

國產首台大尺寸金屬3D列印設備

掌握3D列印「大」商機

由3D列印「堆疊」出的新市場勢力已然成形，嗅到風向的國際大廠早已積極投入，帶動產業鏈蓬勃發展，臺灣除了致力開發多元3D列印材料，也以自主研发的大尺寸金屬3D列印設備，在風起雲湧的全球市場中占得先機。

撰文／賴宛靖 圖片提供／工研院、黃鼎翔、Sutterstock



積層製造（3D 列印）技術有別於傳統除料式加工方法，可製造出過去難以達成的特殊工件。

積層製造（3D 列印）技術有別於傳統除料式加工方法，可製造出過去難以達成，像是複雜曲面、鏤空窗花、內部流道及輕量化結構等特殊工件。在推出初期，產業認知多半為僅能試製與展示，做不出實用零組件與市場規模，製程中也有許多瓶頸待突破，感覺上邁向商業化仍有距離，然這樣的想法已經遠遠落後時代潮流。

根據研調機構 Wohlers Associates 2017 年公布的數據顯示，全球 3D 列印應用的產業以工商業應用為大宗，占 18.8%，其次是航太產業占 18.2%、汽車重工業占 14.8%，消費性電子產品佔 12.8%，醫材 11%；全球專業 3D 列印設備銷售從 2014 年的 550 台，2015 年一口氣成長至 808 台，2016 年仍以成長率 18.4% 增加至 957 台，顯示市場需求日漸增多，同時也帶動 3D 列印材料市場蓬勃發展。

毛利率回升 前景看好

工研院產業經濟與趨勢研究中心（IEK）資深研究員葉錦清認為，3D 列印最大優勢是能協助企業整合上、下游並跨足新市場且縮短製程，像是愛迪達（Adidas）以往並不涉及生產製造端，但此次與 Carbon 3D 合作推出首款量產 3D 列印球鞋 Futurecraft 4D，每雙生產時間可縮短至 20 分鐘內，預計 2017 年下半年生產五千雙，2018 年年底前生產 10 萬雙，直接跨入生產製造端；3D 列印也讓企業更容易跨足新或相關市場發展，如全球兒

工研院 3D 列印團隊將自主研發的硬體系統，與比利時 Materialise 公司的製程軟體成功「軟硬整合」後，開發出四區大面積專用製程掃描策略，使生產效率最高提升四倍。

工研院雷射與積層製造科技中心主任 曹芳海



童玩具品牌領導者孩之寶（Hasbro）與全球最大的 3D 列印服務平台 Shapeways 合作成立網站，跨入大人玩具，提供孩之寶玩家設計、展示原創 3D 列印作品，提供藝術家前所未有的機會，也使孩之寶消費者能購買獨特性高的作品。

以往企業要跨足新事業或切入上下游，都需投入巨資並長期摸索，承受失敗高風險，如今可運用 3D 列印技術降低投資門檻，獲得高成功率，這也是 3D 列印周邊與設備日益熱門的主因。

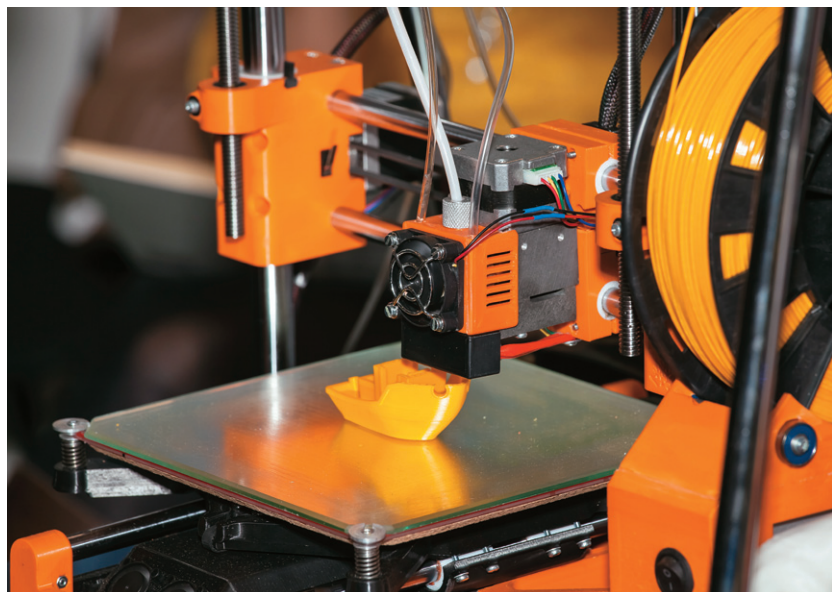
可平衡雷射製程熱應力的累積，使金屬零組件變形的程度較傳統掃描策略降低三成，有效提升製造品質，加上擁有「雷射金屬粉床熔融」及「雷射金屬直接沉積」的兩大關鍵技術，做到大尺寸 3D 列印已非難事。

工研院目前已成功研發能列印出 50x50x50 立方公分的大尺寸 3D 列印機，加上已推出的小尺寸（10x10x10 立方公分）及中尺寸（25x25x30 立方公分）的 3D 列印設備，三種國產自主設備可滿足小、中、大等不同尺寸的客製化需求。此外，除了以國外材料測試驗證與國外

工件由小變大 挑戰也倍增

為因應趨勢，生產 3D 列印設備的公司逐漸走向高端，跳出以往認為 3D 列印只能做小型工件的思維。但要以 3D 列印出大工件，難度倍增。

工研院雷射與基層製造科技中心副組長劉松河分析，過去以 3D 列印製造大尺寸金屬零件時，需解決大面積均勻鋪粉與腔體流場問題，且熔融製程中殘留應力容易產生熱變形，影響製程良率，為此，國際大廠紛紛研發出能生產大型工件的 3D 列印設備，其中以工研院提出全球首創的「立體多邊型掃描策略」，



3D 列印市場需求日漸增多，同時也帶動 3D 列印材料市場蓬勃發展。



工研院舉辦「大趨勢！金屬 3D 列印成果發表暨技術研討會」，現場除展示國內首座大尺寸 3D 列印設備外，亦邀請國內外專家分享 3D 列印軟硬整合及應用趨勢。

設備相比外，工研院也協助超過八種以上國產材料商品化驗證與參數優化，成功輔導國內廠商做到設備材料自主化。

與比利時公司軟硬整合 自製大尺寸設備

工研院雷射中心主任曹芳海表示，工研院 3D 列印團隊將自主研發的硬體系統，與比利時 Materialise 公司的製程軟體成功「軟硬整合」後，開發出四區大面積專用製程掃描策略，不僅能避免列印時煙塵交互影響製程，也透過最佳化雷射掃描策略控制，避免多顆雷射同區共熔的加工品質問題，並使生產效率最高提升四倍。

曹芳海分析，與以往電腦數值控制工具機（Computer Numerical Control；CNC）製程相比，CNC 是「減法」，製作工件需要切削並移除超過 50% 以上廢料，而金屬 3D 列印則是「加法」層層累積製造，在可估算與預期狀態中，逐步達成原設定目標，將變數掌握住就能得到最佳產品，將浪費之材料與整體開發時間降到最低，亦被稱為「綠色製造」的工法。

四頭多工 效率提升

為了加快生產速度，工研院研發的大尺寸金屬 3D

列印具備四個雷射頭來同步操作製造，可因應未來延伸的需要；除搭載臺灣自主研發的 500W 光纖雷射源外，更成功研發出臺灣第一台大面積金屬積層製造設備，最大製作體積可達 50x50x50 立方公分。劉松河形容，「四個雷射頭可收事半功倍之效，宛如四手聯彈，能讓成品表現更悠揚，而這也是高難度的呈現，與國際大廠的大

型 3D 列印設備相比，臺灣自有研發的完全不落人後，深具競爭力。」

目前金屬 3D 列印成品尺寸精度可達正負 50 微米，最小製作直徑可達 100 微米，緻密度大於 99%，鈦合金拉伸強度可大於 1,000MPa，高於傳統鑄造加工結果，符合產業應用強度，已完全跳脫僅為試製的角色，等同於能仰賴 3D 列印設備直接產出成品。

而結合工研院獨特的光學調控引擎，未來更可依照不同金屬列印材料的特性，分區調控出不同的雷射光形與掃描軌跡，藉此突破單一材料的屬性限制，創造出金屬積層材料調控的應用潛力。

劉松河表示，3D 列印品質會受到相關製程參數與材料性質影響，如雷射功率、掃描速度等，掃描策略等，都會影響結果，必須由微觀（粉體熔融與材料顯微結構）至巨觀（熱殘留應力）的投入研究，搭配粉體材料評選設計，製程參數調控匹配以及產品性能評估，建置多物理模擬技術。這些細節對於剛投入 3D 列印生產的廠商而言，如還必須埋首研究參數、過於費時費工，因此工研院的先進預前模擬工具可針對產品，進行虛擬參數設計使積層製造製程最佳化，以減少設計時間，提高零件性能，降低整體開發成本，跨介面設計平台（AM

Design platform)，可為客戶整合掃描策略、搭配材料評選設計、製程參數調控匹配、產品性能評估模擬，開發支撐材最佳化技術設計，以提升產品製造良率。

材料多元開發 滿足產線需求

此外，為了讓大尺寸 3D 列印能應用的材料更廣，工研院也開發一套「3D 列印材料晶控光引擎」技術，能依照工件需求調控局部材料晶相結構，使不同部位具有不同強度、硬度、韌性等機械性質。劉松河舉例說明，如航太葉片，就能讓軸心硬度加強，扇葉韌度增高，「讓該硬的地方硬，該韌的地方韌，改善局部方向性反覆疲勞、高磨耗等使用問題，大幅提升產品效能，並節省零件的製作成本及時間，這些都是傳統製程無法比擬

的。」運用此技術，有助於生產航太、汽車及生醫骨科等需具備耐磨高韌性條件的零件。

工研院除投入 3D 列印設備設計，也研究可應用的材料性質，從不鏽鋼、模具鋼、鈷鉻合金、鎳、鈦、鋁合金，到鎢鋼、紅銅等；生物列印技術也在研發中，目前已著手開發仿生表皮組織 3D 列印技術，產品可應用於化妝品體外安全性評估、表皮組織腐蝕性與刺激性測試等領域。

工研院希望能協助臺灣建立自主設備及材料，開發 3D 列印創新製程、專用設備，也投入材料研發，希望引領臺灣 3D 列印發展特色產品，並協助產業建立工業級生產線，以擴大臺灣 3D 列印應用面，在全球市場中占得先機。■



工研院的大尺寸金屬 3D 列印設備可四區同步熔融，產能最高可提升四倍。