

何謂液壓成型技術

圖、文◎陳柏如

最近，自行車產業吹起了一股液壓成型管材的設計風潮。從車架、前叉、後叉到車把甚至車首浮雕 Logo 的設計，都充分運用液壓成型的工藝技術，讓產品變得更美觀有質感且強度更高。

在台灣，鈺捷、美利達、巨大、卜威等廠商都相繼推出鋁合金液壓成型的新座管、前叉、後叉車把與新車架設計。在歐洲，Corratec 等品牌也都推出運用液壓成型技術的車款。事實上，管件液壓成型的工藝在二十世紀五十年代就很有名，但一直到近一二十年，隨著計算機控制系統與高水壓系統的發展，特別是當內壓達到 6000 磅每平方英寸時，該工藝對大量生產的應用才變得可行。

剛性強度與流線美感的結合

所謂的液壓成型技術，就是在一個高壓液態的系統中，利用巨型液壓成型機台的軸向力、內壓力與反作用力，來使管件變成模具的形狀。由於液壓成型在成型區中來自各方的壓力是平均的，因此能有效避免管件厚度不均的問題，也就是說，管件不需再焊接補強片，就能達到所需的剛性與強度。液壓成型中，壓力的主要功能是打開和合上模具，在零件成形過程中提供夾緊力以減少彈性變型以及幫助模具分離。實施液壓成型工藝所需的其它單元還包括軸向力氣缸和壓力增強裝置，一般來說，液壓成型技術以模具費用的成本最高，但相對地，成品的附加

價值也很高。

去年展會上推出鋁合金液壓成型 (Fluid Form) 車架設計的巨大公司指出，管件液壓成型的原理與步驟如下：合模→封口→快速注入液體→停壓→加軸向力注入液體→脫模取出，液壓成型品便大功告成。

據金屬工業研究發展中心表示，液壓成型製品因具有質量輕、剛性佳等優點，在生產過程中可減少焊接、機械加工、拋光等後加工處理，能有效降低生產成本、縮短加工週期，因而逐漸被導入管配件、汽車、航太等行業的生產線中，以取代傳統沖壓、焊接或鑄造製程。尤其，目前汽車、航太產業發展趨勢，以減輕重量和提高運轉效能為追求目標，輕量化的液壓成型件結構



▲美利達新系列的車款，大量運用最新HFS (Hydro Forming System) 液壓成型管材技術，增添了車架在外觀上藝術化的美感與質感。



▲巨大的高檔鋁合金車架也陸續運用液壓成型技術的設計，為車架創造出高質感與更多的附加價值。

►專業製造鋁合金液壓成型產品的鈺捷公司，近年來成功推出了多項液壓成型零件，並獲得TBEA創新獎肯定。右起羅光延經理，蔡冬旭業務。



▼符合人體工學設計的鋁合金液壓成型車把，成功為鋁合金創造出比擬碳纖維的流線外觀，實為一大突破！（鈺捷）



型技術的運用，鋁合金可以有更豐富且接近碳纖維的流線外觀，相信假以時日，液壓成型技術更成熟且運用更廣泛時，鋁合金液壓成型的產品將在業界大行其道。

液壓成型除了可以美化外觀之外，亦有效提高約20%的抗疲勞強度。在選擇液壓成形的管材時，要考慮管材的最終特性、成型工藝與變形能力、實用性以及成本。多數情況下，材料選擇會考慮成本和材料的結構性能。就汽車工業來說，低碳鋼（1010、1008）管

變得更為重要。

除了輕量化材料的選擇外，以中空結構取代實心結構來減輕重量的作法也越來越多，因此液壓成型技術愈來愈受到重視。一般來說，在汽車的不銹鋼排氣管上，可看到液壓成型工藝的大量應用，而輕量化液壓成型技術用於汽車底盤的設計也已經相當成熟。管件液壓成型，使業者可以通過改變截面形狀和增加周長來優化設計，為鋁合金管材創造更豐富多元的外觀美化效果。

液壓成型管件的優缺點

液壓成型管件的優點：1. 增強零件。2. 通過對壁厚部分更有效的截面設計，可減輕零件重量。3. 提高部件的強度和硬度。4. 由於所用零件的減少而降低了工具費用。5. 減少二次加工。6. 更小的尺寸公差配合與低彈性回縮。7. 減少廢料。液壓成型也有缺點，包

括：1. 較長的循環周期。2. 昂貴的加工設備。3. 加工工藝和工具設計缺少廣泛的知識基礎。因此，管件的液壓成型是否可行，都必須從材料特性與機械特性兩方面來評估。

成敗關鍵：材料特性的掌控

在台灣自行車鋁管液壓成型領域享有盛名的鈺捷公司，成立於1990年，投入液壓成型的研發與突破已有三年多的時間，經由不斷的研發與測試，累積了相當豐富的經驗，也為國內外不少大廠代工製造液壓成型車架等產品。鈺捷本身擁有兩台大噸位的液壓成型機械設備，自製率相當高，目前員工80人。鈺捷蔡冬旭先生指出，雖然近來碳纖維零件炙手可熱，但碳纖維本身無法回收再利用，所以長遠看來，材料特性穩定且可回收的鋁合金還是比較有市場，再加上液壓成



▲Corratec今年開始使用液壓成型管，並首度推出DH車款Bump Machine，後避震行程140mm，前行程130mm。



▲Haro的新SX Comp BMX車款的车架管也運用鋁合金液壓成型技術。



▲卜威的油壓一體成型前叉設計，有效增加其強度。



▲卜威運用液壓成型造就流線美觀的車架後上叉造型。



▲一直以香蕉車型為招牌的Corratec，2003年開始運用液壓成型下管。



▼卜威已量產的鋁合金液壓成型車架。



▲運用液壓成型技術的立體Logo浮雕更顯其高質感！(美利達)

件和鋁合金

(5019-O、5754-O、6060-T4、6063-T4、6082-T4) 管件通常應用於車身和底盤，不銹鋼(304、309) 管件通常應用於排氣管。

材料的屬性，例如材料的成分、屈服力、最終的張力、伸長的百分比以及流動性和管件的尺寸，都必須根據零件的最終要求來確定，這些屬性在加工過程中也必須密切監控。鈺捷公司指出，目前液壓成型技術在鋁合金材料的運用上仍有所限制，一般最適合且容易做液壓成型的鋁合金為 Al 6061，而 Al 7005 的成型就比較困難，其他像 Al 7075 與 Al 2014 甚至鈦合金 Scandium，由於質地太硬，目前進行液壓成型處理在過程上有一定的困難度，

這也是業者未來須努力突破的瓶頸。此外，如何克服材料先天的限制，將材料的延展性提升到極限，也是液壓成型技術需努力的方向。

影響摩擦力的因素

在管件液壓成型中，影響摩擦力的主要因素是潤滑劑、管材特性（如表面紋理和屈服力）以及包含表面精度、硬度、表面處理和鍍層等因素的模具表面質量。如何選擇適當的潤滑劑，則需根據內壓和所涉及的特定零件的滑動速度和距離來作選擇。可用於液壓成型的潤滑劑有很多種，包括固體潤滑劑，主要是石墨、MoS₂或聚合物、以及蠟、油和乳化劑。在加工過程中，操作者必須要能方便的使用或去除潤滑劑。此外，潤滑劑必

須不含任何污染物質。

預成型最重要

用於液壓成型的管件，在開始的幾何形狀可以是直的或有一個預彎曲或預成型的形狀，這取決於最終產品的複雜度。在許多應用中，液壓成型操作在開始之前，管件通常被預彎曲成近似於最終零件。因為若需要非常緊密的彎曲，且在彎曲之間有短而直的段的零件，或需要多種彎曲半徑的零件，都會大大增加工具和設備費用。因此，在產品設計階段，業者就應該考慮減少彎曲的操作。

液壓成型之前，在彎曲和預成型管件的過程中，由於材料變硬，材料的性質改變，一些管件的可塑性會用到極限，因此，要在液壓成型過程中獲取大的延展性，就必須要增加一個退火的中間過程，且要選擇高延展性的材料。 ■



▲採液壓成型的鋁合金座桿強度高，具流線外觀，且可降低風阻。(鈺捷)



▲液壓成型塑造出漂亮的Logo浮雕，不論圓管、方管皆能成型。(鈺捷)



▲傢俱類管材運用液壓成型也能壓出流線的造型。(鈺捷)