

第五章 現代鑄造方法

鑄件的鑄造方法視生產量、鑄造金屬及零件的複雜度而定，大部分的金屬鑄造均可用砂模，其尺寸並無限制，然而，當金屬固化後，砂模即毀損而僅能使用一次。

當產品產量龐大且鑄件尺寸不大時，永久性模則較省成本。而本章取名為「現代鑄造方法」主要是相對於已有數世紀之久的「傳統鑄造方法」。

□ 金屬模型鑄造法 (Casting in Metallic Molds)

壓鑄法 (Die casting)

熱室壓鑄法 (Hot chamber die casting)

冷室壓鑄法 (Cold chamber die casting)

低壓永久模鑄造法 (Low-pressure permanent mold casting)

重力或永久模鑄造法 (Gravity or permanent mold casting)

瀝鑄法 (Slush casting)

加壓 (Pressed) 或 Corthias 法

□ 離心鑄造法 (Centrifugal Casting)

真離心鑄造法 (True centrifugal casting)

半離心鑄造法 (Semi-centrifugal casting)

離心加壓鑄造法 (Centrifuging)

□ 精密或包模鑄造法 (Precision or Investment Casting)

脫蠟精密鑄造法 (Lost wax precision casting process)

陶瓷殼模法 (Ceramic shell process)

石膏模鑄造法 (Plaster mold casting process)

殼模鑄造法 (Shell molding process)

二氧化碳模型硬化法 (CO₂ mold hardening process)

□ 連續鑄造法 (Continuous Casting)

往復模法 (Reciprocating mold process)

亞薩克法 (Asarco process)

黃銅模型連續法 (Brass mold continuous process)

直接冷激法 (Direct chill process)

一、金屬模型鑄造法 Casting in Metallic Molds

製作永久模的金屬必須能耐高溫，成本較高，僅適用於大量生產的中小型鑄件，而且較不適用於高熔點的合金。

- 壓鑄法 (Die casting)
 - 熱室壓鑄法 (Hot chamber die casting)
 - 冷室壓鑄法 (Cold chamber die casting)
- 低壓永久模鑄造法 (Low-pressure permanent mold casting)
- 重力或永久模鑄造法 (Gravity or permanent mold casting)
- 瀝鑄法 (Slush casting)
- 加壓 (Pressed) 或 Corthias 法

(一) 壓鑄法 Die Casting

壓鑄法是靠壓力將熔化的金屬壓入金屬模中而得，為永久模鑄造法中最常用者，可依熔解室所在位置的不同，分成：

- 熱室壓鑄法 (Hot chamber die casting)：熔解室裝在機器內部，且注射缸始終浸泡在熔化的金屬中，並藉氣壓或液壓，將金屬壓入金屬模中。
- 冷室壓鑄法 (Cold chamber die casting)：熔解室不安裝在機器內部，熔化的金屬用人工或機械操作引進注射缸中，再藉由氣壓或液壓，將金屬壓入金屬模中。

優點：

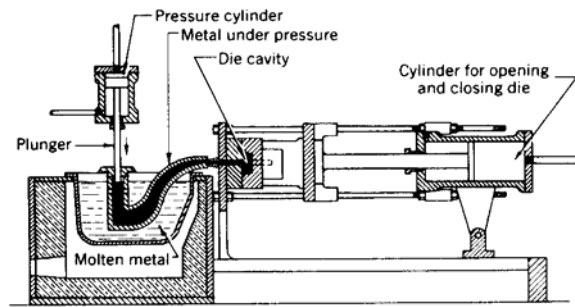
- 模子與心型可重複使用，因此加工過程甚快。
- 工件表面光滑，可減少電鍍或光平處理鑄件的時間。
- 厚度均勻。
- 尺寸精度易控制，可減少再切削加工時間。
- 澆口、橫澆道與造模口可再熔化使用，原料損失少。

缺點：

- 設備與模子成本很高，使得少量生產的產品受到限制；
- 高收縮係數的金屬容易發生不良的冷激效應 (Chilling effect)，因此，必須快速退件或維持高溫。

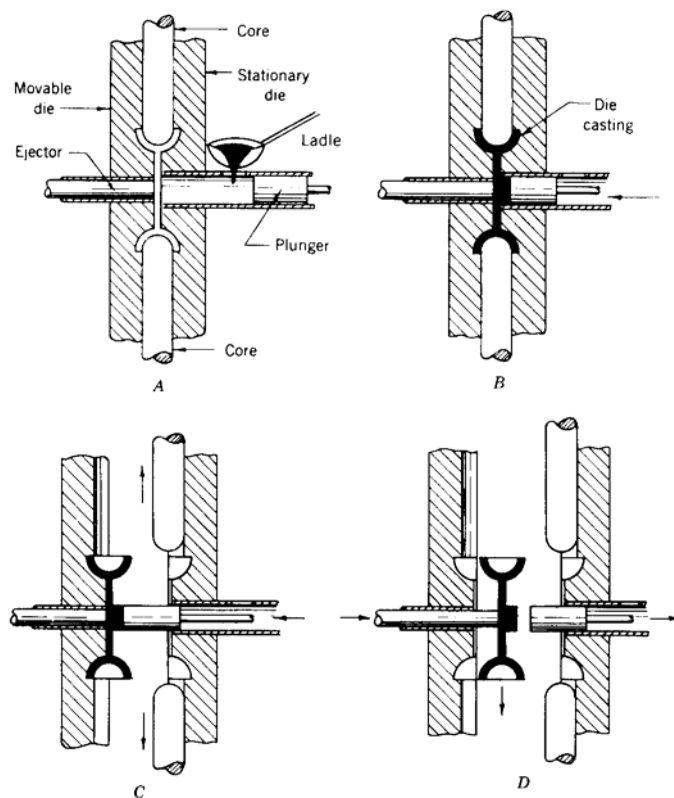
1. 熱室壓鑄法

圖示為一柱塞推動式熱室壓鑄機。其中，鵝頸形容器完全浸在熔化的金屬中，當容器裝滿金屬後，由提升機構提升到壓鑄位置，再由柱塞下移將金屬壓入模中，直到凝固完成；然後，鵝頸下降，模子打開，抽取心型，頂出鑄件。此法常用於鋅、錫、鉛等低熔點的合金。



2. 冷室壓鑄法

圖示為常用黃銅、鋁或鎂等的水平柱塞式冷室壓鑄機的操作。其中，金屬係在輔助爐中加熱，以澆斗將它杓到模子旁邊的柱塞孔內，再以液壓壓入模子，待金屬凝固後，心型退開，模子打開，頂出鑄件。

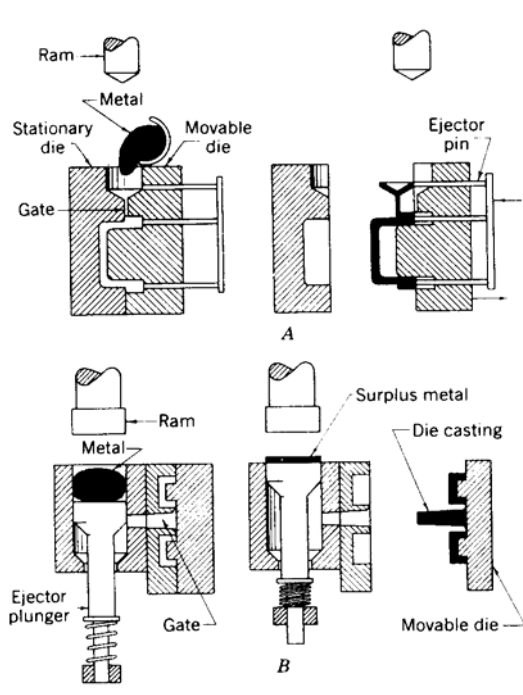


以此法來製造黃銅壓鑄件時，必須克服高溫與鋼模氧化的問題，解決之道包括：

- 採用半液狀或膠狀的金屬。
- 將模子置於裝有冷卻水循環的冷卻板上。

其中，模子與柱塞的安排方式有二：

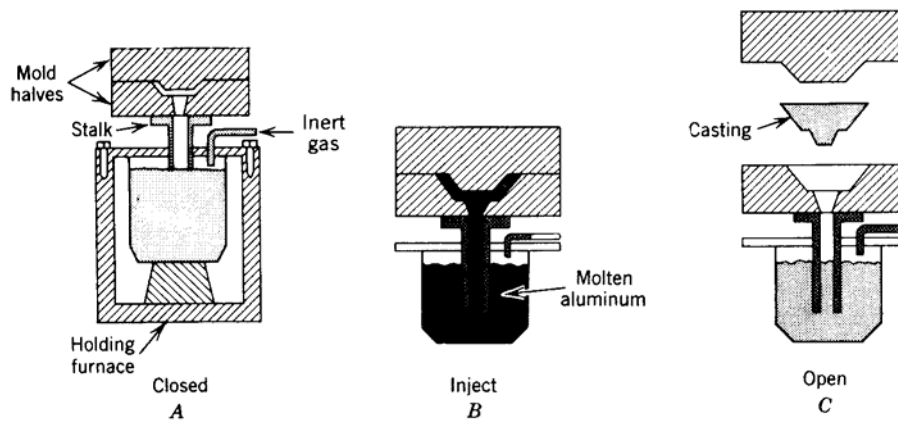
- 模子本身即設有壓縮室（下圖 A）
- 模子與壓縮室分開（下圖 B）



（二）低壓永久模鑄造法 Low-Pressure Permanent Mold Casting

如下圖所示：金屬模裝在感應電爐上面，當爐子封閉時，加壓的惰性氣體藉著加热的耐火通管，將金屬推入模穴中，同時，利用真空幫浦將模型內的空氣抽出，以確保結構更緊密，充填更快速。

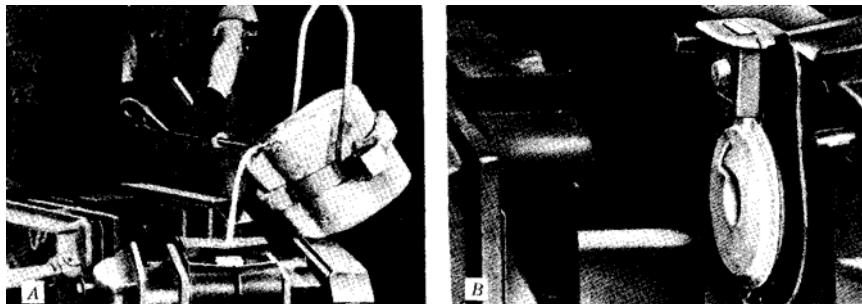
此法具有經濟、鑄件緊密、無雜物、尺寸精度佳，且廢料損失少等優點。



(三) 重力或永久模鑄造法 Gravity or Permanent Mold Casting

此法係利用模型中金屬的重量來成型，並不使用其他的壓力，其中，模型常以金屬或石墨來製作，並在模內塗上一層耐火泥漿，以減少金屬的冷激效應，並可利於鑄件的取出。

圖示為一多站式重力永久模鑄造機，模型的一端裝有鉸鏈，置於許多鑄造站上，成為循環排列，其循環過程則包括：澆鑄、冷卻、射出鑄件、吹冷模型、塗層等。



(四) 瀝鑄法 Slush casting

瀝鑄法係將熔化的金屬澆入金屬模型中，並且馬上翻轉模型，倒出尚未凝固的金屬，俟模內金屬凝固後，再打開模型的兩半邊，取出鑄件。此法可以獲得壁很薄的鑄件（厚度由模子的冷卻效果與操作時間而定），因此常用於飾品類、塑像、玩具和其他仿製青銅、銀與貴重金屬的產品（經由噴漆或表面磨光），而常用的金屬則為鉛、鋅與各種低熔點的合金。

(五) 加壓（Pressed）或 Corthias 法

此法與重力及瀝鑄法相似，可用來製作中空薄壁的鑄件，只是步驟上稍有些不同而已：

- 將定量金屬澆入開口模型中。
- 將心型推入模穴，以藉此壓力將金屬擠進模穴。

- 金屬定位後取出心型。

二、離心鑄造法 Centrifugal Casting

離心鑄造法是藉著模子的高速旋轉所產生的離心力，將金屬液定位在模型中，俟金屬凝固後，即可得到鑄件者。此法具有下列特點：

- 鑄件表面可獲得更細緻、緊密的結構。
- 適用於對稱性的物件。
- 省去圓型鑄件的心型、冒口與澆口。
- 可作出比靜止鑄造法更薄的斷面。
- 可使雜質擠在中心，便於以加工法去除之。

離心鑄造法可分類為：

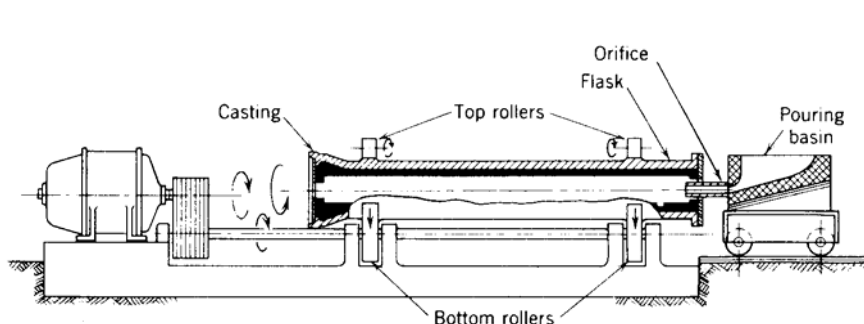
- 真離心鑄造法 (True centrifugal casting)
- 半離心鑄造法 (Semi-centrifugal casting)
- 離心加壓鑄造法 (Centrifuging)

(一) 真離心鑄造法 True Centrifugal Casting

此法是將模型繞著水平或垂直軸旋轉，使熔化的金屬藉著離心力集中在模壁上，形成中空的鑄件（並不使用心型），常用於管子、襯套及對稱性產品。

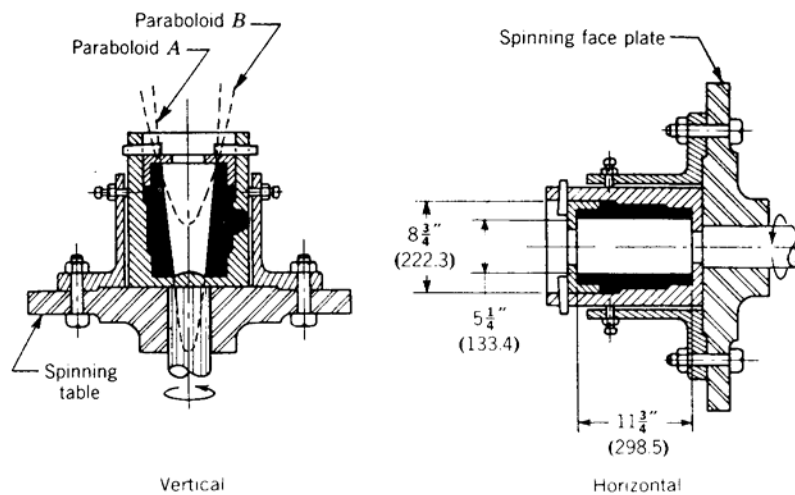
其中，使用水平軸模型者可分成二種：

- 在模型上塗上一層薄的耐火層：此法可以加速熔化金屬由模壁往鑄管內部凝固，使鑄件硬實並使雜質留在內壁。圖示為此種鑄造機（用以鑄造鋼或鑄鐵管）。其中，熔化的金屬引入後，模型即快速旋轉，直到金屬完全凝固為止；至於管壁厚度則由澆入的金屬量來控制。



□在模型與鑄件間裝置厚的高絕熱砂層：此法係利用砂的絕緣性，以避免金屬的直接凝固，且使金屬由壁面與管內面同時凝固，因此，鑄件壁厚的中間部份將造成海綿狀組織，並含有雜質。

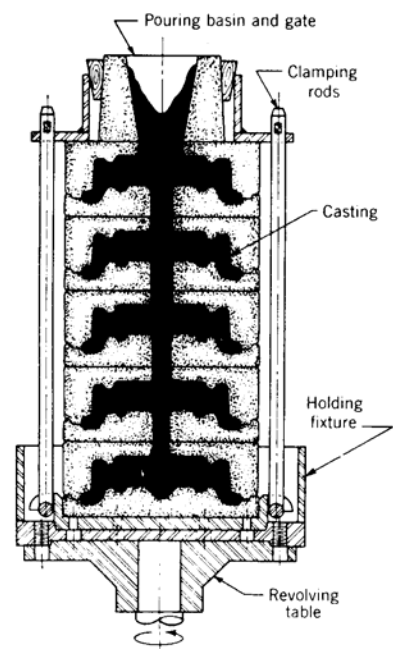
至於使用垂直軸模型者，如下圖所示，係用來鑄造星形發動機和汽缸，其中，內孔的拋物線斜度，則依旋轉速度而定。A 表示旋轉速度較快者，B 則表示速度較慢者，一般而言，為減少圓柱內上下內徑的差異，垂直鑄造法的旋轉速度要比水平式為高。



(二) 半離心鑄造法 Semi-Centrifugal Casting

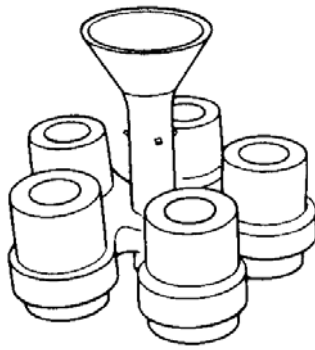
在此法中，模型繞著垂直軸旋轉，且模型內部將完全充滿金屬。

由於鑄件的中心處壓力較低，因此，結構較不緊密，且常包含有雜質及空氣。一般而言，此法所製作的鑄件，其中心部份均須切削去除之。圖示為一車輪式半離心疊模鑄造法，用來製造五個車輪。



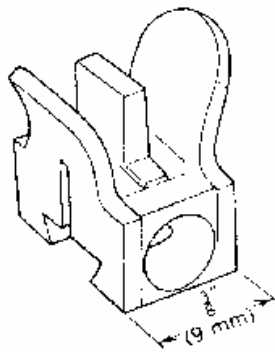
(三) 離心加壓鑄造法 (Centrifuging)

離心加壓鑄造法係利用離心力，將位於中心的金屬熔液填入模子外緣的鑄造孔穴，可用在單模或疊模。圖示為以單模鑄出的五個鑄件，其中，鑄件內孔為不規則形狀，係以乾砂心成形。



三、精密或包模鑄造法 Precision or Investment Casting

以圖示的鉻鉬鋼合金來福槍準星為例，除了用精密包模或壓鑄法外，並無其他方法可以保證生產出如此複雜的小型鑄件。



精密或包模鑄造法具有下列特色：

- 可鑄造無法切削和具放射性的金屬。
- 可獲得沒有分離線的極光滑表面。
- 可鑄造出極具複雜形狀的製品。
- 尺寸精確度極高。
- 可適用於零星生產。
- 限於小鑄件。

精密或包模鑄造法可分類成：

- 脫蠟精密鑄造法 (Lost wax precision casting process)
- 陶瓷殼模法 (Ceramic shell process)
- 石膏模鑄造法 (Plaster mold casting process)
- 殼模鑄造法 (Shell molding process)
- 二氧化碳模型硬化法 (CO2 mold hardening process)

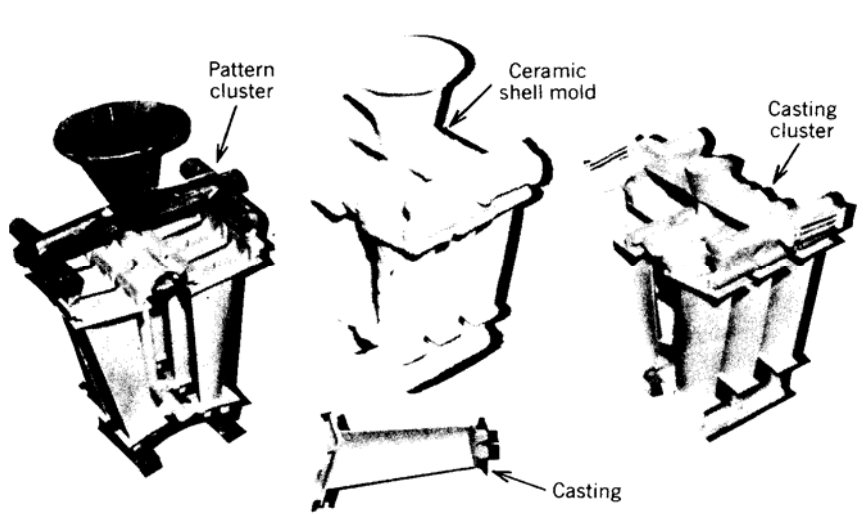
(一) 脫蠟精密鑄造法 Lost Wax Precision Casting Process

所謂脫蠟，即表示此法中的蠟製樣模最後在模型中熔化掉，留下來的模穴便具有原來樣模上的細部形狀，為十六世紀藝術家所採用的方法，而現代的製造方式為：

- 以鋼或黃銅製造欲鑄造零件的複製品。
- 複製品再做成鈹或鉛合金的對合鑄模。
- 澆入蠟，俟凝固後，打開模型，取出蠟樣模。
- 將帶有澆口、冒口的樣模組合起來，並以金屬模箱支撐著。
- 樣模先噴上細的矽粉混合物，再將磨細的耐火材料注入模箱中。
- 覆蓋石膏，待石膏固定後，翻轉模型，並在烘爐中加熱，以熔化蠟材料。
- 乾燥包模。
- 以重力、真空、壓力或離心力進行鑄造。
- 待模穴冷卻後，將石膏敲碎，切除澆口及澆道後，再清理鑄件。

(二) 陶瓷殼模法 Ceramic Shell Process

此法與『脫蠟法』相似。其中，樣模亦是由蠟或低熔點的塑膠製成，再利用蠟熔接法把樣模的各部份組合起來，如圖所示。



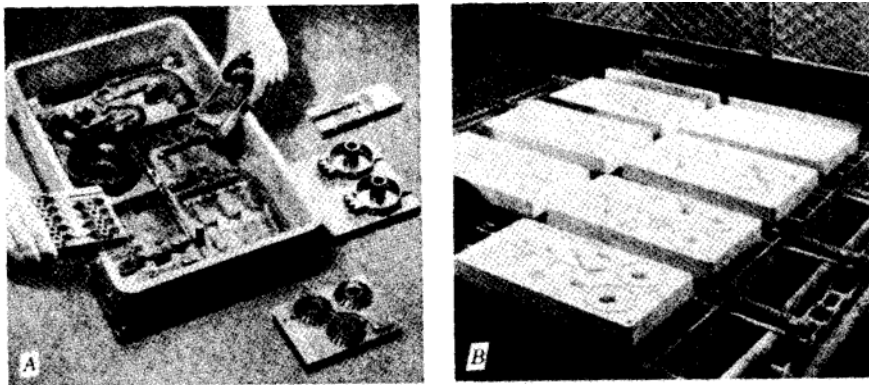
組合後的樣模組件，反覆浸入陶瓷泥漿中，並撒上耐火材料（稱為塗灰泥程序），直到殼厚

度達 4.8~12.7mm 為止，然後，熔化樣模，再加熱燻烤以去除水份及有機物質。爐中取出殼模後，即澆注金屬，待鑄件冷卻後打破殼模。

此外，本法亦可以凍結的水銀來取代蠟或塑膠樣模，其中，水銀樣模係由要鑄造的部份製成金屬模型或模子，並裝上澆口和澆池，再浸入丙酮冷劑池中（兼具潤滑劑使用），澆入水銀，並驅出丙酮，即可製出完全凍結的水銀樣模（水銀在室溫下即可熔化）。

（三）石膏模鑄造法 Plaster Mold Casting Process

石膏模鑄造法適用於非鐵合金，以製作許多小型的鑄件，如飛機零件、小齒輪、凸輪、小型外殼等。



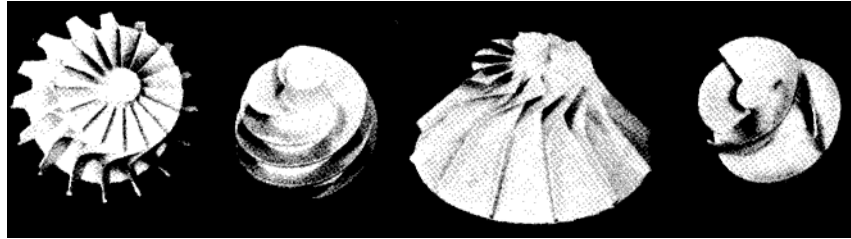
其鑄造程序如下：

- 利用易切削的黃銅製作樣模。
- 將樣模在標準砂箱的底板上組合裝配。
- 噴撒分模劑。
- 將石膏泥漿（石膏灰泥+強化劑+凝結劑+水）澆在樣模上。
- 待凝固後，以真空吸盤取出樣模，經烘乾去除水份。
- 澆注金屬，打破模型，取出鑄件。

此法具有下列特點：

- 尺寸精確度高，表面光滑。
- 內部氣孔少，沒有砂或其他夾雜物。
- 石膏模型只能用一次。

圖示為以石膏作為心型，並利用真空熔化與澆鑄技術所製作成的高強度與光表面的鋁葉輪。

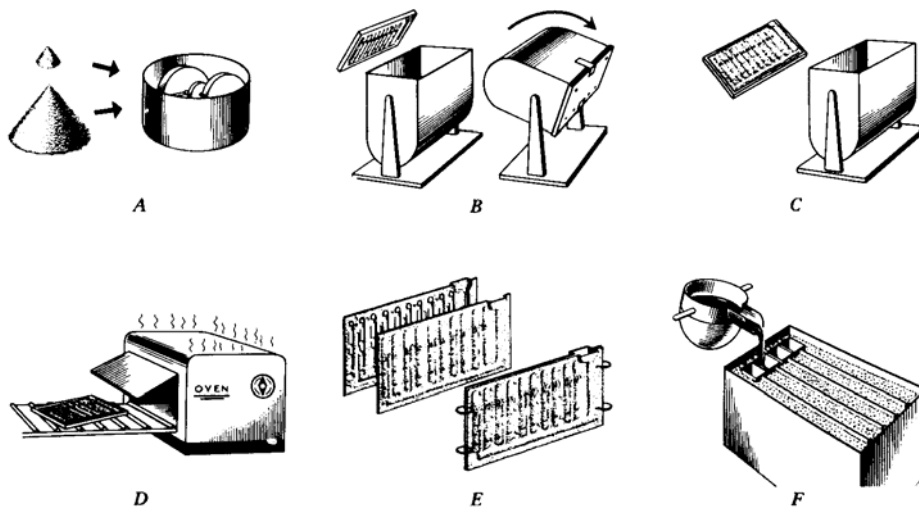


(四) 殼模鑄造法 Shell Molding Process

圖示為殼模鑄造法的過程：

- 乾砂粉與酚樹脂混合。
- 將混合物置入樣模中，其中，樣模係以金屬製成，預熱到 230°C 左右，並預先噴撒砂釋放劑。
- 取出金屬樣模（上附有殼模）。
- 烘乾，分離殼模。
- 用夾子或樹脂黏合劑組合。
- 放入模箱中，澆注金屬。

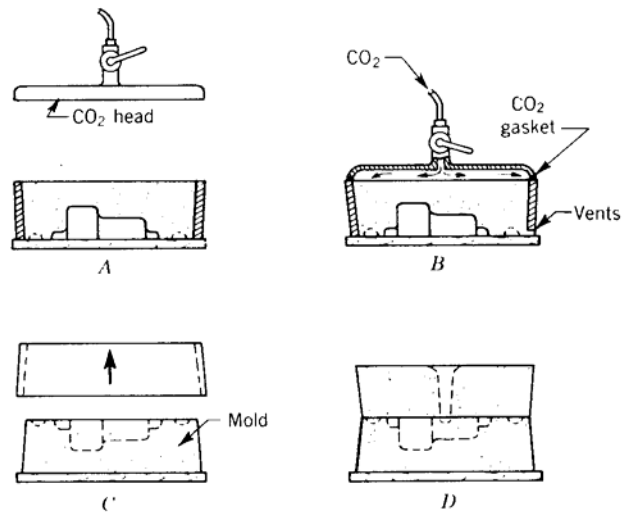
此法具有公差低、清理成本低、表面光滑、用砂量少、易於自動化等優點，而缺點則包括：必須使用金屬模、加熱及製造成本高。



(五) 二氧化碳模型硬化法 CO₂ Mold Hardening Process

圖示為二氧化碳模型硬化法的過程。其中，模砂的製作係先在研磨器中，以 3.5~5.0% 的矽酸鈉液基黏結劑，充分混合「乾燥且乾淨」的砂砂、或其他乾燥的常用砂（細度數約為 75）或煤塵、瀝青、石墨或木粉等類的東西（可以改善收縮性），然後再以標準製模機，心型吹砂機或用手工裝填並搗緊。

另外，引入氣體的步驟為本法的關鍵所在，必須簡單、迅速且能均勻的分佈於模砂中。



四、連續鑄造法 Continuous Casting

將熔化的金屬不斷的澆入模型中，並利用模型中的冷卻設備，使金屬迅速凝固，再由模型中取出鑄件。

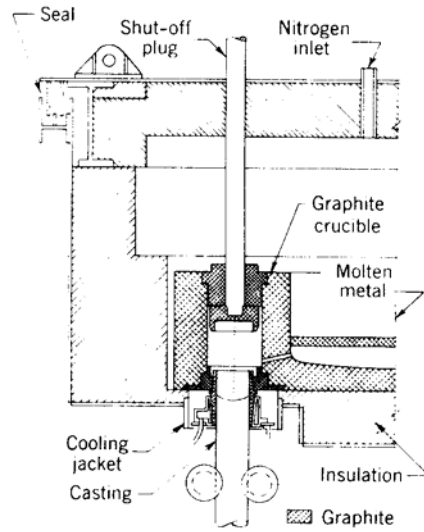
常見的連續鑄造法有：

- 往復模法 (Reciprocating mold process)
- 亞薩克法 (Asarco process)
- 黃銅模型連續法 (Brass mold continuous process)
- 直接冷激法 (Direct chill process)

(一) 亞薩克法 Asarco Process

如圖所示，成形模型與爐子成為一體，金屬利用重力由爐子流入模型中，並經由底下的軋子繼續進行凝固與抽拉。其中，成形模由石墨作成，具有冷卻水套，可自行潤滑，抵抗熱陡震，並且不受銅基金屬的侵蝕。

此法在開始時，將一個和鑄件相同形狀的圓桿放在拉引軋子之間，並嵌入模型中，此圓桿尖端具有一小段所要鑄造的合金，使熔化金屬進入模型時，能與圓桿成為一完整的接頭。



(二) 直接冷激法 Direct Chill Process

如圖所示，係利用垂直固定且以水直接冷卻的殼模來鑄造鋁錠。

其中，熔化的金屬先經爐子，再經槽或澆口填充之，其澆鑄速度須與凝固速度相同，也必須與升降台的下降速度同步。

