

具高深寬比及平滑孔壁的微型錐孔陣列(Tapered microhole arrays with high aspect ratios)，因其漸縮孔徑的幾何造型，流體在傳輸過程，具穩定流場與增壓輸送的效果，適用於工業流體或生醫體液等介質傳送；亦能藉由毛細作用，實現精確的體液採樣或藥物投放等微尺度操作。然而，受限於現有的加工技術，製作具高深寬比的漸縮微孔陣列仍是困難的。本研究結合「錐狀式行星循環」精微放電雕模加工技術，提出一種具「穩流浸泡」與「穩流緩升」的創新精微複合電鑄成型技術，用以開發高深寬比微型錐孔陣列微結構。製程之初，藉由錐狀式行星循環放電雕模加工法，將陰極不銹鋼素材製成具高細長比及平滑表面的微錐柱陣列；再以原創設計的「穩流電鑄系統」，精密控制鑄液自模具底部穩定緩慢上升，鎳離子隨穩流緩升的鑄液，逐層由微錐柱陣列底部往上沉積，直至填滿錐柱高度，最後，將鑄層與錐柱陣列精密脫模，即可獲得高深寬比微型錐孔陣列。實驗結果顯示，在槽寬 $W_{\text{slot}} = 5\text{mm}$ 的管狀輔助陽極、鑄液上升速度 $v=0.0003\text{ mm/min}$ 及電流密度 $J=0.7\text{ ASD}$ 條件下，可成功製作 3×3 , 4×4 , 5×5 的高一致性微型錐孔陣列，深寬比達 $1:14$ ；無論孔口、錐度或孔底，均具完整形貌，顯見此項技術對微結構沒有熱影響與變質層等問題；並且，由於鎳離子由下而上逐層精密沉積，故可形成高深寬比、高一致性且無電流尖端效應所造成鑄層厚度不一的微錐孔陣列結構，適於流體的穩定輸送與增壓霧化以及生醫體液的採樣檢測等用途，為高深寬比微型錐孔陣列結構的製造，提供另一種高精度製程技術的選擇，深具商業化潛力。