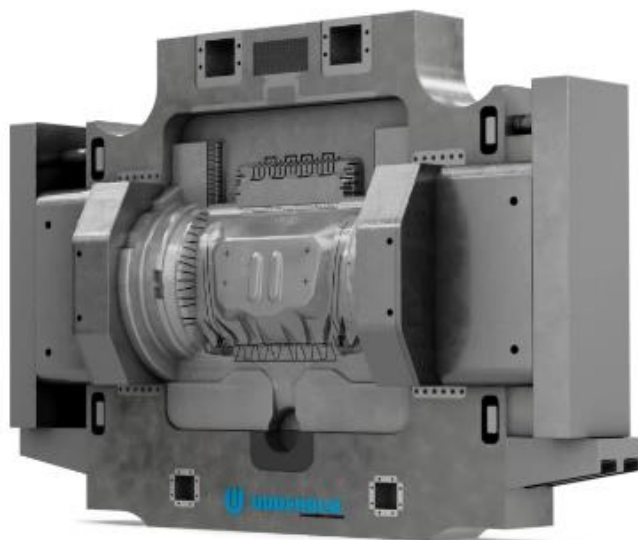
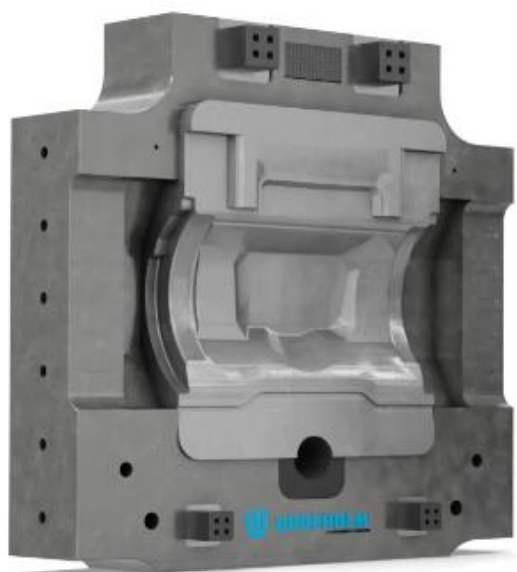


# VIDAR SUPERIOR

一體化壓鑄的首選

Sebastian Sivertsen



## 摘要

一體化壓鑄（Gigacasting）是一種用精密壓鑄來生產大型結構鋁件的技術，已在亞歐與北美廣泛採用。隨著鑄件尺寸變大，需大幅改善模具鋼品質，以利提高生產的成本效益，延長模具壽命。精密壓鑄（HPDC）中常見的失效原因包括了熱龜裂、沾粘、侵蝕和開裂，其中熱龜裂問題最為普遍。為了解決這些困擾，本研究比較了 AISI H13 ESR 和 Vidar Superior 兩個鋼種在耐熱性和衝擊韌性方面的性能差異。

Vidar Superior 是一種 AISI H11 改良型低矽含量的鋼種，兼具兩方面的卓越性能。抗熱龜裂測試顯示，與 AISI H13 ESR 相比，Vidar Superior 在承受循環熱應力時，產生的裂紋更少更淺。此外，衝擊韌性測試表明，Vidar Superior 的平均衝擊韌性為 35 焦耳，明顯高於 AISI H13 ESR 的 16 焦耳。這些測試結果顯示，Vidar Superior 更適合一體化壓鑄（Gigacasting），具備更優異的抗熱龜裂和抗開裂延伸性能，最終能降低維護成本，並延長模具壽命。

## 介紹

一體化壓鑄（Gigacasting）的應用已遍及全球！亞洲、歐洲和北美各地都採用精密壓鑄的方式，生產大型結構鋁件。模具鋼需要能承受至少 6000 噸以上的鎖模力，才能達到生產的成本效益。這可由多生產幾個零件來達成，但必須在因故障而需要維修之前。

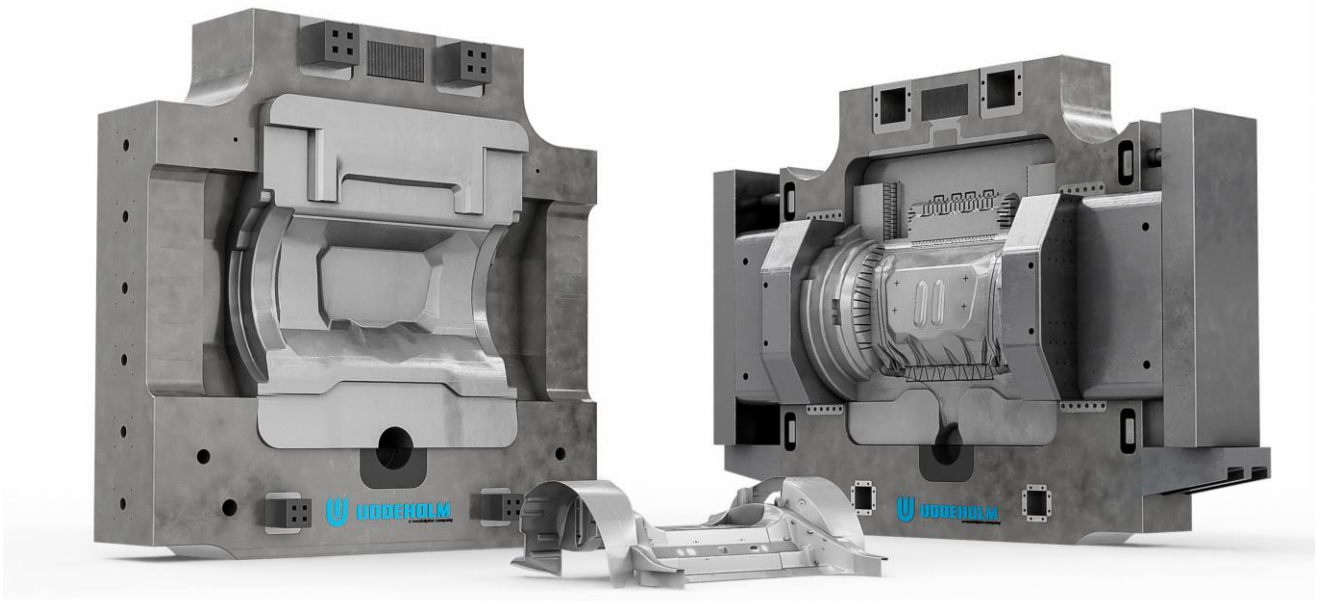


圖 1. 一體化壓鑄（Gigacasting）模具和零件的視覺化

鋁壓鑄有四種主要的失效機制：熱龜裂或熱疲勞、沾粘、侵蝕和開裂。大多數做精密壓鑄的公司認為，影響模具壽命最主要的失效原因是熱龜裂，其次是沾粘或侵蝕。然而，少數開裂也會導致生產停頓。最常見的失效機理如下圖 2 所示。

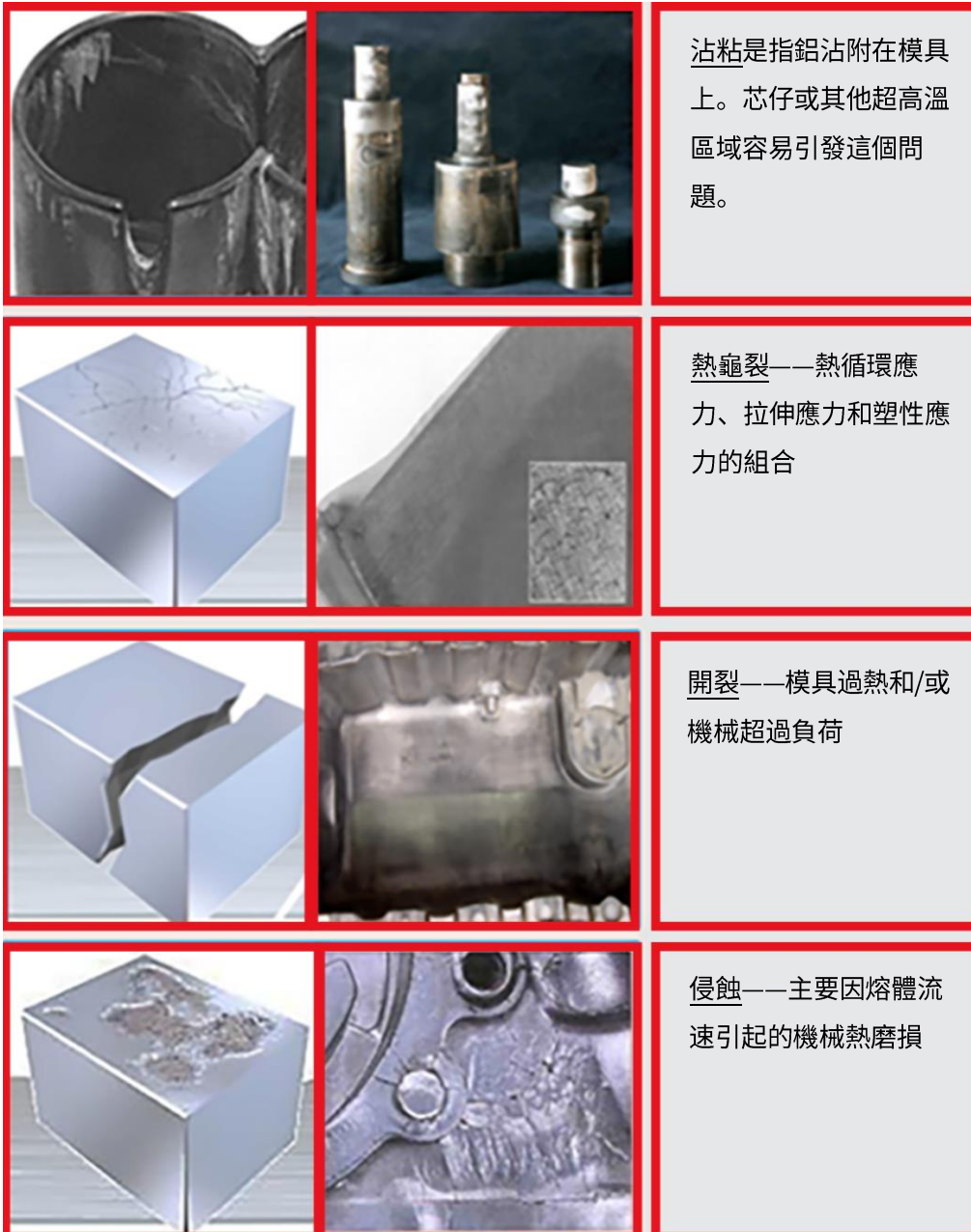


圖 2 顯示了 HPDC 中最常見的失效機制

當涉及到一體化壓鑄（Gigacasting）時，大尺寸鑄件會導致更多熱量進入模具，而大尺寸模具的成本也更高。為了應對這些挑戰，延長模具壽命並降低成本，選擇模具鋼應考慮兩個重要因素。首先是材料在表面出現裂紋並擴散之前，是否能延遲熱龜裂出現。第二是降低裂紋穿透模具的風險，因為這有可能導致模具嚴重損壞，使焊接修復更加困難。為了抵抗裂紋蔓延，模具材料需具備優異的衝擊韌性。

1.2344（AISI H13）和 1.2343（AISI H11）的化學成份對抗熱龜裂性能稍嫌不足。AISI H11 和 H13 被視為精密壓鑄模具鋼的基本標準。然而，對一體化壓鑄（Gigacasting）而言，模具鋼需具備更優異的性能，才能延遲熱龜裂的出現，並提高衝擊韌性。這是提高整體生產效益的關鍵。

### 測量模具鋼抗熱龜裂和衝擊韌性的實驗方法

對兩種不同材料進行抗熱龜裂與衝擊韌性測試。自 AISI H13 ESR 模組和 Vidar Superior 模組分別取樣（表 1）。Vidar Superior 屬於新一代改良型 AISI H11 ESR 低矽鋼種，衝擊韌性高。

表 1 顯示了兩鋼種的化學成分

工具鋼	C	Si	Mn	Cr	Mo	V
AISI H13 ESR	0.40	1.0	0.4	5.2	1.4	0.9
Vidar Superior	0.36	0.3	0.3	5.0	1.3	0.5

從兩樣鋼種中各取一件帶通孔的圓柱形抗熱龜裂試樣（圖 3）。在短橫向上截取夏比 V 型衝擊韌性試樣。根據 NADCA 規範進行熱處理，達到 44-46HRC 的硬度。



直徑: 50 mm, 1.97"  
內徑: 35 mm, 1.38"  
長度: 100 mm, 3.94"

圖 3 顯示了熱疲勞試樣的幾何形狀

抗熱龜裂測試在試驗臺上進行，試樣被固定在連接水箱的兩個支架之間。水流恒速流過試樣的通孔，充當冷卻通道。銅線圈圍繞在試樣外徑的中心，長度為 60 毫米。線圈連接高頻發生器，產生 35 千瓦感應加熱。銅線圈後方，試樣的外徑處有一噴嘴，連接壓縮機，向試樣的外表面施加強風，以提高冷卻速度。在 700°C 至 20°C 溫度範圍內進行了 800 次循環測試。對材料表面到內部的所有裂紋並進行測量，得出平均裂紋深度。

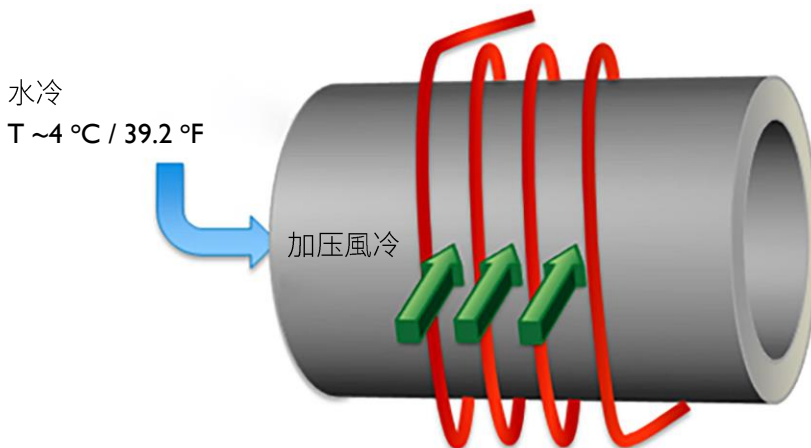


圖 4 顯示了如何利用樣本進行測試設置

衝擊韌性試驗使用夏比衝擊試驗機進行，該試驗機由安裝在支架上的重型擺錘組成。夏比 V 型缺口試樣的尺寸為 10mm x 10mm x 55mm，試樣上有一機加工的 V 型缺口。凹口深 2mm，角度為 45 度，缺口根(部)半徑為 0.25mm。斷裂過程中吸收的能量顯示材料承受突然衝擊的性能，這決定了材料在動態載荷或衝擊應用中的性能表現。

### 決定性能的特性

熱疲勞試驗結果顯示，與 Vidar Superior 相比，AISI H13 ESR 產生的裂紋更深（圖 5）。這表明，Vidar Superior 在承受一體化壓鑄（Gigacasting）的循環熱應力時，產生的深裂紋較少。

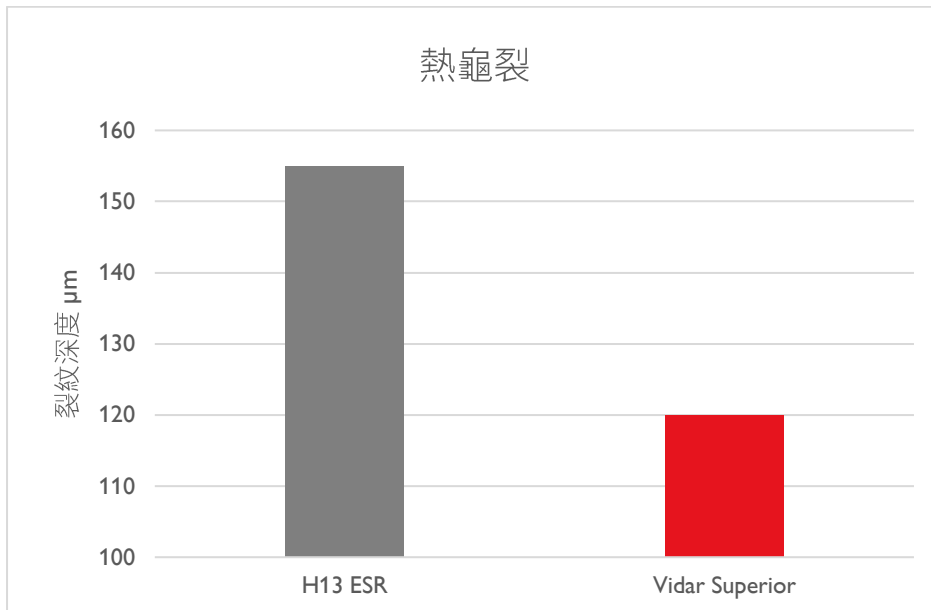


圖 5 顯示了平均裂紋深度

就裂紋擴展而言，較高的衝擊韌性值意味著需要更多能量才能破壞材料。結果表明，與平均值 16 焦耳的 AISI H13 ESR 相比，平均值 35 焦耳的 Vidar Superior 具有更高的衝擊韌性。

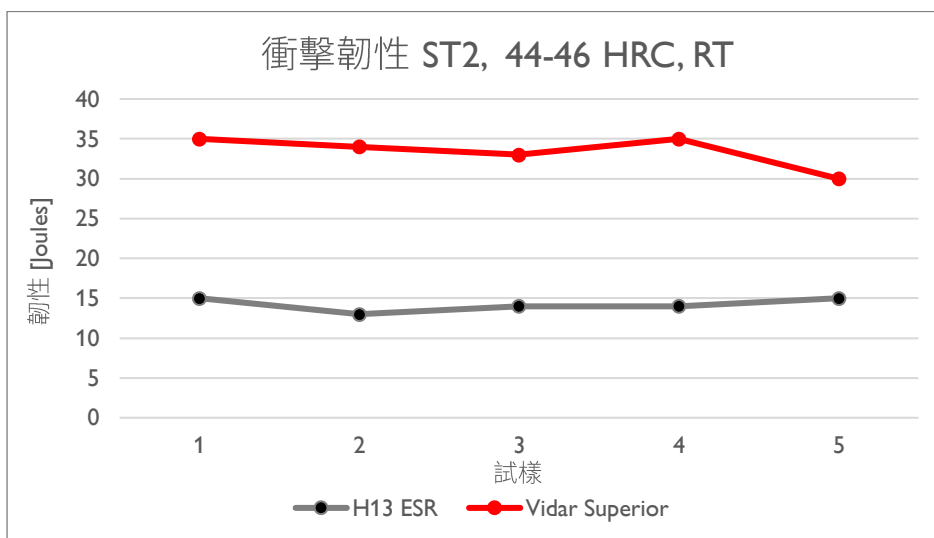


圖 6 顯示衝擊韌性結果

## 結論

隨著一體化壓鑄（Gigacasting）在全球廣泛應用，對能承受嚴苛精密壓鑄條件的高端模具鋼的需求也隨之高漲。隨著用於生產大型鋁件的壓鑄設備日益普及，模具壽命和成本效益相關的挑戰亦隨之增大。鋁壓鑄的主要失效機制包括熱龜裂、沾粘、侵蝕和開裂。

我們的研究表明，傳統的模具鋼，如 AISI H13 和 AISI H11，雖是精密壓鑄的標準材料，但在耐熱性和衝擊韌性方面存在限制。具體而言，與 Vidar Superior 相比，AISI H13 ESR 的裂紋更深，衝擊韌性更差。而是 AISI H11 作為低矽含量的改良型鋼種，其耐熱性和衝擊韌性均優於前者。

Vidar Superior 具備更卓越的性能表現，產生的裂紋更少更淺，衝擊韌性也更高，能滿足一體化壓鑄（Gigacasting）的關鍵需求。這種增強型鋼種能有效延長模具壽命，降低維護成本，成為更優的應用選擇。因此，Vidar Superior 有助於實現成本效益，讓一體化壓鑄（Gigacasting）技術更可靠，最終提高大型鋁部件的生產效率與可持續性。