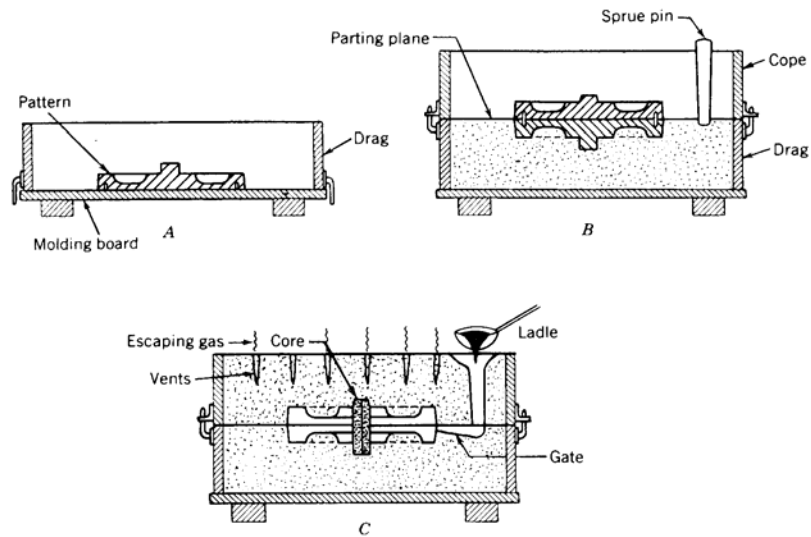
下圖為利用可取出模型的砂模來鑄鐵齒輪毛坯的製造程序。其中，此砂模所使用的砂箱（Flask）可分成兩部份，在上者稱為上砂箱（Cope），在下者稱為下砂箱（Drag）；若分為三部份時，在中間者稱為中砂箱（Cheek）；此外，為確保上下砂箱的相互位置不變，在下方砂箱的兩側各裝置一銷釘，上砂箱的兩側則裝有孔的角鐵，以在閉合時作為定位用。

- 模型置於模板上準備在下砂箱中樁砂。（圖 A）
- 反轉下砂箱，裝上模型的另一半及放置上砂箱。（圖 B）
在裝上模型及上砂箱時，須確定銷子已入上砂箱的角鐵中，同時撒上一層不含黏土及水份的細砂，稱為分箱砂（Parting Sand）。製造上砂箱時，以澆道銷（Sprue Pin）留出澆道。
- 完成（圖 C）。
合模前，取出模型，並切出進模道。

（二）消失模的製造程序

用聚苯乙烯（Polystyrene）製造模型，埋入砂中，不再取出，當熔融的金屬澆入後，模型即被氣化消失。其中，進模道可以獨立作出，也可以和可消失模型一起完成。

為了了解鑄造的方法，必須知道模型如何製造，以及鑄造一個良好鑄件的重要因素：模砂、砂心或型心、機械設備、金屬材料、澆鑄及清理。

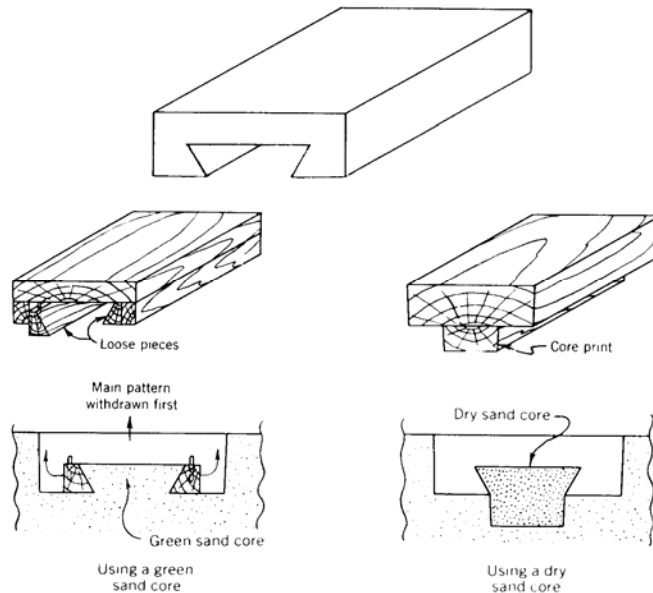


三、可取出模型的型別 (Types of removable patterns)

圖示為常見的七種可取出模型型式：

- A. 整體模型：構造簡單。
- B. 分裂模型：兩塊模型分別存留在上下砂箱中，並以定位銷來鎖定相互間的位置。
- C. 鬆件模型：不論以何種方式都無法自砂模中取出模型而不破壞砂模時，可將其作成鬆件 (Loose Piece)，並於取出模型後，再由側方取出。

例：當模型有突出或外伸時，可以利用鬆動件或利用乾砂心來處理；⇨利用造嵌條塊來處理突出件的方法。

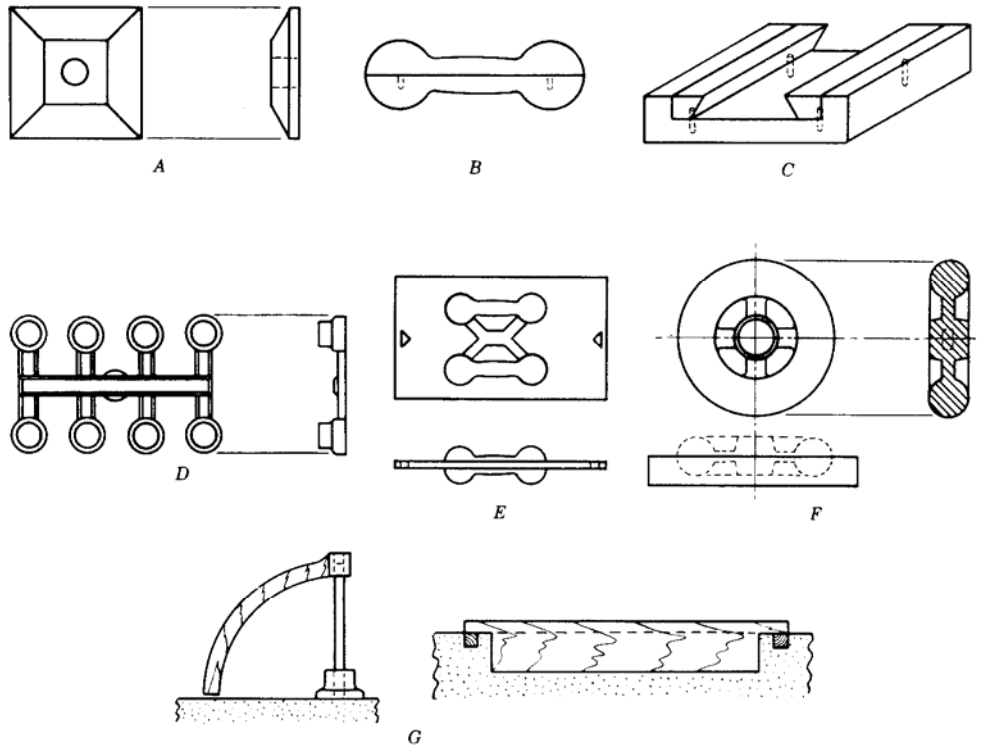


- D. 流路模型：適用於大量生產。模型製成分裂型，分置於板的兩側，用流路模型予以聯結，置於板的一面或兩面。
- E. 模板模型：上下砂箱分置於模板的兩面，待上下砂箱製妥後，取下模板，兩砂箱一合即成

一完整的砂模。

F.承托板模型：用於特殊或切面薄弱，不易或不宜製成分裂式者。

G.刮板模型：用於有圓形或一定規則而切面均一的鑄件，以刮板取代實體模型。



Types of patterns. A, Solid pattern. B, Split pattern. C, Loose-piece pattern. D, Gated pattern. E, Match plate. F, Follow board for wheel pattern. G, Sweep patterns: curved sweep for shaping large green-sand core, and straight sweep.

至於要採用何種模型，則必須考慮模型工的經驗、判斷、製造費用及鑄件的生產數量等因素。以大型鑄件為例，則以一個砂模中只作一個鑄件為宜；若鑄件為對稱或切面均一者，則使用刮板模型；若屬於大量生產而尺寸不大者，則宜使用模板模型。

(一) 模型裕度 (Pattern allowance)

鑄件的複製，固然可以用原機件作為模型重新製造砂模，以節省製造模型的費用，但事實上並非如此，因為模型的尺寸必須考慮到：鑄件的收縮 (Shrinkage)、拔模角 (Draft)、加工 (Finish)、畸變 (Distortion) 與自砂模中取出模型的搖動擴大 (Shake) 等因素。

(二) 模型材料

用來製作模型的材料有：

- 木材：因取得容易、價格低廉且易於加工，使用最頻繁，但也有耐久性不佳、壽命短、不適用於大量生產等缺點。
- 金屬：用於大量製造者，具耐久、不吸水導致變形、不需太多維護與修理等優點。
- 塑膠：具表面光平、尺寸安定、不吸水導致變形等優點。

四、可消失性模型 (Disposable pattern)

可消失模型可用下列二種方法之一來製造：

- 用膠黏或用熱金屬或熱刀子來雕刻，澆注系統則是利用膠黏，或以金屬線，或以釘子等固定在模型上。
- 將小珠型的可膨脹或泡沫聚苯乙烯，在熱與壓力下射入金屬模中，待冷卻後取出。

可消失性模型只需要考慮收縮、加工與變形裕度。

五、澆注系統與凝固特性

熔融的金屬流入模穴各處的通道稱之為『澆注系統』，包括澆池 (Pouring Basin)、澆口 (Sprue) (垂直孔道) 與澆入門 (自澆口到模穴間的通道)，由於澆注系統的目的在於引導液態金屬流入模穴，因此，在設計上必須注意：

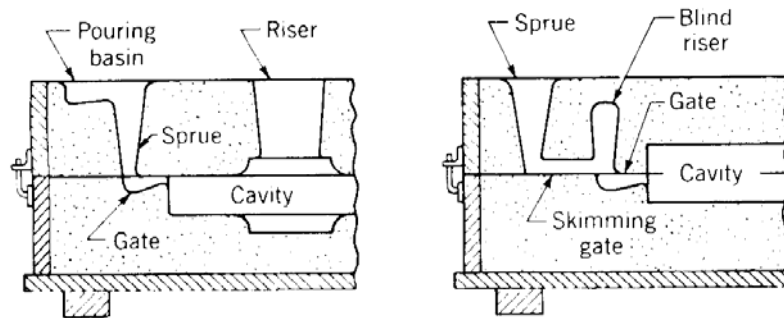
- 液態金屬進入模穴時，亂流應減到最低。
- 澆注系統必須能控制液態金屬的流動情形，或用乾製砂心，以調整液態金屬的流量，避免流路或模穴崩塌。
- 金屬進入模穴後，最好能產生某種預期的冷凝方向 (最理想的方向是從模面開始，漸次朝向溫度最高的地方)。
- 液態金屬中的所有熔渣或雜質，不得有進入模穴的可能，其防治方法包括：在澆口附近設一澆池 (除可擴大澆池的面積，易於澆鑄外，亦可將殘渣截留在該處)，維持適當的澆鑄速度避免發生間斷，在流道上加上撇渣囊 (Skimmer) 或在澆口澆池上裝置有孔的過濾器 (Strainer) 以過濾金屬液。

(一) 冒口 Riser

冒口的功用在於鑄件凝固時，能作為補充其收縮之用；而冒口的體積則必須以『儘可能使金屬維持較長時間於熔融狀態』為原則，也就是說：冒口內的熔融金屬必須是全部金屬最後凝固的部份；所以，冒口的位置最好設在靠近鑄件的厚切面處 (因為該處的收縮量最大)。

(二) 盲冒口 Blind Riser

盲冒口是在上砂箱中靠近模穴處，成為鐘頂狀的孔，其高度略小於上砂箱的厚度，也就是其上頂並不通至上砂箱的外面。圖示中的盲冒口位於進模道上，由於該處的金屬進入時間較模穴內者為晚，溫度亦高，故能發揮冒口的作用。

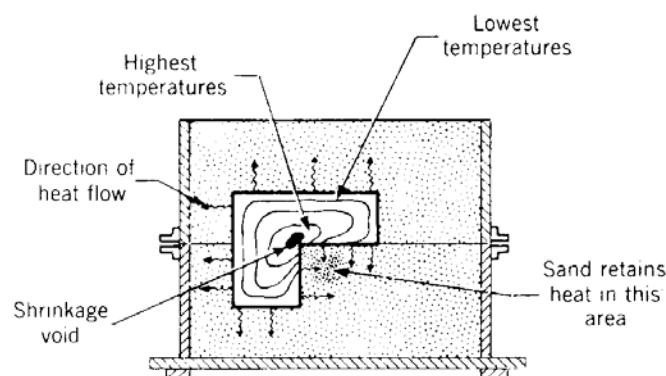


(三) 凝固特性

若在鑄件凝固時，未能有效控制凝固的方向，則收縮孔有可能發生在鑄件的任何部份，使得鑄件損壞的機會大增。

如下圖所示的模穴內等溫線顯示，愈向內層溫度愈高，而箭頭指出溫度的散熱方向，箭頭相遇之處，砂的溫度亦最高，二者的交互作用，使得該處的溫度最高，也是最有可能發生收縮孔的地方。為了提高鑄件的品質，避免發生有害的收縮孔，砂模的設計應：

- 可在砂模中加入冷激鐵 (Chills)，以加速散熱。
- 在需要保持高溫的地方，如冒口附近，放置絕熱材料，或利用發熱化學劑 (Exothermic Chemicals)，以保持金屬在熔融狀態。



六、模砂種類

模砂可以分成：

- 天然模砂：以矽砂（ SiO_2 ）最為常見，具有高溫不易分解、價廉耐用、形狀與顆粒大小的選擇性高等優點，但也有受熱易膨脹與含有大量微塵等缺點。因為，純的矽砂本身並無粘結能力，必須加入 8~15% 的黏土才可獲得粘結性能。常用的黏土有高嶺土（Kaolinite）、伊利黏土（Illite）與火山土（Bentonite）。除了矽砂外，若干自然模砂中已存有若干黏土成份，只要加入適當的水份便可產生黏性，常用於鑄造非鐵金屬與鑄鐵。
- 綜合（人工混合）模砂（Synthetic Sand）：以洗淨的尖銳矽砂及 3~5% 的黏土組成。

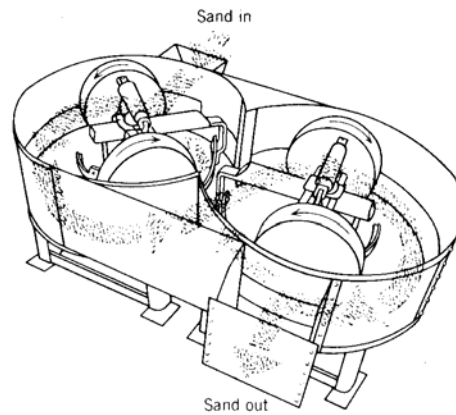
七、模砂處理

模砂本身所具有的條件如細度、形狀、含黏土量、耐熱性等，固然會影響鑄件的品質，但是否調和處理得當，也有莫大的關連，至於所謂的適當調和處理，其目標是使處理後的模砂（不論新砂或舊砂）具有下列性質：

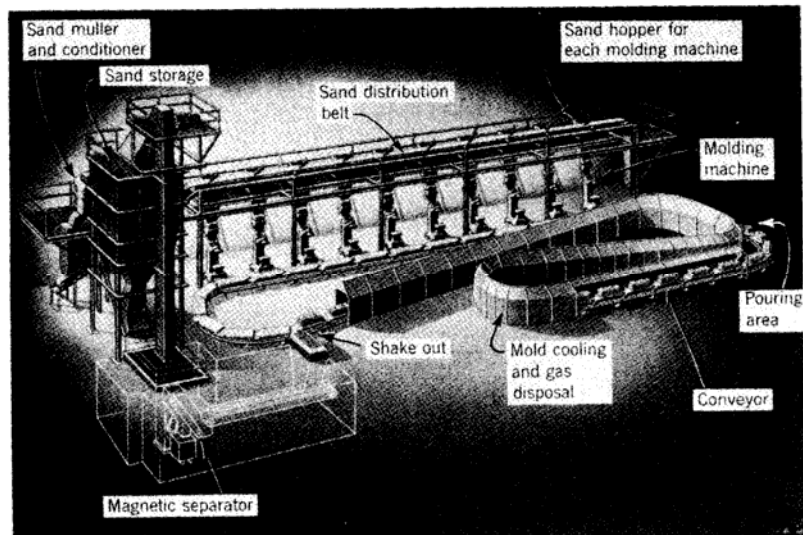
- 粘結劑可均勻佈敷在各砂粒表面。
- 水份含量得以控制，並能均勻潤濕各砂粒表面。
- 外物雜質得以去除。
- 使其易於碎化，並使其膨鬆（Aerate），以利製模。
- 降低砂的溫度，以便繼續製模。

少量的砂可以手工處理，但因費時且不經濟，因此，模砂的處理大多以機器為之：

- 混砂機（Sand Mixer）：如下圖所示。為 Simpson 連續式多級混砂機，此機器具有兩個圓盤，各盤中皆有一直立軸，軸上有兩個研磨輥子及梨形刮板；混合砂藉由輥子的揉擦作用，使結合劑均勻佈敷在砂粒表面。



□再生（Reclamation）與處理（Conditioning）設備：當金屬在砂模中凝固後，由輥子輸運設備送至振動篩上，振脫後的砂經篩柵落於下方的輸送帶，然後經磁石分離器，分離其中的磁鐵，然後卸落在斗子式的垂直升降機上，傾入旋轉篩，再落入儲砂箱中，以備混砂調和（如下圖所示）。



八、模砂試驗

為了決定模砂是否適用，以及確認其是否維持一定水準的品質，模砂的試驗有其必要性。

模砂的試驗方法可分成化學與機械兩種，但除了為確定砂中是否含有不良的元素外，化學的方法甚少使用；也就是說，大多數的試驗均採用機械試驗方式（已有適當儀器可用）。

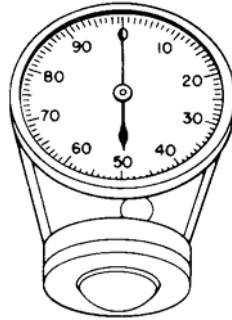
模砂重要性質的試驗方法有：

- 透氣性（Permeability）
- 強度（Strength）

- 耐火性 (Refractoriness)
- 顆粒大小及形狀 (Grain Size and Shape)

(一) 砂模及砂心硬度試驗

硬度是強度、耐壓性與透氣性的綜合表現，下圖為一硬度試驗器，其原理是將彈簧支撐的鋼球壓入砂模中，由其壓入的深淺表示砂的硬度。



(二) 細度試驗

細度是模砂顆粒平均大小的表示法。

細度試驗是試驗出各種不同顆粒大小的百分數，然後再依據統計原理，代入一定的公式計算，求得細度數值。其試驗程序是使用以洗去黏土並烘乾的砂，置於一組篩子的最上層，振動 15 分鐘後，稱量各篩上所存留砂量，並換成百分數。其中，所用的篩子為美國國家標準局所定，共十個，其篩號分別為 6、12、30、40、50、70、100、140、200 及 270 等；粗者在上，最細的 270 號在最下面，其下為平盤，共同置於馬達帶動的振動器上。

例：

篩號	留存百分數	乘數	乘積
6	00.0	3	0.0
12	00.0	5	0.0
20	00.0	10	0.0
30	02.0	20	40.0
40	02.5	30	75.0
50	03.0	40	120.0
70	06.0	50	300.0
100	20.0	70	1400.0
140	32.0	100	3200.0

200	12.0	140	1680.0
270	09.0	200	1800.0
平盤	04.0	30	1200.0
總計	90.5		9815.0

細度號數 = $9815/90.5=108$

(三) 水份試驗

模砂中所含的水份具有濕潤黏土，產生膠合力，增加砂強度與可塑性等的功用。水份含量的試驗程序為：

- 將一定重量的濕砂加以烘乾，驅除所有水份。
- 稱量乾砂的重量。
- 取上兩者的差，定出含水量的百分數。

(四) 黏土含量試驗

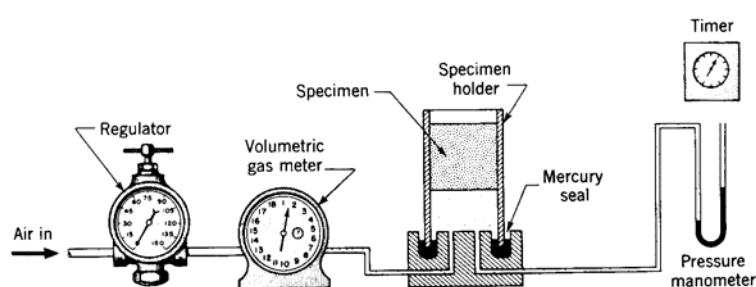
黏土具有使砂粒與砂粒間產生結合力和增加砂模強度等作用，含量不足，損及強度，含量過多，卻又損及透氣性。黏土含量的試驗操作程序為：

- 將含定量苛性蘇打（Caustic Soda）的水溶液置於洗砂器內。
- 以一定重量的乾模砂置入溶液中，攪拌至適當時間。
- 以虹吸管將含泥的水吸出。
- 加水後再吸，數次後，直到水中不再含泥砂為止。
- 取出濕砂烘乾。
- 稱取黏土損失的重量並換算成百分比，即為黏土含量的百分數。

(五) 透氣性試驗

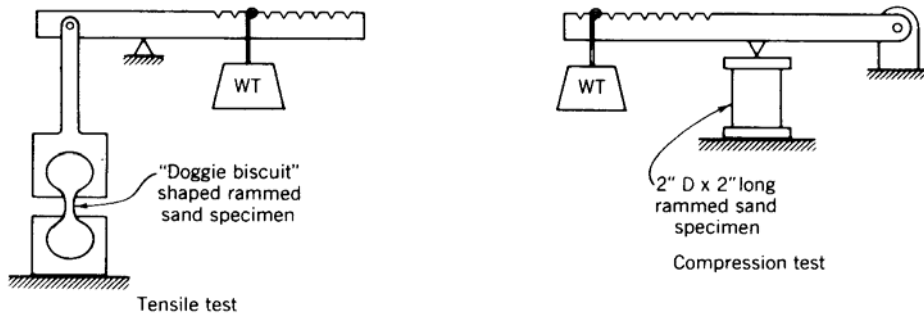
所謂透氣性是指砂粒與砂粒間的空隙。透氣性高者，表示顆粒頗大，也可能表示間隙亦大，也可能是捶實程度不足；然而透氣性太低，則可能使模中的氣體無法逸出，容易造成鑄造上的瑕疵。

透氣性試驗的原理是以空氣在一定壓力與時間下，通過模砂標準試樣的體積來表示。其中，所謂標準試樣係指試樣的高度、截面積、捶實程度等三者皆合於標準者。下圖為模砂透氣性試驗儀器的構成原理。



(六) 強度試驗

強度試驗是用來測試砂中膠合劑對砂的膠合能力，常見的試驗有壓力強度與抗壓強度（用來表現砂模對液體金屬壓力的抵抗能力），其次為抗拉與抗剪強度。下圖為模砂強度試驗法的基本理論示意圖。



九、砂心 Sand Core

砂心可以定義為「任何凸出於砂模中的部份」。

若鑄件的某一部份有凹穴或孔洞，如螺孔等，則該處最好能在鑄造時，在砂模上製成或裝上砂心，以阻止熔融的金屬流入，並可以在事後節省大量的加工費用。

砂心的形狀與位置，必須與孔或穴的設計相符；其可以由模型本身所製成，也可以用其他的方式來製成。

(一) 砂心的類別

砂心可以分成濕砂心（Green sand core）與乾砂心（Dry sand core）兩種：

□ 濕砂心（圖 A）

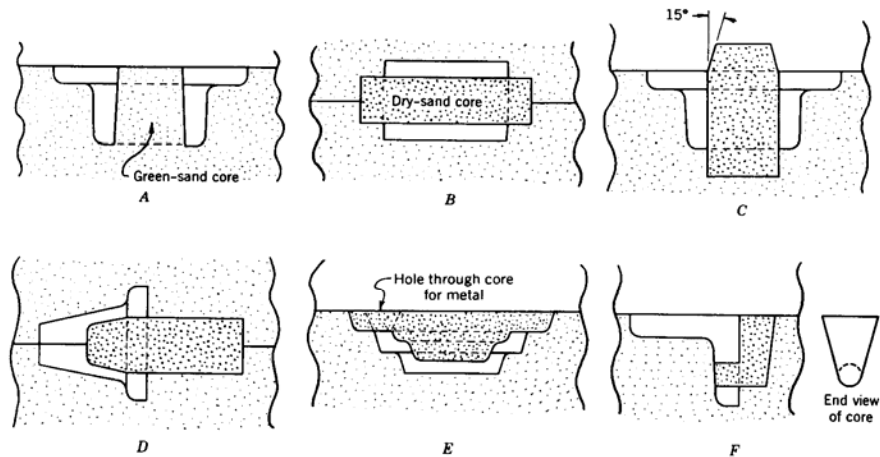
濕砂心是於製造砂模時，由模型及濕模砂同時製成，可以說是砂模的一部份；這種作法可以降低模型的成本。

□ 乾砂心（圖 BCDEF）

乾砂心是用模型分別來製造，而後置於砂模中，此類砂心大多是用乾淨的河砂混上黏結劑，製成後在爐中烘乾以增加其強度，並在合模前裝入模穴中；其中，製造砂心的模，稱為砂心盒（Core box）。這種作法將增加製模的費用，但卻可以得到尺寸較為精確的孔，且因強度較高，較不致於被熔融的金屬沖垮。此外，在安裝砂心的時候，必須要有適當的支持與承托，其可以用鑄件的模型來達成，但對於大而形狀薄者，則必須使用砂心撐，而

砂心撐 (Chaplets) 使用與鑄件相同的材料，以便在金屬澆入時，能熔於鑄件內，然而，在使用上，仍以最少量為宜，以免發生不易熔化的情形。

圖中，B 為兩端承托的乾砂心、C 為直立式的乾砂心、D 為平衡式的乾砂心、E 為懸吊式乾砂心、F 為下落式乾砂心。



Typical cores. A, Solid pattern with green-sand core. B, Dry-sand core supported on both ends. C, Vertical dry-sand core. D, Balanced dry-sand core. E, Hanging dry-sand core. F, Drop core.

(二) 砂心的性質

砂心必須具有下列性質：

- 具有適當強度支撐本身的重量和承受熔融金屬的浮力。
- 具有優良的透氣性，以利氣體逸出（氣體係因高溫金屬與結合劑接觸而產生）。
- 具有光平的表面。
- 具耐熱性。

(三) 砂心膠合劑與混合劑

砂心所用的膠合劑以油質材料為主，其中以亞麻仁油 (Linseed oil) 為小型砂心製造中最常採用，其與砂充份混合後，均勻散佈在砂粒表面，並在流動中的空氣中加熱，使油質氧化而形成一層硬質的膜，而所產生的膜即可使砂心有足夠的強度。除了亞麻仁油外，其他常見的膠合劑有：

- 水溶性的麵粉、糊精 (Dextrin) 與膠化澱粉 (Gelatinized starch)。
- 磨碎的瀝青 (Pitch) 或松脂 (Rosin)。
- 熱硬化塑膠 (如尿素、酚甲醛)：以靜電氣加熱法烘烤，具有防潮性與燃燒性，結合強度

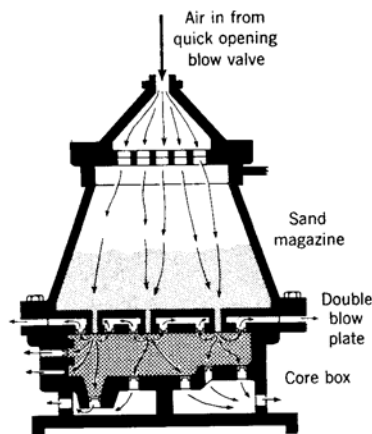
甚高。

- 夫喃甲醇 (Furfuryl Alcohol)：可不必烘烤即可硬化，但為了縮短時間，可先行預熱。
- 碳酸鈣：與砂混合後，吹入二氧化碳，不需要烘烤，又稱為 CO₂ 法。

(四) 砂心的製造

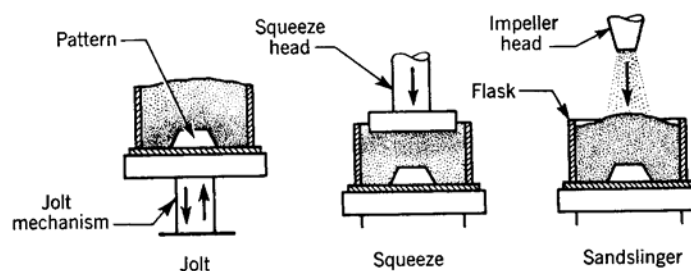
砂心的製造方法有：

- 用手工在砂心盒中搗實後脫離。
- 用刮板刮製。
- 用砂膜製造機器。
- 利用氣壓式砂心吹製機 (下圖所示)：壓縮空氣自上方吹入儲砂箱，將儲砂箱中的混合砂經過吹砂板的眼孔吹入砂心盒中，其中，砂心盒的各面及吹砂板上皆有適當的孔，以便讓空氣逸出；而通氣孔具有通氣與引導砂粒在砂心盒中流向的作用，另外，本法具有生產速度快、砂心品質優良、均勻、透氣性高等優點，是一種最為優良的砂心製造法。



十、砂模製造設備

利用機械製模具有省時、省力與可使製作出來的模品質優良等優點。由於設計與操作方法不同，製模機械有不同的型別，至於各型別的名稱，大多以其搗砂的動作來定之：



(一) 振搗機

振搗機以一直立的汽缸與衝頭為主要機構，其上裝有一水平檯，檯面上放置模型與砂箱等，而檯面的大小則與機械容量有關。

振搗機的操作方式為：

- 令壓縮空氣自汽缸底部進入汽缸。
- 將砂箱與衝體舉升。
- 放開汽閥，使兩者急速下降且急劇停止在原來的位置。

因此，這種方法所得到的模型面與分界面的密度最高，向上逐漸減少，此一結果，不僅可以增加砂模的強度，也可以減少砂模膨鬆、結疤（Scab）及箱漏（Run-out）等所造成的瑕疵；至於其密實程度，則依升降高度與砂的深度而定。

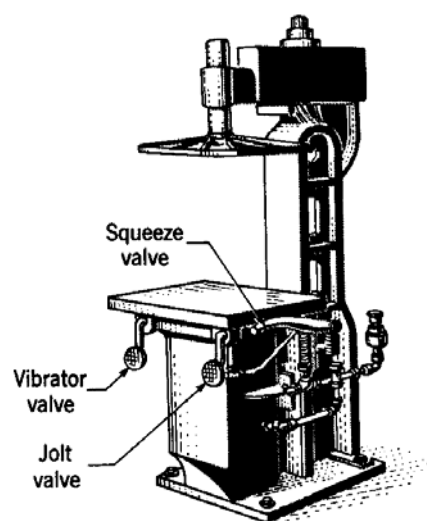
(二) 擠壓機

這種機械是以一擠壓頭將機檯與上壓板間的砂壓緊，由於這種方法的壓力是來自上方，所以砂的最大密度僅存在施壓的界面上（砂箱的上部），也由於這個缺點，使得這種方法僅適用於厚度較小的砂模。

(三) 振搗—擠壓機

基於振搗機與擠壓機所製砂模密度分配不同的缺點，振搗—擠壓機乃是集合此兩種功能而成的一種製模機，如圖所示。此機器的上方為擠壓頭，平檯下方為振搗及升降的共同機構，製模時先將模板裝置在上下兩砂箱之間，上下倒置放在機器的平檯上，下砂箱中裝以模砂，刮平後置一底板於砂箱之上，操作振搗閥，經數次振搗後，翻轉砂箱組合，並在上砂箱中填滿模砂，刮平後放一壓力板於砂上；此時操作擠壓閥實施擠壓，待上砂箱中的模砂擠壓至適當密實程度後，解除壓力，令平檯下降，然後脫模（取出模型）。

此機器具有節省模砂與加速工作等優點。



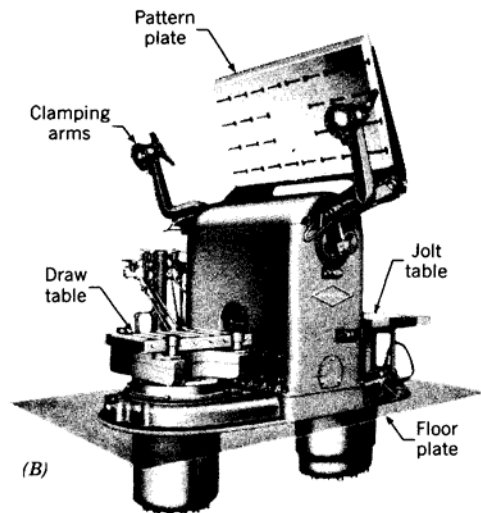
(四) 振搗—擠壓反轉機 (Jolt-Squeeze Rollover Machine)

振搗—擠壓反轉機除了具有上述功能外，另有兩個伸出臂可將砂箱於振搗之後，舉起至適當的高度，進而反轉之，以取代人工的操作，因此，適用於需要使用大型砂箱的製件。

(五) 振搗反轉模型抽取製模機

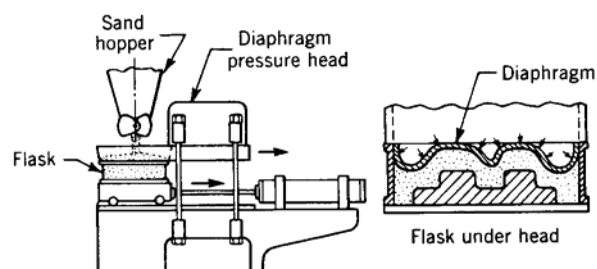
Jolt Rollover Pattern-Draw-Molding Machine

如圖所示，機器的後方為振搗機，砂箱在振搗機振搗後，反轉至前方的機構上抽取模型，此機器一次僅能作一個上砂箱或下砂箱，然後再於他處合模。因此，此機器以使用於分裂式模型為宜，若用於整體式模型時，則模穴皆置於下砂箱中。



(六) 膜製模機

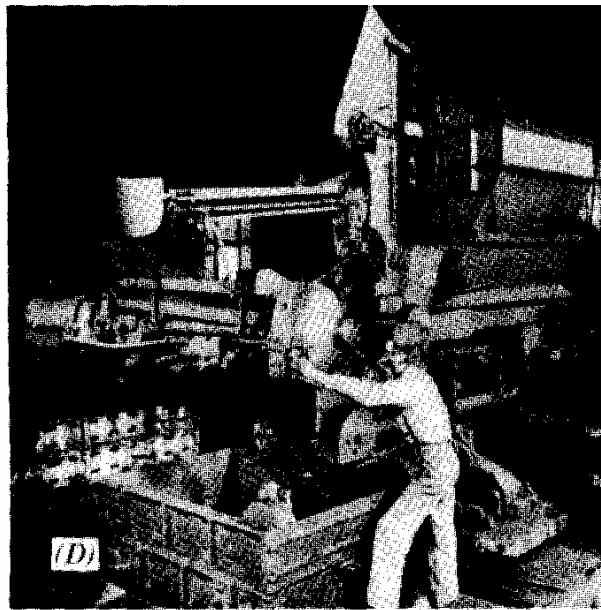
如圖所示，砂箱在砂斗下方裝滿模砂後，以純橡膠的軟膜覆蓋在模砂之上，並施以空氣壓，並利用空氣壓均勻分佈的特性，使砂的壓實程度得以一致。



(七) 拋砂機 (Sandlinger)

由於模砂在砂箱中裝實的均勻程度越高，越有助於提高鑄件的品質，對於過大的砂箱，前述的各種機器皆有不能達到均一的缺點，因此，拋砂機的使用在各鑄造廠中，極為普遍。

拋砂機可分成固定式與移動式兩種，圖示為一在軌道上可以移動的拋砂機，其係利用一旋轉輪葉頭所產生的離心力，將模砂拋入砂箱中，因為砂的速度極快，所以可得到密實度甚高的結果。



十一、鑄件的澆注與清理

(一) 鑄件的澆鑄

鑄件的澆鑄方式有：

- 將製妥的砂模排列在地面上，再手持小斗子將熔融的金屬送至該地面澆鑄。
- 將製妥的砂模置於輸送車上，慢慢通過澆鑄區進行澆鑄；澆鑄區可設在熔爐附近，也可以用屋頂吊車將熔融金屬送來。

(二) 鑄件的清理

當鑄件凝固並冷卻到適當溫度後，即用振動方法自模砂中取出，此動作稱為振動脫砂 (Shake-out)，同時，為避免造成公害，脫砂應設在通風良好的場所，且裝設有吸取式集塵器。

取出後的鑄件依其尺寸大小、形狀與種類不同，有不同的清理方法：

- 使用滾磨機（Tumbling Mill）：將鑄件與磨料共置於水平圓筒內，當其旋轉時，磨料與鑄件互相摩擦碰衝，使鑄件表面的粘砂得以清除。適用於量多，尺寸與重量較小的鑄件。
- 使用旋轉噴粒滾磨機（Wheelabrator Tumblast）：如下圖所示，當兩個圓輪旋轉時，帶動無頭板葉上的鑄件上升，然後再下降，另外，再由機器上方高速旋轉的葉輪將堅硬的珠粒噴射到鑄件上，如此翻轉以達到清理的目的。
- 使用噴砂（Sandblast）：用高壓空氣及軟管將堅硬的砂粒帶出，經過噴嘴而噴射在工件物上，利於固定不動的大型鑄件。

除了上述的清理工作外，可以再進行：

- 弱酸浸蝕，熱水清洗。
- 鍍鋅（Galvanizing）或電鍍（Plating）。

