

「具 IoT 智能監測的可攜式 微型塑膠射出成型機」 於 2023 未來科技館

鄭瑞鴻*

一、技術簡介




近年產品生命週期變短，產業界有時候必須在一個月內，以試產兼出貨方式，搶得**預購訂單** (Pre-Order) 後，再進行大量生產。但要在短時間內完成 NPD (New Product Development) 新產品開發時，在 EVT (Engineering Verification Test) 工程樣品驗證階段，從概念設計 (Conceptual Design) 到初步設計 (Preliminary Design)，至少需要快速打樣製作 1-3 pcs 試樣模型 (Mockup Sample)。而在 DVT (Design Verification Test) 設計驗證的初期可靠度測試時，會面臨到機構件、外觀件等，至少需要 30-50 pcs 以上工程樣品 (Engineering Sample)。接下來的 PVT (Production Verification Test) 試量產驗證，可能歷經幾次設計變更，進行量產前的設計驗證。此階段每次會以 100-1,000 pcs 進行量小批量試產，待 MVT (Mass-Production Verification Test) 量產前可行性評估後，即投入正式開模量產，至少要 1,000 pcs 以上。透過以上程序，來節省開發時間、成本及開發失敗風險。

問題在於：光固化及 3D 列印所製作出的樣品，其結構強度不足。如果以 CNC 加工製作，其成本較高，特別是在 EVT/DVT 階段數量多時，會更加顯著。而如果採用開模射出製作，因在 EVT 階段其設計仍具有不確定性，若直接導入於 DVT/PVT，對於整體開發時程、成本及設計變更等，開發投資風險更高。若要製作 30 pcs 以上工程樣品，不管以 CNC 加工或直接用樣品模具製作，很難趕在有限時間內完成，或未做設計驗證就出貨。即便勉強達成目標，產品風險極高、花費代價極高、且效率極低。而目前產業界常見工程樣品製作，有以下幾種技術 (表一)：

* 國立高雄科技大學模具工程系副教授

1. **RP 光固化**：此屬於加法製作，適合外觀形狀複雜、表面光滑精細的微小尺寸零件。但需使用酒精清理表面及支撐結構，後處理耗時費工，且結構強度不足。長時間置放會變質裂化。
2. **3D 列印**：此屬於加法製作，適合簡易外形結構零件，原料多元、便宜、易於使用，可以長時間存放。但其表面有粗糙堆疊紋路，也要清除支撐結構，且結構強度不足。微小或過大尺寸無法製作。適合製作樣品尺寸：50mm-200mm，比較不適合微細、複雜曲面或大尺寸列印的零件。
3. **CNC 加工**：此屬於減法製造，適合複雜外觀、具結構強度的零件，可使用各種塑膠或金屬材料，可以長時間存放。但受限於固定夾具、銑銷刀具，適合製作樣品尺寸：50mm-300mm，比較不適合微小尺寸加工，加工時間長，成本較高。
4. **開模射出成形**：使用塑膠粒材料，經螺桿熱融加壓，注射入模具中，冷卻固化成型。適合複雜外觀、具結構強度的零件，可以長時間存放。可大量生產，成本較低。但必須製作模具，少量塑膠材料不易購置，射出前必須烘料，需要有經驗的專業操作人員。若以微型塑膠射出成型來看，適合製作尺寸：10mm-50mm，適合微細尺寸或複雜曲面外型的零件。利用簡易樣品模具、搭配滑塊、斜銷機構設計，即可解決 3D 列印與 CNC 加工做不到技術缺口。

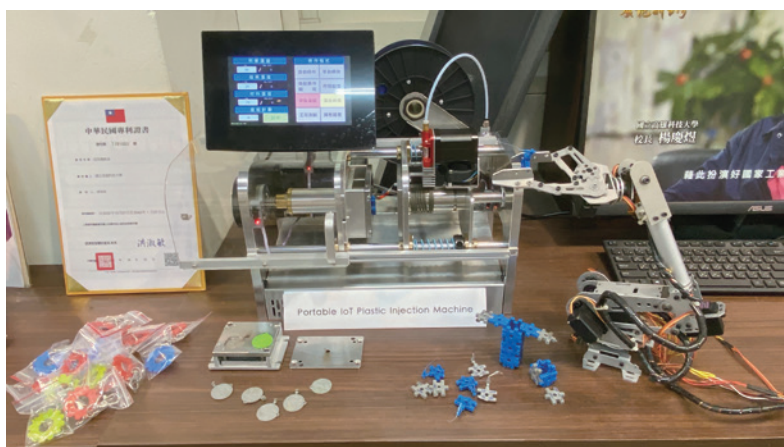
表一：常見工程樣品製作技術比較

技術	光固化及 3D 列印加法製作	CNC 減法加工	射出成型工程樣品
示意圖片			
特性	表面及尺寸精度做不到	微型零件受限夾具做不到	表面及尺寸精度兼具

本技術開發的具 IoT 智能監測的可攜式微型射出機，市場定位聚焦提供：高度客製化的快速，以及低成本小批量打樣的市場需求。大型射出機廠具有技術資源，但不想投入微型機台市場。而小型 3D 列印廠想要做，但技術及整合能力做不到。因此，本技術產品則切入兼具二者特性的利基市場，解決上述產業

的產品及技術缺口。包括：材料容易取得、零件具有複雜外觀、具結構強度、可長時間存放、可快速小批量製作、降低成本、零件不需做二次加工前後處理、無經驗也能操作使用等問題。其特色在於：

1. **小批量生產**：適用於 3D 列印標準線材和自製簡易模具，可快速小批量生產工程樣品。
2. **量產前評估**：具有智能模具監測技術，整合產品設計與模具開發服務，分析塑膠射出成型條件，自動調整生產參數，當成投入正式模具大量生產前的評估，提高生產效率、降低成本及少開發時程與風險。
3. **可攜式設計**：適用於一般環境使用，具有安全性設計，也不需要專業人員即可操作使用，易培訓相關技術人才，促進整個產業鏈的更多發展機會及應用。
4. **全方位應用**：提供前端的產品設計、與中端的模具製作、到末端的雲端虛實整合設計，全方位的軟硬體服務模式，擴大未來營業效益。



圖一：具IoT智能監測的可攜式微型塑膠射出成型機

二、技術之科學突破性

目前產業面臨產品設計與開發製造挑戰，從少量多樣化市場需求特性來看，這些新訂單、新產品開發，面臨小批量機構零件進行測試，卻無管道試作 30-1,000 pcs 工程樣品評估。使用 3D 列印做不到 EVT 工程測試要求，冒然開模打樣，亦有設計變更風險、較長開發時效、增加製作成本等。就快速試量產需求面來看，國內外類似微型塑膠射出成型機，除價格高之外，必須設置特定專業空間。

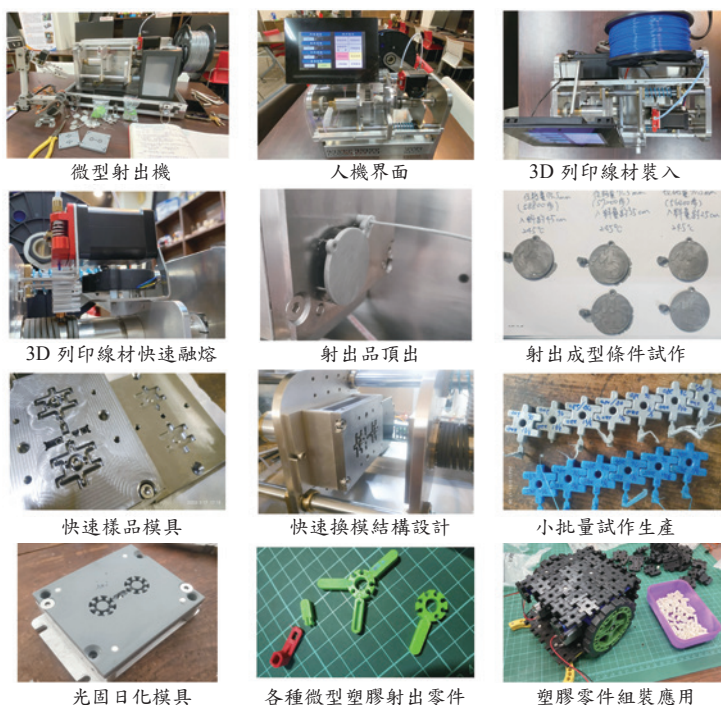
一般常用塑膠成型材料為塑膠粒，在生產製作之前要事先烘料。射出成型機的進料方式，為熱澆道碟式螺桿、或冷澆道往復式螺桿結構。通常塑膠材料取得為 B2B (Business to Business) 企業交易模式，有最低 MOQ (Minimum Order Quantity) 訂購量限制，塑料每包 25 kg 裝，至少需要 4 包以上 (100 kg 以上) 進行射出機填料射出試產。而常見微型射出品的單一零件重量約為 6g 以內，會浪費螺桿填料及成型澆道 (料骨) 成本。一般塑膠射出成型機台的調機及成型時間慢，一套模具成本約在 30-40 萬，小批量試作導入成本很高。而且不能夠自行改裝或維護，造成在產品設計、模具小批量產試作及智慧製造培訓及應用時，會有很大限制。

本技術射出成型進料方式，採用 FDM (Fused Deposition Modeling) 熔融沉積成型架構，直接加熱熔融射入模穴成型，並不需要無螺桿。以容易取得的各種 3D 列印線材，不需事先烘料，非常適合製作 300-1,000 pcs 數量 (圖二)。3D 列印線材成本約為 500-1,000 元 /kg，即便一卷也可以購買，不需要 MOQ 訂購量，製作成本相當低。而且調機快、成型時間也快。不管使用者是以 CNC 加工、或光固化成型製作簡易模具，導入成本很低。主要掌握關鍵技術 Know how 在於：以自有專利技術、軟硬體機電整合、自製成本低、可製作快速工程樣品，供小批量試產驗證，而且易維護改裝設計。特別是與臺灣在地廠商合作，透過塑膠模具與產品設計應用聯盟廠商的上中下游供應鏈合作，在臺灣研發生產製造，將技術根留臺灣。除可推動國內經濟之外，更可攜手共創國際競爭力。

除此之外，針對模具技術升級來看，傳統舊有模具及塑膠射出成型機，缺乏訊號傳輸與通訊的感測能力，需要靠老師傅經驗值，設定及輸入各種塑膠射出成型條件參數。也無大數據分析，受限機台廠商機密保護，無法偵測及匯出資訊，累積生產數據，進行生產製程分析改善。面臨產業數位轉型升級、模具技術人才斷層之下，需累積產品設計、模具射出成型經驗傳承，提升產能及品質良率。

三、技術之產業應用性

本技術成果，可解決 3D 列印與 CNC 加工做不到技術缺口。產品定位介於 3D 列印機及塑膠射出成型機中間，採用 3D 列印線材供料製作，不同於塑膠射出成型機的塑膠粒供料。透過 DIY 自製簡易模具 (CNC、3D 列印或 RP 快速原型)，即可小批量製作零件。兼具 3D 列印機及塑膠射出成型機的特性，可提供小批量試產驗證用。特別聚焦於：汽車電子、生醫、光電產業等，需求少量多



圖二：本技術操作及微射出成型試作示範

樣化工程樣品開發的產業，包括：汽車散熱風扇馬達、生醫檢測產品，以及光電微結構產品開發等。此外，也適合生醫及複合新材料開發廠商，進行新材料試片射出成型及材料性能測試等需求。切入研發部門需求：材料容易取得、零件具有複雜外觀、具結構強度、可長時間存放、可快速小批量製作、降低成本、零件不需要前後處理、無經驗也能操作使用的缺口與痛點。解決上述產業在 PVT 階段，所需要的少量多樣化工程樣品及試量產，當成正式量產前 MVT 的測試驗證。

並透過多件臺灣及美國發明專利布局，建構出全方位的專利策略布局。包括：「可攜式雲端 IoT 智慧製造監測系統平台」榮獲 2019 TIE 台灣創新技術博覽會銀牌獎；「模具智能監測系統」榮獲 2022 未來科技獎，以及 2021 TIE 台灣創新技術博覽會鉑金獎。今年度開發出全新技術「具 IoT 智能監測的可攜式微型塑膠射出成型機」，再次榮獲 2023 未來科技獎，以及 2023 TIE 台灣創新技術博覽會金牌獎肯定（圖三）。期以能改變微型塑膠件射出成型的產業生態圈，讓國內模具製造業的競爭力能快速提升至能與國外大型企業競爭，開拓塑膠製品產業在產品設計與快速試量產階段，需求小批量工程樣品的新商機，成為新興市場的先行者及領先者。



圖三： 榮獲 2023 未來科技獎（左圖）及 2023 TIE 台灣創新技術博覽會金牌獎（右圖）

四、未來發展

為實現產品設計到快速試量產的最後一哩路，未來將成立新創公司，進行募資推廣及商業營運。2021 年臺灣中小企業家數超過 159 萬家，如以具有產品開發或需求小批試量產的企業，初估所占規模 10-20%，即有 15-30 萬台潛在市場規模。初期只要切入此新興藍海市場的 5-10%，保守估計至少能有 1-3 萬台／年訂單商機。如果形成上下游供應鏈產業，即能創造出至少 15 億以上產值。因此，未來將正式上架至各銷售通路與示範展售點，積極進行國際市場拓展，以掌握市場優勢。