



# 雷射應用與 積層製造技術專輯 主編前言

Editor's Notes for the Special Issue on Technologies  
of Laser Application and Additive Manufacturing

洪基彬

工研院南分院  
積層製造與雷射應用中心  
主任

2014 年六月上旬美國底特律舉行的 Rapid 2014 展，論壇講者之一 Lonnie Love (Director, Manufacturing Systems Research Group, Oak Ridge National Laboratory, ORNL)認為美國製造業對國家經濟、社會、科技、安全……等相關議題影響既深且遠，從 1988 年回顧美國至今因輕忽製造業外移，造成今日失業問題與社會穩定性的後遺症，現在想透過推動先進製造夥伴(Advance Manufacturing Partnership, AMP)計畫，重新建構高附加值的製造業，在 AMP 項下已陸續推動積層製造(或稱 3D 列印)、輕量合金、寬頻能隙高功率晶片、數位製造及審核中的先進複合材料等計畫，他們從能源、效率、經濟、科技、社會等面向，構思推動一系列的計畫，期使達成重回高值製造業的目標。

2014 年十一月底在德國法蘭克福舉辦的

Euromold 2014 展期間，也同時舉行技術及市場發展趨勢的會議論壇，其中，就積層製造 AM (Additive Manufacturing)的發展現況，Wohlers Associates 的總裁 Terry Wohlers 演講“Developments around the world that could impact supply chains”時，指出 Airbus 五年內將有好幾百台 AM 設備生產自己的元件，GE 每年在飛行器有超過 40,000 件具 25 %輕量化的新設計，而耐用性卻提升五倍，未來五年將投資 35 億美元於先進製造，同時以 Arcam A2 EBM 製作 Ti-6Al-4V 給 F-15 引擎熱連結件為例，AM 可降成本 50 %且耗料率由 33:1 變成 1:1，已有 50 種 Ti-6Al-4V 做成板材樣品測試，結果諸如緻密度在 HIP 熱壓處理後完全無孔洞，重負載超過安全規範十倍，皆超越 ASTM 規格，也舉出如 Honeywell、Kelly Manufacturing Company、Aerosud 等公司皆已使用



AM 製作航太元件；而 Arcam 公司提供的資料顯示醫材應用案例中，過去 6 年 AM 已製作金屬關節輪超過 45,000 個，所有公司的 AM 產量加起來則超過 90,000 個，被植入的則超過 30,000 個包含 Ala Ortho、Biomet、DePuy、Stryker 等；在 EOS 資料則顯示金屬牙冠從 2012 年每日生產 15,000 個到 2013 年每日生產增至 19,000 個；另外如應用於 Nike 鞋子、眼鏡、汽車零件等生活用品已讓 AM 更生活化；最後提出成本、速度、新材料、機器產能等方面若能滿足需求，就能加速 AM 普及化，也舉出 SLM 一些專利到期，Mazak Integrex i-400AM 採用金屬噴粉頭及光纖雷射複合加工、HP 多頭快速 3D 列印機為例說明 AM 在市場的創新與可能顛覆市場的成長。

而 Euromold 2014 另一場地由 RepAir ([www.rep-air.eu](http://www.rep-air.eu)) 主辦的“Additive Manufacturing for Future Repair and Maintenance in the Aviation Industrial”symposium，介紹由 University of Paderborn, C.I.K./DMRC 單位組成的一群人在歐洲與相關單位如 SLM、APR、AIMME、Atos、AVANTYS、BOEING、Cranfield、Ogayar ca、IVHM/BOEING、Danish AEROTECH、DANISH TECHNOLOGY INSTITUTE、Lufthansa Technik、University Paderborn、C.I.K./DMRC 共十二個單位合組聯盟，由 University of Paderborn 當計劃召集人，推動 RepAir 計畫，共有預算 5,951,426 歐元，主要基金來自 EU-FP7 Transport (AAT)，其中歐盟提供 4,276,352 歐元約占總經費 72%，從 01.06.2013 開始計畫為期程三年，動機在於想推動飛機維護、維修及大修的國際市場移回歐洲，因為航太業的 MRO (Maintenance Repair Overhaul)

工作機會幾乎都在亞州，肇因歐洲的薪資較亞洲貴約 30%，而複雜元件的 MRO 成本較普通元件貴約 43%，換句話說，本計畫目的就是想將航太工作機會留在歐洲及降低航空公司營運成本，就航空業者而言，以前載客率 50% 就可獲利，但現在廉價飛機盛行競爭激烈，收入無法成長，就須大幅降低成本尤其 MRO；此動機的可行性以 MRO 來說 AM 是其寄望所在，因為以 Boeing 747 班機為例共有六百萬個零件，要做出第一台 Boeing 747 需出圖 75,000 張，Boeing 747 的機翼相較波音第一代飛機 1926 B&W 重約 30 倍，整台 Boeing 747 須由 66,150Kg 高強度鋁材製成，單以一架波音為例就如此多的成本及工作量須考量，何況有那麼多的波音及空中巴士等飛機加總起來更不可思議；所以，RepAir 聯盟想找出方法既可使 MRO 工作機會回流歐洲，又可降低航空業者成本，其概念簡單講就是推動工業 4.0 來完成，具體說就是透過電腦軟體先模擬 MRO 的物、時間、製作工序、加工地方、加工者、加工成本、派工單等，先進行分析及模擬後，再去執行實際工作，使航空業 logistic 全部電腦化，就可有效降低成本，或回流歐洲進行 MRO，換句話說，讓 MRO 謀定而後動！如此，AM 將是重要工序之一，因可大量減少備料，而加法與減法複合工序才是主流，目前看其展示的軟體架構已具雛型，但尚未真正用於試做，倒是有現場展示波音零件用 E-beam 做出的成品頗精緻，但講師說也尚未用於飛機上，因 AM 認證程序仍在推動中，連文件化都尚未完成，講師也指出還有一段路要走。

由歐美兩個知名 AM 展，可以看到先進製造夥伴或工業 4.0 是先進國家推動工業化的主軸，這



也呼應為何數位製造被稱為第三次工業革命的緣由，從製造方法來看可以分為接觸式製造與非接觸式製造，前者是大家長期以來熟悉的以刀具直接接觸工件進行車、銑、鑽、鉋、切等加工或成型，後者則以如雷射、離子束、電子束等能量束對工件進行加工或成型，這兩者皆是將塊材將不要的部份去掉，留下要的部分，稱之減法加工，而積層製造則是將要的部分直接製作出來，幾乎沒有浪費的材料，稱之為加法加工；從數位製造發展趨勢來看，基於綠能、效率、成本等需求，複合加工將是未來主流，包含既有的接觸式的減法/減法複合、接觸式與非接觸式的減法/減法複合、加法/減法複合、非接觸式的加法/減法複合等，由 RepAir 計畫所推的數位製造方式正可印證這個趨勢。

為具體化數位製造及複合加工內涵，「雷射應用與積層製造技術專輯」專輯，將逐步介紹相關訊息與技術以饗讀者，首先「雷射複合與先進製造的重要性」將分析數位先進製造已經成為國際工業國家主要的產業議題下，除了巨量資料與高速聯網技術以外，為何雷射先進製程也應該是其中一項重要推動因素；其次，在加法的積層製造蓬勃發展歷程，雖然塑膠材料的產業想像空間未及金屬材料高值，但在前述兩大 AM 展中，仍可看出各大廠積極推廣塑膠積層製造，或許透過「熔融沉積成型積層製造技術演進」，從 FDM (Fused Deposition Modeling)設備、FDM 噴印頭結構、FDM 列印環境控制等專利內容來逐步透視 FDM 關鍵技術，相信將有助於開發出具有市場競爭力的產品，避免侵犯他國專利，並提高國內 FDM 設備自主力及強化國際競爭力；雷射金屬積層製造

技術所製作的成品，無論是精度、緻密度已可媲美一般金屬鑄材的特性，甚至強度更勝一籌，突破過去僅作為原型展示用途的侷限，可直接作為功能性之零組件，在「雷射金屬積層製造技術之材料特性探討」將介紹雷射金屬積層製造適用的各種金屬材料，以及其對應的材料特性，希望藉此能有助於業者對利用此成型技術的金屬製品有進一步的認識，開創更多高價值產品；其中「積層製造汽車底盤副車架之試作」以汽車副車架為例，分享如何以一體式的鑄造鋁件代替原來的鋼製鈑件，先進行結構的形貌優化分析，獲得鋁合金副車架之完整設計後，結合積層製造技術可快速獲得一體化之鋁合金副車架。

非接觸式加工將成為加工製造的主流之一，其中雷射拋光是德國等先進國家正積極研發的項目，以模具拋光為例，目前是利用機械或微放電技術再加上手工拋光，來降低表面粗糙度，由於需仰賴人工操作，人員的培養及傳承不易，容易造成技術流失，在「雷射拋光技術」將分享雷射如何以具有可局部控制的加工精度及高產出效能等特點，達成如 SKD 等模具鋼的超精密級表面拋光，及衍生應用於光學、IC 封裝模具及精密薄殼等；雷射金屬彩色雕刻能創造新穎、高價值產品，藉「雷射誘發金屬表面彩色特性探討」將有助於雷射加工參數對彩色金屬雕刻的影響，進而靈活運用雷射工業化的效果；電動車的普及速度決定於電池，氫燃料電池則被負於眾望，整個電池組的研發仍有些議題不斷在精進，其中對雙電極板的導電度、抗腐蝕、加工性等要求期待甚高，「雷射披覆碳膜於質子交換膜燃料電池金屬雙極板之應用」將分享如何透過雷射披覆碳膜於金屬雙極



板上，以提供抗腐蝕保護、易加工、高導電等需求；隨著個人化電子產品需求激增，軟性電路板鑽孔的孔徑需求越來越小，精度也不斷往上提升，致使雷射鑽孔機逐漸成為未來發展的主流，為突破現階段侷限於單片生產方式，針對 R2R 傳輸於雷射鑽孔製程之應用，「FPC 雷射鑽孔機 R2R 傳輸技術」將探討電路板的鑽孔方式、R2R 傳輸技術重點以及 R2R 與雷射鑽孔機之整合結果，期望對國內 FPC 雷射鑽孔技術的開發與應用有所助益。

雷射加工逐漸在國內普及，為獲得優異加工品質，除硬體技術不可或缺，控制技術更是具畫龍點睛角色，於「雷射加工控制技術探討」將介紹幾種雷射加工控制的方法及實驗，以探討對雷射加工速度、精度、效率、品質等需求的影響；隨著少子化、工資昂貴的趨勢，智慧製造亦將是下一波工業革命的重點，「智慧自動化 - 視覺整合在雷射切割機台的應用」將以雷射切割機為例，說明如何配合視覺的智慧感測器，透過國產品牌控制器平台，達成雷射切割機智慧自動化應用；雷射加工設備主要由雷射源、加工頭及多軸加工平台等三部分所組成，關鍵模組加工頭的選用適當與否，對能否完成加工目標影響重大，「擺動式光纖雷射切割加工頭開發研究」針對市售領導廠商之光纖雷射加工頭中的光路組成元件進行相關研究分享，期望有益於選用、培育設備自主化、維修能力建立與業者整合需求。

為因應雷射工業之快速發展以及雷射應用產業之需求，線上檢測成為產線上重要一環，「雷射感測調光模組於合板缺陷檢測系統之應用」提出一種結合雷射感測之曝光調節裝置應用在檢測系

統上，並以合板缺陷檢測應用為例，對於厚度與表面粗糙度不一的合板缺陷檢測非常有效，實務上已可滿足合板製造廠商生產線上等級分類與篩選之需；為達到高解析度檢測，利用 x 光(x-ray)所發展的小角散射術也是一選項，其量測解析度遠高於傳統使用深紫外光的散射術，「X 光散射術之半導體檢測應用」將分享如何利用 NIST 所發展的小角散射術及美國國家實驗室的先進光子源同步輻射加速器的 x 光，來量測疊對光柵之疊對位移獲得三維高解析度檢測，其對於未來先進半導體製程檢測將是一大利器。

雷射技術與積層製造在數位製造的發展主軸上，是必要的關鍵要素，複合加工或複合加工機則是實現下世代工業應用的主要載具，無論是硬體加工設備、軟體控制系統、製程或成品檢測，非接觸式行為對提升速度、精度、品質都具無可限量的潛力，雷射技術是目前非接觸式工法最有效的方案，先進國家已積極深耕雷射技術及應用，台灣也需更加緊雷射技術研發及產業應用步伐，才有機會創造高值產業。