

壓鑄技術的進展及應用動向（上）

金屬中心 ITIS 計畫 劉文海

出版日期：2008.09.09

一、前言

在採用冷室壓鑄機之傳統壓鑄法場合中，一般之射出速度在 1~3m/sec（澆口通過速度為 20~70m/sec），鑄造壓力為 20~120MPa，由於金屬液在高壓、高速狀態充填模穴，模穴中的大部分氣體來不及排出而不可避免地捲入到金屬液中，並以氣孔形式存留於鑄件內，所以普通壓鑄件不能進行熱處理，亦不能焊接，導致壓鑄件的機械性能無法進一步提高，限制了壓鑄件在重要或大型複雜的荷重零組件，如轎車、機車之保安結構件上的應用，因為這些結構件具有以下特點，所以要以傳統的壓鑄技術來製造有所困難：

- ◎必須與其他的構件焊接結合；
- ◎為了確保其機械性質，有時需要進行 T6 等包含有固溶化的熱處理；
- ◎屬於受力結構件，因此特別需要高延性；
- ◎屬大型工件

二.特殊壓鑄法的種類

長期以來，為了拓寬壓鑄件的應用範圍，提高壓鑄件的機械性能，已研發了一些新的特殊壓鑄工法，如層流充填法、超低速壓鑄法、充氧壓鑄法、真空壓鑄法等。上述工法的主要目的都在於減少金屬液充填過程中的捲氣現象，進而提高鑄件的機械性能。由於層流充填法之生產效率低，充氧壓鑄法操作工序複雜、製程參數不易控制，所以實際生產中這兩種方法應用甚少。而真空壓鑄法則是將模穴中的氣體抽出，金屬液在真空狀態下充填模穴，因而捲入的氣體少，鑄件的機械性能高。並且真空壓鑄和普通壓鑄方法一樣，操作方便，不降低生產效率，所以真空壓鑄法自出現以來，隨著相關技術的改進，其應用愈來愈廣泛，歷年來已實用化之特殊壓鑄法的種類及特徵參見表 1。

三、低速充填壓鑄法

將熔湯以低速射出來進行充填的壓鑄法，始於美國的 General Motors 公司於 1959 年開發成功的 Acurad 法，GM 於 1966 年公開這項技術時，已經有 45 台的壓鑄機進行生產。Acurad 是取 Accurate、Rapid、Dense 這三個字的字首所合成的造字。此法係利用厚澆口與低射出速度來達成層流充填且無氣孔發生，透過嚴密的模具溫度控制實現方向性凝固，並利用內補縮柱塞的加壓來達到無縮孔狀況，因而可以得到緻密而且可以焊接的壓鑄件。

由於這項專利是無償公開的，因而日本在 1970 年代也導入並對高品質壓鑄件的生產作出了貢獻。然而由於不適合於薄肉製品以及必須進行煩瑣的熱解析，因此後來也就不再被使用了，不過，它的基本構想後來卻被利用為低速充填壓鑄法的原

理。

表 1 特殊壓鑄法的種類及特徵

充填方式	壓鑄法	特徵
低速充填	低速充填壓鑄法	由於是低速充填因而氣體缺陷少，鑄件可以進行焊接或熱處理。不適合於薄壁製品，有擠壓壓鑄法和中壓壓鑄法兩種。
	半固態壓鑄法	由於是在固液共存狀態下充填，因而鑄件縮孔和氣體缺陷少，耐壓性優異，鑄造毛邊的發生也少。由於模具的熱負荷減少因此模具壽命長，因低速充填可以減低氣體缺陷，因而鑄件可以進行焊接或熱處理。
高速充填	高真空壓鑄法	由於在模穴內產生高真空（10kPa 以下），因此氣體缺陷少，鑄件可以進行焊接或熱處理。由於是高速充填，因此適合於薄壁製品，但必須有解決縮孔的對策。
	PF 壓鑄法	由於是在模穴內部以氧氣進行置換之後再充填熔湯，因此其瞬間的真空狀態使得氣體缺陷變少，因而鑄件可以進行焊接或熱處理。由於是高速充填因此適合於薄壁製品，但亦必須有解決縮孔的對策。

資料來源：輕金屬,2007.04

1967 年東洋工業（現在的馬自達）利用低速充填開發出鑄件可以熱處理的壓鑄法而備受注目，而東京輕合金製作所也在 1967 年左右開發出屬於低速充填壓鑄法之一的 FC(Forging Cast)法並實用化。1970 年代擠壓鑄造法（熔湯鍛造）的研究盛行，宇部興業應用間接熔湯鍛造法的構想而於 1976 年開發出擠壓鑄造機，開始應用於汽車鋁輪圈等部品的生產。1983 年豐田汽車開發出立式擠壓鑄造法，用於閥體和汽門搖臂等耐壓和高強度部品的生產。

此外，鑄造壓力下降至 20~30MPa 左右的中壓壓鑄法於 1986 年（東京輕合金製作所），NDC(New Die Casting)法於 1987 年（本田技研）也相繼被開發出來並應用於汽缸體的生產。之後，1994 年 Denso 公司利用臥式壓鑄機開發出低速充填壓鑄法，用以生產要求高氣密性的 ABS 殼體等部品。2004 年 Ahresty 公司則是開發了利用空氣加壓將熔湯直接充填模穴，再透過加壓子加壓的 NI 法(New Injection)。低速充填壓鑄法的鑄件其氣體含量少而且可以熱處理和焊接，不過由於充填時間長，因此並不適合於薄壁製品，主要是應用在厚壁而要求高品質的部品生產上。

四、超高速壓鑄法

在使用者往輕量化推進的情況下，除了更加薄壁化之外，結構件的一體化與大型化的需求也提高了。壓鑄法由於其熔湯可以在短時間內充填模具的模穴，因此與其他的鑄造製程比起來，是個適合用來製造薄壁製品的方法。而在因應更加大型化的發展上，傳統壓鑄機的射出速度已不敷所需，因此近年來空機的射出速度可以提升到 10m/s 左右來進行壓鑄的超高速壓鑄機也已經實用化了。日本 Ryobi 也在採用超高速壓鑄機的情況下，進行了大畫面電漿平面顯示器框體（960 × 550mm，平均壁厚 1.8mm）等大型薄壁件製品的量產化（圖 1），而且在副車架的量產化方面，可以縮短充填時間而獲得良好凝固組織的超高速壓鑄法，對於製品機械性質的安定化也相當有幫助。

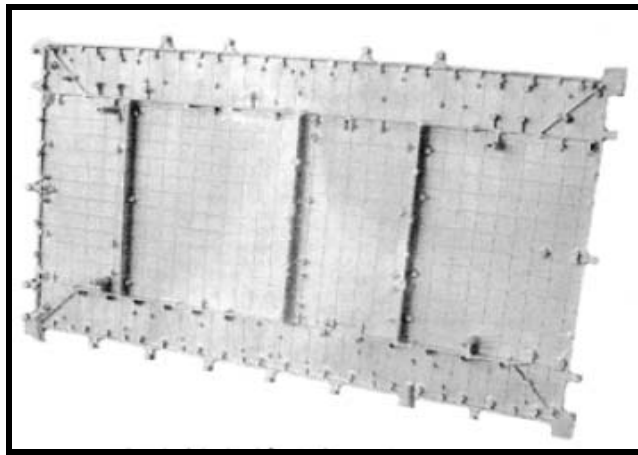


圖 1 電漿平面顯示器壓鑄框體

資料來源：電氣製鋼，2003.04

然而另一方面，跟傳統的壓鑄法比起來，其模具故障問題則有增加的傾向。表 2 是普通壓鑄模具與超高速壓鑄模具的壽命及失效前龜裂修補次數的比較結果。顯示與普通壓鑄模具相較，超高速壓鑄模具的修補次數多，壽命也短。比較超高速壓鑄模具與普通壓鑄模具的龜裂斷面，顯示超高速壓鑄模具的龜裂開口較寬，鋁滲入較深。而根據硬度測定結果發現，與普通的壓鑄模具相較，超高速壓鑄模具的表面已經發生軟化情況。這些現象一般認為起因於比傳統更短時間充填的高溫熔湯，其看法為：

- (1) 熔湯比傳統方式更容易滲入微細的龜裂中；
- (2) 滲入的熔湯凝固後變成有如楔子一般，而於模具表面熱膨脹的時候誘發新的龜裂。

目前，這些龜裂透過模具材質與硬度的改變，或是表面處理等對策有時候還是無法充分加以抑制，因此採取橫澆道形狀與射出條件的最佳化對策是必要而不可欠缺的。

表 2 普通壓鑄與超高速壓鑄模具壽命及龜裂修補次數的比較

	維修次數	模具壽命（壓射次數）
普通壓鑄模具	52	102075
超高速壓鑄模具	65	69150

資料來源：電氣製鋼，2007.11