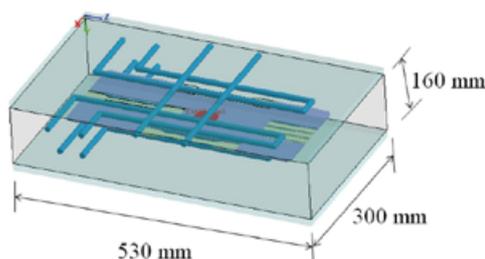
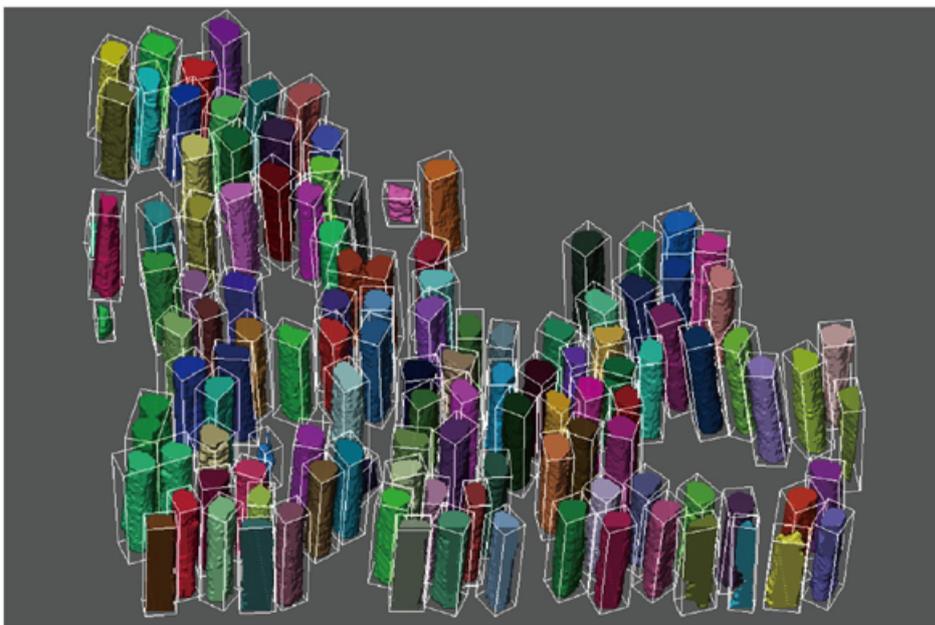
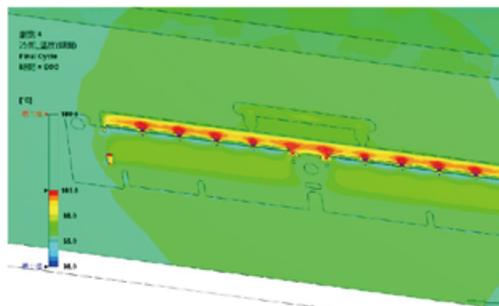


【產業輕量化與無損檢測技術之最新發展與應用】



專題主編：黃招財 教授(淡江大學)

- 應用無損檢測技術剖析纖維排向效應與射出成品幾何變化之關聯性
- 產品設計對長纖維分佈變化之影響與表徵
- 深度學習於3D材料微奈米斷層影像分析之應用
- 從發泡射出探討塑膠材料輕量化之流動、發泡特性及結構強度之變化



專題報導 | 科技新知 | 產業訊息 | 顧問專欄

專題報導

- 功能型材料在產業輕量化應用的研究進展
- 熱塑性長纖複材的介紹與量測
- 微細發泡射出的輕量化塑膠件

科技新知

- 自動化IC封裝模擬分析工作流程
- 塑膠射出成型價格及代工費用解析!
- ULTEM™ DT1820EV 高性能比打造炫目金屬化效果

顧問專欄

- 第79招-【評估塑件與埋入件設計篇】
- 近十年MIM的產品應用Part VII:齒輪

產業訊息

- 2023年第32屆土耳其國際塑膠展
- 2023 DMP大灣區工業博覽會
- 塑膠製品質量檢測:多重方法的綜合應用
- 無損檢測更適合追求輕量化的含纖複合材料



從功能型射出機，邁向智慧型射出機

SMB智慧機上盒/塑膠製品業**第一名**

9件專利認證



聯網化

- ✓ 連結【機台數據】
- ✓ 全面提高工廠數據即時性與正確率

可視化

- ✓ 解析【關鍵數據】
- ✓ 提高生產效率

透明化

- ✓ 精煉【核心數據】
- ✓ 降低管理成本
- ✓ 簡化生產流程

生產管理 (機台聯網)



- 模具管理
- 原料管理
- 機台管理
- 生產排程
- 維護保養
- 行動報工
- 效率分析

製程管理 (數據管理)



- 設備聯網
- 成型條件
- 實際數據
- 能源管理
- 製程管制
- 成型履歷
- 預測指標

品質管理



- 線上監測
- 模內壓力
- 視覺辨識
- 深度學習
- 人工智慧
- 設備標定
- 成型優化

型創科技顧問團隊



30年模具與成型產業專業輔導經驗



SMB計畫塑膠製品業第一名

廣告編號 2023-09-A01

mit 型創科技顧問股份有限公司
minnotec MOLDING INNOVATION TECHNOLOGY CO., LTD.

服務據點

台北 · 東莞 · 蘇州 · 泰國曼谷 · 印尼雅加達

規劃中據點

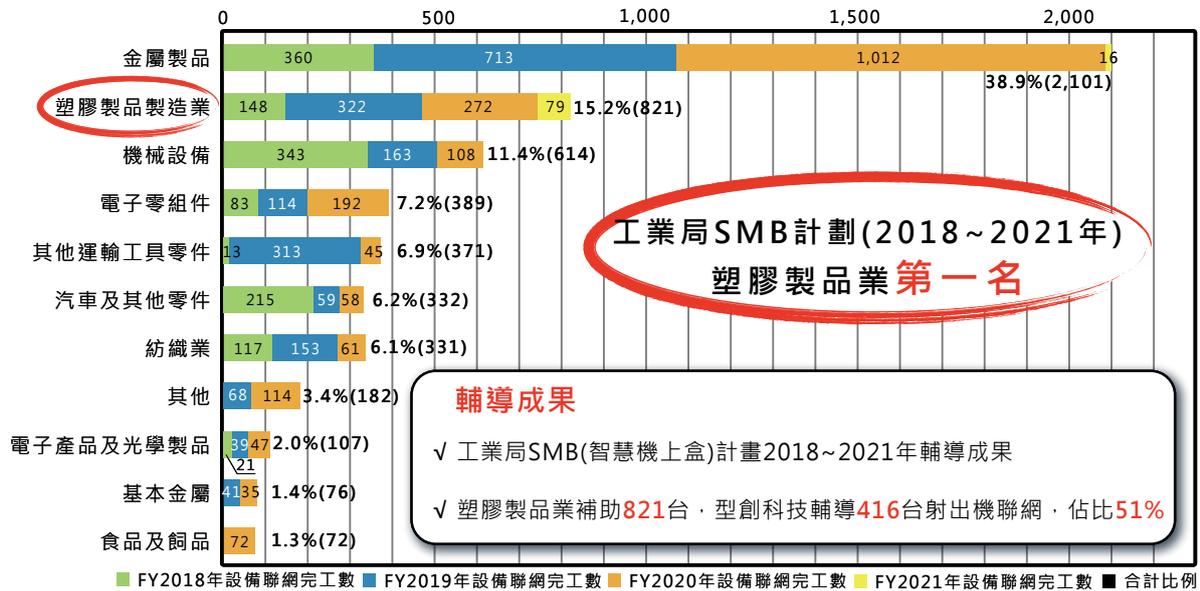
台中 · 台南 · 寧波 · 廈門 · 馬來西亞 · 菲律賓 · 越南

+886-2-8258-9155

info@minnotec.com

https://minnotec.com/iom

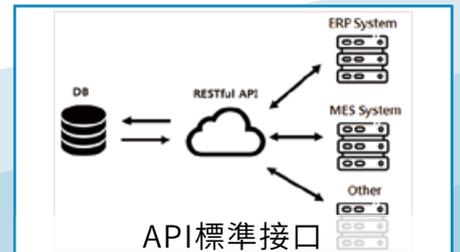
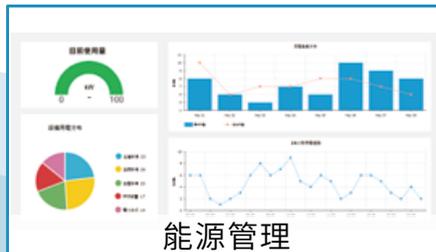
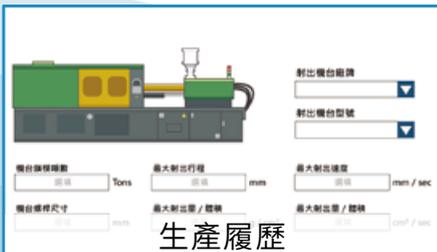




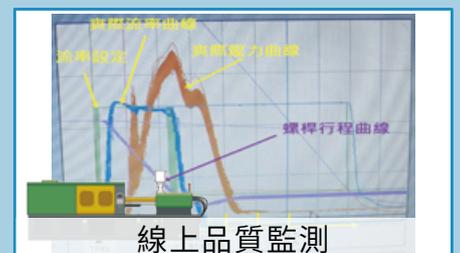
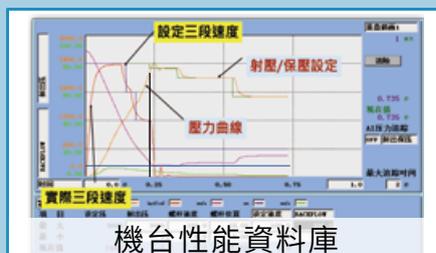
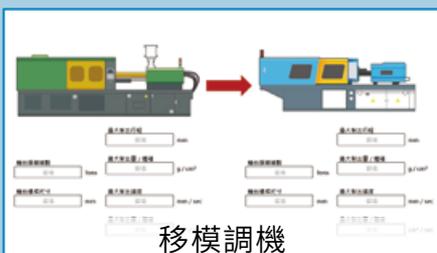
▶ IoM 生產管理(機台聯網)



▶ DoM 製程管理(數據管理)



▶ QoM 品質管理



型創科技顧問團隊 30年模具與成型產業專業輔導經驗 SMB計畫塑膠製品業第一名

廣告編號 2023-09-A02

mit 型創科技顧問股份有限公司
minnotec MOLDING INNOVATION TECHNOLOGY CO., LTD.

服務據點 台北·東莞·蘇州·泰國曼谷·印尼雅加達 規劃中據點 台中·台南·寧波·廈門·馬來西亞·菲律賓·越南

+886-2-8258-9155

info@minnotec.com

https://minnotec.com/iom



發行單位 台灣區電腦輔助成型技術交流協會
製作單位 型創科技顧問股份有限公司
發行人 蔡銘宏 Vito Tsai

編輯部
總編輯 劉文斌 Webin Liu
執行主編 許正明 Billy Hsu
設計排版 許正明 Billy Hsu

行政部
行政支援 林靜宜 Ellie Lin
封旺弟 Kitty Feng
劉香伶 Lynn Liu
陳汝擘 Sharon Chen
陳柏蓁 Jean Chen
陳俞靜 Sara Chen
何凱琳 Karin He
陽 敏 Mary Yang

技術部
技術支援 唐兆璋 Steve Tang 于翔 Bernard Yu
張仁安 Angus Chang 尹睿璇 Knify
楊崇邠 Benson Yang 詹汶霖 William Zhan
李志豪 Terry Li
張林林 Kelly Zhang
羅子洪 Colin Luo
王海滔 Walk Wang
羅偉航 Robbin Luo
邵夢林 Liam Shao
劉家孜 Alice Liu
彭楷傑 Eason Peng

專題報導
專題主編 黃招財 教授
特別感謝 淡江大學、成功大學、逢甲大學、大東樹脂化學、
科盛科技、健行科大、擎擘、緯凱工業、沙特基
礎工業、型創科技、林秀春、邱耀弘

讀者專線 :+886-2-8969-0409

傳真專線 :+886-2-8969-0410

雜誌官網 :www.smartmolding.com

※【SMART Molding】雜誌是由 ACMT 協會發行，委託型創科技顧問(股)公司出版製作及訂閱等服務

MIZUKEN®

多功能模具水路清洗機

多機能金型冷卻管洗淨機



功能說明 ▶
機能說明



廣東水研智能設備有限公司

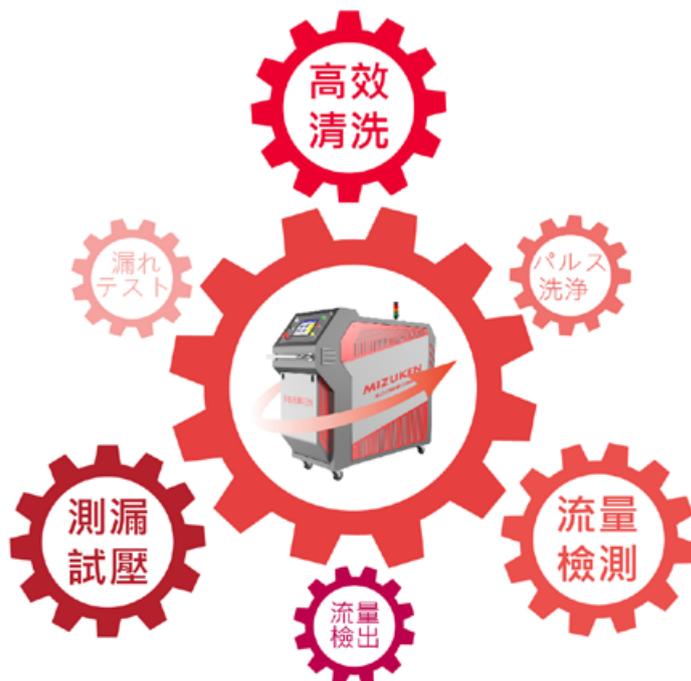
GUANGDONG MIZUKEN INTELLIGENT EQUIPMENT CO.,LTD

地址：廣東省東莞市虎門鎮雅瑤工業二路1號

No.1, Yayao Industrial Second Road, Humen Town,
Dongguan City, Guangdong Province

郵件：joinhung@gmail.com

網址：www.mizuken.com.cn



廣告編號 2023-09-A03

TEL +886-938009549

廣告索引



型創 AloM 智慧型射出機聯網方案 ---	P2(A01)
型創 AloM 智慧型射出機聯網方案 ---	P3(A02)
水研 -----	P5(A03)
ARBURG -----	P9(A04)
冠理科技 -----	P43(A05)
數位版雜誌宣傳 -----	P47(A06)
型創應力偏光儀 -----	P58(A07)
優伶科技 -----	P67(A08)
DMP 2023 大灣區工業博覽會 -----	P83(A09)
映通——微射出成型解決方案 -----	P88(A10)

出版單位：台灣區電腦輔助成型技術交流協會

出版地址：台灣 220 新北市板橋區文化路一段 268 號 6 樓之 1

讀者專線：+886-2-8969-0409

傳真專線：+886-2-8969-0410

雜誌官網：www.smartmolding.com

ACMT 模具月刊 第 044 期
www.smartmolding.com 2020/12

SMART Molding Magazine 模具與成型智慧工廠雜誌
ACMT SMART Molding Magazine

【AI 虛實整合：工業 4.0 時代的數位分身】

專題主編：張國裕 博士

• 具中台互聯工業 4.0 數位分身製造
• 數據驅動 AI 智慧製造 專家張國裕博士
• 具高台互聯智慧製造
• 具數位分身製造製造
• 具智慧製造 工業 4.0 時代的數位分身

INDUSTRIAL 4.0

專題報導 | 科技新知 | 產業訊息 | 顧問專欄

專題報導

- 具中台互聯工業 4.0 數位分身製造
- 數據驅動 AI 智慧製造 專家張國裕博士
- 具高台互聯智慧製造
- 具數位分身製造製造

科技新知

- 具中台互聯工業 4.0 數位分身製造
- 數據驅動 AI 智慧製造 專家張國裕博士
- 具高台互聯智慧製造
- 具數位分身製造製造

產業訊息

- 具中台互聯工業 4.0 數位分身製造
- 數據驅動 AI 智慧製造 專家張國裕博士
- 具高台互聯智慧製造
- 具數位分身製造製造

顧問專欄

- 具中台互聯工業 4.0 數位分身製造
- 數據驅動 AI 智慧製造 專家張國裕博士
- 具高台互聯智慧製造
- 具數位分身製造製造

ACMT 模具月刊 第 044 期
www.smartmolding.com 2020/11

SMART Molding Magazine 模具與成型智慧工廠雜誌
ACMT SMART Molding Magazine

【模具成型產業的最新光學技術與應用】

專題主編：陳昭彰 教授

• T-SLM 之光學化光學控制
• 3D 打印與光學技術應用
• 光學技術與光學技術應用
• 光學技術與光學技術應用
• 光學技術與光學技術應用

專題報導 | 科技新知 | 產業訊息 | 顧問專欄

專題報導

- T-SLM 之光學化光學控制
- 3D 打印與光學技術應用
- 光學技術與光學技術應用
- 光學技術與光學技術應用

科技新知

- T-SLM 之光學化光學控制
- 3D 打印與光學技術應用
- 光學技術與光學技術應用
- 光學技術與光學技術應用

產業訊息

- T-SLM 之光學化光學控制
- 3D 打印與光學技術應用
- 光學技術與光學技術應用
- 光學技術與光學技術應用

顧問專欄

- T-SLM 之光學化光學控制
- 3D 打印與光學技術應用
- 光學技術與光學技術應用
- 光學技術與光學技術應用

ACMT 模具月刊 第 044 期
www.smartmolding.com 2020/10

SMART Molding Magazine 模具與成型智慧工廠雜誌
ACMT SMART Molding Magazine

【LSR 射出成型的產業應用與發展趨勢】

專題主編：曾豐昌 教授

• LSR 之射成型與成型技術
• 具中台互聯工業 4.0 數位分身製造
• 數據驅動 AI 智慧製造 專家張國裕博士
• 具高台互聯智慧製造

專題報導 | 科技新知 | 產業訊息 | 顧問專欄

專題報導

- LSR 之射成型與成型技術
- 具中台互聯工業 4.0 數位分身製造
- 數據驅動 AI 智慧製造 專家張國裕博士
- 具高台互聯智慧製造

科技新知

- LSR 之射成型與成型技術
- 具中台互聯工業 4.0 數位分身製造
- 數據驅動 AI 智慧製造 專家張國裕博士
- 具高台互聯智慧製造

產業訊息

- LSR 之射成型與成型技術
- 具中台互聯工業 4.0 數位分身製造
- 數據驅動 AI 智慧製造 專家張國裕博士
- 具高台互聯智慧製造

顧問專欄

- LSR 之射成型與成型技術
- 具中台互聯工業 4.0 數位分身製造
- 數據驅動 AI 智慧製造 專家張國裕博士
- 具高台互聯智慧製造

其他主題的模具與成型智慧工廠雜誌
邀請產業界專家與企業技術專題
每個月定期出刊!

ACMT 模具月刊 第 043 期
www.smartmolding.com 2020/09

SMART Molding Magazine 模具與成型智慧工廠雜誌
ACMT SMART Molding Magazine

【特殊高性能材料之介紹與相關應用技術】

專題主編：劉文斌 技術總監

• 具中台互聯工業 4.0 數位分身製造
• 數據驅動 AI 智慧製造 專家張國裕博士
• 具高台互聯智慧製造

專題報導 | 科技新知 | 產業訊息 | 顧問專欄

專題報導

- 具中台互聯工業 4.0 數位分身製造
- 數據驅動 AI 智慧製造 專家張國裕博士
- 具高台互聯智慧製造

科技新知

- 具中台互聯工業 4.0 數位分身製造
- 數據驅動 AI 智慧製造 專家張國裕博士
- 具高台互聯智慧製造

產業訊息

- 具中台互聯工業 4.0 數位分身製造
- 數據驅動 AI 智慧製造 專家張國裕博士
- 具高台互聯智慧製造

顧問專欄

- 具中台互聯工業 4.0 數位分身製造
- 數據驅動 AI 智慧製造 專家張國裕博士
- 具高台互聯智慧製造

ACMT 模具月刊 第 042 期
www.smartmolding.com 2020/08

SMART Molding Magazine 模具與成型智慧工廠雜誌
ACMT SMART Molding Magazine

【射出工廠的數位化轉型：IT 與 OT 的相遇】

專題主編：董廷輝 ACMT 副社長

• 具中台互聯工業 4.0 數位分身製造
• 數據驅動 AI 智慧製造 專家張國裕博士
• 具高台互聯智慧製造

專題報導 | 科技新知 | 產業訊息 | 顧問專欄

專題報導

- 具中台互聯工業 4.0 數位分身製造
- 數據驅動 AI 智慧製造 專家張國裕博士
- 具高台互聯智慧製造

科技新知

- 具中台互聯工業 4.0 數位分身製造
- 數據驅動 AI 智慧製造 專家張國裕博士
- 具高台互聯智慧製造

產業訊息

- 具中台互聯工業 4.0 數位分身製造
- 數據驅動 AI 智慧製造 專家張國裕博士
- 具高台互聯智慧製造

顧問專欄

- 具中台互聯工業 4.0 數位分身製造
- 數據驅動 AI 智慧製造 專家張國裕博士
- 具高台互聯智慧製造

ACMT 模具月刊 第 041 期
www.smartmolding.com 2020/07

SMART Molding Magazine 模具與成型智慧工廠雜誌
ACMT SMART Molding Magazine

【產業輕量化與無損檢測技術應用】

專題主編：黃紹財 副教授

• 具中台互聯工業 4.0 數位分身製造
• 數據驅動 AI 智慧製造 專家張國裕博士
• 具高台互聯智慧製造

專題報導 | 科技新知 | 產業訊息 | 顧問專欄

專題報導

- 具中台互聯工業 4.0 數位分身製造
- 數據驅動 AI 智慧製造 專家張國裕博士
- 具高台互聯智慧製造

科技新知

- 具中台互聯工業 4.0 數位分身製造
- 數據驅動 AI 智慧製造 專家張國裕博士
- 具高台互聯智慧製造

產業訊息

- 具中台互聯工業 4.0 數位分身製造
- 數據驅動 AI 智慧製造 專家張國裕博士
- 具高台互聯智慧製造

顧問專欄

- 具中台互聯工業 4.0 數位分身製造
- 數據驅動 AI 智慧製造 專家張國裕博士
- 具高台互聯智慧製造



第一手的
模具行業情報



最專業的
模具技術雜誌



最豐富的
產業先進資訊

www.smartmolding.com
ACMT SMART Molding Magazine



目錄 Contents

專題報導 In-depth Coverage

- 12 應用無損檢測技術剖析纖維排向效應與射出成品幾何變化之關聯性
- 26 產品設計對長纖維分佈變化之影響與表徵
- 34 從發泡射出探討塑膠材料輕量化之流動、發泡特性及結構強度之變化
- 40 功能型材料在產業輕量化應用的研究進展
- 44 熱塑性長纖複材 (Long Fiber Reinforced Thermoplastics) 的介紹與量測
- 48 微細發泡射出的輕量化塑膠件
- 50 良率精進方案：深度學習於 3D 材料微米斷層影像分析之應用

科技新知 Technology showcase

- 60 自動化 IC 封裝模擬分析工作流程
- 64 塑膠射出成型價格及代工費用解析！塑膠射出成本如何估價與計算？
- 68 SABIC 推出 ULTEM™ DT1820EV 樹脂 以高性價比打造炫目金屬化效果，提升消費電子產品設計感

顧問專欄 What experts say

- 70 第 79 招、電子產品塑膠件與埋入件設計應用【評估塑件與埋入件設計篇】
- 74 近十年 MIM 的產品應用 Part VII：齒輪

產業訊息 Industry News

- 78 2023 年第 32 屆土耳其國際塑膠展 PLAST EURASIA ISTANBUL
- 80 2023 DMP 大灣區工業博覽會
- 84 塑膠製品質量檢測：多重方法的綜合應用
- 86 無損檢測更適合追求輕量化的含纖複合材料

新登場!



數位版雜誌上線中！
隨時隨地都能閱讀！

工業
機械強度

材料的開放選擇

阿博格塑膠無模成型技術

3D列印技術

小型系列

10 YEARS
1923-2023
OF THE HEHL COMPANY



2023 年 10 月 17-21 日

A3 展館, 3101 展台
德國, 杜塞爾多夫

WIR SIND DA.

為您的增材製造創造更大的靈活性! 我們的兩臺 freeformer 為您提供優質單個產品和小批量工業製造所需的一切: 不同的結構尺寸、兩個或三個防護裝置、多種檢驗合格的原裝塑膠。它們還適合製造耐負荷的硬膠/軟膠結合複雜功能性部件。有我們的開放式系統在手, 一切皆有可能!

www.arburg.com.tw

ARBURG

阿博格



黃招財 淡江大學 教授

現職

- 現任淡江大學化學工程與材料工程學系 教授
- 現任高分子加工與產品管理實驗室主持人

經歷

- 行政院環保署廢棄物管理處技士
- 工研院化工所研究員
- 科盛科技公司技術研發部經理及協理

專長

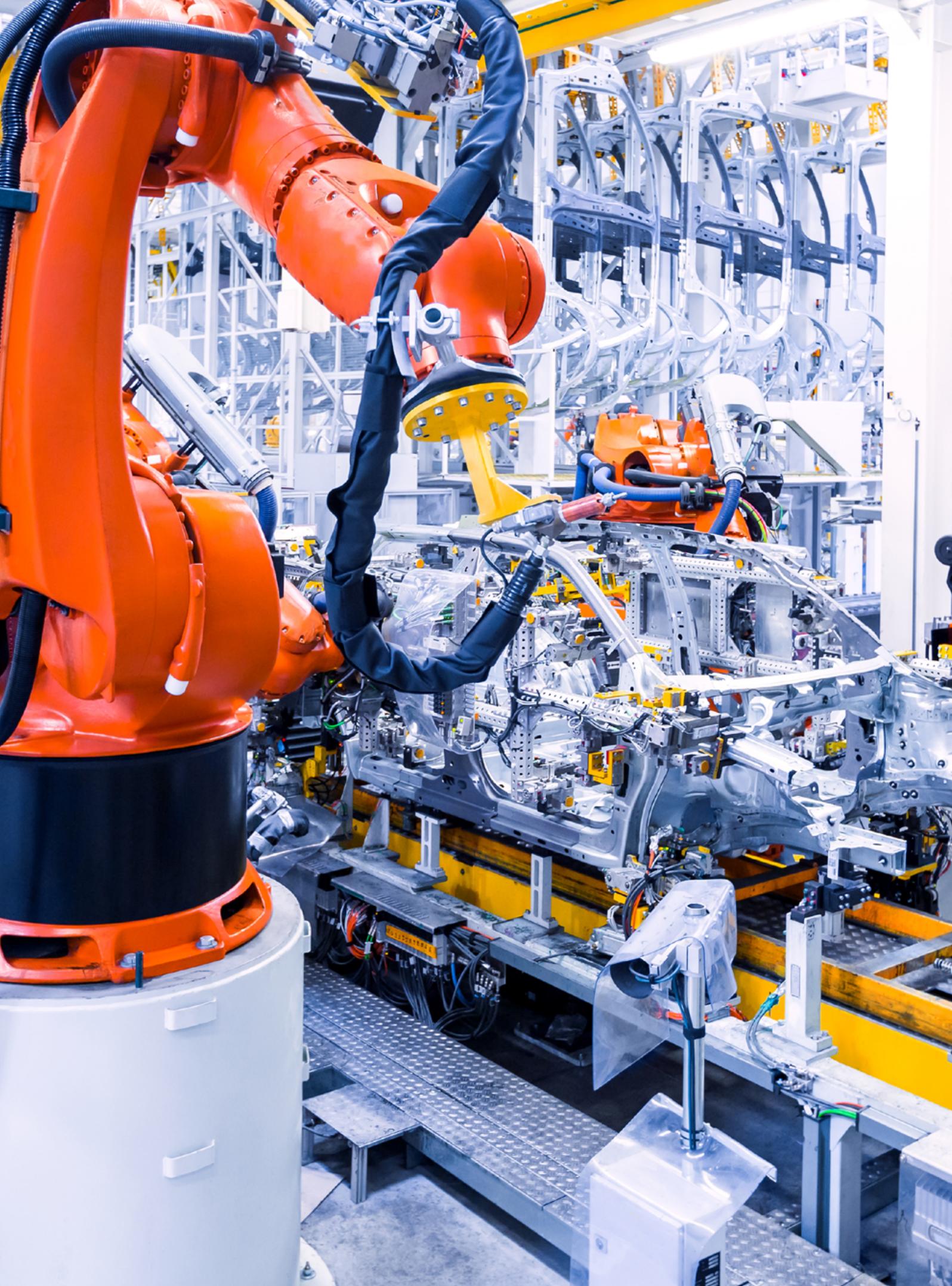
- 高分子加工理論與實務
- 高分子流變學
- 高分子特殊成型原理與實務
- 光電高分子與其應用
- 高分子產品設計與其生命週期管理

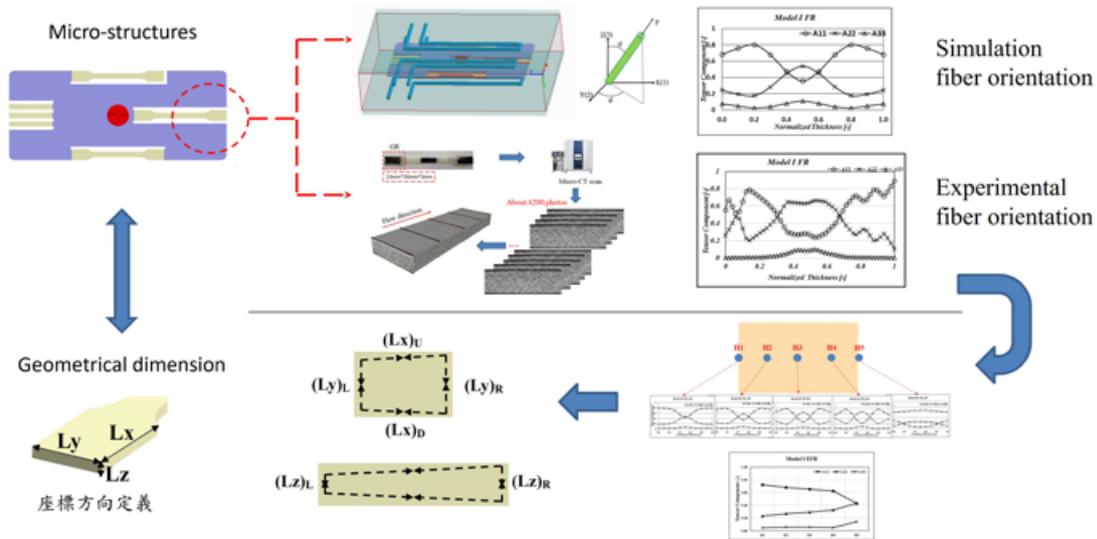
產業輕量化與無損檢測技術之最新發展與應用

隨著淨零碳排的使命，加上碳盤查與碳稅的急促壓力下，如何能減少能源消耗及碳排，已變成全球共同努力的目標。其中應用塑膠纖維複材輕量化技術可讓交通運具減少碳排與有效提升效能，已成為產業輕量化主力之一。不過，時至今日，塑膠纖維複材輕量化技術仍面臨許多問題與疑點，譬如：如何較正確地檢視與掌握纖維之微結構（包括：纖維的排向、長度、濃度），是選擇透過破壞性實驗加上光學檢測，抑或是利用微電腦斷層掃描加上影像處理技術呢？再來，纖維微結構對成品巨觀特性之關聯性到底為何，也就是說纖維微結構會如何影響射出成品之機械特性及產品幾何精度呢？目前仍未全然理解。

另外，長期以來纖維在成品的保留長度 (retain length) 一直是攸關射出成品機械特性最重要因素之一，但從產品設計、流道設計、操作條件變化如何影響此等纖維特性變化，我們的理解仍遠遠不足。再者，塑膠纖維複材加上微細發泡技術，理論上有機會可讓輕量化效益更高，因此全球許多輕量化領先團隊都聲稱擁有相關應用技術；然而，纖維的出現加上氣泡成長的複雜交互作用，特別是從螺桿至模穴歷程中，熔膠本體與其物性如何變動，真的如此容易被量化並掌握了嗎？還有，在熔膠內在的纖維長度配方如何受螺桿製程影響？相關重要材料製程特性要如何量測？還有，針對數以萬計的纖維微結構難以採用人眼判斷，如何應用新穎的人工智慧 (AI) 協助我們快速剖析與掌握。最後，針對輕量化的研究，許多學術界與業界的研發團隊也持續努力耕耘中。

為釐清這一連串與產業輕量化暨無損檢測技術的種種問題與挑戰，以及掌握新穎的發展，本專題特別從材料配方、特性量測、設計與製程參數、微觀特徵與巨觀特性關聯多面向思考，邀請台灣在此領域的頂尖專家為大家解惑，相信在逐一閱覽各頂尖專家大作後，必定增進您在產業輕量化與無損檢測技術的內涵與價值。■





應用無損檢測技術剖析纖維排向效應與射出成品幾何變化之關聯性

■淡江大學 化學工程與材料工程學系 / 黃招財 教授

摘要

近年來為了減少化石燃料汽車排放問題，採用纖維強化塑膠 (Fiber reinforced thermoplastics, FRP) 製備汽車零組件，藉由汽車輕量化後提升燃油效能，改善排放問題。然而，纖維強化塑膠在經歷複雜的射出成型製程中，纖維到底如何產生強化機制，此等機制如何由內而外，或者由外而內可以被適當地量化，甚至調控，目前並未完善。再者，此等強化機制又會如何影響射出成品的幾何變化，至今仍不完全掌握。

為此，本文利用一個具有三種不同進澆型態的複合幾何模型，運用虛擬之無損檢測技術模擬分析來研究不同流場區域（從靠近澆口到充填結束區域）纖維排向如何變化，接著透過實際之射出成型製程，加上微電腦斷層掃描與影像處理（實際無損檢測技術）進行射出成品內在之纖維排向實務解析與驗證。之後，再深入觀察射出成品在不同流場區域所展示之幾何變形結果，進一步建立纖維排向變化與射出成品幾何收縮變

形之關聯性。結果顯示，透過數值模擬分析與微電腦斷層兩種無損檢測技術所獲得之纖維排向特性相當吻合，特別是在充填結束區域 (end of filling region, FR) 時，原先在平行流動方向之纖維排向張量 (A_{11}) 會迅速減小，同時在垂直接流動方向 (A_{22}) 及厚度方向之纖維排向張量 (A_{33}) 會增強；此等之纖維排向張量變化驅使 A_{11} 與 A_{22} 產生交錯現象，進而導致垂直接流動方向主導，明顯改變纖維排向特性。此等微結構特性變化，可經微電腦斷層掃描與影像處理技術獲得證實。

另外，透過射出成品之幾何收縮變化探討發現，在靠近澆口區域 (near gate region, GR)，成品之幾何外觀收縮呈現左右對稱收縮，而且在流動方向收縮變化最小，甚至膨脹，此部份主要因為平行流動方向纖維排向張量 A_{11} 主導該區域所致。然而，在充填結束區域 (FR) 時，流動方向抵抗收縮貢獻度明顯減小，在此同時垂直接流動方向與厚度方向之抵抗收縮貢獻度相對增強，導致成品呈現收縮左右不對稱之外觀，此現象主

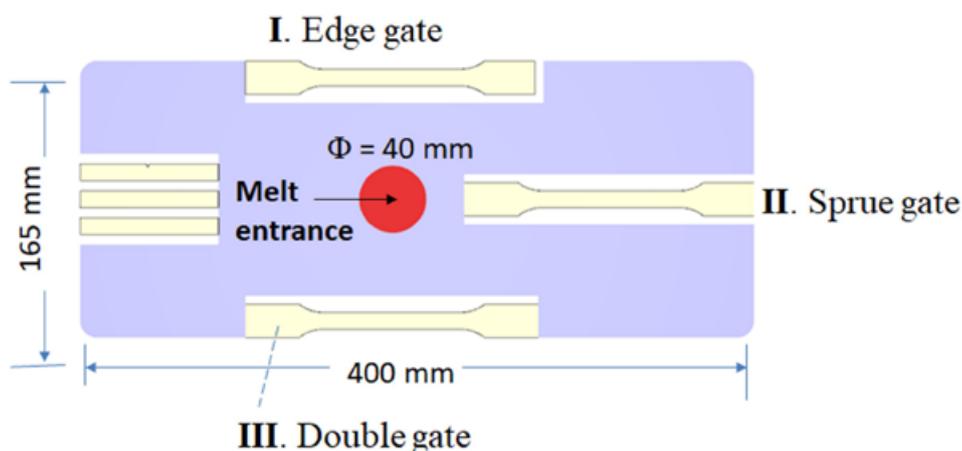


圖 1a：具有三個不同澆口設計之幾何模型

要是由內在之纖維排向張量由平行流動方向轉至垂直流動方向及厚度方向所致，此等結果能透過無損檢測技術明確證明纖維排向變化與射出成品幾何收縮變化有相當一致之關聯性。

前言

由於地球暖化問題越來越嚴重，溫室氣體的排放被認定是造成地球暖化問題最主要的原因之一，其中根據美國環保署近年來的調查發現，最主要的溫室氣體排放來源之一為燃燒化石燃料之交通運輸工具所造成 [1]，為減緩此等問題，過去幾年許多國家都努力投入汽車輕量化技術，思考讓汽車總重量減輕，提升車駕效能並減少排放，此等做法也同樣有利於現代及外來電動車的運行。

再者，想要達成汽車輕量化技術主要是利用塑膠複合材料來製作部份之汽車零組件，透過以塑代鋼讓整體重量減輕。此等塑膠複合材料的常見相關技術，包括：

- 將非連續式纖維與熱塑型塑料，利用射出製程製作成品；
- 將非連續式纖維與塑料，利用擠壓製程製作成品；
- 將連續式纖維先編織排列，再利用熱固型塑料灌製

固化製作品 [2-4]。

不論哪一種製程，理念上都希望纖維在熔膠內能夠均勻分散，進而提供複合材料構成之產品有一定強度與韌性 [5-6]。然而，纖維在此等成品中到底如何扮演好增強材料特性之角色，常常受制於纖維在熔膠中如何排列，但此等排列非常不容易觀察與確認。

一般而言，經歷三十年的努力，目前要了解纖維在熔膠中的排列方式，一方面可透過理論分析虛擬實境方式來進行推估與預測，此等學理較有系統 Folgar and Tucker [7] 提出了短纖維排向預測理論，之後 Advani 等人 [8-9] 持續強化理論模型用來推測短纖維之排向與其效應。透過此等理論模型的幫助，讓近代產學界對於纖維強化塑膠射出成品的設計開發有了良好之指引 [10-11]。

然而，如同 Thomason [5] 建議，足夠長度之纖維是確保衝擊強度需求之基本要求，因此在實務上如何將長纖維導入高分子材料內，並且在經歷高溫高壓的射出製程後仍能保有一定長度，以及長纖維微結構如何影響，不論從學理預測或是實驗觀察，都非常挑戰。

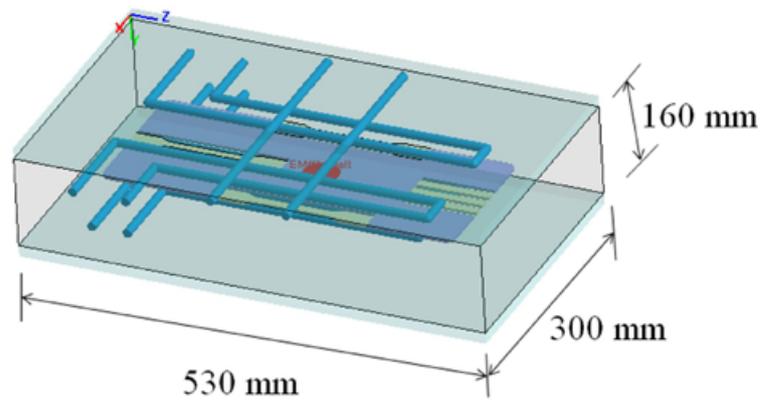


圖 1b：模座及冷卻水路佈局

為了進一步探究長纖維強化塑膠之微結構性質，有許多學者陸續提出 Anisotropic Rotary Diffusion(ARD) model[12]，Reduced Strain Closure(RSC) model[13-14]。但是此等數值理論模型需要許多額外參數，使用上非常複雜。為此，Tseng 等人 [15] 進一步提出 iARD-RPR 數值理論模型，簡化模型參數，並導入於商用軟體 Moldex3D 軟體中，也成功展示於長纖維射出成型產業應用中 [16]。

另一方面，纖維在熔膠中的排列方式也可透過實際之實驗觀察，包括：可透過破壞性之光學法，利用將樣品切割 / 拋光 / SEM 或 TEM 顯微鏡方式進行檢測 [17-18]；或是透過電腦斷層掃描 (CT scan)/ 影像處理之無損檢測技術來達成 [19-20]。其中採用光學法需利用減法方式將樣品逐一拋除，再利用光學顯微鏡進行樣品表面特性表徵，再擷取影像進行處理判斷，此法影響準確度之參數很多。另外，利用電腦斷層掃描 (CT scan) 及影像處理之無損檢測技術若要是讓樣品透過三維之電腦斷層掃描廣泛地蒐集內在的微結構特徵，再利用影像處理技術進行微結構特徵之評估與分析，此方法是否足夠精確與斷層掃描的條件給定，以及後續影像處理技術優異與否很有關係。然而，不論利用理論分析或是實驗觀察所得之纖維排向，除了要面臨

如何評估其準確性與否外，此等排向到底如何與加工製程引發之產品幾何變化有一定關聯性，至今並沒有完整的解決方案。特別是複合材料內在纖維排向變化如何進一步影響射出成品之幾何收縮變形之關聯性，也就是如何具體體驗纖維排向變化，就作者所知，目前仍非常稀少 [21-22]。

為此，本篇文章將先詳細說明如何透過無損檢測技術（包括：虛擬實境之 CAE 模擬分析技術，以及透過電腦斷層掃描 (CT scan)/ 影像處理之實務技術）掌握非常複雜且不易觀察檢測到之纖維排向微結構特性變化。接著，再從射出成品之幾何尺寸之量測與分析，掌握成品巨觀變形的趨勢與量值。之後，進一步整合纖維排向微結構特性變化與巨觀變形的關係。透過此等作動展現無損檢測技術如何協助產業朋友能夠看透複雜之纖維排向微結構特性，與其具體之影響。

理論背景

此研究中，纖維強化熱塑性塑膠材料 (Fiber reinforced thermoplastic, FRP) 假設為不可壓縮之牛頓流體。此等塑料在射出成型製程中所產生之三維流動系統，將以下列之主控方程式 (Governing Equation) 及纖維微結構之數學模型進行表示。

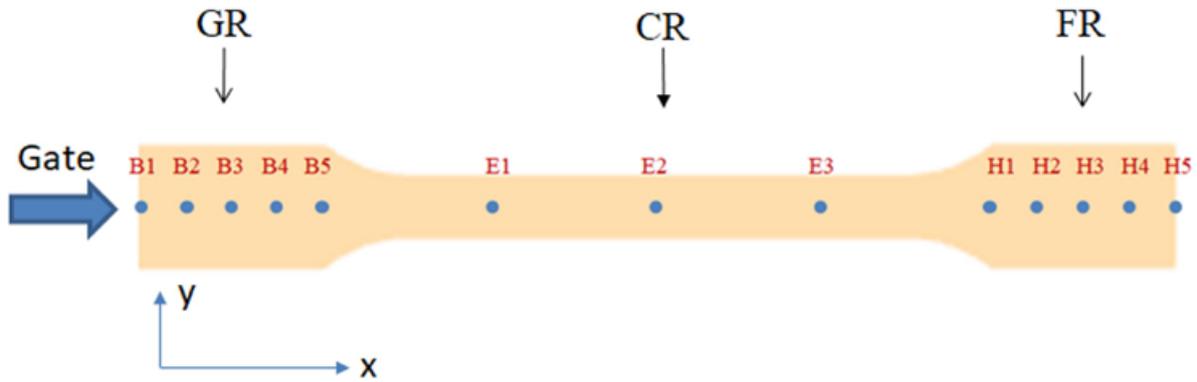


圖 2：量測節點位置定義。其中 x 為熔膠流動方向；y 為熔膠垂直流動方向；z 為產品厚度方向

高分子熔膠流場模型

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot \rho \mathbf{u} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho \mathbf{u}) + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u} \mathbf{u}) = \nabla \cdot \boldsymbol{\sigma} + \rho \mathbf{g} \quad (2)$$

$$\boldsymbol{\sigma} = -P\mathbf{I} + \boldsymbol{\tau} \quad (3)$$

$$\rho C_p \left(\frac{\partial T}{\partial t} + \mathbf{u} \cdot \nabla T \right) = \nabla \cdot (k \nabla T) + \boldsymbol{\tau} : \mathbf{D} \quad (4)$$

其中 \mathbf{u} 是速度向量； T 是溫度； $\boldsymbol{\sigma}$ 全應力張量 (total stress tensor)； $\boldsymbol{\tau}$ 應力張量 (extra stress tensor)； \mathbf{g} 重力加速度； t 為時間； P 是壓力； ρ 是密度； k 為熱傳導係數； C_p 為比熱； \mathbf{D} 應變速率張量。

另外，針對高分子熔膠在不考慮流動與纖維耦合作用下，其應力張量可表示如下：

$$\boldsymbol{\tau} = 2\eta \mathbf{D} \quad (5)$$

其中 η 為高分子熔膠之剪切黏度。

再者，高分子熔膠之剪切黏度將隨溫度變化情況，可表示如下：

$$\eta(T, \dot{\boldsymbol{\tau}}) = \frac{\eta_0(T)}{1 + (\eta_0 \dot{\boldsymbol{\tau}} / \tau^*)^{1-n}} \quad (6)$$

以及

$$\eta_0(T) = B \text{Exp} \left(\frac{T_0}{T} \right) \quad (7)$$

其中 n 為 power law 指數； η_0 是指零剪切黏度 (zero shear viscosity)； τ^* 是指零剪切至 power law 剪切之

過渡區域應力張量。

纖維排向模型

在 FRP 熔膠中，每一根纖維可被視為具有剛性的軸對稱硬棒，而其單位向量為 \mathbf{p} ，沿軸向可描述纖維排向，

$$A = \oint \psi(\mathbf{p}) \mathbf{p} \mathbf{p} \mathbf{p} \mathbf{p} \quad (8)$$

其中， $\psi(\mathbf{p})$ 為定向空間上的概率密度分布函數。 A_4 為四階方向向量，其定義為：

$$A_4 = \oint \psi(\mathbf{p}) \mathbf{p} \mathbf{p} \mathbf{p} \mathbf{p} \mathbf{p} \mathbf{p} \quad (9)$$

此張量恰巧為一對稱張量，為了處理這個複雜的張量系統，Tseng 等人 [15] 提出了一種新的纖維排向模型，結合 Jeffery 的流體力學 (HD) 模型，即為 iARD-RPR 模型：

$$\dot{A} = \dot{A}_{HD} + \dot{A}_{iARD}(C_I, C_M) + \dot{A}_{RPR}(\alpha) \quad (10)$$

詳細 RPR 模型及 iARD 模型可見於 [4]

$$\dot{A}_{HD} = (W \cdot A - A \cdot W) + \xi(D \cdot A + A \cdot D - 2A_4 : D) \quad (11)$$

其中， W 是渦度張量， D 為應變速率張量， ξ 是單一纖維的形狀因子。

射出成型系統之模型與資訊

模擬分析之模型與資訊

圖 1a 為本研究之產品幾何模型，此產品外觀尺寸為

操作參數	條件設定
充填時間(秒)	1.49 秒
保壓時間(秒)	5 秒
保壓壓力(MPa)	69.1 MPa
冷卻時間(秒)	15 秒
料溫 (°C)	260 °C
模溫 (°C)	25 °C

表 1：射出成型製程之操作條件設定

400 mm × 165 mm × 3 mm，內含有三個不同進澆方式的 ASTM D638 標準拉伸試片（試片尺寸為 172 mm × 20 mm × 3 mm），分別是 (I) 側邊入料之模型，(II) 直接入料之模型，以及 (III) 雙邊入料之模型。圖 1b 則為模座及冷卻水路。為了探索流纖維排向微結構變化，特別是將每一個標準拉伸試片再分成三個區域，分別是為靠近澆口區域 (Gate Region, GR)，中間區域 (Center Region, CR) 以及流動末端區域 (end of Filling Region, FR)，並在每個區域再安置多個量測節點，以確定能詳細搜集各項可能影響產品之因子，如圖 2 所示。再者，射出成型製程主要之操作參數為充填時間為 1.49 秒，保壓時間為 5 秒，冷卻時間為 15 秒，其他相關參數如表 1 所示。至於所使用之材料，主要為含 3mm 之短纖維複合之聚丙烯材料（由李長榮化工公司供應）。

實驗設備與資訊

圖 3a 為實際所使用的射出機台型號 CLF-180TXL，此機台為全立發機械廠股份有限公司所開發之特殊長纖維機台。圖 3b 為模座及冷卻水路佈局。再者，射出成型主要之操作條件與材料，皆與數值模擬系統相同。另外，後續為瞭解纖維排向如何變化與影響，將利用微電腦斷層掃描 (micro-CT) 技術進行掃描，此部分主

要由工研院材化所 Multiscale X-ray CT 實驗室，利用 Bruker Skyscan 2211 系統所提供之技術。

再者，對於虛擬損檢測技術纖維排向的模擬分析方法，主要是透過 Moldex3D 軟體進行，其中為能精確掌握量測點空間位置，特別利用混成網格方式進行空間離散，如圖 4 所示。應用此等網格檔，在搭配 Moldex3D 軟體專案建立與分析執行即可順利完成虛擬式的無損檢測技術剖析纖維排向效應。

另外，對於實際無損檢測技術執行纖維排向的觀察與量化流程，如圖 5 所示。該作法為先將樣品（以模型 I 為例子）分為三個掃描區域，並標記為黑色。每次只掃描一個區域，之後將待測區域置入 Bruker Skyscan 2211 進行樣品之微電腦斷層掃描（稱為 CT scan）以獲取內部圖像，再將獲取數以千計之圖像利用 Avizo 軟體技術進行 3D 重建為具有纖維分布之模型，如圖 5a 所示。之後，再應用 Avizo 軟體內部之 XFiber 功能進行內部有纖維微結構的估算，完成纖維排向特徵之量測與分析，如圖 5b 所示。之後，每一根纖維都可被個別截取並且確認其空間座標，如圖 5c 所示。

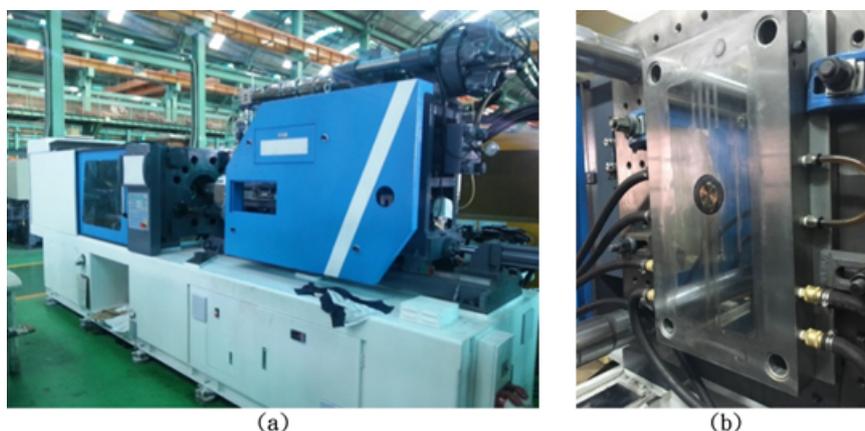


圖 3：實驗設備。(a) 長纖射出機台，型號為 CLF-180TXL；(b) 模座及冷卻水路佈局

結果與討論

應用無損檢測技術進行纖維排向之預測與驗證

為了解射出產品熔膠內之纖維排向變化，此處利用兩種無損檢測技術作為探討之依據，一方面利用 Moldex3D® 軟體執行模擬分析預測，另一方面，將實際射出成品透過微電腦斷層掃描進行內部影像拍攝，再利用 Avizo® 軟體進行影像處理與分析，結果如圖 6 至圖 8 所示。其中，圖 6a 為模型 I 在 B3 量測點時之纖維排向張量模擬分析預測之結果。此結果顯示在接近澆口區域 (GR)，纖維排向張量主要由平行流動方向之分量 A_{11} 所主導。圖 6b 為利用微電腦斷層掃描及影像處理分析後之實驗結果，此結果顯示雖然纖維排向張量絕對量值與模擬分析預測結果並非完全相同，但是纖維排向張量與模擬分析主要由平行流動方向之分量 A_{11} 所主導之趨勢相當一致。

接著探討模型 I 之 E2 量測點 (CR 區域) 時，比較模擬分析與實驗結果，發現模擬分析結果與實驗結果趨勢與量值相當一致。此時，因變化不明顯，此處沒有展示圖片。另外，當我們移至模型 I 之 H3 量測點 (FR) 時，圖 7a 顯示模擬預測纖維排向張量結果，其中在平行流動方向纖維排向張量 A_{11} 在皮層區域會從 0.65 增加到 0.8，但是到了芯層中間區域時卻降至 0.3，而

A_{22} 分量由低點 0.15 增加到 0.6，此處產生 A_{11} 與 A_{22} 分量交錯現象，顯示纖維排向張量在芯層區域改由垂直流動方向之纖維排向分量 A_{22} 所主導。再從實驗之結果觀察，如圖 7b 所示，可以發現模擬分析結果與實驗結果之變化趨勢相當吻合。此處可以進一步推論：當熔膠進入產品充填末端區域 (ER) 時，此時剪切作用力已經變得很小，而熔膠流動與纖維間的耦合效應變得相對明顯，此等作用會進一步推動纖維朝垂直流動方向運動。在此區域可明顯感受到熔膠流動與纖維間的耦合之效應。

另外，我們也很好奇，同一條件下射出之模型 II 成品，其內在之纖維排向是如何變化呢？當我們觀察模型 II 之 B3 位置 (GR 區域) 及 E2 量測點 (CR 區域) 時，可以發現如同模型 I 所觀察到之現象，模擬分析結果與實驗結果趨勢一致（此處沒有展示）。再者，當我們移到模型 II 之 H3 量測點 (FR 區域) 時，如同在模型 I 所見，圖 8a 顯示平行流動方向纖維排向張量 A_{11} 會在芯層中間區域急降，而且會產生 A_{11} 與 A_{22} 分量交錯現象，顯示在芯層區域纖維排向張量主要改由垂直流動方向之纖維排向分量 A_{22} 所主導。再從實驗結果觀察圖 8b，可以發現實驗結果模擬分析結果趨勢相當接近。

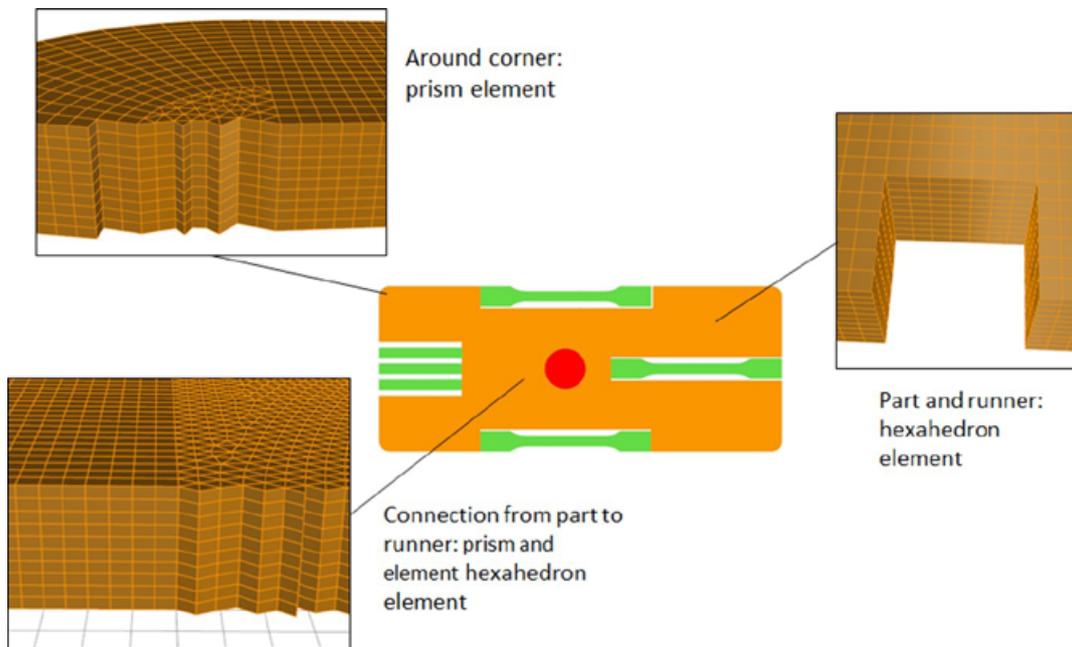


圖 4：產品各區域所使用之網格類型

纖維排向變化與產品幾何變化關聯性探討

此處進一步探索纖維排向變化與產品幾何變化關聯性，針對產品巨觀特性變化，我們進行許多面向的思考，最後決定採用射出成品之各個邊長收縮變化作為評估與比對之標準。為此，我們在每一個區域之量測點利用無損檢測技術逐一完成纖維排向張量之模擬分析與實驗觀察。圖 9 是靠近澆口區域並從 B1 至 B5 纖維排向張量變化情形，此處先從模擬分析結果觀察平行流動方向纖維排向張量 A_{11} ，它會先從單波峰型態，演化最後形成雙波峰型態，而且在此區域由平行流動方向纖維排向張量 A_{11} 主導全局；再者，垂直接流動方向纖維排向張量 A_{22} ，先從單波谷型態展示，演化成具有微量之雙波峰型態。接著再從實驗結果觀察，從平行流動方向纖維排向張量 A_{11} 及垂直接流動方向纖維排向張量 A_{22} 之型態變化，與模擬分析結果還算吻合，而且平行流動方向纖維排向張量 A_{11} 主導全局，整體變化趨勢模擬分析也一致。

再者，除了詳細解析每一個量測點之纖維排向張量以

外，也針對每一個量測點所分析量測之纖維排向張量進行平均，再將該點所得之纖維排向張量 A_{11} 、 A_{22} 、 A_{33} 與流動方向空間位置作圖，結果如圖 10 所示。從 B1 至 B5 模擬分析結果發現，平行流動方向纖維排向張量 A_{11} 從 0.6 逐步增加至 0.7；垂直接流動方向纖維排向張量 A_{22} 從 0.3 逐步減少至 0.2；而厚度方向之纖維排向張量 A_{33} 保持在 0.05 左右。另一方面，圖 10b 為實驗結果顯示，平行流動方向纖維排向張量 A_{11} 從幾乎都維持在 0.8 至 0.9 間震盪；垂直接流動方向纖維排向張量 A_{22} 則維持在 0.15 至 0.2 間震盪；厚度方向之纖維排向張量 A_{33} 幾乎沒有變化。雖然實驗變化趨勢，沒有與模擬分析完全一致，但在此區域間，平行流動方向纖維排向張量 A_{11} 主導此區域之纖維排向特性是相當一致。

接著，圖 11 是以靠近澆口區域 (GR) 為例，用以定義射出成品幾何邊長收縮變化關係，其中圖 11a 的 x 為流動方向， y 為垂直接流動方向。此時四個邊界分別是上側 $(Lx)_U$ 、下側 $(Lx)_D$ 、左側 $(Ly)_L$ 、右側 $(Ly)_R$ ；另

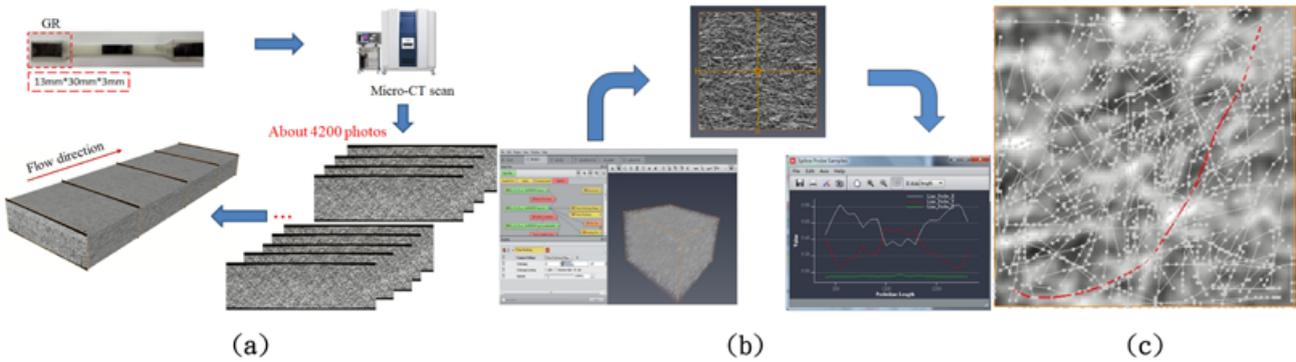


圖 5：實際進行纖維排向的觀察與量化流程圖。(a) 執行顯微 CT 掃描以獲得樣品模型內部影像的程序；(b) 執行影像分析以獲得相關纖維排向分佈；(c) 紅色線條代表單一纖維

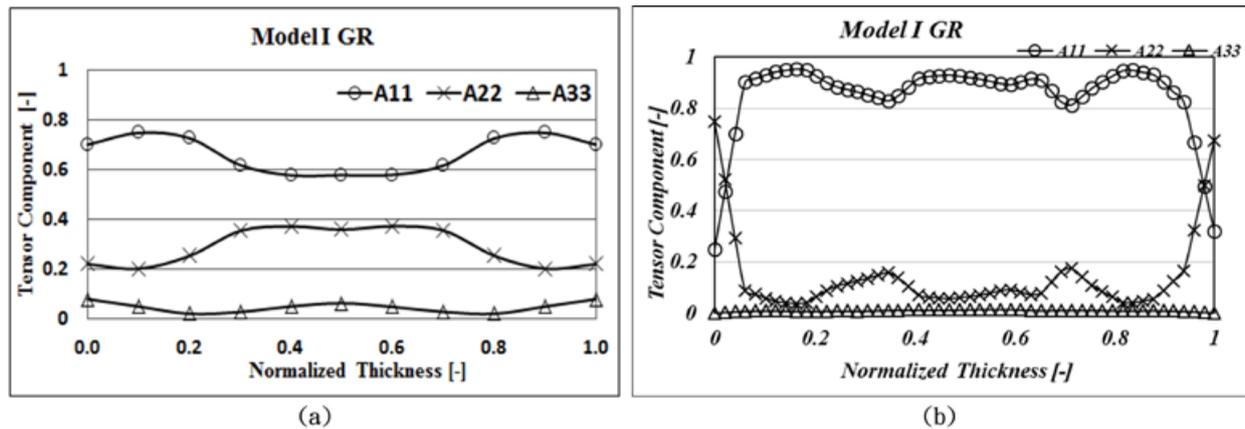


圖 6：模型 I 在 B3 量測點之纖維排向張量微結構特徵。(a) 模擬分析結果；(b) 實驗結果

外，在圖 11b 中 z 為厚度方向，上側 (Lx)_U、下側 (Lx)_D、左側 (Lz)_L、右側 (Lz)_R。利用此等定義，再針對純料 PP（稱為 PP）以及含纖 PP（稱為 30SFPP）材料進行比較，從表 2 得知，當使用 PP 材料時，射出成品之 6 個邊都產生收縮。整體結果在平行流動方向收縮較小，而且每一組對稱邊（比如：上側 (Lx)_U 及下側 (Lx)_D 為一組；左側 (Ly)_L 及右側 (Ly)_R 為一組；厚度方向左側 (Lz)_L 及右側 (Lz)_R 為一組）收縮變化呈現對稱收縮。再者，當改用 30SFPP 材料時，射出成品之 6 個邊變形差異明顯，比如：在流動方向上側 (Lx)_U 及下側 (Lx)_D 約呈現膨脹 2.75%，若與 PP 材料系統相比，收縮改善率 3.25%。再由垂直接流動方向來觀察，

30SFPP 材料系統之左側 (Ly)_L 及右側 (Ly)_R 約收縮 2.0%，對比於 PP 材料時約改善 1.25% 之收縮。再從厚度方向探討，30SFPP 材料系統之左側 (Lz)_L 及右側 (Lz)_R 約收縮 3.0%，對比於 PP 材料時約改善 0.3%。從此等結果並與圖 10 相比較得知，平行流動方向纖維排向張量 A_{11} 所遠大於其他兩個方向，因此強化之作動最明顯，故射出成品內之纖維排向與射出成品之收縮變形有相當一致之關聯性。

再者，當轉到充填結束區域 (FR) 時，圖 12 是靠近澆口區域並從 H1 至 H5 纖維排向張量變化情形，先從模擬分析結果（圖 12a 所示）可以發現平行流動方向

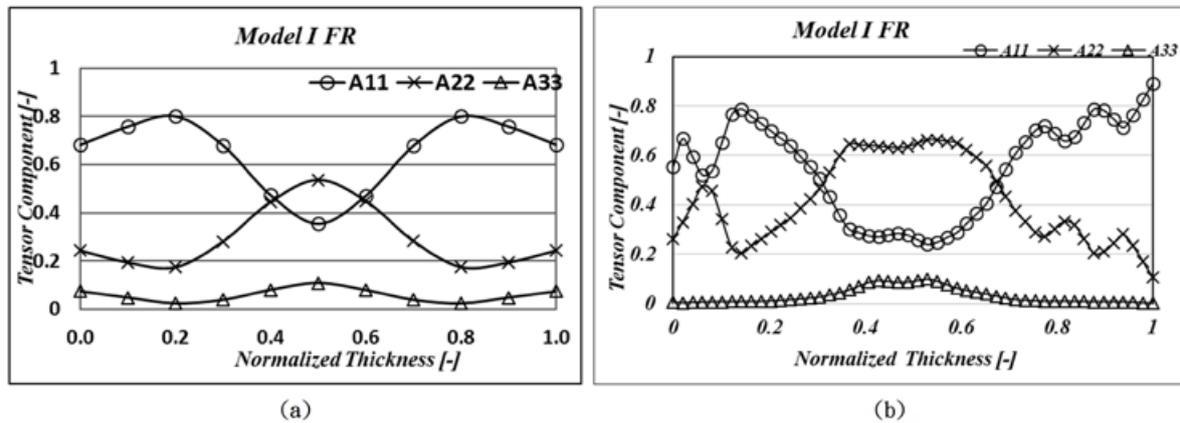


圖 7：模型 I 在 H3 量測點之纖維排向張量微結構特徵。(a) 模擬分析結果；(b) 實驗結果

纖維排向張量 A_{11} ，會從 H1 之最高值逐步下降，最後在 H5 降為 0.43；反之，垂直接流動方向纖維排向張量 A_{22} ，會從 H1 之最低值最後上升至 0.43；而厚度方向纖維排向張量 A_{33} ，從最低值上升至 0.15。再從實驗結果觀察（圖 12b 所示），其中平行流動方向纖維排向張量 A_{11} 會從 H1 之最高值逐步下降至最後 H5 為 0.3；垂直接流動方向纖維排向張量 A_{22} ，會從 H1 之最低值上升至 0.6；而厚度方向纖維排向張量 A_{33} ，先從最低值上升至 0.1。整體而言，模擬分析與實驗觀察變化之趨勢相當一致，特別是在 H4 至 H5 最後一小區，平行流動方向纖維排向張量 A_{11} 將轉化成垂直接流動方向纖維排向張量 A_{22} 及厚度方向纖維排向張量 A_{33} 。

接著，從射出模型 I 成品之充填結束區域 (FR) 收縮變形情況來探討，如表 3 所示。當使用 PP 材料時，射出成品之 6 個邊都產生收縮。整體結果仍是流動方向收縮較小，而且每一組對稱邊幾乎呈現對稱收縮。再者，改用 30SFPP 材料時，射出成品之 6 個邊變形差異很大，特別是左側及右側兩邊呈現收縮不對稱，比如：在流動方向上側 $(Lx)_U$ 及下側 $(Lx)_D$ 約呈現收縮 0.4%，若與 PP 材料系統相比，該等邊長收縮改善率 2.1%；再由垂直接流動方向來觀察，30SFPP 材料系

統之左側 $(Ly)_L$ 收縮 3.24%，對比於 PP 材料時，約改善 0.62% 之收縮，但在右側 $(Ly)_R$ 收縮為 1.5%，對比於 PP 材料時，收縮改善提高至 2.5%，此處明顯發現左側及右側兩邊呈現收縮不對稱現象，此時再由圖 10 得知，垂直接流動方向纖維排向張量 A_{22} 在 H5 遠大於 H1，此等左右不對稱垂直接流動方向纖維排向張量是引導此等左右兩邊呈現收縮不對稱現象之主因，特別是左側收縮大，右側收縮小。另外，在厚度方向再次發現左側及右側兩邊呈現收縮不對稱現象，如同前述，此等不對稱收縮現象主要來自厚度方向纖維排向張量 A_{33} 在左右兩側分布不對稱所引導。所以，透過射出成品之收縮變形結果與纖維排向變化情況，可以證明纖維排向效應確實與射出成品幾何變化有相當一致之關聯性。

再者，轉移至模型 II 時，我們發現在 GR 及 FR 區域，纖維排向張量變化情況與模型情況非常相似，整體而言，在 GR 及 FR 區域時 30SFPP 材料系統之收縮量都遠小於 PP 材料系統，如同模型 I 所得結論，平行流動方向纖維排向張量 A_{11} 所遠大於其他兩個方向，因此強化之作動最明顯，故射出成品內之纖維排向與射出成品之收縮變形有相當一致之關聯性。另外，在 FR 區域時，也會明顯發現左側及右側兩邊呈現收縮不

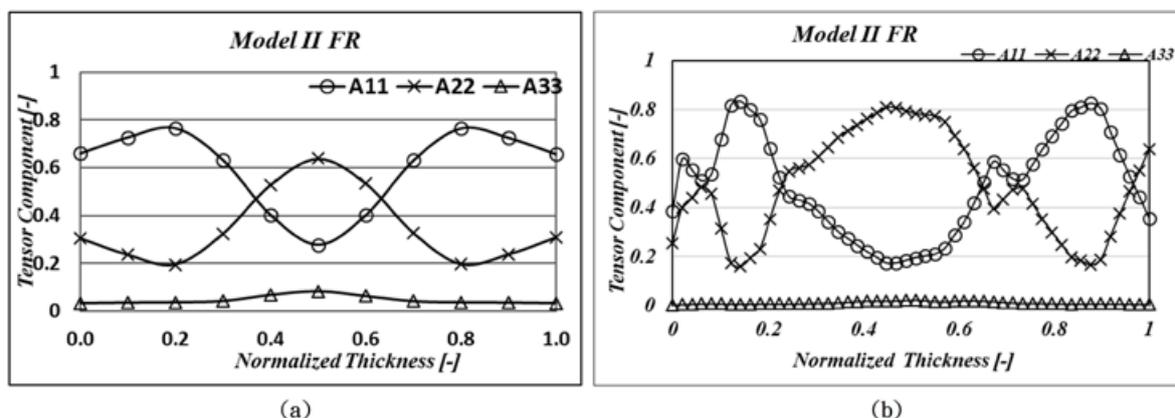


圖 8：模型 II 在 H3 量測點之纖維排向張量微結構特徵。(a) 模擬分析結果；(b) 實驗結果

對稱現象，此等左右不對稱是因垂直流動方向纖維排向張量引導此等左右側兩邊呈現收縮不對稱現象之主因，特別是左側收縮大，右側收縮小。另外，在厚度方向也在左右側兩邊呈現收縮不對稱現象也是由纖維排向張量在左右兩側分布不對稱所引導。所以，透過射出成品 Model II 之收縮變形結果與纖維排向變化情況，可以再次證明纖維排向效應確實與射出成品幾何變化有相當一致之關聯性。

結論

此篇文章主要應用無損檢測技術剖析纖維排向效應，先藉由有系統之模擬分析與 CT-scan 暨影像處理技術，成功進行深入探索纖維複合射出成品之纖維排向微結構特性，並且完成確認。再者，透過採用 PP 與含纖維 30SFPP 材料系統進行比較，結果顯示在靠近澆口區域 (GR)，成品之幾何外觀呈現左右對稱收縮行為，而且在流動方向收縮變化最小（甚至膨脹），此部份主要因為平行流動方向纖維排向張量 A_{11} 主導該區域所致。然而，當觀察區域轉至充填結束區域 (FR) 時，特別是仔細探索充填最後區塊（標示為 H1 到 H5）時，抵抗射出成品收縮方向之作動力方向，很明顯地轉至垂直流動方向與厚度方向，導致成品呈現左右不對稱收縮之外觀，此現象主要與纖維排向由平行

流動方向轉至垂直流動方向及厚度方向所致。整體結果可以證明纖維排向變化效應與射出成品幾何收縮變化有相當一致之關聯性。■

本文由淡江大學 化學工程與材料工程學系 黃招財 教授、王鈞正、蔡孟哲；成功大學 機械工程學系 黃聖杰 教授；逢甲大學 機械與電腦輔助工程學系 彭信舒 副教授、黃柏維；全立發機械廠股份有限公司 杜俊毅、許璋勳共同編撰。

感謝誌

本文作者非常感謝國科會多年之經費支持 (計畫編號：MOST 110-2221-E-032 -015 -; MOST 108-2221-E-032-013-MY2; MOST 107-2622-E-006 -024 -CC1)。

參考文獻

- [1].EPA of USA, "Sources of Greenhouse Gas Emissions", Web-source: <https://www.epa.gov/ghgemissions/sources-greenhouse-gas-emissions>, Accessed: 2023/07/12.
- [2].U. S. Department of Energy report, "Lightweight materials R & D Program", 2013 Vehicle Technologies Office.
- [3].R. Othman, N.I. Ismail, M.A.A.H. Pahmi, M.H.M. Basri, H. Sharudin, A.R. Hemdi, "Application of Carbon fiber reinforced plastics in automotive industry: A review", Journal of

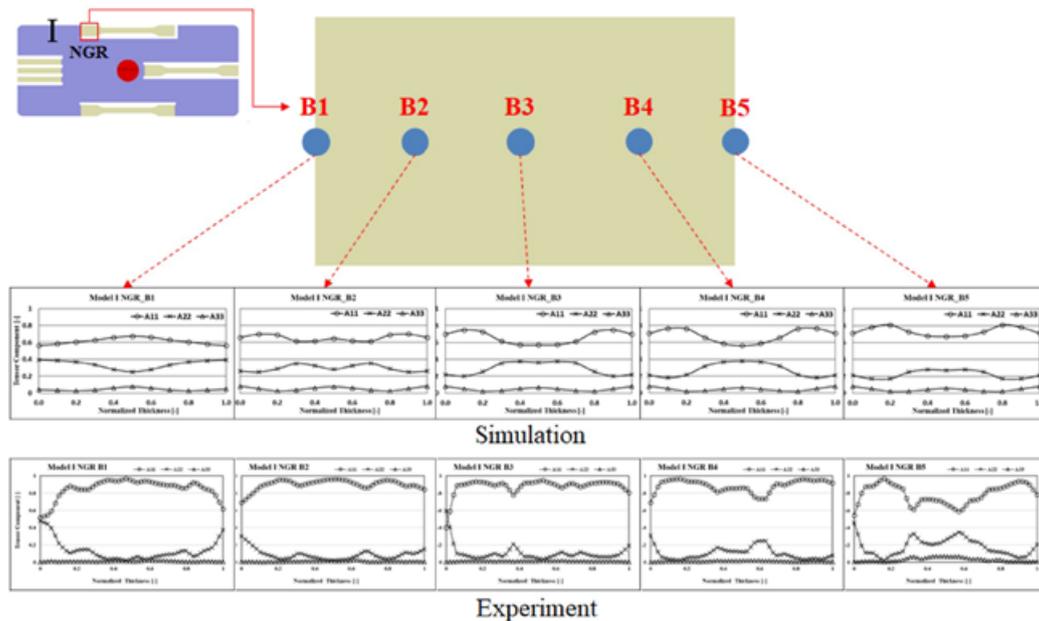


圖 9：模型 I 在靠近澆口區域 (GR) 時，纖維排向張量之模擬分析與驗證結果之比較

Mechanical Manufacturing, 1, pp.144-154 (2018)

[4].CompositesWorld Report, “The markets: Automotive (2020)”, Web-source: <https://www.compositesworld.com/articles/the-markets-automotive>, Accessed: 2020/08/19.

[5].J.L. Thomason, M.A. Vlugs, “Influence of fiber length and concentration on the properties of glass fiber-reinforced polypropylene: Part 1-Tensile and flexural modulus”, Composites, 27A, pp 477-484 (1996).

[6].J. L. Thomason, “The influence of fibre length and concentration on the properties of glass fibre reinforced polypropylene: Interface strength and fibre strain in injection moulded long fibre PP at high fibre content,” Compost. Part A Appl. Sci. Manuf., vol. 38, no. 1, pp. 210–216 (2007)

[7].F. Folgar & C.L. Tucker, “Orientation Behavior of Fibers in Concentrated Suspensions”, Journal of Reinforced Plastics and Composites. 3(2), pp.98-119 (1984).

[8].S.G. Advani & C.L. Tucker, “The Use of Tensors to Describe and Predict Fiber Orientation in Short Fiber Composites”, Journal of Rheology, 31(8), pp.751-84 (1987)

[9].S.G. Advani, Flow and Rheology in Polymer Composites Manufacturing, Elsevier, New York (1994)

[10].M. Vincent, T. Giroud, A. Clarke, C. Eberhardt, “Description and modeling of fiber orientation in injection molding of fiber reinforced thermoplastics”, Polymer, 46(17), pp.6719-6725 (2005)

[11].K. Ortman, D. Baird, P. Wapperom, and Alex Aning, “Prediction of Fiber Orientation in the Injection Molding of Long Fiber Suspensions”, Polymer composites, 33(8), pp.1360-1367 (2012)

[12].J.H. Phelps, and C.L. Tucker III, “An anisotropic rotary diffusion model for fiber orientation in short- and long-fiber thermoplastics,” J. Non-Newton. Fluid Mech., 56, pp.165–176 (2009).

[13].J. Wang, J.F. O’ Gara, and C.L. Tucker III, “An objective model for slow orientation kinetics in concentrated fiber suspensions: Theory and rheological evidence,” Journal of Rheology, 52, pp.1179–1200 (2008).

[14].J. Wang, and X.Jin, Comparison of recent fiber orientation models in autodesk moldflow insight simulations with measured fiber orientation data, International Conference of Polymer Processing Society (PPS), Banff, Canada (2010).

[15].H.C. Tseng, R.Y. Chang, and C.H. Hsu, “Phenomenological improvements to predictive models of fiber orientation in concentrated suspensions,” Journal of Rheology, 57,

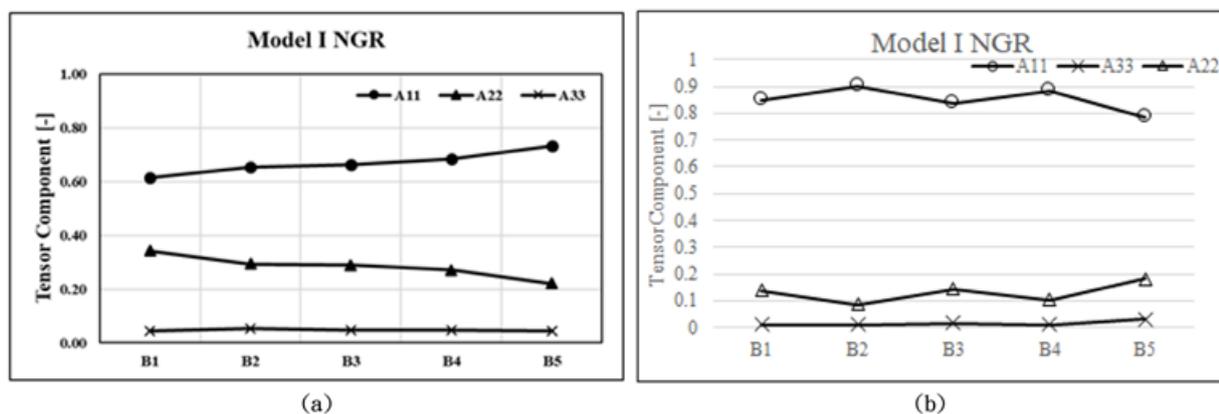


圖 10：模型 I 從 B1 到 B5，纖維平均排向張量之結果比較。(a) 模擬分析結果；(b) 實驗結果

pp.1597-1631 (2013).

[16].P. H. Foss, H.-C. Tseng, J. Snawerdt, Y.-J. Chang, W.-H. Yang, C.-H. Hsu, "Prediction of Fiber Orientation Distribution in Injection Molded Parts Using Moldex3D Simulation", *Polym. Compos.*, 35, 4, pp. 671-680 (2014).

[17].S. Goris, U. Gandhi, Y.- Y. Song, and T. A. Osswald, "Analysis of the process-induced microstructure in injection molding of long glass fiber-reinforced thermoplastics", *SPE Annual Tech. Papers, ANTEC2016*, pp.348-356 (2016).

[18].U. Gandhi, D. B. Sebastian, V. Kunc, Y. Song, "Method to measure orientation of discontinuous fiber embedded in the polymer matrix from computerized tomography scan data", *Journal of Thermoplastic Materials*. 29(12), pp.1696-1709 (2016).

[19].A. Rigort, D. Gunther, R. Heger, D. Baum, B. Weber, S. Prohaska, O. Medalia, W. Baumeister, H. Hege, "Automated segmentation of electron tomograms for a quantitative description of actin filament networks", *Journal of Structural Biology*, 177, 135-144 (2012).

[20].B. Weber, G. Greenan, S. Prohaska, D. Baum, H. Hege, T. Muller-Reichert, A. Hyman, J. Verbavatz, "Automated tracing of microtubules in electron tomograms of plastic embedded samples of *Caenorhabditis elegans* embryos", *Journal of Structural Biology*, 178, 129-138 (2012).

[21].C.T. Huang and C. H. Lai, "Investigation on the Coupling Effects between Flow and Fibers on Fiber-Reinforced Plastic (FRP) Injection Parts", *Polymers*, 12(10), 2274 (2020).

[22].C.T. Huang*, J.Z. Wang, C.H. Lai, S.J. Hwang, P.W. Huang, H.S. Peng (2022, Sep). Correlation Between Fiber Orientation and Geometrical Shrinkage of Injected Parts Under the Influence of Flow-Fiber Coupling Effect. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, Published Online: 2022/09/22; <https://doi.org/10.1007/s40684-022-00473-5>.

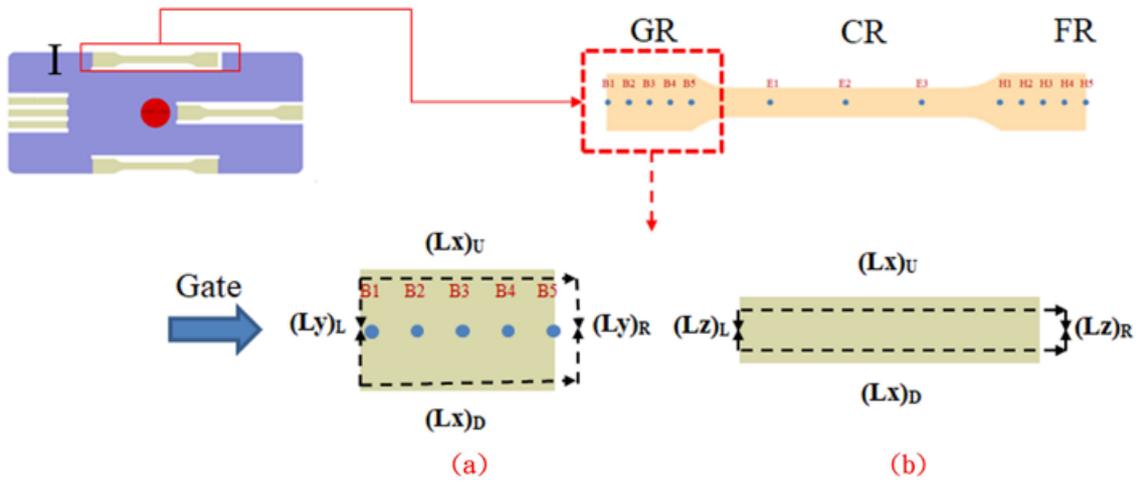


圖 11：以靠近澆口區域 (GR) 為例，用以定義射出成品幾何邊長變化關係。(a) 為 xy- 平面，其中 x 為流動方向，y 為垂直流動方向；(b)z 為厚度方向

Model	Region	Material	Shrinkage (收縮變化)						
			Unit	(Lx) _U	(Lx) _D	(Ly) _L	(Ly) _R	(Lz) _L	(Lz) _R
I	GR	PP	mm	31.834	31.846	19.354	19.350	2.898	2.902
			%	-0.52	-0.48	-3.23	-3.25	-3.40	-3.27
		30SFPP	mm	32.879	32.881	19.604	19.598	2.907	2.909
			%	2.75	2.75	-1.98	-2.01	-3.09	-3.02

表 2：模型 I 在靠近澆口區域 (GR) 產品外部幾何收縮變化情形

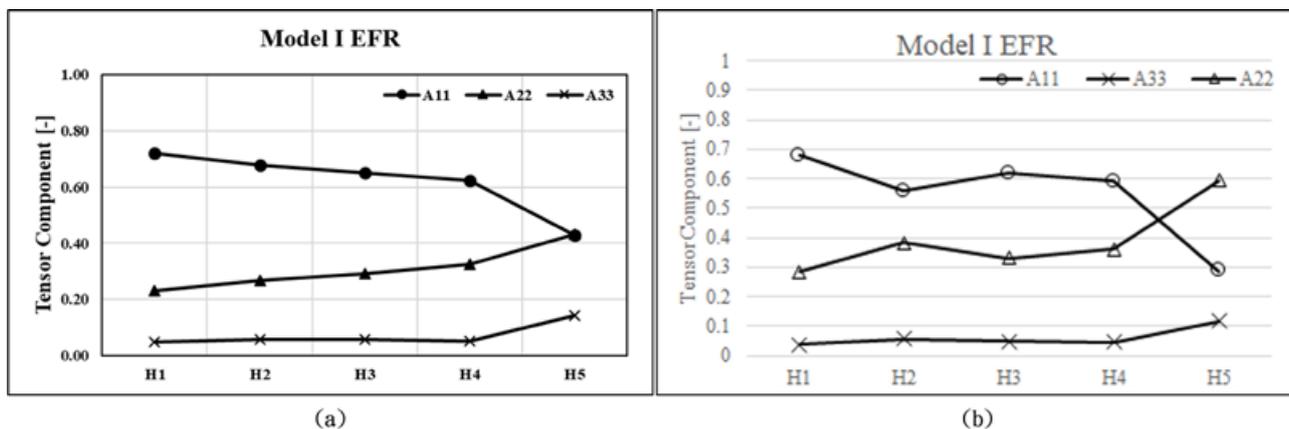


圖 12：模型 I 從 H1 到 H5，纖維平均排向張量之結果比較。(a) 模擬分析結果；(b) 實驗結果

Model	Region	Material	Shrinkage (收縮變化)						
			Unit	(Lx) _U	(Lx) _D	(Ly) _L	(Ly) _R	(Lz) _L	(Lz) _R
I	FR	PP	mm	29.250	29.238	19.228	19.204	2.902	2.904
			%	-2.50	-2.54	-3.86	-3.98	-3.27	-3.20
		30SFPP	mm	29.872	29.883	19.447	19.699	2.911	2.979
			%	-0.43	-0.39	-3.24	-1.50	-2.98	-0.69

表 3：模型 I 在充填結束區域 (FR) 產品外部幾何收縮變化情形



產品設計對長纖維分佈變化之影響與表徵

■成功大學 / 黃聖杰 教授

本文由成功大學 黃聖杰 教授、淡江大學 黃招財 教授、逢甲大學 彭信舒 副教授，以及成功大學 張晨翔 研究生 & Ahmad Hafizh Ridho 研究生所共同編撰。

前言

近年來，全球對節約能源議題的關注度日益增加，促使許多產業投入研發，以汽車製造業為例，目前多以搭乘輕量化及減少碳排放作為研發重點，旨在降低車身重量，從而提高汽油的使用效率。現今車身結構多以鋼材作為主要材料以確保其安全性，但鋼材本身的重量卻也產生出耗油率高的問題，為了在維持材料強度的條件下達到減輕重量的目標，玻璃纖維或碳纖維增強複合材料開始用於製造輕量化汽車零件，未來有望取代傳統鋼材，實現輕量化和高燃油效率目標 [1]。

長纖維複合材料具有低重量、高強度及高剛性等優勢，通常搭配射出成型技術達到高效率、低成本與大量生產；再加上對循環經濟等議題的關注，這些因素

共同促進了目前複合材料成型技術的發展 [2]。然而，將鋼材替換為複合材料的過程有許多東西需要考慮。舉例來說，複合材料中的纖維排向、含量與剩餘長度很大程度上影響了產品的機械性能，也因此成為本文的研究重點。

研究緣起與實驗架構

對長纖維複合材料而言，纖維排向與長度是決定產品最終強度的重要因素，但目前較少有深入分析長纖維排向的研究，因此本研究選擇原始纖維長度 25mm，50% 重量比之長纖維補強聚丙烯搭配螺旋模具（圖 1）進行實驗，觀察纖維在不同製程參數及產品設計中的排向及長度變化。

纖維排向受到流場變化的影響，觀察射出成型的纖維增強產品在厚度方向的變化（圖 2A），可以看到它被分為五個層次，分別是皮層 (Skin Layer)、剪切層 (Shear Layer / Shell Layer)、核心層 (Core Layer)、剪

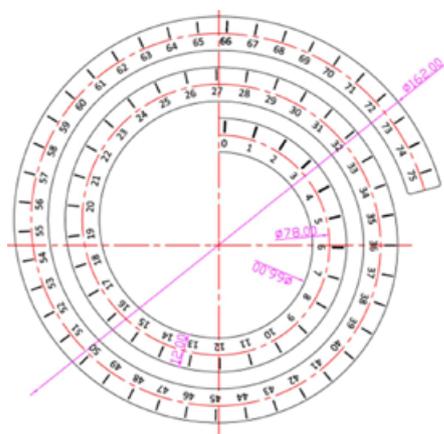


圖 1：螺旋模具示意圖

切層和皮層。在靠近模穴表面的位置，皮層受到噴泉效應的影響，因此纖維在這一區域與流動方向趨向於平行。剪切層位於皮層和核心層之間，纖維在這個區間受到剪切和拉伸流的影響，方向相對混亂。核心層位於產品的中心部位，在這個位置上受到模具幾何變化引起的流場變化的影響，並呈現不同的情況。在流場發散的情況下，纖維的流動方向與流動方向垂直，而在流場收斂的情況下，則與流動方向平行 [3]。

纖維長度受到螺桿設計、製程參數、產品設計與材料品質的影響，可能導致補強效果不佳。在射出過程中，纖維會受到相互作用影響導致嚴重斷裂，包括纖維之間的相互作用、纖維與基質的相互作用、纖維與模穴表面的相互作用。根據過去的研究，進入模穴之前纖維就已經發生嚴重斷裂，主因是在塑化階段螺桿所引起的高剪切力。為了避免這種狀況，本研究使用團隊先前開發的三段式射出單元之射出成型機（圖 3）。該機台具有低壓縮比設計的螺桿，以降低長纖維在塑化階段因高壓縮比產生斷裂，並使用柱塞式出桿設計和較大的進澆口，有效的降低了長纖維在熔膠流動中的斷裂情況，可以有效保留纖維長度 [4]。

除了機台本身，產品的厚度、澆口設計以及製程參數

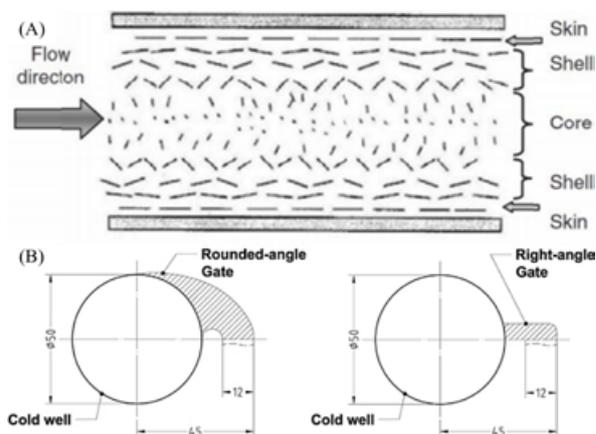


圖 2：(A) 纖維分層示意圖；(B) 實驗用圓角與直角澆口

也大大影響纖維的排向、含量和長度。本研究選擇了圓角澆口和直角澆口兩種不同的澆口設計（圖 2B），產品厚度選擇了 1mm 與 3mm，並根據幾何設計將實驗產品分成 A、B、C、D 四組（圖 4）。製程參數方面則選擇對纖維長度影響顯著的參數，即螺桿轉速與背壓壓力（圖 4），觀察在不同製程條件下纖維的排向狀況、剩餘長度與含量 [1]。

實驗分析採用三種不同的方法，分別是光學顯微鏡 (OM)、Bruker 微電腦斷層掃描儀 (micro-CT) 及高溫燒結，旨在探究這三種實驗方法之間的差異並確定其結果的誤差範圍。前兩者的量測位置為澆口後方區域，高溫燒結則量測澆口前、中、後三個位置進行分析（圖 5）。隨後使用 AVIZO 軟體對 OM 和 micro-CT 的掃描結果進行比較，以觀察產品內部的纖維排向，同時也使用高溫燒結來研究纖維長度的變化。觀察目標包括不同製程參數下螺旋模具內的纖維排向、剩餘長度、澆口設計和模具厚度對纖維排向的影響。

OM、micro-CT 與高溫燒結

在這項研究中，使用了 OM 來觀察產品纖維的長度和排向狀況（圖 6B），OM 配備了攝影機和電腦控制器，能夠捕捉產品的橫截面照片；其具備 10 倍

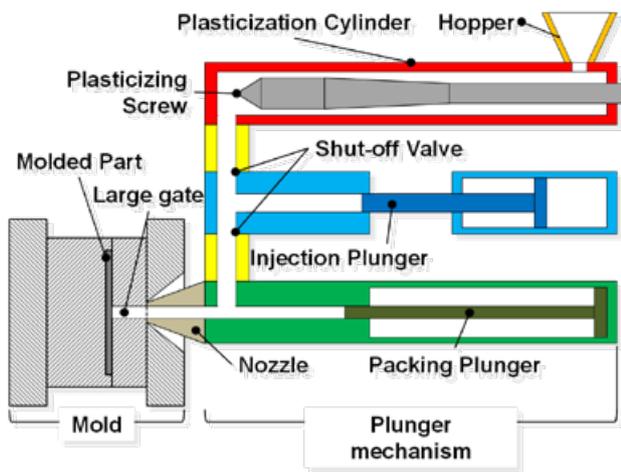


圖 3：三段式射出單元——新型長纖維射出成型機

放大鏡頭和 2 μ m 的解析度，每張掃描照片的尺寸為 0.9mm \times 0.9mm，再通過 Insight Scan Viewer 軟體將這些掃描圖片拼接成一張單一的大圖片。

在進行 OM 分析之前，需要先從產品中取樣，每個樣本的長度為 25mm。為了獲得產品的橫截面，會對厚度方向的表面每 0.2mm 進行研磨和拋光再掃描。因此，對於 3mm 厚度的產品，將包含 14 個層次；而對於 1mm 厚度的產品則會有 4 個層次。每層之間的間隔為 200 μ m 或更大。為了填充這些間隔，需要將影像分析軟體的像素大小設置為異向值，以建立虛擬層 (Dummy Layers)。這些虛擬層是通過將 OM 圖像向在厚度方向延伸而產生的，在建立虛擬層後，需要對目標進行重新採樣來獲得等向性分辨率，以便進行纖維分析計算。

為了驗證 OM 的分析結果，本研究同時運用 micro-CT 進行掃描，來觀察產品纖維的長度和排向狀況。原始玻璃纖維的直徑為 17 μ m，在進行 micro-CT 掃描時，根據先前研究成果採用了四分之一的纖維直徑作為解析度，因此解析度和像素大小設定為 4.25 μ m，對於 micro-CT 而言，掃描層數是基於像素大小劃分的，因

此產品具有數百甚至上千層，大大增加分析的準確度 (圖 6A)。

本文 OM 和 micro-CT 的圖像分析皆使用 AVIZO 3D 軟體來進行；在圖像分析中，由於玻璃纖維對 X 射線的吸收多於聚丙烯，因此產生了像素之間的強度差異，藉此可以自動計算纖維排向並檢測纖維的長度 (圖 6A、B)。

除了上述兩種分析方法，本研究同時使用高溫燒結法，將產品置於 600 $^{\circ}$ C 高溫下燒結 6 小時，僅保留纖維進行測量 (圖 6C)，以觀察纖維的保留情況以及平均長度的變化。通過測量 50 根個別的纖維，計算出斷裂纖維的平均長度。纖維長度的測量區域分為三個部分 (圖 5)，第一個區域位於產品澆口之前，第二個區域位於產品的澆口位置，最後一個區域位於產品澆口之後。而纖維重量使用電子天秤進行測量，觀察高溫燒結前後的重量變化。

長纖維長度分析結果與驗證

研究結果顯示，澆口設計和產品厚度對纖維長度有著明顯的影響，相對於產品 C 和 D，產品 A 和 B 中保留

Experimental Parameter			
No.	Screw Speed(rpm)	Back Pressure(bar)	
1	30	0	
2	60	0	
3	120	0	
4	30	0.42	
5	60	0.42	
6	120	0.42	
7	30	0.84	
8	60	0.84	
9	120	0.84	
Gate Variations			
Thickness	Gate Type	Rounded Angle	Right Angle
	3 mm	A	B
	1 mm	C	D

圖 4：改變實驗參數及相異產品設計編號

的纖維長度更長。從高溫燒結分析中可以得知，在產品 A 中，未施加背壓的情況下，當熔膠進入澆口時的纖維長度較澆口前減少約 4%，通過澆口後減少了約 20%。對於產品 B，當熔膠進入澆口時的纖維長度較澆口前減少約 8.3%，通過澆口後減少了約 22%。而產品 C 和 D 的結果顯示纖維長度相對較短，這歸因於薄件產品對纖維斷裂具有較大的影響，主要原因是纖維之間的接觸和與模具壁的相互作用較強。此外，根據 micro-CT 的分析結果，當背壓增加至 6% 時，產品 C 的纖維長度仍保持在 7mm，而相同條件下產品 D 的纖維長度僅剩下 4mm，這顯示薄件時圓角澆口的纖維保留能力優於直角澆口。在纖維經過直角澆口時，由於熔膠和纖維在流動過程中方向變換較大，纖維易互相纏繞、斷裂。與之相對，圓角澆口能夠使熔膠和纖維順利進入模穴，從而更好地保留纖維的完整性，從而增加纖維保留長度。

在 3mm 厚度的產品中，micro-CT 分析顯示纖維長度可以保持約 14mm，而高溫燒結後則保持約 20mm。

然而，當產品厚度減至 1mm 時纖維長度僅剩下 4mm，因為薄件產品的限制使得熔膠充填進入模穴的能力降低，只有較短的纖維能夠順利進入模穴。相對較長的纖維在澆口處被阻擋、糾纏或受到相互作用影響而斷裂，導致纖維長度減少高達 84%（圖 7）。同時，量測澆口後方區域的纖維重量結果顯示，纖維重量占比仍保持在 47%，相較於原始材料的 50% 並未明顯減少。這代表只有短纖維能順利流入 1mm 厚度的產品模穴中，較長的纖維則被阻擋在澆口處，而產品厚度為 3mm 時則不論纖維長度長短，皆能順利流入模穴中。

研究參數對纖維長度的影響時，觀察到未施加背壓的情況下，纖維長度幾乎不變，而增加背壓壓力至 6% 後，纖維長度明顯下降。另一方面，將螺桿轉速從 30rpm 增加至 120rpm 後，纖維長度略微下降，這表明相較於螺桿轉速，背壓壓力對纖維斷裂的影響更為明顯。

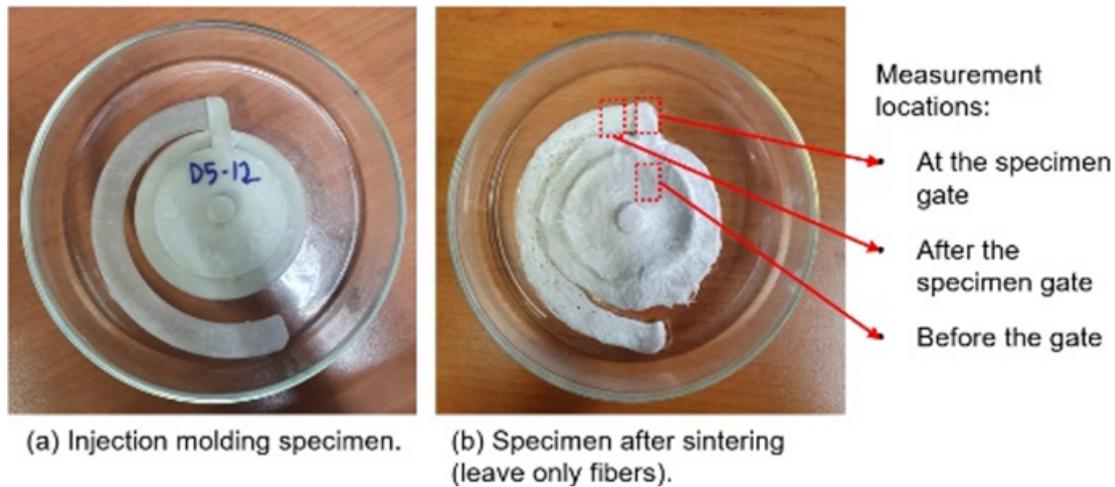


圖 5：產品擷取量測位置與產品高溫燒結前後對比

接著比較三種方法分析纖維長度的結果（圖 8），可以觀察到 OM 量測的纖維最短，而高溫燒結和 micro-CT 的纖維較長且結果非常接近。這種現象的產生是因為在進行 OM 分析前，產品需進行研磨和拋光處理，在此過程中纖維容易遭到破壞而斷裂，或者產生空隙。因此，當掃描纖維時，這些破壞及空隙導致原本的長纖維被程式視為多條短纖維，進而造成量測到的纖維長度較短。然而，三種分析方法中纖維的趨勢仍然呈現出一致性，即產品 A 具有最長的保留纖維，而產品 D 則具有最短的保留纖維，這證明了澆口及產品厚度的設計對纖維的長度有著影響。

綜合來看，熔膠的流動路徑和產品設計確實對纖維的保留長度產生了影響，產品 A 和 B 內的纖維保留長度相對較長，而產品 C 和 D 則較短。在產品為薄件的情況下，圓角澆口的纖維保留效果優於直角澆口。此外，厚度為 3mm 的產品比厚度為 1mm 的產品保留了更多的纖維。澆口設計影響了纖維流動的難易程度，而產品的厚度則影響了纖維進入模穴的難易程度。

長纖維排向分析結果與驗證

本研究利用 micro-CT 和 OM 進行纖維排向分析，探

究製程參數及產品設計對纖維排向的影響。在排向描述中，通常運用 A11、A22、A33 表示三維空間的張量，A11 反映纖維在主要方向上的定向程度，通常代表流動方向。A22 則代表次要方向上的定向程度，通常垂直於流動方向。A33 描述垂直前兩者的定向，在材料厚度方向上。此表示法直觀呈現纖維在坐標系統中的分佈，有助於分析不同方向上的纖維特性。

經過不同產品設計的分析後，本研究發現隨著螺桿轉速和背壓力的增加，產品 A 的 A11 值也隨之上升，顯示實驗參數對纖維排向有顯著影響。這歸因於纖維長度對排向的影響，較短的纖維容易隨著熔膠流動而順利排向，但在低背壓和低螺桿轉速下，纖維通常保持在 20mm 以上的長度，這使得纖維排向變得困難。相比之下，產品 B 在所有數據中的 A11 值皆高，顯示大部分的纖維都朝著流動方向排列，這突顯了產品的幾何形狀對纖維的定向的重要性。當產品厚度達到 3mm 且澆口為直角形狀時，儘管可能引起纖維斷裂，但澆口的形狀減緩了熔膠的流速，使較短的纖維在通過澆口後能夠更好地實現排向。

接著分析厚度 1mm 產品，發現產品 C 的 A11 值低於

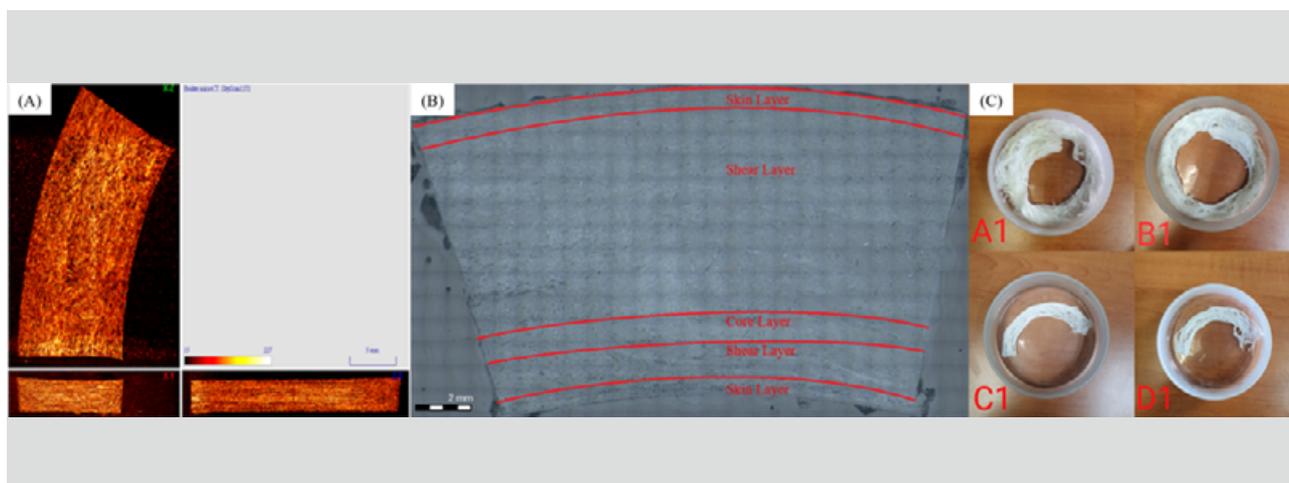


圖 6：三種分析方法呈現的結果。(A)micro-CT；(B)OM；(C) 高溫燒結

產品 A 和 B，尤其是在低螺桿轉速下，其 A11 非常低。但提高螺桿轉速後 A11 值逐漸上升，呈現出與產品 A 相似的趨勢。對於產品 D，其 A11 值模式類似於產品 A 和 C，纖維排向性隨著螺桿轉速和背壓力增加而提升。整理以上結果，3mm 的產品厚度的纖維排向結果優於 1mm 的產品，而直角澆口在纖維的排向效果優於圓角澆口。螺桿轉速與背壓壓力的提升可以提升纖維排向程度，因為短纖維排列容易度大於長纖維。

根據 micro-CT 掃描纖維排向的資料顯示，纖維排向層次結構呈現不對稱現象，尤其是靠近產品外側的剪切層明顯大於內側的剪切層，從 OM 拍攝的結果圖中可清楚觀察到（圖 9），這一現象可以透過 Beaumont[5] 所提出的模具充填不平衡理論進行解釋。研究指出，這種不平衡充填現象在各種射出機中都可能出現，導致充填階段產生不均衡的壓力，使熔膠流動不平衡。熔膠在流動時，外部熔膠會與模具表面摩擦產生剪切熱，從而使外部熔膠的溫度及壓力大於內部熔膠。而當熔膠在流經分叉處轉彎時，如圖 10 所示，較高溫的外部熔膠流向模具的左側（模穴內側），較低溫的內部熔膠則流向模具的右側（模穴外側），導致模穴中內側熔膠的溫度與壓力最終大於外

側熔膠。進而影響了模穴內的噴泉效應，使得噴泉效應的中心位置偏向內側，而不是位於熔膠的中心，最終產生流動不平衡的現象。本研究中的圓角及直角澆口皆會產生上述的現象，從而造成最終產品纖維排向的層次結構呈現不對稱的結果。

最後，將 OM 和 micro-CT 在產品厚度 1mm 及 3mm 的平均纖維排向進行了比較（圖 11）。發現 micro-CT 的 A11 值皆高於 OM，而由於厚度方向虛擬層對纖維分析造成影響，OM 在 A33 的值較高。雖然 A22 值在兩種方法中呈現不同的趨勢，但誤差率皆在 10% 以下。兩種量測方法在 1mm 產品的總誤差率低於 10%，這顯示 OM 已經達到相當高的精確度，若是增加 OM 中掃描的層數，使各層之間間隔更密集，可以進一步減少厚度方向的誤差，從而提高分析的精確度，用低於 micro-CT 的成本達到同樣高品質的分析成果。

結語

本研究聚焦於螺旋模具配合不同產品設計以分析長纖維排列情形，通過改變澆口設計、產品厚度並調整關鍵製程參數觀察長玻璃纖維在不同的產品設計下的排

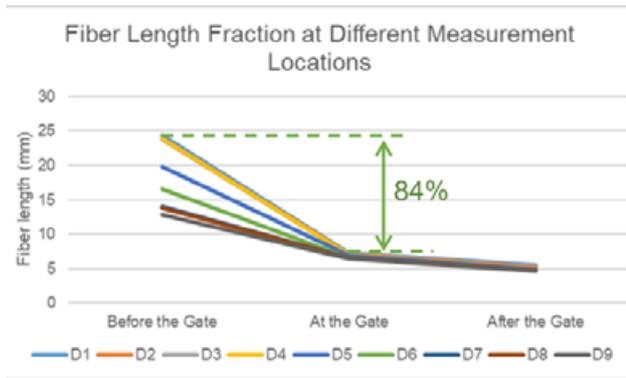


圖 7：產品 D 的纖維在澆口後長度明顯下降

向、長度與重量。並使用 OM、micro-CT 與高溫燒結三種方法分析最終纖維的排向及長度，比較三種方法之優缺。

實驗結果顯示提升背壓壓力及螺桿轉速會導致纖維斷裂，進而影響纖維長度。然而，由於短纖維比長纖維容易排列，反而提升了纖維的排向性。圓角澆口的設計使的纖維較容易流動，有助於保留纖維長度，讓短纖維更容易排向，但對於長纖維的排向性不如直角澆口。直角澆口由於角度的轉折使得纖維斷裂更多，然而這個設計同時提升了長纖維的排向效果。掃描結果發現產品因為充填不平衡的現象造成內部纖維排向層次結構呈現不對稱，此現象在圓角澆口及直角澆口中均存在。

在產品厚度方面，3mm 厚度的產品長纖維含量較高、纖維排向結果較好；而 1mm 產品由於因幾何形狀的限制，導致長纖維受到阻礙或斷裂，僅有短纖維能夠順利進入模穴，因此短纖維的含量較高。比較不同分析方法後發現，OM 分析纖維排向結果與 micro-CT 之間的誤差率相當低，可以透過增加 OM 中的掃描層數，增加精確度，實現相對低成本但高品質的分析結

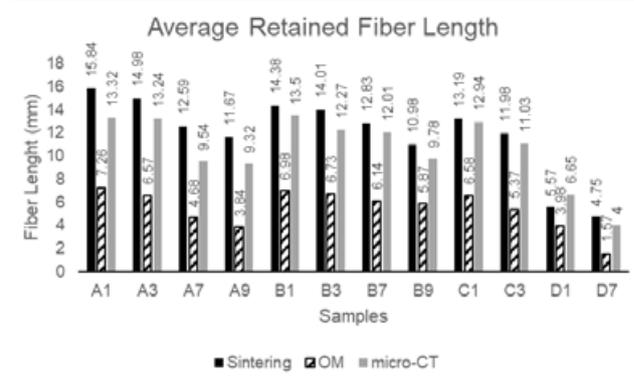


圖 8：三種分析方法對纖維長度趨勢呈現一致

果。■

參考文獻

- [1].Ridho, Ahmad Hafizh, Feng-Jung Cheng and Sheng-Jye Hwang, “Microstructure development analysis of long-glass-fiber-reinforced polypropylene in injection molded spiral-flow,” Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, Vol. 163, pp. 107261 (2022).
- [2].Reale Batista, Mariana Desireé, Lawrence T. Drzal, Alper Kiziltas and Deborah Mielewski, “Hybrid cellulose - inorganic reinforcement polypropylene composites: Lightweight materials for automotive applications,” polymer composites, Vol. 41, pp. 1074-1089 (2020).
- [3].Kenig, S, “Fiber orientation development in molding of polymer composites,” Polymer composites, Vol. 7, pp. 50-55 (1986).
- [4].Po-Wei Huang, Hsin-Shu Peng, Sheng-Jye Hwang and Chao-Tsai Huang, “The low breaking fiber mechanism and its effect on the behavior of the melt flow of injection molded ultra-long glass fiber reinforced polypropylene composites,” Polymers, Vol. 13, pp. 2492 (2021).
- [5].Beaumont, John P., Jack H. Young and Matthew J. Jaworski, “Mold filling imbalances in geometrically balanced runner systems,” Journal of reinforced plastics and composites, Vol. 18, pp. 572-590 (1999).

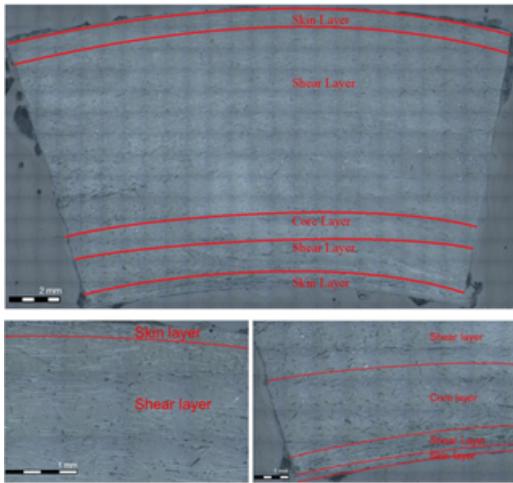


圖 9：micro-CT 和 OM 掃描後發現纖維排向分成皮層、剪切層與核心層並呈現不對稱現象

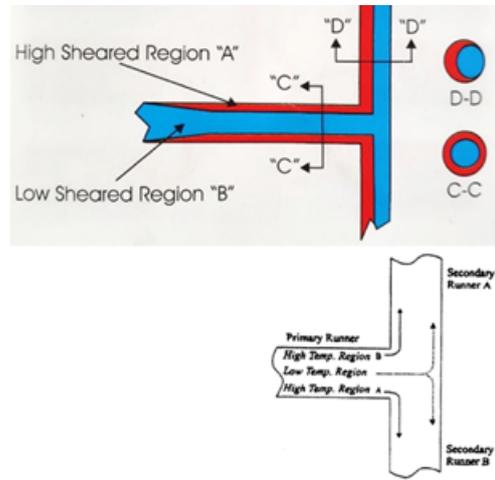


圖 10：熔膠在流道分叉後的溫度分佈示意圖

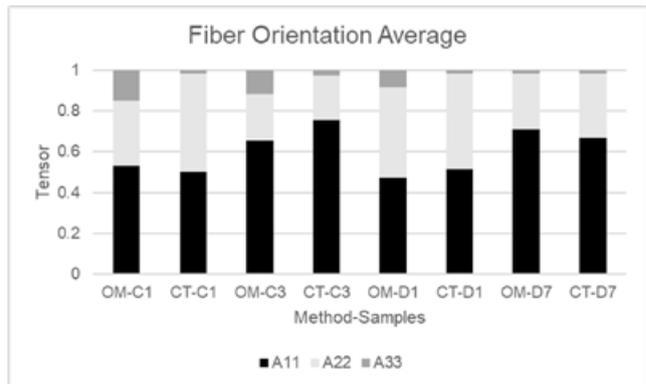
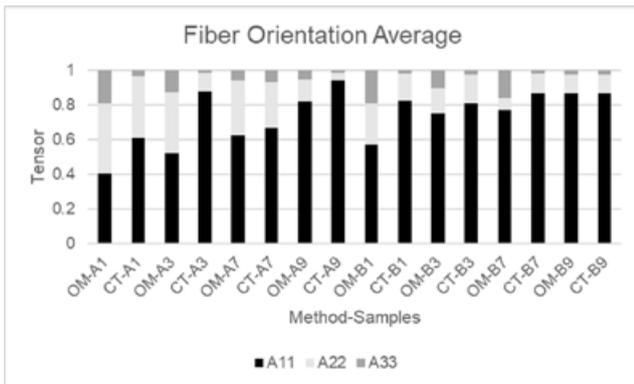


圖 11：micro-CT 及 OM 分析之平均纖維排向結果



從發泡射出探討塑膠材料輕量化之流動、發泡特性及結構強度之變化

■逢甲大學 / 彭信舒 副教授 & 黃柏維 博士

前言

塑膠發泡成型方式可透過熱壓成型、擠出成型和射出成型等方法來進行塑膠發泡產品成型。其中，「塑膠發泡射出」是一種一次性成型方法，具備高生產效率以及穩定產品品質之優點且適用於形狀複雜、尺寸要求嚴格的發泡塑膠製品；除此之外，也是目前業界用以生產結構發泡產品的主要方法之一。在輕量化和環保目標意識的推動下，企業除了選擇替代材料或採用新技術實現輕量化目標外，還必須考慮材料對環境的不利影響。有鑑於物理發泡技術日趨成熟，通過調整工藝參數可以達到理想的效果，有機會取代化學發泡工藝。因此，「塑膠發泡射出成型」已成為備受關注的重要應用技術。

近年來，有許多關於具氣泡結構之塑膠發泡射出成型研究論文與技術報告出現，其目的是利用各種發泡方式，使溶入氣體之熔融塑膠在射出充填過程中，透過氣泡成長，使原料的用量或產品的重量達到原料減量

與輕量化之產品設計，並且在產品頂出後能得到較佳之產品品質（包含：改善翹曲變形、改善收縮與凹陷……等缺陷），同時達到縮短成型週期、降低生產成本、提高生產率之目標。為了提高以及加速塑膠發泡射出成型技術產業化應用，氣泡大小、氣泡分布、氣泡密度等相關特性掌握，已成為業者在產品開發階段必須考量的重要因子。

塑膠發泡射出成型 熔體流動、發泡特性及結構強度之探討

為了能進一步清楚掌握塑膠發泡射出成型之熔體流動性、發泡特性以及結構強度之變化，本文章分享一種氣氣與熔融塑膠混合的機制之新穎設計（研究團隊與廠商共同合作）（圖 1），與常見的發泡工藝不同，是將傳統的氣體輔助設備與塑膠射出成型機的射出料管機構相結合的新穎設計，螺桿本體結構為中空設計，並將透氣鋼嵌入射出螺桿頭尖端的頸部用以輸出氣體，氣體輔助設備用作氣體供應源，通過透氣鋼輸

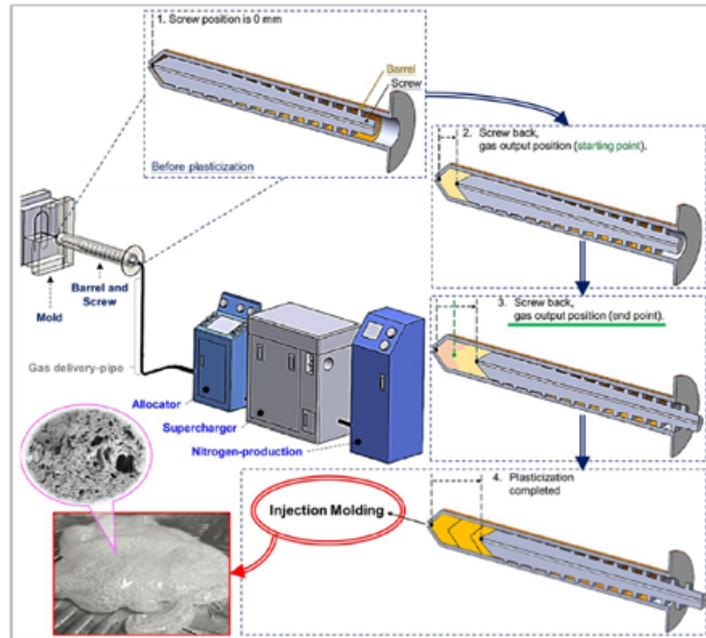


圖 1：塑膠發泡射出成型流程圖

出氣體與熔融塑膠混合，形成發泡熔體（溶入氮氣的熔融塑膠），透過實際實驗觀察氮氣和聚丙烯熔融塑膠混合後的塑膠發泡射出成型之熔體流動性、發泡特性和結構強度。

在傳統的塑膠射出成型工藝中，成型產品的重量、尺寸與其品質有關，這意味著成型產品之重量或尺寸的一致性可以作為產品允收標準。透過高分子材料的壓力 - 比容 - 溫度 (P-V-T) 關係可以了解原料在成型過程中，其比容的變化可歸因於壓力和溫度的改變。另一方面，塑膠熔體具有剪切黏性，材料黏度對熔體充填時之體積流率有很大影響。因此，熔體流動阻力特性與射出速度的平均值成比例關係。如果將塑膠材料熔體的黏度由射出階段定義其特性表徵，應以合適的方式測量相應的過程變量。

對於液壓機械驅動的機器，這是通過測量驅動液壓來完成的。壓力用液壓缸與螺桿直徑之間的面積比轉換為塑料熔體壓力，螺桿的位置由適當的外部位置傳感

器測量。射出功等於熔融塑料體積流率相對於阻力的位移，與黏度計類似，功是在射出階段作為射出壓力在螺桿行程上的積分來測量的。對於隨著時間的變化進行積分，其結果是以射出能量來代替所做的功。為了描述熔體的成型特性，本研究提出一標準化特徵：黏度因子 (Viscosity Index) (圖 2)。因此，引入了黏度因子的計算用以觀察溶入不同氣體含量的熔體充填壓力以及其黏度因子的變化趨勢。在塑膠發泡射出成型過程中，由於氣體含量、熔體壓力和發泡特性之差異，亦會影響其熔體流動性與產品品質。

研究結果與討論

本文章之研究整合射出機與發泡機制，以氮氣作為發泡用的氣體供應源並設置一熔膠壓力感測元件於射嘴上，經由不同的氣體含量來探討其溶入氣體的熔膠，經塑化至射出期間的壓力變化，以及導入一黏度因子的公式及計算，來比較與觀察熔體的流動行為。圖 3 為氣體含量變化下的熔膠流動壓力峰值與其計算所得之黏度因子；由圖中可以發現，隨著氣體含量的增加，

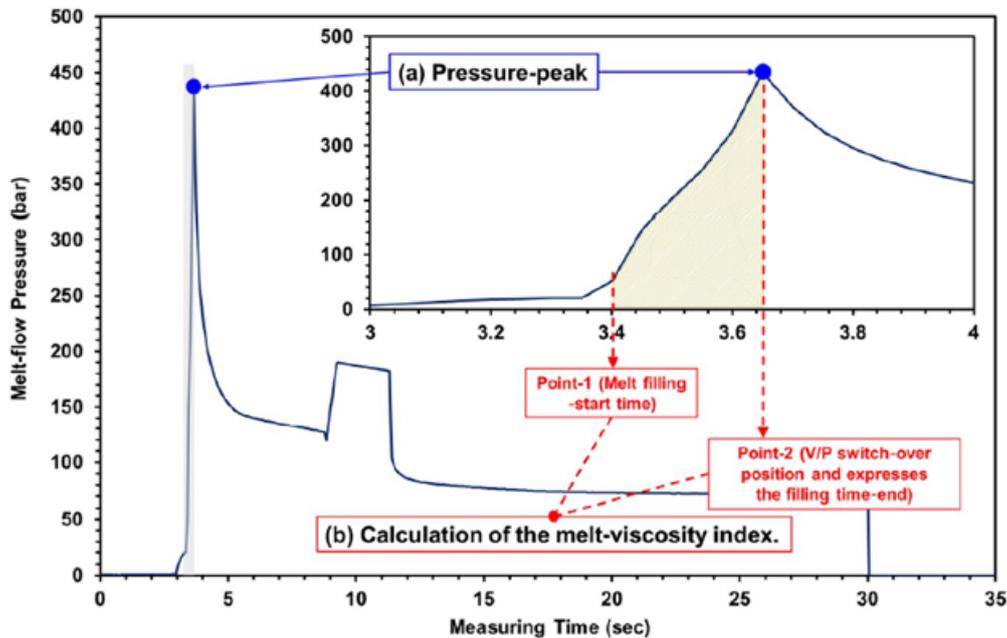


圖 2：熔體充填壓力和熔體黏度因子的測量方法。(a) 熔體流動壓力峰值的定義；(b) 熔體黏度因子的計算

對於材料的流動性與黏度性質等皆有正向效益（溶入一定比例之氣體可降低材料的黏度性質，相對影響材料的流動性，當流動性越佳、阻力越小，所得之熔體充填壓力相對較低）。因此，熔體之流動阻力降低，以及藉由熔體壓力所計算出的黏度因子相對下降。

圖 4 說明氣體含量較低時，氣泡較集中在核心層區域，有較明顯的凝固層 (Frozen/skin layer)；當氣體含量較高時，氣泡有朝向表皮層分布，也就是皮層厚度相對減小。從實驗參數設定與實驗結果可看出在塑化階段的熔膠與氣體的混合機制下，在較高的溫度與壓力環境下氣體溶解度將隨之增加，若氣體在透氣鋼輸出過程能提供細化特性，則可增加氣體的比表面積，提升溶解度與混煉性，同時改善熔體之流動性。

圖 5 為螺桿轉速對於熔膠黏度因子、發泡密度與抗彎強度之影響趨勢圖。由圖中可以發現，螺桿轉速會影響塑膠材料於料管內之塑化程度；當螺桿轉速越快，相對增加材料的進料速度，縮短塑化時間與相對增

加材料於料管內的剪切應力，對於氣體與熔膠的混合性將有間接影響。熔體黏度因子隨熔體壓力增加而提高。在配合低轉速的螺桿與低 / 高氣體含量之變化中，塑化時間因低轉速而較長，等同氣體與熔體在塑化期間的相容性增加，因此其熔體在低轉速與增加氣體含量設定下，透過即時感測與計算所獲得之充填過程之熔膠壓力與黏度因子相對較低，亦顯示出較低的流動阻力。

此外，因應螺桿轉速的變化中，當轉速度越快，等同氣體經由透氣鋼輸出與熔膠混合階段，氣泡更容易溶入熔膠之中。因此，可以發現黏度因子與氣泡密度在不同螺桿轉速變化下的對應關係。而透過抗彎測試之強度比較中，氣泡密度的變化提供重要訊息；氣泡密度增加，抵抗彎曲的能力下降。所以在較高的螺桿轉速下，其抗彎強度有下降之趨勢。

圖 6 為熔膠溫度對於熔膠黏度因子、氣泡密度與抗彎強度之影響趨勢圖。熔膠溫度會影響塑化階段螺桿後

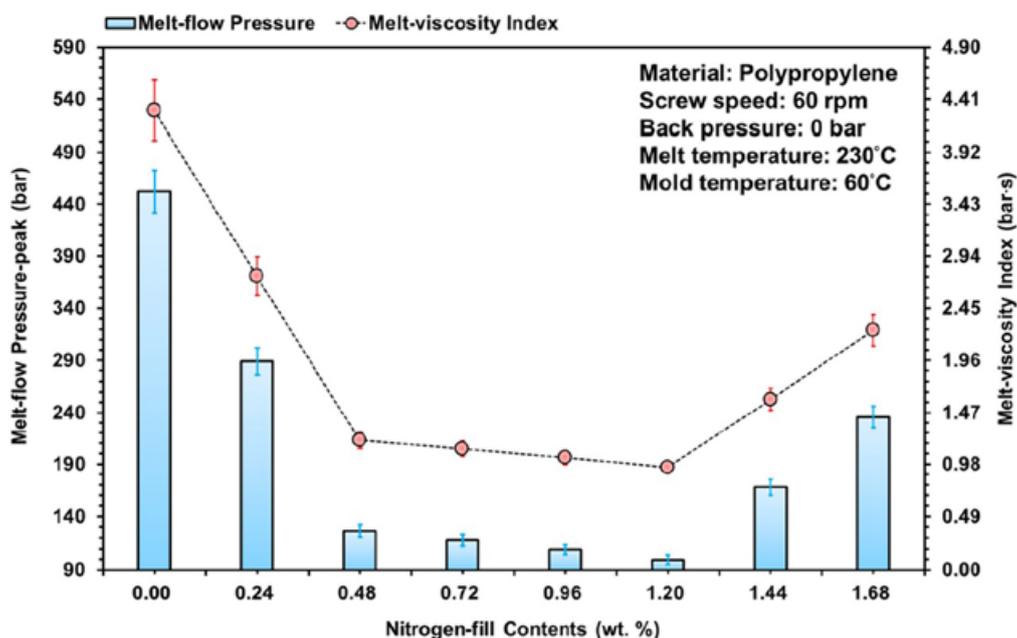


圖 3：不同氣體含量（氮氣）對熔體充填壓力以及熔體黏度因子的影響

退的速率，其較低的熔膠溫度設定，等同料管內的塑料不易塑化，其塑化時間增加也會影響熔體與氣體的混合性。由圖中可以發現，熔體在高料溫與增加氣體含量之設定下，所得到的熔體充填壓力與計算出之黏度因子相對較低，亦顯示出較低的流動阻力。另一方面，較低的熔膠溫度，將影響氣體在輸出及塑化的過程中，不易與熔膠進行混合，因此所得之氣泡密度相對較低。由數據顯示，黏度因子與氣泡密度在熔膠溫度的變化中，呈現正相關性。在抗彎測試之強度比較中，氣泡密度增加，抵抗彎曲的能力下降，所以在較高的熔膠溫度設定下，其抗彎強度有下降之趨勢。

圖 7 為射出速度對於熔膠黏度因子、氣泡密度與抗彎強度之影響趨勢圖。當螺桿射出速度越快，熔膠充填進入模穴的時間縮短；同樣地，影響熔膠流動的阻力相對減少。由圖中可以發現，較低的射出速度，計算獲得較大的熔膠黏度因子，其原因在原料本身的黏度特性所造成之流動阻力。但當設定較高的射出速度時，所獲得的熔體充填壓力與黏度因子相對較低，亦

顯示出較低的流動阻力。另一方面，因為射出速度較慢，可發現射出速度在 40 至 70 mm/sec 區間，氣泡密度的趨勢不明顯。反之，越快的射出速度，熔膠越快充填進入模穴中，減少影響氣泡成長機制，相對獲得較高的氣泡密度。透過趨勢比較，可以看出熔體黏度因子與氣泡密度在射出速度的變化下，呈現正相關。在抗彎測試之強度比較中，氣泡密度增加，抵抗彎曲的能力下降，所以在較高的射出速度設定下，其抗彎強度有下降之趨勢。

結語

本文章之研究整合射出機與發泡機制，以氮氣作為發泡用的氣體供應源並設置一熔膠壓力感測元件於射嘴上，經由不同的氣體含量來探討其溶入氣體的熔膠，經塑化至射出期間的壓力變化，以及導入一黏度因子的公式及計算，進一步觀察塑膠發泡射出成型之熔體流動性、發泡特性以及結構強度之變化。

綜合以上內容，可以顯示：

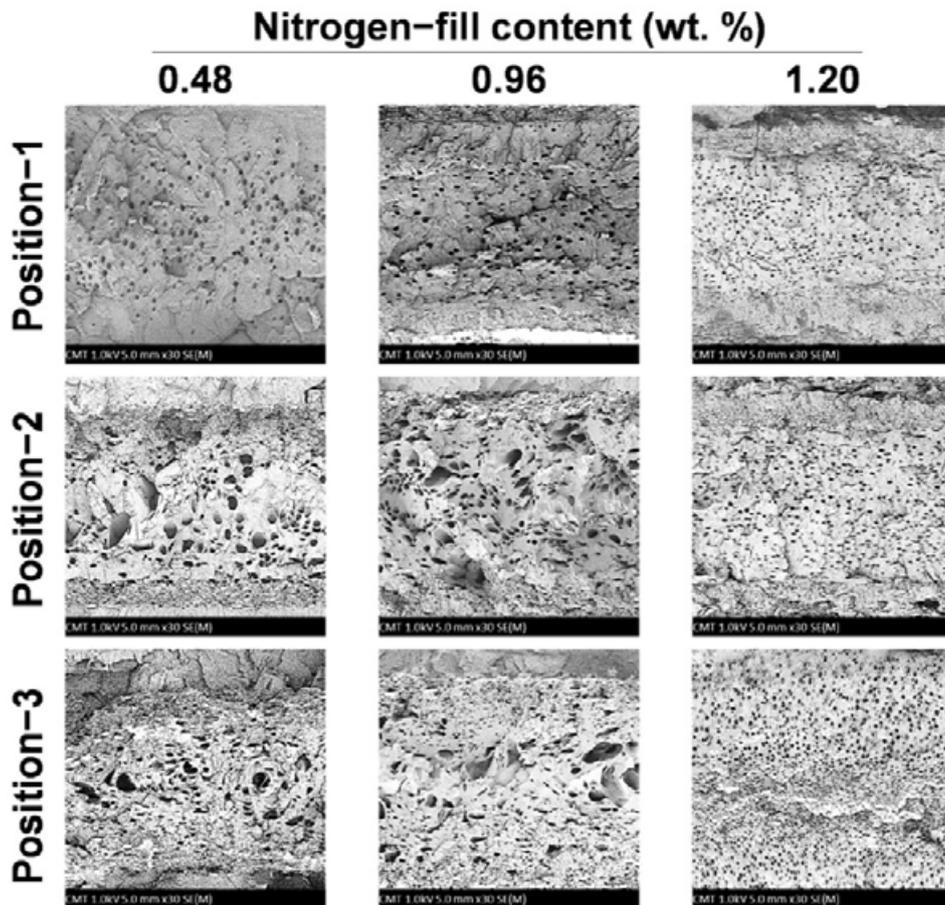


圖 4：塑膠發泡射出成型流長試片之不同量測位置掃描電子顯微鏡圖像（不同氣體含量之發泡特性比較）

- 透過射嘴壓力之即時感測系統建置，可成功掌握塑化 / 射出 / 發泡之過程的壓力歷程與黏度因子之趨勢變化；並且在氣體與熔膠混合後的壓力趨勢中，可以確定其氣體含量的多寡，是間接影響熔膠充填之流動特性的重要因子。
- 透過不同製程參數的設定與實驗結果，提供業者了解製程參數對熔體流動性、發泡特性以及結構強度之變化趨勢。

可預測分析、模具設計、即時感測、射出成型技術、品質可預測分析技術等）以滿足市場導向的新世代材料與產品應用仍是產業面臨技術升級轉型的重要課題。■

在產品設計朝向功能性與客製化需求以及淨零排放政策發展趨勢下，產業再次面臨輕量化、薄殼化、相異材料組成等整合技術的升級轉型壓力，使得塑膠發泡射出成型設備與技術應用再次受到關注。功能性塑膠產品輕量化成型工藝可否提出新模組設計（整合 CAE

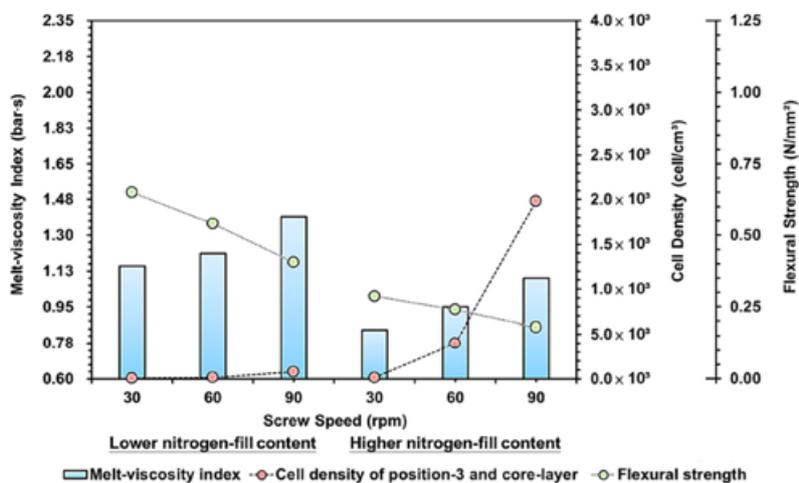


圖 5：螺桿轉速和較低 / 較高氮填充量對熔融黏度因子、氣泡密度和抗彎強度的影響

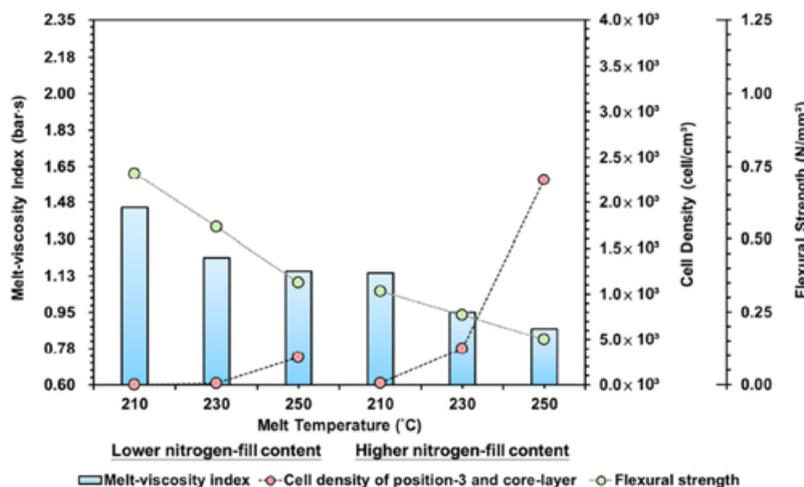


圖 6：熔體溫度和較低 / 較高氮填充量對熔融黏度因子、氣泡密度和抗彎強度的影響

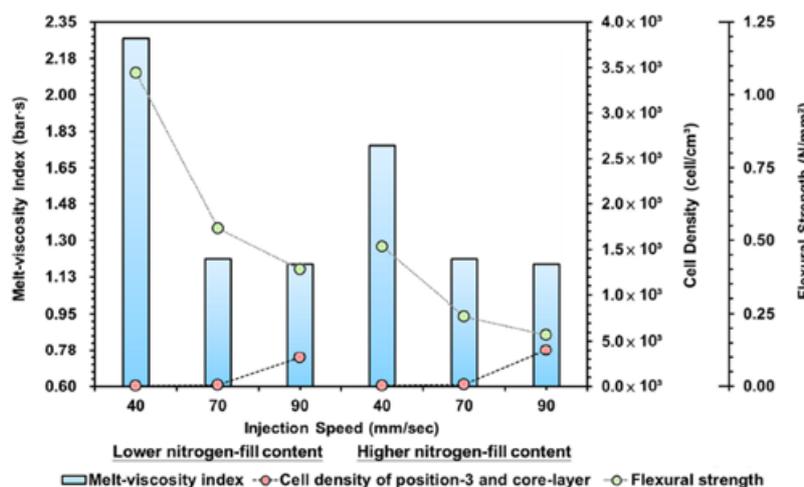


圖 7：射出速度和較低 / 較高氮填充量對熔融黏度因子、氣泡密度和抗彎強度的影響



功能型材料在產業輕量化應用的研究進展

■大東樹脂化學股份有限公司 研發中心 / 蘇培鈞 主任

前言

近年來為因應氣候變遷、環境汙染等環保議題，各國皆提出「2050 淨零排放」的宣示與行動，ESG 成為企業永續發展的重要指標，透過打造具競爭力、循環永續、韌性安全之各項轉型策略，除了達到產業鏈在 CO₂ 的減排目標，並且強化資源的管理及持續再利用等路徑，以留給下一代永續的生活環境，而在這些策略的解決方案中，材料扮演著關鍵的角色。

之前研究報告曾指出交通工具是最主要的 CO₂ 排放來源，但無論是燃油車或電動車，除了在使用期間的碳排控制之外，從產品的最初設計、材料選用、製程 & 加工等過程，以及一直到最終報廢後的處理，都必須做好對於碳排的評估 & 管理，才能真正降低對環境的衝擊，因此可以看到相關產業在材料端皆先朝向「可輕量化」與「可回收」的低碳目標進行發展。

其中就材料的選擇上，鋼材的比重為 7.8，鋁合金約

2.7，而纖維強化複合材料則低於 2.0，雖然纖維複材在直接強度上不如金屬，但因具備質輕、高剛性、高強度等特性，從性能 / 價格 / 加工的比值來看，應用上已逐漸取代部份金屬材料。而相較於傳統的熱固性樹脂，熱塑性的複材則另有容易加工、成型週期短、材料韌性高、樹脂選擇多樣、無存放限制等優點，最重要的是可以回收再利用，更能符合產品在節能減碳的要求。

可輕量化 & 可回收材料的研究發展

熱塑性複合材料多使用纖維（如玻纖）作為增強材，依纖維長度區分有「短纖」、「長纖」及「連續纖維」的類別，纖維長度愈長，相對製品的強度就愈佳，市場常見的以「短纖」規格為主，一般是用押出機將樹脂熔融後，同時與纖維混煉造粒成短纖料粒，粒子內部纖維的長度在剪切作用後約 <1mm，當材料在經過下一次的成型加工或回收再製時，纖維又會再受到機械力破碎，因此製品內的纖維保留長度往往是低於有

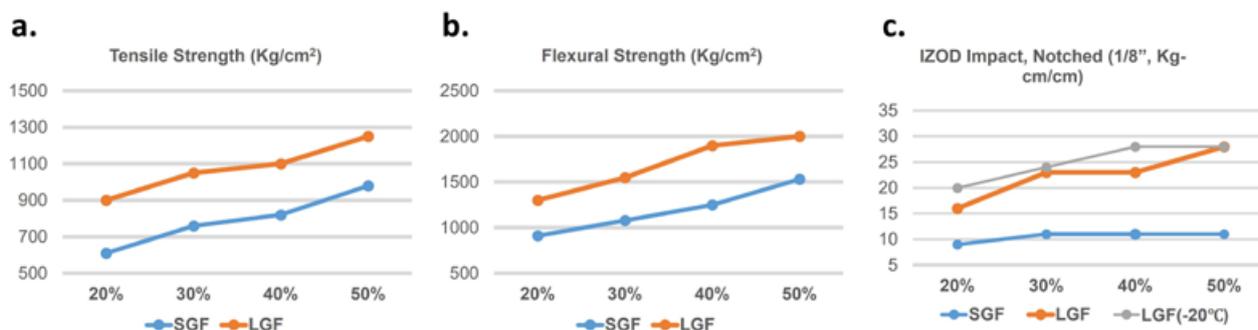


圖 1：a. 為短纖與長纖的拉伸強度比較；b. 為短纖與長纖的彎曲強度比較；c. 為短纖與長纖的衝擊強度比較

效的臨界長度，造成增強效果有限，因此如何提高纖維的保留長度，是纖維複合材料能夠發揮最佳性能與拓展應用領域之關鍵所在。

長纖維增強熱塑性複合材料 (Long Fiber Reinforced Thermoplastics, 簡稱 LFRT 或 LFT)，係將連續纖維以熔融樹脂浸潤包覆成膠條，再切成特定尺寸的長棍狀膠粒 (6~25 mm)，膠粒內的纖維長度等同於粒子長度，因能展現出比一般短纖更剛強的性能。以業界常用的 PP 玻纖增強複合材料為例，分別比較短纖 (SGF) 與長纖 (LGF) 在不同纖維比例下 (20%、30%、40%、50%) 的強度性能如圖 1 所示，由於 LFRT 內部的玻纖實質長度較長，所以纖維之間能相互搭接形成三維網狀結構，可以承受較大的應力和荷載，並有效吸收能量，即使在低溫下依然能保有一定強度，進而讓製品具有高比強度、高剛性、高耐衝擊、高尺寸穩定性、抗蠕變性、低熱膨脹係數等優點。與金屬和熱固性複材相比，採用 LFRT 製作相同部件可減重 10~50%，且設計自由度更高，而在模具成本及能耗上則比金屬材料減少 20~60%，適合應用於大型結構部件或模組如車用支架、門板模組、工業扇葉、手工工具殼件、機電泵體等領域。

雖然 LFRT 的纖維實質長度較長，但在射出成型過程中，材料經由螺桿、射嘴、流道 & 模穴等路徑，加上操作參數的設定 (如轉速、背壓)，仍會對纖維造成不同程度的減損，因而最終製品的性能表現上有時不如預期；例如 (圖 2) 實驗所示，以長度 5mm、8mm、12mm 的 LFRT 粒子分別在不同射出螺桿及轉速條件下製作試片，並量測試片內的纖維保留長度做比較，從 (圖 3) 數據中可以看到 LFRT 在不同成型參數下所導致的性能之差異，從初步的實驗結果可知，要讓 LFRT 的性能能夠展現出來，對於成型過程的設計與參數控制才是重要關鍵。

對此，台灣有多位知名研究學者包括成功大學 - 黃聖杰教授、淡江大學 - 黃招財教授、逢甲大學 - 彭信舒教授等實驗室，曾針對 LFRT 的成型製程進行深入研究，並已發表多篇論文於海內外的重要期刊上，在論文中提及 LFRT 的性能取決纖維的長度、配向與比例等因素，其中纖維長度的影響為最主要，如何保持纖維的完整性，並達到緻密且均勻的纖維配向是提高 LFRT 性能的核心關鍵；從論文的研究結果顯示，對於射出機及模具的設計優化，選擇適當的成型參數，確實能夠大幅提高纖維的保留長度。

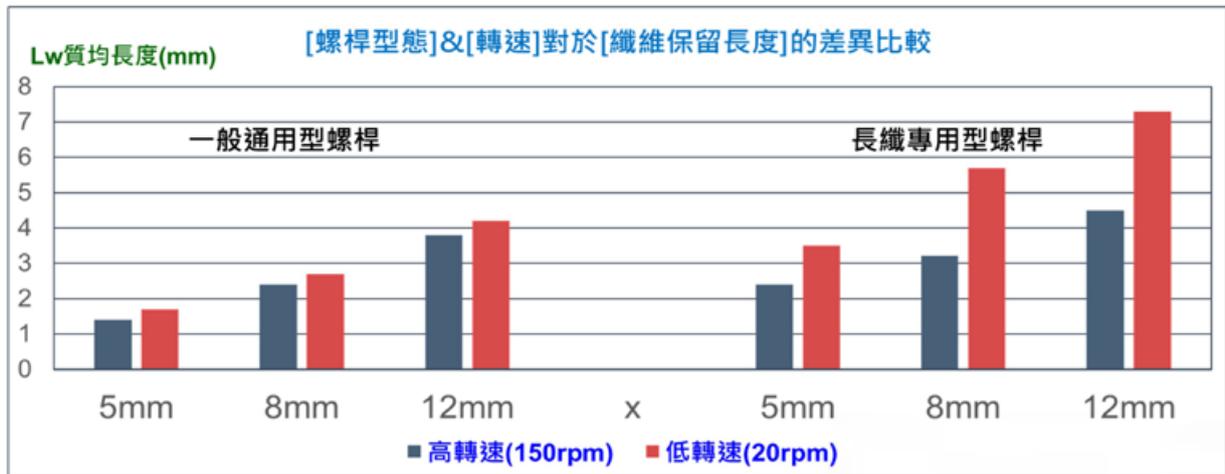


圖 2：螺桿設計及轉速對於纖維長度的影響比較

加工條件 機械強度 ASTM	單位	LFRT專用螺桿	
		螺桿高轉速 (~160rpm) 背壓 (>50%) 射嘴= Ø3mm	螺桿低轉速 (~50rpm) 背壓 (<10%) 射嘴= Ø8mm
Tensile Strength	Kg/cm ²	1943	2261
Flexural Strength	Kg/cm ²	2833	3079
Flexural Modulus	Kg/cm ²	107178	112147
Izod Impact, Notched 1/8" RT	kg-cm/cm	26	52

Sample:TPU/40%LGF

圖 3：不同成型參數對於纖維長度的影響比較

另外，上述研究團隊也利用非破壞性的斷層掃描設備，快速地解析出製品內部的纖維配向及分佈狀況，並同步與 Moldex3D 軟體的模擬結果進行相互驗證，有效提高模擬的精準度。

總結而言，學界的多項研究成果有助於相關產業在材料製造、產品設計、模擬分析、成型加工、產品檢驗方面的改善及優化，透由產學研的交流合作，便能快速提升企業的市場競爭力。■

註：所列圖表及數據為大東樹脂化學公司內部之實驗結果，內容僅供參考。



ERP System 雲端 ERP 擴充企業版圖



集研發、諮詢、銷售、實施和服務於一身，解決客戶各個面向的問題，擁有五千多家成功客戶的經驗，帶領客戶與時代並進。致力於自動化的研發，並納入了內稽內控和防錯防漏的管理思想，更專精於製造產業，不斷採用VPN、條碼、雲端等新技術，並推出月租的銷售模式，讓企業降低成本開銷，使我們ERP軟體的優勢更加突出，為國內外眾多中小企業所喜愛。



MES製造執行系統

建立亞洲工業4.0標準，符合亞洲企業設備多樣化、彈性生產、供應鏈整合的特性。



ERP 企業資源規劃

跨國雲端ERP，前中後台營運數位化，創造全新的價值，增加市場的競爭力。



工業網際網路系統

整合平臺設備機聯網連結到MES系統與戰情看板，完善解決DT、OT、IT資訊整合。



BI 商業智慧

企業數據整合，準確快速的提供資訊與決策依據，有效協助企業業務經營決策。



AI人工智慧

AI 技術開發與運用。產銷優化、品質確保、智慧保養、工安環保、降低成本五大面向。

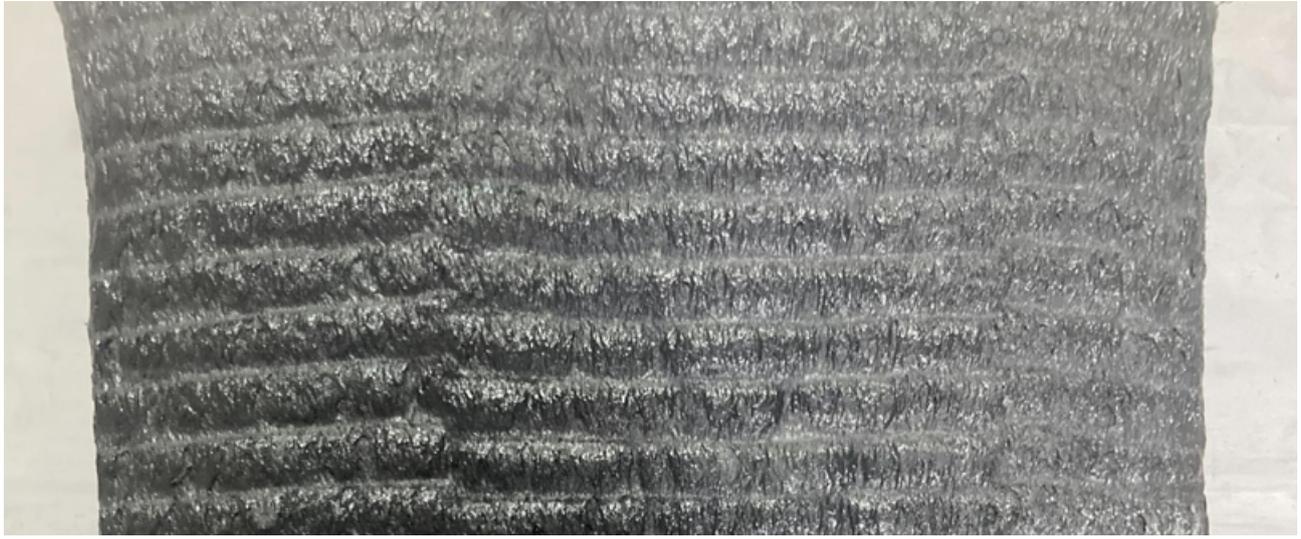


ESG節能減碳

ESG為一種衡量指標，涵蓋環境、社會、公司治理(ESG) 三大面向，朝向碳中和實踐。

廣告編號 2023-09-A05





熱塑性長纖複材 (Long Fiber Reinforced Thermoplastics) 的介紹與量測

■科盛科技

熱塑性長纖複材的簡介

近年來，輕量化技術以其高效性受到了人們關注，複合材料目前被廣泛運用於現今大部分的產業上，其中與環保議題並進的汽車輕量化在近年來發展非常迅速。汽車輕量化有助於提高汽車能源效益達節能減排之功效。電動汽車因大型電池以及氣體鋼瓶重量影響，相較於傳統汽車更重視輕量化的議題，因此使用高分子複合材料的比例不斷提高，藉由此契機，提供了複合材料應用於汽車領域的發展契機。

熱塑性複合材料常使用玻璃纖維作為樹脂的增強成分，藉此提高成型製品的機械性能或耐熱性。熱塑性長纖複材 (Long Fiber Reinforced Thermoplastics，以下將簡稱為 LFRT 或 LFT) 是近幾年來發展迅速的一類高性能複合材料，是將纖維 (長度一般為 10~15mm 以上) 與熱塑性樹脂基材經特殊的製程及設備造粒生產出的製品。

LFT 基本組成即為熱塑性基材與增強纖維兩大成分，熱塑性基材種類一般以 PP 與 PA 為主，此外如有特別用途，也有使用 PET、PBT 或 PPS 等塑料種類。而在纖維的部分大多則使用玻璃纖維。

因 LFT 纖維長度相較於短纖複材而言於製程中較能保有更足夠的長度，使纖維之間有足夠的長度能交互搭接，形成立體 3D 網狀結構，於基體樹脂內作為增強骨架。因此使此材料具備了高耐衝擊、收縮率低、高剛性、高尺寸穩定性、耐高溫、抗蠕變性與抗疲憊性等許多優點。除此之外，LFT 於生產成本上因工法較不複雜，相較於 GMT 而言成本更低廉；在加工方面可使用射出成型快速加工，更易貼合現行市場產品製作的方式。

LFT 的量測

複合材料因材料製作過程繁雜，基材與加工類型非常多，不論是製作過程還是材料的選用皆會直接影響到

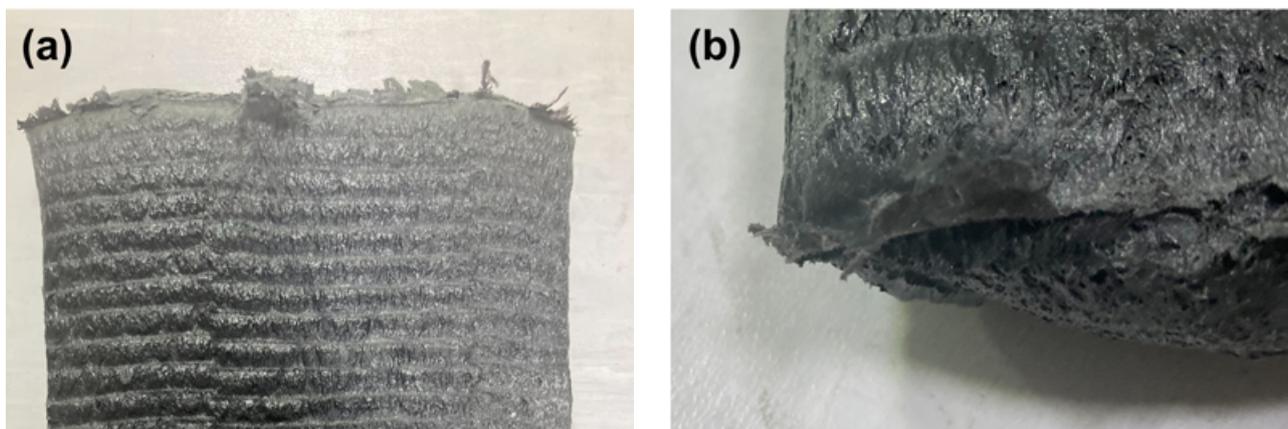


圖 1：(a)LFT 板材示意圖；(b)LFT 板材纖維特寫

成品性能。LFT 的功能性於射出成型中最關鍵的問題為長纖維斷裂問題，而纖維長度與其機械表現成正比關係，這將顯著的降低產品的機械強度。因此，找到適合的加工條件會是一大重點。如欲優化加工條件的設定，則需要先掌握材料的特性。

在 Moldex3D 中的計算中，LFT 在射出成型中，因纖維長度、纖維比例與基材之間的交互影響，於充填階段黏度特性是重要的觀察指標，而在保壓與冷卻階段黏彈特性則是預測產品收縮重要的性質。

圖 2(a) 為 Göttfert 的毛細管流變儀 (Capillary Rheometer)，是目前發展最成熟且應用最廣的流變測量儀器之一，可用來量測巨觀下之黏度特性，用以模擬材料於加工中的流動行為。而圖 2(b)Anton paar 所生產之旋轉流變儀，於裝置上旋轉夾具時可以進行動態黏彈性 (Viscoelasticity) 測量，利用旋轉流變儀進行動態頻率振盪 (Oscillation) 實驗，得到一般旋轉流變儀於穩態 (Rotation) 實驗中無法獲取儲存模數 (Storage modulus, G') 與損失模數 (Loss modulus, G'')。儲存模數 (G') 與損失模數 (G'') 分別代表著高分子的彈性與黏性。

LFT 的量測結果

圖 3 為毛細管流變儀實驗所得的剪切黏度，可藉由實驗數據進行數學模型擬合，取得黏度、溫度與剪切速率的相依性，進而分析出 LFT 的流動特性。

圖 4 則是旋轉流變儀的黏彈特性實驗結果，藉由時間-溫度疊加原理 (Time-Temperature Superposition，簡稱 TTS) 處理實驗數據，並將實驗結果結合數學模型擬合成一條主曲線 (master curve)，可從曲線內觀察到溫度、模數與角頻率的關聯性，並利用黏彈特性延伸至降溫時產品的收縮與翹曲。

結語

在 LFT 的加工製程上，能掌握材料的特性可有效的提升良率與更有系統化的調整製程參數。科盛科技材料量測實驗室因應近年輕量化對於複材的需求，致力於優化複合材料的量測。量測數據轉換成材料特性參數，並結合 Moldex3D 進行數值分析，可使客戶更快速且系統性的找出符合材料的加工參數，以較低的成本花費製作出所需的產品。■

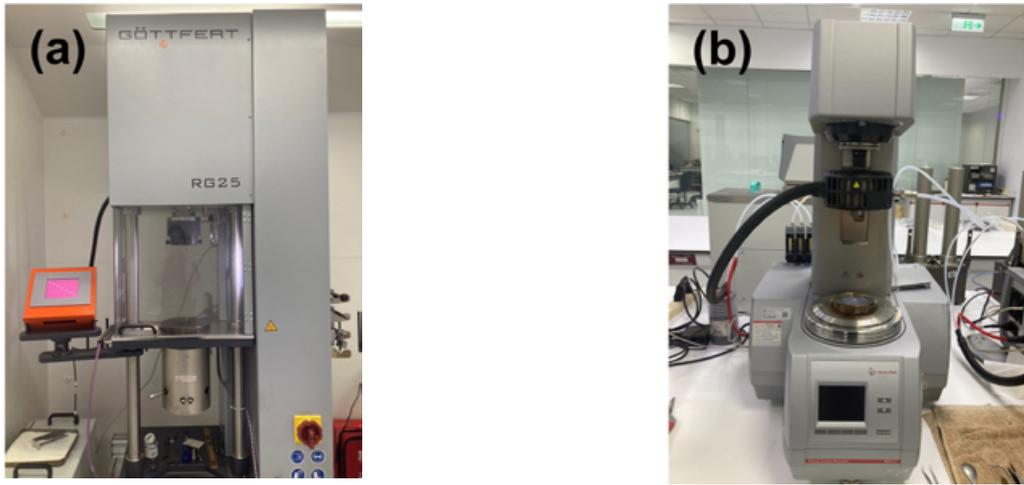


圖 2：(a) Göttert 毛細管流變儀；(b) Anton paar 旋轉流變儀

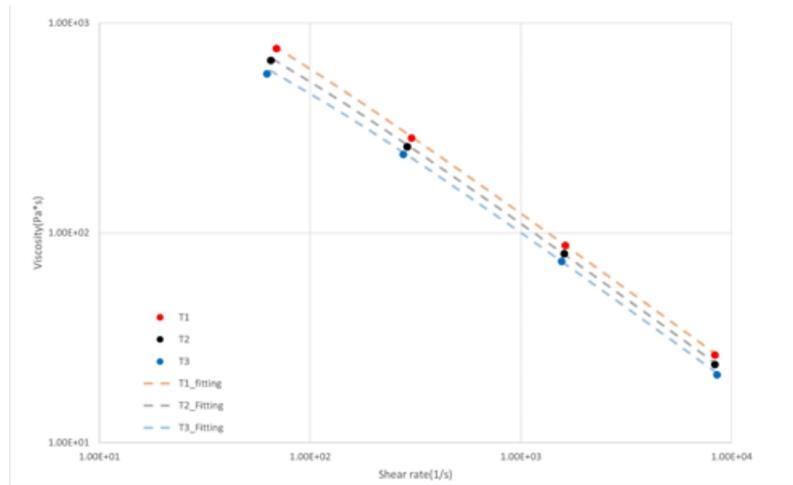


圖 3：LFT 的剪切黏度

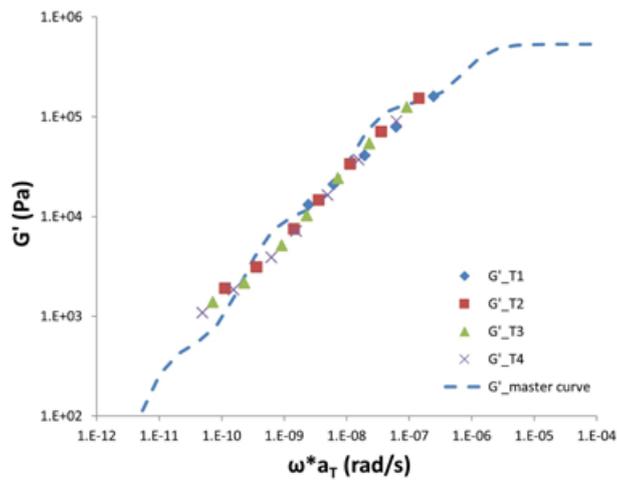


圖 4：LFT 的黏彈特性

ACMT

SMART
Molding
Magazine

www.smartmolding.com

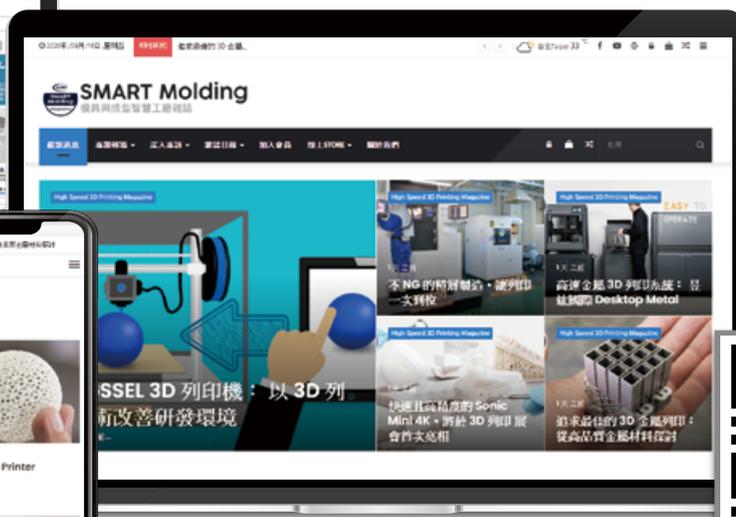
【SMART Molding】數位版雜誌

全球華人最專業的模具與成型技術雜誌(ACMT會員月刊)



會員專屬

超過1,200篇以上產業技術內容與深入報導 —



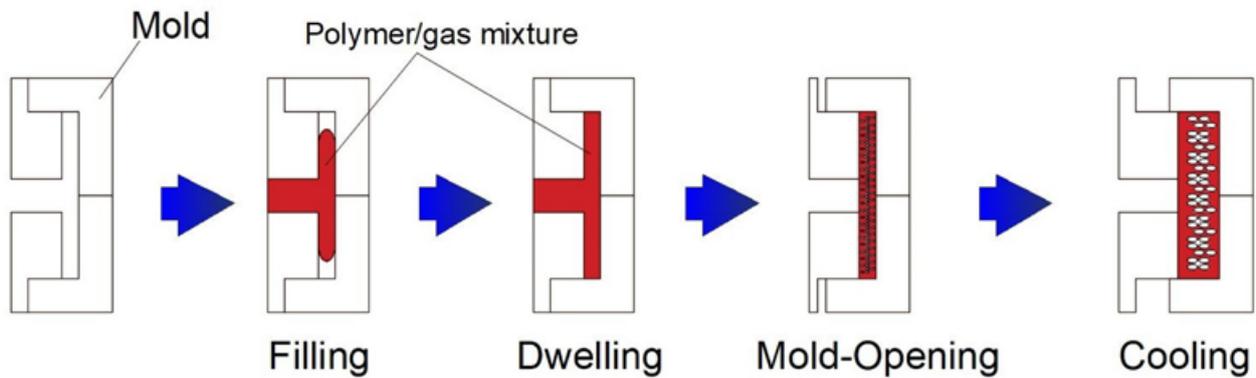
www.smartmolding.com



內容特色

更多內容請上

- 擴展橫向產業範圍增加【3D列印】、【粉末冶金】、【壓鑄模具】、【自動化】、【數位化轉型】、【智慧工廠】等領域。
- 每月內容涵蓋模具成型相關最新材料、技術、設備及應用案例，2017年創刊至今已出版79期。
- 原創內容-針對台灣、華東、華南及東南亞地區的企業進行採訪報導，了解這些企業的成功經驗及競爭力。
- 邀請成型技術各領域行業專家擔任主編增加不同製程觀點。



微細發泡射出的輕量化塑膠件

■健行科技大學 / 黃世欣 教授

前言

產品輕薄短小是科技進步下，消費者的普遍需求，想當初 1990 年代，Motorola 推出第一台行動電話，一台好像是磚塊那麼大又重，如今手機已經是手掌那麼大了。也經由科技的進步，高性能工程的漸進推出，慢慢在取代金屬件，例如：PEEK 這種塑料，可耐高溫且尺寸穩定性不錯，可用於半導體業的晶圓盒，中原大學已有 PEEK 材料的微細發泡產品的開發。

現在全球的已開發及開發中國家都在推 ESG，要求廠家要做好廢棄物回收，PEEK 很難 100% 回收，但只要加入奈米材料 (Clay) 就可以 100% 回收，奈米黏土 (Clay) 對塑料有不少的功能（增強抗拉、抗菌、阻氣、成核劑）。塑膠發泡有不少好處，最主要的應用是在克服塑膠產品的尺寸穩定性，另外一個優點是可減震，這個應用在運動鞋或球鞋的中底和大底最適合，又可輕量化，但輕量化相對的強度也會降低，所以這也是產品設計者要去注意的地方。用一般發泡射出，

減重比有極限，一般約 20~30wt%，鞋材的減重比一般要達到 40~50 wt% 以上。

案例分享

大陸目前做塑膠發泡的團隊有二個，其中一個是山東大學王桂龍教授的團隊，主要做射出發泡模仁後退，高減重比的發泡研究（如圖 2 所示）。另外一種模仁後退方式是用馬達帶動齒輪方式把圓周運動轉為直線運動（如圖 3 所示）。另一個是中山大學翟文濤教授的團隊，二位教授都曾在加拿大塑膠發泡大師 Chu Park 教授那裏擔任過博士後研究員，並在之後回國發展。他們主要的研究方向是車輛輪胎的塑膠發泡，希望整個腳踏車或摩托車輪胎是用塑膠發泡做成，且不希望有內胎。

10 年前有業者來找我研究此課題，業者拿了德國 Evonik 的發泡樣品來，發現德國 Evonik 技術真是厲害，氣泡大小均一沒有凝固層且結構強，想要以此製

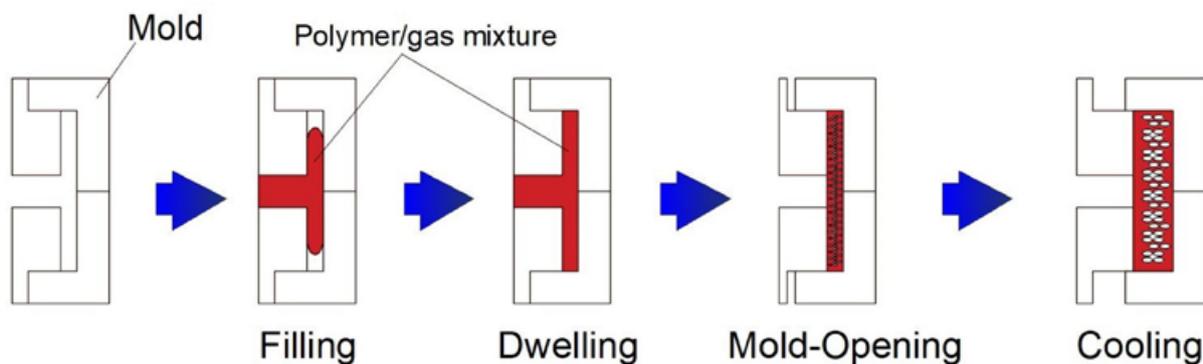


圖 1：模仁後退技術概念

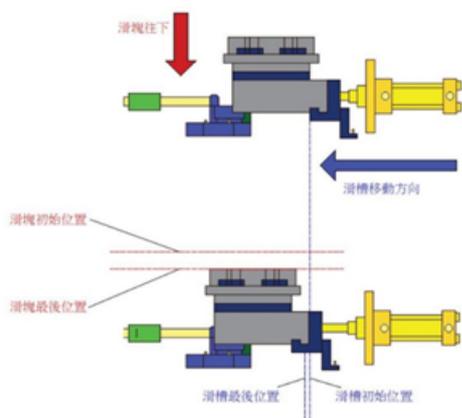


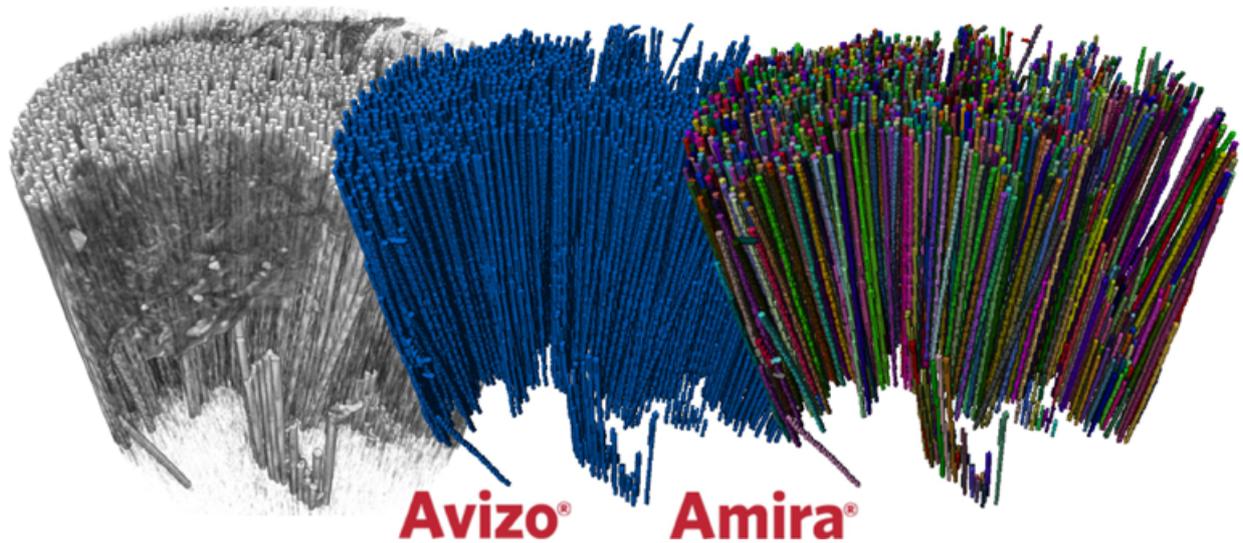
圖 2：山東團隊模仁後退的機構裝置



圖 3：用馬達帶動齒輪讓黃色模仁後退裝置

做高級腳踏車的車胎。

至於微細發泡射出應用於鞋底（一般是用 TPU 材料，世界知名廠商都採用德國巴斯夫公司的材料）的研究，中部某機械公司也有此能力，該公司開發鞋底專用的射出發泡專用機，去年也到過德國 K-show 參展獲得好評。■



良率精進方案：深度學習於 3D 材料微奈米斷層影像分析之應用

■ 擎擘有限公司 / 李根嘉 技術長

前言

隨著產品製程精密度與複雜度日益提高，2D 檢測或是 3D 非穿透式的表面檢測已漸漸不敷需求，要更深入了解材料整體微細結構，可透析材料內部的微奈米斷層掃描（micro/nano CT）已成為製程良率精進的最佳利器之一。

微奈米斷層影像技術是一種非侵入性的影像技術，可以高解析度捕捉材料內部的微觀結構和特性。這種影像技術在材料分析、生物醫學、電子元件、岩石礦物檢測……等領域扮演著重要角色。「深度學習」，作為人工智慧的一個分支，在分析微奈米斷層影像方面發揮著關鍵作用。

微奈米斷層影像技術使用射線或波束經過材料，通過探測器接收的訊號，可以重建出材料內部的三維結構。這種影像技術對於研究材料的微觀組成、缺陷、晶體結構、孔洞分佈等具有獨特的優勢。在材料科學

領域，這些微觀特性直接關聯到材料的性能和功能。在生物醫學領域，微奈米斷層影像可以用於細胞和組織的觀察，幫助了解疾病的發展機制。在電子元件領域，這種影像技術可以幫助優化晶片內部的結構，提升元件的性能。

然而，微奈米斷層影像產生的數據龐大且複雜，傳統的分析方法難以處理這些數據。這時候，深度學習的強大能力就得以發揮。「深度學習」是一種模仿人類神經網絡結構的機器學習方法，能夠從大量數據中自動學習特徵和模式。在微奈米斷層影像分析中，深度學習可以用於自動標記和分割影像中的特定結構，如晶粒、孔洞等，從而實現對材料結構的精確定量分析。此外，「深度學習」還可以用於影像的雜訊去除、影像訊號重建和增強，提升影像品質。

「深度學習」在微奈米斷層影像分析中的應用，大幅增加分析的效率和準確性。它可以幫助研究人員從巨

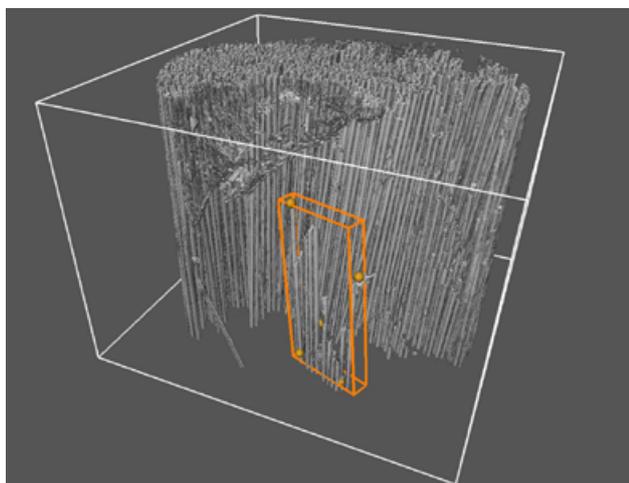


圖 1：原始影像（白框），透過少數標記點快速擷取特定區域（橘框）

量的影像數據中攫取有價值、有意義的信息，加速新材料的發現和設計，推動科學研究的前沿。此外，「深度學習」還可以實現自動化的影像分析流程，減輕了研究人員的工作負擔。

本文利用 Avizo/Amira 軟體，說明客製化深度學習模型之訓練流程步驟，以實現產品製程自動化分析與品質監控之目標。

Avizo/Amira 軟體深度學習模型訓練實戰秘笈

如何輕鬆有效率地完成 Avizo/Amira 平台的深度學習模型訓練？本文將相關流程切分並依序為各位讀者進行剖析。（相關實作影片請參考附錄 1、附錄 2）

數據收集

深度學習影像資料可能來自多樣化的影像設備和各種不同的檔案格式。Avizo/Amira 其強大的功能，完整支援各種類型的影像資料，讓使用者能夠輕鬆地將不同來源的數據匯入到軟體中進行進一步的分析和處理。無論是來自光學 / 電子顯微鏡、數位相機、掃描

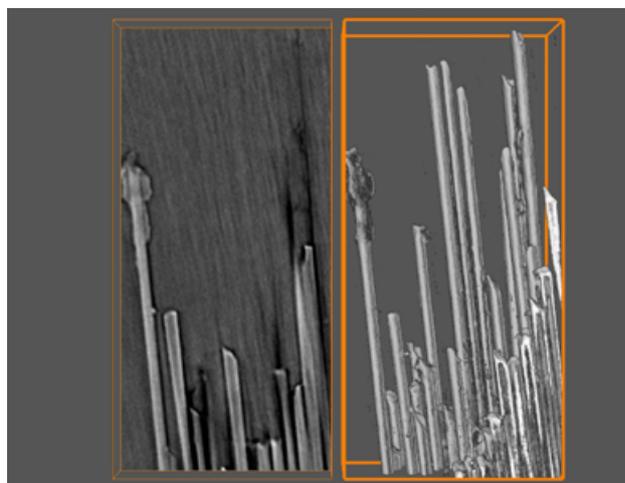


圖 2：擷取區域較小，方便快速進行相關測試與分析

儀、磁振造影、超音波掃描還是其他影像設備所產生的資料，Avizo/Amira 皆能直接讀取和解析這些資料，確保資料的完整性和準確性。而對於多樣化的檔案格式，如 JPEG、TIFF、PNG、DICOM……等，軟體也提供了全面的支援，用戶能夠不必擔心格式轉換或資料兼容性的問題，專注於影像數據的分析和處理工作。

數據前處理

訓練之前，需要將影像資料進行一系列的預處理，以確保其適合進行特定任務的訓練。其中，特定區域的影像擷取和雜訊去除是提升影像品質的關鍵步驟，這有助於更好地進行後續的分割、標註等任務。Avizo/Amira 融合了數百個內建的強大演算模組，為用戶提供了極大的靈活性，能夠根據具體任務的需求，自行構建專有的影像分析流程。這些演算模組可以協助用戶進行多種預處理步驟，如影像的區域擷取、雜訊去除、影像增強等，從而有效地改善影像資料的品質。

以 Extract Orientated Volume from Landmark 為例，模組利用少數手動標記點，自動計算標記物件的方向

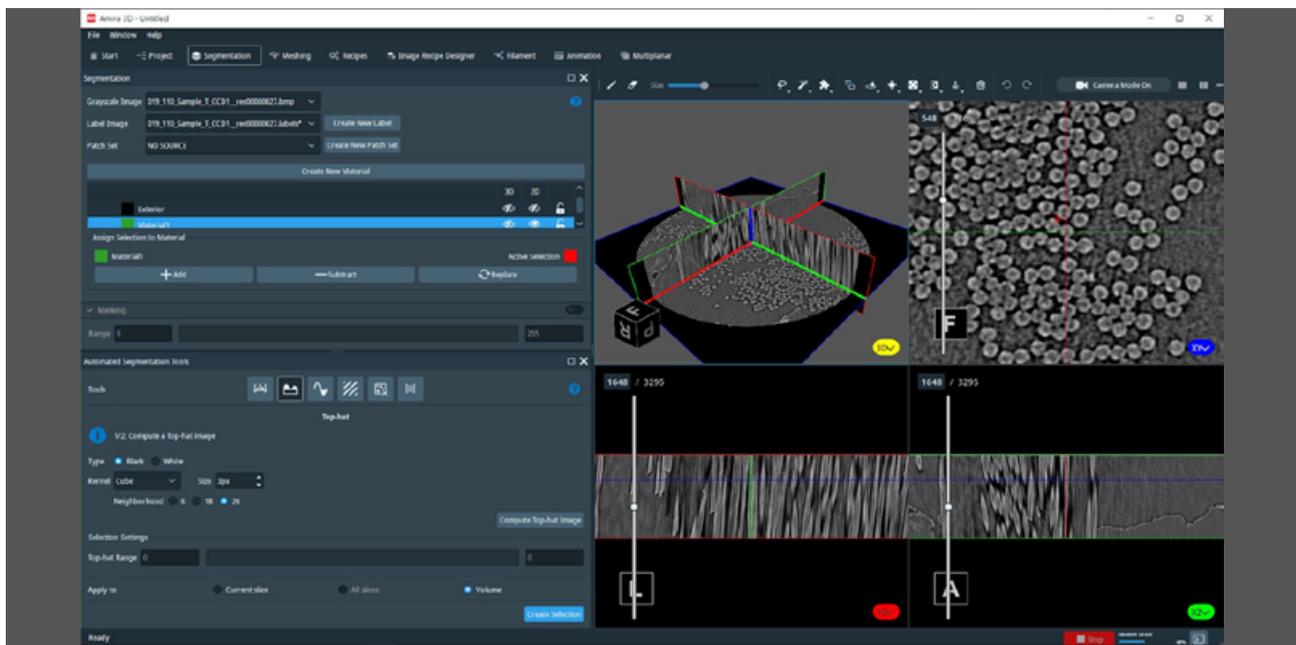


圖 3：全新影像分割工作室支援更大影像資料，更即時互動顯示及全新人工智慧輔助圈選分割

與範圍，快速擷取目標區域影像進行分析處理。（圖 1、圖 2）

影像分割標記

透過 Avizo/Amira 的互動式分割功能，即便在影像間呈現微小的邊界差異，也能輕易地進行影像標記（圖 3）。軟體內建了多種優秀且有效率的工具，如分水嶺影像分割 (Watershed Segmentation)、閾值分割和區域增長 (Region Growing)，這些工具能夠讓使用者以互動方式，迅速而精確地標記整組影像。

此外，Avizo/Amira 中專一的 Image Recipe Designer，提供個人化的工作流程設計界面，融合專有的演算法，例如結構亮度增強過濾模組 (Structure Enhancement Filter)、薄膜亮度增強過濾模組 (Membrane Enhancement Filter) 和圓柱結構關連偵測模組 (Cylinder Correlation) 等功能，讓使用者可以更快建置專屬工作流程，便於將來反覆性的操作或與他人共享的 SOP（圖 4）。

深度學習模型選擇與訓練

Avizo/Amira 不僅提供了功能完整的深度學習訓練模組，而且透過其直觀的使用介面，讓設定變得輕而易舉。無論是常見的各類型二維或三維 UNet 還是其他架構，都能輕鬆地進行自訂，以符合特定任務需求。這樣的便捷性使得即使對於不具備深度學習專業知識的用戶來說，也能夠在短時間內建立起有效的訓練模型（圖 5）。

此外，Amira 的訓練模組中還提供了多項資料前處理功能（圖 6），包含亮度均一化、數據增強功能、資料裁切功能等，這對於訓練資料取得有限的用戶來說是一大福音。透過資料前處理的過程中生成多樣性的訓練樣本，從而提升模型的泛化能力和穩健性，即使在少量訓練資料的情況下，也能獲得優異的訓練效果。

深度學習實例分割 (Instance Segmentation)

Avizo/Amira 的模型訓練主要是提供語義分割

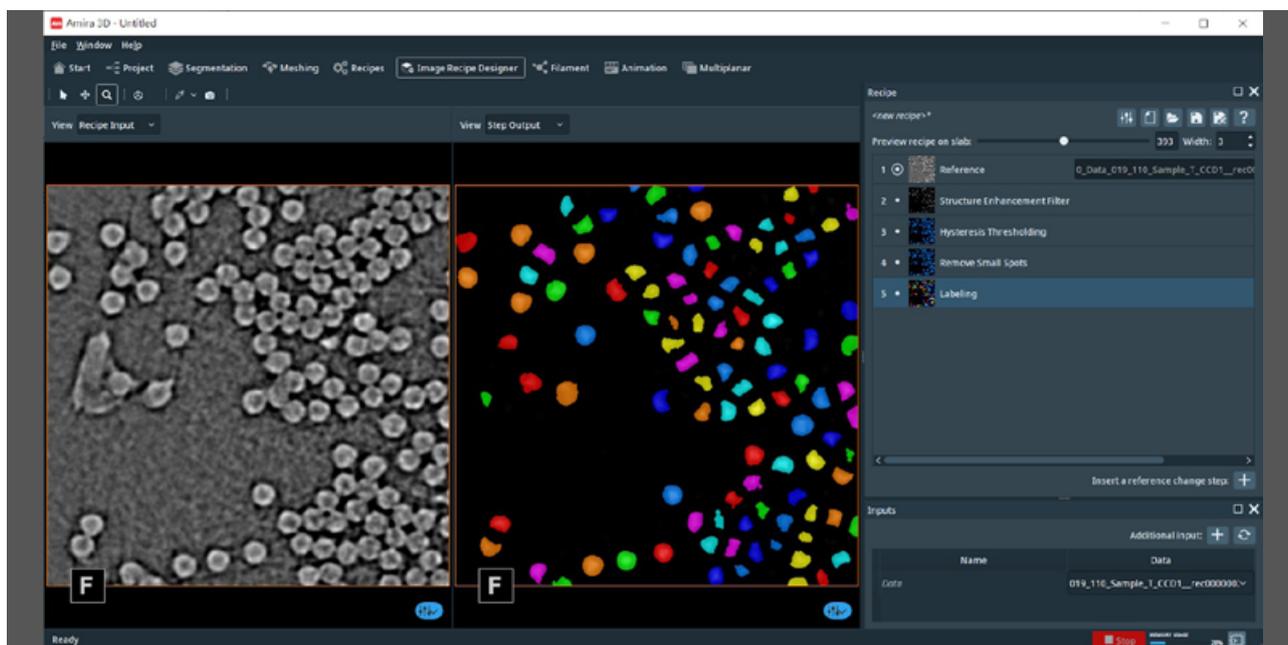


圖 4：影像分析流程設計工作室提供即時分析結果，方便快速存儲流程分享或套用其它欲處理影像

(Semantic Segmentation)，即指將圖像中的所有像素點進行分類。例如圖 7 分割為「纖維」（藍色）及「非纖維」兩種，在訓練模組的 Number of Class 選擇 2。

如要進行實例分割目的，將每根纖維都獨立分割，以利後續的量化數據能夠更精確，此時，可以將訓練的目標影像透過 Copmute Labels Distance Layer 將目標類別分為 3 類，亦即背景（非纖維）、纖維中心（深藍）、纖維輪廓（淺藍）如圖 8 所示，再進行訓練。

完成訓練後，預測的影像也可以得到纖維中心與纖維輪廓，只要在 Image Recipe Designer 結合分水嶺分割法，就得到完成影像的實例分割如圖 9 所示。

進階量化分析

材料在產品中的占比分佈等數據，直接關乎著產品的品質和可靠性。這些數據提供了深入了解產品特性、性能及相互作用的視角，進而影響產品的應用可行性和長期穩定性。以複合纖維產品為例，無論是個別纖

維的長度、方向和直徑，這些數據提供它們的幾何形狀，影響材料的力學性能；或是體積表面積，反映纖維的表面特性，對於界面交互作用和能量傳遞至關重要。通過這些細緻的數據，我們可以深入了解產品中纖維的特性及其對產品整體性能的影響，從而有助於更精確地設計和優化材料的應用。

在 Avizo/Amira 中提供了完整的報表數據及圖示說明（圖 10、圖 11），讓使用者可以一目了然，完整掌握產品性能。

結語

Avizo/Amira 是一款功能強大的軟體，專注於影像資料的分析和處理。在深度學習的領域中，影像資料的來源多樣，檔案格式各異，而 Avizo/Amira 的優勢在於能夠完整支援各種類型的影像資料，輕鬆將不同來源的數據匯入軟體進行進一步的分析和處理。這對於確保數據的完整性和準確性至關重要，直接關係到後續分析的品質和結果的可靠性。

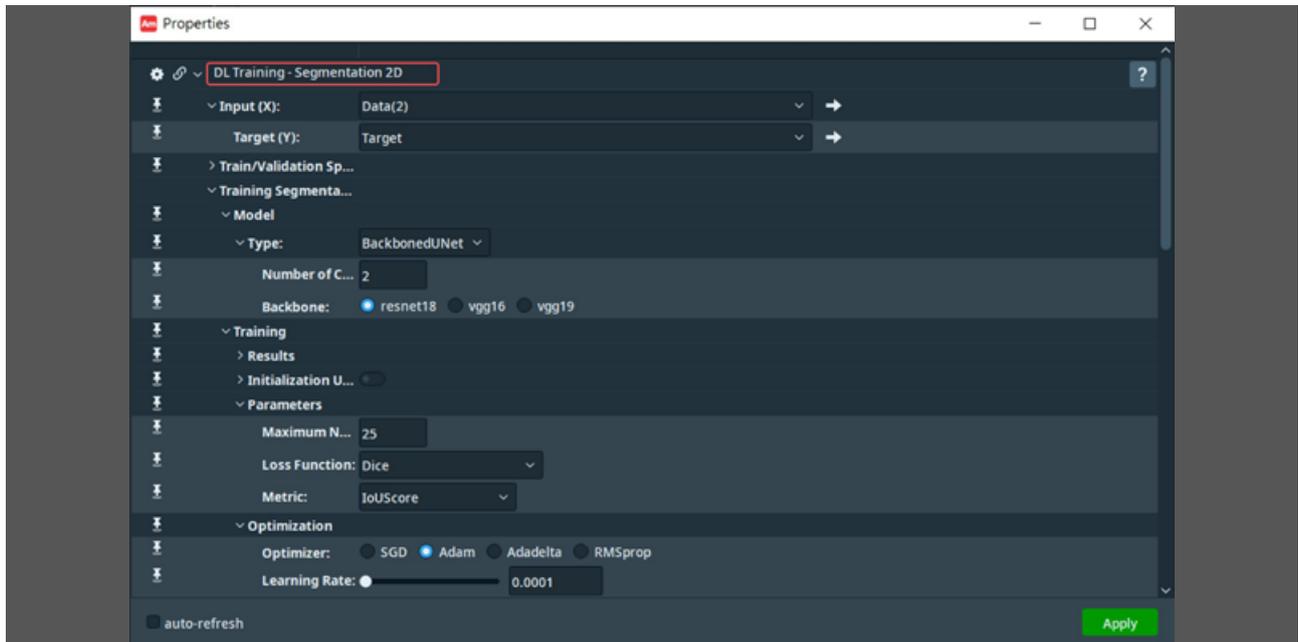


圖 5：深度學習訓練模組介面，可選取模型類型及設定訓練參數

在數據前處理方面，Avizo/Amira 提供了多種內建的強大演算模組，讓用戶可以依據任務需求自行構建影像分析流程。這些模組能夠處理影像的區域擷取、雜訊去除、影像增強等步驟，有助於提升影像資料的品質，為後續的分析奠定基礎。特別是通過互動式分割功能和個人化的工作流程設計界面，使用者能夠迅速且精確地標記影像，有效地改善影像資料的準確性。

在深度學習模型選擇與訓練方面，Avizo/Amira 提供了完整的深度學習訓練模組，並以直觀的界面幫助用戶進行模型設定。這意味著即使對深度學習不熟悉的用戶，也能夠輕鬆地建立訓練模型。軟體內建多項資料前處理功能，如亮度均一化、數據增強等，有助於提升模型的泛化能力。透過這些功能，用戶可以在短時間內建立有效的訓練模型，為後續分析提供有力支持。

總結而言，Avizo/Amira 在深度學習領域扮演著重要角色。它不僅能夠處理來自不同設備和檔案格式的影

像資料，還提供了強大的數據前處理和深度學習訓練功能，幫助用戶輕鬆地進行影像分析和模型訓練，確保最終分析結果的品質和可靠性。

更多的 Avizo/Amira 軟體介紹與材料分析的應用，請參考附錄 3。■

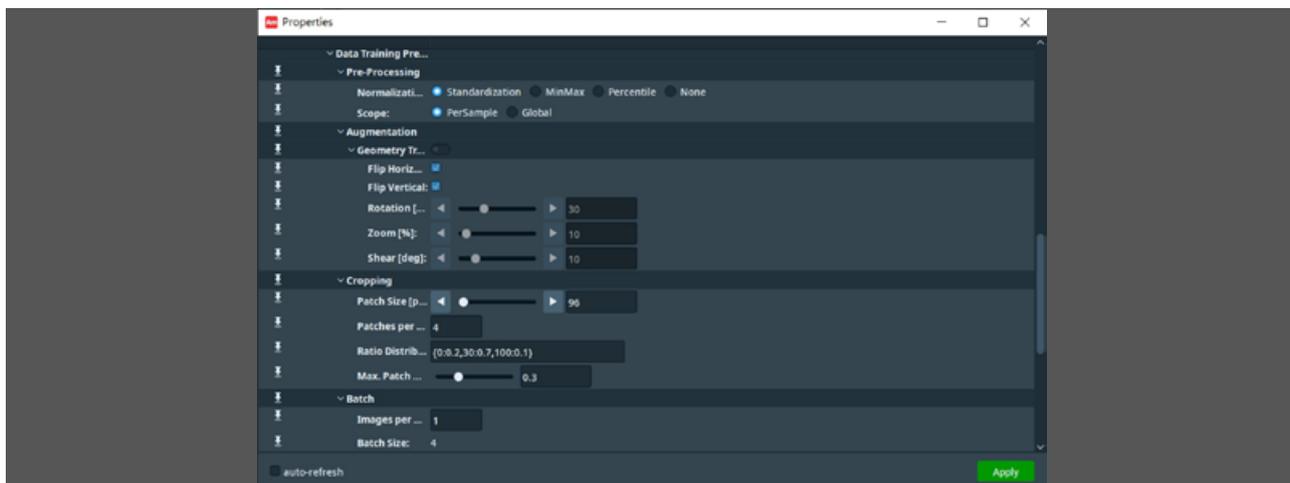


圖 6：深度學習訓練模組介面，可自訂調整訓練資料前處理參數

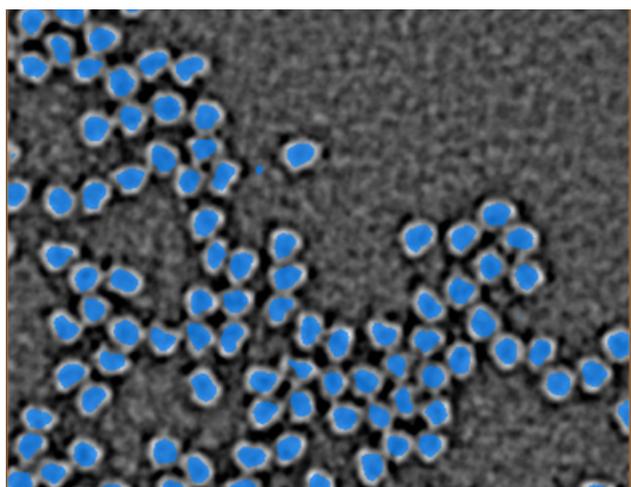


圖 7：原始斷層掃描纖維影像（灰階）與標記為纖維（藍色）區域疊合結果

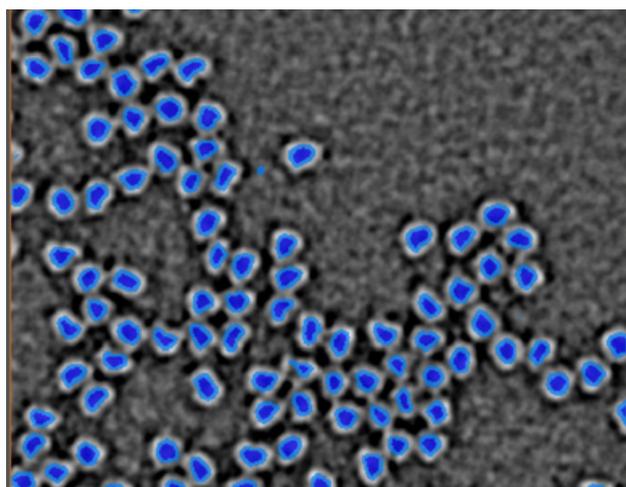


圖 8：原始斷層掃描纖維影像（灰階）與標記為纖維輪廓（淺藍）及纖維中心（深藍）區域疊合結果

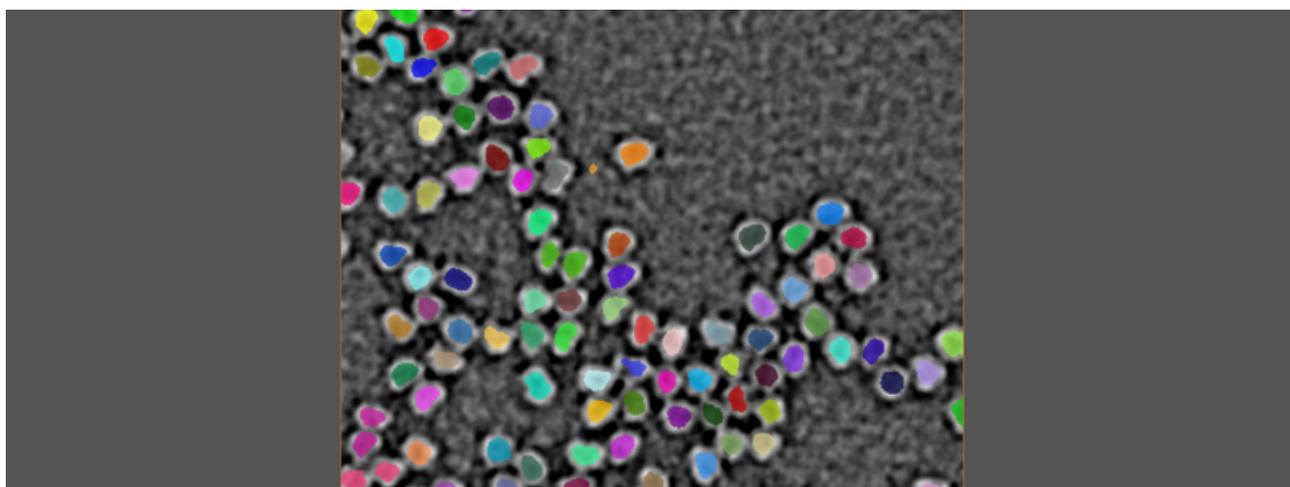


圖 9：原始斷層掃描纖維影像（灰階）與個別纖維實例分割影像疊合結果

	Volume3d	BaryCenterX	BaryCenterY	BaryCenterZ	Anisotropy	Elongation	Flatness	EigenVal1	EigenVal2	EigenVal3	EigenVec1X	Eig
1	117304.0	666.332	1528.6	69.2149	0.964593	0.0472348	0.749603	1643.86	77.6473	58.2047	0.0973732	-0.011
2	117024.0	586.576	1545.02	70.133	0.968072	0.0532513	0.599563	1626.78	86.6285	51.9392	0.0332992	-0.071
3	100520.0	535.931	1557.55	68.7555	0.970366	0.0451297	0.656643	1622.58	73.2267	48.0838	0.0419609	-0.051
4	107408.0	627.314	1581.77	68.921	0.967291	0.0446865	0.731963	1656.33	74.0157	54.1768	0.020698	-0.061
5	89712.0	573.075	1596.24	69.3573	0.978638	0.0518827	0.411744	1598.5	82.9345	34.1478	0.0339169	-0.051
6	101032.0	696.122	1614.0	69.5517	0.974573	0.0543102	0.468173	1588.45	86.2689	40.3888	0.0120509	-0.071
7	90224.0	537.775	1619.68	69.093	0.9763	0.0430917	0.549981	1619.84	69.8014	38.3895	0.0600653	-0.041
8	92672.0	610.779	1620.58	68.4242	0.976123	0.0455478	0.524226	1636.38	74.5335	39.0724	0.0341588	-0.041
9	107976.0	743.257	1620.28	68.512	0.975978	0.0614237	0.391084	1656.69	101.76	39.7967	0.0194973	-0.041
10	116672.0	654.489	1640.25	68.572	0.961952	0.0453954	0.838148	1630.48	74.0162	62.0365	0.0224346	-0.041
11	123648.0	714.431	1674.43	69.3706	0.96418	0.0407777	0.716583	1650.77	87.6106	50.4534	0.0800726	-0.041

圖 10：個別纖維量化數據統計表

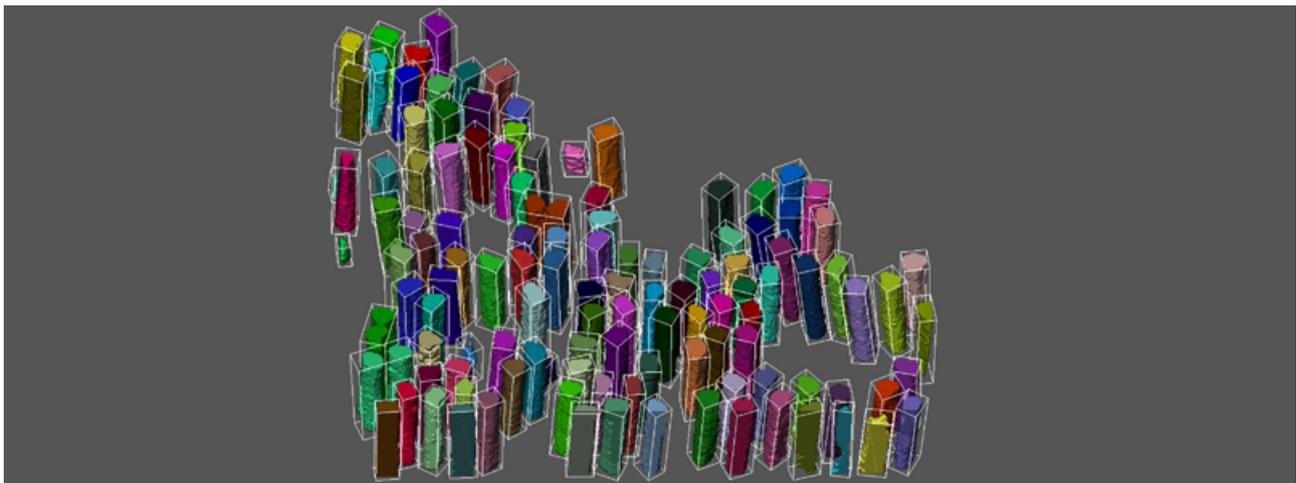
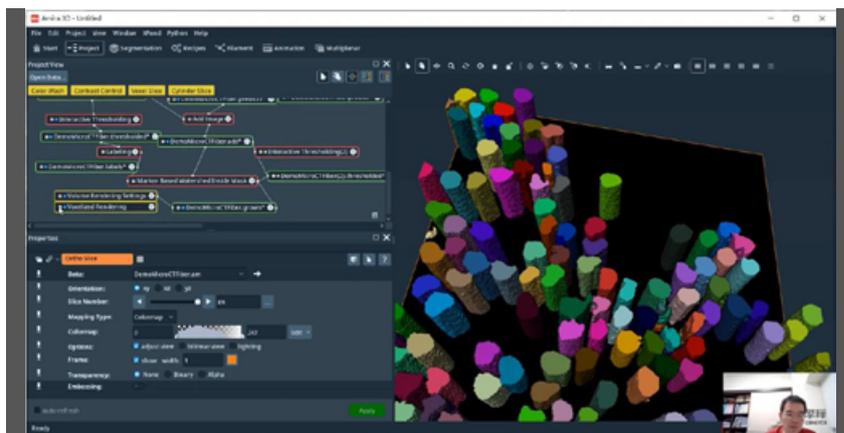


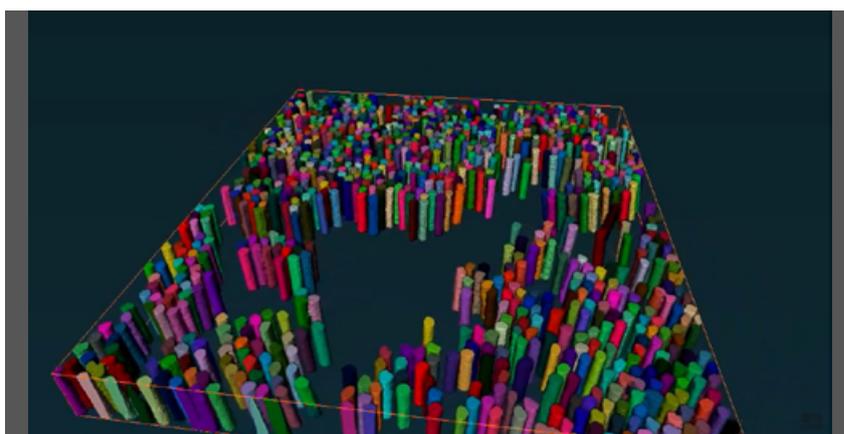
圖 11：個別纖維三維分佈顯示

附錄

附錄 1 《Amira · Avizo 高手實戰秘笈》深度學習資料預測及資料訓練



附錄 2 深度學習奈米電腦斷層影像碳纖維強化熱塑性塑膠分割



附錄 3 三維影像處理在材料影像分析之應用：Avizo 纖維提取與量化



型創應力偏光儀

✗ 產品外觀變形及翹曲

✗ 產品發生破裂、裂化、使用壽命縮短

✗ 產品後加工效果不佳

✗ 產品光學特性需求無法滿足



適用透明件



一目瞭然



即時檢測

型創科技顧問團隊



30年模具與成型產業專業輔導經驗



SMB計畫塑膠製品業第一名

廣告編號 2023-09-A07



型創科技顧問股份有限公司
MOLDING INNOVATION TECHNOLOGY CO., LTD.

服務據點

台北·東莞·蘇州·泰國曼谷·印尼雅加達

規劃中據點

台中·台南·寧波·廈門·馬來西亞·菲律賓·越南



+886-2-8258-9155



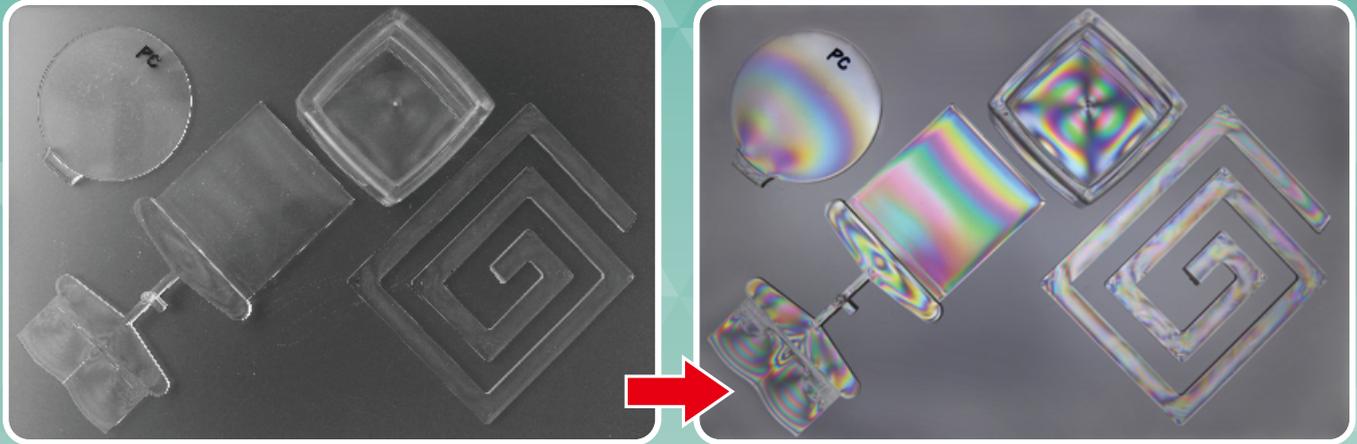
info@minnotec.com



<https://minnotec.com/sv/>



應力偏光儀觀測 實際畫面



▼ 應力偏光儀-簡介

穿透式應力偏光儀為一種非破壞性定性觀測的量測設備，是利用塑膠分子結構受應力作用下的雙折射率性質，來觀測塑件的光彈特性變化情形。只要將透明塑膠件或透光件產品或試片放置於觀測視窗內，藉由塑膠雙折射現象及光彈特性可將白色光源經由偏光片偏折後，形成可視覺觀測的彩色條紋，由所顯示的條紋形式與條紋密度，可以觀測塑膠件內部的殘留應力程度。

▼ 應力偏光儀-優勢

- 非破壞性穿透式偏光技術
- 直接觀察塑膠產品殘留應力分佈
- 背光式光源模組適用於各式透明塑件
- 手提式設計，重量輕盈，攜帶方便，可在成型機台旁即時使用

▼ 規格

尺寸:410(L)X280(W)X60(H)mm
重量:3kg (淨重)
電壓:100V~240V



型創科技顧問團隊



30年模具與成型產業專業輔導經驗



SMB計畫塑膠製品業第一名

mit 型創科技顧問股份有限公司
minnotec MOLDING INNOVATION TECHNOLOGY CO., LTD.

服務據點

台北 · 東莞 · 蘇州 · 泰國曼谷 · 印尼雅加達

規劃中據點

台中 · 台南 · 寧波 · 廈門 · 馬來西亞 · 菲律賓 · 越南

+886-2-8258-9155

info@minnotec.com

<https://minnotec.com/sv/>





Moldex3D

科盛科技成立的宗旨在於開發應用於塑膠射出成型產業的模流分析軟體系統，以協助塑膠業界快速開發產品，降低產品與模具開發成本。公司英文名稱為 CoreTechSystem，意味本公司以電腦輔助工程分析 (CAE) 技術為核心技術 (Core-Technology)，發展相關的技術與產品。致力於模流分析 CAE 系統的研發與銷售超過二十年以上，所累積之技術與 know-how、實戰應用的經驗以及客戶群，奠定了相當高的競爭優勢與門檻。隨著硬體性價比的持續提高以及產業對於智能設計的需求提升，以電腦模擬驅動設計創新的世界趨勢發展，相信未來前景可期。



自動化 IC 封裝模擬分析工作流程

■科盛科技 研發四部 / 陳姝芳 副管理師

前言

在 IC 封裝製程的製程模擬中，為了同時提升工作效率與品質，CAE 團隊常會面臨到許多挑戰。在一般的 CAE 分析流程中，模擬分析產生結構性網格，是非常繁瑣且相當花時間的。必須要先匯入 2D (或 3D) 圖檔，接著陸續建立表面網格、高品質的三維實體網格，再檢查其網格的品質及正確性，以確保沒有網格缺陷；接著再設定不同的屬性，如 chip、die 等等；完成一個單元 (unit) 的實體網格建立後，還需要根據 strip 的設計並透過複製實體網格等方式建立一個完整封裝模型，並且在模型外進行流道等實體網格的建立及邊界條件設定等，才算是完成一個封裝製程分析的網格處理。而待網格處理完成後還需建立專案，其建立步驟為：先創建一個新專案；接著建立分析流程，包含設定網格、材料、成型條件等等；再來就是分析順序的設定，這些都完成後才開始進行分析，待分析結束後才能檢視其分析結果。

這些繁瑣的建模流程每每都需耗費好幾天的時間和大量的精力，故對於 CAE 工程師及整個管理團隊來說，容易構成 3 個無可避免的痛點：

• 花太多時間在重複性的任務上

任何一項設計在建模過程中，都需要進行重複的工作流程和相關操作，如建構結構性網格。

• 難以分析驗證全部的設計

在分析驗證的過程中往往都需要 CAE 工程師的操作，因此難以將企業內部全部的封裝設計進行完整分析，故容易造成一些產品潛在的設計問題沒有被立即發現；如果要對企業內部全部的封裝設計進行完整分析，就需要建立龐大 CAE 工作團隊，對於企業的經營管理上又不切實際。

• 人力資源的浪費

普遍的 IC 封裝流程都需在分析操作上花費大量的人工操作時間，這無疑是對人力資源的浪費，而 CAE 工程師的價值也因此無法有效被凸顯出來。

實現自動化的 IC 封裝，模擬分析工作流程

因此，為了避免時間精力的耗費、人力資源的損耗及可能造成的疏失，Moldex3D iSLM 將所有的步驟轉向更完整、精確的 IC 封裝製程，並提供了一套自動化 IC 封裝工作流程，以「事先定義一系列標準的參數及資料庫」，讓原本就是高標準化的 IC 封裝產業除了繼續沿承此精神之外，更朝向簡單化的方向開展，進而實現自動化的 IC 封裝，模擬分析工作流程。

上述提及的標準化項目包含統一定義了設計圖層的名稱、流道的設計、模具的參數等等，雖然乍看之下較不彈性，但卻能讓工作流程變得自動化。

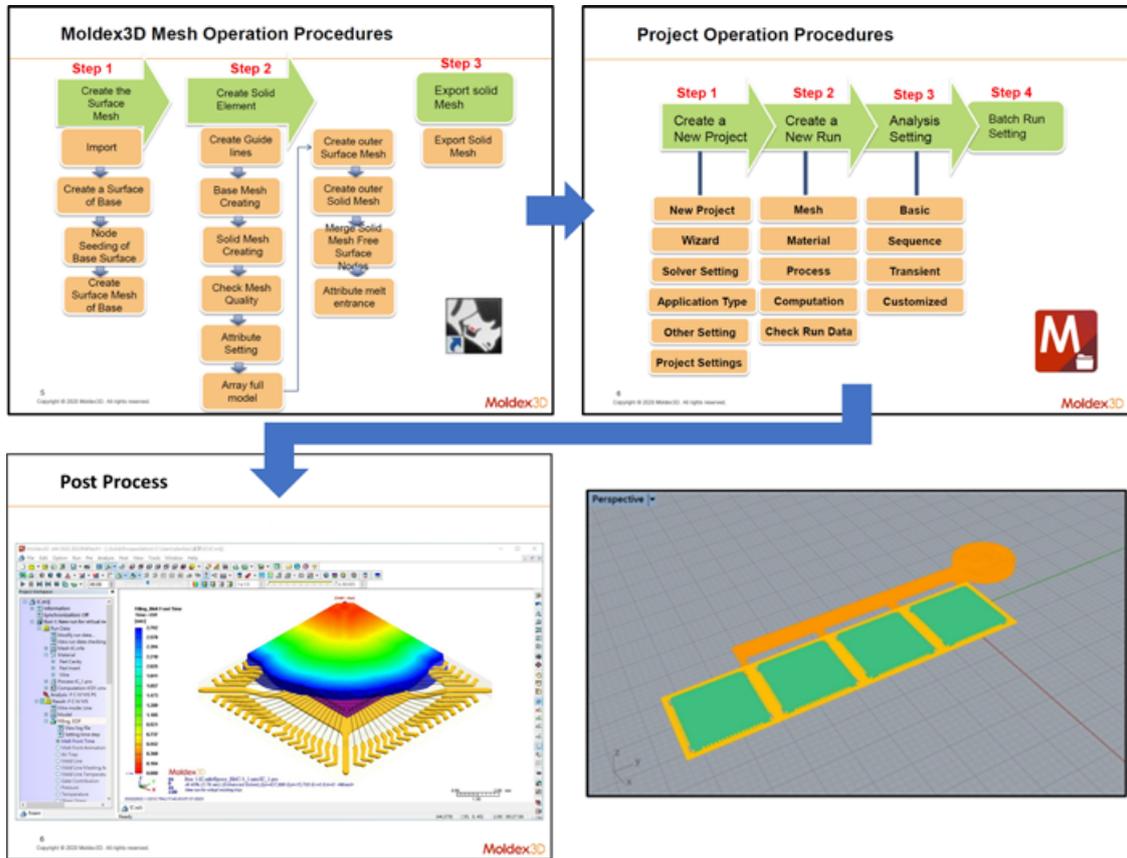


圖 1：過去的 IC 封裝流程

在 iSLM 的環境下，使用者將 2D 設計檔 (*.dxf) 上傳，並設定各項物件圖層的幾何、材料的參數，接著填入成型條件的設定之後，就能開始進行分析；而待分析過程結束，便可至 3D 檢視平台中查看相關分析結果。整個過程包含導入模型、自動創建網格、成型參數設定到完成分析，皆是於 iSLM 平台上進行。

另一方面，為了能更加貼近自動化的核心理念，Moldex3D iSLM 也提供了另一種分析流程設定，那就是「IC 模擬封裝分析自動化流程」。此流程將前述統一義流道設計、模型參數等等的標準化步驟以自訂檔案模板的方式先行建立，使用者僅需在專案中上傳 2D 設計檔 (*.dxf) 及根據模板形式上傳對應的活頁簿資料檔案 (*.xlsx) 或 JSON 檔，系統即會自動讀取與傳遞使用者所上傳的檔案內容，以完成自動化的模擬

分析工作。此舉大大縮減了人力資源的消磨，更將標準化的設定流程往上提升至客製化、自動化的層次。

而分析完成後，在結果分析中的 3D 檢視平台上，除了可以放大縮小、旋轉查看 3D 物件，使用者也能利用上方的功能列觀察其縫合線、包封缺陷的狀況，另外，若要檢視澆口位置，也可點擊顯示澆口的按鈕，相關澆口資訊便會顯示其上；而右上方的下拉式選單中，也有非常多的項目資訊供查看，如壓力、最大溫度值等；若選擇了 Wire Sweep 選項，則會開啟單一晶片封裝面板及模型檢視圖，而此面板中的座標圖提供了檢視單一物件的功能，點擊下載按鈕，還可以將物件檔案以 csv、dxf 兩種格式下載至電腦。除此之外，iSLM 也提供流動波前動畫、XY 曲線結果圖等多樣性的結果資料，以利檢視。

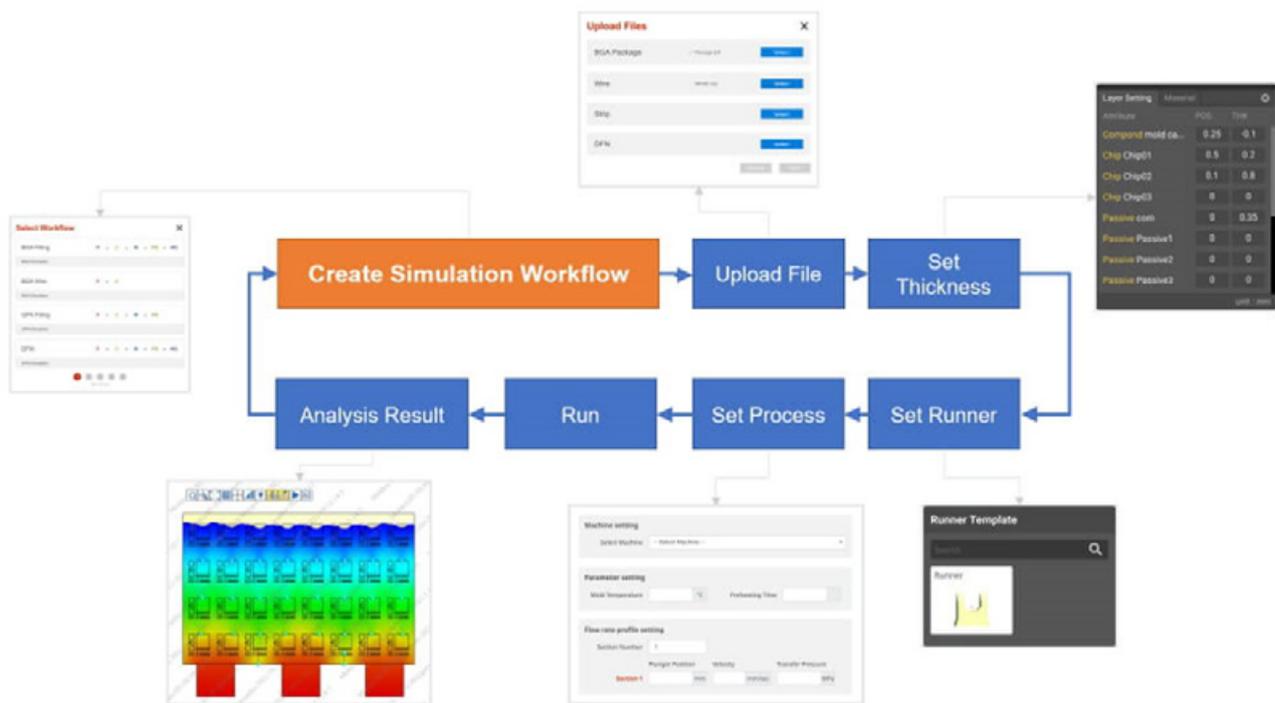


圖 2：在 iSLM 平台上 IC 封裝分析作業的標準化流程圖

結語

Moldex3D iSLM 的 IC 封裝模擬分析工作流程，透過簡單化、標準化建模過程，省去重複性任務及其所要花費的人力資源，並以排程各分析流程、自動創建網格等資訊，大大縮短了分析操作的作業時間；除此之外，還能藉由事先建立檔案範本設定，讓系統自動抓取對應上傳資料檔案內的參數資料，快速完成建立分析步驟；如此一來，不僅能大幅縮減重複性資料的繁冗創建作業，也更加凸顯了模流分析的重要性及 CAE 團隊價值。■

資料來源

[1]. 本文經科盛科技授權後刊登，引自 <https://ch.moldex3d.com/blog/top-story/automatic-simulation-workflow-for-the-ic-packaging-industry/>

本篇文章經科盛科技授權後轉載

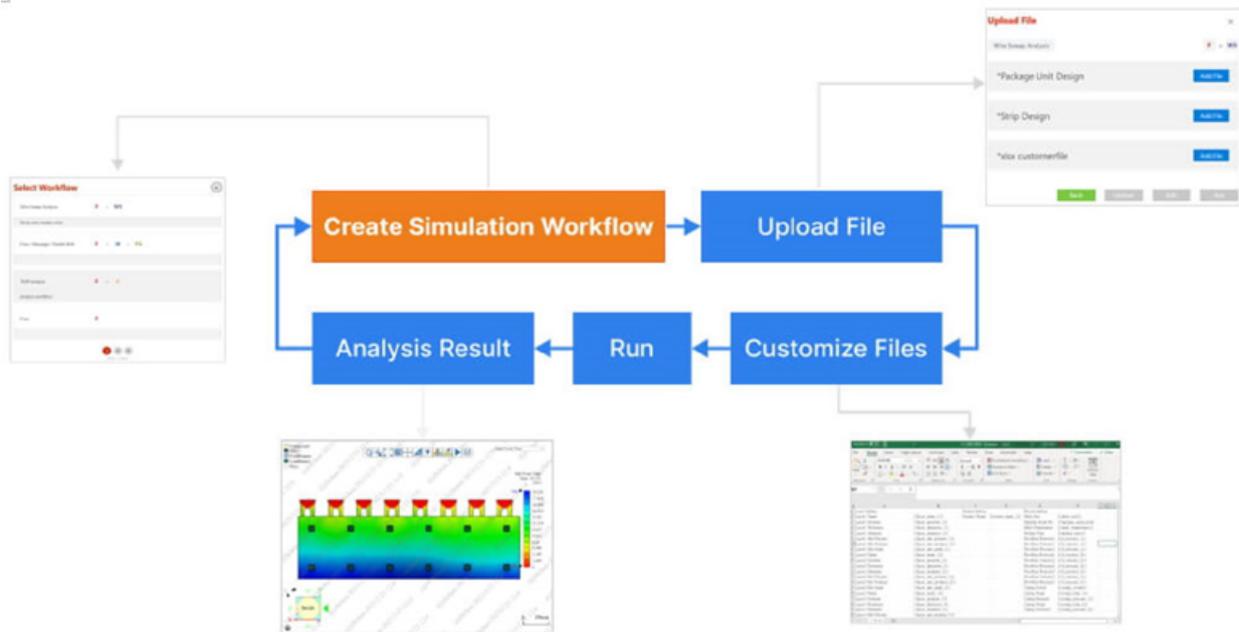


圖 3：在 iSLM 平台上 IC 封裝分析作業的自動化流程圖

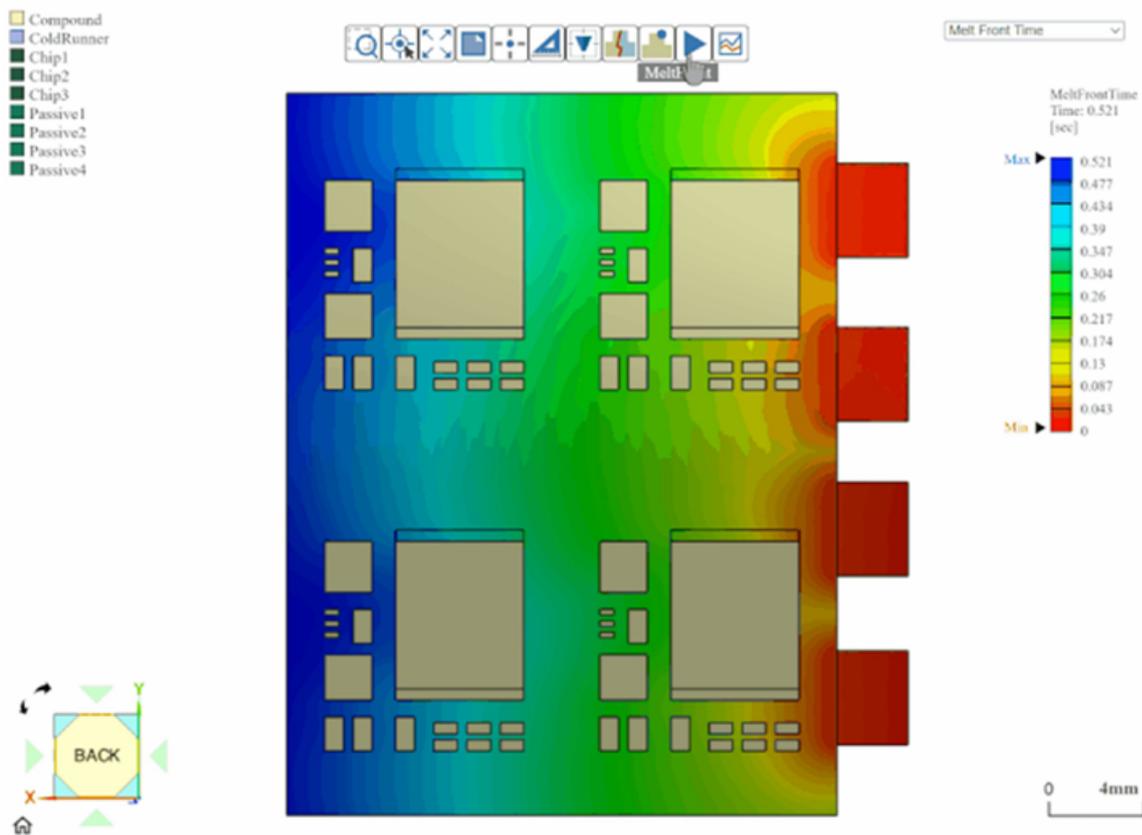


圖 4：在 3D 檢視平台上查看相關結果



緯凱工業有限公司

面對變動快速的市場，緯凱成為客戶產品的後盾，快速供應產品及品質把關，讓客戶專心攻打市場及研發。位在彰化的緯凱工業擁有 30 年以上精密塑膠模具開發及射出成型經驗，提供一條龍的生產服務，專精產品於噴頭、化妝品、氣密閥、白板筆、醫療器材，所有產品生產皆在一萬級的無塵室生產，並於 2016 投入數位轉型至今，射出成型機臺皆已經聯網，從接單到出貨皆可透過系統控管，提供更精確的製造品質。

塑膠射出成型價格及代工費用解析！塑膠射出成本如何估價與計算？

■緯凱工業 / 鄭安宏 營運長

前言

正在計算與查詢塑膠射出代工費用？想知道塑膠射出成型價格怎麼報價及估價？塑膠射出成本該怎麼評估？本文跟你分享影響塑膠射出成型成本的因素有哪些，從塑膠模具費、原料費、塑膠射出成型費、二次加工費到後面的組立包裝費、物流費，一一解析給你聽。

很多客戶常常對於如何評估塑膠射出產品的成本感到困惑，以及對於塑膠射出廠商的報價是否合理。這種困惑源於對於塑膠射出產品的成本結構不夠認識，導致客戶在向廠商詢價時耗費大量的時間和精力，有時還需要付出成本來試錯和學經驗。

透過下文，我們能夠幫助你更好地了解塑膠射出的重要流程，並提供成本評估的概念，節省你的時間和精力，避免不必要的成本支出，並提高與廠商來回估價報價過程的效率。

塑膠射出成本有這 6 大因素！

因素一：塑膠模具費

羊毛出在羊身上，塑膠模具的成本就跟所有產品一樣，都是一分錢一分貨，複雜度越高、精密度越高、耐用性越好，成本也一定會隨之提升。

而影響塑膠模具的成本，包含：尺寸、複雜性、材料、預期數量，且不同的模具穴數、公差要求也會影響成本費用。

- **尺寸、複雜性**：基本上尺寸越大、產品的複雜性越高，費用自然是比較高的。
- **模具穴數**：一個模具上，若穴數越多，在開發模具時的複雜度、精密度都會變高，相對的模具價格也會比較高。
- **建議產品量小的做法**：若產品結構簡單，要生產的數量少，可以做一模一穴，模具的價格會比較便宜。
- **建議產品量大的做法**：如果產品需要大量生產，建議開發一個模具上有多個穴，雖然在模具開發成本，相對會變高，但生產效率會比較快，也因為大量生產，可以降低產品的單價。

以模穴多寡來比較如表 1：模穴代表一次生產出來的產品數量，生產越多成本越低。如果還是不太確定，你只要告訴塑膠射出廠，預估需要多少產量，有經驗的塑膠射出廠，就會幫你計算出最適合的模具穴數。

- **公差要求**：不同的產品，對於公差的標準容忍度就

 緯凱工業 WAY-KAI INDUSTRIAL	一模一穴	一模多穴
模具費用	低	高
射出成本	高	低
生產效率	低	高
產品單價	高	低

表 1：模穴代表一次生產出來的產品數量，生產越多成本越低

有不同，越精準成本越高。正負 0.02mm 和正負 0.2mm 的模具成本一定不同。

- **高精密度產品**：香水噴眼、酒精性白板筆等，射出品和產品品質有高度相關。
- **低精密度產品**：桶裝籃子、垃圾桶等等，功能是達成收納，重視外觀，不需配合其他零件組裝，也不影響產品品質。

因素二：原料費

原料的費用根據產品的功能、需求而定。常見的塑膠原料為：PP、PE、PC、ABS。塑膠原料的費用分別是：PA > PC > PP。

泛用塑膠的 PP 原料成本相對便宜，若是強度高、耐化學性強的塑膠原料，則成本會更高。另外，所有的塑膠原料，都受著石油原料的價格波動影響，如果產品需要混料或加色母，成本都會再額外計算。

因素三：塑膠射出成型費

塑膠射出成型費用會依據機台大小、成型週期，加工費用也有差異，機台越大耗能越多，相對會拉高成型費用；而產品週期越短，生產速度越快。

這邊也要注意，模具上下機都有基本作業時間，依據模具大小及功能，所需花費的時間不同，所以假如如下單量低於換模具的費用，可能會有額外的成本，不過通常塑膠射出廠商都會先和你說明最小的採購量。

因素四：二次加工費

有些塑膠射出廠也包辦了外觀的加工，包含表面加工：塗裝、印刷、噴漆、電鍍等。

因為這道流程是生產出半成品，再進行後加工，有可能延伸出塗裝的不良率，有個經濟實惠的建議，如果想節省成本，又要達到美觀，可以考慮在原料直接添加色母，就可不用進行二次加工，也能生產各色產品。

因素五：組立包裝費

依塑膠射出產品的類型包裝，一般半成品零件是塑膠袋及紙箱等，倘若是組零件，就有組裝機的成本，而產品越複雜，組裝的工時就會越長，成本相對可能就高，也會影響整體費用。

因素六：物流運輸費

塑膠產品包裝後的體積、重量，運送的方式都會影響運輸成本。



塑膠射出成型價格及代工費用怎麼估算？
6 大塑膠射出成本全解析！

(圖片來源：<https://way-kai.com/zh/wk1013001/>)

結語

看完以上 6 大塑膠射出產品的成本解析後，你心中應該有了基本對塑膠射出成本計算的認識，從初期的模具設計，就大大影響了後續的成本，也會決定最後的塑膠射出價格及代工費用，每個階段都是環環相扣，會互相影響！■

本篇文章經緯凱工業授權後轉載，欲知更多詳細資訊，請掃描右下方 QR 碼。





優 份 科 技

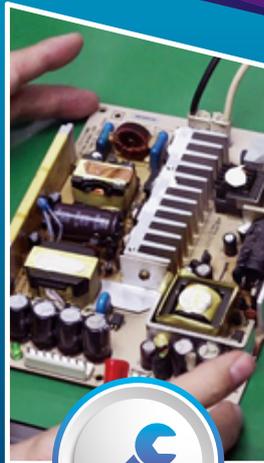
給你最優的品質與服務

以專業資訊相關軟硬體、機房建置及各類軟體研發設計，
並配合多家廠商，引進多項戶外防水電子產品與戶外裝備。

優份科技提供AOI(自動光學檢查)設備計畫、客製化設計、專案開發、
專業技術顧問諮詢、高精密儀器與設備銷售等服務，大至一台精密的設備，
小至一個微小的零件，為客戶提供最高品質的商品。



產
品
銷
售



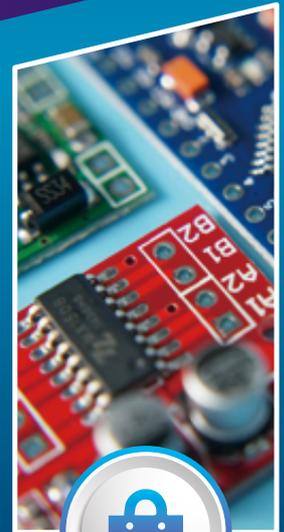
設
備
維
修



設
計



顧
問
諮
詢



零
物
件
銷
售

廣告編號 2023-09-A08

優份科技有限公司

電話:03-5500557

E-mail:yoe@yoetech.com.tw

地址:新竹縣竹北市中和街219號



沙特基礎工業公司 (SABIC)

沙特基礎工業公司 (SABIC) 是世界知名的多元化化工企業，總部位於沙特利雅得。公司旗下製造工廠遍布全球，包括美洲、歐洲、中東和亞太在內多個國家和地區，產品涵蓋化學品、通用及高性能塑料、農業營養素和鋼鐵。在建築、醫療設備、包裝、農業營養素、電子電器、交通運輸和清潔能源等關鍵終端應用市場，SABIC 長期致力於助力客戶發掘潛在機遇。

2021 年，SABIC 的淨利潤達 230 億里亞爾 (合 61.5 億美元)，實現銷售總額 1,740 億里亞爾 (合 466 億美元)。截至 2021 年底，公司總資產為 3,180 億里亞爾 (合 849 億美元)。2021 年，SABIC 總產量達到 5,800 萬噸。

SABIC 業務遍及全球約 50 個國家，擁有逾 3.1 萬名員工。秉持創新精神和獨創思維，SABIC 旗下各類專利和待批申請已達 10,090 項。公司擁有豐富科研資源，並在美國、歐洲、中東、南亞和北亞五大核心區域設有創新中心。

SABIC 推出 ULTEM™ DT1820EV 樹脂 以高性價比 打造炫目金屬化效果，提升消費電子產品設計感

■ 沙特基礎工業公司

前言

全球多元化化工企業沙特基礎工業公司 (SABIC) 今天推出了一款新牌號 ULTEM 樹脂，可幫助消費類電子產品外觀部件提升時尚感和美觀度，並且其成本較金屬材料可降低 25% 左右。全新 ULTEM DT1820EV 樹脂具有高光澤度的特點，可實現免噴塗和使用物理氣相沉積 (PVD) 的金屬化等不同裝飾美學效果。為了進一步改善外觀，這種聚醚醯亞胺 (PEI) 材料具有出色的表面硬度，有助於減少劃痕，其高模量特性也可避免 PVD 層開裂。此外，它還具有高流動性，可實現複雜的薄壁設計，助力電子產品外觀部件的小型化和輕量化設計。這款新材料的潛在應用包括智能手機攝像頭裝飾圈和前框，以及智能手錶邊框等。

SABIC ULTEM 樹脂和添加劑業務總監 Scott Fisher 表示：「瞬息萬變的消費電子市場以設計風格多變和競爭激烈而聞名。客戶始終在尋找能夠以合理成本實現與眾不同的高品質外觀的新材料。為了滿足這一需求，我們開發了 ULTEM DT1820EV 樹脂。它不僅能提高電子產品外觀部件的設計水平，同時也不像金屬等傳統材料那樣成本高昂。此款 ULTEM 材料在通過使用 PVD 的二次裝飾工藝後，可以實現奪人眼球的美學效果，同時客戶也能受益於熱塑性塑料在設計和製造方面的諸多優勢。」

借助 PVD 工藝實現多彩金屬化

SABIC 的 ULTEM DT1820EV 樹脂非常適用於濺射 PVD 金屬化工藝。在濺射過程中，該材料憑藉高耐熱性和良好的 PVD 層結合力，能夠有效提高產率。此外，其高硬度和低熱膨脹係數 (CTE) 有助於避免 PVD 層的開裂問題。使用 ULTEM DT1820EV 樹脂進行 PVD 加工可以打造出與金屬相媲美的多彩、高光澤的表面，同時降低整體生產成本。

此外，PVD 的工藝流程比不導電真空金屬化 (NCVM) 更簡單，後者通常用於玻纖填充的聚碳酸酯 (PC) 樹脂部件的表面裝飾。例如，和 NCVM 相比，PVD 工藝可以省去三道噴塗步驟。而使用 NCVM 工藝的部件易產生積油和肥邊，不利於實現高質量的金屬化效果。

在智能手機攝像頭裝飾圈的應用上，客戶在使用 ULTEM DT1820EV 樹脂進行 PVD 金屬化之後，認為其仿金屬外觀效果比玻纖填充 PC 結合 NCVM 工藝更為出色。

SABIC ULTEM 樹脂和添加劑業務研發人員季薇芸表示：「基於 ULTEM 樹脂 40 多年的成功應用，SABIC 又開發出一款創新材料解決方案，完美結合了美觀度和實用性。我們的新牌號與 PVD 工藝兼容，為消費



圖 1：使用 ULTEM DT1820EV 樹脂進行 PVD 加工能以高性價比打造出炫目金屬化效果，提升消費電子產品設計感

電子產品設計帶來了仿金屬效果的全新可能。然而，我們並未止步於外觀。這一新牌號在一系列關鍵性能指標上也能滿足客戶的要求，包括抗紫外線和耐化學性。新型 ULTEM DT1820EV 樹脂的開發體現了我們以客戶為中心的創新傳統。未來，ULTEM DT1820EV 樹脂還將提供經 ISCC+ 認證的可再生版本，幫助客戶實現淨零排放目標。」

SABIC 的新型 ULTEM DT1820EV 樹脂目前已在全球上市。■

資料來源

[1].本文轉載自沙特基礎工業公司官方網站 (<https://www.sabic.com/zh/news/38309-sabic-s-ultem-dt1820ev-resin-enables-cost-effective-metallization-to-uplift-ce-designs>)

本篇文章經沙特基礎工業公司授權後轉載，欲知更多詳細資訊，請聯繫 larry.fan@sabic-hpp.com 或掃描右下方 QR 碼。





林秀春

- 科盛科技台北地區業務協理
- 科盛科技股份有限公司 CAE 資深講師
- 工研院機械所聘僱講師

專長：

- 20 年 CAE 應用經驗，1000 件以上成功案例分析
- 150 家以上 CAE 模流分析技術轉移經驗
- 射出成型電腦輔助產品，模具設計 · CAD/CAE 技術整合應用



第 79 招、電子產品塑膠件與埋入件設計應用【評估塑件與埋入件設計篇】

■ Moldex3D/ 林秀春 協理

【內容說明】

本文案例是電腦主機零件，為塑件 + 嵌件，其尺寸為 184x31.5x22mm，如圖 1 所示的 Part+ Insert-Molding PCB 與 PVC 板。

主產品的塑膠件厚度差異懸殊，使塑料在模具內部公模、母模流動時埋入件的機構形成模穴內流動波前結果差異很大。（如圖 5~ 圖 8）

埋入件成型（也是嵌件成型）可以同時將多種材質的電子零件放入模具模仁型腔內定位後再合模射出，將成型一體化可以簡化許多人工手動插拔組裝流程並縮短時間，同時可以使設計工作更容易，因為工程師不太需要考慮如何設計組裝的零件。而且它可以製造各種形狀和各種材料（金屬、塑膠、陶瓷）的組件，比較不受元件設計組合的限制，可以天馬行空開創不同成型件的可能性。此技術可以讓塑膠成品與埋入件更加緊密的結合，結合強度也能隨之提升。使用此技術也可加強防水性能，目前很多精密電子產品均採用此技術。

關於埋入射出，要留意埋入物件的平衡點和夾持，並注意人工放置或自動產線放置的穩定度，例如射出過

程中有充填壓力去衝擊嵌件造成偏移，以及模穴內塑料流動不平衡造成偏邊，在上述情形下進行射出的話，塑件產品會有品質上的問題，如靠破出現塑件部品孔洞或有太多毛邊的現象造成產品不良。

Moldex3D 埋入射出模擬系統

Moldex3D 模流分析軟體有此埋入射出模擬系統，目前已經非常成熟的應用在相關精密的電子產品上，如電腦的主機板、CPU 插槽等都是複雜且精度高的成型技術，為將單一或複數的零件置入模具當中，成型時塑膠將會包覆住零件，一體成型。說明如下：

產品說明

- 圖 1 為 Part+ Insert-Molding PCB 與 PVC 板；
- 圖 2 為澆口位置示意圖；
- 圖 3 為產品圖等厚度分佈圖 (2~10mm)；
- 圖 4 為塑膠產品厚度與埋入件（綠色與紫色）厚度剖面圖，其中塑件厚度差異很大，約 3.2mm~12mm。

流動波前圖與溫度分布圖分析

- 圖 5 為模穴內母模的流動圖，流動波前很順；
- 圖 6 為模穴內公模的流動圖，流動波前很不順，因被嵌件擋住造成流動緩慢；

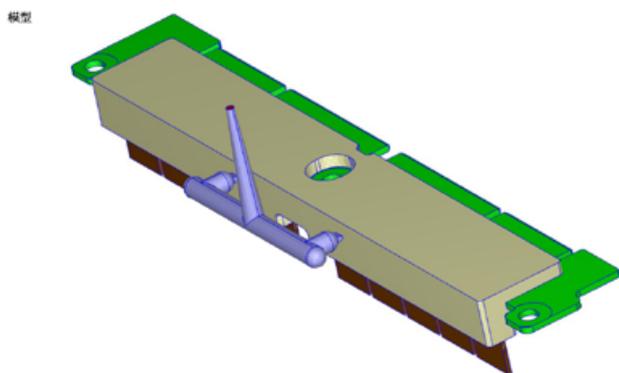


圖 1：Part+ Insert-Molding PCB 與 PVC 板

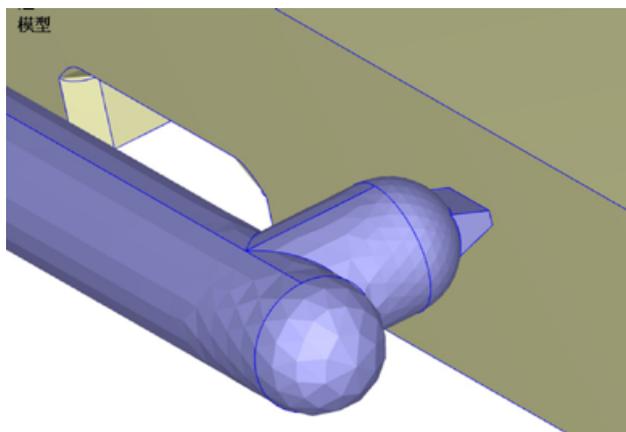


圖 2：澆口位置示意圖

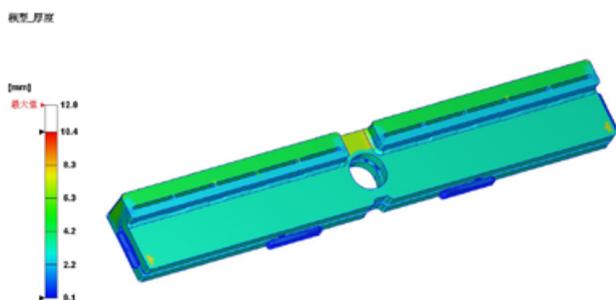


圖 3：產品圖等厚度分佈圖 (2~10mm)

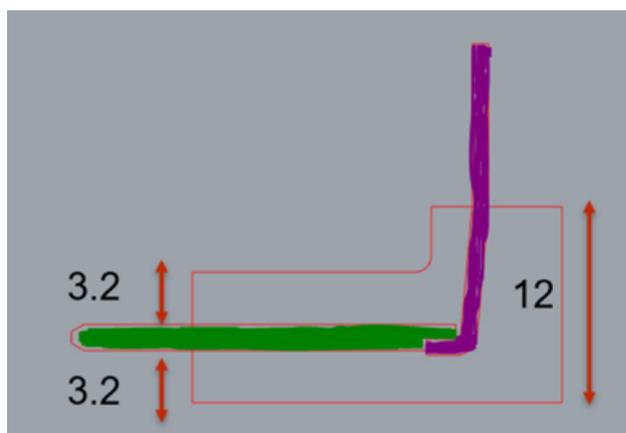


圖 4：塑膠產品厚度與埋入件（綠色與紫色）厚度剖面圖

- 圖 7 為模穴內母模的流動圖，流動波前很順；
- 圖 8 為模穴內公模的流動圖，流動波前很不順，因被嵌件擋住造成流動亂流；
- 圖 9 為塑膠產品溫度分佈圖，由圖中可發現厚度區的溫度高約 180° C；
- 圖 10 為模溫冷卻在高溫區域的分佈（厚度厚的區域高溫）。

產品設計分析

- 圖 11 為產品的（Y 軸方向）中間內縮變形狀況；
- 圖 12 為產品總變形往上拱變形狀況；
- 圖 13 為塑膠產品公模結合線位置圖；
- 圖 14 中可發現，在厚度較厚的區域，溫度分佈偏

高，但是在澆口位置因尺寸較小 (0.6mm) 所以溫度偏低（因此澆口會提早固化），嚴重影響保壓效果。因塑件厚度區域收縮太大造成產品收縮翹曲，所以這個塑件 & 埋入件應該重新進行規劃與設計。■

圖5
充填_流動前時間
時間 = 6.539 sec

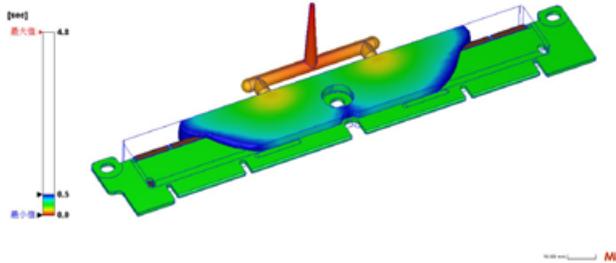


圖 5：模穴內母模的流動圖

圖6
_流動前時間
= 6.800 sec

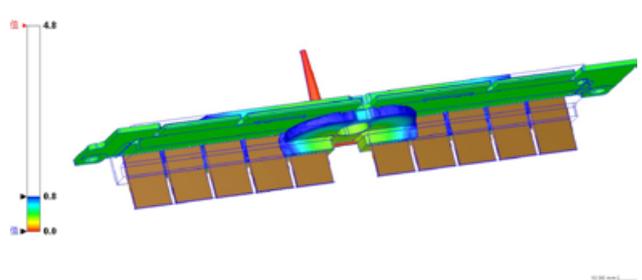


圖 6：模穴內公模的流動圖

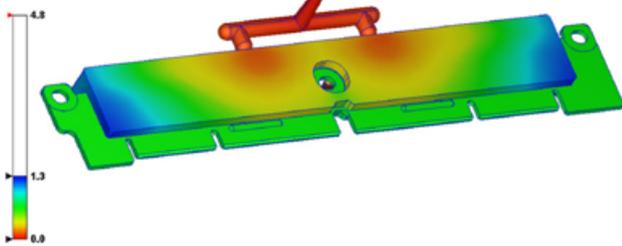


圖 7：模穴內母模的流動圖

圖8
充填_流動前時間
時間 = 1.346 sec

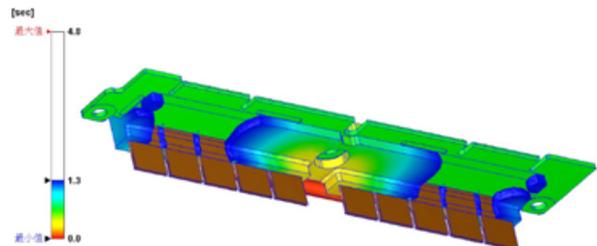


圖 8：模穴內公模的流動圖

圖9
充填_中心溫度
時間 12 = 5.385 sec (EOP)

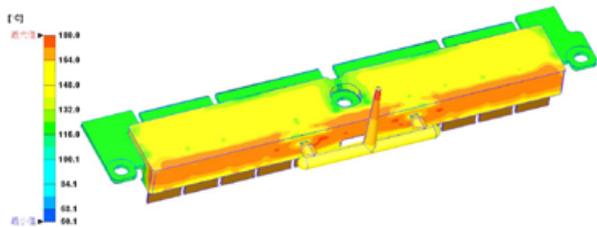


圖 9：塑膠產品溫度分佈圖

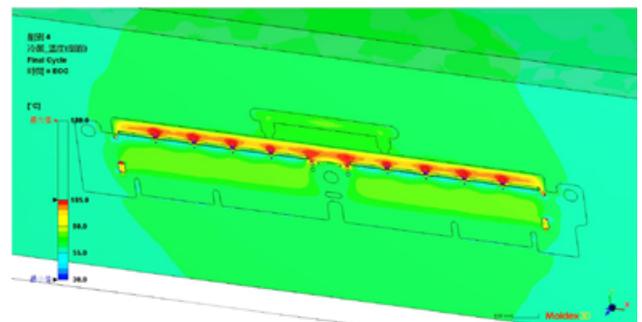


圖 10：模溫冷卻在高溫區域分佈 (厚度厚的區域高溫)

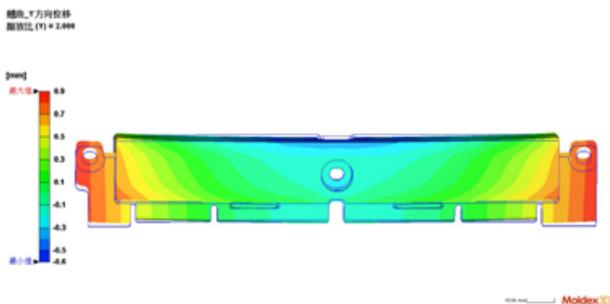


圖 11：產品的（Y 軸方向）中間內縮變形狀況

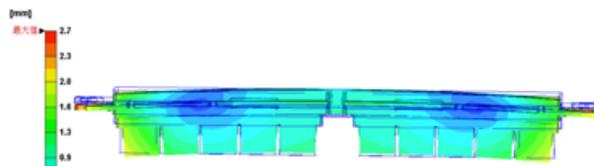


圖 12：產品總變形往上拱變形狀況

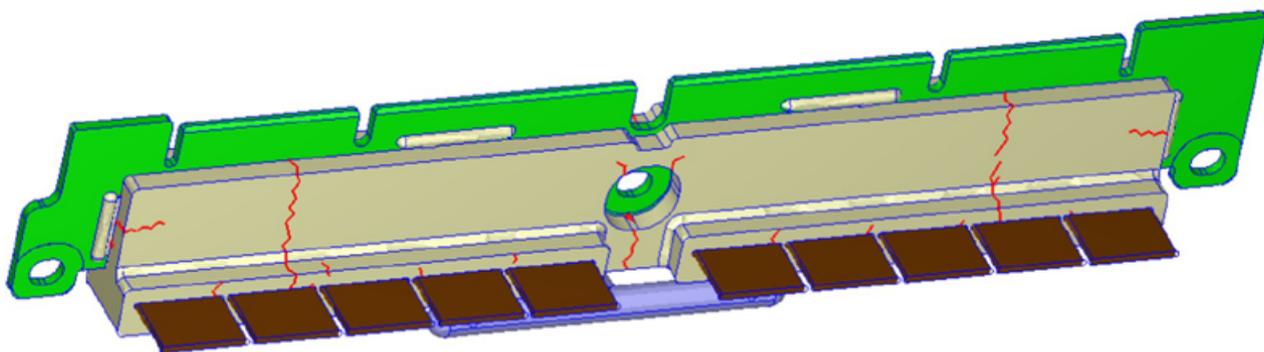


圖 13：塑膠產品公模結合線位置圖

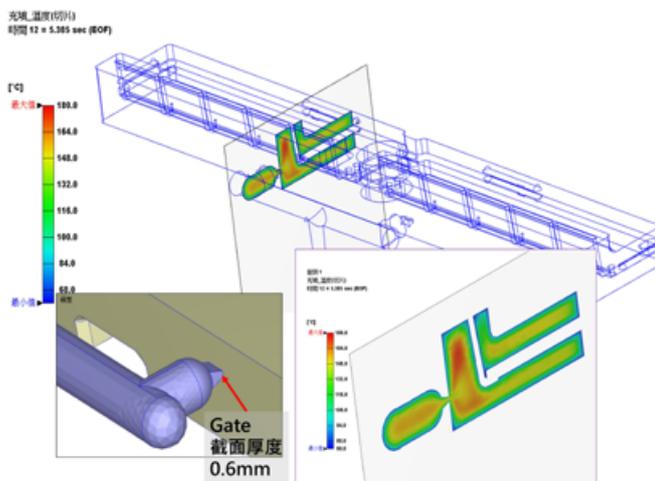


圖 14：在厚度較厚的區域，溫度分佈偏高，但是在澆口位置因尺寸較小所以溫度偏低（因此澆口會提早固化），嚴重影響保壓效果



邱耀弘 (Dr.Q)

- 耀德技術諮詢有限公司 首席講師
- ACMT 材料科學技術委員會主任委員 / 粉末注射成形委員會副主任委員
- 大中華區輔導超過 10 家 MIM 工廠經驗，多次受日本 JPMA 邀請演講

專長：

- PIM(CIM+MIM) 技術
- PVD 鍍膜 (離子鍍膜) 技術
- 鋼鐵加工技術

近十年 MIM 的產品應用 Part VII：齒輪

■耀德講堂 / 邱耀弘 博士

楔子

有道是：「若想得知識，臺下十年功；讀者要輕鬆，請花十分鐘」，來看看 Dr. Q 接下來連續數個月的系列專欄報告，充實一下金屬射出成型 (MIM) 產品的知識。專欄內容會盡量把文字縮減，並放入精彩的圖片，最後會在 Dr. Q 的 2023 年 11 月做一個總結。這些產品的內容包含以下：「Part I. 轉軸」、「Part II. 縫紉機配件」、「Part III. 菜刀與指甲刀」、「Part IV. 治具與工具」、「Part V. 高檔品牌包的扣件與標牌」、「Part VI. 高爾夫球桿頭配件」、「Part VII. 齒輪」。

Part VII. 齒輪

在 1972 年 MIM 工藝發明之後，金屬零件可以被如塑膠射出一樣的製作出來，這引起金屬加工與塑膠製品的不小震驚與騷動！隨著 MIM 技術的推廣與時俱進，尤其是最近十年 (2012-2022) 在移動通訊的電子產品助攻之下，MIM 技術和產品能見度大幅提高，且盛況空前。今天要談的對 MIM 工藝而言是用來作為傳動元件的零件——齒輪，齒輪是傳動元件中最為人類長期使用並值得信任的好夥伴，齒輪的齒形和螺牙的螺紋是一種深度依賴數學作為其設計的基礎，因此電腦數值控制技術越進步，齒輪的製造就更精密。齒輪是用來改變動力的作動方向並準確的傳達動力為人類

服務，對於使用 MIM 工藝製造的齒輪之優勢，Dr. Q 將隨後說明。

設計理念

早在公元前人類已經知悉如何利用環狀與柱狀材料給與重複相同的突起特徵，作為動力（包含水、空氣、氣流與動力）傳送的器件，我們可以想像水車、風車與古老的牛馬車上都是齒輪類元件的應用場景，甚至可把它變型成為螺旋槳（中國古代的天工開物已經有記載）和現代風扇（1920 年代）也不為過。

最早的齒輪材料當然是以木頭製作，主要在於好加工，但是很快的強度問題就想到石材，但因為沒有好的加工工具導致其精度不佳，並不好做為精密傳動之用。根據網路上的知乎網資料可查詢，早在公元前 300 年的古希臘哲學家亞裡士多德在他的論著——《機械問題》中，就闡述了用青銅或鑄鐵齒輪傳遞旋轉運動的問題。希臘著名學者阿基米德也都研究過齒輪。在中國，東漢初年（公元 1 世紀）已有鑄造青銅製的人字齒輪（鑄造的技術早在周朝就有），如圖 1 所表示。三國時期出現的指南車和記里鼓車已採用齒輪傳動系統，晉代杜預發明的水轉連磨就是通過齒輪將水輪的動力傳遞給石磨的。因此，齒輪在對人類的

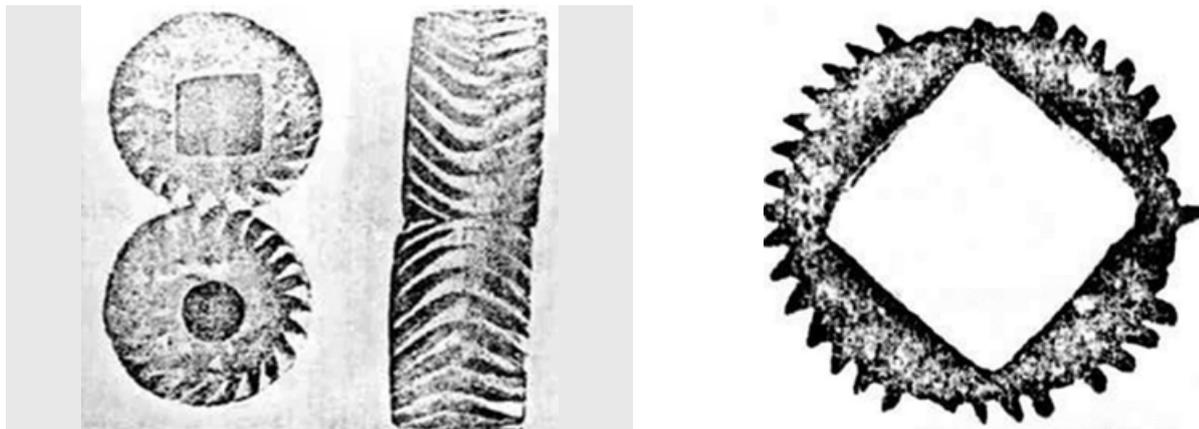


圖 1：齒輪在中國古代已經很發達，（左）漢朝初期的人字齒輪；（右）戰國末期鐵質青銅齒輪（圖片來源：知乎網 <https://zhuanlan.zhihu.com/p/407308775>）

貢獻早超過二千年的歷史，而且是採用金屬材質的齒輪，與近代的材料幾乎沒有區別，當然早年的齒輪間隙很大、噪音也非常的高。

齒輪的演變和進化

眾所周知，利用圓周上的重複齒形傳送動力已經是非常容易理解的，在 18 世紀已經有非常多的數學家加入齒輪的設計並發展出數學公式修正齒輪的齒型，以利傳送效率提升和減少噪音，現代化的齒輪傳動元件包含以下幾種。

- **齒輪**：各種正齒輪、斜齒輪、蝸輪等等；
- **棘輪**：用於許多工具扳手，傳動動力還限制方向防止逆轉與打滑；
- **鍊輪、時規輪**：常見於腳踏車與摩托車用的撓性傳動套件，在汽車發動機組件也用上；
- **柔輪**：用於減速機構；
- **渦輪**：增壓式發動機的轉子、風扇與螺旋槳；
- **凹凸輪**：旋轉動力傳動兼具定位，常用在螢幕與盒子開合的轉軸 (Hinge) 結構上。

以上的原件都屬於齒輪類型的機構元件，在基底上的圓周位置有重複性的突起特徵，這些特徵都是用來作

為能量傳送之用。當這些元件要求微型化時，傳統的機加工和其他金屬製程便很難以成型，MIM 工藝便能派上用場。如圖 2 所示為傳動輪家族與親戚們。

因此，在數學和工業技術日積月累的經驗不斷的修正齒輪這個重要的元器件，許多不同齒輪的齒形不斷的更新，以增加傳動的效率與準確性，並減少噪音。因此對於製造齒輪的工藝與所使用的材料也隨著計算齒形技術一起成長，這種具有重複性特徵且越趨精細的齒輪元件已經成為 MIM 技術適合的產品。就如以前 Dr. Q 經常提到的機械加工（滾銑切削）、翻砂鑄造、鍛造與失蠟鑄造（Lost wax casting 又稱為熔模鑄造），甚至是傳統的粉末壓製法 (Press & sinter)。甚至對於小模數 ($M < 1\text{mm}$) 和齒輪外徑小於 5mm、齒厚 $> 0.5\text{mm}$ 的小型金屬齒輪，連化學蝕刻法和電鑄法都沒有辦法如金屬粉末射出成型的量產速度。表 1 是齒輪的材料、工藝演進與精度表。

應用案例

採用 MIM 工藝製作的齒輪組件包含以下，如圖 3 所展示：

- **筆記本電腦的轉軸**，以凹凸輪和部分齒輪蝸桿的組

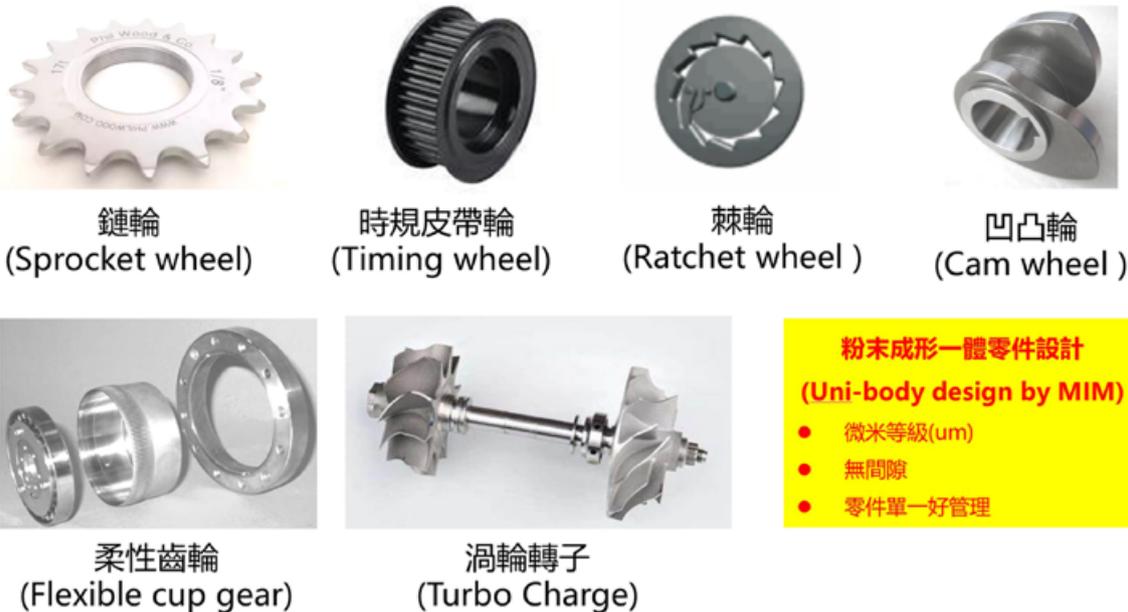


圖 2：作為旋轉方式傳送動力的機構元件家族和親戚

合（1995 至今），因為筆電的顯示屏幕必須長期的開啟與關閉，也因個人工作習慣要調整角度，因此需以限制位置和轉動為主，這個機構組件經過很長時間的考驗和設計演變，逐漸取消凹凸輪並改為齒輪和減速蝸桿組合，降低噪音並提升其開合的壽命次數；

- **智慧手機的潛水式升降鏡頭 (2017-2019)**，當年純粹是因為閃避美國蘋果公司智慧手機 iPhone 的專利——顯示屏幕前置鏡頭組的瀏海設計，剛開始使用的並非 MIM 製作的小模數齒輪，而是以玩具常用的塑膠齒輪，但過小的無法承受反覆應力和較大的衝擊，後期便大量使用不鏽鋼及鐵鎳合金製成 MIM 齒輪；
- **小型家用電器的金屬化齒輪 (2019 至今)**，掃地機器人在開始要背負拖地用的水箱就注定塑膠齒輪淘汰成金屬 MIM 齒輪的命運，強度和耐久性使 MIM 不鏽鋼齒輪成為主要傳動組件的首選；
- **智慧手機摺疊屏轉軸組件 (2020 至今)**，複雜且空間更小的折疊屏幕轉軸脫離不開 MIM 齒輪結構，

把原來筆記本電腦的轉軸更精緻化。

Part VII. 小結

齒輪是人類智慧解決動力傳送的象徵，許多機械設備、交通工具的發動機和變速箱、家電、鐘錶手錶以及家裡的玩具，齒輪的用途可能比輪子要更為廣泛，齒輪也是許多大學和學術單位中機械學科最具代表性的圖形，它代表數學、動力和精密的象徵。小模數且小尺寸的齒輪和傳動元件採用 MIM 工藝是絕佳的選擇，但是絕對精密度的要求則變成 MIM 工廠要努力達成的目標。■

年代	工藝	材料	精密度
紀元前500年	手工斬削	木頭/石材	無
紀元前300年	鑄造	青銅	10mm以上
19世紀	切削/電化學蝕刻	鑄鐵與鑄銅件精加工/青銅與不鏽鋼的鐘錶齒輪	0.001mm
20世紀前	CNC切削+滾齒	仿型滾齒刀切削銅齒輪成為主流	0.001mm
20世紀中	粉末壓製與燒結	傳統鐵與鋼製動力傳送與循環傳動部件	0.001mm
20世紀後	金屬粉末射出成型	不鏽鋼小模數小齒輪用於3C製品	0.001mm

表 1：齒輪設計的材料、工藝演進與精度表

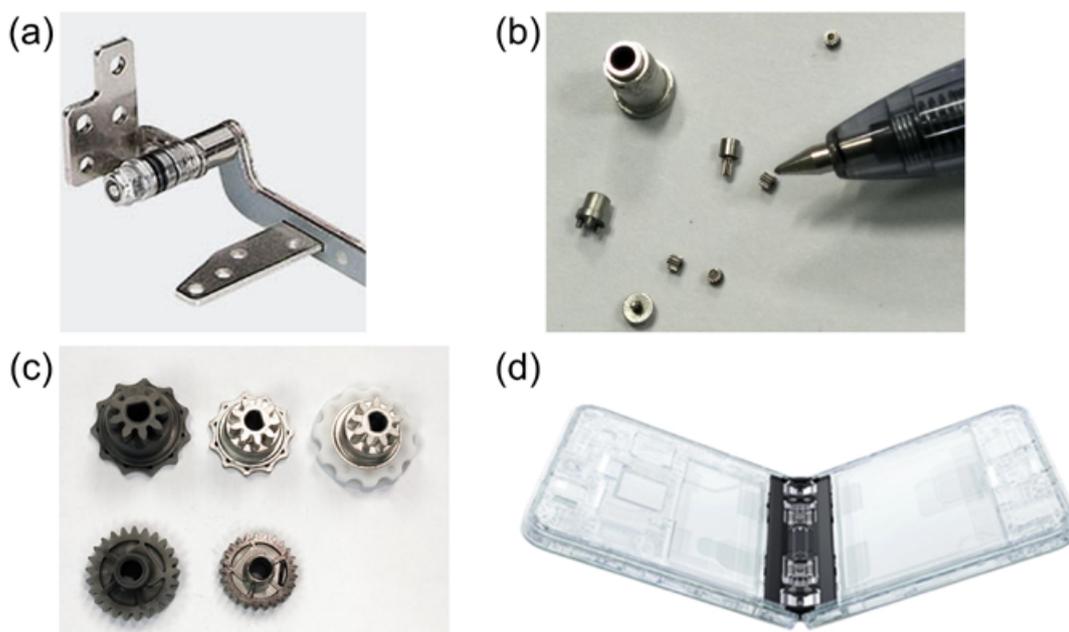


圖 3：(a) 早期凹凸輪式的轉軸多用於筆記本電腦以支撐顯示屏幕重量；(b) 微小的減速器齒輪是供給智慧手機升降鏡頭組使用；(c) 用於重負載的掃地機器人的 MIM 齒輪；(d) 非常複雜的折疊屏幕智慧手機的轉軸機構也用到齒輪組

2023年第32屆土耳其國際塑橡膠展 PLAST EURASIA ISTANBUL



主辦單位：TUYAP FAIRS AND EXHIBITIONS ORGANIZATION INC.

舉辦日期：2023年11月22日(三)~11月25日(六)

展覽地點：伊斯坦堡國際展覽會議中心

活動網站：<https://plasteurasia.com/en/>

市場背景

橡塑膠產業在土耳其的經濟發展中是位居最重要的產業之一，隨著當地的工業發展，塑橡膠產業對土耳其的經濟貢獻逐年增加，塑橡膠產品的年總產量已超過900萬噸，產值達到340億美元，其中超過54億美元是直接出口，最近10年的年成長率甚至超過該國GDP的年增長率，產量居全歐洲第2，全球排名第6。依據土耳其塑橡膠公會PAGEV最新的研究報告顯示，2020年12月土耳其塑橡膠產業的產能利用率達75%，已超越2019年同期，顯示至2020年底，塑橡膠產業受到新冠肺炎疫情的影響已大幅降低。

展會介紹

第32屆PLAST EURASIA ISTANBUL將於2023年11月22日-25日盛大舉行。在本次展會中，參展者將可以看到一次看到最新的機台、原材料和周邊設備，特別是塑料機械和原材料行業特有的產品和生產應用。

作為業界的首選，Plast Eurasia Istanbul Fair在2022年再次成為業界的頂尖選擇，在13個展覽館中吸引了1,087家參展商和64,047名參觀者。在這次博覽會上，來自世界五大洲的參展商向訪客展示了他們最新的產品和服務。這個博覽會匯聚了該行業的領先公司，與前一年相比，參展商數量增加了27%。

展會獲得熱烈好評

其中，94%的參展者表示他們將在2023年再次參加這個博覽會，而有90%的訪客對這次博覽會感到滿意。參展者表示這次博覽會在以下方面滿足了他們的期望：加強公司形象、推出新產品/服務、吸引來自國內和國際市場的客戶、加強現有商業關係並建立新的關係，以及不落後於競爭對手。

針對增加出口的措施，參觀者來自出口目的地國家的情況在這次博覽會上引起了關注。這次博覽會吸引了來自出口數量較高的國家（如德國、意大利、西班牙、法國、波蘭和英國）的10,227名國際訪客，總計達到



圖：歷屆展會集錦（分別引用自 <https://pagev.org/> 與 <https://plasteurasia.com/>）

64,047 名貿易訪客。

結語

在這個博覽會上，參展者可以與國際訪客見面，展示他們的產品，建立新的合作關係；而訪客將有機會親身了解行業的創新技術產品和應用，近距離了解最新的技術產品和應用。在品質和多樣性方面，這個博覽會將提供一個機會，讓您與國內外的行業專業人士會面，建立新的商業關係。■

2023 DMP大灣區工業博覽會

資料來源：DMP 大灣區工博會官網



舉辦日期：2023年11月27日(一)~11月30日(四)

展覽地點：深圳市寶安區福海街道展城路1號
深圳國際會展中心(新館)

活動網站：<https://www.dmpsz.com/>

前言

DMP 大灣區工博會，展會前身為原 DMP 國際模具、金屬加工、塑膠及包裝展（簡稱：11 月東莞厚街 DMP 展），於 1999 年創辦，2019 年全面升級為 DMP 大灣區工業博覽會，展會截止目前經歷了 20 多年發展，現已成為工業製造領域一年一度的專業展會。

展會介紹

DMP 大灣區工博會，以技術和創新為主導，是致力於連接科技與工業，賦能行業和全生態的合作平臺。展品囊括數控機床、數控刀具、智能製造系統、工業機器人、鈹金激光、塑膠及包裝、模具製造、工業互聯網、工業測量、3D 列印、精密零件、數字化工廠、人工智能、壓鑄鑄造、五金工具、金屬材料等各個領域，涵蓋原輔材料、關鍵零部件、先進製造裝備、整體解決方案、個性化定制等智造產業鏈條全球創新技術、產品，以規模之大、品類之全、觀眾之多，深得業界信任，成為粵港澳大灣區先進製造業技術創新的

風向標。

2023 年 11 月 27-30 日，DMP 大灣區工博會（第 24 屆 DMP 國際模具、金屬加工、塑膠及包裝展）將於深圳國際會展中心（新館）舉行。展示規模達 24 萬 m²，聚焦於針對不同行業的數字化、智能化、個性化創新技術及解決方案。

展會三大優勢

前瞻性與創新性

聚焦產業發展與創新，更多新產品、創新技術、新服務、新工藝、新應用實現「全球首發、中國首展、華南首展」，展現未來工業製造縮影。為參會觀眾帶來最前沿、最全面、最有價值的新品技術，從而給參會觀眾帶來了深度啟發和思考。

高端論壇連場，產業需求透視

多場高峰論壇、研討會、產品發佈會、技術配對和工藝研習班等，政府領導、專家學者、行業精英等群英

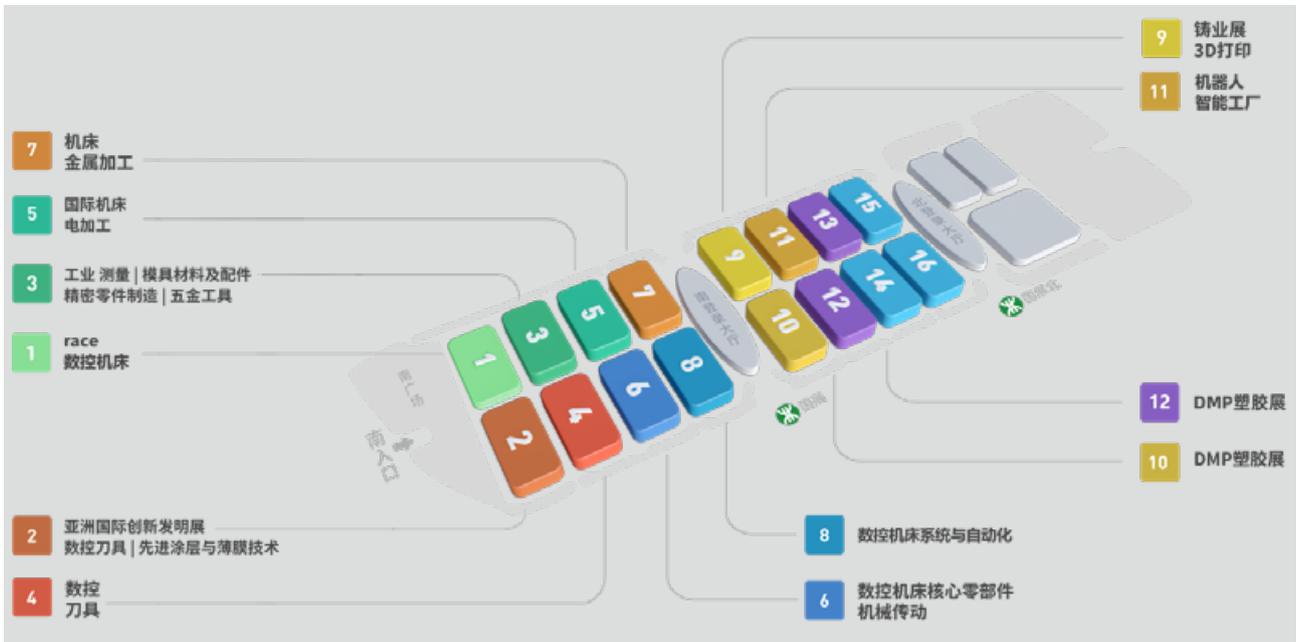


圖 1：2023 大灣區工博會展會現場設置了 12 大展館，8 大展區，覆蓋數控機床、自動化及機器人、機械傳動、壓鑄及鑄造、精密射出、模具製造、五金工具等行業

薈萃，交流發展熱點，剖析發展痛點，探討發展難點，彙聚智慧，群策群議推動製造業高效發展。

採購需求強勁，領域涵蓋廣泛

吸引來自 100 多個國家及地區的機械製造、精密加工、3C 電子、汽車及軌道交通、模具製造、塑膠及包裝、非標設備及自動化、生物及醫療器械等各領域從業者，超 10 萬人與會，直面交流，構建國際化人脈，挖掘商機，合作共贏。

結語

2023 年 DMP 大灣區工博會，將展示來自德國、韓國、日本、美國、瑞典、法國、意大利、瑞士、荷蘭、馬來西亞、澳大利亞、中國大陸、中國香港、臺灣等國家和地區的 10000 餘件創新展品，12 大展館 240,000 m²將全方位多維度展示全球、數控機床、數控刀具、工業機器人、精密射出、模具製造、工業互聯網、工業測量、3D 列印、精密零件、數字化工廠、壓鑄鑄造、

五金工具、金屬材料等多個領域的新成果、新應用、新模式、新趨勢，助力企業實現降本增效、高質量發展。大灣區工博會勢必成為 2023 年粵港澳大灣區重大工業科技創新載體佈局最集中、創新動能彙聚最迅速最大的工業展會平臺。■



博覽會花絮影片

歷屆展會集錦



模具與成型智慧工廠雜誌 (ACMT協會/會員月刊)

圖片引用自 <https://www.dmpsz.com/photo/>

高端工业大秀 | 制造业全产业链 展示先进技术新产品

DMP 2023

大湾区工业博览会 GREATER BAY AREA INDUSTRIAL EXPO

2023年11月27-30日 深圳国际会展中心(宝安新馆)
Shenzhen World Exhibition & Convention Center

覆盖行业：

精密零件加工、模具制造、3C电子、
家电、
汽车、铸造、压铸、轨道交通、
生物医疗、建材、新能源、
机械制造及配件、
非标设备及自动化、
创新专利发明、
塑胶及包装、
工业互联网

主题专区：

- 1 FuMaTech | race
- 2 亚洲国际创新发明展
数控刀具 | 先进涂层与薄膜技术
- 3 工业测量 | 模具材料及配件
精密零件制造 | 五金工具
- 4 数控刀具
- 5 国际机床 | 电加工
- 6 数控机床核心零部件 | 机械传动
- 7 机床 | 金属加工
- 8 race 国际机器人与自动化展览暨会议
数控机床系统
- 9 铸 铸业展 | 3D打印
- 10 DMP 塑胶展
- 11 塑胶展 | 工业互联网 | LogiMAT China
- 12 DMP 塑胶展

参展查询：

IR 讯通展览公司
Paper Communication Exhibition Services

ufi
Approved Event

微信关注号：
DMP工博会



展会网站: www.dmpsz.com 电话: info@paper-com.com.hk

香港 852-27639011 | 广州 020-87612356 | 上海 021-63045419 | 深圳 0755-22671503 | 东莞 0769-85981968

廣告編號 2023-09-A09

塑膠製品質量檢測： 多重方法的綜合應用

型創科技 / 羅偉航 應用工程師

前言

塑膠製品的廣泛應用使得質量控制成為製造商關注的焦點，不同的質量檢測方法在這一過程中發揮著不可或缺的作用。從外觀檢測到強度測試，再到功能性驗證，多重方法的綜合應用構築了塑膠製品質量控制的堅實保障。

塑膠製品質量檢測類型

外觀檢測

塑膠製品的外觀直接關係到用戶體驗和產品形象。一般工廠可通過視覺檢測（工業用 CCD 相機）的方法，通過捕捉不同角度和光線條件下的圖像，進行分析和處理。包括圖像濾波、邊緣檢測、顏色分析等技術，通過對比處理後的圖像與標準樣本或預設參數，即可識別塑膠製品的表面缺陷，比如是否有毛邊、是否有色差、劃痕、氣泡等。

另外，CCD 相機還可以用於測量塑膠製品的尺寸和形狀。通過圖像處理技術，測量塑膠製品的長度、寬度、高度等參數，確保其符合設計要求。相機的高分辨率和精準性能，使得微小缺陷無所遁形。它快速的圖像處理能力，確保大規模生產中的高效檢測，將傳統的耗時、繁瑣的人工檢測澈底顛覆。

強度檢測

塑膠製品的強度直接關係到其在正常使用條件下的耐久性和可靠性。拉伸試驗、壓縮試驗、衝擊試驗等強

度檢測方法，為製造商提供了塑膠製品在不同受力環境下的表現數據。這種基於科學的方法，確保了塑膠製品在極端條件下不失其穩固堅韌的特性。從汽車的零部件到醫療器械的外殼，強度檢測為塑膠製品的實用性和可靠性樹立了堅實的基石。

功能性檢測

不同塑膠製品在不同領域有各自的功能需求，因此功能性驗證變得至關重要。密封性、化學穩定性、電氣性能等功能性檢測，確保了塑膠製品在特定條件下能夠安全、可靠地發揮其作用。無論是醫療器械的材質選擇，還是電子產品的電氣性能，功能性檢測都為塑膠製品在不同領域的應用提供了用途與安全的雙重保障。

塑膠檢測的應用場景

醫療安全與精密

在醫療器械領域，工業用 CCD 相機的外觀檢測為一次性注射器、醫用管道等提供了精密安全的保障。其高分辨率和自動化特性，使得微小的外觀問題無處遁形，確保了患者的安全和醫療過程的順利進行。

行車安全與穩定

汽車內外部的塑膠零部件經過強度檢測的驗證，保證了車輛在行車過程中的安全性和穩定性。從車身外觀到內飾設計，強度檢測為汽車工業的高標準提供了堅實支持。



(圖片來源：Freepik.com)

科技創新與可靠性

塑膠製品在電子產品中的應用日益廣泛。通過功能性檢測，這些塑膠製品能夠穩定地承載電氣性能，保障了電子產品的可靠性。從手機殼到電子元件的外殼，功能性檢測為科技創新提供了可靠的保障。

環保與可持續

在包裝行業，塑膠製品的外觀檢測和功能性檢測，確保了包裝物在運輸和儲存中不會出現破損，保持了包裝物品的衛生和完整性。這有助於減少資源浪費，實現環保和可持續發展。

結語

塑膠製品質量檢測是現代製造中的關鍵一環，涵蓋了外觀、強度和功能性等多個維度。工業用 CCD 相機的應用為外觀檢測帶來了高效、準確的解決方案，而強度檢測和功能性檢測則為塑膠製品的實用性和可靠性提供了堅實保障。從醫療到汽車，從電子到包裝，多種質量檢測方法的綜合應用，為塑膠製品的製造商提供了全方位的質量保障，推動著現代製造業的不斷創新和發展。■

無損檢測更適合追求輕量化的含纖複合材料

型創科技 / 王海滔 應用工程師

前言

目前全球都對汽車電動化發展普及持樂觀態度，同時考量節能減排政策與禁售燃油車的風向，汽車業需要成本更低、分量更輕的材料，從而提升燃料經濟性。美國法規將發佈平均燃油標準，將該數值限定在 54.5 英里每加侖，相較於當前的 35.5 英里每加侖，該數值的增幅高達 60%。

碳纖維複合材料有望成為汽車結構件輕量化材料主線。相較於鋼材，碳纖維強度更高，分量也更輕，但其售價相對較貴。為便於未來大規模推廣應用，需要研發符合機械及安全性能的經濟型複合物，例如：聚丙烯及聚醯胺纖維等長碳纖維強化熱塑性樹脂等材料。

複合材料的特徵和優勢

強度高

高模量碳纖維複合材料強度可達鋼的五倍，鋁合金的四倍，鈦合金的三點五倍以上。

抗疲勞性能好

常用的碳纖維增強複合材料的疲勞極限是其抗拉伸強度的 70%~80%，而大多數金屬材料僅能達到 30%~50%。

減振性能好

複合材料結構件的自振頻率高，同時複合材料中如加

入高韌性的數值和橡膠基體還帶有振動阻尼特性。

各向異性及性能可設計性

纖維複合材料的性能與纖維的排列方向、鋪層次序和層數，以及成型方式都有關。通過設計與工藝的調整，可優化實現預定的功能要求。

耐磨、尺寸穩定性好

塑件得到了纖維的耐磨特性與尺寸穩定性。

綜上可知高分子材料由於纖維的加入，一方面其機械性能會得到提升，但同時也會面臨著纖維排列與預想不符、浮纖、孔洞、夾雜物、縫合線結合質量等缺陷問題。相較於普通塑膠材料（不含纖維），生產者判別複合材料製品是否合格，會更加複雜，需要全面檢測其微觀結構。

傳統複合材料測試方法

通常分成破壞性試驗和非破壞性試驗（無損檢驗）。破壞性試驗主要包括拉伸、衝擊、壓縮、彎曲、硬度等力學性能試驗，會對測試件的性能和外形破壞，因此成為破壞性測試。而無損檢測中，測試件性能和外觀不變，仍具有使用價值。

常用的工業無損檢測方式有雷射檢測、X 射線檢測、電渦流式檢測、超聲波檢測、太赫茲檢測技術等等。以上原理均相似，利用光、電、聲、磁等物理方式接



圖 1：碳纖維汽車保險杠（圖片來源：Freepik.com）

觸或穿透檢測塑件，並回收特定信號進行解析，得到我們需要的數據，如尺寸、密度、均勻性、內部結構或缺陷等。儘管目前無損檢測方法很多，但一般還不能做到在已知化學組成、製造過程及環境和載荷條件下準確預測出符合材料的剩餘使用壽命。

無損檢測促進碳纖維複合材料研發

當前碳纖維複合塑膠零部件的研發工藝，需結合考慮配件組裝並進行測試，是一個週期長且繁瑣的過程，延緩了車用碳纖維複合物的創新研發進程，同時從研發週期上降低了產品的成本效益。

通過模流分析軟體，使用精準測試的含纖維材料數據，可以預測成型塑件內纖維方向及纖維長度的分佈。分析出來的模流結果再與無損檢測結果進行比對，從而驗證軟體與建模的精度。以利用高精準度的電腦試模結果，在開發前端就能「觀察」到塑件的內部結構進行優化，快速推進車用長碳纖維複合物的研發進程，實現成本降幅及性能增幅。

總結

隨著塑料種類的增多，塑料生產技術的不斷精進，在

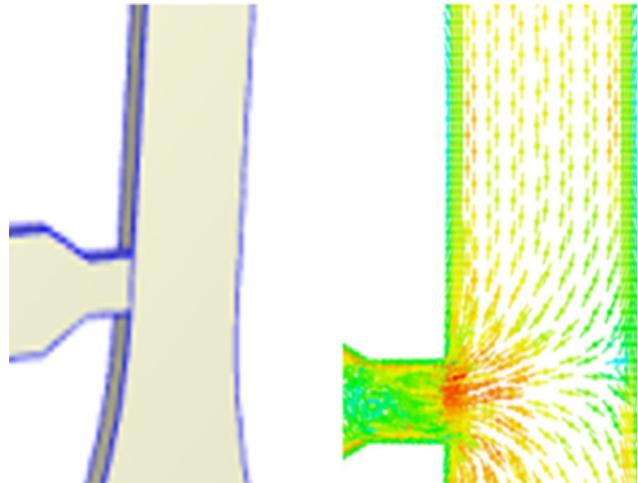
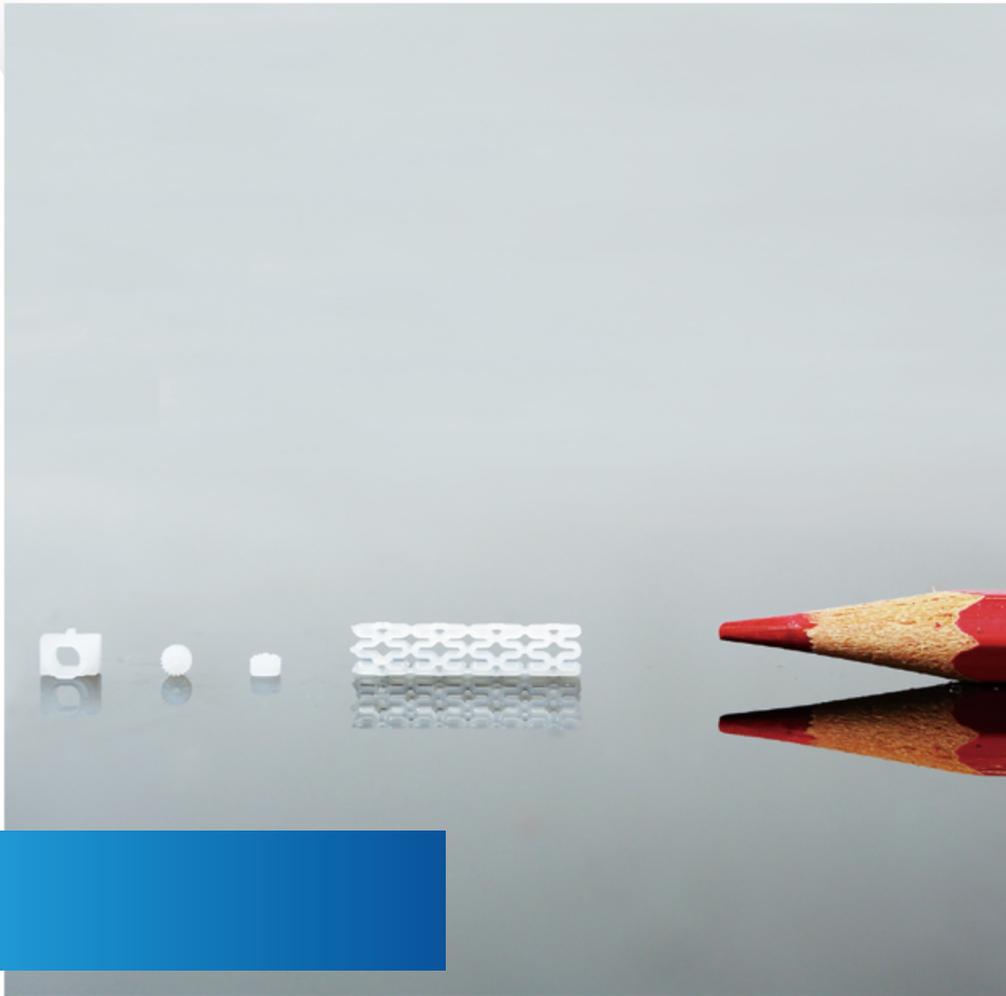


圖 2：模流預測纖維排向分佈

當下及日後的生產生活中，塑料將會發揮越來越大的作用。為了能高質量使用高分子材料，必須準確地掌握其物理力學性能及線上檢測功能機理的技術。無損測量技術正好滿足了這一技術要求，不僅僅是針對含纖維複合材料，是促使所有塑料的傳統測試方法發生根本性的變革，使塑料質量控制達到一個新的水平。■



映通股份有限公司
ANNTONG IND. CO., LTD.



微射出成型 解決方案



ISO13485 認證



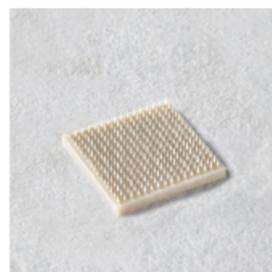
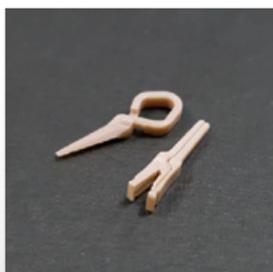
無塵室設備，符合Fed 209E
(U.S. Federal Specification)
100,000等級

廣告編號 2023-09-A10

Micro Injection Molding

- 微射出成型
- 微射出成型機
- 微射出模具製造

映通 讓尖端科技成真



精微塑件代工



植入物醫療塑件代工



專業醫療級塑膠射出代工

映通擁有專業開發工程團隊

完整提供客戶從

**開發設計、打樣、開模、試製作、
試量產、量產**

提供全方位解決方案

訂閱SMART MOLDING MAGAZINE

掌握每月最新射出成型產業技術報導

SMART MOLDING MAGAZINE每月定期提供最新產業訊息、科技新知，並規劃先進技術專題報導。讓您輕鬆掌握每月最新射出成型產業技術報導，且同時享有多種會員專屬優惠。

