

【產業輕量化與無損檢測技術應用】



專題主編：黃招財 副教授

- 纖維如何透過微結構變化影響成品翹曲和機械性質
- 長纖複合材料之纖維排向可視化技術應用
- 以玻纖補強與嵌入成型技術達成輕量化開發
- 淺談EZP量測滲透率與RTM 模擬最適化之關係
- 輕量化材料新選擇



專題報導 | 科技新知 | 產業訊息 | 顧問專欄

專題報導

- 玻璃纖維氈材料在壓縮成型製程中之特性變化研究
- 使產品達到輕量化目的之塑膠發泡成型技術
- 應用CAE剖析發泡成型技術之微觀特性

科技新知

- Moldex3D Studio提供更便利的平坦度量測功能
- 5G通訊設備更新換代下的材料創新
- 射出成型穩定的關鍵

顧問專欄

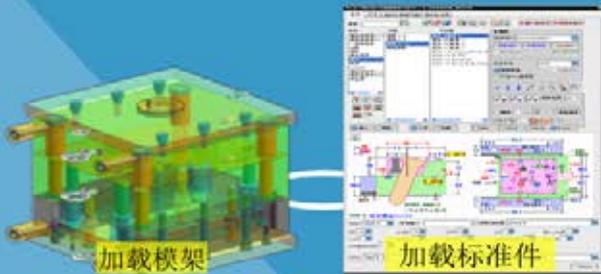
- 進來都是偶然，離開都是必然
- 以智能化技術解決生產製程問題
- 第41招【澆口位置與尺寸篇】

產業訊息

- 冠馳—堅持創新，開啟傳產新篇章
- 2020 台北國際模具暨模具製造設備展
ACMT智慧成型技術主題館



- 模具設計
 - 模具製造
 - 模流分析
 - 成型生產
 - 科學試模
 - 模具保修
- 智能管理系統**



加載模架 加載標準件
模具設計智能管理系統



模流分析智能管理系統

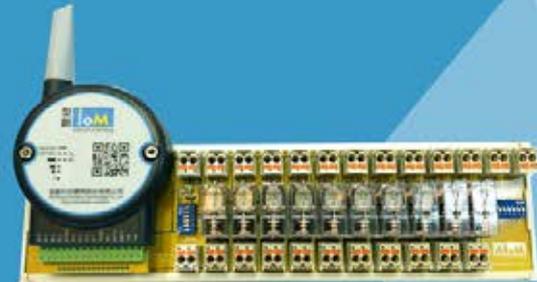


模具製造智能管理系統



科學試模智能管理系統

掌握新世代智能工廠



跨廠牌射出機數據採集器

成型生產智能管理系統



模具保修智能管理系統



<http://minnotec.com/aioM>

型創科技顧問股份有限公司/東莞開模注塑科技有限公司

台北辦公室：新北市板橋區文化路一段268號6樓之1

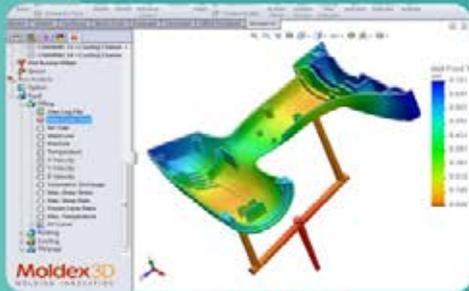
東莞辦公室：東莞市南城區元美路華凱廣場B座0508室

蘇州辦公室：蘇州市平江區人民路3110 號國發大廈1207

曼谷辦公室：46/7 Moo12 BDI Soi, Bangplee - Kingkaew Rd., Bangplee Yai, Bangplee, Samutprakarn Province 10540

先進模具與成型技術解決方案

- 先進模具設計
- 先進品質檢測
- 先進模具加工
- 先進保養維修
- 先進成型生產
- 整廠顧問服務



模具流道設計



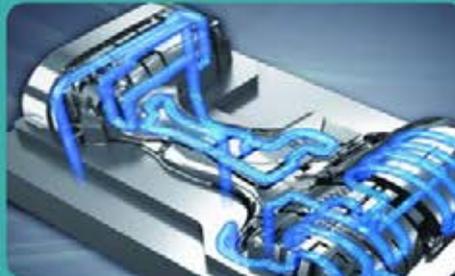
EBM電子束表面改質/拋光



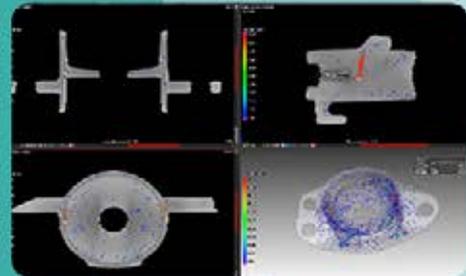
CAE模流分析技術



擴散焊接技術



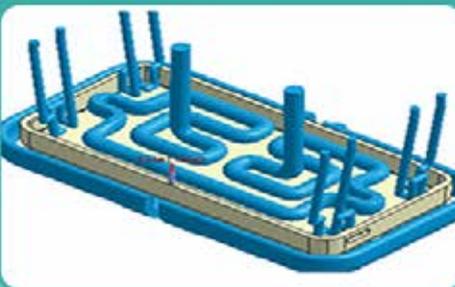
金屬3D列印技術



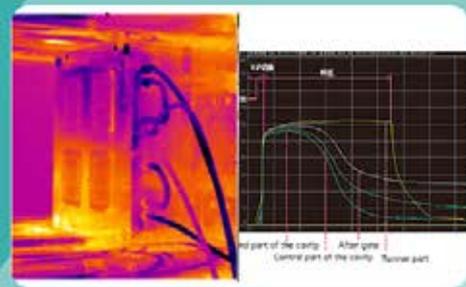
CT斷層掃描技術



鎖模力平衡度檢測



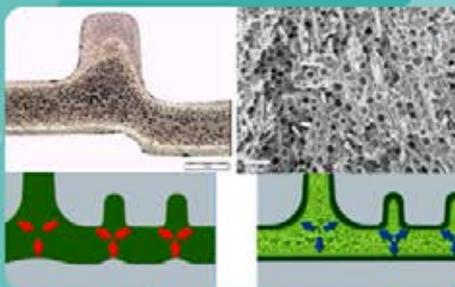
模具水路設計



模具溫度/壓力檢測



微小精密成型技術



微細發泡成型技術



模具水路清洗保養技術



<http://minnotec.com/amt>

型創科技顧問股份有限公司/東莞開模注塑科技有限公司

台北辦公室：新北市板橋區文化路一段268號6樓之1

東莞辦公室：東莞市南城區元美路華凱廣場B座0508室

蘇州辦公室：蘇州市平江區人民路3110 號國發大廈1207

曼谷辦公室：46/7 Moo12 BDI Soi, Bangplee - Kingkaew Rd., Bangplee Yai, Bangplee, Samutprakarn Province 10540

廣告編號 2020-07-A01



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



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

廣告編號 2020-07-A02



優良的抗腐蝕性
 優良的拋光性
 優良的抗磨性
 優良的熱傳導性
 高強度及高硬度
 極優良的焊接性

提供各式板料及圓

棒尺寸:

Dia: 12.5 mm
 Dia: 20.5 mm
 Dia: 25.4 mm
 Dia: 35 mm
 Dia: 60 mm

板材需求請來電詢問庫
 存尺寸

MOLDMAX®

模具冷卻的好幫手 鍍銅合金

MATERION MoldMAX HH®

MATERION 鋼廠生產之 MoldMAX® 高性能合金熱傳導性為模具鋼的數倍之多，可用於醫療、食品、高精度模具之內嵌塊，增加冷卻速度，大幅降低您的 cycle time，增加生產效率。

材料特性

| 硬度 | 熱傳導係數(100°C) | 熱膨脹係數 |
|-------|--------------|--|
| 40HRC | 130W/m · °C | 17.5 x 10 ⁻⁶ °C ⁻¹ |



梧濟五業股份有限公司
WU JII INDUSTRY CO., LTD.

美國 MATERION (美懋隆) 鋼廠授權經銷

請洽梧濟各地銷售處:

台中總公司: 04-2359 3510

冷模廠: 04-2359 7381

泰山廠: 02-8531 1121

華晟: 02-2204 8125

台南廠: 06-2544 168

高雄廠: 07-7336 940

本洲廠: 07-6226 110



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 蔡銘宏 Vito Tsai
美術主編 莊為仁 Stanley Juang
企劃編輯 林佩璇 Amber Lin
簡恩慈 Elise Chien
簡如倩 Sylvia Jian
許正明 Billy Hsu

行政部
行政支援 林靜宜 Ellie Lin
洪嘉辛 Stella Hung
封旺弟 Kitty Feng
陽 敏 Mary Yang
劉香伶 Lynn Liu
范馨予 Nina Fan
邱于真 Jenny Chiu
陳汝擘 Sharon Chen

技術部
技術支援 唐兆璋 Steve Tang 邵夢林 Liam Shao
劉文斌 Webin Liu 黃煒翔 Peter Huang
張仁安 Angus Chang 蔡承翰 Hunter Tsai
楊崇邠 Benson Yang 游逸婷 Cara Yu
鄭富橋 Jerry Jheng 葉庭瑋 Danny Ye
李志豪 Terry Li 劉家孜 Alice Liu
劉 岩 Yvan Liu 詹汶霖 William Zhan
張林林 Kelly Zhang 鄭向為 Nick Cheng
羅子洪 Colin Luo
許賢欽 Tim Hsu
王海滔 Walk Wang
羅偉航 Robbin Luo
王文倩 Winnie Wang

專題報導
專題主編 黃招財 副教授
特別感謝 淡江大學、成功大學、逢甲大學、科盛科技、大東樹脂、健行科大、科盛科技、耀德講堂、工研院、普立得、型創科技、沙特基礎工業、樂榮貿易、金暘新材料、龍成塑膠、台灣區工具機暨零組件工業同業公會、林秀春、林宜璟、楊逸仁

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/asmm



ACMT 協會與《模具與成型智慧工廠雜誌》

ACMT 協會成立於 2004 年，協會的核心理念是建立一個專業的成型技術交流平臺，除了推廣最新的成型技術解決方案與提供培訓認證課程外，協會也積極與國內外的相關單位結盟，進行國際間的技術合作與交流。

為了能更好的進行技術推廣，協會於 2017 年 3 月發行了《CAE 模具成型技術雜誌》(CAE Molding Magazine)，至今已發行 40 期。雜誌主題專注在報導射出成型產業相關之最新材料、技術、設備，以及應用案例等相關議題，並發行於臺灣、華南、華東等地區。

近年來，「智慧成型」逐漸成為業界的一個發展趨勢，同時這也是協會所十分重視且關注的一項議題，截至今年 6 月為止，雜誌已發行了 40 期，在我們的第 41 期 7 月刊「產業輕量化與無損檢測技術應用」，協會決定將雜誌更名為《ACMT 模具與成型智慧工廠雜誌》(ACMT SMART Molding Magazine)，針對內容進行改版，未來我們的內容將更加多元化，擴大我們報導的產業範圍，如「先進成型技術」、「3D 列印」、「模具製造」、「智慧工廠」、「數位化轉型」、「自動化」等領域，為讀者帶來更多全新內容。

除此之外，內容上我們未來也將對業界的企業進行一連串的採訪報導，報導範圍不會僅限於臺灣，同時我們預計也推出對華東、華南，以及東南亞等地區的各家企業進行採訪報導，帶各位讀者領略這些企業的崛起過程與成功經驗。

除了上面提到的新內容與新單元外，我們也將與各領域產業的專業人士合作推行合作季刊。如今年的 8 月，我們便將與臺灣科技大學 高速 3D 列印研究中心 鄭正元 教授共同推出 3D 列印附刊「3D 列印技術的工業應用與相關展會報導」，並將在今年的 2020 台北國際模具暨模具製造設備展進行發放，還請各位讀者敬請期待！

廣告索引



| | |
|----------------------|-----------|
| 型創科技顧問股份有限公司 ----- | P2-3(A01) |
| 阿博格機械有限公司 ----- | P4(A02) |
| 梧濟工業股份有限公司 ----- | P5(A03) |
| 廣東水研智能設備有限公司 ----- | P29(A04) |
| ivendor 科技聯盟 ----- | P33(A05) |
| 展昭國際企業股份有限公司 ----- | P37(A06) |
| IoM-IPS 智慧排程方案 ----- | P41(A07) |
| 台科大高速 3D 列印中心 ----- | P47(A08) |
| IoM-OEE 機聯網方案 ----- | P63(A09) |
| 普立得科技 ----- | P67(A10) |
| 岱冠科技有限公司 ----- | P79(A11) |
| 台北模具展 ----- | P87(A12) |
| 雅式展覽 ----- | P111(A13) |

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/asmm



其他主題的CAE模具成型技術雜誌
邀請產業界專家與企業技術專題
每個月定期出刊！



第一手的
模具行業情報



最專業的
模具技術雜誌



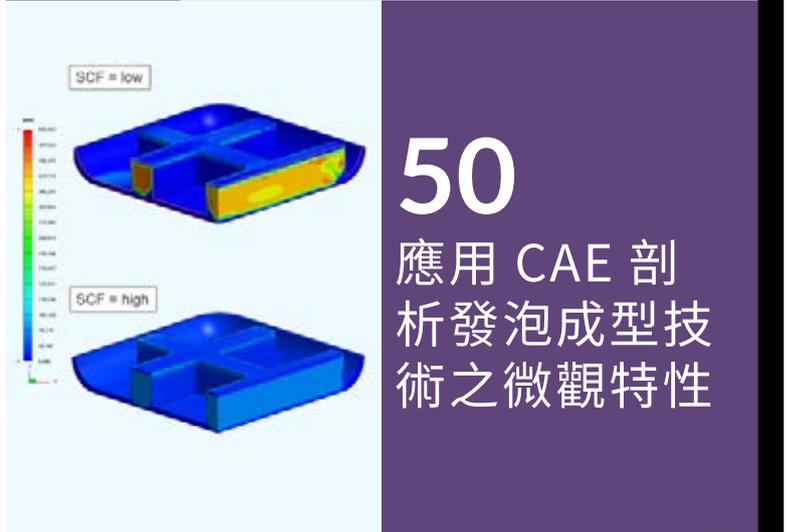
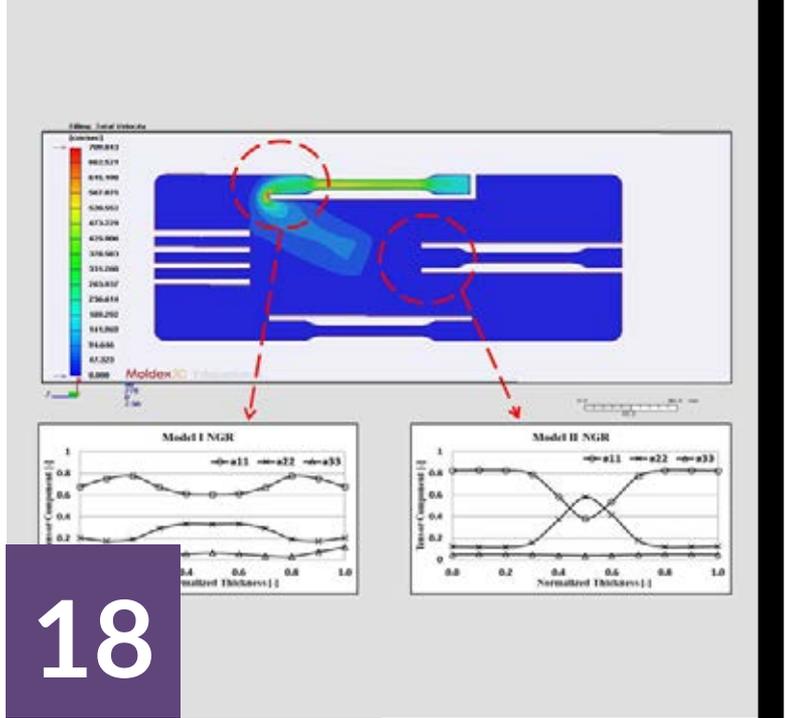
最豐富的
產業先進資訊



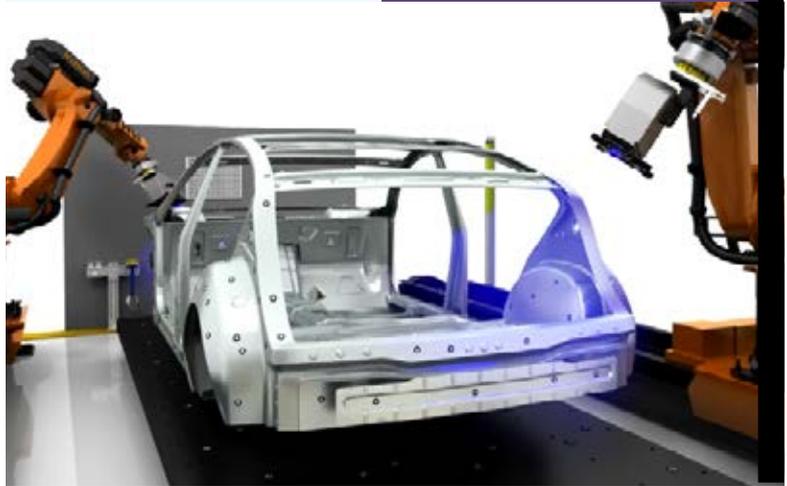
www.caemolding.org/cmm
CAE Molding Magazine

目錄 Contents

- 14 冠馳——堅持創新，開啟傳產新篇章
- 24 長纖複合材料之纖維排向可視化技術應用
- 30 以玻纖補強與嵌入成型技術達成輕量化開發
- 34 淺談 EZP 量測滲透率與 RTM 模擬最適化之關係
- 38 輕量化材料新選擇
- 42 玻璃纖維氈材料在壓縮成型製程中之特性變化研究
- 48 使產品達到輕量化目的之塑膠發泡成型技術
- 54 輕量化的材料設計
- 58 非破壞性 X 光檢測在結構與成分分佈之解析
- 64 集快速與高精度於一身的 3D AOI 自動光學檢測技術
- 68 Avizo XFiber 纖維材料排向分析方法比較
- 74 透明塑膠光學產品的殘留應力定性分析



50 應用 CAE 剖析發泡成型技術之微觀特性





80

82 Moldex3D Studio 提供更便利的平坦度量測功能

84 5G 通訊設備更新換代下的材料創新

88 射出成型穩定的關鍵

92 決勝先進製造時代

98 ZSK 押出機助客戶實現利潤可觀的常規回收和升級回收



產業輕量化與無損檢測技術應用

「自西元 1800 年至今約兩百多年，二氧化碳的排放量增加了約 180 倍。為減少二氧化碳的排放，近年來全世界各國都努力朝輕量化技術邁進。因此本月我們為大家邀請許多位產學界專家及學者，特別精心企劃安排『輕量化與無損檢測』專題。」 ■



超值優惠!

加入菁英會員
免費獲得一年
12期月刊!



黃招財 淡江大學 副教授

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

說在前頭

過去兩百年來，人類從 10 億人口到現在 77 億人口，人口增加將近 8 倍；然而在這期間，因人口快速增加導致糧食、天然資源大量消耗，地球自然生態更遭受空前破壞；另外，環境污染及溫室效應也嚴重衝擊我們的生活，特別是二氧化碳排放問題更形嚴重。據文獻統計，過去兩百年來二氧化碳的排放從 1.98 億公噸（西元 1800 年）到 362 億公噸（西元 2017 年），增加 180 倍。再根據美國環保署 2017 年統計，二氧化碳排放來源中，35% 來自化石燃料排放，其中以交通運輸（含汽車、飛機、輪船等）排放為最大宗。因此為減少二氧化碳排放，近年來全世界各國都努力朝輕量化技術邁進。當然輕量化技術包含許多材料與配套技術，其中「以塑代鋼」輕量化技術，即利用塑膠取代鋼材製成零組件是一大趨勢。然而要達成前述之輕量化技術，從產品構思、設計發想、匹配材料上、加入製程上、機台設備上、產品特性檢測……等，都需整合與配套。另外，此等塑膠零組件必須具備更良好之機械特性與使用壽命，因此如何彙整相關原物料，如何製作，如何標定與掌握內在機理，一直都是全球目前及未來遭遇的挑戰。

有鑑於此，本月我們為大家邀請許多位產學界專家及學者，特別精心企劃安排「塑膠射出成型的輕量化與無損檢測技術」專題。其中針對「輕量化」部份，首先我們特別邀請成功大學 黃聖杰 老師及團隊以「長纖複合材料之纖維排向可視化技術應用」為主題，透過新穎開發完成之長纖維射出成型機，可確保在射出成品內仍保有 10 mm 以上之長纖維，大幅提升機械強度；另外，為能以相對低廉的實驗成本達到與貴重儀器同樣的成效，他們也同步開發出影像處理式光學顯微系統嘗試掌握纖維微結構。再則，由淡江大學 黃招財 老師及團隊帶來「纖維如何透過微結構變化影響成品翹曲和機械性質」主要串聯纖維微觀特性與成品巨觀之機械性質，深入探討纖維的加入何以能提昇複合材料之機械強度。再來，特別邀請逢甲大學 彭信舒 老師及團隊帶來「以玻纖補強與嵌入成型技術達成輕量化開發」，他們透過整合產品設計、CAE 分析、模具設計、纖維複合材料與金屬嵌入成型，成功將纖維複合材料應用到 PET 吹瓶機系統中之軸承滑塊，展示出輕量化的實務應用。再則，材料配方技術一直是「輕量化」最關鍵技術之一，此次我們也特別邀請到大東樹脂公司 蘇培鈞 博士帶來「輕量化材料新選擇：長纖維增強熱塑性複合材料 (LFRT)」，蘇博士將針對長纖維增強熱塑性複合材料 (LFRT) 從原料配方之角度為大家說明與介紹，增廣大家在此領域知識。

另外，為減緩纖維在經歷射出成型激烈製程導致斷裂問題，壓縮成型製程可能是塑膠輕量化技術另外之選擇；然而，應用此技術內在機理與變化至今仍未全然掌握，為此將由淡江大學 黃招財 老師及團隊帶來「玻璃纖維材料在壓縮成型製程中材料特性變化之研究」。

再來，樹脂灌注轉注成型 (RTM) 也是產業輕量化主軸之一，此類技術與射出製程及壓縮成型製程不同，它事先將纖維骨幹編織完成，再將反應型樹脂灌入，透過此類樹脂之流動與滲透，並且產生反應建構優異之複合材料成品，屬於液態複合材料成型 (LCM) 工藝之一。然而，此類製程對樹脂之流動與滲透仍未完全掌握，為此我們特別邀請科盛科技 王智偉 博士帶來「淺談 EFP 量測滲透率與 RTM 模擬最適化之關係」。

另外，塑膠發泡也是產業非常倚重之輕量化技術，此等技術可以運用於很多地方，減震、絕熱、克服產品翹曲變形，而塑膠發泡依照發泡劑不同主要可分為化學發泡與物理發泡。但不論是物理或化學發泡，如何預測及控制氣泡大小及密度分佈是目前產學界持續努力不懈之目標。為此我們特別邀請健行科技大學 黃世欣 教授帶來「塑膠發泡：新世代技術介紹」，以及科盛科技 張立揚 先生談論「應用 CAE 剖析發泡成型技術微觀特性」。

再則，金屬與塑膠材料異質結合與應用在輕量化需求，一直都有許多前輩努力耕耘著，此次我們特別邀請耀德講堂 邱耀弘 博士前來分享「輕量化的材料設計：塑膠與金屬混合運用的 NMT 方案」，如同邱博所言：NMT 技術代表的是異種材質的仿自然物體結構的最佳典範——骨包皮 (Skeleton outside)，從植物到動物，輕量化案例比比皆是，身為萬物之靈的人類則透過模仿這些案例並加以創新發展。

至於，在「無損檢測」技術與能量方面，我們特別邀請工研院 林子閔 博士主談「非破壞性檢測 (CT 斷層掃描) 技術與應用」，其中他提到 X 光斷層掃描技術可從三微整體架構出發，提供各領域包括材料 3D 檢測與生醫領域所需之非破壞性的分析，同時可與二維電子顯微鏡或組織切片等影像互相佐證。這部份對我們想掌握纖維微結構或是發泡塑膠內氣泡大小及密度分佈是強力之支持者。再則，CT 斷層掃描雖能提供數以萬計之穿透拍攝影像，然而，如何能將此龐大的影像數據重建，還需要相關之影像處理技術，為此我們特別邀請 Avizo 團隊探討「比較 X-Fiber 與其它兩種方法在纖維追蹤比較的差異」，提供我們關於圖像分辨率和要分析的數據量之間的折衷方案。

還有，我們也特別邀請型創科技 劉文斌 技術總監針對能用來檢視透明塑膠之殘留應力的應力偏光觀測技術之原理進行深入的說明，協助大家知其然且知其所以然。此外，我們也邀請到普立得團隊提供自動光學檢測 (Automated Optical Inspection, 簡稱 AOI) 技術，可應用光高速且精準的特性，確認產品並進行品質檢測、逆向工程等。

最後，透過此次「塑膠射出成型的輕量化與無損檢測技術」專題報導，希望能提供讀者在廣度與深度兼具，產業與學術相容並進的內容，讓大家收穫滿滿。當然，我代表 CMM 月刊最感謝此次所有貢獻與分享的專家學者，您們的無私奉獻絕對會在未來產業激起火花！我們熱切地期待！■

淡江大學化材系 黃招財老師

ACMT 模具與成型產業

發現台灣競爭力



圖 1：陳李木桂董事長（左），陳正祐董事長（中），陳衍豪總經理（右）

冠馳——堅持創新，開啟傳產新篇章

前言

由冠馳股份有限公司所創立的國際知名泳鏡品牌「SAEKO」，自 2015 到 2020 年連續 6 年獲頒台灣精品獎，備受國際市場大眾的肯定，品牌行銷遍及全球五大洲、逾 52 個國家，其產品涵蓋了競速泳鏡、一般泳鏡、兒童泳鏡、戶外運動泳鏡，以及各式的游泳器材。除以「創新、研發、品質、技術創造」為他們的企業宗旨外，更是將顧客的滿意度作為其最高的服務指導原則。SAEKO 是怎麼從 1979 年的台灣專業泳鏡製造廠，演變成現今受到世界的游泳愛好者所關注的專業泳鏡品牌。

創業契機

創業初期，陳正祐董事長接手了父親的塑膠加工廠，夫妻倆共同經營，一開始員工只有 3 人，設備也都是半自動，所以上至管理、接單，下至生產製造，兩人都親自參與整個流程，並向現場師傅請益射出技術。一開始

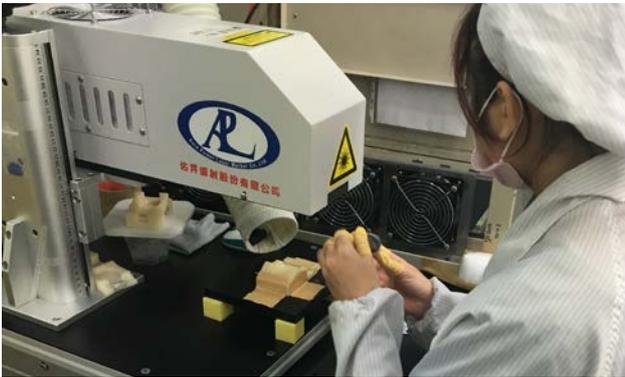


圖 2：冠馳投資雷射設備，在每一顆防霧加工後的鏡片雷射批號，使品質可被追溯

陳董事長主要的項目還是在做加工服務，後來之所以選擇投入泳鏡製造產業，最關鍵的契機在於手足間的情誼。由於當時陳董事長最小的弟弟做的是潛水鏡產品，偶爾會遇到製作泳鏡的需求，所以弟弟便要求合作廠商將泳鏡產品交予陳董事長加工，幾年之後因合作廠商不願開發新產品模具，於是他們便決定一起進行設計與創新。其中陳董事對於新產品的設計開發特別感興趣，從最初只有防水功能的泳鏡，在陳董事長的開發下，逐漸發展出一系列如：造型泳鏡、近視泳鏡及防霧鏡片，從專業的游泳選手到初學游泳的大人小孩，都可以在 SAEKO 找到屬於自己的一支泳鏡產品。

從冠馳到 SAEKO 的成功品牌之路

除了幫弟弟代工，後來也將產品提供給二弟進行國內銷售，但因泳季的時間只有半年，董事長夫人遂想到也許可以朝外銷之路前進，於是冠馳透過刊登廣告進行宣傳，同時也開始積極參加國外相關展會活動，而 SAEKO 這樣高品質價格實惠的產品，屢屢在各大展會造成人潮，吸引許多觀展者駐足詢問。第一次在歐洲參展時，也遇到了事業中的貴人——台北市體育用品商業同業公會 陳俊田理事長，在展會中充分地照顧他們，除了幫忙招攬生意，同時也提供許多寶貴的經驗，



圖 3：SAEKO 泳鏡，唯有不斷的創新設計才能帶給使用者更好體驗

讓他們能夠精準抓住每位關鍵客戶。

爾後，冠馳產品開始拓展到歐美日等國家，這樣的好口碑也讓世界知名品牌如 ADIDAS、迪士尼、MIZUNO 等陸續找上冠馳進行設計、代工生產，為了符合這些知名大廠的訂單需求，他們也針對現有的廠房規模與設備進行擴建與更新，更是成為台灣第一間通過 ISO 認證的泳鏡製造廠。目前公司的訂單在外銷方面佔較大的比例，與品牌商或是較大的通路商合作居多，除了歐美日等國家，也開拓了中南美洲、南非等市場，甚至成為南非市佔第一的品牌。近年來，除了外銷市場外，冠馳也積極將資源與心力投入在台灣市場，更透過開設泳班，掌握台灣在地客群的需求，近期也與 Costco 合作銷售，希望讓更多台灣人知道 SAEKO 這個好品牌。

面對紅海競爭 強化自身優勢

在公司的運作上，陳董事長總是親自帶領團隊進行技術研發與產品設計。在泳鏡的開發方面，基本上是隨著眼鏡發展的路線，但在開發的製程上卻要比眼鏡難得多，因為眼鏡的鏡片是由專業人士製造的，只要將搭配的鏡框製作出來就好；但泳鏡不同，它的製程必須是以一體成型的。而除了產品研發外，舉泳鏡鏡片



圖 3：冠馳第二工廠產品包裝及出貨前品管



圖 4：冠馳陳衍豪總經理，說明目前企業所面臨到的挑戰



圖 5：雙色鏡框技術：員工將環保新素材 TPR 以植入式射出包覆技術，將軟料直接成型融合於鏡片上



圖 6：模具陳列架：要求模具定位，搭配電動模具吊架，提高安全性

的打磨加工為例，雖然目前大多已是交由外包廠商處理，但他們也依然保有相關的技術，可見其對於技術掌握的重視。

然而近年隨著中國大陸經濟崛起，他們的廉價泳鏡加入市場競爭，使整個產業都受到一定的影響，面對這樣的情形，陳董事長認為雖然大陸產品的價格很便宜，但在精度上卻不夠；反觀台灣，我們的工業基礎很好，優良的產品精度是我們的一大優勢，於是陳董事長除了發展植入式模具，優化產品製程外，也將資源投資在公司的軟實力上，藉由員工人才的培訓、技術的創新與專利申請、導入 ERP 系統等方式不斷強化自身的優勢，以面對中國大陸的低價攻勢。

數位化轉型之路

因應大環境變動隨著新一輪工業革命的發展，面對信息技術和工業技術的革新浪潮，提出了工業 4.0 戰略。冠馳公司在這方面也做足了準備，運用 IoT 物聯網概念與先進演算法，自動化生產往智慧工廠的管理層面躍升。在這樣的概念之下，運用機器設備提升生產效率及良率、降低人力成本與錯誤率外，更進一步是透過資訊技術建構虛擬平台，將生產過程中的工單、生產設備、產品、物料等實體要件轉化成可控制的數據，接著再轉化成可視化戰情管理中心，以達快速反應、快速處理的智慧產品、智慧流程、智慧製造之目標與實踐員浪費等阻礙因素。減少這些浪費，並進行改善活動，從最本源頭去提升工廠管理。



圖 7：冠馳透過射出機物聯網，數位化轉型提昇內部工廠產能



圖 8：冠馳射出成型廠注重 5S 整理整頓，來訪的國外客戶們對生產環境的良好印象深刻，給予肯定

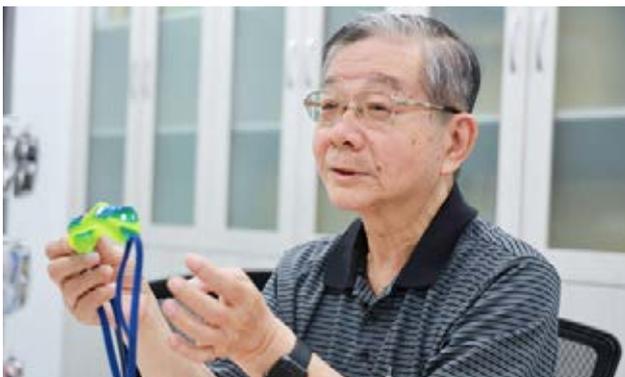


圖 9：冠馳陳正祐董事長，分享對於產品開發與設計突破理念



圖 10：近年來冠馳榮獲台灣精品獎的設計款泳鏡，多為二次成型的射包款，使泳鏡設計更新穎，具獨特性

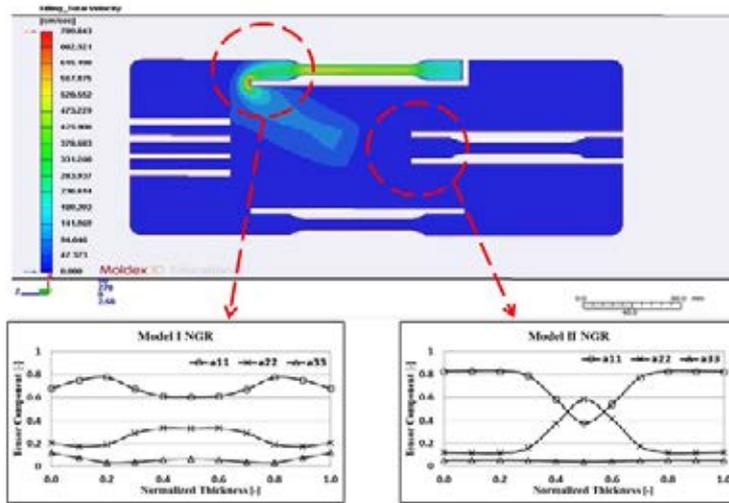
突破現況 對未來創造雙贏

冠馳公司在 39 年的時間中，研發團隊將研發工作視作常態，透過不斷積累人體工學與工業設計領域的專業知識，開創出無數個台灣首創的產品，如台灣第一支自行研發的防霧泳鏡、第一支近視專用防霧泳鏡等極具代表性與開創性的跨時代產品。

結論

在 2020 年環境與產業極大變動之下對於未來挑戰仍艱鉅，市場只會愈來愈競爭，即使企業想朝既定目標邁進，同業未必會給想要的空間，只能更堅定自己公司的意志和紀律，這又形成另一個挑戰。陳李木桂董事長認為，唯有不斷創新、研發，堅持品質、技術，才能讓企業有不停進步的動力；而企業經營者也要有

終身學習、與時俱進的態度，去面對多變的市場競爭與時代的變遷，企業才能永續經營。■



纖維如何透過微結構變化影響成品翹曲和機械性質

■淡江大學 / 黃招財 副教授

前言

由於纖維強化熱塑性塑膠 (fiber reinforced thermoplastics, 後續簡稱 FRT) 具有非常優異之特性, 近年來已成為產業中主要的輕量化技術之一, 尤其是在汽車及航太產業中 [1-2]。然而, 因為纖維在塑膠內部的微結構 (纖維排向、纖維長度、纖維密度等) 會影響成品翹曲收縮, 且非常複雜難以掌握, 為了瞭解其對成品翹曲收縮的影響, Thomason 等人 [3-4] 提出了纖維長度對應機械性質的相關經驗式。

此外, 也有許多其他研究者針對纖維微結構特性 (纖維排向、纖維長度、纖維密度等) 對於機械性質影響程度進行探索 [5-6]。然而, 纖維微結構依舊很難驗證, 為此, 有研究者提出利用張量預測短纖維中之纖維排向 [7-8]。尤其是, 近年來有研究者對於長纖維排向提出了更精準的模擬預測數學模型 [9-11], 該模擬中對於纖維排向之預測相較其他微結構性質更加成熟。然而, 在實際成品中要量測到纖維微結構性質是

很困難的, 目前大致有兩種方法, 第一種是切片法加以光學量測處理影像 (optical section method), 另一種是利用電腦斷層掃描 (micro-computerized tomography, μ -CT) [12-13]。電腦斷層掃描是一個較新的方法, 可應用於量測成品中的纖維排向及其他微特性之解析, 是一種非破壞性的量測方法。整體來說, 纖維排向如何影響實際成品之強度還是很難真正瞭解, 此外, 這些纖維微結構性質是如何影響成品的翹曲與其他機械性質也未清楚量化。

為此, 本研究中我們設計了具有三種不同澆口型態 (Model I 為側邊入料、Model II 為直接入料、Model III 為雙邊入料) 標準拉伸試片 (ASTM D638) 的複合幾何模型, 同時應用 CAE 模擬分析並利用實驗研究來驗證模擬, 探索不同之澆口型態造成之流場改變對纖維微結構之變化, 以及此等纖維微結構變化對產品品質之影響。

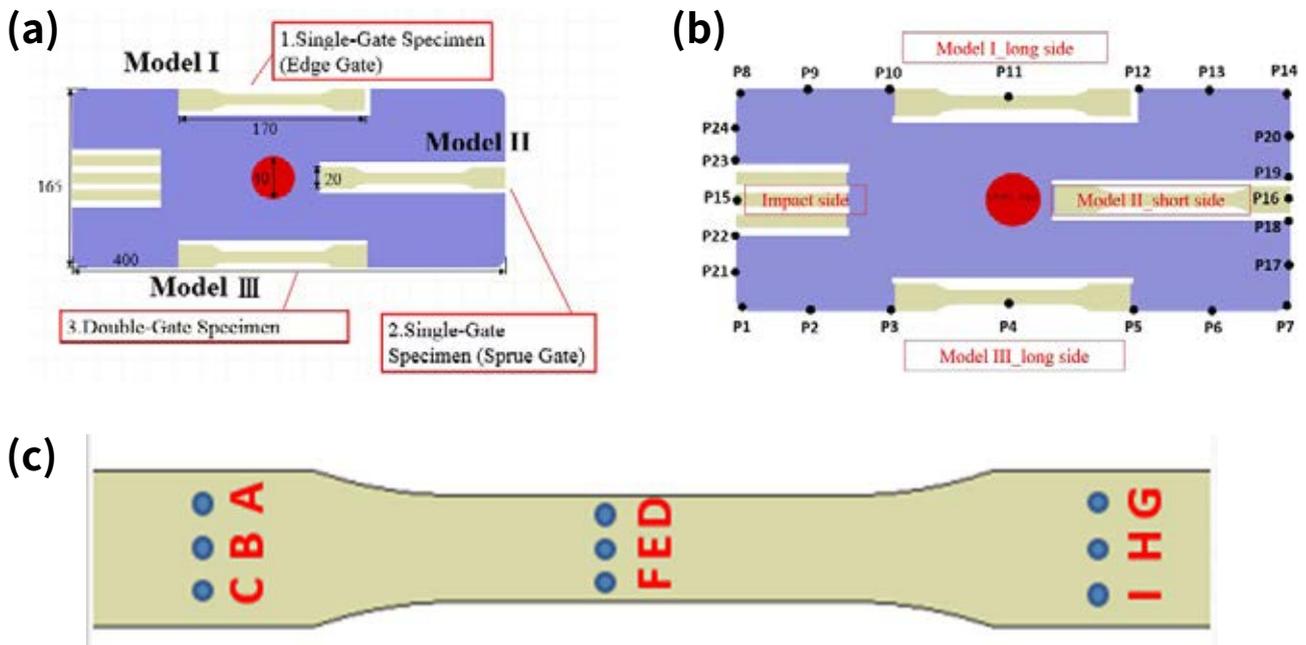


圖 1：(a) 幾何模型尺寸與不同澆口設計之試片；(b) 整體量測節點；(c) 拉伸試片量測節點

研究之模型與資訊

本研究之產品複合之幾何模型，如圖 1(a) 所示，其中產品外觀尺寸為 "400mm×165mm×3mm"。為了研究纖維微結構的變化，在此複合模型中包含了三個不同進澆方式的 ASTM D638 標準拉伸試片，包括 Model I 為側邊入料、Model II 為直接入料、以及 Model III 為雙邊入料，此等 Model I 至 Model III 試片之尺寸為 "172mm×20mm×3mm"。

另外，為了探索纖維補強之效應，我們使用兩種材料，分別為純聚丙烯以及含 3mm 玻璃纖維之聚丙烯材料，詳細資訊如表 1 所示。為了深入瞭解整體成品之翹曲變形行為，以及每一邊之標準試片局部翹曲變形之趨勢，我們特別在模型的四個邊上，分別設置 7 個量測節點，如圖 1(b) 所示；四個邊分別定義為 Model I 和 Model III 長邊，以及 Model II 和 Impact Side 短邊。此外，針對個別拉伸試片局部翹曲變形情形及其纖維微結構特性變化（主要探討纖維排向、長度、密度分佈效應），我們特別將每一個標準拉伸試片再分成

三個區域，分別為靠近澆口區域 (NGR)，中間區域 (CR)，以及流動末端區域 (EFR)，另外在每個區域再分別設置三個量測節點，以確定能詳細搜集各項可能影響產品翹曲變形之因子，如圖 1(c) 所示。

為了瞭解整體成品之翹曲變形行為，以及每一邊之標準試片局部翹曲變形之趨勢，我們除了前述之 CAE 模擬分析資訊外，我們也進行實際射出成型之研究，當完成一系列之射出成型實驗後，我們也對射出成品進行相關之量測。實驗所使用的射出機台為全立發機械廠股份有限公司所研究開發之特殊長纖機台，型號為 CLF-180TXL。再則，射出成型主要之操作條件，如表 2 所示（模擬和實驗相同）。此外，射出成品的機械性質量測，主要是使用萬能拉力機（弘達儀器 HT-9102M）來測試。

結果與討論

為了瞭解整體翹曲變形之行為，我們依據前章節所設置之量測節點，仔細地針對整體模型四個邊量測成品

| 材料資訊 | | | | |
|------|------|----------|------------------|--------------|
| 項目 | 塑膠基材 | 玻璃纖維 | 材料型號 | 製造商 |
| A | PP | X | Globalene ST868M | LCY chemical |
| B | PP | 30%, 3mm | Globalene SF7351 | LCY chemical |

表 1：材料資訊

之相對位置，再彙整合成的每一邊之巨觀翹曲變形情況，如圖 2 所示。當我們仔細觀察，可以發現當使用 PP（無纖維）材料情形下，以 Model I 長邊為例（圖 2），其翹曲呈現「哭臉：兩旁低，中間高」的趨勢，其中 CAE 模擬分析和實驗趨勢相符。

接著，為了瞭解纖維對整體翹曲變形之行為，我們使用纖維長度 3mm 的玻璃纖維複合材料，其射出成品整體翹曲變形之結果，如圖 3 所示。我們仔細觀察此等結果可以發現，當加入纖維時，可以有效抵抗並降低變形；以圖 3 為例，當材料從純 PP 改成 3mm 纖維複合材料時，在 Model I 長邊上使用 PP 的最大翹曲量約為 7mm，改用長纖維材料其最大翹曲量則下降到 1mm，改善率非常明顯。

再則，為瞭解纖維對射出成品之機械性質的影響，我們透過萬能拉力機對三種試片進行拉伸強度之探索，並將其結果彙整如圖 4 所示。當我們仔細探索，發現同一種試片的拉伸強度特性將隨著纖維長度增加而增強，例如：以 Model I 為例，純 PP 之射出成品，其強度約為 23 N/mm²；當改用纖維材料後，其強度提升到約 75 N/mm²，由此可見纖維長度之增加，能夠有效提昇射出成品之拉伸強度。同樣地，在 Model II 中也可以發現類似的趨勢，其強度由 23 N/mm²（純 PP 材料）提升到 73 N/mm²（長纖維材料）；另外，

Model III 則因為利用雙邊入料會產生縫合線，所以強度提升較為不明顯，僅從 22 N/mm² 提升到約 34 N/mm²。

另外，如進一步比較 Model I 及 Model II 的強度差異，針對使用含纖維複合材料時，Model I 的強度始終大於 Model II，明確來說：在含纖維材料下，Model I 比 Model II，其強度比為 75 N/mm² 比上 73 N/mm²。我們推測此現象發生的原因，可能是側邊入料所造成的入口效應，提供了比較強之纖維排向效應。

為了探討不同澆口型態對纖維排向的影響，我們針對三種試片，分別對於靠近澆口區域 (NGR)、中間區域 (CR) 以及流動末端區域 (EFR) 的纖維排向進行分析。而圖 5 中的 (a) 及 (b) 分別展示了 Model I 及 Model II 在靠近澆口區域 (NGR) 之纖維排向。仔細審示可以發現，Model I 之 A11 纖維排向介於 0.6 到 0.8；反觀，Model II 之 A11 纖維排向則是介於 0.4 到 0.8，特別是針對熔膠之核心區域產生之 A11 纖維排向差異，Model I 明顯高出 Model II 許多，藉由此等 CAE 模擬分析結果初步驗證我們針對入口效應的推估。

最後，為驗證我們利用 CAE 模擬分析結果對入口效應的推估，我們將針對試片進行電腦斷層掃描，再以影像處理技術（使用 Avizo 軟體）進行纖維排向變化之

| 操作參數 | |
|------------------|-----|
| 參數 | 條件 |
| 射出壓力(%) | 70 |
| 保壓壓力(%) | 30 |
| 保壓時間(s) | 5 |
| 冷卻時間(s) | 15 |
| 空氣溫度(°C) | 20 |
| 背壓壓力(%) | 5 |
| 螺桿速度(%) | 30 |
| 螺桿位置(mm) | 117 |
| 鎖模力(ton) | 100 |
| 機臺上限壓力:230.3 MPa | |

表 2：操作參數

影像重建，而其纖維排向的重建結果如圖 6(a) 與 (b) 所示。從圖中我們可清楚發現，Model I 之 A11 纖維排向介於 0.6 到 0.9；反觀，Model II 之 A11 纖維排向則介於 0.35 到 0.8，特別是針對熔膠之核心區域產生的 A11 纖維排向差異，Model I 明顯高出 Model II 許多，這些電腦斷層掃描及影像重建後的結果都強烈地顯示著我們對於入口效應之推測是正確的。

結論

在本研究中，我們設計了一個包含三種不同澆口設計的標準拉伸試片之複合幾何模型，特別是透過不同進澆口之方式改變纖維微結構之變化，進而探索對產品品質之影響。針對纖維效應對整體模型翹曲的影響，我們分別對定義的四個邊進行模擬分析及實驗量測得到以下結果，模擬與實驗之趨勢相當吻合，而且纖維的加入可以有效降低整體之翹曲量值。再則，我們也利用萬能拉力機進行三種不同試片之拉伸強度實驗，結果顯示當使用短纖維之強化塑料時，整體拉伸強度比未加入纖維時上升近三倍；其中，從側邊進澆的 Model I 之標準試片拉伸強度大於直接進澆的 Model II，其原因應是由熔膠經流道及澆口之入口效應導致，此部份可能與纖維排向變化差異有關。

再則，纖維微結構之有效表徵是目前產業最困難的部份，為此，我們初步利用電腦斷層掃描對試片進行產品內部斷層掃描，再利用影像處理技術進行纖維排向變化之重建，特別是透過 CAE 模擬分析與電腦斷層掃描及影像重建後之結果強烈地支持我們針對入口效應的推測是正確的。■

參考文獻

- [1]. “BMW i3 makes its world premiere”, Reinforced plastics, p. 7, Sep/Oct (2013).
- [2]. A. Roch, A. Menrath, T. Huber, T. Henning, and P. Elsner, “Lightweight Potential of Fiber-Reinforced Foams”, Cellular Polymers, Vol. 32, No. 4, pp213-228 (2013).
- [3]. J.L. Thomason, M.A. Vlugg, “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).
- [4]. 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).

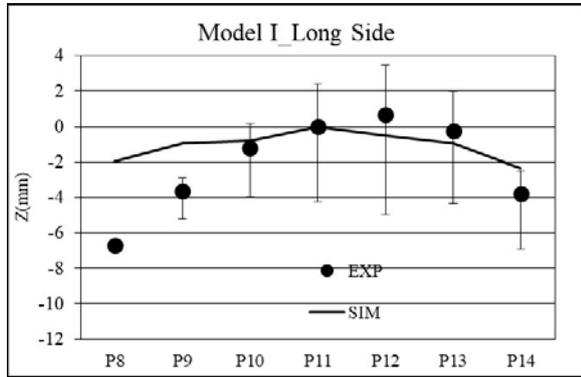


圖 2：PP 之 Model I 長邊翹曲

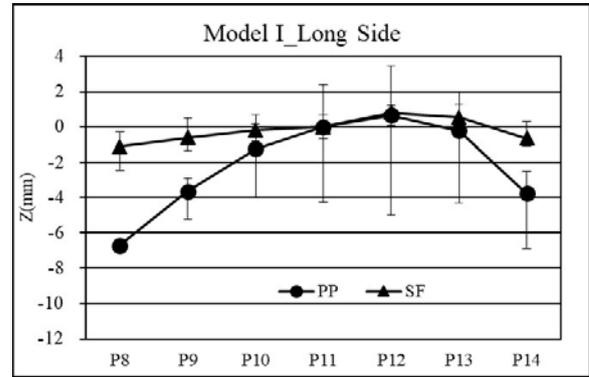


圖 3：纖維複合材料對 Model I 長邊翹曲變形行為

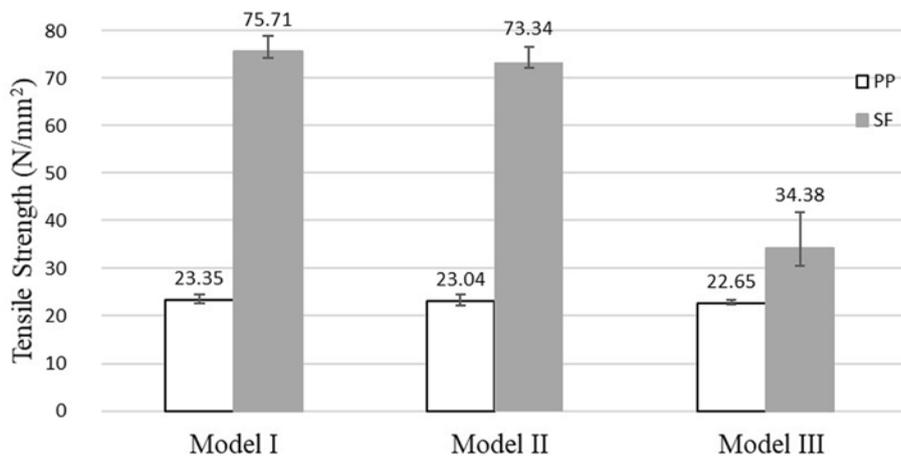


圖 4：三種試片不同材料之拉伸強度

[5].C. Wang, and S. Yang, “Thermal, Tensile and Dynamic Mechanical Properties of Short Carbon Fibre Reinforced Polypropylene Composites” , Polymer & Polymer Composites, 21, No. 2, pp 65-71 (2013).

[6].L. Cilleruelo,E. Lafranche,P. Krawczak,P. Pardo, and P. Lucas,” Injection moulding of long glass fibre reinforced poly(ethylene terephthalate): Influence of carbon black and nucleating agents on impact properties” , Express Polymer Letters, 6(9),pp 706-718 (2012).

[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].H.-C.Tseng, R.-Y. Chang, and C.-H. Hsu, "Phenomenological improvements to predictive models of fiber orientation in concentrated suspensions." J. Rheol. 57 1597 (2013).

[10].H.-C.Tseng, R.-Y. Chng, and C.-H. Hsu, "Method and computer readable media for determining orientation of fibers in a fluid” ,U.S. Patent No. 8571828 (2013).

[11].H.-C.Tseng,T.-C. Wang, Y.-J. Chang, C.-H. Hsuand, R.-Y. Chang, “Progress on Fiber Concentration for Injection Molding Simulation of Fiber Reinforced Thermoplastics” ,SPE-ANTEC Tech. Papers, 60, (2014).

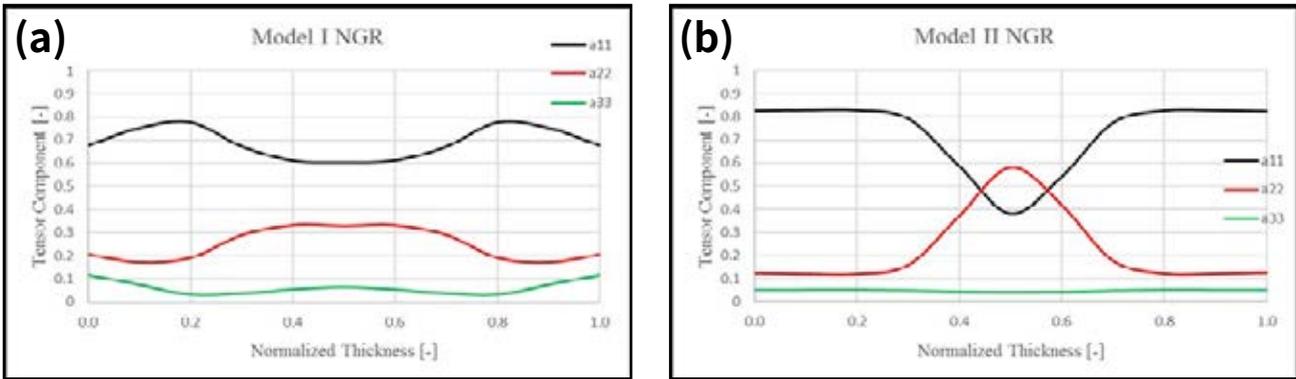


圖 5：靠近澆口處 (NGR) CAE 模擬纖維排向，(a) Model I；(b) Model II

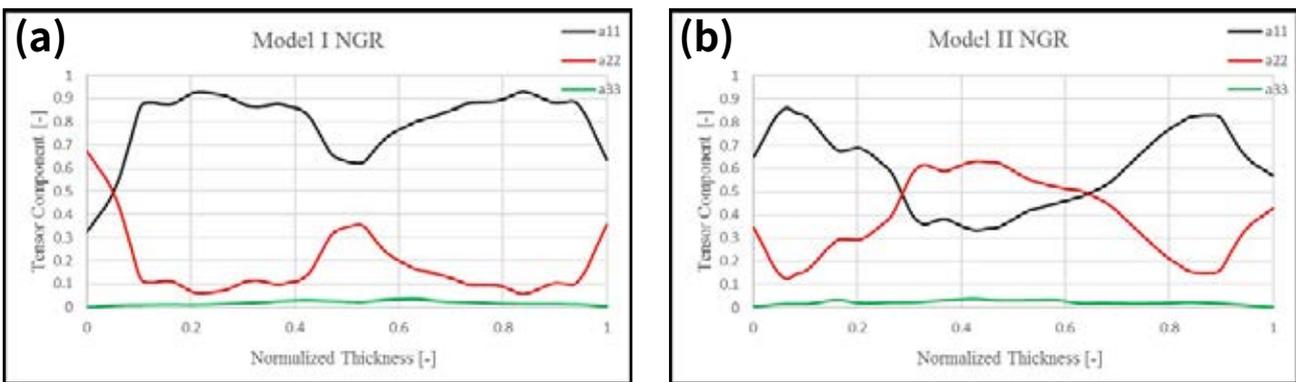


圖 6：經電腦斷層掃描及影像重建後之靠近澆口處 (NGR) 纖維排向，(a) Model I；(b) Model II

[12].A. Bernasconi, F. Cosmi, P.J. Hine, “Analysis of fibre orientation distribution in short fibre reinforced polymers: A comparison between optical and tomographic methods” , Composite Science and Technology, 72(16), pp. 2002-2008(2012).

[13].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).



長纖維複合材料之纖維排向可視化技術應用

■成功大學 / 黃聖杰 教授 & 陳奎善 研究生

前言

搭乘輕量化及減少碳排放的浪潮，具有高強度、耐衝擊性等優勢的長纖維複合材料技術近年來在產業上的應用發展逐漸嶄露頭角，特別是在運動器材或汽機車等需輕量化的產業領域中，更受重視。以射出成型製程製造長纖維複合材料，可達到快速且大量、低成本的生產，加上循環經濟等議題更是目前複合材料成型技術發展的大趨勢之一。在未來產品的要求上，各種零組件的可靠度或耐用性須被仔細考慮到，故產品的強度與性質極為重要，而影響長纖維複合材料成品強度與性質最具關鍵的因子主要為纖維長度、纖維含量、纖維排向 (fiber orientation)、氣泡或其他缺陷含量及纖維與基底材料結合強度等。

在射出成型長纖維複合材料工件時，製程設備與製程參數調控可以減少成品缺陷如纖維斷裂、氣泡、未分散纖維束等的產生，能使射出產品有較高之機械強度，進而提升產品品質。因此如何辨識產品內部微結

構，讓設備、製程、微結構及成品相關機械性質量化且建立相關聯性，將是格外重要的研究課題，而長纖維複合材料之纖維排向及微結構可視化技術應用就是建立此關聯性的關鍵技術。

長纖維複合材料射出關鍵技術發展

長纖維複合材料大多是以預混料的方式來進行射出，雖然入料纖維長度可以很長，但射出成型過程中纖維極易在塑化階段被折斷，加上模穴、澆口等設計條件之因素，最終成品內纖維長度通常不會很長，平均長度只剩下 1mm 至 5mm 左右，甚至更短，導致補強效果大打折扣。因此如何掌握纖維斷裂特性並保持產品纖維長度同時兼顧纖維分散性將是一大重點，特別是射出機螺桿的設計是塑化階段斷纖最重要的因子，加上模穴、澆口等設計都要特別注意才能減少斷纖；此外，即使有好的機臺與模具設計，看不到就無法確定一切都在控制下，所以如果可針對產品內部纖維微結構進行可視化，將有助於了解成品的品質，也可探

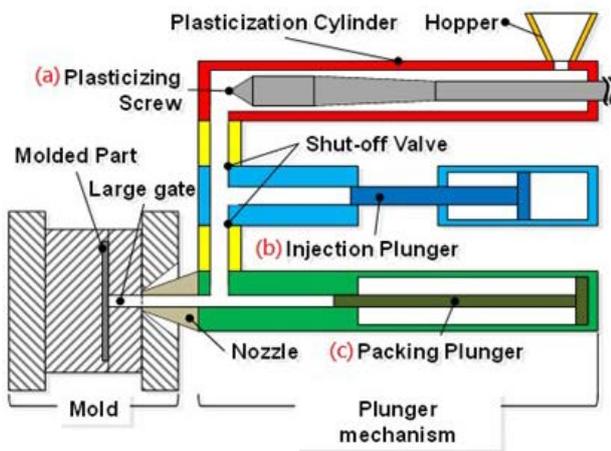


圖 1：三段式射出單元——新型長纖維射出成型機

討成型參數對產品品質之影響，對產業技術發展會有極大的幫助。

雖然複合材料產品內部纖維微結構可視化技術並非全新技術，許多國家都有如電腦斷層掃描技術 (computed tomography scan) 的發展，但電腦斷層掃描技術成本極高，所以採用性價比較高的方式來進行產品檢測也是目前研究亟需發展之關鍵。本文以原始入料纖維長度 25mm，50% 重量比之纖維補強聚丙烯為研究材料，透過我們研究團隊開發之射出成型機與檢測設備為例子，進行長纖維複合材料射出關鍵技術尤其是微結構之探討，說明如何建立設備、製程、微結構及工件相關機械性質的量化相關聯性，讓射出成型長纖維複合材料的應用更科學化。

我們研究團隊發展出三段式射出單元之射出成型機 (圖 1)，為避免傳統射出機常因熔膠經射嘴進入模穴時造成纖維斷裂，採用柱塞式射出桿設計，提供較大的長纖塑料流動通道，熔膠進入模穴處為較大之澆口，搭配循環冷卻系統以縮短產品成型週期；由先期研究發現，長纖維於塑化階段之斷裂主要發生於螺桿之壓縮段，因此螺桿設計採用低壓縮比設計，降低

纖維於塑化過程受到之剪切率，以期能最大程度地保留在射出成型過程中纖維之完整性；為了瞭解產品內部包含纖維長度、纖維排向等性質對於機械強度之影響，以 ISO 527-2 之標準拉伸試片做為測試模具之設計 (圖 2)，將射出產品進行拉伸實驗以驗證新型射出機臺之效能。

纖維排向可視化技術開發與應用

產品內部微觀組織是研究複合材料性質中重要的探討項目，主流研究通常以電腦斷層掃描的方式取得產品內部的影像，然而影像的解析度與成本是一大考量，加上取像原理的特性並無法完全辨識氣泡等產品缺陷。另外，由於纖維的直徑只有 $17\mu\text{m}$ ，長度可以長達 25mm，其長度/直徑比達 1470 倍，需要高解析度，且大面積或體積的量測，此項需求連電腦斷層掃描都不易達成。

為解決這些問題，研究團隊開發影像處理式光學顯微掃描系統 (圖 3)，著重在觀測產品內部纖維斷裂情形、未分散的纖維束及氣泡等缺陷發生的多寡及在不同分層下纖維排向的差異等。進行方式是將欲觀測之樣品研磨拋光後，以高倍率光學顯微鏡 (optical

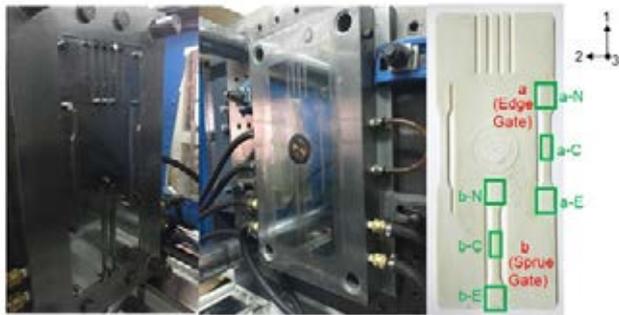


圖 2：ISO 527-2 標準物性測試模具及成品觀測位置編號

microscope) 及高解析度相機為取像工具，整合零背隙螺桿、步進馬達及位置感測器等高精度線性傳動元件，縮小單一脈衝時間且搭配雷射干涉儀校正，提高掃描數位化精度，最大掃描範圍 125mmx125mm，最高掃描速度可達 5mm/sec。

另外光源由下方取像的設計，可以減少因研磨工件表面不平整而造成對焦困難的情況，透過調整單張擷取影像之對比度與亮度，不須多次對焦便能照出高品質的影像，搭配簡易控制介面及影像拼接軟體，單張取像面積為 0.9mmx0.9mm，顯微鏡放大 10 倍，單張照片 1680x1680pixels，解析度為 0.53 μ m，單張照片可組成組合圖（圖 4），組合圖可放大或縮小，為了組成 3D 圖形，工件在厚度方向每次會被研磨掉深度 0.2mm，接著利用商用影像處理軟體 AVIZO 做疊層，即可完成產品結構之 3D 模型並進行纖維長度、排向及氣泡量分析（圖 5）以建立 PSP 關係 (process-structure-properties relationship)，達成品質檢測之目的。此方法比起電腦斷層掃描可以較低的實驗成本實現微結構的觀測，不僅分析結果幾乎相同且可觀察到氣泡等以電腦斷層掃描不易看到的觀測。

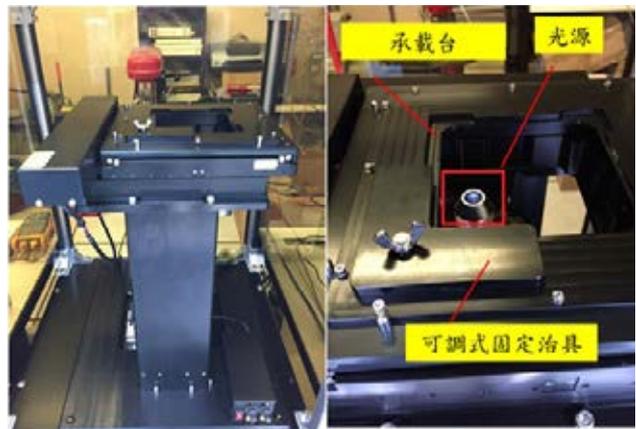


圖 3：倒立式光學顯微掃描機

掃描影像分析結果與驗證

射出成型長纖複材之材料性質極易受到加工參數的影響，本文簡單敘述在不同參數如背壓、螺桿轉速及熔膠溫度下，成品性質與拉伸強度之結果（圖 6）。對產品纖維長度而言，背壓及螺桿轉速的上升會增加剪切率，導致纖維斷裂情況加劇，而分析結果顯示，以此創新三段式射出機所生產之產品，其內部平均纖維長度可達 10mm 以上，在低轉速、低背壓下，纖維最多可保留將近 13mm；纖維排向分析結果顯示，由於拉伸試片之幾何形狀，多數纖維皆排列平行於流動方向（1 方向），同時也是沿著拉伸的方向，可預期較良好的拉伸強度表現。

然而即使纖維保持相當長度，若是產品內缺陷過多仍會影響機械強度表現，解決方式可透過增加背壓，提高熔膠內部壓力進而讓熔膠內氣泡體積比例降低，而較高的熔膠溫度則使熔膠黏度降低，有助於提升熔膠流動性，也可減少成品內纖維分散不均等情況；經由調控適當製程參數及多組實驗分析，瞭解到在各種不同條件下之纖維複材性質後，以此為參考來決定射出成型視窗，有助於預測射出成品之品質。以本例之拉伸試片來說，在背壓 5%、螺桿轉速 90rpm、熔膠溫度 250 $^{\circ}$ C 時，射出成品有最大 159MPa 之抗拉強度，

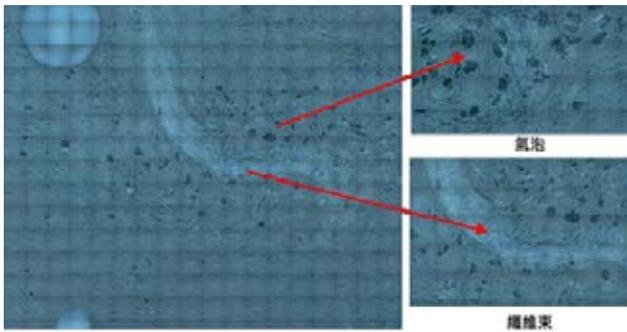


圖 4：產品研磨拋光後內部微結構掃描影像，可觀測纖維排向、氣泡及纖維束等

與短纖維補強材料或傳統機臺射出成品相比，機械性質獲得大幅提升，證明機臺設計有助於保留纖維長度與減少成品缺陷，達到改善產品品質之成效。

為了驗證使用光學顯微掃描機取像之可行性與正確性，選取在相同製程條件下（背壓 5%、螺桿轉速 90 rpm、熔膠溫度 230°C）生產之試片進行電腦斷層掃描取像，探討了此兩種方法對長纖補強複材分析結果的差異（圖 7）。觀察平均纖維長度結果，可發現利用 CT scan 影像分析較研磨影像來得長，主要原因為後者層與層之間隔相對較大，一段纖維在分析過程中可能被視為幾段不同纖維，故平均長度較短，同樣的現象也能解釋兩者纖維排向結果差別，前者之平行於流動方向纖維稍高於後者，然而兩者整體趨勢相當一致，說明此創新可視化設備確實能應用於檢測產品性能，且能以相對低廉許多之實驗成本獲得相同效益。

結語

本文呈現對於長纖複材塑膠射出成型發展之全新概念，提升技術發展至產業應用之層次。新型長纖維補強塑膠射出成型機，其成品纖維長度比市面上射出成型的纖維複合材料來得長，機械強度也隨之大幅提升，配合影像處理式光學顯微系統，能在相對低廉的實驗成本下達到與貴重儀器同樣的成效，提供產業界

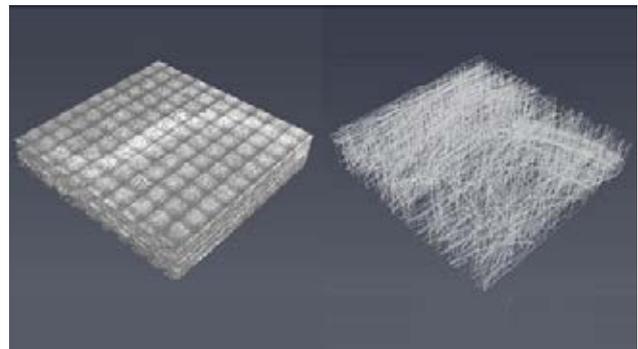


圖 5：多層掃描影像經影像處理軟體疊層並進行纖維分析

掌握產品品質之新穎方式，以符合相關安全規範之需求。以長纖複合材料塑膠射出成型製造系統投入市場銷售，整合產學研究，降低原物料成本、改善產品生產效率、提升附加價值，朝綠色生產導向之精密機械為目標，達成產業永續經營，持續突破創新，對於臺灣的射出機產業或者是汽機車產業，將可大大提升其競爭力。■

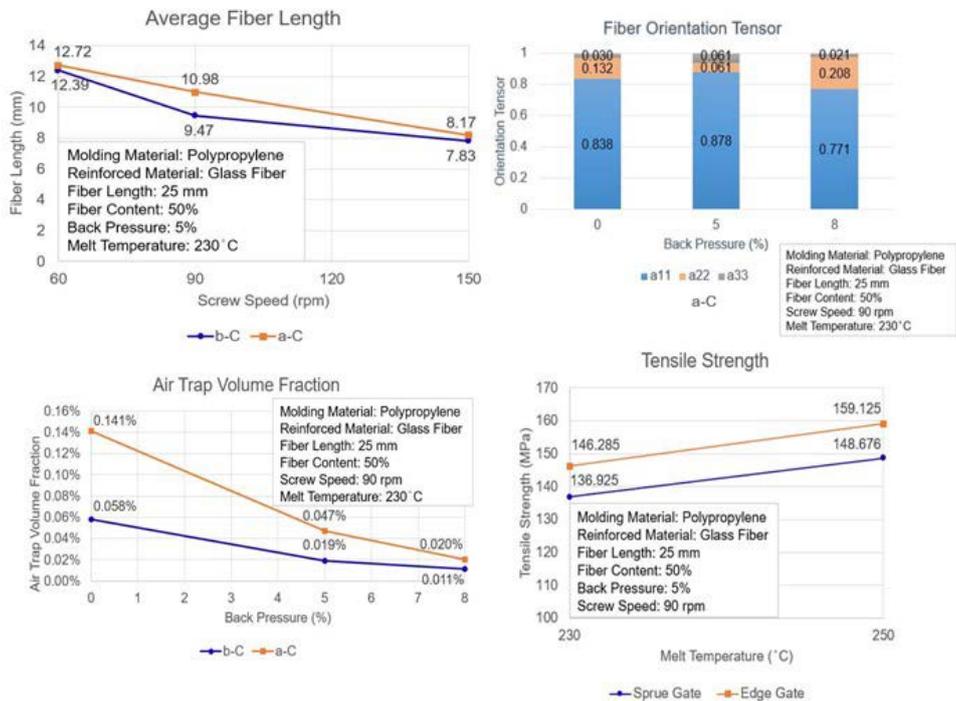


圖 6：不同製程參數下之纖維長度、排向、氣泡含量及拉伸強度

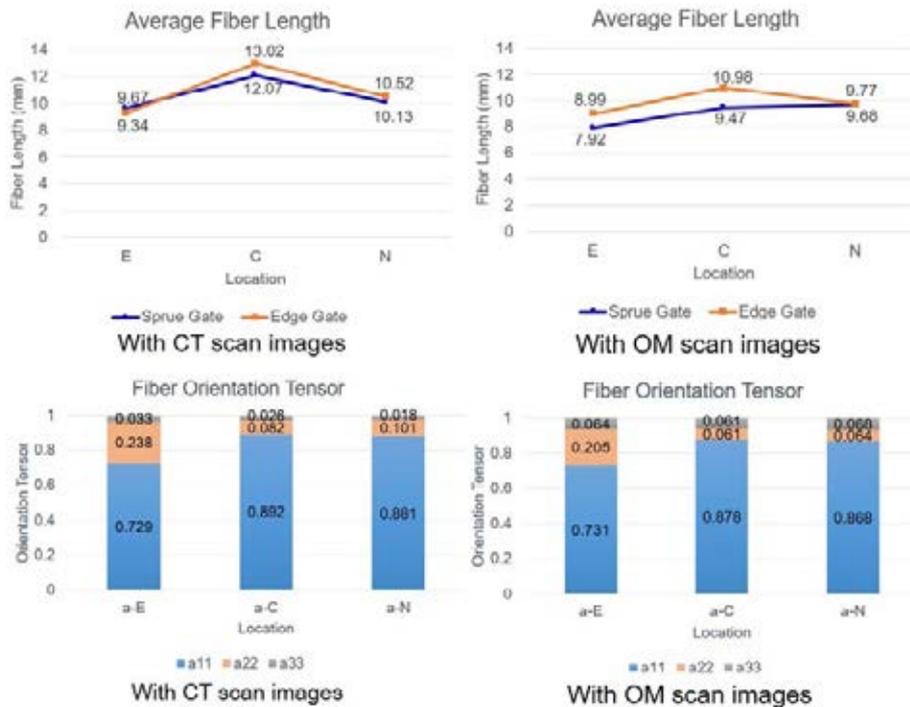


圖 7：不同取像方式下之纖維長度、排向結果比較

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：xuzl6666@163.com

網址：www.mizuken.com.cn



廣告編號 2020-07-A04

TEL 0769-81888697



以玻纖補強與嵌入成型技術達成輕量化開發

■逢甲大學 / 彭信舒 副教授

前言

隨著綠色環保意識高漲，塑膠製品朝向省料節能、縮短成型週期與免去二次加工的方式生產。射出成型已成為實現工業產品塑膠零組件量產的重要製造方法，同時還需兼顧產品精度、結構強度、功能設計及品質等條件。

本研究之產品為「軸承滑塊」，是 PET 吹瓶機公轉系統中承載並傳送瓶胚的重要滑塊零件。傳統的軸承滑塊大多以金屬材料經多道次加工或異材質接合方式製造而成，但也因此造成產品重量與加工成本提高；另一方面，以異材質接合製造容易因材料不均勻收縮而產生翹曲變形或接合問題。

因此，本研究整合產品設計、CAE 分析、模具設計、纖維複合材料與金屬嵌入成型進行創新軸承滑塊之研究與開發。由研究結果顯示，透過產品設計，成功將軸承滑塊組件的重量減少一半以上；透過 CAE 模流分

析，成功縮短模具開發時程；透過金屬嵌入成型，成功減少加工程序；透過玻纖 (GF) 補強，產品拉伸強度提高 10% 以上。整合工業產品改進設計，並依照產品開發基本流程進行 GF 補強塑膠軸承滑塊之 CAE 分析與射出成型特性進行研究，成功讓產品達到具有功能性、產品結構強度、輕量化並減少加工程序的預期效果。

塑膠滑塊之產品與結構設計概念

「軸承滑塊」為 PET 吹瓶機公轉系統中承載並傳送瓶胚的關鍵零件，為降低設備製造成本並達到輕量化目的，研究中的產品設計概念為採用纖維複合材料補強塑膠與嵌入金屬軸承射出成型，以取代金屬滑塊的加工成型，並利用輕量化加工技術進行產品開發與成型規劃，其產品設計概念圖示如圖 1 所示。此外，由於塑膠產品與金屬的冷卻收縮程度不同，若塑膠產品肉厚與結構設計不良，不僅會造成射出成型困難，亦會增加產品不良率與缺陷之問題；透過 2D 與 3D 進行產

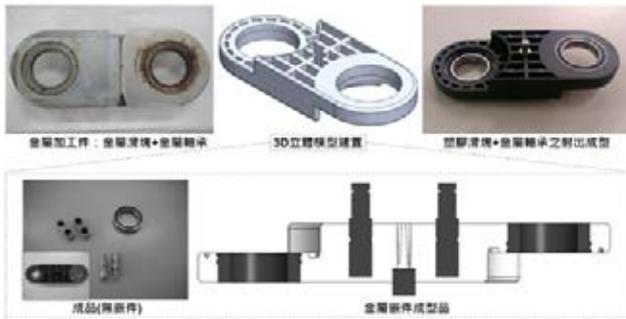


圖 1：產品設計概念示意圖

品設計與繪製，並透過異材質接合設計使塑膠與金屬件在進行射出成型時能穩固的結合。

透過實驗設計掌握產品成型特性

為清楚了解並掌握產品實際成型可能造成之問題，研究中透過實驗模具之試片成型與分析比較，將此研究結果應用在實際產品開發與成型，並透過熱機性質進行 GF 之材料補強效能。另一方面，為進一步了解金屬嵌入成型特性，本研究利用專業 CAE 模流分析軟體進行分析預測，預先了解並掌握以纖維複合材料補強塑膠與嵌入金屬軸承進行射出成型之特性，以及可能會發生的問題，再透過模擬分析進行比較與討論，以提供正確模具設計方案與建立較好之產品成型視窗，最後再以實驗模具進行產品成型的結果與模擬分析結果作逐一驗證。

研究分析流程四階段

本文案例整合模流分析軟體、纖維複合材料與金屬嵌入成型進行案例研究，驗證連貫式設計分析流程對產品開發的進步性。其研究分析流程區分為三個階段：(1) 纖維複合材料之特性測試與分析；(2) 分別以模流與結構分析軟體進行產品設計與成型可預測分析與評估；(3) 產品實機測試與應用。

(1) 纖維複合材料之特性測試與分析：

研究中，分別為比較熱機性質之材料 (a) 為尼龍 66 原

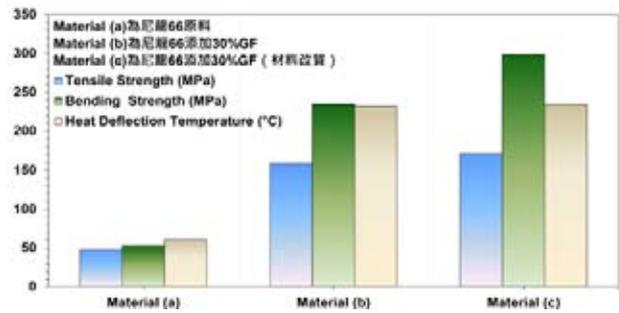


圖 2：材料熱機性質之觀察

料、材料 (b) 為尼龍 66 添加 30%GF 與材料 (c) 為尼龍 66 添加 30%GF (材料改質) 等。圖 2 顯示試片成型後完成拉伸強度試驗、彎曲強度試驗與熱變形溫度試驗後之相關比較數據與圖形，由結果顯示材料 (c) 較符合產品特性需求。

(2) 以模流與結構分析軟體進行產品設計與成型可預測分析與評估：

經由實驗設計與相關研究成果與設計參數，實際進行塑膠滑塊產品開發，為確認產品結構強度需求，此研究透過有限元素分析軟體進行結構強度模擬，找出符合產品強度需求之結構較佳化設計，如圖 3(a)。而圖 3(b) 則為一模兩穴滑塊產品設計，由於滑塊產品大小不一樣，所以流道平衡設計相當重要，澆口採兩點進澆設計。再來，將模流分析資料與結構分析資料進行整理與討論，以獲得模具開發的寶貴資訊。

(3) 產品實機測試與應用：

團隊經過嚴謹的實驗設計與成型實驗討論，終於完成塑膠滑塊成型，如圖 4(a) 所示。透過實際的拉伸測試針對產品的結構強度進行確認後，如圖 4(b) 所示，成功成型出符合業者規定之具有功能性、產品強度及輕量化的滑塊產品。

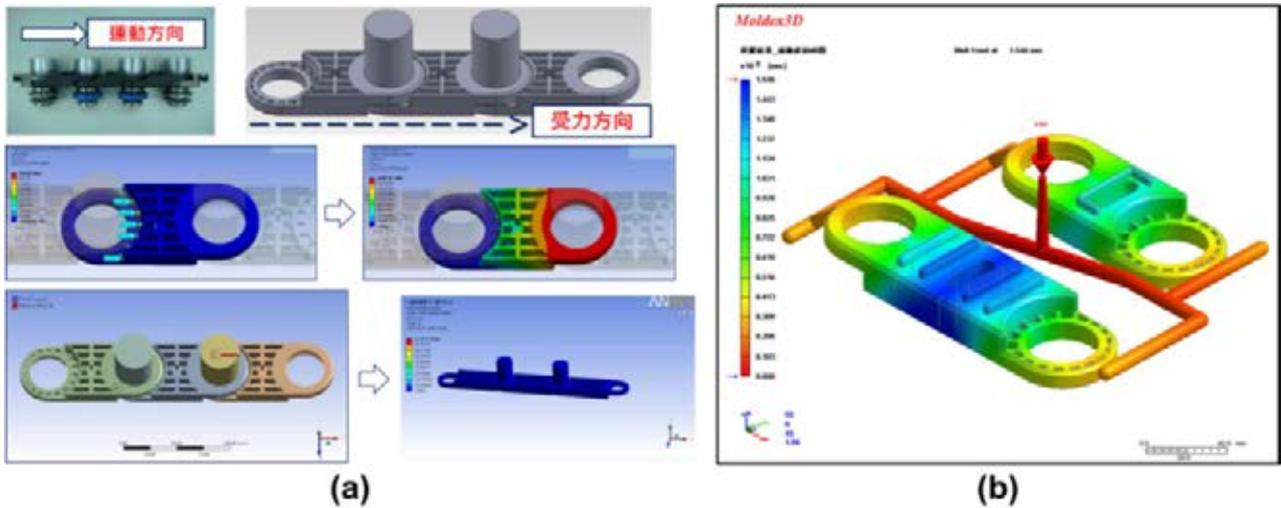


圖 3：塑膠滑塊產品 CAE 分析示意圖 (a：結構分析；b：模流分析)

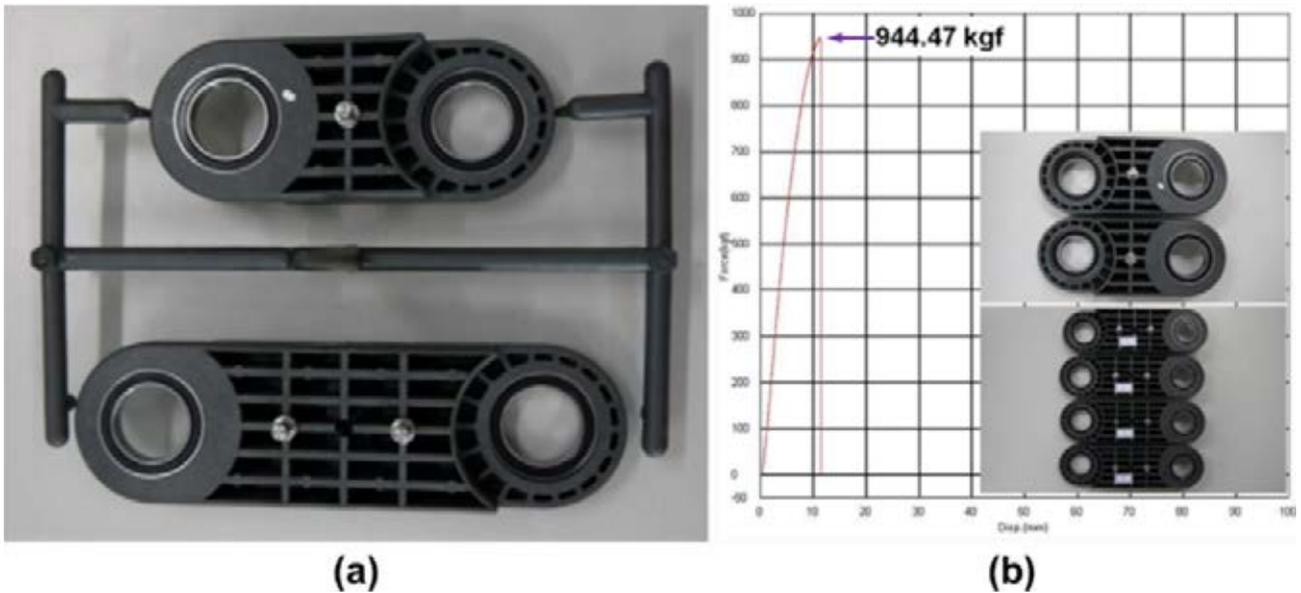


圖 4：塑膠滑塊產品成型與測試 (a：產品成型；b：結構強度測試)

結論

PET 直線式吹瓶機為專業生產塑膠寶特瓶容器之生產設備，能滿足產品輕量化與一體化之製程需求，並朝著省料節能、縮短成型週期、高生產能力與免去二次加工的方向發展。因此，吹瓶設備之公轉系統設計就顯得格外重要，透過研究結果，我們得到以下結論：

1. 以纖維複合材料射出成型代替金屬加工進行設計，可成功達到節省能耗之目的。
2. 減少加工道次加工程序，可使軸承滑塊組件重量減

少一半以上。

3. 實機測試時，成功達到噪音減少之效果；降低馬達扭力，以及提高傳動機構壽命。■

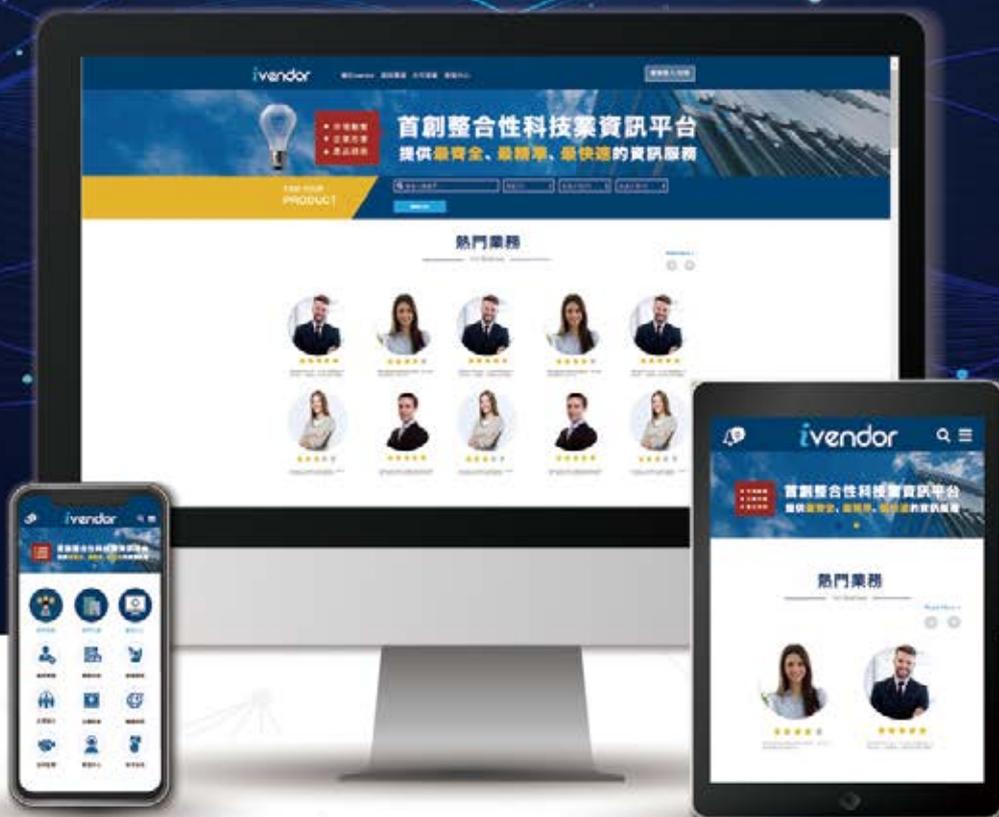
ivendor

科技聯盟

—— 科技製造業資訊搜尋引擎 ——

全台首創專屬科技製造業

數位經營 | 產業媒合 | 精準搜尋



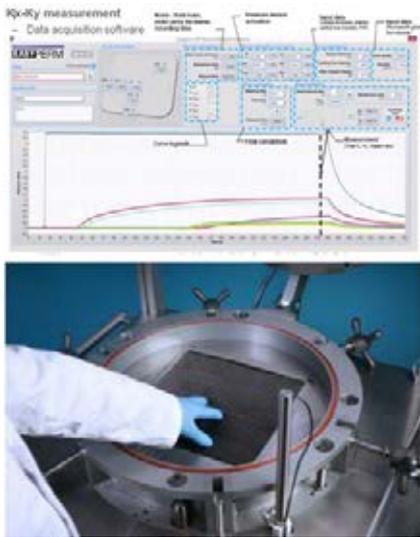
手機掃描下載APP
即時接收業界資訊



廣告編號 2020-07-A05



免費 更快觸及新客戶!
曝光 你不可不知的 拓展商機平台!!



淺談 EZP 量測滲透率與 RTM 模擬最適化之關係

■科盛科技 / 王智偉 經理

輕量化材料的需求

近 20 年來由於能源價格高漲以及地球暖化，產業界一直致力於研發更輕、更堅固與更高效的产品。纖維增強塑料 (FRP) 由於其卓越的機械性能和輕質特性而被廣泛用於 3C 產品、汽車、造船、航空航天和風電等各種應用。FRP 並不是一種新的材料，但因其材料性質的改善，大大的提升了它的性能範圍：例如複材所使用基質材料的改進使其能夠承受更惡劣的環境、某些 polyimides 聚酰亞胺的使用溫度範圍可達 260-300°C [2]。同樣，補強材料類型和構造的變化也產生了改進的強度和加工特性。FRP 的增強材料包括短 / 長纖維、纖維氈、定向織物和編織結構，這使它們可以適應不同的工藝。

樹脂灌注轉注成型 (RTM) 是極具潛力的的成型技術，屬於液態複合材料成型 (LCM) 工藝之一。RTM 工藝可用於製造需要較高的機械性能之大型及複雜的產品，此技術也可達到較高的尺寸公差需求和較高的表面光

潔度，因此具有非常廣泛之應用。此外，由於 RTM 製程特色，例如部分產品不需極昂貴的工藝設備，適用閉模工藝，具有低填充壓力，產品擁有出色的機械性能，也可以與金屬嵌件結合，可製造大型和與複雜的零件 [3-5]。

RTM 產業面臨的挑戰

RTM 產業仍然面臨不少挑戰，例如局部較高的纖維體積會極大地改變模具的填充行為，因此很難準確地預測樹脂的流動。RTM 操作人員無法準確預測這些影響，也無法在關閉注射過程之前透過目視的方式來驗證零件是否已達到完全飽和。如果零件不是 100% 浸漬的，會引入諸如乾斑或空隙之類的缺陷，並且必須丟棄該零件並更改注射幾何形狀，直到消除所有乾斑為止。若將這種反複試驗的方法應用於大型結構及公用事業級渦輪機葉片的樹脂傳遞模塑中，其成本將是昂貴的。然而，通過成功地模擬 RTM 流動，可以預測複雜結構中的流動特性並消除跟踪誤差方法 [6-7]。

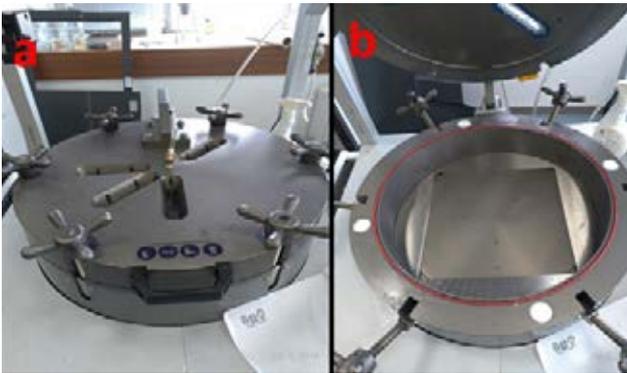


圖 1：EASYPERM 儀器照片，(a) 儀器模具外觀；(b) 模具內部

EASYPERM 導入與滲透率的量測

樹脂在纖維布流動之難易度，稱之為滲透率，是纖維布的材料本質，主宰了 RTM 灌注過程中流體充填纖維布時的流動特性，也是在 RTM 模擬裡非常關鍵的材料參數，數值的可靠度影響了模擬的精準度。有鑑於此，科盛科技採購了 ESI 複材集團所開發之專業滲透率量測儀器 EASYPERM，該設備於 2015 年獲得了 JEC 發明獎，該儀器通過壓力傳感器測量不同位置的局部壓力進而計算滲透率，儀器可透過快速更換不同模具（圖 1a、1b），分別取得平面方向與厚度方向之滲透率。EASYPERM 也可藉由精準控制纖維布的厚度得到不同孔隙率之實驗條件，提供不同製程條件下所需之材料參數。

EASYPERM 與模擬之間的比對驗證

藉由 EZP，我們針對不同纖維布展開一系列與 CAE 模擬比對的實驗。實驗方面，纖維布的滲透性是通過使用平衡的流量和局部壓力來表徵，再帶入 Darcy's Law 獲得滲透率之值。取得滲透率的實驗值後，我們利用 Moldex3D 模擬滲透率測量過程中非平衡階段的灌注行為，以取得模擬工具的適用性與準確性。在此充填階段，系統尚未達到平衡狀態，局部壓力會隨著增加，藉由壓力傳感器，我們不僅可得到局部壓力隨

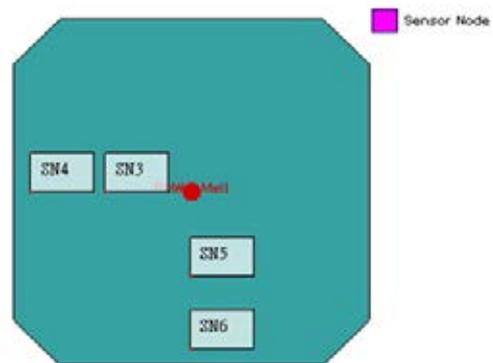


圖 2：模擬之灌注點與壓力感測節點示意圖

時間的變化，還可得到波前到達的時間，過程中壓力的變化圖提供模擬與實驗比對寶貴的資訊。在實驗過程，當流動波前到達感測節點時，局部壓力從零開始增加，因此在模擬驗證案例裡，比較模擬結果和實驗結果之間的到達時間和局部壓力增加趨勢。

藉由 EZP 的壓力傳感器（圖 2），我們不僅可以得到波前到達感測節點的時間，也取得局部壓力隨時間的變化。當流動波前抵達感測節點時，局部壓力從零開始增加，我們在驗證案例比較了模擬的流動波前（圖 3）和實驗結果之間的到達時間和局部壓力增加趨勢（圖 4 與表 1），兩者極為接近，也驗證了軟體的精準度。

結語

在 RTM 模擬裡，材料特性如纖維布的滲透率會影響到模擬的可靠度，因此極為重要，但採取 VARTM 方式的滲透率的量測，量測的效率及可靠度都會因人而異。有鑑於此，在這研究案，我們利用了 EZP 量測了纖維布的滲透率，並且驗證了軟體的精準度。■

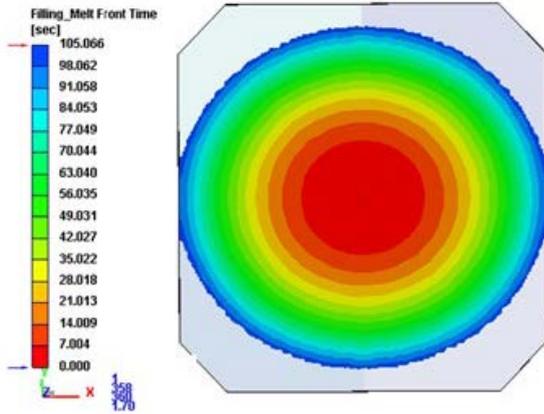


圖 3：RTM 模擬的流動波前

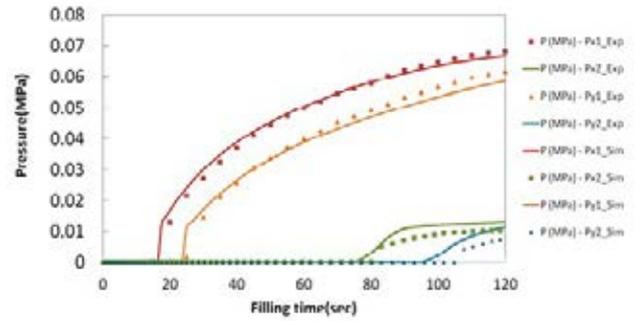


圖 4：EASYPERM 實驗與模擬波前抵達時間的與壓力增加趨勢，當流動波前抵達感測節點時，局部壓力從零開始增加

| | EASYPERM(sec) | Simulation(sec) |
|---------|---------------|-----------------|
| SN3-PX1 | 16 | 17.8 |
| SN4-PX2 | 78 | 77.5 |
| SN5-PY1 | 24 | 23.9 |
| SN6-PY2 | 99 | 107.7 |

表 1：實驗與模擬波前抵達時間比較表



「智造工業4.0」 正是轉機，2020超前佈署轉型升級

工業4.0是席捲製造業的趨勢之一，上半年受疫情影響，仰賴人力的製造業受到莫大阻礙，使無人工廠的概念倍受關注。台灣因疫情相對控制得宜，政令逐步放寬限制，經濟活動也隨之重啟。全台最大智慧製造主題展會Intelligent Asia亞洲工業4.0暨智慧製造系列展，將於今年8月19日假台北南港展覽館一、二館如期開展！展期四天除了元老班底「自動化工業大展」、「機器人與智慧自動化展」、「物流暨物聯網展」、「3D列印暨積層製造設備展」、「模具暨模具製造設備展」之外，兩年一度的「流體傳動與智能控制展」以及第二屆「冷鏈科技展」都將在今年齊聚一堂，以未來工廠為主題，展示製造端到應用端的軟硬體設備及智能系統整合方案，提供業者改善製程，提高附加價值的升級轉型策略。

台灣在機器人與自動化的實力全球有目共睹，本屆參展商由包含口罩國家隊成員上銀在內的海內外產業龍頭共同為這場全球矚目的製造業年度盛會揭開序幕。模具展推動「T零量產」，將於今年展場打造「聯合技術主題館」，搭配現場講座呈現眾多精采內容。3D列印展除了今年加入學界生力軍外，亦有醫療、工業級及消費型機種供應商，展示從工廠到家中多元應用情境。受惠宅經濟配送需求升溫，物流業者力拼智慧生態系，展出項目涵蓋倉儲系統、IoT技術及設備、自走搬運車等，搭配冷鏈科技搶占生鮮與醫藥商機。

展會同期聯手各界菁英舉辦多元活動共創價值，除了去年大受好評的D-Forum、製造四診將續辦，更有一系列機器人與自動化專業研討會，分享數位化轉型趨勢；主辦方全新籌辦「防疫主題專區」，集結相關應用及解決方案，齊心為台灣打一場漂亮的戰「疫」，詳情可關注展覽官網。

目前展覽已開放觀眾預登記，請上：www.chanchao.com.tw/IntelligentAsia或掃QR Code：



新聞聯絡人：張修為 Vincent Chang
Vincent@chanchao.com.tw
0988-264-208



廣告編號 2020-07-A06



輕量化材料新選擇： 長纖維增強熱塑性複合材料 (LFRT)

■大東樹脂化學 / 蘇培鈞 主任

前言

根據聯合國的報告指出，預估在 2045 年全球將有超過 60 億人會集中在都市地區，形成大型化的都市生活圈，而大城市中所必備的多樣化需求，包括交通、醫療、居住、糧食、水等，都將成為不可或缺的服務及資源，但是人類在追求更優質生活的同時，相對也帶來了氣候變遷與環境汙染的生存危機，舉例來說，汽車帶來生活的行動便利性，造就了工業經濟鏈的成長，但同時也是能源消耗與污染物排放的主要問題來源。

面對這些重大議題，人們開始找尋解決的方式，藉由降低 CO₂ 的排放、重視自然資源的管理，以及資源的持續再利用等路徑，來達到永續環境的目標，而在這些解決方案中，材料扮演著關鍵的角色。為了因應汽車產業帶來的環境和能源短缺問題，各國均制訂嚴格法規來限制汽車的燃油消耗與溫室氣體排放，包括歐盟於 2021 年 CO₂ 排放量須降至 95g/km，美國 2025

年須降至 97g/km，而相關研究結果顯示，汽車重量每減少 100Kg，可直接節省燃油約 0.3~0.5L/(100km)，以及 CO₂ 排放能減少約 8~11g/(100km)。因此，企業持續透過運用結構設計、輕質材料、綠色製程三種途徑來實現汽車的輕量化，進而有效降低整體產業對於環境的衝擊。

其中就材料的選擇上，鋼材的比重為 7.8，鋁合金約 2.7，而熱塑性塑膠則在 0.9~1.6，玻纖強化複合材料的比重也低於 2.0，雖然在直接強度上不如碳纖維、金屬材料，但是從性能 / 價格 / 加工的比值來看，大幅使用比重及成本較低的熱塑性複合材料來取代部份金屬部件，已成為現階段產業發展輕量化的方向之一。

在熱塑性複合材料的配方組成中，常使用玻璃纖維作為樹脂的增強材料，藉以提高成型製品的機械性能或耐熱性，而一般傳統的技術工法，是使用押出機將玻



圖 1：長纖維在樹脂內的結構型態

纖維束直接與樹脂基料熔融混合造粒，玻纖絲束在受到螺桿和料缸的摩擦剪切作用之下被切碎，所得到的 是 玻纖長度 <1mm 的補強樹脂料粒。這樣的材料在經過下一次的成型加工之後，玻纖又再一次被破碎，因此在終端製品中，大部份玻纖的保留長度其實遠低於有效的臨界長度，玻纖本身的增強效果並沒有被充分發揮出來，因此如何提高纖維的保留長度，將成為複合材料在終端應用的領域中，是否能再更上一級之關鍵所在。

輕量材料新選擇

長纖維增強熱塑性材料 (Long Fiber Reinforced Thermoplastics, 簡稱 LFRT 或 LFT) 是近幾年來發展迅速的一類高性能複合材料，係使用特殊的製程及設備，將連續的玻璃纖維以熔融樹脂充分浸潤包覆，膠條冷卻後再切成特定尺寸的長棍狀膠粒，單一膠粒的長度約為 10~15mm，其內所包覆玻纖的長度即與膠粒長度等長 (10~15mm)，由於 LFRT 內含的玻纖長度超過臨界長度 (Lc)，即能展現出玻纖原有剛強性能的優勢。

使用長玻纖增強材料射出成型的製成品中，玻纖的實質長度保持率高，所以纖維之間有足夠的長度能相互搭接，形成三維立體的 3D 網狀結構，交錯貫穿於基體樹脂內作為增強骨架 (如圖 1 所示)，與一般的熱



圖 2：大東樹脂長纖維複合材料 ISOPAK®LFRT

塑補強材料相比較，LFRT 可以承受較大的應力和荷載，並有效吸收能量，進而使製成品具有高比強度、高剛性、高耐衝擊、高尺寸穩定性、耐溫、低翹曲、抗蠕變性、低熱膨脹係數等許多優點，相關性能比較如圖 2 所示。

針對 LFRT 的配方及性能評估，大東樹脂化學已進行許多相關測試與研究，例如以聚丙烯 50% 長玻纖增強材料為例，在不同玻纖長度下 (12mm、25mm) 的力學性能做比較，由實驗結果顯示，當內含玻纖長度愈長時，相對的耐衝擊性能也愈高 (如表 1 所示)，同樣的型態也可以從測試片的斷裂面觀察看到，樹脂內交錯的網狀玻纖形成緊密結構 (如圖 3 所示)，進而讓材料能夠承受更多的破壞應力，尤其當纖維長度達到 25mm 的型態時，即使試片已經斷裂，但藉由內部纖維在足夠的長度下，所形成彼此間的 3D 搭接效果，仍可讓試片外觀有維持部份的完整性。

從研究數據來看，LFRT 能夠大幅提升產品的力學安全性能，以比強度而言，則與金屬材料相當接近，加上 LFRT 可以用模具快速的成型，製作出複雜的形狀，而且材料能夠回收再使用，隨著全球各先進國家朝向環保、節能、輕量化的趨勢下，產業界掀起了「以塑代鋼」的潮流，LFRT 已成為替代金屬的輕量化新材料選擇之一。

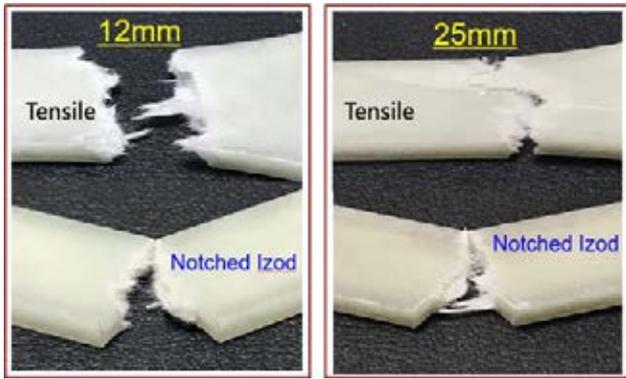


圖 3：不同纖維長度下的力學性能表現

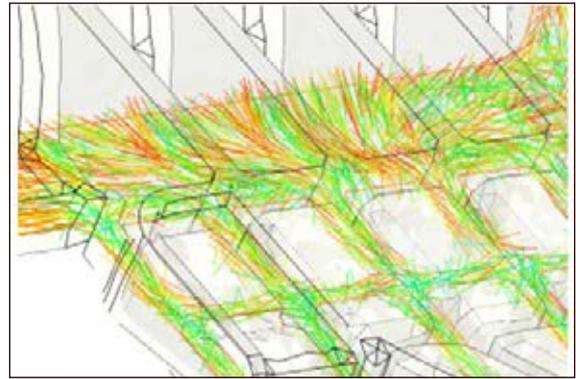


圖 4：Moldex3D 能提供最適化的產品分析及預測

| PROPERTY | | UNIT | PP/50%LGF | |
|---------------------------|-------|----------|-----------|------|
| (粒子長度) | | | 12mm | 25mm |
| Izod Impact, Notched 1/8" | 23°C | kg-cm/cm | 29 | 39 |
| | -20°C | kg-cm/cm | 29 | 42 |

表 1：聚丙烯 50% 長玻纖增強材料衝擊強度比較

加工關鍵與應用

長玻纖增強材料可用一般的射出成型機進行成型，但須避免使用剪切力高的螺桿和射嘴，以免導致纖維斷裂太多；模具方面則建議採用直接進膠設計，同樣減少纖維斷裂的程度，但最好是前期先藉由 CAE 模流分析軟體如 Moldex3D 系統（如圖 4 所示），找出最適化的流道與機構設計，以及預測纖維的配向型態，來設計出最佳的產品結構，如此才能確保發揮 LFRT 效能，並滿足客戶產品在安全和耐用上的需求。

和金屬材料相比，長纖維增強熱塑性複合材料能有效減少製成品的重量、降低加工成本、縮短生產週期，可應用於大型結構部件或模組，如汽車儀表板支架、門板模組、工業扇葉、機電泵體等，在高性價比及輕量化的優勢下，未來的市場應用將愈來愈廣泛。■

IoM-IPS 射出智慧排程



面對市場訂單變化快速、少量多樣的需求，智慧排程方案以塑膠製品為中心，將生產資訊整合並串連到生產計劃，提供彈性生產排程，解決繁瑣的人工規劃，讓企業追蹤預定生產狀況與實際生產結果，有效縮短交期及控管訂單。

製品可視化



Data analysis



Temperature



Detection



Schedule



Pressure



系統特點

- **智慧排程** 引導式的彈性排程技術，最大化機台稼動率
- **即時互動** 登錄換模任務及故障原因，以減少閒置時間
- **品質檢驗** 記錄生產數量及製品缺陷，以提升生產良率
- **數據分析** 自定義的多維度分析圖表，以突破生產瓶頸
- **定期報表** 定期寄送自定義生產報表，以提升決策方針
- **生產要素** 數位化的射出機/模具/製品...等關聯資料庫



型創科技顧問股份有限公司/東莞尚模注塑科技有限公司

info@minnotec.com <http://www.minnotec.com>

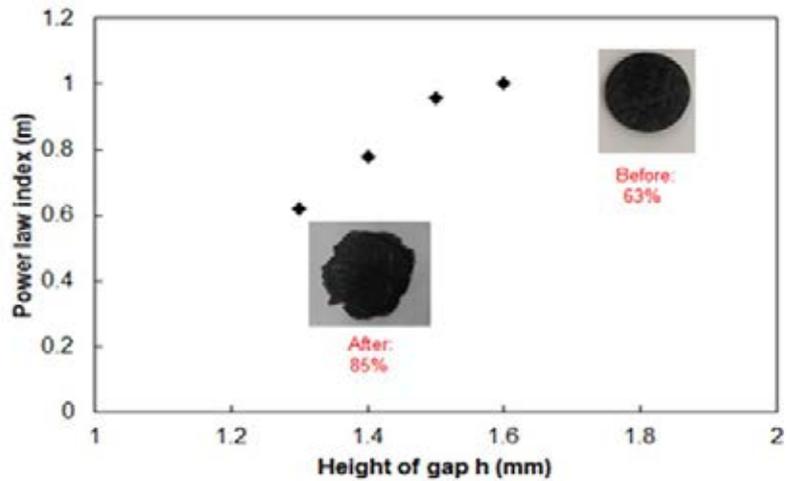
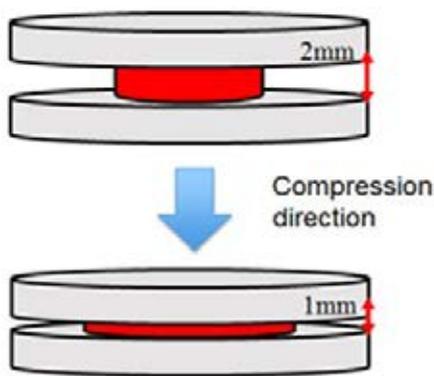
台北辦公室：新北市板橋區文化路一段268號6樓之1 +886-2-8969-0409

東莞辦公室：東莞市南城區元美路華城廣場8座0508室 +86-0769-2699-5327

蘇州辦公室：蘇州市平江區人民路3110 號國發大廈1207 +86-139-1263-0323

曼谷辦公室：46/7 Moo12 BDI Soi, Bangplee - Kingkaew Rd., Bangplee Yai, Bangplee, Samutprakarn Province 10540

廣告編號 2020-07-A07



玻璃纖維氈材料在壓縮成型製程中之特性變化研究

■淡江大學 / 黃招財 副教授

前言

近年來利用纖維強化塑膠，提昇機械強度，又因相對重量輕，故成為產業輕量化之主力之一。然而，纖維在大量製程中，部份重要物性很容易損傷，例如採用射出成型方式製作產品，纖維的長度卻非常容易斷裂，導致許多預期之機械特性無法達成 [1-3]。為了克服纖維容易斷裂的問題，許多學者專家建議製程改採用玻璃纖維氈 (glass fiber mat thermoplastics，文中以 GMT 代稱) 結合壓縮成型製程 (compression molding)，由於壓縮製程提供較舒緩之程序，實務上將比較不易造成纖維斷裂的問題，然而應用壓縮成型製程仍會遭遇許多問題，其中包括：短射、流動不平衡、產品裂痕、翹曲變形、纖維與塑膠分離等問題 [4]。為能改善此等問題，一般在產業界大概都利用嘗試 - 錯誤 - 嘗試法進行問題的排除，但效果一般都不太好。

為此，近年來產業界逐漸都利用電腦輔助工程 (CAE) 技術之協助，以便能較有系統且快速找到問題的原

因，進而解決問題。針對一般射出成型系統，CAE 技術已日益成熟，但是對於 GMT 材料所組成之壓縮成型系統而言，CAE 技術仍未成熟。其中主要問題之一為 GMT 之材料流變特性 (特別是黏彈性之特性) 尚未被完整地量測。更明確而言，通常高分子材料流變特性主要利用毛細管流變儀進行量測，但對於 GMT 材料而言，毛細管流變儀量測方式卻遭遇許多問題，例如：針對高纖維含量之 GMT 材料很容易造成材料阻礙導致量測困難與失真。另一方面，如果採用平板流變儀，則常會遇到纖維與熔膠分離問題與挑戰。因此目前仍困難重重。

為此許多文獻建議可以改採壓縮成型系統進行壓縮流動之預測，Kotiskos 等人 [5] 使用 Instron 進行 GMT 材料之壓縮流動研究，他們發現壓縮力與壓縮間距呈現指數型變化。Dweib and Bradaigh [6-8] 利用壓縮流動，並嘗試尋找適當的數學模式探討此等變化行為，他們發現壓縮流動呈現 Power-law 變化之行為。再

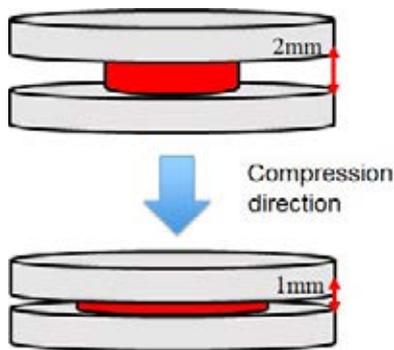


圖 1：壓縮系統之示意圖

則，Tornqvist 等人 [9] 嘗試在恆溫狀態下，研究 GMT 材料之壓縮行為的最適化條件。不論如何，壓縮成型系統與其內涵，至今仍未完善。故在本文中，我們主要目的是希望透過實驗研究與模擬分析方式，逐漸了解 GMT 材料在歷經壓縮程序後，其材料黏彈性如何變化。為此，我們已經設計一個應用 Instron 建立之測試平台與實驗方法，適當地截取材料受壓縮後顯示之壓縮力歷程特性。接著我們將整合應用文獻所提供之數學模型 [5-12]，推估出材料之黏彈特性因子，再進一步整合該等因子到 Moldex3D 軟體中，並進行一系列模擬分析與實驗驗證。透過此等作法，我們將深入研究 GMT 材料之纖維微結構在壓縮成型製程中如何變化，與如何進一步影響材料巨觀之流動行為。

相關系統資訊與實驗設備說明

本文所執行之壓縮製程之概念可以利用圖 1 所示。所使用之 GMT 材料主要從材料供應商提供之片材剪切成 25mm 直徑之圓形樣品，其厚度為 2mm，如圖 2 所示。此材料主要是由 polyamide(PA) 樹脂與連續纖維氈所構成。為了解其內在纖維微結構，我們將部份樣品送至 TGA 進行熱分析，其纖維含量如圖 3(a) 所示，在還未進行壓縮實驗前，樣品之纖維含量約為 60wt%。另外針對真實的壓縮系統之建構，如圖 3 所示。我們主要利用萬能拉力機改成壓縮系統，其中最大壓力為 10kN；再則，因應材料在壓縮製程中需要

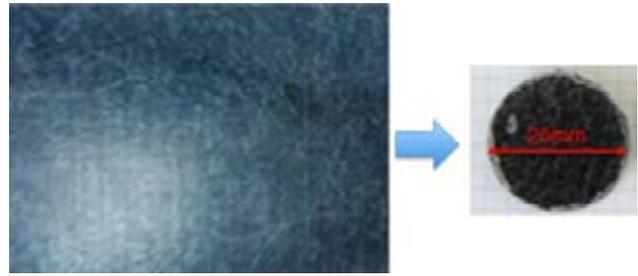


圖 2：GMT 測試樣品之製備

適當地預熱並控溫，此部份我們應用一組控溫箱來進行溫度控制；而壓縮模具則是由兩個直徑 50mm 之上下模塊所組成。另外，原始設計之操作條件如表 1 所示，其料溫為 290~300°C，壓縮速度為 1.0mm/min 到 0.1mm/min，樣品起初之直徑為 25mm，壓縮區間從厚度 2mm 到 1mm。

結果與討論

首先我們進行一系列之壓縮實驗，並進一步預估相對應之材料黏彈參數。期間我們先假設壓縮系統內 GMT 材料樣品表面為非流動邊界 (no-slip boundary condition)。如同前述，壓縮前 GMT 材料樣品先裁切成 25mm 之圓形試片，再針對壓縮前後圓形試片之幾何體型變化進行研究，就以基本測試而言，理論上如果從 2mm 厚壓縮至 1mm 厚時，材料試片之直徑將擴大為 35mm；然而實際實驗卻發現真正之直徑變為 38mm，如圖 4 所示。從圖中仔細觀察我們可以發現，GMT 材料經過壓縮後，其變形主要在圓的直徑方向，但與理論值比較，實際變形大了 3mm，此部份推測可能是纖維與熔膠之間作用力變化所導致，甚至可能是纖維 - 熔膠分離作用所引起，此部份將於本文後半段進行討論。

另外，在壓縮程序執行中，我們將記錄壓縮力對壓縮間距變化（樣品厚度變化）。例如：在圖 5 中，我們

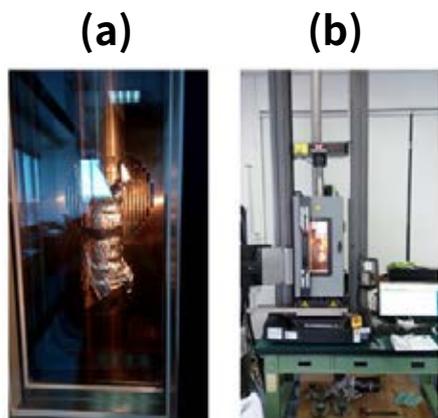


圖 3：壓縮系統之建立，(a) 加熱溫控系統；(b) 整體系統

控制材料溫度為 290°C，採用 3 種不同壓縮速度之程序所呈現的壓縮力對壓縮間距變化之結果。其中可以觀察到壓縮力將隨壓縮間距之變化，呈現指數般增長；另外，壓縮速度越快，壓縮力呈現指數般增長也越快。

在完成一系列壓縮力對壓縮間距變化之實驗後，我們可以進一步轉化成壓縮力對壓縮速度變化之關係，並進行線性迴歸。以我們進行之原始設計而言，經數據分析處理後，我們可以獲取材料之重要黏彈參數，包括 Power-law 指數 ($m=0.6205$)，以及流變參數 ($k=1.3618 \times 10^6$)。得到此等參數後，我們再將此等參數進一步整合至 Moldex3D 軟體中，並模擬預測壓縮製程之變化情況。

在經歷實驗並獲取相關之壓縮流變特性後，我們進一步將此等壓縮流變特性輸入 Moldex3D 軟體中，並整合其他參數（其中包括比容對壓力與溫度之關係 (PVT)、熱含量 (C_p)、熱傳導係數 (K)、其他機械性質），再進行壓縮製程的模擬預測。此處，壓縮製程模擬分析之幾何模型與實驗相同，其概念如圖 1 所示。針對壓縮製程之模擬，我們先定義一個壓縮區為直徑 50mm，高度 1.2mm 之區域（此處我們特別在樣品表面多保留 0.2mm 區域做為壓縮模擬之緩衝

| | |
|----------------------------|---------|
| Temperature [°C] | 290~300 |
| compression speed [mm/min] | 0.1~1.0 |
| Initial location [mm] | 2 |
| Final location [mm] | 1 |
| Sample diameter [mm] | 25 |
| Sample thickness [mm] | 2 |

表 1：原始設計之操作條件

區），最後壓縮停止為厚度 1.0mm。再則，壓縮製程模擬之操作參數與實驗一樣，如表 1 所示。接著利用 Moldex3D 進行壓縮製程模擬，壓縮力變化情況如圖 6 所示，此結果顯示壓縮力與壓縮間距變化之關係。當我們進一步將模擬結果與實驗比對，我們發現至少在兩個區域發生明顯差異。

首先在圖 6 的區域 (a) 部份，模擬結果遠大於實驗結果，此部份我們推測是因實際 GMT 材料預熱後會產生非常明顯的體積膨脹現象（體積膨脹約 50%），當我們利用壓縮模具作動時，上模板逐漸接觸鬆散的 GMT 材料時，壓縮力變化是緩慢上升；然而模擬分析的情況則是瞬間接觸紮實的 GMT 材料，壓縮力變化是瞬間陡升。另外，針對固定之壓縮速度時，當壓縮間距越小時（比如 1.0mm/min），壓縮力上升越快；此現象與實驗觀察到的結果一致，而且此等現象在不同壓縮速度時，也可以觀察到。

再則，從圖 6 的區域 (b) 部份，模擬結果遠小於實驗結果，此部份我們推測是因實際 GMT 材料在此階段時，纖維與熔膠間產生作用力變化，特別是產生纖維 - 熔膠分離作用。當壓縮製程執行時，可移動之上模板開始擠壓材料，形成將材料往徑向變化之壓縮流動；

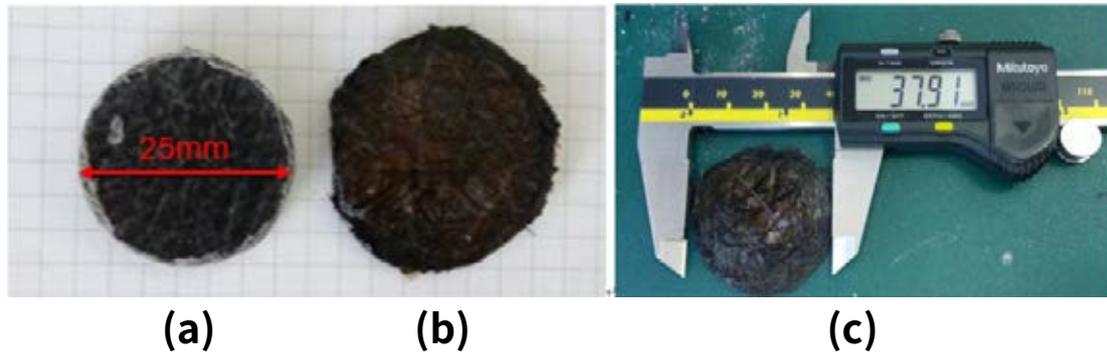


圖 4：GMT 材料試片變化情形，(a) 壓縮製程作動前；(b) 壓縮製程作動後 (300°C ,1.0mm/min)；(c) 壓縮製程作動後之直徑大小

當壓縮間距越來越小，壓縮力持續擠壓纖維 - 熔膠往外移動，由於熔膠不像纖維會造成聚集較容易移動，因此壓縮製程在壓縮間距越來越小時，熔膠越來越少，進而造成較不易壓縮，壓縮力展示也越來越大。為驗證我們的推論，我們針對纖維對熔膠之相對含量進行研究，我們從壓縮試片之中心區域取樣置入 TGA 測試，如圖 7(a) 所示。很明顯地，在接近壓縮製程後段時，壓縮試片中心區域之纖維含量變成 85.5wt%，如圖 7(b) 所示。對比於壓縮前，壓縮試片中心區域之纖維含量變成 63wt%，此結果很合理地支持我們的推論，也就是壓縮製程啟動後，隨著壓縮程序的進行，熔膠及纖維不斷地被從圓心往外推出，但因纖維有聚集及糾纏，導致熔膠比較容易被推出，最後造成纖維 - 熔膠分離現象。

結論

在此研究中，我們設計出一個可用來實際量測 GMT 材料在壓縮成型製程中流變特性之方法；具體而言，我們利用壓縮程序進行中，適當地記錄壓縮力與壓縮間距之變化歷程關係特性，再利用此等關係特性推估出 GMT 材料之流變特性參數。再則，我們將此等流變特性參數輸入 Moldex3D 軟體，並與其他重要材料參數整合，構成完整之 GMT 材料資料，進而提供 CAE 技術能較正確模擬壓縮成型製程之流動行為。

接著我們進一步比較模擬分析與實驗之壓縮成型程序，得出兩項結果 (1) 在壓縮力隨壓縮間距變化呈現指數成長之關係，模擬分析與實驗結果趨勢上很吻合；(2) 在壓縮程序的初期，模擬分析結果遠高於實驗結果，這是因為實際上 GMT 材料在預熱時會產生嚴重之體積膨脹（以本文研究發現體積膨脹達 50%），此部份模擬分析目前尚未列入考量，而此等體積膨脹將導致實驗上壓縮力之歷程變化較模擬中的壓縮力變化緩和；另一方面，在壓縮之後期，模擬結果遠小於實驗結果，乃是因實際 GMT 材料在此階段時，纖維與熔膠間產生作用力變化，此等作用力（特別是纖維產生聚集及糾纏效應）將進一步導致纖維 - 熔膠分離作用，造成模擬之壓縮力結果遠小於實驗結果。■

參考文獻

- [1].Sebastian Goris, Umesh Gandhi, Yu Yang Song, and Tim A. Osswald, SPE Technical Papers, ANTEC2016, pp.348-356 (2016).
- [2].Christoph Kuhn, IanWalter, Olaf Taeger and Tim A. Osswald, J. Compos. Sci. 2017, 1, 2; doi:10.3390/jcs1010002
- [3].Chao-Tsai (CT) Huang, Huan-Chang Tseng; Rong-Yeu Chang; Sheng-Jye Hwang, SPE Technical Papers, ANTEC2016, pp.1120-1125 (2016).
- [4].Reinforced thermoplastics: LFRT vs. GMT, Web-source: <https://www.compositesworld.com/articles/reinforced-thermoplastics-lfirt-vs-gmt>, Accessed: 2017/10/01.

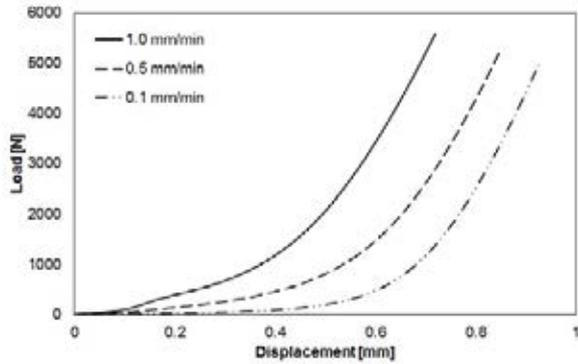


圖 5：壓縮力對壓縮間距變化之關係 (at 290°C)，壓縮速度從 0.1 到 1.0mm/min

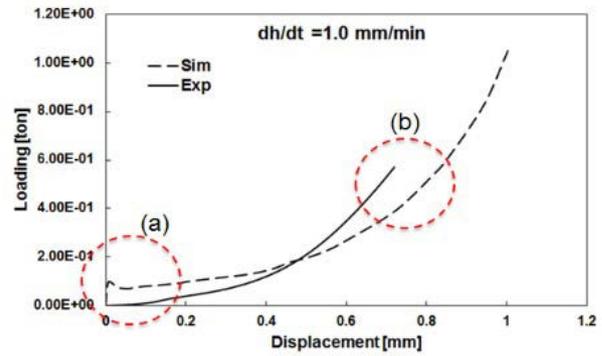
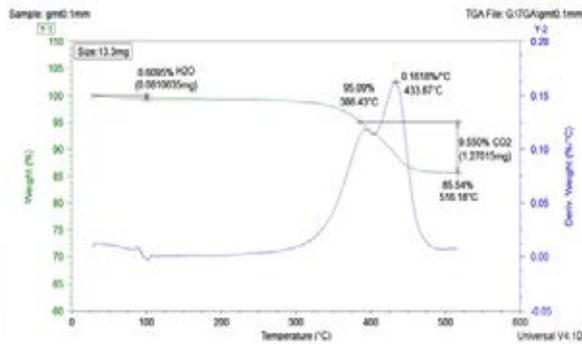


圖 6：比較模擬分析與實驗結果之差異 (壓縮速度：1.0mm/min，料溫 290°C)，(a) 壓縮初期；(b) 壓縮後期



(a)



(b)

圖 7：(a) 壓縮後之 GMT 試片，圖中紅圈處為我們取樣進行 TGA 之位置；(b) 壓縮後之 GMT 試片的 TGA 分析結果圖

[5].G.Kotsikos, J.H.Bland and A.G.Gibson, "Squeeze flow testing of glass mar thermoplastic material," Composite, pp.1195-1200, (1996)

[6].M.A.Dweid and C.M.Ó Bradaigh, "Anisotropic Modeling of isothermal squeeze flow of glass-mat reinforced thermoplastics(GMT)," Polymer Composite, Vol.19 No.5, pp.588-599, October (1998)

[7].M.A.Dweib and C.M.Ó Braich, "Extensional and shearing flow of a glass-mat-reinforced thermoplastics(GMT) material as a non-newtonian viscous fluid," Composite science and technology, Vol.59, pp.1399-1410, (1999)

[8].M.A.Dweib and C.M.Ó Braich, "Compression molding of glass reinforced thermoplastics: modeling and experiments," Polymer composite, Vol.21 No.5, pp.832-845, October (2000)

[9].R. Tornqvist, P. Sunderland, T. -A., E. Manson, "Determination of the rheological properties fo thermoplastic composites for

compression floe molding," Polymer composite, Vol.20 No.5, pp.779-788, October (2000)

[10].A. P.Jackson, X.-L. LIU, R. Paton, "Squeeze flow characterization of thermoplastic polymer," Composite structure, Vol.75, pp.179-184,(2006)

[11].H. M. Laun, M. Rady, O. Hassager, "Analytical solutions for squeeze flow with partial wall slip," Journal of Non-Newtonain Fluid mechanics, Vol.81, pp.1-15,(1999)

[12].Malvern Instruments Limited, "Using squeeze flow to extend rheological measurements for concentrated suspensions," source: <https://www.copybook.com/media/profiles/malvern-instruments/documents/AN160125SqueezeFlow.pdf>(2016)

DLP High Speed 3D Printer

200mm/h



Stunning printing details (Plus DLP6.8)

Utilize superior high resolution UV light engine (4.1M pixels) to realize stunning details, smooth surface while having big printing size.

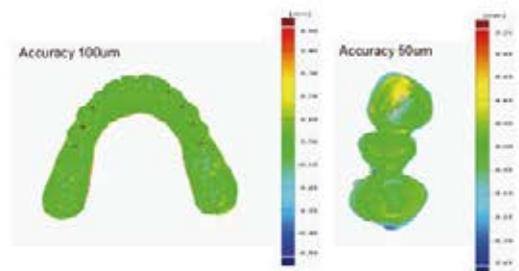


Robust and Durable for 24 hours production

Utilize industrial grade superior UV optics & engine to promise stable operation and printer's long lifespan.

High Precision

Built in image optimization technology to achieve +/-1 pixel tolerance.

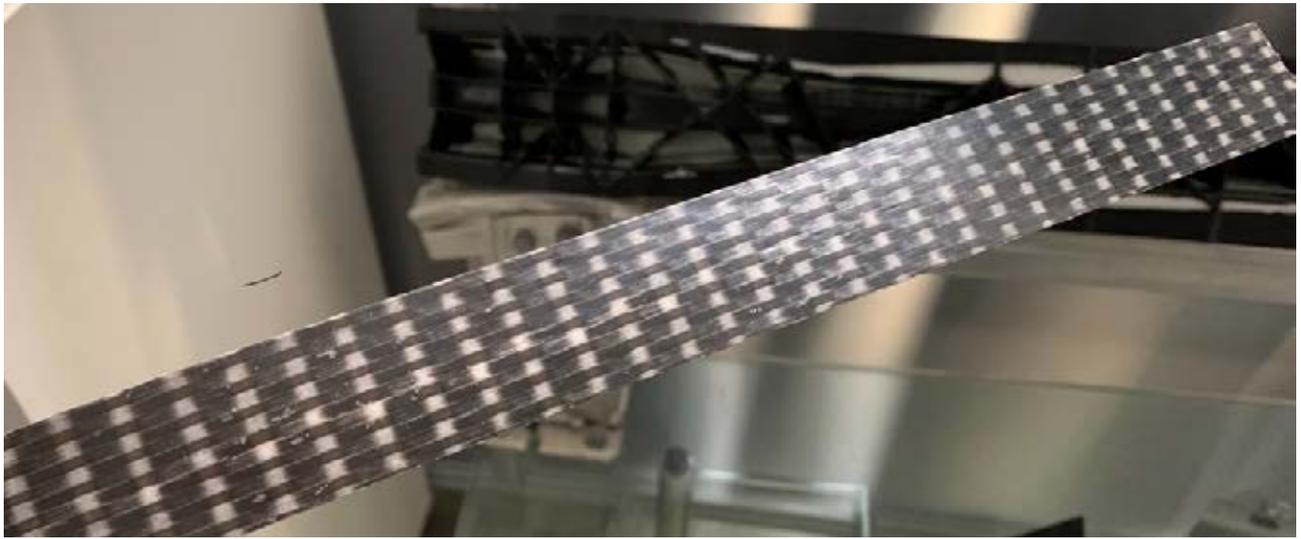


100% in 100um tolerance

Process simple and fast

Built in software to help 3D model preparation and monitor the printing process. Easy to change build platform and exchange resin tank.





使產品達到輕量化目的之塑膠發泡成型技術

■健行科大 / 黃世欣 教授

前言

汽車產業早期的零件大部分是金屬的，包括前後防撞版，只有內裝件是塑膠材料，後來因油價上漲，汽車設計者都朝能輕量化的目標前進，汽車輕量化（包括直升機和飛機）代表能省油，所以就有類似產品的推出。要能夠同時有金屬的強度，又有輕量化的特性，只能朝塑膠複合材料的方向走，而具備這種特性的複合材料中，首選材料是碳纖維複合材料，早期的碳纖維是用纖維布的方式，且塑料是熱固性材料，如：不飽和聚酯 (UP)，因 UP 流動性不好，UP 充填中還要抽真空，透過手積層作法，但是程序非常複雜需大量人力，無法用自動化的方式生產，以致產品昂貴。

最近幾年有用長纖維直接從射出機料管內和塑料混合射出，稱為長纖維強化熱塑性複合材料模壓成型技術 (Long Fiber Reinforced Thermoplastics Direct, LFT-D)，日本和德國射出機廠商都有在開發，另外一種輕量化的方式則是塑膠發泡，在今年三月第 37 期

雜誌中作者有描述塑膠發泡的發展，要有高的減重比，可能要利用射出時的模仁後退方式，讓發泡空間變大，以提高減重比。

發泡射出技術

塑膠發泡可以運用於很多地方，大部分用於減震、絕熱場合，它又可克服產品翹曲變形，但是其強度在結構件場合可能不足，為了克服此問題，可加入一些增強型填充材，如微米級的玻纖，以及奈米級的奈米碳管、奈米蒙脫土、石墨烯等。加入這些填充材，增加成核介面，使氣泡數量變多，且氣泡變小，使發泡效率變好。

模仁後退技術 (Coreback)

一般塑膠發泡，可以減輕產品重量，最大的減重比約 25wt% 左右，如想要有更高的減重比則可能要用到模仁後退 (Coreback) 技術，減重比可達到 50wt%，但是減重比愈大，產品沒什麼強度，所以取捨看設計



圖 1：不同的模仁後退率產生的試片厚度 [1]

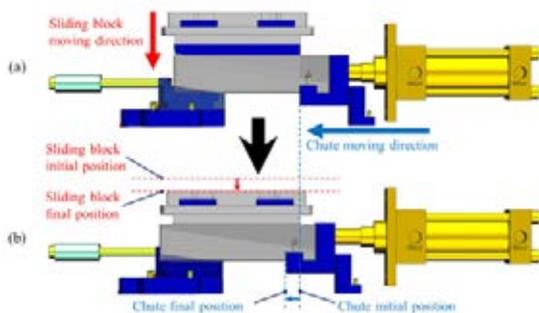


圖 3：模仁後退機構 [2]

者的判斷。圖 1 為山東大學趙國群老師團隊利用化學發泡和模仁後退的方式，所使用的模仁後退率有 1、3、5、7、9mm/s，當模仁後退率愈大，則減重比愈高，因為射出去的塑膠量是固定的，模仁後退愈多，減重比愈高。同樣的團隊又把模內反壓 (Gas counter pressure, GCP) 結合模仁後退技術 (如圖 2)，因此既可得到高減重比，又可以擁有優良的表面品質。

有反壓的場合，基本上模仁都要有密封圈，並且不能有頂針，有頂針就會漏氣，所以這個實驗中的模具在模仁後退介面也要加入密封圈，圖 3 為模仁後退的機構，利用錐形滑塊和油壓缸讓模仁前進後退，圖 4 則是此實驗的氣泡型態，從圖中可看見發泡材中間都是中空的，且氣泡往後退方向被拉長。日本京都大學 Ohshima 教授團隊利用填充材和模仁後退技術來控制發泡型態 [3]。此外，中原大學陳夏宗教授的團隊也將模仁後退技術應用於鞋底的發泡材 (TPU)，其最高減重比可達到約 50wt%。

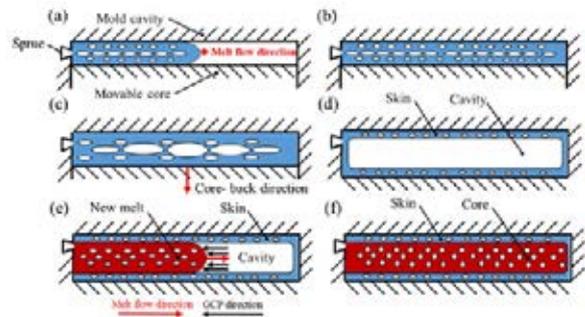


圖 2：模仁後退加反壓成型技術 [2]

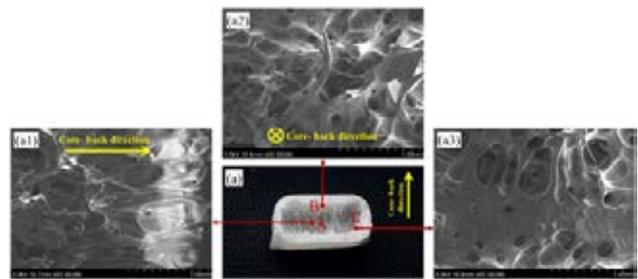


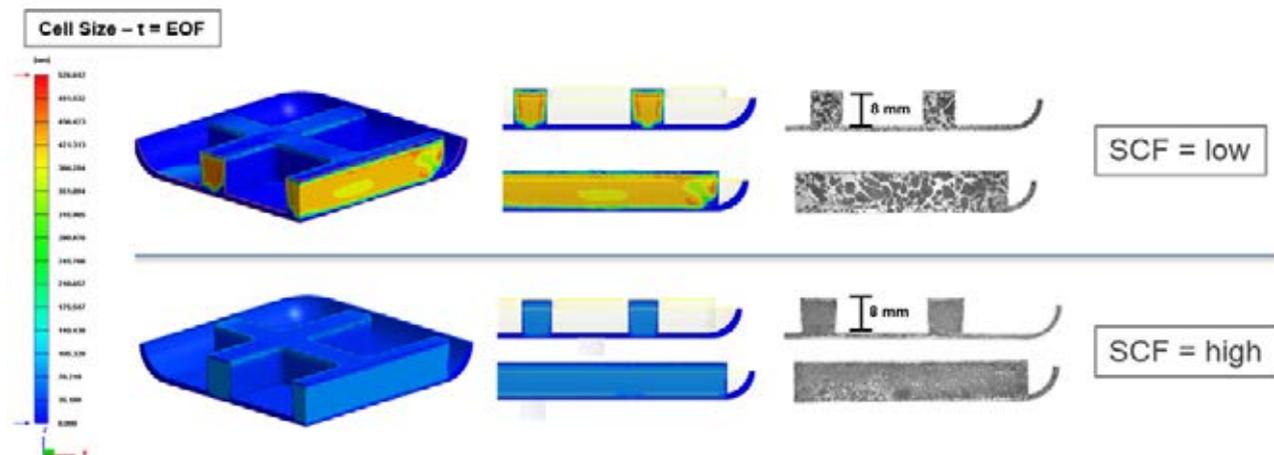
圖 4：模仁後退氣泡型態、氣泡往後退方向被拉長 [2]

結語

要想使零件達到輕量化的主要方法就是選擇密度低的材料，當對產品有強度方面的要求時，通常會建議選擇輕金屬 (如鋁合金) 或塑膠碳纖維複材等剛性強的材料；若對零件的強度要求不高時，則可選擇塑膠複合材料。■

參考文獻

- [1]. H. Wu, G. Zhao, J. Wang, G. Wang, W. Zhang, Effects of process parameters on core-back foam injection molding process, *eXPRESS Polymer Letters*, 13,4 (2019), P. 390.
- [2]. H. Wu, G. Zhao, G. Wang, W. Zhang, Y/ Li, A new coreback foam injection molding with chemical blow agents, *Maters and Design*, 144, (2018), 331-342.
- [3]. R. Miyamoto, T. Utano, S. Yasuhara, S. Ishihara and M. Ohshima, Effect of Crystals and Fibrous Network Polymer Additives on Cellular Morphology of Microcellular Foams, *PPS30*, 2014, Cleveland, USA.



應用 CAE 剖析發泡成型技術之微觀特性

■科盛科技 / 張立揚 副理 & 白承弘 工程師

前言

塑膠產品在生活中的應用非常廣泛，不論是在減震、絕熱，或是克服產品翹曲變形等應用方面都可以見到發泡材料的蹤影。塑膠發泡依照發泡劑不同主要可分為化學發泡與物理發泡，化學發泡主要依靠化學反應產生氣體；而物理發泡則是藉由改變環境的溫度與壓力，使材料發生相變化並發泡成型。隨著發泡製程的演進，發泡產品越來越深入探討產品材料性質的應用，微結構成為發泡產品的一項重要的指標。然而，若要得到良好的微結構，必須投入非常多的成本與時間，這與現代提倡的工業 4.0 背道而馳。因此，許多工業紛紛投入智慧製造，CAE 應用也逐漸在塑膠發泡工業界萌芽。

科盛科技股份有限公司成立於 1995 年，主要從事模流分析軟體 Moldex3D 開發及銷售，目前為全世界最大獨立模流分析軟體供應商。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。其中，Moldex3D 亦提供發泡成型模擬技術，如微細發泡及聚氨酯 PU 化學發泡製程，適用於複雜幾何之產品生產，被廣泛用於汽車、電子產品、建築、戶外產品等多種應用領域，這些解決方案在業界也非常成功，客戶包括 Toyota、Omron、聯合利華 (Unilever)、Daimler (Mercedes-Benz) 等世界知名大廠，今日科盛科技將為各位介紹如何應用 CAE 技術理解複雜的發泡製程，並分析製程對於微觀結構影響。

材料微結構:微細發泡技術

塑膠微細發泡射出製程 (MuCell[®]) 是將超臨界流體 (N₂ 或 CO₂) 注入射出機料管中，透過螺桿將超臨界流體與熔膠混煉成均勻單相流體，而勻相混合物在射出過程中因瞬間釋壓造成熱力學不平衡，使得熔膠中的超臨界流體透過相變化產生數以百萬計的微小氣泡，經模具冷卻固化得到具有微米泡孔結構之成品。此一製程省去傳統射出製程的保壓階段，進而節省製程週期

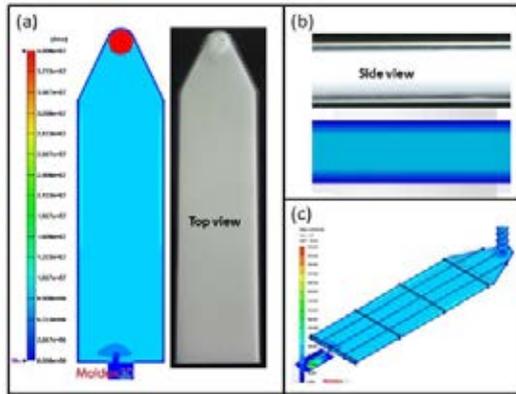


圖 1：產品表面之氣泡密度分布與實際產品外觀之比較

時間，同時解決傳統射出產品不均勻收縮與翹曲變形等問題，使產品尺寸精度大幅提升。此外，產品因使用氣體做為發泡媒介，因此產品兼具製程環保、輕量化、塑膠可回收等優點。

對於微細發泡製程而言，預測微細發泡產品的表面品質與泡孔尺寸是該製程的一個重要的分析指標。一般而言，微細發泡可以透過反壓與動態模溫控制技術來控制產品內部的氣泡大小，然而發泡所涉及的動力學非常複雜，一般的經驗公式難以進行預測，而使用較無效率的試誤法雖然可以達成產品開發之目的，但這樣的作法不僅消耗大量的成本，也讓發泡產品失去了製造週期時間較短的優勢。

科盛科技研發團隊利用 Moldex3D 成功預測於特定反壓與動態模溫控制下，發泡產品微結構之變化，並於 PPS 的期刊 [1] 上詳細的說明與探討。基於理論模型之仿真技術可以大大降低試誤法的次數，提升產品開發速度與減少產品開發之成本，發揮微細發泡的優勢。如圖 1 利用動態模溫控制氣泡成核的數量，進而降低產品表面氣泡的產生；而圖 2 說明當反壓越大，則越可以有效控制氣泡尺寸，避免噴泉流將氣泡從產品內部帶出表面，因此產生較小的氣泡尺寸。

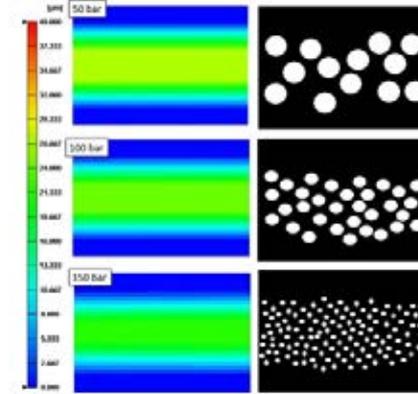


圖 2：產品內部氣泡尺寸與實際產品氣泡尺寸之比較

技術再精進：抽芯製程

微細發泡技術廣泛應用於汽車、消費性電子產品，以及其他產業上，產品不但不會減弱機械特性，還可增強抗衝擊性。然而此技術會讓發泡產品的表面粗糙，為克服此障礙而發展出「抽芯技術」。早期這個技術是用來改善微細發泡產品的表面品質，然而隨著技術演進，現在這個技術已可用來降低微細發泡件的密度，大幅增加微細發泡成型的可應用性。此外，抽芯製程也可應用在破孔結構件的成型，滿足產品的特殊需求，如高滲透性、逆滲透、噪音吸收或防震等。

抽芯技術與一般微細發泡射出最大的不同，在於該製程在充填階段完成後有一段延遲過程 (dwelling stage)，這段過程同時保壓與降溫，使氣泡再溶解與降到適合發泡的溫度，如此在抽芯過程便能得到較好的發泡品質。主要經歷過程如下：1. 將熔膠充填至模具內；2. 進入延遲過程使氣泡再溶解回熔膠，此過程是為了得到均勻的泡孔結構做準備；3. 透過機構鬆退釋放模內壓力，使熔膠氣泡成核並成長，最後再進行冷卻脫模。

上述成型問題不僅是關乎如何控制溫度或壓力等成型參數，也和延遲時間、抽芯速度、抽芯距離等密切相

| Core-back distance | Experimental cell diameter (µm) | Calculated cell diameter (µm) | Experimental cell density (1/cc) | Calculated cell density (1/cc) |
|--------------------|---------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| 2mm | 85 | 80 | 3×10^6 | 1.5×10^6 |
| 4mm | 90 | 90 | 2×10^6 | 1×10^6 |
| 8mm | 155 | 105 | 1×10^6 | 8×10^5 |

表 1：氣泡尺寸與氣泡密度之模擬驗證

關。為解決上述問題，Moldex3D 研發團隊於 2015 年 FOAMS® Conference[2] 探討抽芯製程對於抽芯距離不同之結果差異，如圖 3 與圖 4 中所示，抽芯距離和發泡結構有密切關係，通常產品表面會有未發泡的皮層，產品中心的芯層泡孔尺寸會比表面大，越大的抽芯距離會產生越大的氣泡尺寸，而越大的泡孔則伴隨較少的氣泡密度，相關結果也在表 1 中得到驗證。

車用輕量化: 聚氨酯發泡

化學發泡成型 (Chemical Foaming Molding, CFM) 是一種藉由化學反應產生氣體而填滿模穴的成型工藝；聚氨酯 (polyurethane, PU) 發泡成型則為化學發泡成型中最常見的一種。聚氨酯發泡體具可撓性與高彈性，可應用於汽車工業如儀表板、方向盤、座椅；冷凍工業如冰箱的隔熱層、保溫夾層；製鞋工業如鞋底，以及醫療工業如病床床墊、手模等。聚氨酯發泡製程中最大的挑戰在於如何用最適量的材料充飽模穴，如果注入的原料過少，加上發泡量不足或固化速率過快，就會造成短射；而若注入的原料過多，雖能充飽模穴，但後續的發泡行為就會產生大量廢料。科盛科技研發團隊於 2019 ANTEC [3] 文章上說明如何利用 Moldex3D PU 化學發泡模組模擬聚氨酯在模穴中的固化動力學 (Curing Kinetics) 和發泡動力學 (Foaming Kinetic) 計算，並且預測充填和發泡階段的動態行為，進而改善產品設計。為得到正確的驗證資料，團隊使用 FOAMAT® 的泡沫鑑定系統，藉由改變系統溫度來

觀察發泡的行為，如圖 5 中所示，模擬的發泡高度與實際成品的高度相對誤差在 5% 以內，而重量相對誤差更是在 2% 以內。

而圖 6 則是一個方向盤流動波前結果。首先，因受重力影響，聚氨酯樹脂將沿模穴底部填充，當填充物的體積達到模穴的 35% 時，聚氨酯化學反應加速並釋放出 CO₂ 氣體，且由於固化反應，聚氨酯黏度將會增加，同時，放熱反應使模內的溫度提升。因此，在相對較高的溫度條件下，越來越多的 CO₂ 氣體釋放到聚氨酯樹脂中，聚氨酯將持續膨脹，直到最後完全充飽模穴。圖 7 中顯示的是發泡聚氨酯的密度分佈，同時產品密度也提供了發泡過程中膨脹效應的相關資訊。當發泡轉化率較高時，將會產生更多的 CO₂ 氣體，進而產生更大體積的發泡聚氨酯，最終達到產品的輕量化。

結語

雖然發泡材料在生活中處處可見，然而這些產品本身的製備是非常困難的，多樣的成型參數影響產品的材料性質，如表面平整度、產品密度，甚至是微觀的泡孔尺寸等，這些變數都難以用試誤法重現，而利用 CAE 分析技術則可以使產品開發更加智慧化，並且縮短製程週期。未來科盛科技的研發團隊也會持續提升 CAE 仿真能力，讓模擬不只是用來驗證，甚至可以使用 CAE 技術進行創新的產品與模具開發設計，成為現代工業製造的好幫手。■

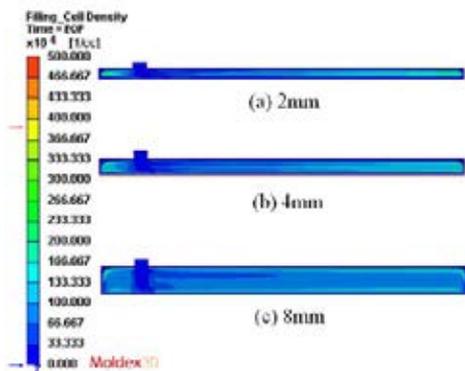


圖 3：使用 N₂ 氣體濃度 0.2wt%，保壓時間 6s，抽芯速率 20mm/s 下，不同抽芯距離 (a) 2mm、(b) 4mm、(c) 8mm 所對應之氣泡「密度分布」

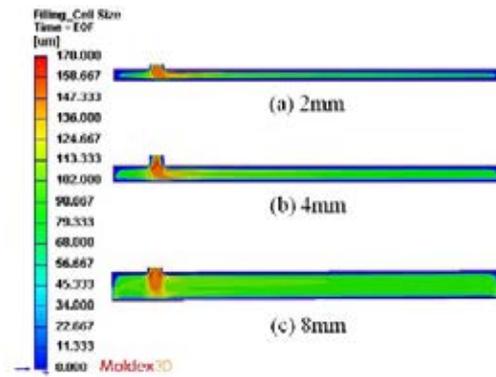


圖 4：使用 N₂ 氣體濃度 0.2wt%，保壓時間 6s，抽芯速率 20mm/s 下，不同抽芯距離 (a) 2mm、(b) 4mm、(c) 8mm 所對應之氣泡「尺寸分布」



圖 5：聚氨酯發泡之實驗與模擬比較

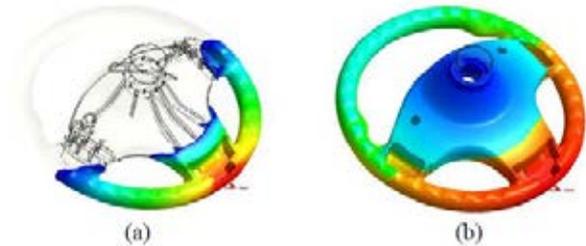


圖 6：充填過程之發泡聚氨酯波前，(a)35% 之產品體積；(b) 完全充滿

參考資料

- [1]. Tai-Yi Shiu et al., "Foaming Morphology Control of Microcellular Injection Molded Parts with Gas Counter Pressure and Dynamic Mold Temperature Control", 29th Conf. Polym. Process. Soc. (2014)
- [2]. Li-Yang Chang et al., "Foaming Morphology of Coreback Foam Injection Molded Parts: Simulation and Experimental Validation", SPE FOAMS Conference (2015)
- [3]. C-W. Wang et al., "Optimizing Process Condition of PU Chemical Foaming: Validation of Material Properties for Numerical Simulation", SPE ANTEC Tech. Papers (2019)
- [4]. CoreTech System (Moldex3D) Co., Ltd., 「德國卡塞爾大學以模擬方法驗證發泡射出之局部抽芯技術」 (https://www.moldex3d.com/ch/blog/customer_success/university-of-kassels-use-of-simulation-to-validate-foam-injection-molding-with-local-core-back/)

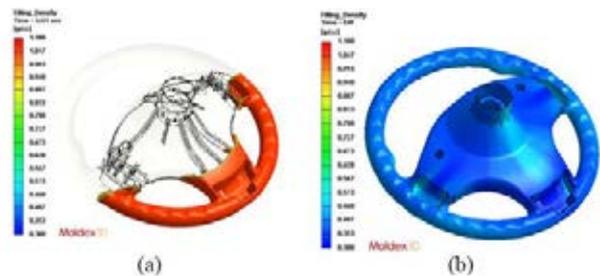
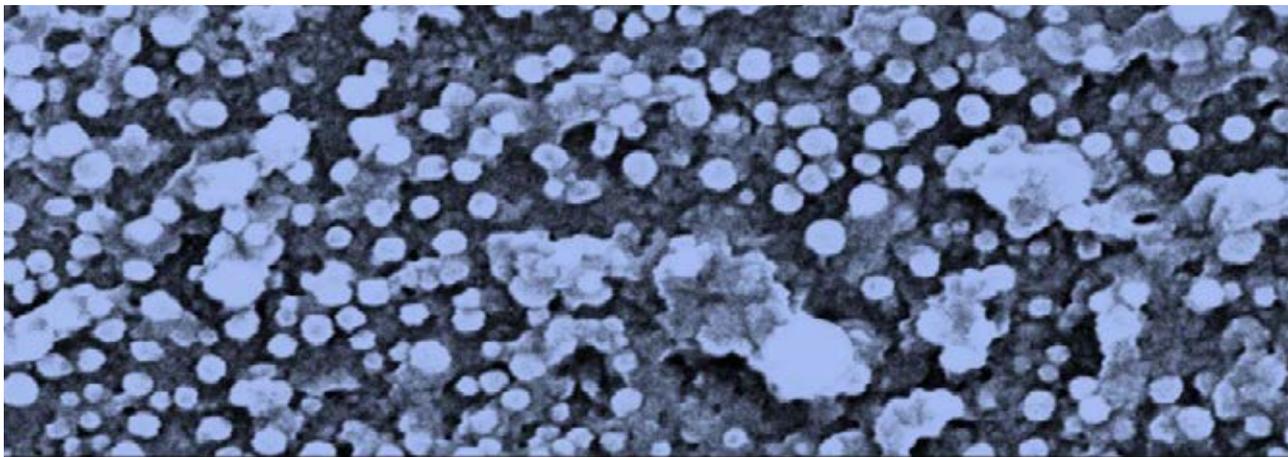


圖 7：充填過程之發泡聚氨酯密度，(a)35% 之產品體積；(b) 完全充滿



由大成化成公司研發之NMT技術的特有表面

輕量化的材料設計：塑膠與金屬混合運用的 NMT 方案

■耀德講堂 / 邱耀弘 博士

前言

以金屬的剛性和強度結合塑膠（高分子聚合物）與空氣，是輕量化工業產品一直以來遵循的方式，然而如何能把金屬和塑膠的緊密結合，在 20 世紀以前是很難做到的，主要是因為異種材料的化學鍵結沒有辦法緊密的接合，除非能夠以微結構加上化學原理的設計，才有可能成功。當然，奈米注射成型技術（Nano Molding Technology，以下簡稱 NMT）已經成功地應用在過去五年的 3C 產品之王——智慧型手機，達成巨大的出貨量，並且由日本原創的技術衍伸出中國獨創的技術，其原理都是利用材料科學上的巧思，再結合精密加工技術，本篇文章將帶各位回顧 NMT 的一些有趣故事。

原理

在談到輕量化，首先要想到阿基米德的原理推論，所有的材料都符合密度的公式，即下面所敘述：

$$\rho \text{ (密度)} = \frac{M \text{ (質量)}}{V \text{ (體積)}} = \frac{\text{混合物個別重量總合}}{\text{混合物個別體積總合}}$$

當體積越大、重量越小時，則密度變低。所以在設計輕量化的結構過程中，必須考慮到下列幾個要點：

1. 俗語說：「佛要金裝，人要衣裝」，再好的技術所製造出的商品也需要外觀上的裝飾才能獲得消費者的芳心。因此，輕量化的技術一定要考慮到表面裝飾的科技感，而金屬便是最佳的選擇；
2. 一定要有剛性高與強度好的材料作為支撐；通常這些材料都比較重，但也有例外，因此我們必須要考慮物理量比強度（相同重量或相同體積）；
3. 一定要有比重輕的材料，比重是材料的密度與 4°C 的水密度相比，很明顯的就是把材料密度直接去除單位就是比重（無單位的因次數字）；
4. 在輕量化的設計中最好能導入氣體當作整個設計材料的一部份，因為氣體很輕，所以比重很低。

那麼，在工程材料上的最佳組合一定是由金屬（提供

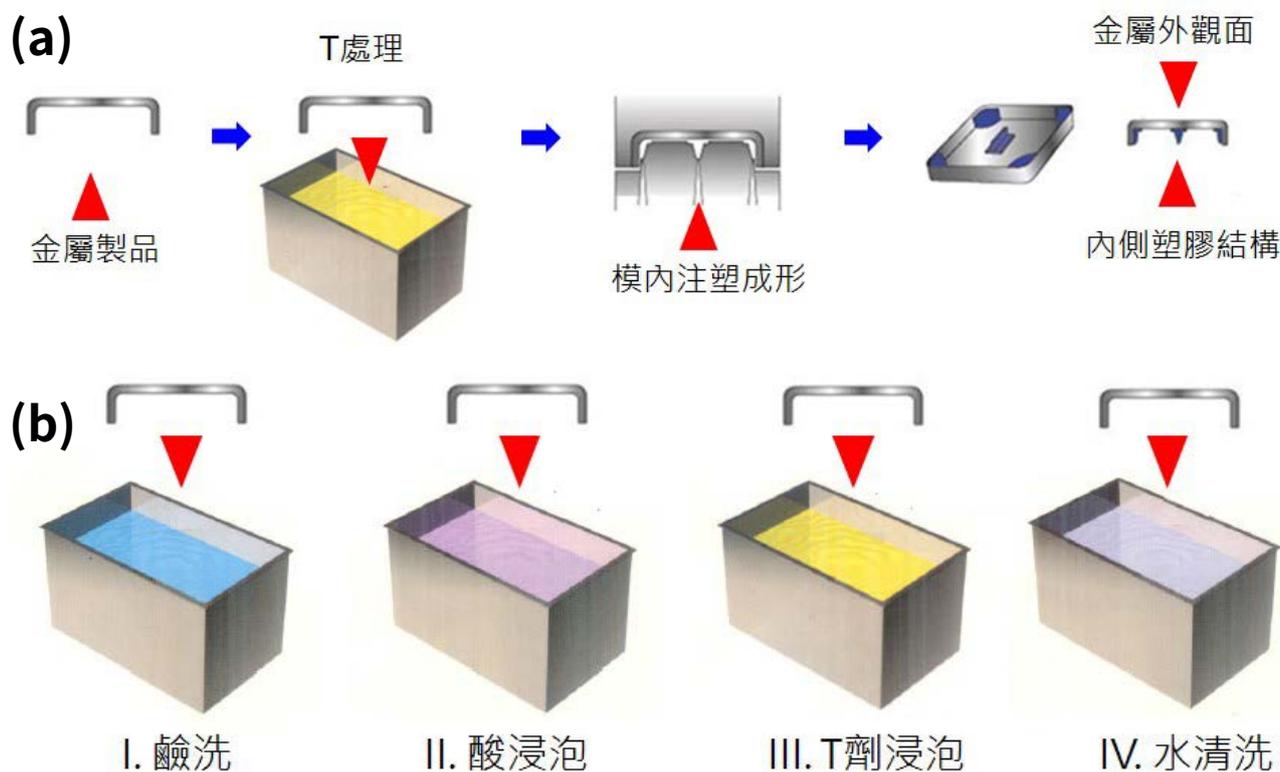


圖 1：(a)NMT 技術的基本流程；(b)NMT 技術中的 T 處理，實際包含的是一個類似電鍍或陽極處理濕製程，也就是一個以化學酸、鹼對應溫度與時間函數的工藝

剛性與強度）、高分子聚合物（分子量 >9000 以上的聚合物材料，提供輕質的結構），以及空氣（必須由前兩個結構來包覆形成孔隙或空間）的結合。

眾所周知，金屬結構若要與塑膠材料緊密接合不能光靠膠水，因為膠水的黏貼力僅有氫鍵與分子間的附著力，膠水雖然也是高分子材料，但是若沒有物理結構的幫助，光黏貼是沒有辦法通過嚴格的附著力測試。問題是，如何快速有效的在金屬上製作有效的物理結構？這邊不得不說，APPLE 公司經典的 CNC 切銷蠻幹法確實不錯，但這不是人人都用得起的方式，那快速大量製作金屬表面的微結構究竟是如何達成的呢？

製程

對於微結構，我們所想到的是化學或是光學蝕刻的辦

法，這些都是可以在短時間內進行大量處理的技術，如果以激光雷射或機械法來雕刻，姑且不論結構的精細度，緩慢的加工速度是無法達到應用於 3C 產品標準的。化學法的方式帶來材料處理的好處，在金屬表層形成奈米級的顯微結構並且具有倒鉤（Undercut，或稱底切）的特徵，並且殘留能夠與工程樹脂產生反應的化學物質，這些金屬漸變為陶瓷的奈米結構也提供了工程塑料的結合引腳，因此 NMT 技術的成功仍舊是拜材料科學所賜。

圖 1 中呈現的是奈米成型技術之基礎流程；圖 2 則是 NMT 處理後的金屬外殼內，塑膠的結構設計範例。我們採用日本大成化成 (Teisei Plas) 的技術來說明，他們是最早創發 NMT 技術的先驅，往後所有的技術都根據這樣的原理而開發出來。包含以下說明：

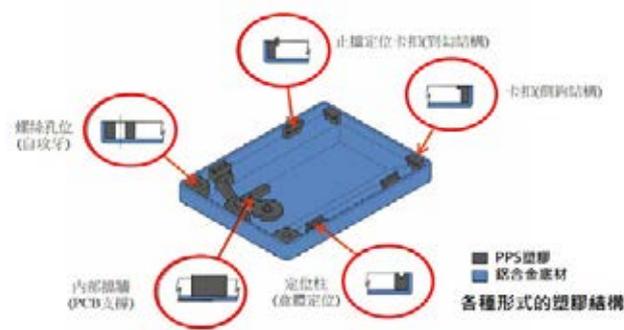


圖 2：NMT 處理後的金屬外殼內，塑膠的結構設計範例。由於金屬表面已經具有細微的結構，在金屬上注射塑膠結構便可以牢固的附著在其表面

- 金屬殼體成型——包含板金加工、鍛造、金屬注射成型、鑄造或是壓力鑄造等，注意金屬的選擇次序依序是鋁、不鏽鋼、鐵、銅、鎂鋁、鈦等，其中以鋁和不鏽鋼為最經常被使用的金屬，主要原因在於容易處理的化學性；
- 金屬殼體清洗，確實去除油污並保持表面無氧化，通常先以酸 / 鹼清洗，並活化其表面；
- 金屬殼體奈米微結構生成，以弱酸性的化學藥劑多次浸泡，通常以水作為中止劑，反覆浸泡的目的都是為了使奈米結構的倒鉤複雜化。我們的製程和電鍍一樣，不做擇區遮蔽以減少成本的增加，擇區必須進行遮罩材料噴塗，費工且耗時；
- 完成金屬表面奈米結構並保留化學反應劑，烘乾靜置後再包覆隔離空氣的包裝紙或鋁箔，並轉移到注射成型等待區；
- 將已經具有表面奈米結構的金屬殼體放置在模具上加熱，並進行工程塑膠的注射，形成有效的結構和空間（金屬 / 工程塑膠 / 空氣）等三合一的殼體；
- 將完成後的整合結構進行烘烤退火，然後進行表面處理包含機加工、拋光、表面著色（陽極、PVD、噴漆）等工程需求。

| 處理名稱 | 金屬(實績) | 微結構處理法 | 可用工程塑膠 | 微結構等級 |
|-------|-------------|---------|----------------|------------|
| T | 鋁/鈦/鈳/不鏽鋼與鐵 | 化學蝕刻/重複 | PPS/PBT/PA/PPA | 200-1500nm |
| E | 鋁 | 化學蝕刻/重複 | PPS/PBT/PA/PPA | 200-1500nm |
| F | 鋁 | 化學蝕刻/重複 | PPS/PBT/PA/PPA | 200-1500nm |
| C | 鋁 | 化學蝕刻/重複 | PPS/PBT/PA/PPA | 200-1500nm |
| APPLE | 鋁/不鏽鋼 | 機械加工 | PEEK | 0.2-2mm |

表 1：輕量化金屬塑膠結合設計的幾個代表處理技術

解密

「真的可以附著的很好嗎？」、「哪些材料是可以使用的金屬？哪些是可以使用的塑膠？」這些都是許多人會有的疑問，筆者在深入調查近幾年的發展後做出以下分析，表 1 是 NMT 在中國與台灣近 10 年的發展後的製程 / 材料的拓展，而表格最下方也列出 APPLE iPhone 手機單純以機械加工金屬殼體，製作毫米 (mm) 等級抓膠結構的對照，所使用的塑膠材料也有所不同。

由於後處理必須經過可能的高溫與強酸，這樣的塑膠是不可能用一般在 180° C 就軟化的泛用塑膠（ABS、PC、PE、PP 等），必須要使用耐受度更好的工程塑膠。圖 3 所示為金屬與工程塑膠顯微結構，圖中非常清楚的表示了金屬和塑膠的機械式結合是透過注射成型的高壓形成，在近兩年的科學研究追蹤下我們也得知金屬和塑膠的介面其實有一層薄薄的金屬轉變成陶瓷結構的過渡層，形成一個在 200~1000nm 間的金屬一過渡層氧化物—工程塑膠之奇妙結構，充分展現人類以智慧造就新材料結構的方式。

應用

如果是傳統以金屬的方式製作則如圖 2 的結構，各位

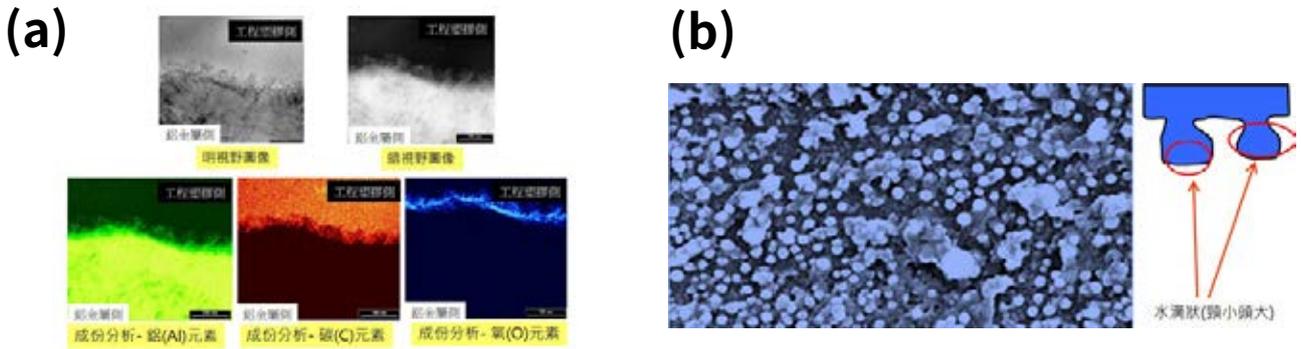


圖 3：(a) 以電子穿隧顯微鏡拍攝得到奈米結構的放大圖，金屬和塑膠的邊界線現象的說明，工程塑膠確實在射出成型過程中進到金屬表面經過 T 處理的結構；(b) 在金屬側蝕刻後，移除所有金屬所留下的塑膠結構，工程塑膠成功的複製金屬經過化學處理留下的坑孔形成水滴狀結構



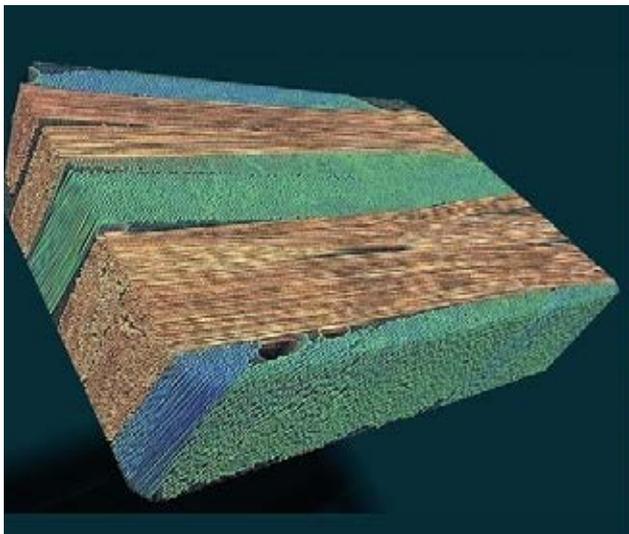
圖 4：幾個 NMT 技術實際量產的應用範例，由於在全金屬手機外殼利用小面積裝飾破點為塑膠材質，作為信號傳輸與接收到近五年 (2015~2019) 仍是主流的設計

讀者可以想像這樣的工序複雜性，絕對不是如射出成型在不到一分鐘內就能完成這樣的簡單，因此借助射出成型的高速生產，實驗室的成功結果才可能投入工業應用並造福人類。有趣的是，NMT 技術是先以試誤法加上運氣這種真正「黑手實作」的成功方式實現後，再回到實驗室找出真正的機理，這驗證了工業上「實作是真理」的道理。如圖 4 是已經成功應用在許多輕量化產業的真實商品，重點是必須要符合外觀、電氣功能與結構輕量化等三個要點。

結論

在進行結構的輕量化時，不能只考慮單一材料，現代化的產品設計要結合各種材料的優勢，而透過借鏡大自然優勢來設計材料是人類一直以來努力的方向。在大自然中，輕量化結構無處不在，從植物到動物，輕

量化案例比比皆是，身為萬物之靈的人類透過模仿這些案例並加以創新發展，其中日本的大成化成公司於 2010 年提出的 NMT 技術便是異種材質的仿自然物體結構之最佳典範——骨包皮 (Skeleton outside)，而 NMT 技術的提出除為產品設計帶來更多的創意與可能外，也為整個產業帶來無限的商機。■



非破壞性 X 光檢測在結構與成分分佈之解析

■工研院 / 林子閔 博士 & 樓修成 博士

前言

X 光檢測技術，尤其是電腦斷層掃描 (computed tomography, CT) 已經被廣泛應用於多種領域，包括醫學、生醫、醫材，材料檢測以及電子，因為 X 光對於多數物質有非常好的穿透性特性，所以常被應用在探索物質的內部結構，尤其是其可以利用三維影像進行非破壞性檢測 3D 結構的特性。

1972 年，第一台電腦斷層掃描儀上市後便廣受歡迎且進行多次的改良與進步，包括提升檢測速度、降低輻射劑量，以及增加解析度，並且衍伸出多種斷層掃描儀，從小動物用的動物用微米斷層掃描儀 (in vivo micro-CT)，到高對比的微米斷層掃描儀，以及更高解析度的高階奈米斷層掃描儀 (nano-CT)。近年來搭配新穎的人工智慧演算結合從小到大各尺度的高階斷層掃描影像技術，並進一步結合模擬演算與材料成分分佈，在影像辨識中被視為上帝之眼。除了醫學相關研究，在材料開發尤其重要，例如 3D 孔隙材料纖維

材料以及輕量化材料的開發，在完成 3D 影像之後，進行電腦模擬以及配合拉伸或壓縮的應力測試，都佔有非常大的地位。這項技術可以加速材料開發並提供各尺度的模擬，以減少開發時程和失敗機率。

斷層掃描簡介

1895 年，倫琴 (Rontgen) 發現了 X 光，此後因為 X 光對於多數物質有非常好的穿透性之特性，其被利用來探索物質的內部結構。X 光造影基於各種物質對於 X 光有不同的吸收值，原子序越高的物質會有越高的 X 光吸收能力，換言之 X 光較難穿透這些物質。而這種特性在影像接收上可以得到明顯的對比，我們便可以觀察到物質的內部結構並觀測材料上的異常。利用電腦斷層掃描技術可經由將檢體進行 180 度至 360 度的拍攝，在拍攝數百張甚至上千張 2D X 光片後 (圖 1, [1])，將這些影像經由電腦進行二次運算建立出斷層影像 (Orthoslices, 圖 2, [1])，接著再以電腦將這些顯現內部結構的斷層片堆疊起來便可以精準地建立

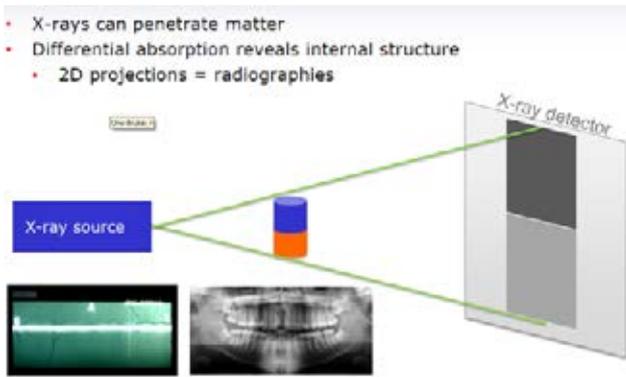


圖 1：斷層掃描儀擷取 X 光影像

三維 X 光影像，並且可以得到不同 X 光吸收值的元素分佈與結構解析（圖 3，[1]），更重要的是這項技術不需要破壞待測物品就可以解析檢體內部的資訊。這項特點在臨床應用上極其重要，2017 年斷層掃描設備市場便達 39.5 億美金。

在臨床中斷層掃描技術常用來診斷疾病，例如斷層掃描技術在骨科牙科的診斷與治療上佔有非常大的地位。而除了硬組織，斷層掃描也常被用於檢查肺部狀況，包括健康檢查中的早期肺癌檢測，以及近期大家聞之色變的新型冠状病毒 COVID-19 所引起的肺部纖維化檢測。隨著顯影劑與影像技術的進步，應運而生的對比增強電腦斷層掃描 (Contrast Enhanced Computed Tomography, CECT) 更是使得斷層掃描也能夠使用於心血管檢測與多種癌症檢測上。除臨床應用外，此項技術也常應用在材料科學與醫療材料的研究，包括近期非常熱門的積層製造 (additive manufacture) 與 3D 列印 (3D printing) 等，都時常會應用到斷層掃描技術，包括特殊 3D 結構的快速檢測，以及利用電腦演算建立 3D 檔案來進行下一步的影像調整並輸出到 3D 列印儀器進行新材料的列印。

複雜結構檢測與應用

在輕量化材料的開發中，尤其是複雜結構纖維材

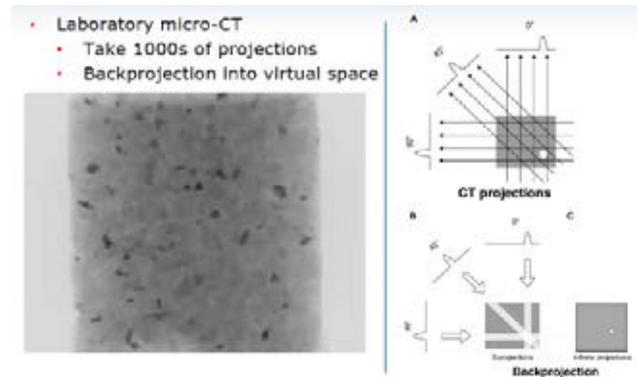


圖 2：X 光影像經電腦重組得到斷切面

料、3D 列印結構與短纖維結構 (SCF; short carbon fiber)、融合燈絲纖維結構 (FFF; fused filament fabrication)，在其 3D 纖維走向，對應力強度之反應都非常重要。由於需要檢測其纖維的厚度、寬度，以往都是使用 2D 光學偵測系統以及電子顯微鏡，但隨著對 3D 結構以及 3D 列印的重視，顯微斷層掃描技術也常被使用於這類材料的開發，首先使用顯微斷層掃描技術得到各個斷切面 (Orthoslice；圖 4，[2])，並挑選特定區域 (ROI; region of interest) 進行下一步 3D 分析，包含纖維直徑分析、纖維 3D 走向，以及孔隙分析 (圖 5，[2])。而這一類應用技術也常會搭配失效檢測與應力檢測，舉例來說，複雜纖維材料在進行失效處理後，依舊可以進行 3D 檢測，觀察失效前後的 3D 結構變化 (圖 6)，接著進行結構的細部演算 (圖 7)，這種 3D 影像判斷主要可以針對複雜結構裡的類血管孔隙結構與流體走向進行預估，以及進行相關的失效分析判讀和模擬。

在高端細微孔隙材料與發泡材料的開發中，近期也整合了 2D 高解析度電子顯微鏡與 3D 高解析度奈米斷層掃描檢測儀，以進行製程判讀、元素分佈，以及孔隙分布，我們可以看到在圖 8B([3]) 中，電子顯微鏡清晰地解析了切片檢體的孔隙，但我們接著會需要其孔隙之 3D 分佈和完整材料的 3D 各切面。從圖 8C、

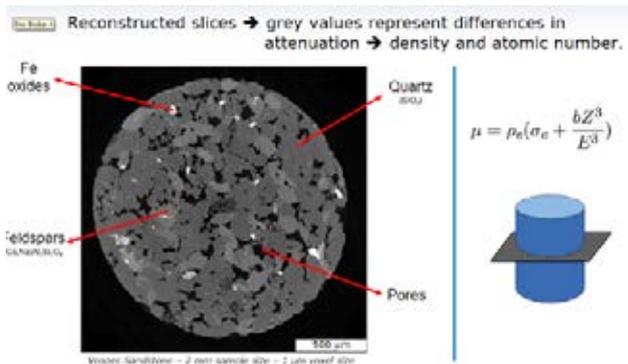


圖 3：斷切面堆疊成 3D 立體影像

D 中可以清楚看到細微球體隻外觀以及內部的 3D 孔隙分佈，利用演算法我們可以接著避開大型孔洞進行細部孔洞分析，甚至可以進行孔隙連結，分析內部孔洞 (Closed Pores) 以及聯通外部的開放孔洞 (Open Pores)。

醫學研究與醫材開發

在醫學領域，斷層掃描提供之三維影像早已受到廣泛運用，包括臨床前醫療器材設計，以及新藥開發，透過影像處理軟體將二維醫學影像重組為三維醫學影像，不僅能提供臨床醫師更清楚的解剖構造細節，更能提供研究人員在動物試驗中的準確數據。

在新藥研發中，顯微斷層掃描佔有絕大地位，主要包括骨質疏鬆症、退化性關節炎、風濕性關節炎，以及癌症藥物等開發。例如在退化性關節炎中，顯微斷層掃描可以精確地看到關節損傷所造成的細微海綿骨磨損，並精確地進行影像定位與計算 (圖 9, [4])，並協助對抗退化性關節炎之藥物開發。

在醫材開發中，尤其是新型骨材、牙材的細微演算更為重要。在牙材、骨材的開發中，會需要進行多尺度的 3D 影像演算與評估，包括新穎材料是否可以有效地吸引骨骼長入而不會造成排斥。例如我們將表面特

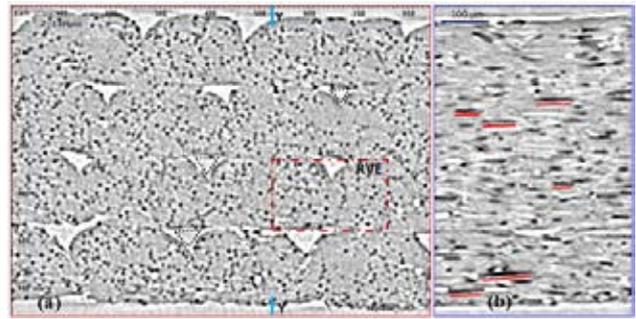


圖 4：斷切面影像纖維分析範圍圈選

殊處理之孔隙金屬孔隙鈦釘植入兔子中 (圖 10, [5])，在實驗終點進行顯微斷層掃描試驗，利用 3D 解析與計算，可以明確觀察到新穎材料具有更好的骨骼相容性，能夠吸引骨骼在表面之長入 (Bone Ongrowth, 圖 11, [5])。透過動物試驗，除了可以進行活體檢測，以觀察多種不同時間點。其無損檢測的特性，檢體於試驗終點，掃描完畢後還可以進行切片染色試驗，所以這項技術在生醫領域，尤其是在藥物開發端和醫材開發端均非常受到重視與歡迎。

結語

X 光斷層掃描技術可從三維整體架構出發，提供各領域包括材料 3D 檢測與生醫領域所需之非破壞性的分析，同時可與二維電子顯微鏡或組織切片等影像互相佐證。除了有先進的儀器和影像分析軟體外，我們亦需要具有跨領域專業分析技術，整合三維影像、二維影像、元素分佈與模擬演算來加速研發和產品驗證。工研院奈米斷層掃描實驗室，結合醫學單位與材料專家，整合了業界頂尖的斷層掃描系統，包括離體顯微斷層掃描 (Bruker Skyscan 1272)、奈米與高穿透斷層掃描 (Bruker Skyscan 2211)、活體顯微斷層掃描 (Bruker Skyscan 1176) 與電子顯微鏡和表面分析檢測和元素分析系統。奈米斷層掃描實驗室亦使用專業軟體，包含 Bruker 軟體與 Avizo (Thermo Fisher) 整合

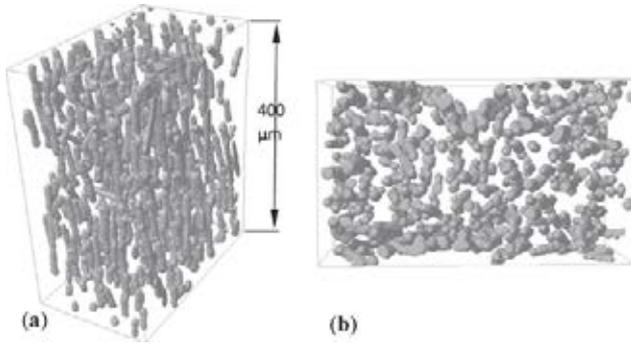


圖 5：纖維三維結構分析

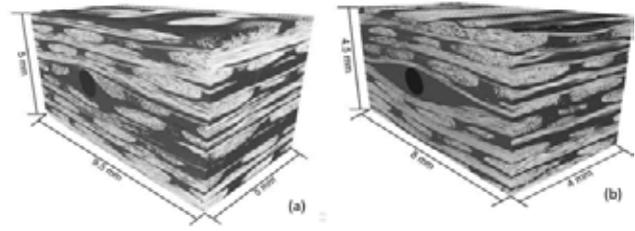


圖 6：失效前後三維結構建立

智慧演算與複雜影像，以提供符合 3D 列印與腦計算之檔案或複雜分析之數據，來提供用戶所需之數據進行產品開發、製程監控以及論文發表。■

參考文獻

- [1].Micro-CT in geoscience Getting the inside story. Bruker microCT webinar 2017.
- [2].Mechanical behaviour of 3D printed composite parts with short carbon fiber reinforcements. Engineer Failure Analysis. 107; 2020; 104232.
- [3].Micro-CT analysis of deviations in fiber orientation and composite stiffness near the microvascular channels embedded in glass-fiber reinforced composites. Composite Structure. 237; 2020; 111896
- [4].Fabrication of Asymmetrical and Gradient Hierarchy Structures of Poly-p-xylylenes on Multiscale Regimes Based on a Vapor-Phase Sublimation and Deposition Process. Chemistry of Materials. 32; 2020; 1120-1130.
- [5].Noggin Inhibits IL-1 and BMP-2 Expression, and Attenuates Cartilage Degeneration and Subchondral Bone Destruction in Experimental Osteoarthritis. Cells. 9; 2020; 927
- [6].Improvement of bone - tendon fixation by porous titanium interference screw: A rabbit animal model. Journal of Orthopaedic Research. 36; 2018; 2633-2640

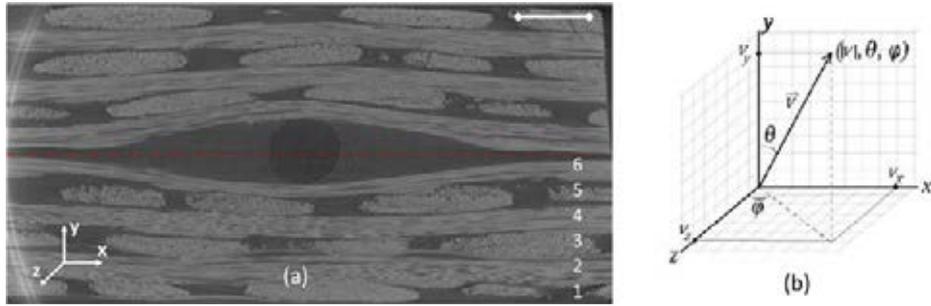


圖 7：細部結構三維演算

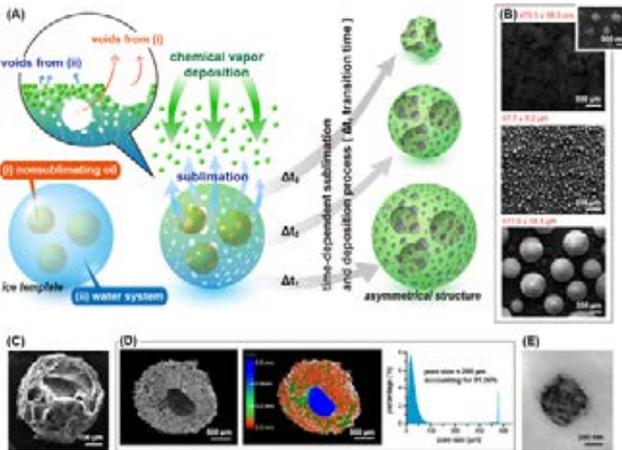


圖 8：結合電子顯微鏡與奈米斷層掃描之結構與三維孔隙分析

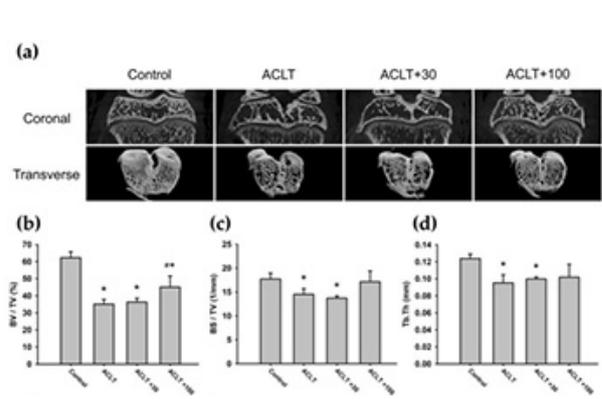


圖 9：分析退化性關節炎之三維影像

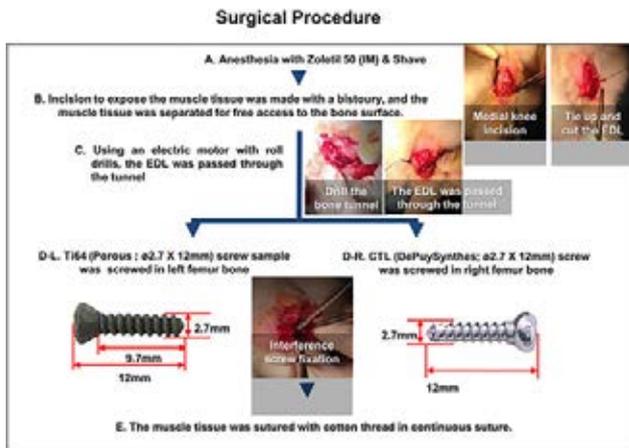


圖 10：新穎醫材植入動物內

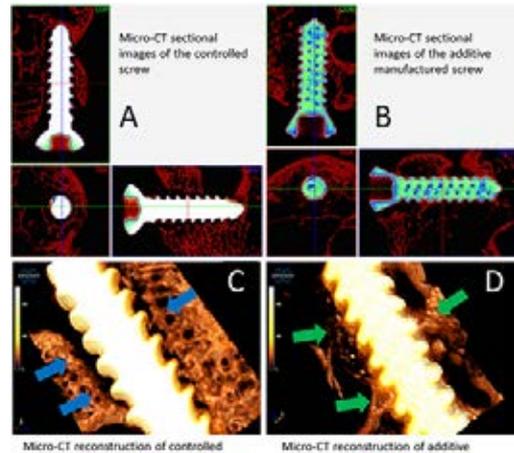


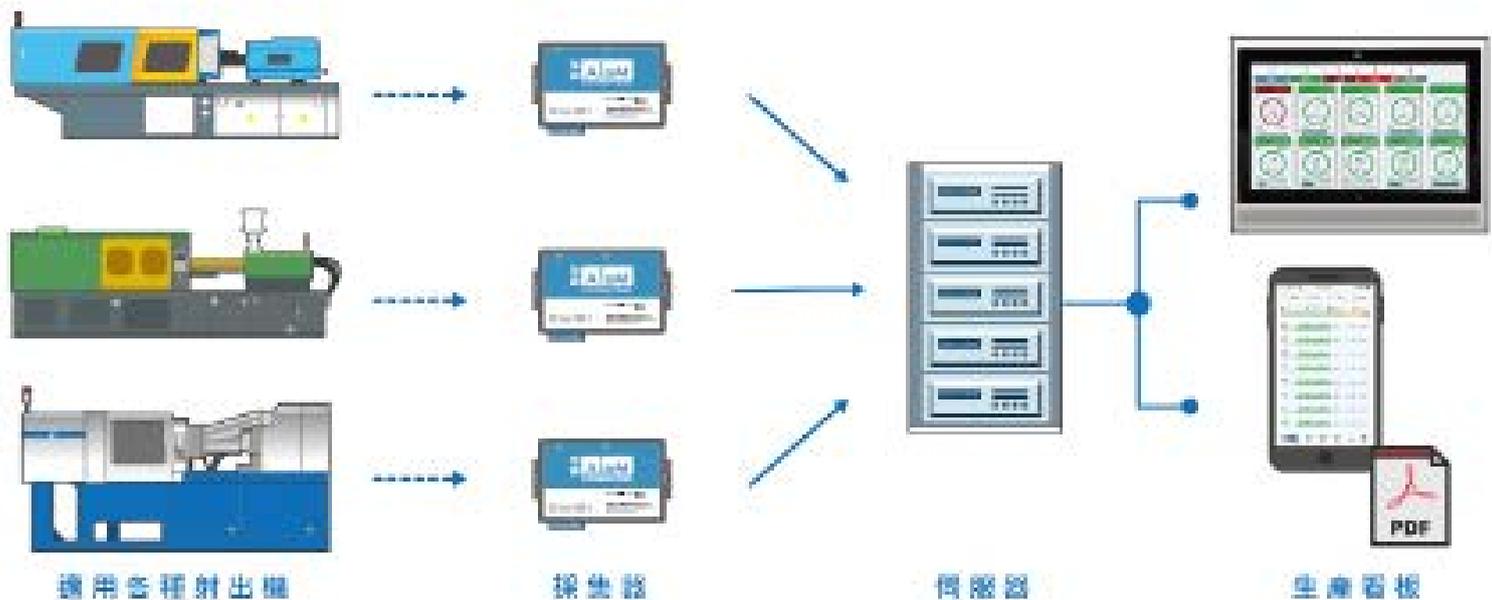
圖 11：新穎醫材之骨融合三維分析

IoM-OEE 射出機聯網



透過物聯網技術，進行全廠設備聯網及數據自動採集，可隨時隨地獲得全廠設備詳細資訊，如稼動率、運作時間、工作狀態、異常情況等，並記錄生產週期、生產量等，提升生產效率，避免延誤和浪費。

機台可視化



系統特點

- **高度相容** 適用於98%廠牌射出機，實現全廠設備可視化
- **無線架構** 快速安裝易維護，系統自動運行免操作
- **即時監控** 看板/電腦/手機即時顯示設備狀態
- **智慧指標** 衡量生產穩定性，預測製品品質，減少廢品產出
- **計畫排程** 記錄排程資訊，有效追蹤生產過程及生產數量
- **主動推播** 停機/閒置/異常主動通知，即時掌握生產動態





集快速與高精度於一身的 3D AOI 自動光學檢測技術

■普立得科技

前言

自動光學檢測 (Automated Optical Inspection, 簡稱 AOI) , 顧名思義就是應用光高速且精準的特性, 以確認實際做出來的樣品跟計劃中的尺寸規格是完全一致、無絲毫落差的, 是種在工業製程中常見的代表性手法。檢測流程源遠流長, 隨著科技進步, 逐漸由原本的人力檢測改為使用光學儀器進行檢測。

不僅是產品檢測, AOI 技術可應用的領域非常廣泛。廣義的 AOI 為結合光學感測系統、分析軟體及訊號處理系統, 應用層面可包括宇宙探測、衛星遙測、指紋比對、生物醫學、多媒體技術、工業生產品質檢測、航空、機器人控制等; 狹義的 AOI 則是指 PCB 工業製程上的光學檢測設備, 與目前大量應用於工業自動化的 LCD/TFT、電晶體, 以及在金屬鋼鐵業、食品加工 / 包裝業、紡織皮革工業、機械工具 / 自動化機械、電機 / 電子工業、汽車工業、建築材料、一般電子業、保全 / 監視、IC 等的自動光學結合影像處理的系統。

Zeiss 的 COMET L3D 2 使用 AOI 光學量測技術與創新的藍光 LED 投影技術。不僅快速且更為精準, 為想使用光學量測系統的客戶帶來前所未有的高性能感受。同時全新的 COMET L3D 2 提升了整體的技巧性與穩定度, 搭配高性能的掃描軟體 Colin3D 與自動轉臺, 能為使用者提供高品質高效能且穩定的掃描成果。

快速精準的創新技術

COMET L3D 2 採無須維護、低損耗的藍光 LED 數位光柵技術, 可在工作流程中大幅降低消耗成本。獨有的單鏡頭量測技術可帶來最真實且準確的掃描資料, 同時利用特徵對齊的方式, 減少貼點等不必要的麻煩, 為使用者帶來最佳的掃描解決方案與使用體驗。

自動轉臺特徵定位

Colin 3D 軟體搭配 COMET Rotary 自動化轉臺可以方便地進行特徵自動定位, 無須進行任何操作即可完成一系列之數據拍攝, 並且進一步地為使用者縮減整體



圖 1：COMET L3D 2 能為客戶提供高品質高效能且穩定的掃描成果

的工作流程，給予使用者便捷且舒適的操作體驗。

ZEISS Colin 3D 軟體

當進行數據採集與數據處理時，Colin 3D 為使用者提供了高效直覺式的操作過程，並利用高品質的數據演算法，快速生成高質量的量測數據（三角網格）。同時 Colin 3D 軟體還可生成簡單的彩色偏差比對圖，並製作出量測的結果報告。

鏡頭模組化設計

ZEISS COMET L3D 2 獨特的鏡頭模組化設計與成熟的相機技術，讓使用者能夠根據掃描的樣品，快速且輕鬆地更換量測範圍。僅需透過幾個簡單的步驟，即可為系統更換不同的量測範圍，並在極短的時間內為使用者後續的應用作好準備，無須進行任何複雜的硬體、韌體修改，讓使用者可以充分利用 ZEISS COMET L3D 2 所提供的高度靈活性。

應用領域

目前 ZEISS COMET L3D 2 主要被應用於三大領域，分別為品質檢測、逆向工程、快速成型，分別介紹如下：

品質檢測：將掃描的真實 stl 資料與標準 CAD 檔案進行疊合，以產生出更進一步的 3D 彩圖與尺寸量測等。

逆向工程：利用高品質的掃描檔案搭配電腦輔助設計軟體，可以重新繪製出原始的設計圖檔、進行圖檔的設計變更，以及相匹配的元件夾治具設計等。

快速成型：擷取之完整 3D 掃描圖檔可以直接供給 3D 列印機使用。

自動光學檢測，為產品質量把關

自動光學檢測是製程中的流程，在工業上特別常見，



圖 2：搭配 KUKA 機械手臂，使掃描流程更加快速流暢



圖 3：搭配 Universal Robots 協作型機器手臂，掃描作業也能自動化運行

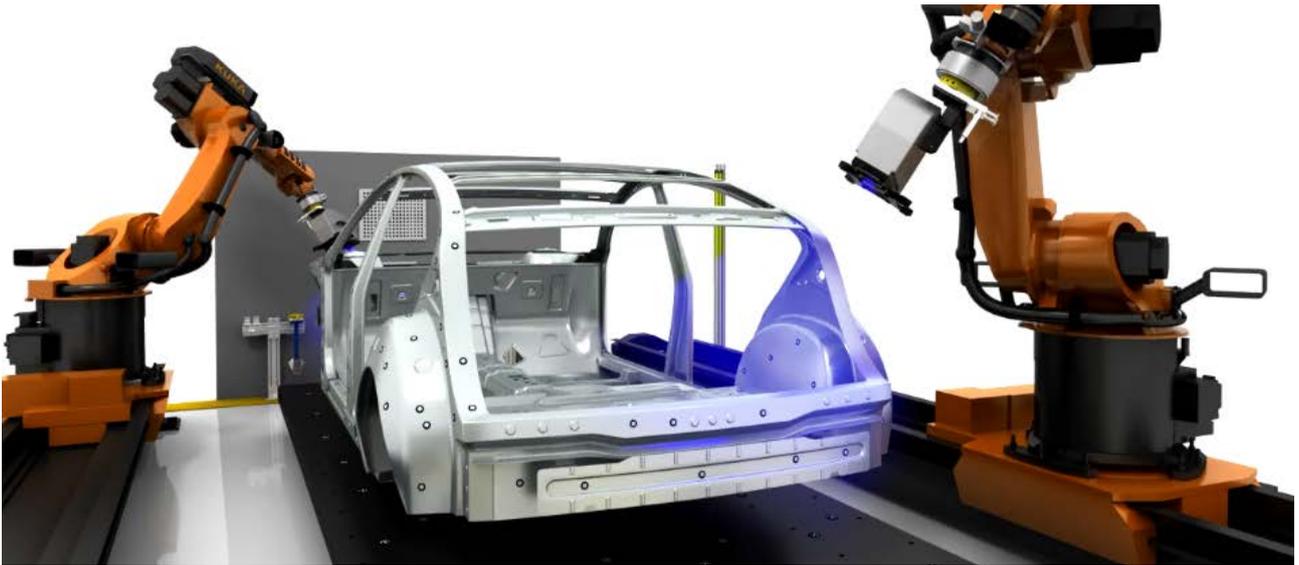


圖 4：結構複雜的大型物件也能透過數台機器同步自動化運行

運用光學儀器取得成品表面狀態，再拿到電腦裡做影像比對，以檢測出異常或異物等瑕疵，確保最終成品與計畫相符。相較於傳統人工，自動光學檢測不僅更為快速方便，更因是非接觸式檢查，不用等到完成即可在中間工程中檢查半成品。藉由使用自動光學檢測 (AOI)，便能夠確保每次的產品品質都在水準之上。■

處處皆有可能

Stratasys J55

讓設計成為現實

自始至終掌控您的設計過程。從快速概念模型到高品質高保真模型，J55™ 3D印表機是您的實惠之選，將設計師的產值最大化。

外型小巧

J55 列印面積/列印托盤之比為市場最佳，這意味著佔用辦公室的空間更小，產量更高。

無異味

工作室、辦公室和教室並非生產場所 – 也不應如此。無異味系統採用 ProAero Air Extractor，以有效捕捉和過濾煙霧，實現安全無異味的運行。

超靜音

J55 為超靜音產品，工作分貝低於 53 – 與家用冰箱不相上下。

簡化您的設計週期

Pantone認證色彩，利用顏色提升設計水準

PANTONE® 認證顏色進行 3D 列印，提高原型的列印速度、效率和色彩逼真度。J55 支援 Stratasys CMYK 顏色匹配超過1900種可列印的 Pantone Solid Coated 和 SkinTones™。



 **stratasys** |  **普立得科技**
3D列印·3D掃描

普立得科技有限公司

www.3dprinting.com.tw | info@3dprinting.com.tw

台北辦公室 新北市中和區建康路164號11樓

電話：(02) 8228-1900

傳真：(02) 8228-1700

台中辦公室 台中市南屯區五權西路二段666號8樓-6

電話：(04)2383-1686

傳真：(04)2383-3616

台南辦公室 台南市 北區公園南路370巷21號

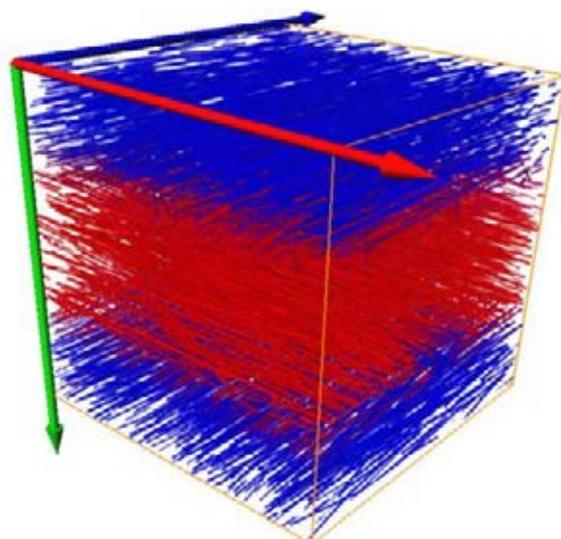
電話：(06) 222-3802

傳真：(06) 222-6832

廣告編號 2020-07-A10



加入LINE好友
ID:@654moqwn



Avizo XFiber 纖維材料排向分析方法比較

■ 擎暉有限公司

前言

電腦斷層掃描 (Computed Tomography, 簡稱 CT) 正逐漸成為材料科學和材料開發領域的業界標準，特別是應用於纖維材料研究時，電腦斷層掃描可在不破壞樣本纖維特徵的前提下，多維度 / 多角度檢視材料纖維結構，並可結合原位實驗 (in-situ experiments) 或數值模擬，進一步評估材料的物理特性。當前的主要挑戰在於如何在影像解析度與影像資料處理量之間取得折衷，以期獲得精確的纖維材料資訊。在這些統計數據中，本文裡將介紹材料影像處理分析軟體 “Avizo” 裡使用的三種在不同影像解析度下的分析方式，尤其著重材料中纖維分佈的排向追蹤討論，希冀提供適當的建議予不同的纖維材料分析運用。

方法介紹

在影像處理軟體 Avizo 裡，透過三種不同的方法，沿著影像的軸向，擷取預定的尺寸及選定的位置，來計算局部纖維排向：1. FFT，是基於傅立葉頻譜的主成

分分析 [1]; 2. GRAD，則是基於局部梯度的分析 [2]。這兩種方法主要透過影像的紋理來計算纖維的局部排向，因此，即使在無法分辨單根纖維的低解析度影像數據，仍然能夠提供計算結果。而第三種方法 “XFIBER” [3,4] 的演算基礎，主要是基於樣本圓柱的比對及其獨家的纖維追蹤演算法，可分離出每一根獨立的纖維，並計算每根纖維中心線，因此，所有纖維的參數，例如纖維數量、排向、長度、直徑與曲折度等統計資料都可以透過 Avizo XFIBER 計算。

以上提及的三種方法皆針對相同的局部影像數據進行分析，並計算生成張量，透過張量，來檢視局部體積中纖維排向。三種方法都會計算得到對稱張量，透過求解張量特徵值，分解出主要排向和分散排向的資訊。在 XFIBER 的方法中，因為每根獨立的纖維都已計算取得，纖維排向張量可精確地進行計算 [5]。其定義為每根纖維排向的單位向量之外部乘積，再乘上相應的纖維長度 (L) 加權：

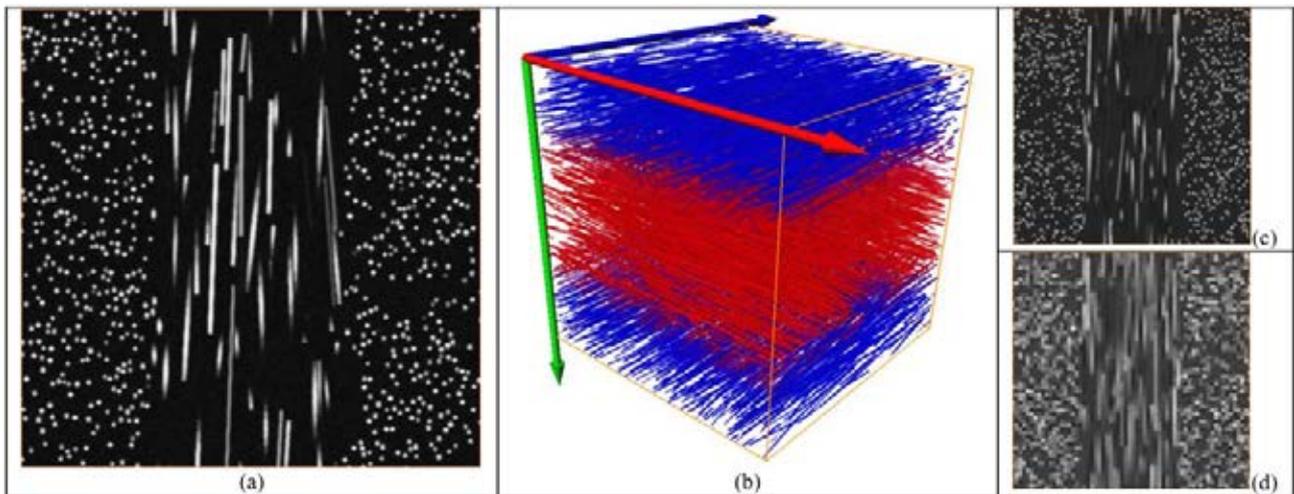


圖 1：(a) 纖維合成影像切面；(b) 纖維合成影像三維體積渲染，根據纖維主要方向標上顏色（紅色軸、綠色軸和藍色軸分別表 X 軸、Y 軸及 Z 軸）；(c) 纖維合成影像調降解析 4 倍切面；(d) 纖維合成影像降解析 8 倍切面

$$A = k \sum L_i \bar{u}_i \cdot \bar{u}_i^T$$

而 FFT 和 GRAD 則是從影像紋理來推算張量，從而使其運算的張量結果無法直接應用，因此三組數據較難直接進行比較。例如在 FFT 的計算，主要方向是對應於最小的高頻變化，因此求解特徵向量時，會對應於最低特徵值的特徵向量。相反的，GRAD 和 XFIBER，則是對應於最大特徵值的特徵向量。因此，本文是基於計算張量及主要排向的統計數據進行比較。

資料來源

產生影像數據

本文我們透過皮芯結構方式 (skin-core structure)，生成非重疊、直線的纖維影像，透過這組合成影像，比較三種方法在纖維定量分析的結果。合成影像中纖維的生成是使用 force-biased 演算法 [6]，計算過程會依序隨機的在選定的區域，依照自訂的位置、長度、排向和直徑插入纖維，之後演算法會再將有重疊的纖維進行旋轉和位移微調，纖維直徑也會在計算過程中略為縮小，確認演算可以正確收斂，我們就可以得到一組纖維占比約 10% 的合成影像。合成影像最後

會再經過一些離散處理，包含插入高斯雜訊及模糊化等，並確保纖維直徑符合 5 個體像素，最後再將其轉換為 512x512x512 的影像，如圖 1 所示。

玻璃纖維複合材料

此外，我們也將這些方法針對實際玻璃纖維增強聚合物 (GFRP) 的微電腦斷層影像進行分析，如圖 2 所示。此聚合物中的纖維為平均直徑為 10μm 的標準短玻璃纖維，在選定的 2x2x2 立方公厘區域纖維的占比為 17%，聚合物的大小約為 2x2x2mm³。掃描解析度為 1.5μm，該解析足以區分單個纖維。

分析結果

三維影像會依軸向切分為若干立方區域，並用本文中的三種方法計算局部纖維排向。兩組影像數據都具備 Skin-core 相似的正交纖維。大部份切分區域的纖維其主要方向為 X 軸向或 Z 軸向，少部份區域是混合纖維，而這些混合纖維主要是沿 X 軸或是 Z 軸。

兩組影像資料會利用影像原始最高解析進行局部纖維排向的比較分析，同時，為能測試三種演算法的穩定

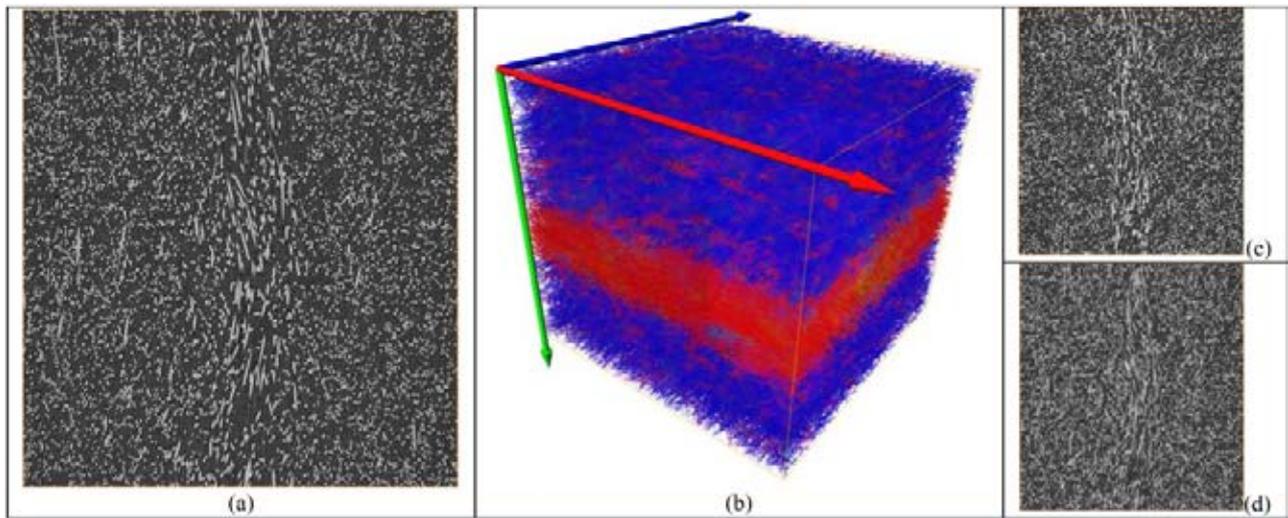


圖 2：(a)GFRP 影像切面；(b)GFRP 影像三維體積渲染，根據纖維主要方向標上顏色（紅色軸、綠色軸和藍色軸分別表 X 軸、Y 軸及 Z 軸）；(c)4 倍調降解析影像；(d)8 倍調降解析影像

度，使用 Lanczos 調降解析 4 倍後以及調降解析 8 倍後的影像，也會進行相同的纖維排向分析。

合成影像數據

對於合成影像，我們使用上述與 XFIBER 相同的方程式 (eq.1) 計算纖維參考張量作為比較的基準，與 XFIBER 不同的是，該纖維是離散化運算之前的實際纖維數據，而 XFIBER 的運算則是針對生成的灰階影像，分離每根獨立的纖維後，再進行纖維張量計算。

從整體分析數據，不同計算方式與纖維參考張量間有很高的統計關係，如圖 3 所示，幾乎是線性相關。除 GRAD 方法中的對角線分量 A13 外，其餘決定係數 R2 都非常高。從圖 3(d) 中，則可看出仍維持統計關係的趨勢，但對非對角分量的量測則會變得困難，且數據結果無法重複計算取得，不過因合成影像僅少數纖維的方向偏離兩個主要的方向，因此，我們無法在此進行結論。值得一提，儘管 XFIBER 方法在降低解析影像的分析結果，其纖維偵測的準確性明顯下滑，但在排向的測量統計數據顯示，仍有一定程度價值。

沿著層厚方向分層檢視數據，以獲得更精確的結果，在分層數據中，我們發現除了第 3 層及第 5 層外，其它層的纖維排向都是一致的，第 4 層和第 5 層纖維沿著 X 軸，第 1 層、第 2 層、第 7 層及第 8 層沿著 Z 軸，而第 3 層與第 6 層則包含混合 X 軸向與 Z 軸向的纖維，其中約有 2/3 纖維沿著 X 軸向，1/3 沿著 Z 軸向，影像可以參考圖 4(a)。

在相同排向層（除了第 3 層及第 6 層外），三種分析方法的平均角度誤差（真實纖維主要排向與計算排向的夾角）都非常低，XFIBER、FFT 和 GRAD 分別為 0.35、0.48 和 1.26 度。

另一方面，在混合排向層（第 3 層及第 6 層）中，基於紋理方法來計算纖維排向，已證明會有顯著的錯誤，而纖維追蹤的方法則依然非常精確。同時，在圖 4(b) 中，與基於紋理的量測方法的 GRAD，尤其是 FFT 比較，XFIBER 在不同解析影像的分析結果還是明顯正確且穩定的。

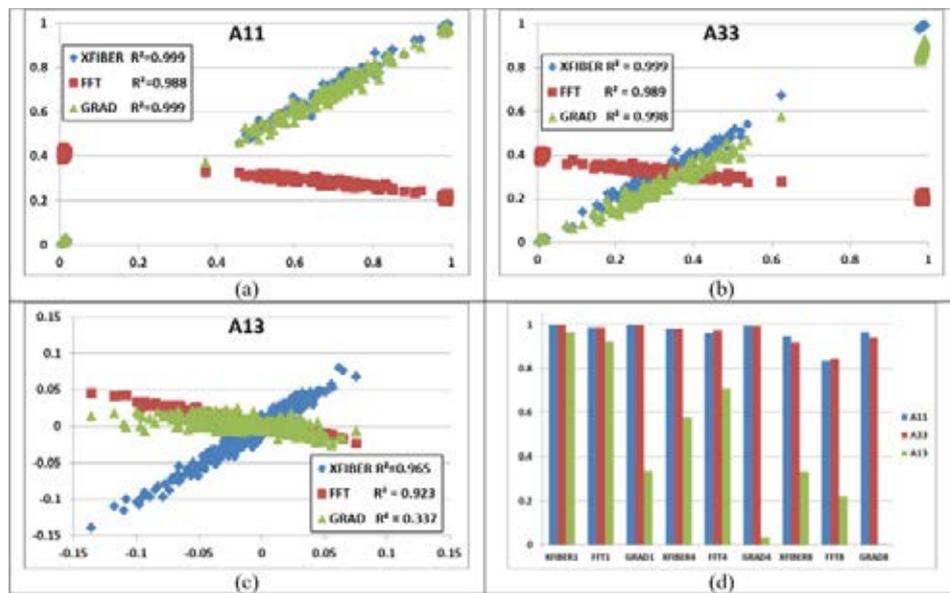


圖 3：(a)、(b)、(c) 分別為 (a)A11，(b)A33 和 (c)A13 的實際纖維張量分量與估算纖維張量分量的離散圖；(d) 在不同圖像解析度下使用不同方法估算的張量分量的相應決定係數

玻璃纖維複合材料

我們也對玻璃纖維強化塑膠樣品進行了類似的研究分析，因無法預知纖維真實排向，我們使用 XFIBER 在最高解析影像的分析結果作為我們比較的參考，結果如圖 5 所示。

與合成影像一樣，針對整體分析數據，不同方法的分析結果和參考張量有很強的相關性。張量的決定係數都非常高，在相同排向區，其主要排向角度誤差也在 5 度以內，且在調降 8 倍解析後，其角度誤差仍然維持在 12 度以內。

然而，在混合排向第 4 層和第 7 層，也就是纖維交錯的界面處，不同的方法就有顯著的差異，XFIBER 的方法估算的纖維排向在不同影像解析較為一致（主要與次要排向在調降 4 倍解析的角度差異小於 10 度），其它兩種方法纖維角度有較大的偏差（大約在 20 度或更大角度）。

結論

本文針對複合纖維材料微電腦斷層影像，以估算局部纖維排向及其統計數據的差異，做出 Avizo 內三種基於影像紋理量測及單根纖維追蹤分離技術的方法比較。運用這些方法，我們處理了皮芯玻璃纖維增強聚合物及另一組相似的人工合成纖維影像數據，由於人工合成纖維有已知的纖維材質訊息，遂可當作分析時參考的黃金標準。此外本文也探討各種方法在調降影像解析度的穩定性，提供參考資訊，因為在進行電腦斷層影像擷取時，究竟是要選擇較高的放大倍率來觀察較小的視野，還是選擇使用較低解析度但採集較大樣品區域常是很困難的決定。

結果顯示無論在合成影像或真實影像，對張量估算纖維排向結果，在不同方法大致是一致的，在調降解析的影像分析結果，也相對合理。有趣的是，當影像解析達到纖維直徑時，纖維追蹤準確度與效能明顯下滑，但其用於分辨樣本排向的結果仍相當合理。

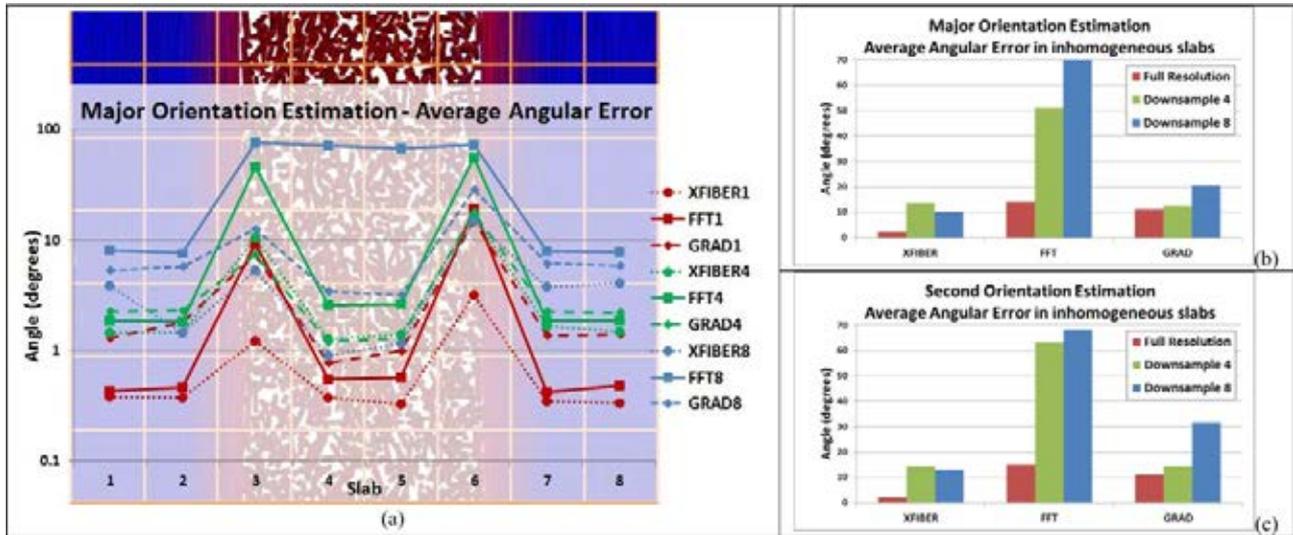


圖 4：(a) 三種纖維排向分析方法，針對不同層及不同影像解析其主要角度與實際纖維主要角度的誤差，X 軸為每一層的誤差均值，Y 軸為角度誤差值，其顯示使用對數標度 (b) 主要排向的平均角度誤差，以及 (c) 次要排向角度誤差在第 3 層和 6 層的平均角度誤差，這兩層中同時包含兩種方向的纖維

本文使用的纖維樣本結構，讓我們可以分析相同纖維排向區域，該區域的纖維全部具有相似的排列方向；及混合纖維排向區域，該區域的纖維互相交錯。在相同纖維排向的區域，儘管使用纖維追蹤的方法在較高解析的影像上有較精確的結果外，本文使用的方法基本上都還正確；然而在混合纖維區域，基於紋理特徵的演算法，其準確性就明顯降低，不過使用纖維追蹤的方式則依然正確，就算調降影像解析的分析結果，也有相同的現象。因此，在利用影像分析交錯或複雜方向分佈的纖維材料，例如編織纖維、模製複合材料或是更隨機分佈的纖維材料，就要留意分析的方法，以得到正確合理的分析結果。■

參考文獻

[1].Bigün et al. (1987). Optimal orientation detection of linear symmetry, in Proc. ICCV, pp. 433-438.
 [2].Püspöki et al. (2016). Transforms and Operators for Directional Bioimage Analysis: A Survey. Advances in Anatomy, Embryology and Cell Biology, vol. 219(3): 69-93.
 [3].Roseman (2003). Particle finding in electron micrographs

using a fast local correlation algorithm. Ultramicroscopy, 94(3-4):225-236.
 [4].Weber et al. (2012). Automated tracing of microtubules in electron tomograms of plastic embedded samples of caenorhabditis elegans embryos. Journal of Structural Biology, 178(2):129-138.
 [5].Advani, Tucker (1987). The use of tensors to describe and predict fiber orientation in short fiber composites. Journal of Rheology, 31(8), 751.
 [6].Bezrukov et al. (2006). Simulation and statistical analysis of random packings of ellipsoids. Particle & Particle Systems Characterization, 23(5), 388-398.

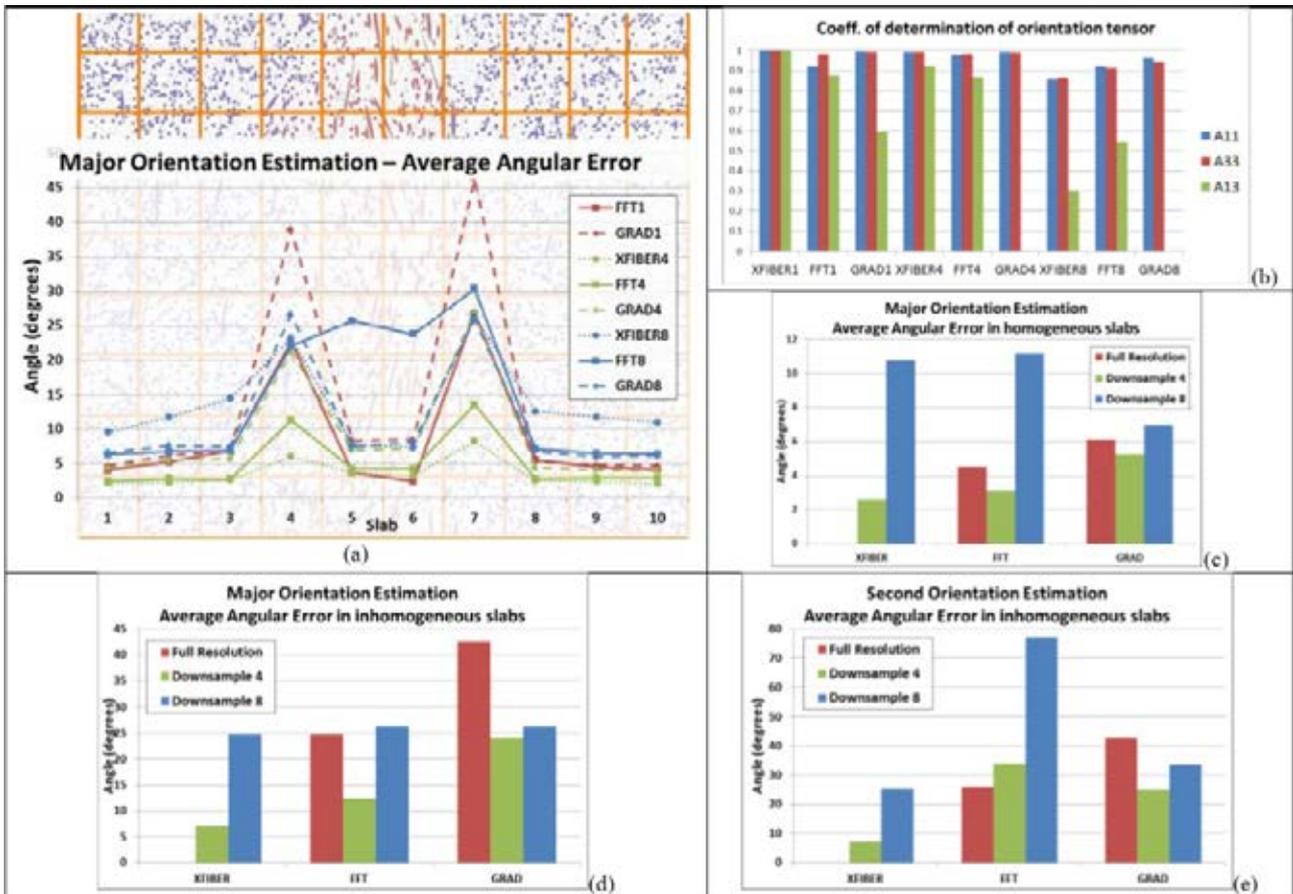


圖 5：(a) 三種纖維排向分析方法，針對不同層及不同影像解析其主要角度與實際纖維主要角度的誤差，X 軸為每一層的誤差均值，Y 軸為角度誤差值，其顯示使用對數標度，以 XFIBER1 的結果作為實際纖維排向，並與其它數據進行比較；(b) 纖維張量的決定係數在不同解析的比較；(c) 主要排向的平均角度誤差，在相同纖維排向區域（除了第 4 層和第 7 層以外的其它層）；(d) 主要排向的平均角度誤差，以及 (e) 次要排向角度誤差在第 4 層和 7 層的平均角度誤差，這兩層中同時包含兩種方向的纖維



透明塑膠光學產品的殘留應力定性分析

■型創科技 / 劉文斌 技術總監

前言

當塑膠成品在應用上發生破裂或破壞時，就材料力學的觀點而言，即表示該塑膠件在破壞區域上，其所承受之應力數值總合超過了材料本身的物性強度數值。因此要解決成品在使用上的破壞或破裂問題，就必須要從增加材料物性強度或減少成品應力值來著手。塑膠製品承受的應力作用通常可依應力來源區分為「外部應力」及「內部應力」兩種，「外部應力」是成品在使用時所遭受之外力作用，此部分將視產品應用場合而定（例如塑件使用上遭受碰撞、荷重、嵌合等），通常是無法控制其程度，一般產品設計者會依照常態之外部應力值，乘上一安全係數值來設計產品的結構強度。而內部應力通常是成品在加工成型過程中所產生而留存在塑件成品內部（稱為塑件的殘留應力或成型應力）。所以要有效解決塑膠成品的破壞問題，唯有降低應力作用或提高材料強度兩種方法。

然而對於塑膠成型加工業者而言，如何使用較適當之

加工條件，來防止材料強度降低及避免在加工時產生過大殘留內部應力則是現場加工人員最重要的議題。殘留應力就是指在塑膠成型過程中，因加工條件造成分子結構不是處在其最低能量的最穩定狀態下，分子鏈可能是受到流動定向影響或是受到周圍分子鏈之冷卻拘束，而呈現不穩定之高能態狀況。所以一旦有外界能量再度給予此受應力作用的分子鏈具備有足夠的動能，則此分子將極易釋放出應力而達到其最穩定的最低能階組態。塑膠成品中的殘留應力通常難以透過肉眼進行觀察，往往是在進行成品後加工製程時發生了問題或是在使用時產生了破壞，才會被發現，所以塑膠加工成型業者如何在成型階段或是在加工生產線上，藉由成品之觀測來迅速獲得殘留應力的分布資訊，是目前加工上相當重要的技術。

在一般塑膠射出成型加工過程中，由成品厚度方向來觀察，可以發現成品可依分子鏈之微觀結構差異，來區分不同之區域，如圖 1 所示。其中 A 層是固化層，

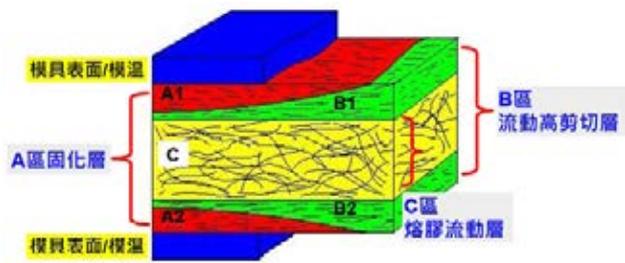


圖 1：射出成品厚度方向微觀的分子鏈結構分布

B層是流動高剪切層，C層是高溫熔膠流動層；A層為塑膠充填時緊貼兩側模壁，瞬間冷卻固化的高分子鏈定向層，此部分會因為射出成型之噴泉流場效應 (Fountain Flow)，而使分子鏈排向方向與流動方向相反，而B層是塑膠充填時緊靠A層固化層的高剪切區域所形成的分子鏈定向層，由於與A層具有最大之速度差，所以會形成最大的剪切流動應力效果，塑膠充填結束時本區定向層尚未完全凝固，而外層之A層固化定向層有絕熱效果，使B層熱散失不至過快，另外由於高剪切作用會產生剪切加熱作用，所以本區也是在產品厚度方向上溫度有可能是最高的區域。而C層因熔膠高溫及有足夠時間來進行冷卻，分子鏈有足夠時間進行分子鏈排向的鬆弛作用，所以最終高分子鏈的定向行為會因為分子鏈鬆弛而消除，是故C層區域的高分子鏈彼此之間較無剪切作用現象，若產品厚度有變化，則主要會影響C層厚度，若是薄件成品則C層的厚度將會變小。圖2是沿厚度方向分子定向效果分佈情況的示意圖。

除了在成品厚度方向上下表面有一薄層固化層外，大部分區域是屬於熔膠流動層，而這區域主要的內部應力形成是由於不均勻的冷卻造成，塑膠件厚度方向的冷卻作用是由與模壁接觸之成品表面開始向成品內部延伸，所以中心層是最慢冷卻的區域。所以當塑膠成

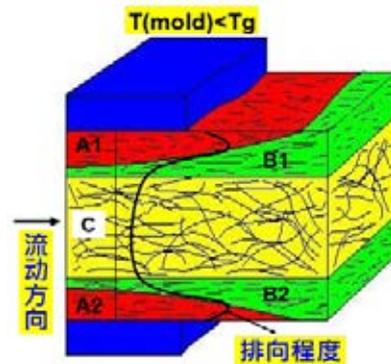


圖 2：射出成品厚度方向分子排向（定向）程度

品成型後，開始進行冷卻階段時，在某一特定位置上之分子鏈會受到其較外部端已冷卻收縮之分子鏈牽引，所以會感受到先前已冷卻收縮之分子鏈的拉伸應力。所以嚴格來看，在成品厚度方向靠近上下表面的區域，分子鏈是處在壓縮應力狀況，而內部區域是處於拉伸應力狀況。圖3是射出成品厚度方向應力分佈情況示意圖。

殘留應力的影響

塑膠成型過程所產生的殘留應力，除了會影響成品在使用上的強度外，尤其在某些二次後加工製程上（例如噴塗、電鍍等）都會容易造成產品不良現象發生。殘留應力對塑膠成品的影響常見的有下列幾種：首先是成品的外觀尺寸變形及翹曲問題，由於剪切流動造成分子鏈的排向或是由於成品幾何造成流動的定向效果，在成品脫模時容易因應力鬆弛而造成尺寸發生變形，另外由於成品尺寸的不對稱性或在成品厚度方向冷卻收縮的不平衡性，所形成的熱應力都將造成成品在脫模後發生翹曲變形現象。此現象對於尺寸精密度有要求或有組裝搭接嵌扣性需求之塑膠射出成品，將會有尺寸配合度的問題發生。再則塑膠件在使用上比例最高的破壞型式，當屬環境應力破壞 (Environment Stress Cracking, ESC) ——例如太陽 UV 光照射破壞、老化破壞、氣候性乾溼冷熱循環破壞等等，對此塑膠

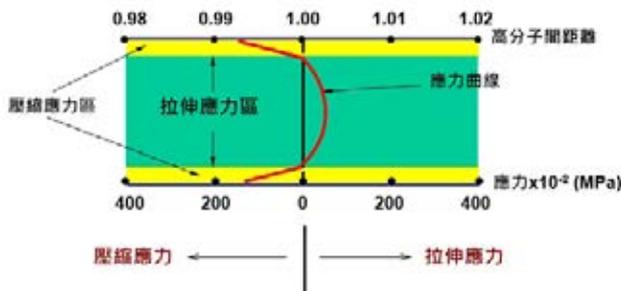


圖 3：射出成品厚度方向應力分佈狀況

殘留應力也會造成環境應力破壞的加速。其他像塑膠件的蠕變性破壞、疲勞性破壞等，都會因為殘留應力存在而加速加快其破壞產生。

另外，塑膠件在成型過程中所產生的殘留應力，容易因為獲得外界能量或驅動力（例如受熱、照光、吸濕等）來誘發應力鬆弛效果，所以在塑膠成型業中最常用來消除塑膠內部殘留應力之方法，即是退火（或回火、annealing），將塑膠成品放入烘箱中或給予所需熱量，使定向分子鏈獲得能量而能再次重新調整分子鏈組態或相互重排以達到最低能量之穩定結構，而應力鬆弛的驅動力除了熱能外，如機械能、光能、化學能（溶劑作用）都可以達到同樣效果，然而在應力鬆弛的同時，也要考量成品尺寸變形之嚴重性。一般殘留內部應力常常會導致成品在使用上或二次加工上發生問題，例如表面接著、表面電鍍或表面塗裝等工法，都會因為成品表面高度分子定向的高應力情況，而產生介面的不相容性。另外如接觸到溶劑、化學品等也會造成在應力區域的加速劣化。

應力偏光檢測之理論基礎

光的產生是藉由電荷振動所釋放之輻射波，光束同時具有粒子及波動之特性，所以光波可在真空中傳遞，是屬於電磁波之一種。然而由於光可以向四面八方照

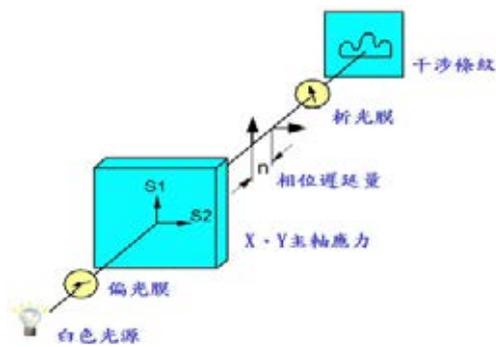


圖 4：應力偏光裝置量測應力原理

射，所以若以自然光來做一些如干涉、繞射等分光光譜觀測時，將會因為各方向光波的互相干擾而無法辨識。因此為方便於光譜觀測及便於以簡單數學方程式來表示，所以一般常用單方向之光波來作為觀測光源，而所謂單方向光源則是利用將白光光源，通過一單方向之光學偏光片，使其通過之光波都固定在一特定方向上。我們可以簡單拿兩片光學偏光片依前後放置在一白光光源前，當白光通過第一片偏光片時已成一單方向光波，若旋轉第二片偏光片觀察時，將會發現當兩片偏光片成平行時，可見到白光通過；但若兩片成垂直時，則呈黑暗無光線通過。

在有殘留應力存在的塑膠材料中，在特定平面上可將應力分成兩個主軸應力，此不均勻之應力將使材料產生兩個不同的折射率。因此光要通過此材料時，沿二個主軸應力方向振動的光波彼此有不同的速率，穿出材料時，則會有相對速度差產生。而此相位差將正比於平面上的兩個主軸應力之差值。所謂應力光學定律是指當一透明塑膠材料受應力時，其折射率會隨著所受應力變化而改變，當物體的應力狀態和光交互作用，則可藉由光彈條紋來推知物體的應力狀態。光彈性量測應力的方法其主要優點在於可瞭解外力作用瞬間或成型定型後，測試品整體的應力場分佈，可實際用於產品 QC 檢測上。



圖 5：應力偏光觀測裝置

透明塑膠材料遭受應力時將產生雙折射現象，當光線穿透具雙折射率的材料時，光在材料內進行的速度也會不同。當偏極光進入有應力作用之雙折射材料時，光線會分為較快速及較慢速兩光束，其速度差相對距離則稱為相位差或光程差或遲延 (retardation, R)。在單色光的光彈條紋中 (明暗條紋)，粗線的地方代表該點之主應力方向與 x 軸 (或 y 軸) 平行。因此兩道光之相位差為整數波長，因而造成光場之明暗條紋，光場之條紋可以肉眼觀察，條紋越密集的地方，表示應力愈大，亦即是應力集中的地方，也是材料較容易發生破壞時最先開始之處，圖 4 是應力偏光儀量測觀察應力之原理，而圖 5 是應力偏光觀測裝置。

應力偏光儀觀測透明塑膠件的殘留應力

對於光電產業常使用的透明性塑膠材料而言，目前最簡易可用來觀察材料內部殘留應力之方法，就是使用穿透式應力偏光儀，來觀測光線通過透明塑膠件後，所呈現之明暗干涉條紋 (使用單波長光源) 或七彩條紋 (使用白光光源)，如圖 6 所示。此方法是一種非破壞性的定性觀測方法，主要是利用塑膠受應力作用下之光彈特性，來觀測材料的雙折射率變化情形。此由 Brewster 的光彈性定律理論中可知，對於受應力作用而產生應變之高分子材料，其在空間中對光線的折射率將會有方向性的不同，換言之，也就是說塑膠

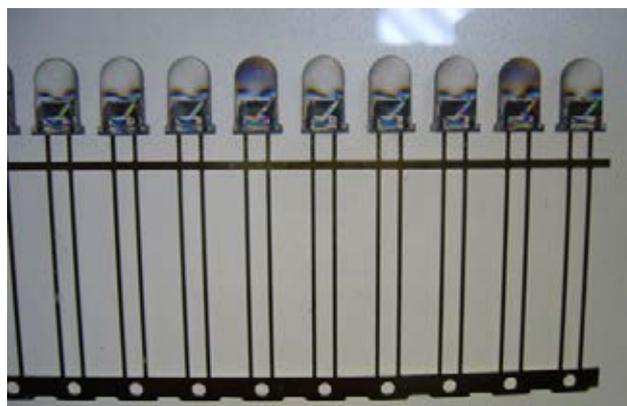


圖 6：應力偏光觀測可有效觀察高應力區域

材料在不同方向所受之應力分量不同，其在這些方向所表現之折射率也會不同，而其折射率之差異會與所受之應力程度成正比。

當射出模溫接近或超過塑膠之 T_g 溫度時，可有效消除雙折射現象，此即是由於流動所誘發之分子定向現象，可藉由使用較高模溫使分子有足夠動能及足夠時間來鬆弛分子應力。藉由將透明試片置於兩片正交之偏光板間，可觀察到較無散射之彩色光環，有較多區域呈現黑暗顏色，代表分子結構較無殘留應力存在。

塑膠是由長度很長之高分子鏈所組成，所以就微觀角度而言，在分子鏈平行與垂直方向所表現之物性並不一致，此就是高分子鏈的異方向特性 (anisotropic)，然而就整體高分子材料而言，因分子鏈間相互糾結成一團狀結構，所以單一分子鏈之異方向特性將不易被察覺；然而若因塑膠材料在加工時所形成之應力，將造成分子鏈之高度定向作用，則塑膠材料之異方向性將會顯現，利用材料內部應力產生之雙折射率，可用來觀察入射光因前進速度之差異所產生之相位差干涉條紋，藉此來反推內部應力之分佈情形。

圖 7 至圖 9 是一些透明塑膠成品之應力偏光觀測照片。圖 7 是 PC 材料射出平板成品，退火前後之應力偏光

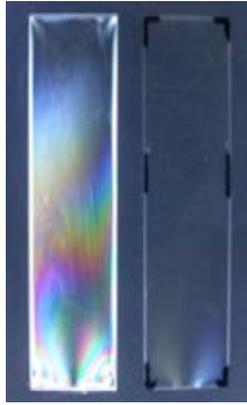


圖 7：熱回火 (annealing) 可有效減少殘留應力



圖 8：以肉眼觀測不同透明塑膠材料試片之結果

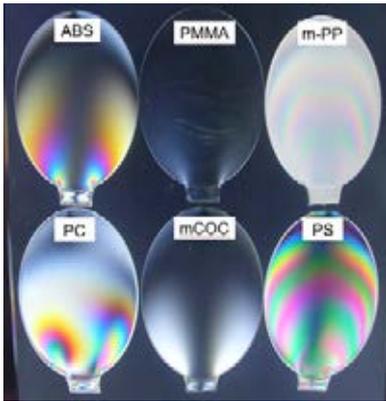


圖 9：以應力偏光觀測不同透明塑膠材料試片之結果

觀測。而圖 8 與圖 9 是多種透明性塑膠材料之圓片成品，在有無經過偏光照射時之應力分佈觀察情況，由此可明顯得知不同塑膠對成型應力之敏感性。

結論

所以應力偏光觀測透明塑膠殘留應力技術是一項相當簡易之定性觀測方法，可使成型加工業者在生產線上迅速獲得應力分布的資訊，也可迅速調整成型加工參數的設定，減少成品的殘留應力與減少產生破壞之可能性。■



岱冠科技成立於西元2000年，擁有一群具有專業電腦模擬分析及工程技術整合能力的工程師所組成的顧問團隊。

岱冠科技專注於工程分析、模擬、結構缺失和設計改善等顧問業務之經營，工程師均具有多項工程設計、模擬分析方面之專業技術，包括：金屬壓鑄、鍛造分析、沖壓分析、破壞力學及應力分析、疲勞及潛變分析、散熱處理、熱傳分析、壓電分析及金屬材料性質計算等。

ECSC was established in year 2000 by a group of CAE experts leading by Dr. Chen. ECSC offers a range of finite element analysis services including structural design and analysis of components, structural integrity evaluations, fatigue / failure analysis and vibration analysis. Through many years of practical experiences, ECSC has assembled a work team, which is highly professional in various industries including mechanical, biological, civil, energy, transportation, and manufacturing.

Our Professional Consulting Services:

- Die Casting / Forging / Stamping Analysis.
- Fracture Mechanics and Stress Analysis.
- Fatigue / Creep Analysis.
- Thermal / Stress Analysis.
- Piezoelectricity / Vibration Analysis.
- Material Property Calculation.



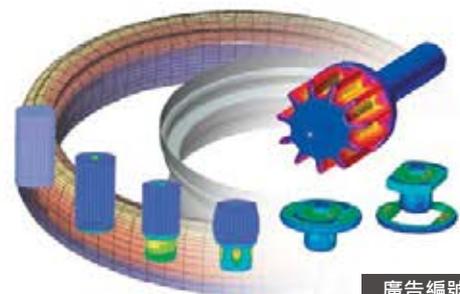
軟體代理

- ProCAST 鑄造模擬分析軟體
- PAM-STAMP 沖壓模擬分析軟體
- PAM-CRASH 三維結構碰撞模擬分析軟體
- CFD-ACE+ 計算流體力學模擬分析軟體
- Visual CFD OpenFOAM進階使用者介面
- Visual Environment 虛擬工程應用環境介面
- Virtual Seat Solution 虛擬座椅分析軟體
- VA One 全頻域振動聲學分析軟體
- SYSWELD 熱處理、鐸接模擬分析軟體
- IC.IDO 虛擬實境軟體
- SYSPLY 複合材料設計與結構分析軟體
- Simufact Forming 沖鍛模擬分析軟體
- Simufact Additive 金屬積層製造模擬軟體
- JMatPro 材料性質計算軟體
- ThinkDesign ID設計與模具設計軟體

And more...

服務項目

- 工程分析專案顧問
- 模擬分析專案顧問
- 結構缺失問題改善
- 設計問題改善
- 技術諮詢顧問
- 軟體發展專案
- 技術轉移、教育訓練
- 軟體導入規劃、整合與維護



廣告編號 2020-07-A11



沙特基礎工業公司

沙特基礎工業公司 (SABIC) 是全球領先的多元化化工企業，總部位於沙特利雅得。SABIC 的製造工廠遍布全球，包括美洲、歐洲、中東和亞太地區，產品涵蓋化學品、通用以及高性能塑料，農業營養素和鋼鐵。我們幫助客戶在建築、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市場發掘新的機會。2018 年，SABIC 的淨利潤達 57 億美元，銷售收入總計為 450 億美元。截止至 2018 年底，SABIC 的總資產達到 850 億美元。2018 年 SABIC 的總產量達到 7530 萬公噸。SABIC 業務遍及全球約 50 個國家，擁有逾 3.3 萬名員工。通過培養創新精神和獨創思維，我們在全球已經擁有 11738 項專利申請，並且在美國、歐洲、中東、南亞和北亞 5 個關鍵區域設有創新中心，擁有豐富的科研資源。

SABIC 攜 ULTEM™ UTF120 薄膜精彩亮相，為電氣元件打造領先的耐高溫解決方案

■樂榮貿易公司 / 盧朝和 經理

前言

從上世紀 80 年代開始，隨著電容行業規模的不斷擴大，大中華電容產業獲得迅速發展，並吸引了各國許多領先企業的大量投資。經過 20 多年來不斷地探索和蓬勃發展，薄膜電容的技術日益成熟，尤其為一些新興產品，如太陽能汽車、電動汽車、儲能焊機等領域帶來了全新的發展契機。

全球領先的多元化化工企業沙特基礎工業公司 (SABIC) 所推出的 ULTEM™ UTF120 薄膜被廣泛地應用於汽車、公共交通運輸、消費類電子產品、航空航太、DC-DC 轉換器、電動壓縮機、HID 照明、LED 照明和 LCD 背光燈等眾多行業。

ULTEM™ UTF120 薄膜為電容器應用提供有利條件

ULTEM™ UTF120 薄膜，具有優異的介電性能和絕緣性，能夠為電容器的應用提供有利條件，同時在目標頻率下保持較低的熱量損失，且可適用於耐高溫電容，可以說，雖然它的「個頭不大」，但卻「身懷絕技」。該產品適用於製造質量小、外形小巧、能量密度高的電容器，使電容器可以在更長的時間內存儲大量電能，且不會在高溫條件下出現明顯的電流洩漏或損失。

這一款薄膜產品系列可提供不同的厚度，以幫助滿足客戶特定的電壓要求，產品屬性穩定，適用溫度廣泛，頻率範圍廣闊，具有包含容值穩定、絕緣阻抗高、高介電常數 (Dk)，以及低損耗因子 (Df) 等特性。

此外，ULTEM™ UTF120 薄膜電容器在 -40 °C 到 150 °C 的溫度範圍中不僅可以提高產品的可靠性，而且還能有效減少甚至消除對逆變器應用主動冷卻的需要。例如，PP 和 PET 薄膜電容器通常需要採用冷卻循環系統進行降溫操作，而透過這款薄膜產品可以最大限度地減少對冷卻循環系統的使用需求。在傳統產品中，冷卻循環系統的使用會占據閥帽下方較大的空間，而且會對設計靈活性產生一定的限制。

採用 ULTEM UTF120 薄膜的電容器可以應用於高達 260 °C (行業標準工作溫度) 的回流焊接工藝流程中。另外，SABIC 薄膜產品還可以提供優異的金屬化蒸鍍、電容器捲繞和校平 (壓制) 等操作處理效果。這一產品可以在現有設備上進行加工處理，其操作可行性已在薄膜、箔片和金屬電極應用領域中得到驗證，涵蓋了平整、錐形和圖形化等多種金屬電極設計方案。



圖 1：ULTEM™ UTF120 薄膜，廣泛適用於耐高溫電容

關鍵性能和優勢

- 高達 200° C 的穩定高介電常數和低損耗因子
- 高達 200° C 的高擊穿強度
- 高溫尺寸和機械穩定性
- 支持 260° C 回流焊工藝
- 優秀的金屬黏合性（鋁、鋅、銅）
- 固有的阻燃性
- 支持標準膜厚 4、5、7 和 10µm（公差為 +/-5%）
以及客戶定製膜厚
- 設計和封裝的靈活性■

沙特基礎工業公司 (SABIC)

APAC- Segment Specialist

Ms. Cathy Hai

E-mail : cathy.hai@sabic.com

Greater China- Business Development Manager

Ms. Elaine Wu

E-mail : elaine.wu@sabic.com

樂榮貿易公司

聯絡人：盧朝和 經理

E-mail : jessy.lu@h-glow.com.tw



HONOUR GLOW Trading Co., Ltd.
樂榮貿易股份有限公司
珀榮国际贸易有限公司
AMBER LIGHT International Trading Co., Ltd.





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。



Moldex3D Studio 提供更便利的平坦度量測功能

■科盛科技 / 黃智揚 設計師

何謂平坦度

平坦度的計算方式為：透過最小平方法，計算出指定區域形變後的近似平面；接著找出平行於近似平面、且能完整包含量測區域的兩個面；這兩個面之間的最小距離便是該量測區域的平坦度（圖 1）。

平坦度是用以量測翹曲變形對平面的影響，以避免過大的變形造成產品瑕疵，降低未來量產時的潛在風險。若產品與其他物品的接觸面、對手件的裝配面平坦度量測數值過大，就表示平面變形嚴重，可能會造成產品無法水平放置，或是裝配無法密合。

平坦度預測之重要性

實際產品製造過程中，平坦度常用來評估產品品質。若連接器表面的平坦度過大，表示產品翹曲變形嚴重，表面的金屬端子在使用時可能會接觸不良；手機殼內部及內部零件表面的平坦度過大，造成安裝空間不足、零件互相干涉、零件鬆動等問題；鏡頭模組安裝面不平整，會影響照相品質；抬頭顯示器反光板之蒸鍍需要確保治具的平坦度，以降低製品在蒸鍍過程的變形量。由此可見，平坦度預測對於產品生產製造的重要性。

Moldex3D Studio 可清楚呈現平坦度的變形趨勢

Moldex3D Studio 支援平坦度量測功能，在產品設計前期評估平坦度是否符合標準，以提高產品製造良率、降低模具修改成本。

以汽車天線罩為例，若希望產品邊框能貼合平面，可以量測邊框的平坦度，確保邊框翹曲變形在誤差範圍內（圖 2）。若天線罩以螺絲固定在平面上，則可以量測所有配合的螺柱表面平坦度，檢視各螺柱面平坦度是否一致，確保所有接觸面不會偏離平面太多（圖 3）。搭配 Moldex3D 變形功能 (Deformation) 放大變形倍率，使用者即可清楚看出平坦度的變形趨勢（圖 4）。

結語

藉由 Moldex3D Studio 模流分析及便利的平坦度量測功能，比較各組別所產生的翹曲平坦度（圖 5），便能快速找出產品品質最佳的成型參數，有效降低產品生產成本。■

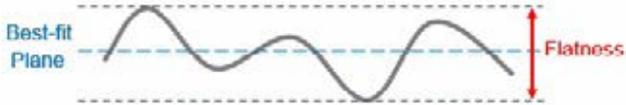


圖 1：平坦度的定義

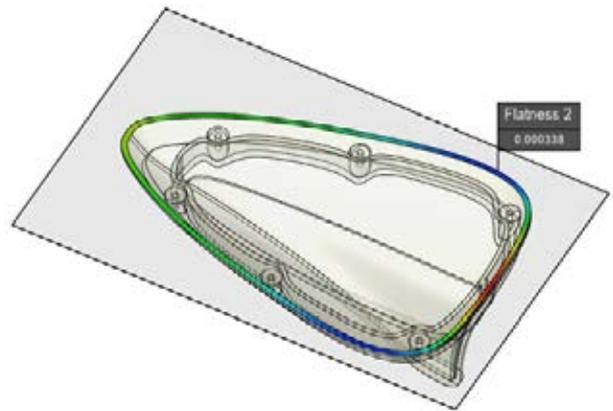


圖 2：量測天線罩邊框的平坦度

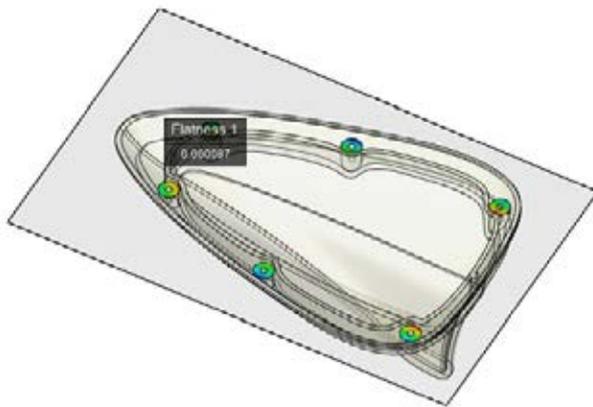


圖 3：量測天線罩螺柱面的平坦度

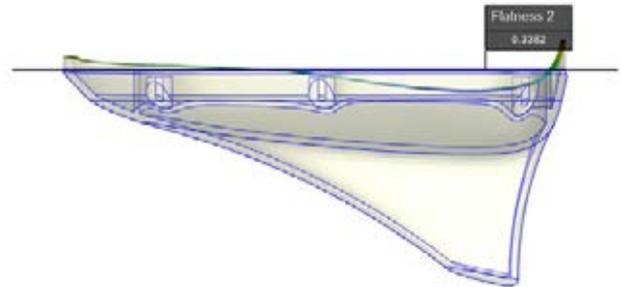


圖 4：搭配變形功能 (Deformation) 放大平坦度變形倍率

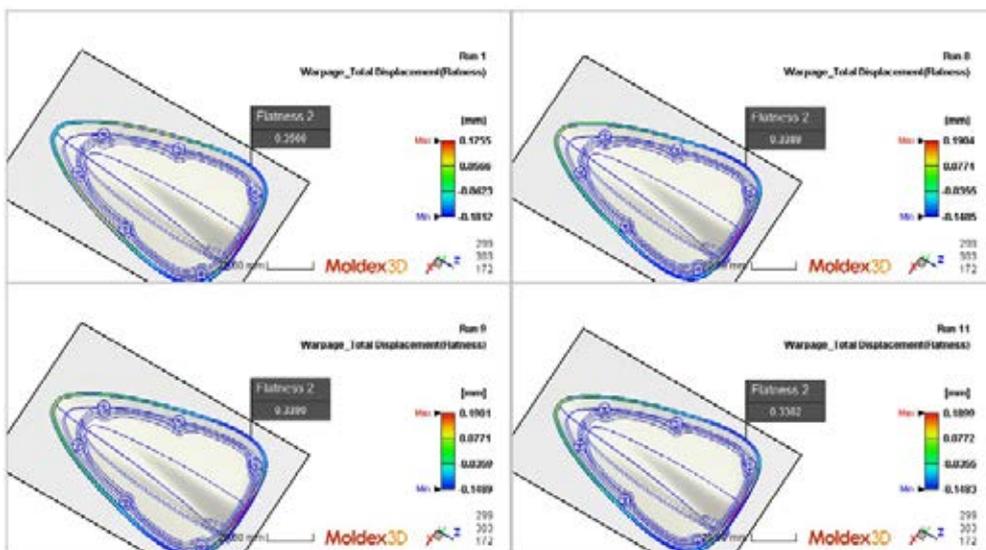


圖 5：比較不同參數所產生的平坦度



金陽（廈門）新材料科技有限公司

金陽（廈門）新材料科技有限公司總部位於廈門，是一家專注於高分子複合材料研究與運營的科技型公司。產品涵蓋通用塑料、工程塑料、特種工程塑料、日化及包裝等領域，包括阻燃材料、碳纖維增強複合材料、高耐侯材料、高導熱材料、可降解材料、包裝材料、離型材料等創新產品，為汽車、家電、家居、醫療衛生、電子電氣、建築環保、軌道交通、航空航天等行業提供創新材料解決方案。

5G 通訊設備更新換代下的材料創新

■金陽新材料

前言

新冠疫情發生後，全民開始居家隔離。隔離的這段時間，手機是陪伴人們為數不多的「忠實伴侶」，它幫助我們瞭解世界、連接情感、溝通信息與消磨時光。在移動互聯網時代，手機的重要性越來越突顯。對大多數現代人來說，無論是生活還是工作，缺少了手機都是極為不便的一件事。手機，已經名副其實地成為人體之外最重要「器官」。

隨著 5G 時代的到來，以手機為代表的通訊設備將進行新一輪的迭代升級。摩爾定律下，芯片每隔 18 個月左右就會更新換代。消費者對 5G 手機的消費需求只增不減。與此同時，為 5G 終端應用提供信號傳輸的基站等通訊設備，也將迎來新一輪增長。

由於 5G 對通信傳輸速率和信號強度等方面的要求提高，因此手機、基站等硬件載體對材料有著更高的需求。通訊設備的升級，首先離不開材料的升級。譬如華為在 2020 年初推出的旗艦機 P40PRO，大尺寸 OLED 曲面屏令人愛不釋手。這塊曲面屏採用了可彎曲的塑料材料。

作為領先的高分子複合材料供應商，金陽開發了許多應用於日常生活場景的高性能材料，其中就有幾款可

滿足日益提升的通訊設備應用需求。

阻燃 ABS，讓 5G 基站電源更安全

5G 的普及，首先需要建設大量的 5G 基站，這些基站將手機等終端設備無縫連接起來。為了保障基站設備安全穩定的運行，必須使用 UPS（不斷電供應系統）提供穩定、不間斷的電力供應，而蓄電池作為 UPS 的主要設備之一，對材料的阻燃、耐熱等性能要求較高。

金陽開發了多個牌號的阻燃 ABS，如阻燃 ABS-S300-FR100、阻燃 ABS-S300-FR110、阻燃耐熱 ABS-S300-FR210HT 等，它們的阻燃級別達到 V0，具有高耐熱、高衝擊、高光澤等特點，可滿足 5G 通訊基站蓄電池殼體的應用需求。

PPA，讓手機中框輕薄且強大

在手機屏幕大屏化的趨勢下，窄邊框越來越成為主流。手機必須要有更為強大的中框結構，來保證屏幕的穩定性。PPA（耐高溫尼龍）具有較高的耐熱性和較低的吸水率，與金屬有良好的粘結強度，通過玻璃纖維增強的高溫尼龍材料可提供短時大於 260°C 的高溫，適用於 SMT 工藝，是製造手機中框的上佳選擇。

金陽開發的 PPA 材料（例如圖 9 中的金陽 HG30E），



| 性能 | 密度 | 熔體流動速率 | 拉伸強度 | 斷裂伸長率 | 彎曲強度 | 彎曲模量 | 缺口衝擊強度 | 維卡軟化點 | 阻燃等級 |
|------|-------------------|-------------|-----------|-----------|----------|----------|-------------------|-------------|-------|
| 檢測標準 | ISO1183 | ISO1133 | ISO527 | ISO527 | ISO178 | ISO178 | ISO179 | ISO75-2 | UL94 |
| 檢測條件 | 23°C | 220°C, 10kg | 50 mm/min | 50 mm/min | 2 mm/min | 2 mm/min | 23°C | 5KG, 50°C/h | 3.2mm |
| 國際單位 | g/cm ³ | g/10min | MPa | % | MPa | MPa | KJ/m ² | °C | - |
| 典型值 | 1.18 | 35 | 40 | 20 | 60 | 2200 | 20 | 83 | V0 |

圖 1：左為金陽阻燃 ABS-S300-FR100 製成的蓄電池殼體，右為金陽 S300-FR100 物性表



| 性能 | 密度 | 熔體流動速率 | 拉伸強度 | 斷裂伸長率 | 彎曲強度 | 彎曲模量 | 缺口衝擊強度 | 維卡軟化點 | 阻燃等級 |
|------|-------------------|-------------|-----------|-----------|----------|----------|-------------------|-------------|-------|
| 檢測標準 | ISO1183 | ISO1133 | ISO527 | ISO527 | ISO178 | ISO178 | ISO179 | ISO75-2 | UL94 |
| 檢測條件 | 23°C | 220°C, 10kg | 50 mm/min | 50 mm/min | 2 mm/min | 2 mm/min | 23°C | 5KG, 50°C/h | 3.2mm |
| 國際單位 | g/cm ³ | g/10min | MPa | % | MPa | MPa | KJ/m ² | °C | - |
| 典型值 | 1.18 | 35 | 38 | 20 | 58 | 2100 | 22 | 88 | V0 |

圖 2：左為金陽阻燃 ABS-S300-FR110 製成的蓄電池殼體，右為金陽 S300-FR110 物性表

具有高强度、高模量、高耐熱的特點，具有出色的機械強度及尺寸穩定性，應用於全塑手機中框性能出眾，熱膨脹係數與金屬相當，適用於奈米射出，可生產高强度手機中框。

增強 PC, 讓手機支架輕薄且牢固

以金陽 C601 牌號為例，該款產品具有高剛性、玻纖填充、低收縮率、尺寸穩定、表面光澤性好等特點，在手機支架的薄壁化、外觀效果等方面均有出眾表現。C601 通過優化增韌劑，改善玻纖在基體樹脂的分散，在高性能的同時擁有更好的外觀。此外，為了適應產品薄壁化的要求，C601 通過優化潤滑的選擇，在保持性能的同時，賦予材料更高的流動性。

增韌 PC, 讓手機外殼有顏且耐用

以金陽 C200 牌號為例，該款產品具有高韌性、耐化學開裂、易噴塗等特點，在熱穩定性、顏色穩定性、流動性等方面擁有比普通 PC 更强的性能。不僅如此，它在噴塗後也有著比普通 PC 更高的性能保持率。■



| 性能 | 密度 | 熔體流動速率 | 拉伸強度 | 斷裂伸長率 | 彎曲強度 | 彎曲模量 | 缺口衝擊強度 | 維卡軟化點 | 阻燃等級 |
|------|-------------------|-------------|-----------|-----------|----------|----------|-------------------|-------------|-------|
| 檢測標準 | ISO1183 | ISO1133 | ISO527 | ISO527 | ISO178 | ISO178 | ISO179 | ISO75-2 | UL94 |
| 檢測條件 | 23°C | 220°C, 10kg | 50 mm/min | 50 mm/min | 2 mm/min | 2 mm/min | 23°C | 5KG, 50°C/h | 3.2mm |
| 國際單位 | g/cm ³ | g/10min | MPa | % | MPa | MPa | KJ/m ² | °C | - |
| 典型值 | 1.19 | 30 | 40 | 20 | 60 | 2200 | 18 | 92 | V0 |

圖 3：左為金陽阻燃 ABS-S300-FR210HT 製成的蓄電池殼體，右為金陽 S300-FR210HT 物性表

| 性能 | 密度 | 熔體流動速率 | 拉伸強度 | 斷裂伸長率 | 彎曲強度 | 彎曲模量 | 簡支梁缺口衝擊強度 | 簡支梁無缺口衝擊強度 | 負載熱變形強度 | 燃燒性能 |
|-----------|-------------------|----------|-----------|-----------|----------|----------|-------------------|-------------------|---------|-------|
| 檢測標準 | ISO1183 | ISO294-4 | ISO527/2 | ISO527/2 | ISO178 | ISO178 | ISO179/1 | ISO179/1 | ISO75 | UL94 |
| 檢測條件 | 23°C | 23°C | 50 mm/min | 50 mm/min | 2 mm/min | 2 mm/min | 4mm, 23°C | 4mm, 23°C | 1.80MPa | 1.6mm |
| 國際單位 | g/cm ³ | % | MPa | % | MPa | MPa | KJ/m ² | KJ/m ² | °C | / |
| 典型值 HG30E | 1.44 | 0.3-0.8 | 175 | 3 | 250 | 8500 | 11 | 60 | 280 | HB |

圖 4：金陽 HG30E 物性表

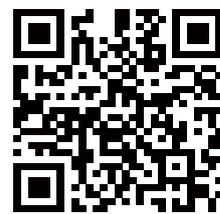
| 測試項目 | 測試標準 | 單位 | C601 |
|----------------|-----------|-------------------|------|
| 密度 | ISO1183-1 | g/cm ³ | 1.29 |
| 拉伸強度 | ISO527-2 | MPa | 60 |
| 斷裂伸長率 | ISO527-2 | % | 6 |
| 彎曲強度 | ISO178 | MPa | 95 |
| 彎曲模量 | ISO178 | MPa | 4200 |
| 簡支梁沖擊強度(缺口) | ISO179-1 | KJ/m ² | 18 |
| 熔體流動速率 | ISO1133 | g/10min | 11 |
| 熱變形溫度(1.82MPa) | ISO75-2 | °C | 120 |
| 填充量 | | % | 15 |

圖 5：金陽 C601 物性表

| 測試項目 | 測試標準 | 單位 | C200 |
|----------------|-----------|-------------------|-------|
| 密度 | ISO1183-1 | g/cm ³ | 1.175 |
| 拉伸強度 | ISO527-2 | MPa | 54 |
| 斷裂伸長率 | ISO527-2 | % | 65 |
| 彎曲強度 | ISO178 | MPa | 80 |
| 彎曲模量 | ISO178 | MPa | 2050 |
| 簡支梁沖擊強度(缺口) | ISO179-1 | KJ/m ² | 58 |
| 熔體流動速率 | ISO1133 | g/10min | 10 |
| 熱變形溫度(1.82MPa) | ISO75-2 | °C | 120 |
| 特點 | | | 霧噴塗 |

圖 6：金陽 C200 物性表

TAIMOLD
2020



facebook 展昭科技展 | 搜尋

TAIPEI INTERNATIONAL
MOLD & DIE INDUSTRY FAIR

2020台北國際

模具暨模具 製造設備展

8 ▶ 19-22

台北南港展覽館二館
Taipei Nangang Exhibition Center, Hall 2

熱烈徵展中

145,940 人次

140+ 廠商

260+ 攤位

模具4.0
主題環扣



智慧塑膠模具



金屬加工技術



精密光學模具



模具軟體應用

廣告編號 2020-07-A12

報名諮詢: (02)-2659-6000 / Ms. Ivy Lin #192 / Mr. Harry Yang #107 / Show@chanchao.com.tw

主辦單位: 台灣區模具工業同業公會 / 三維列印協會 / 社團法人台灣區電腦輔助成型技術交流協會 / 展昭國際企業股份有限公司



龍成塑膠

龍成塑膠成立於台中地區，至今已累積三十年以上的製造經驗，代工過無數的產品，工廠面積佔地約六百坪，涵蓋射出廠區、組裝廠區，以及充足的倉儲空間。我們不只是塑膠射出廠，我們是產品代工專家。龍成的整合性代工服務，讓致力於生產變得更簡單，我們提供塑膠產品的開發、製造、加工、組立包裝等服務，以及整合複雜的製程及工序，一次打包客戶的所有需求。我們的代工產品有：音響喇叭、泵浦零件、家電及工業用品、透明類塑膠製品，以及文創產品等各種客製化的塑膠產品。

射出成型穩定的關鍵：淺談塑料流動阻力

■ 龍成塑膠 / 林義閔 工程師

前言

影響塑膠射出的流動阻力，可以從產品設計、原料選擇、模具設計、射出參數等四個面向來探討。而射出成型穩定的關鍵，也來自於塑料流動阻力的大小與變化。換句話說，塑料在射出過程中的順暢度，與流動阻力的大小有著密不可分的關係。造成流動阻力增加的原因可分為 6 大類，分別為：料溫太低、模溫太低、射速太慢、澆口太小、排氣不良、流長比太長。

料溫設定

塑膠流動的六大阻力中，「料溫設定」的影響程度最大。塑膠原料在料管裡熔融的狀態，可以想像成塑膠的分子鏈變鬆散的狀態，假設原料在料管中的溫度為 200 度，當溫度升高至 220 度時，分子鏈糾纏的狀況會更為蓬鬆。簡單來說，當溫度上升時，塑料的黏度就會下降，而當黏度下降時，流動性就會提高。舉個例子，假設將 ABS 原料分別用 200 度及 220 度充填，料溫 220 度的 ABS 會跑得比較快。因此，適度地提高料溫，能改善流動性，進而降低流動阻力。不過，在使用高料溫生產時，需注意以下 3 點：原料種類、產品顏色、生產週期。

1. 原料種類：在射出成型時，如使用的原料為「防火料」、「熱穩定性較差的料」及「酸性料」，在進行料溫加熱時，反而能低就不要高。由於這三類的

原料，容易因為高溫造成「原料裂解」或「物性降低」等風險。此外，也容易在加工過程中，揮發有毒氣體，對人體產生傷害。

2. 產品顏色：當射出的產品顏色為白色、透明色或淺色時，容易因為料溫較高的因素導致成品出現色差、或是有輕微黃化的現象。因此，在使用高料溫時，也需要特別注意。

3. 生產週期：為確保生產品質，任何一種原料都不能在料管中停留太久，建議塑料在料管中停留的時間，以不超過 3 至 5 分鐘為原則，熱敏感度愈高的原料，能停留的時間會愈短。

模溫設定

增加流動阻力的第二個因素：「模溫太低」。當模具的溫度較低時，皮膚層增厚的速度快，流動阻力的增加也快。反之，使用高模溫時，流動阻力增加慢，塑料較容易充填模腔，也就是比較容易射出。一般來說，原料的加工溫度愈高，或加工溫度範圍愈小時，經常會使用高模溫來射出，比方說，塑膠尼龍 (Nylon) 或 PC 料，在生產時大多需要使用高模溫；另外，當產品肉厚太薄時，為了降低流動阻力，往往也會使用高模溫進行生產。而在射出成型過程中常見的三種水式

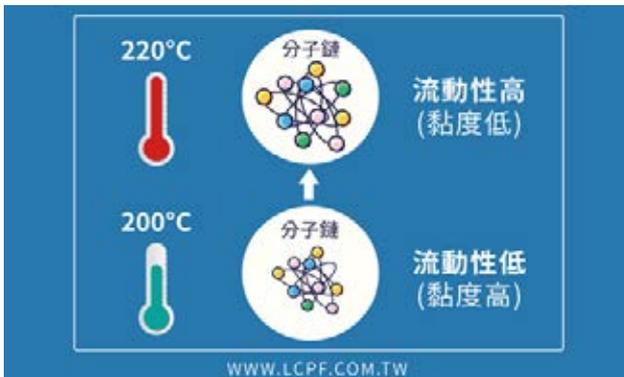


圖 1：料溫高低對流動性的影響

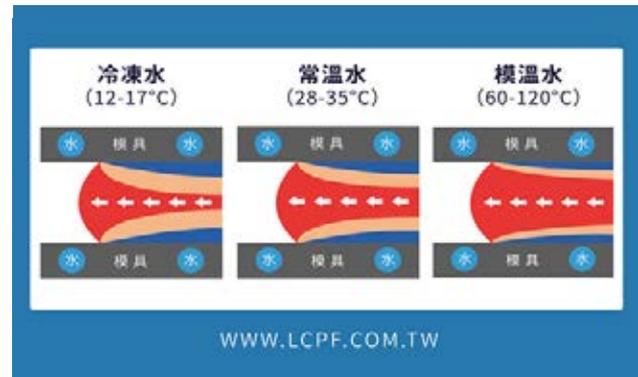


圖 2：模溫高低對固化皮膚層的影響

冷卻方式，分別為常溫水、冷凍水及模溫水。

- 1. 常溫水：**所謂常溫水，顧名思義就是接近當下環境溫度的水，水溫大約在 28 至 35°C 左右。大多數的射出廠，為了節省成本，最常使用「常溫水」來作為模具冷卻的循環水。但常溫水容易因為氣候因素導致溫度上的落差，當水溫不穩定時，塑料在模具內產生的皮膚層的速度就會不同，射出時的流動阻力也會不同，最終影響生產品質的穩定性。
- 2. 冷凍水：**冷凍水指的是經過冷凍機降溫後的水，水溫大約為 12 至 17°C。冷凍水的優點，則是可以幫助射出時快速地建立皮膚層，並縮短生產週期，但射出阻力會較大，需要看產品的肉厚設計，以及產品是否可以符合外觀要求。
- 3. 模溫水：**模溫水指的是經過模溫機加熱後的水，水溫大約為 60 至 120°C。雖然水溫提高有助於射出成型，但溫度上限最好是設在該原料「熱變形溫度」下 10°C，以避免頂出變形或冷卻時間過長。

除了常溫水的溫度會隨氣候變化之外，模溫水和冷凍水都是屬於定溫式，如果非常在意模具溫度變化的產品，也可以透過這兩種冷卻設備控制模具溫度，如此一來也能提高生產穩定的精度。

射出速度

增加流動阻力的第三個主要因素：「射速太慢」。因為塑膠屬於「非牛頓流體」，會呈現「剪切致稀」的狀態。不同的產品設計與不同的原料，對於射速的需求都不一樣。但只要射出的速度太慢時，就不容易產生剪切致稀，也不容易有剪切熱，這會造成塑料的流動性較差，加上模具的溫度相對於塑料較為冰冷，因此，所產生的冷卻固化層就會比較厚。

原料一旦進入模具，開始接觸到模面時，也就是冷卻時間的開始。當接觸時間愈久，成品的皮膚層就愈厚，流動的芯層就愈狹小，進而造成流動阻力的增加。換句話說，模內流動的剪切熱與冷卻水在持續競爭，流動愈慢時，則熱源流失愈快。但在使用高射速時，建議可以用三段射速作為基本設定概念，以慢、快、中三種射速作為調機的參數模型。第一段的「慢速」，主要以緩慢通過進澆口位置，可避免剪切熱過高或噴流痕；第二段的「快速」，以快速充填 70 至 80% 模穴空間為主，避免皮膚層太厚；第三段的「中慢速」，目的是降速緩衝和排氣，可提升生產的穩定度和精度。而三段射速的概念，也可依產品結構與外觀要求，降為兩段或增加為四段。

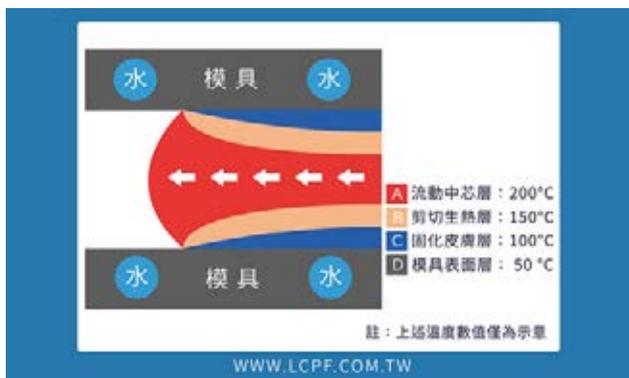


圖 3：塑料流動的固化層、剪切層、芯層的溫度變化

流道與澆口

增加流動阻力的第四個因素：「澆口或流道過小」。一般來說，流道分為半圓形、圓形、梯形以及改良式梯形等，其中以圓形與改良式梯形的設計較佳。相較之下，圓形的流道，能讓塑料在形成皮膚層後，其流道仍保有較大的流動空間，而半圓形的流動空間則顯得較為狹小。在進行模具設計時，流道與澆口大小並不是愈大就愈好。流道的大小適中就好，當流道愈粗，料頭的重量愈重，原料的損耗與成本就會提高。

而原料經過流道在進入成品前的入口，就是「澆口」。當澆口的截面積愈小，塑料可以流動的空間就會愈小，此時就會產生流動阻力，也可以視為射出壓力的損失。常見的進澆方式有直接進澆、側進澆、搭接進澆、潛伏式進澆、扇形進澆、環狀進澆等。澆口愈大，則射出的壓力損失愈少，且澆口凝固封閉的時間較慢，對於需要長時間保壓或 L/T 比較大的產品，有明顯的效果。但大澆口的缺點則是成品與料頭的分離往往需要人工修剪，不容易做到自動料頭分離，也耗費更長的工時。

排氣不良

影響塑膠流動阻力的第五個因素就是「排氣不良」。模具排氣的良好與否，與射出末段的流動阻力有絕對

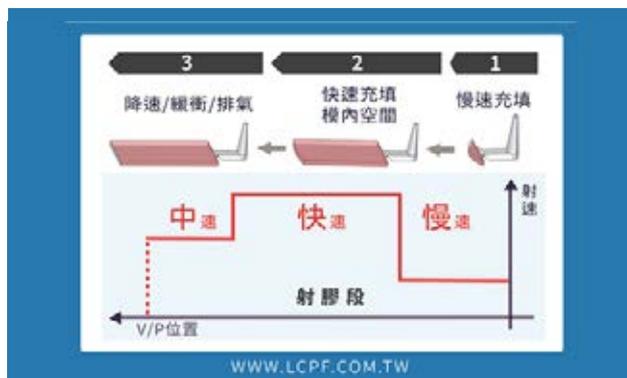


圖 4：射出充填段的基礎射速設定

的關係。模具每一次在進行合模時，即使公母模內是空的，但也會將空氣包覆進去。模具裡的空氣體積等同於整模成品的體積，因此，射出多少塑料，就應該要排出多少氣體。當塑料進到模具後會壓縮模腔內的空氣，導致模腔內壓增高，進而增加流動阻力。當模具排氣不良時，到了射出末段，流動阻力就會急速上升，甚至會因為過度壓縮熱空氣，造成最終產品出現高溫裂解或焦黑的狀況。

當模具排氣的效率愈好，射出時的流動阻力就會愈低，也會愈容易成型。此外，除了模具本身的排氣要好，在生產過程中，定期地清潔模面也很重要。由於塑膠原料是由石油提煉出來的化合物，在遇到高溫時，會產生微量的氣體與油漬，也就是俗稱的「瓦斯氣」，在生產一段時間後，模具上的排氣溝會被瓦斯氣阻塞，造成氣體殘留在模具中，進而影響日後生產品質的穩定性。

流長比過長或肉厚太薄

影響塑膠流動阻力的第六個的因素便是「流長比過長或肉厚太薄」。流長比 (L/t) 就是塑料的「流動長度 (T) 除以「流動厚度 (t)」。流長比的計算方式如下： $L/t=L1/t1+L2/t2+L3/t3$ 流動比愈長，充填到成品末端時的阻力愈大。當射膠壓力小於流動阻力時，塑料就

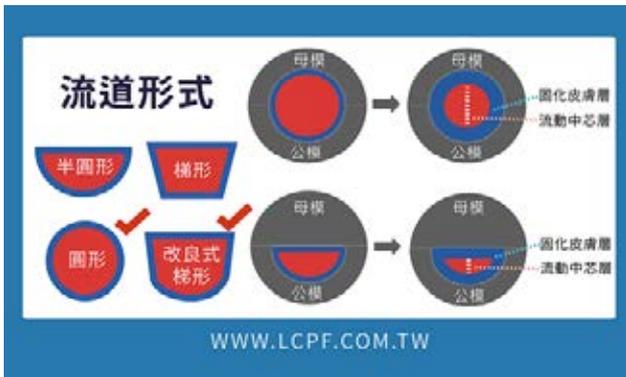


圖 5：流道形狀對流動阻力的影響

可能無法順利前進，導致成品末端出現短射的情形；而肉厚太薄時，也會有同樣的影響，因為肉厚 t 太小時，即使是短距離，其流長比也會大大地增加。皮膚層建立後，中間可流動的芯層就會相對狹小，射出阻力自然增大。流長比過長的成品，對於射出機臺的射速和射壓負擔大，容易造成生產不穩定的現象。

如果成品與模具本身的設計，已經造成較大的流長比，該如何以調機的方式來改善呢？在此提供幾個簡易的方法：(1) 提高料溫，增加原料的流動性；(2) 提高射速，增加剪切熱，並與凝固層搶快；(3) 提高模溫，延緩凝固層增厚的速度。假使已經無法透過調機來克服難題，則建議可以考慮從流道、澆口、排氣等三方面調整模具狀況。

總結

影響射出成型穩定的關鍵，可以從很多面向來探討，筆者僅以流動阻力的角度，簡易地提供相關的經驗與看法。產品設計、原料選擇、模具設計、射出參數等四個方面，都會交互影響著流動阻力，因此如果可以在產品設計及模具開發階段，就降低可能產生的流動阻力，則可以有效地加大加工成型的視窗範圍，並提高量產的穩定性。■

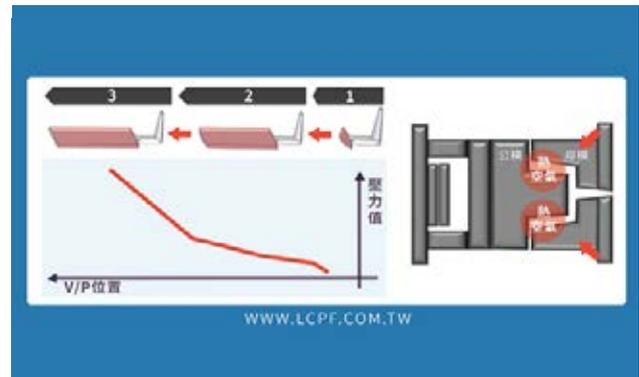


圖 6：模具排氣的重要性

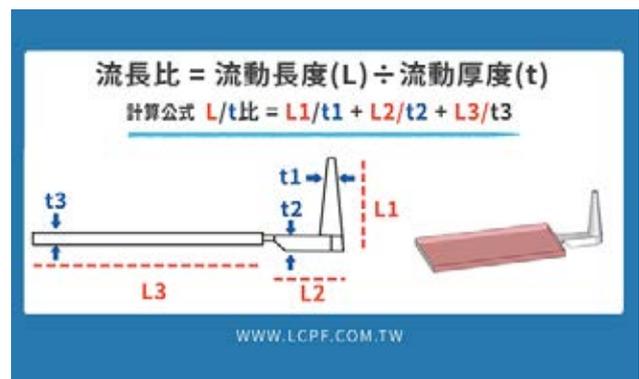


圖 7：流長比的簡易計算公式

致謝

特別感謝業師——胡雲宏老師的細心指導與耐心教學，讓我得以快速地理解射出成型的實務與理論。



工研院雷射與積層製造科技中心

工研院雷射與積層製造科技中心於2008年開始發展工業應用等級光纖雷射源，由連續式(CW)、奈秒(Nanosecond)、皮秒(Picosecond)到飛秒(Femtosecond)雷射源，持續累積雷射源基礎智權與專利。2013年成立雷射源試量產場域，提供雷射源、新材料測試服務與雷射加工機台整體解決方案，協助國內業者建立雷射加工產線，近年來已服務超過百家，業務範圍遍及全台灣，未來將持續擴展服務範圍至美國、歐洲、中國及東南亞。

決勝先進製造時代：臺灣金屬積層製造產業應用

■ 工研院雷射與積層製造科技中心

前言

積層製造 (Additive Manufacturing, AM)，可實現快速原型製造、高度客製化設計、材料多元使用等特性，可將產品開發及工序由現有時程大幅壓縮至一半以下，讓製造商在「產品設計→製造工序→功能測試→產品出貨」流程中，達到省工序、省時間、省成本等「三省」之高效率製造紅利。已在模具、半導體、汽機車零組件、航太及醫療等產業均具有大量的實績運用。

全球知名 AM 廠商與研發單位，皆如火如荼地勾勒積層製造在工業 4.0 未來工廠之情境，搭配物聯網、智慧機器人及巨量資料分析，朝開放架構、模組化可擴充、與前後段多站式連結，實現跨場域之智能化整線彈性製造之新里程碑。

傳統加工多樣少量高值需求與加工極限之挑戰逐漸浮現，如對於深槽、深孔、高曲率與高深寬比的特殊需求，以及複雜形貌加工，甚至內部複雜水路或特殊結構均非常難以製作或實現。積層製造技術，以逐層堆積製造之加法式製造方法加工，解決傳統加工之瓶頸與限制，減少廢料產生，更可縮短複雜工件之工期，免除多道製程以及轉換加工機所需的時間，大幅提升製造效率。

顛覆造物原則，帶動製造升級

積層製造技術，由塑膠桌上型製造系統的普及化，帶動許多文創業者的實踐與商品化，技術上更由塑膠打樣進展到金屬直接成型（如圖 1）。功能性零組件的實踐，帶動新一波積層製造工業材料與應用的發展，未來除了成為金屬加工不可或缺重要一環，更將引領產業邁入下世代製造。

積層製造技術分成七大類 [1][2]，其詳細的定義以及技術說明如圖 2 所示。其中，粉床熔融成型技術 (Powder Bed Fusion, PBF) 與雷射金屬沉積技術 (Laser Metal Deposition, LMD) 所製作的成型品質接近傳統塊材緻密度，甚至成品機械強度已超過傳統鑄造元件，對於工業上直接應用的價值性更高，本文主要針對粉床熔融成型技術之創新應用作介紹。

根據 Wohlers Report 2019[3] 報告，2018 年全球積層製造市場產值（包括設備與服務）年成長率 33.5% 達到美金 97.95 億美金（圖 3 左）。同時預估積層製造產業將持續性地快速成長（圖 3 右上），在 2020 年產值將達 158 億美元，到 2024 年攀升至 356 億美元。圖 3 右下可看出近年來金屬設備安裝量急劇增加，目前全世界已有 2297 臺金屬設備。臺灣設備也成長到 60 多臺，包含由工研院、中科院及東臺精機（工研

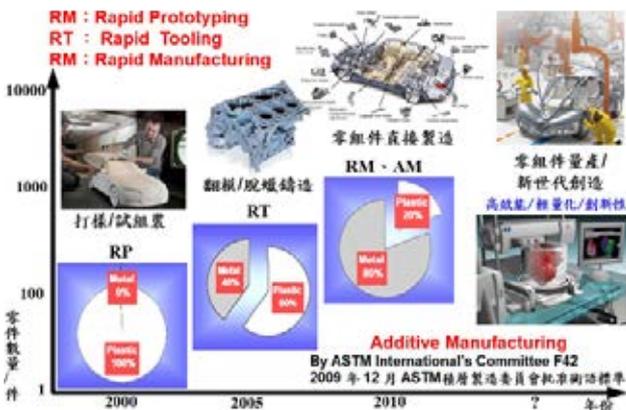


圖 1：積層製造技術應用演進（工研院彙整）

| 圖示 | 製程 | 應用材料 | 技術敘述 |
|----|--|----------------------------|---|
| | 光聚合固化技術 Vat Photopolymerization (VP) | 塑膠 陶瓷(第二次噴) | 利用雷射或紫外光在光固化樹脂上，依需求製造輪廓進行照相固化，材料形成硬化層。 |
| | 材料噴射成型技術 Material Jetting (MJ) | 塑膠 /陶瓷(第二次噴) | 運用雷射將特殊光聚合樹脂，依微米之2D斷面輪廓進行噴塗，逐層完成噴塗後機利用紫外光將雷射光聚合樹脂產生自固化，逐層的噴塗與固化，堆疊形成三維實體形狀。 |
| | 黏著劑噴射成型技術 Binder Jetting (BJ) | 石膏 金屬(第二次噴) 陶瓷(第二次噴) | 將石膏與砂之粉末材料鋪成一薄層，依所需斷面輪廓使用噴塗器噴塗黏著劑，將粉體黏結成型。 |
| | 材料擠射成型技術 Material Extrusion (ME) | 塑膠 | 以加熱方式擠出膠狀之熱塑性材料，並將材料均勻擠出成型。 |
| | 粉末床噴射成型技術 Powder Bed Fusion (PBF) | 塑膠/金屬 陶瓷(第二次噴) | 將材料、金屬或砂之粉末材料鋪成一薄層，依所需斷面輪廓利用雷射能量，將粉末材料束結成實體。 |
| | 疊層製造成型技術 Sheet Lamination (SL) | 紙/塑膠 金屬(非真空) | 薄板材料(紙/塑膠或金屬)捲軸帶動滾刀與雷射切割進行，再透過堆疊黏合成型。 |
| | 直接能量沉積技術 Directed Energy Deposition (DED) | 金屬 | 雷射聚焦在材料表面將材料熔結成熔池，邊噴射供給金屬粉末，於熔池處堆積成層成型。 |

圖 2：七大積層製造技術（工研院彙整）

院技轉）投入自主設備 20 多臺。圖 4 顯示積層製造應用方式之比例，功能性產品及終端產品應用比例達 56.3%，可看出應用轉變為功能性產品實際應用為最大比例。

金屬積層製造技術與特色

粉床熔融成型 (PBF) 與雷射金屬沉積 (LMD) 技術，加工方式均是使用雷射能量將金屬粉末熔融後固化成型，兩者間的技術差異為，PBF 其成品尺寸擁有較佳的精度與粗糙度，且其製程因有粉床支撐可成型較複雜形貌，但缺點是成型尺寸必須遷就腔體尺寸，建立成型必須由工作平面起始；LMD 則可直接進行大尺寸零組件成型，並可在三維空間曲面上批覆或進行修補，缺點為設備成本較為昂貴，成品尺寸精度與粗糙度較差；若以尺寸區分使用時機，建議小於 50cm³ 體積或要求細節之產品使用粉床熔融成型，反之或曲面之接續製作則建議使用雷射金屬沉積。

金屬積層製造 (AM) 特色，實踐複雜形貌、複雜流道及內部結構，與傳統加工相比，AM 可複雜少量及客製化批量製造，傳統加工量產會優先選擇開發模具鑄造生產方式，量產的總量多寡會直接影響到開發模具的成本效益，如複雜金屬零組件快速打樣、3C 模具快

速製作、牙冠客製化量產與手術器械製造等，即為本技術切入應用的機會。此外，製造複雜零組件若以傳統加工形貌越複雜製作成本相對越高，如異形水路模具、具散熱內流道葉片、輕量化零組件、高散熱面積元件，甚至特殊結構之功能性醫材等，傳統加工方法可能需要透過特定的機密加工設備，如五軸數值控制加工機，生產過程中設備機臺間的轉換同時也會造成時間成本增加，積層製造技術在複雜成型上具有相當大的優勢。

積層製造創新應用，突破低成本代工瓶頸

工研院投入金屬積層製造專用材料與製程設備之研發，擁有完整的設計、分析、模擬、設備開發、製造、後處理經驗。工研院具備完整研發能量，且在試量產工場可協助產業新創產品，透過提供完整試量產及研發服務，以期促進臺灣更前瞻、更全面的創新應用，引領臺灣突破低成本代工之瓶頸。

(1) 模具應用

以塑膠射出成型模具應用為例，現有水路製作皆以鑽頭直進直出鑽出直孔，水路很難順著產品形貌貼近模仁表面，亦常遭遇複雜形貌或模具肉厚較薄處無法建立水路問題，導致產品可能因為熱不均勻的影響，造成產品變形翹曲、表面紋理缺陷、尺寸精度不良、肉

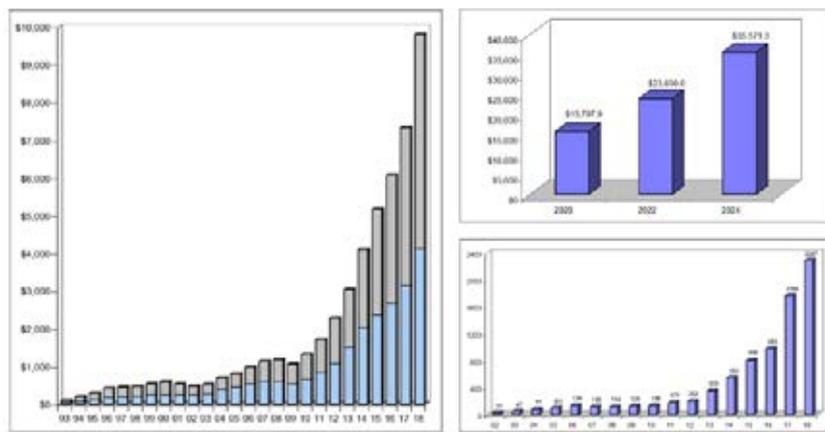


圖 3：左圖為全球積層製造設備及服務成長趨勢（單位：百萬美元）；右上為整體市場預估；右下為金屬積層製造設備安裝量 (Wohlers Associates, Inc-2019)

厚處內部產生氣泡或冷卻時間過長等問題。藉金屬積層製造所產生之內部水路流道可貼近模仁表面，建立長條斷面或其他更適合產品形貌之特殊斷面水路，製作出三維立體更高效之近形水路，以提高冷卻效率減少產品缺陷；圖 6 為 LED 燈殼模具應用案例，藉本技術製作之水路模具其冷卻時間從 390 秒縮短到 110 秒，且內部幾乎無氣泡生成之問題。

(2) 歧管應用

歧管應用範圍非常廣泛，現有的傳統製造方式多以精密切割與焊接完成多管合一的製作過程，程序複雜需要耗費大量的時間與製造成本，尺寸精度掌控不易，考慮空間與重量限制下許多設計更是無法製造，尤其在航太等嚴苛環境下許多非一體成型之元件將隱藏很多潛在破壞風險；圖 7 所示，許多相關產品藉金屬積層製造一次完成多件合一，達到更流暢管路設計效果。透過金屬積層製造的方式，在歧管的設計上，能夠以歧管的空間限制以及性能設計為主要考量，而不必受傳統加工條件限制，侷限歧管的設計變化與性能。圖 8 所示，利用金屬積層製造歧管，能夠讓歧管角度與管路變化有最大自由度，進一步透過模擬分析設計出最佳效能的理想歧管管路。

(3) 醫材應用

醫材是最符合多樣少量之需求，目前國際上投入研發與應用的產品，如圖 9 所示，包括：頭部、顏面與口顎彌補物、客製化牙冠、牙根與骨釘、脊椎植入物與固定板、關節植入物及客製化器械等，皆以金屬積層製造複雜形貌之特色，或結構製作特色實踐仿生結構增加骨整合效果，國外已有多項產品取得終端 FDA 與 CE 認證，證明此技術製作之醫材產品已可商品化。

工研院在臺南科學園區之高雄園區，建置 3D 列印醫材智慧製造示範場域 (FoiAM)，擁有全方位 3D 列印醫材智慧製造流程與設備，提供從設計、試製到商品化製作一站式服務，如圖 10 所示。2019 年 FoiAM 已完成工廠登記及 ISO 13485 2016 最新版之認證，藉由實體場域結合南科醫材產業群聚，協助廠商開發符合 ISO 13485 認證之 3D 列印醫材，加速臺灣 3D 列印醫材產品產業化。

(4) 其他應用

除上述應用案例外，在文創、熱交換器及輕量化等方面皆有許多具體實施案例，積層製造帶來的變革與製造突破逐漸浮現。

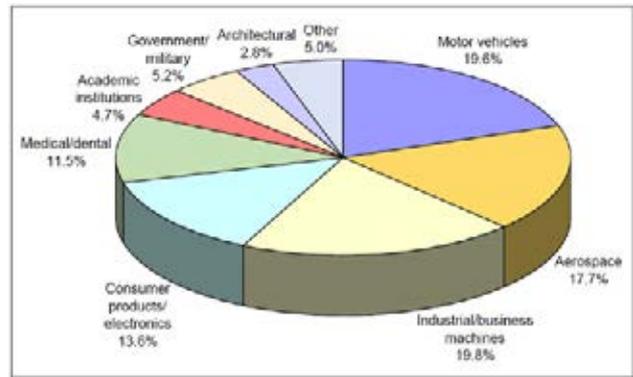
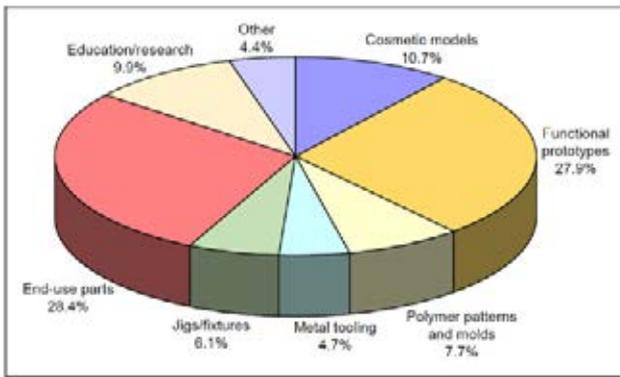


圖 4：積層製造應用方式 (左) 與產業 (右) (Wohlers Associates, Inc-2019)

快速成型技術再突破，兼顧品質、速度與安全

隨積層製造技術成熟及各產業應用，對於快速成型技術需求也急遽增加，積層製造技術生產品質、速度及安全方面亦成為重要提升方向。

(1) 智慧監控

工研院已具備多參數監控補償虛實整合技術，在工研院積層製造示範場域，已建置 Portal-SCADA 至專用雲平臺，包含：氧氣濃度、氣場流速、溫度、壓力等製程生產數據可遠端掌握即時數據以及生產稼動率，連網後遠端預警診斷可 <10sec 可更新場內最新生產資訊。圖 13 與圖 14 即說明工研院目前具備的跨場域智慧監控能量。

(2) 粉末處理

積層製造技術製作過程所使用之金屬粉末可回收再使用為其一大特色。以 PBF 粉床熔融成型技術為例，回收過程粉末蒐集、過篩、運送供粉等，粉末粒徑小、流動性強容易形成周邊環境的擴散，對人體造成危害。此外，鋁、鈦等高活性金屬粉末接觸空氣易氧化而影響粉末品質，以及粉末處理過程中靜電的產生與粉末揚塵等，處理不當會有火災及塵爆的風險。因此目前各大廠商皆注重於粉末處理系統自動化之開發改善。工研院開發自動化整合粉末處理系統，完成所需之粉末處理程序，減少粉末處理所需時間及人力，提

升製程效率，並解決目前粉末處理所遇到之困難。

(3) 量產提升

隨 3D 列印技術不斷提升，快速、精密、量產製造成為 3D 列印及市場應用追求的方向。美國 Desktop Metal 之 Production System 與 HP 之 Metal Jet 等，使用黏合劑噴塗成型技術 (Binder Jetting)，用金屬粉末和黏合劑來列印金屬零件，此技術有效降低製造成本，並提供更快的生產速度，需再透過高溫鍛燒成型。工研院開發大面積列印設備，搭配四支雷射同步製作，提升近四倍生成率。解決大型工件的複雜製造及小尺寸的多樣量產需求。

單機生產到跨場域整合，打造未來工廠新面貌

知名 AM 大廠已開始勾勒對工業 4.0 未來工廠與積層製造情境之連結，朝開放架構、可擴充模組化、與前後段連結。工業 4.0 與積層製造串聯的核心精神是「工業資訊化」，搭配物聯網、智慧機器人及巨量資料分析。目前智慧化生產策略由點、線、面逐步拓展，並更進一步邁向多場域多點對應之製造生產型態。由單機獨立生產，到多機集中式協同生產，進化到整線一站式生產，最終達到多線跨場域整合生產，已是現在進行式。相信不久即可看到積層製造與減法製造整合之彈性生產模式，大幅降低零件製作成本與時間。



圖 5：工研院金屬積層製造自主設備（工研院資料）



圖 6：LED 燈殼模具應用案例（工研院彙整）



圖 7：岐管積層製造應用案例（工研院彙整）

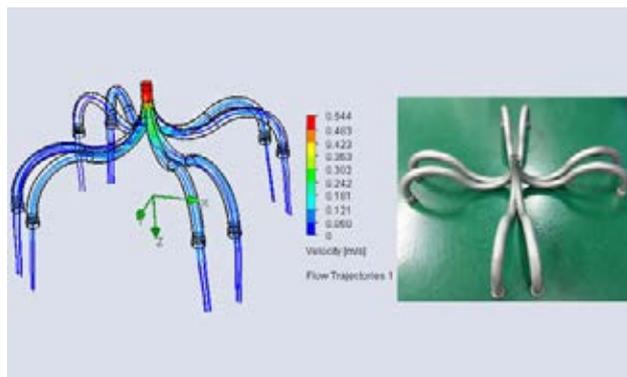


圖 8：積層製造岐管模擬分析與製造（工研院彙整）

積層製造技術的發展日趨成熟，產品強度與緻密度已超過傳統鑄造元件，讓積層製造跳脫早期僅使用於快速原型打樣之瓶頸，如今已可直接作為工業用功能性零組件，由實驗室走入真實工廠，進入到實兵作戰之新紀元。現今包含工研院與世界上各知名 AM 廠商，皆如火如荼地勾勒積層製造在工業 4.0 未來工廠之情境，搭配物聯網、智慧機器人及巨量資料分析，朝開放架構、模組化可擴充、與前後段多站式連結，實現跨場域之智能化整線彈性製造之新里程碑。■

參考文獻

[1].ASM International. Specialized Laser and New Titanium Powder to Build Large Aerospace Parts. ASM International 2012. Available from http://www.asminternational.org/portal/site/www/NewsItem/?vnextoid=4e40e25_e724d5310VgnVCM100000621

e010aRCRD.

[2].ASTM Standard F2792. 2012. Standard Terminology for Additive Manufacturing Technologies. In ASTM F2792 - 10e1. West Conshohocken, PA: ASTM International.

[3].Terry Wohlers, " Wohlers Report 2019 " Wohlers Associates 2019.

[4].<https://www.google.com.tw/#q=High-speed+Laser+Additive+Manufacturing+LAM+filetype:pdf>

本篇文章由台灣區工具機暨零組件工業同業公會提供，原文出自 MA 工具機與零組件雜誌第 120 期。

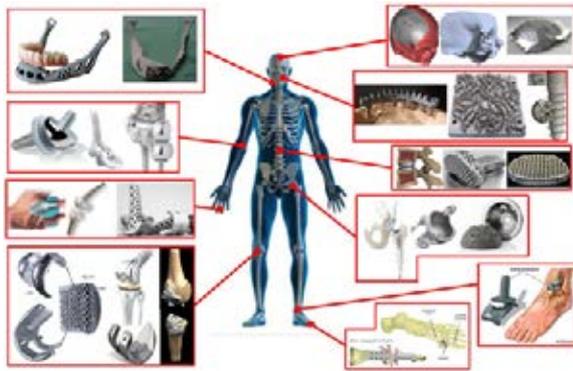


圖 9：醫材積層製造應用案例（工研院彙整）



圖 10：3D 列印醫材智慧製造示範場域（工研院資料）



圖 11：文創積層製造應用案例（工研院資料）

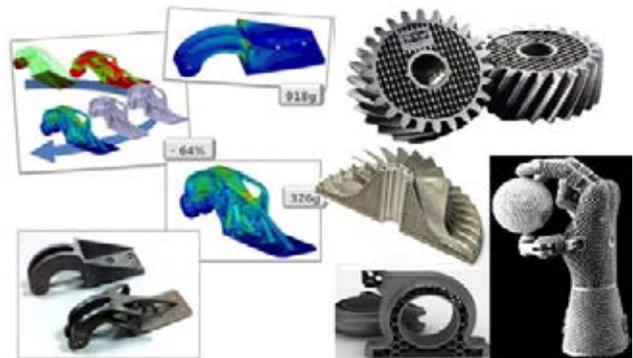


圖 12：輕量化積層製造應用案例（工研院資料）



圖 13：工研院 AM 虛實整合平臺架構（工研院資料）

提供客戶價值：

- 可視化戰情室
- 遠端巡檢與設備效益
- 二廠區AM設備稼動率
- AM設備製程即時數據
- AM零件生產進度掌握

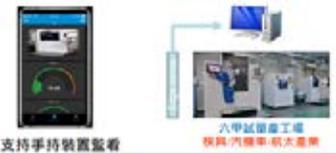


圖 14：工研院 AM 虛實整合平臺功能價值（工研院資料）



圖 15：工業 4.0 與積層製造之未來發展情境（工研院資料）



科倍隆集團

科倍隆集團是配混押出系統，喂料與計量技術，散裝物料處理系統和服務的市場與技術先行者。科倍隆設計、研發、製造和維護用於塑料、化工、醫藥、食品和礦產的系統、設備和零部件。在聚合物、設備 & 系統以及服務這三大事業部，科倍隆在全球擁有 2500 名員工和 30 家銷售和服務公司。

ZSK 押出機助客戶實現利潤可觀的常規回收和升級回收

■資料來源：科倍隆

前言

位於德國 Neuenstein 的 Aurora Kunststoffe 公司，自 2019 年底成為 MOL 集團的一員，他們正向我們示範了如何將塑料加工中產生的廢料進行回收和升級再造並創造收益的。

這家做回收改性的生產商將塑料部件加工過程中產生的不合格品當作原材料進行升級再造，加工成具有與新料同樣品質的改性塑料。在 2017 年生產基地經歷一場大火後，Aurora Kunststoffe 公司決定依舊信賴並購買科倍隆的 ZSK 雙螺桿押出機。從 2019 年年初以來，三臺 ZSK 45 Mc18 雙螺桿押出機運行良好，並憑藉其高產量和優秀的穩定可靠性，協助 Aurora Kunststoffe 公司成功實現其創新商業規劃中每一個需求。

生產加工優質改性塑料的訣竅

在功能性塑料部件的生產中，通常有 5% 左右的廢品率。Aurora Kunststoffe 公司將這些廢品收購回來，檢查它們的組成成分和含量。每一個被檢查合格的這種廢塑料零件會被破碎研磨，然後喂入改性造粒線中進行回收再造粒。塑料粒子的基料主要有 PA6、PA66、PA11、PA12、POM、PP、PC 和 PC-ABS。為實現這一加工工藝，Aurora Kunststoffe 公司採用科

倍隆的 ZSK 技術。在 ZSK 雙螺桿押出機裡，研磨後的材料與添加劑、填料和增強物料進行可靠的混合和脫揮。

根據 Aurora Kunststoffe 公司的生產要求，每一臺 ZSK 45 押出機都是科倍隆為其量身定做的，並配備了 ZS-EG 雙螺桿側向脫揮裝置，和物料接觸的表面都選用特殊的耐磨防腐材質。熔體從押出機加工段末端的機頭被押出，料條通過科倍隆切粒技術公司生產的半自動 SCP 200 輸送系統進行輸送。料條經過冷卻水槽和輸送帶然後進入拉條切粒機，切粒得到和新料品質相當的塑料粒子。科倍隆銷售經理 Norbert Büter 指出：「生產回收塑料時，工藝參數和配方需要適應種類繁多的原材料。具有高靈活性和高扭矩的 ZSK 雙螺桿押出機是回收料配混的理想選擇，即使是很難加工的原材料，也能生產出高品質的產品，並且達到非常高的產量從而實現非常可觀的經濟回報。使用 ZS-EG 進行脫揮可以將不需要的氣體去除，並且提高整個真空系統的操作安全性。即使對於一些非常易揮發的物料也適用。」

重建生產線

雖然 2017 年的一場大火燒毀 Aurora Kunststoffe 公司的整個工廠，但 Aurora Kunststoffe 公司一直堅持



圖 1：Aurora 的新工廠配備現代化的科倍隆 ZSK 45 配混系統。（圖片來源：科倍隆，斯圖加特）

其成功的可持續性發展理念，甚至在大火後深化了這一主旨。2019 年在面積更大的新廠房裡，新交付的雙螺桿押出機開始投入運行。Aurora Kunststoffe 公司依靠其與供應商的緊密合作，在如此短的時間裡實現生產線的重建。其生產經理 Alexander Schweinle 對於這一點非常驕傲：「科倍隆不僅僅為我們交付了量身定做的三臺 ZSK 45 押出機和配套的拉條切粒機，他們更在整個生產線的工程設計上為我們提供很大幫助。我們兩個公司合作非常默契，對於我們的任何疑問科倍隆總是非常快速地從專業角度提供支持，這在我們生產線的重建階段起到至關重要的作用。」

成功的回收理念

如今原材料價格上漲，環境污染日益嚴重，因而塑料生產中產生的廢料變得越來越有價值。Aurora Kunststoffe 公司買入這些工業副產品，將他們變成可用於汽車、建築、家具和電子產品行業的高質量原材料。

Aurora 擁有一套獨特的精益物流理念，60 個半拖掛車和一個箱子組成的車隊可以完美地實現單一供應渠



圖 2：Alexander Schweinle，Aurora Kunststoffe 公司生產經理對其配混設備的性能和每日的高產量很滿意

道的收集，對塑料的廢料進行回收生產是其精益物流理念的一部分。在 Aurora Kunststoffe，物料經過研磨，然後通過回收改性並押出。通過這種工藝，ZSK 45 雙螺桿押出機為 Aurora Kunststoffe 實現高達 650 kg/h 的產量。每天生產超過 50 噸的改性塑料。Aurora 預計將來這方面的需求會劇增。Schweinle 說：「我確信將來會有相關法律來規定回收必須要達到的比例。」

科倍隆回收和直接押出業務單元銷售經理 Jochen Schofer 補充道：「我們堅信在塑料行業實現可循環經濟發展是大勢所趨。為了實現這個目標，還有很大的發展空間。在德國，2017 年在塑料加工中使用的回收料占比僅略高於 12%。Aurora Kunststoffe 公司完全在為我們充當先行者的角色。他們公司的理念不僅僅是獲取可觀利潤，同時也注重可持續發展！能夠用我們的配混和工程設計的專業知識為 Aurora Kunststoffe 公司提供支持，我們感到很驕傲！」 ■



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
- 工研院機械所特聘講師

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 41 招、澆口位置設計與尺寸大小對於充填與保壓的影響

■ Moldex3D/ 林秀春 協理

【內容說明】

3C 產品常因外觀要求，使澆口設計往往被安排在不重要的位置上，如牛角澆口、潛伏式澆口等設計，且為了好拔除而將澆口尺寸設計到低於 1mm 以下，所以充填時容易使剪切速度過大且澆口壓力降也大，當塑件在保壓階段的保壓效果不佳時，便容易造成收縮不均，所以產品品質的好壞，主要取決於保壓傳遞效果，也就是塑料補償收縮的程度。當塑料溫度不斷下降，造成熱塑料不易補入，若澆口尺寸太小，澆口提早封口，則會使產品出現凹痕尺寸不穩定的情形。

圖 1~3：圖中案例為典型流道與澆口設計方式。

圖 4：在澆口位置的感測節點，透過溫度隨時間下降的情況，可以判斷出每支位置的有效保壓時間。

圖 5：將四支潛伏式澆口位置比對圖 4 中溫度下降情況，便能知道哪支澆口提早固化。

圖 6：雖然都是潛伏式澆口，但是截面不同，溫度、冷卻也不同，D 的設計顯示截面大、保壓較佳，且不易固化。產品的模具剖面溫度顯示，有高溫積熱的區域。

圖 7：充填階段感測點放在各區的位置。

圖 8：感測點位置的壓力傳遞分佈。

充填階段 (filling stage):

充填階段即是塑料在設定射壓作用下由螺桿計量區經噴嘴、豎澆道 (sprue)、流道 (runner)、澆口 (gate) 填入模穴的過程 (圖 8)。

tf-tf1：流量控制 (flow control) 階段。塑塑料開始充填充模穴，流量保持固定，模穴壓力緩慢上升。

tf1-tp：壓力控制 (pressure control) 階段。壓實塑料熔膠 (melt) 過程，模穴壓力迅速增加，塑料流量開始降低。填模壓力傳遞至模穴最末端。

保壓階段 (Packing stage)

保壓是充填的延續，因此有效的保壓狀況取決於澆口固化時間，若流道澆口設計尺寸太小，則塑料溫度下降快速，容易使澆口提早固化。流率下降快速導致停止進料，當澆口固化後，則透過傳統上的增加時間、增加壓力等方法都不會有效果。■

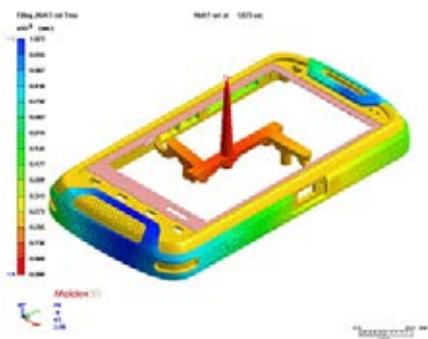


圖 1：多材質多色射出的手機外殼

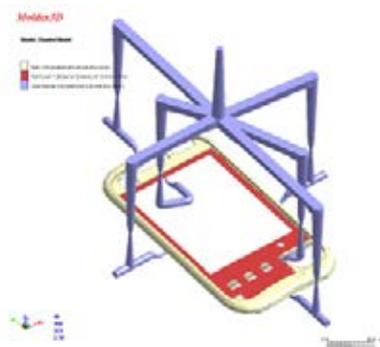


圖 2：埋入鐵件的手機外殼

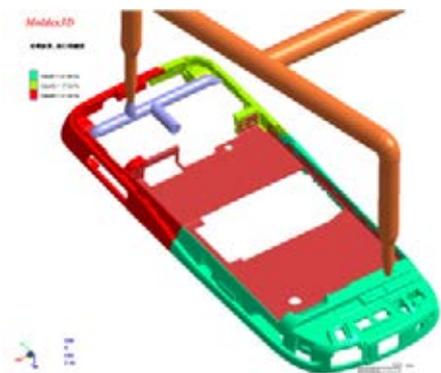


圖 3：埋入鐵件的手機外殼

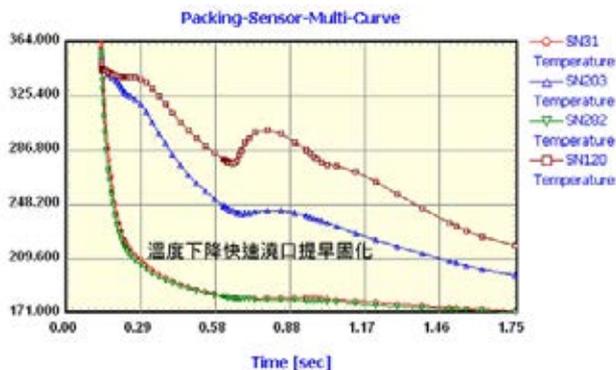


圖 4：澆口位置的感測節點，溫度隨時間下降情況，可以判斷每支位置的有效保壓時間

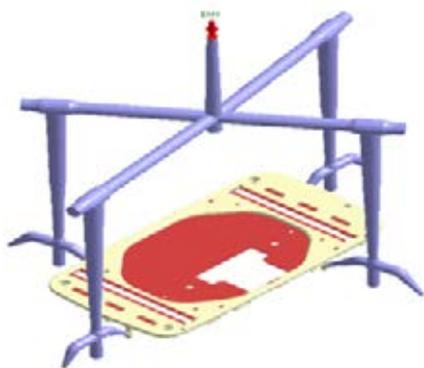


圖 5：四支潛伏式澆口位置比對圖 4 中溫度下降情況，便能知道哪支澆口提早固化

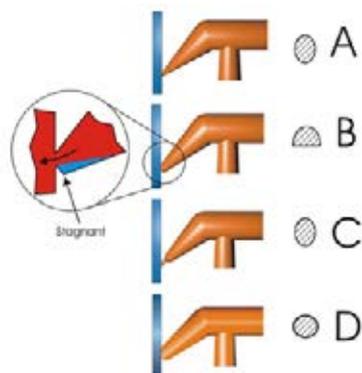


圖 6：雖然都是潛伏式澆口但是截面不同溫度冷卻也不同，D 的設計顯示截面大保壓較佳不易固化

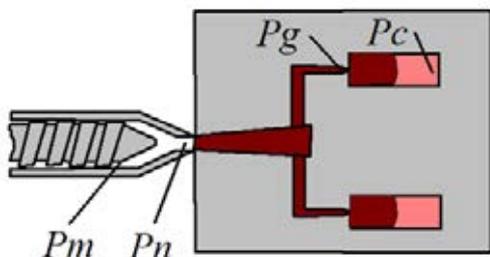


圖 7：充填階段感測點放在各區的位置

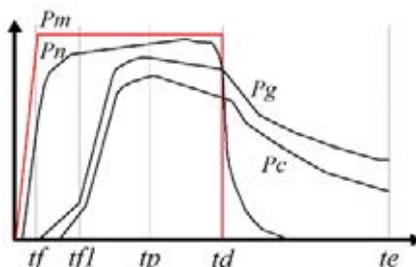


圖 8：感測點位置的壓力傳遞分佈，X 軸為時間；Y 軸為壓力



林宜璟 (JeffreyLin)

- 現任職於宇一企業管理顧問有限公司總經理
- 學歷：台灣大學商學研究所企管碩士、交通大學機械工程系學士
- 認證、著作及其他能力：
 1. 認證：DISC 認證講師 (2005 年受證)
 2. 著作：《為什麼要聽你說？百大企業最受歡迎的簡報課，人人都能成為抓住人心高手！》(木馬出版社出版)
 3. 緯育集團 (<http://www.wiedu.com>) 線上課程，「管理學院」「業務學院」內容規劃及主講者

進來都是偶然，離開都是必然

■宇一企管 / 林宜璟 總經理

前言

「慣老闆」是近年來常出現的一個名詞，在員工眼中，所謂好公司、好老闆都是可遇不可求。慣老闆當然需要被檢討，但如果想清楚了人和組織的關係，在同樣的公司裡，說不定可以看到不一樣的風景。這篇文章就是想談談關於看待工作這件事的幾個角度。

加入的偶然與離開的必然

首先要說的是，每個人加入組織都是偶然，而每個人離開組織則是必然。這句話很露骨，但卻是普世不變的硬道理。你說你一進公司就矢志效忠，非要做到退休才走。但等退休的那天到來，你還是會離開。更何況，現在的公司開開關關，員工都希望天長地久，但老闆在乎的卻是曾經擁有。要想一路拼到退休，除了靠努力，還需要一點運氣。

對於組織與個人而言，彼此都不是歸人，而只是過客。在這偶然與必然的過程中，團隊成員們從「相忘於江湖」，變成「相濡以沫」，為的是什麼？為的就是藉由聚合在一起，共同創造出更大的利益，同時最後也使自己分配到更大的利益。組織是個平臺，透過這個平臺，將個人的力量集結整合後能創造出遠大於單打獨鬥的成果。同時，平臺也規範了利益分配的規則。

個人與團隊宿命的矛盾在於：創造利益時要彼此合作，但分配利益時卻又要相互競爭。個人與組織間就在這種競合的狀態中，保持著動態的平衡。

如何看到組織與個人的關係

要想在組織裡安身立命，首先，必須弄清楚別人要的是什麼？此外，還有更重要的就是，你自己要的是什麼？這個問題事關重大。如果我們接受上面所說的組織與個人間的關係，對組織的眼光就可以更加清明，態度也可以比較淡定。有幾個我個人覺得十分重要的體會，整理在下面和大家分享：

你現的工作，可能就是你能有的最好選擇

我曾經有位部屬，工作表現中上，我對他還算滿意。但他經常每隔一段時間就來跟我抱怨薪水太低。後來有一天，本宮也乏了，就直接給了他三個月的特別待遇。在這三個月的期間內，我讓他放手找工作。份內的工作當然還是要做，但我從寬要求。另一方面，如果需要在上班時間內去別的公司面談，我也盡量給他方便。當然，這一切都依賴彼此的信任，在私底下秘密進行。

三月過去後，他還在。他告訴我決定留下來，也不來抱怨了，而且比之前更認真。我想，他在「眾裡尋他



(圖片來源：Freepik.com)

千百度」之後，終於了解到眼下的這份工作，才是那「驀然回首」後最適合他的。

學過經濟學的都了解，市場雖然不完美，但還是撮合供需最有效的機制。個人與組織原本就是供需的關係，所以慢慢也會在就業市場演化出平衡的狀態。在一家公司工作，只是在特定的時空下，所達到的一個供需平衡狀態，是偶然。只要守住遊戲規則還有江湖道義，好聚好散，彼此不用太沉重。如果覺得被虧待了，探頭到外面看看也很好。探完頭後，究竟選擇離開還是選擇留下，做好決定，然後就心甘情願的放手去做吧。最消磨志氣以及最惹人厭煩的，莫過於不願選擇改變，卻又留在原來的位子不停抱怨。

每個人都領兩份薪水

在公司中，每個人都領兩份薪水，一份有形，一份無形。有形的薪水包含薪資、福利、工作環境，以及日後的晉升等。有形的薪水容易計算，多數人選擇工作看的也就是這些。這樣的作法並沒錯，但我們可以看得再寬一點。無形的薪水則可能包含：工作歷練、人脈關係、教育訓練、視野擴大格局提升等。而這些正是日後轉換軌道更上層樓，或是自行創業的本錢。

有形薪水跟著公司，當你離開公司時，也就同時歸零；無形的薪水則是跟著自己，即使離職，依然帶著走。就像雲門舞集舞蹈教室的廣告標語一樣，「身體學會的，誰也拿不走。」

當計算我們留在團隊中的收穫時，這份無形薪水一定要考慮進去。畢竟離開都是「必然」。特別是這年頭，除非你的雇主是政府，在你離開時，大多數公司能付給你的退休金或離職金，都不夠用。所以，更加重要的是「離開之後，你能帶走什麼」。

能幫你完成人生目標的，就是好公司！

因為我工作的關係，常會有年輕朋友來詢問關於轉換工作的意見。其中，最典型的問題就是：「老師，我目前在 A 公司工作，有另一家 B 公司要我去上班，老師您覺得 A 公司和 B 公司，哪一家比較好？」

「哪一家公司比較好？」大哉問！我通常不會直接回答，而是要對方回答我三個問題。第一個問題：「三年後，你想要變成什麼樣子？」這個問題有了答案，再來才問第二及第三個問題；第二個問題：「你覺得哪一家公司比較能幫助你，讓你成為你想要的樣



(圖片來源：Freepik.com)

子？」；第三個問題：「為什麼你覺得這一家公司比較能幫助你，變成你想樣要的樣子？」

第一個問題問「目的」，第二、三個問題則是問「手段」。「目的」是自己人生的選擇，外人如顧問者，無從評論。至於「手段」是不是能達到目的，有一些規則與邏輯，這方面，我們在企業的經驗便能夠提供幫助。所以，什麼是好公司？「能讓你成為想要的樣子，也就是幫你完成人生目標的，就是好公司！」對此，讓我們舉以下三種例子，方便大家更容易了解上述提到的概念。

• 待遇偏低，但工作穩定

一家公司待遇偏低，但工作穩定。上班彈性，下班準時。你每天都是你孩子的幼兒園裡，第一個去接小孩放學的父母。這是家好公司，只要你認為每天能準時接孩子，有許多時間陪他們很重要。

• 前景不錯，但制度混亂

一家公司產業前景不錯，但制度混亂。說好要你去當業務的，但進去之後你發現不只業務，連生產、採購、甚至品管都要你插手，否則就會出大亂子。

讓你累得像狗，每天都三更半夜才回家。這一樣是家好公司，只要你的目的是五年後自立門戶，和老東家打對臺。要學工夫，再沒有比這更好的機會了。

• 沒什麼優點，卻是目前唯一錄取你的公司

一家公司一無可取，但卻是目前唯一給你工作的公司，這一樣是家好公司。因為他至少滿足你基本生活所需，以及給你時間去學習成長。

公司是完成人生目標的平臺，有了目標，才能判斷平臺的好壞。不過實際上我遇到的情況通常是，當我問完第一個問題後，對方的回答是「這我也沒想過耶！」這樣的話，我就會說一個「愛麗絲夢遊仙境」的故事給他聽。

愛麗絲迷路了，遇到一隻貓。

愛麗絲問貓：「你能告訴我，我該走哪條路嗎？」

「那得看你打算去哪兒。」貓說。

「我不在乎去哪兒。」愛麗絲說。

「那你走哪條路都無所謂。」貓說。

理論上，因為不知道要去哪裡，所以走哪條路都無所謂。但實務上，我會勸你留在原來的公司，一動不如



(圖片來源：Freepik.com)

一靜。因為新的環境未知變數多，用比較專業的說法就是風險大。評估投資案的基本原則是，當兩個方案的期望回報一樣時，風險低的當然勝出。

結語

個人與公司的關係，說白了，就是各取所需。只是這種「所需」，不局限於有形的金錢物質，還包括了更高不同層面的人性需求。你既不需要勉強自己愛自己的公司，但更不要去恨你的公司。唯一要做的事，是了解你的公司，並且管理好這個達成人生目標的重要平臺。勉強的事都不長久，公司與個人的事，只要想清楚了，一切好說。■



楊逸仁

- 高雄科技大學 業界專家
 - 君牧塑膠科技股份有限公司生產部 經理
 - 日月光半導體製造股份有限公司製程工程部 副理
- 專長：
- 新產品設計開發與可靠度工程
 - 高分子加工
 - 生產管理
 - 知識管理

以智能化技術解決生產製程問題

■高雄科技大學 / 楊逸仁 博士

序言

工業 4.0 浪潮來襲，臺灣塑膠產業發展趨於成熟，但整體產業氛圍仍顯傳統保守，許多工廠在管理、生產製程上仍沿用舊方法，不僅耗時、費力，無形中更浪費很多成本。長期以來，製程中的生產環境、原料品質、設備與模具老化失效等各種動態變因不停影響量產過程中產品品質的穩定性，造成業者困擾。

近年以射出成型之各項知識與基礎理論建構專家知識資料庫，提升射出成型之成型效率與品質的研究與應用愈來愈多，例如運用 AI 人工智慧或統計手法進行製程參數優化或針對特定品質特性進行參數模型之設計，以解決成型品質的問題；抑或是應用各類感測器，以監控方式，取得成型過程中模具內或射出機作動之即時訊號，再以試驗之統計結果，找出特定成型品質問題與訊號間之關聯，建立工程模型，用來預測成型品之品質變異。

在雜誌第 39 期的顧問專欄中，工研院針對臺灣射出成型廠的問題發展一套智慧成型優化系統，提供完整多元數據收集、成型資訊可視化與成型品質檢測。為了避免射出成型廠在導入這些智能解決方案時，因對數據特徵的掌握不佳，以致無法展現智能化效益。若

能結合有經驗之專家輔以智能化技術協助判斷分析，方能真正解決生產問題，創造智慧產線的最大效益。

成型大數據解析

射出成型產業邁入 4.0 階段時，需要巨量資料做為各種智能控制基礎之依據，由於資訊化應用的普及，導致現在資料量的規模已經十分龐大，無法透過人工在合理時間內達到擷取、管理、處理，並整理成為人類所能解讀的資訊，由於巨量資料的特性難以用傳統分析方法進行分析，必須用進階的技術和演算法來解讀、儲存、分析與管理，如何培育並善用兼具 Volume（大量的數據資料）、Velocity（資料分析的時效）、Variety（資料格式的多樣）、Veracity（資料內容的真實）與 Value（資料分析的價值）等所謂 5V（如圖 1）特質的巨量資料分析能力，也逐漸成為跨越統計、資訊、與特定業務領域的共同議題。而巨量資料本身的意義將是透過資料分析工具良弊的關鍵要素，因此，巨量資料的來源將更形重要，有價值的巨量數據是邁往成熟智能製造的根本。

智能控制之射出成型機的主要應用範圍包含「提升操作效率」、「品質監控自動化」、「提供設備預防保養的預測」，以及「提升能源效率並降低生產成本」，

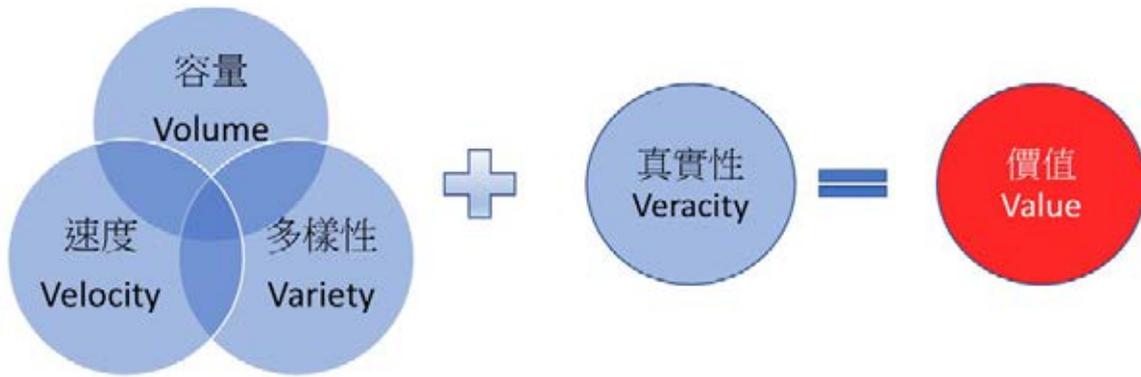


圖 1：大數據的定義示意圖

欲創造智能成型設備，巨量資料的擷取與處理分析是首要關鍵，塑膠成型品的好壞取決於射出機的製作精度與控制，而控制的好壞又取決於控制算式與量測解析度，其中量測部分特別是感測器的應用是關鍵，例如鎖模力、射出力、熔體壓力等感測器。

智能射出過程中，主要參數控制項目包含：射出參數、保壓參數、冷卻參數與塑化參數等超過 40 個的參數，輔以感測器取得製程參數數據，數據分析後進行智能射出，可以依據感測數據的變動，修正並優化製程參數，快速且穩定地產出合格產品（如圖 2）。

智能製造的製程數據來自於各種不同類型的感測器與設備本身控制器所需要的數據，製程感測方式大致可分為傳統感測器與新型的感測器，目前市場的應用仍以傳統感測器，即以溫度與壓力為主，依據使用的環境選擇適合的溫度與壓力的形式與規格，量測模穴內、模壁、螺桿與冷卻迴路的溫度與壓力（如圖 3）。基於物聯網的成熟，數據應用價值愈來愈受重視，直接且可靠的訊號數據，可以有效提升製程參數優化與控制，因此，新型感測器的應用如雨後春筍地被發掘，例如：超音波感測器、X-ray 斷層掃描、電容式感測器與磁懸浮感測器等。

製程管理監測

射出成型是一種非連續生產的製程，這種模次生產的特性，導致製程管制中大量、複雜與動態的變異隨之而來。在少量多樣的生產環境中，從備料、架模、參數設定、試作捨打、首件確認到正式生產，次數頻繁，若不加以管理，將影響生產與品質管理的效率。現階段，過程中的作業參數、作業時間與狀態的紀錄通常需要倚賴作業人員抄寫或輸入「即時的」生產資料與設備動狀況，不僅效益不佳，且抄寫資料容易出錯，也不利後續保存，即使導入電子化系統，若還是需要由人員輸入，則輸入數據的真實性與正確性仍舊有著出錯的疑慮。

智能製造的製程數據，經由控制器參數紀錄與射出機本身感測器曲線的融合運算，將可以完整記錄射出成型設備的狀態（手動 / 半自動 / 全自動）、開機試作時間、捨打數與各種不同非稼動型式的時間，人員只需在 MES 中進行簡單的登入與登出，即可完整的紀錄生產製程中的各種稼動與非稼動的數據，除了可以計算設備總和效率 (OEE) 外，亦可以辨識各項非稼動的異常，應用數據驗證改善的方式與成效。若上下游的雲端數據可以適度應用，將可進一步從供應鏈連結智能製造，打造智慧製造體系。



圖 2：智能射出過程的示意圖

設備預知保養

設備機臺的維護有三個層次，事發修復 (Run to failure)：由事件驅動，等設備故障才設法改善或重新設計以延長使用壽命；預防保養 (Preventive maintenance)：可依循時間週期或設備狀態驅動；預知保養 (Predictive maintenance)：架構於預防保養上，配合生產製程條件，建立可預測異常失效的模型、預先規劃修正措施，在故障初期即可藉微小變異預估設備剩餘壽命，並量化成本效益。

在塑膠射出成型設備中，可安裝感測器，來探知成型設備的正常與損傷時的狀態差異資料，再從這些資料中進行分析，判斷出塑膠射出成型設備是否即將出現故障，建立監控與分析的機制並實施即時的預防保養。FANUC 的「AI Back flow Monitor」技術平臺具有多元化的預測和分析能力 (圖 4)，包括射出成型設備中的消耗性零件，止逆閥 (Check valve) 的耗損狀態，透過深層學習的方式進行評估與預測，在消耗性零件的損耗程度還未影響生產之前，設備即自動發出通知。

隨著使用時間增長，止逆閥會逐漸磨損，使得間隙愈來愈大，最後難以避免的出現材料逆流的情況。但是透過人工智慧深層學習所開發的分析技術，可以將感測器所獲得逆流的波形資料，透過智慧深層學習技術加以學習與分析，紀錄止逆閥的磨損狀況，再從磨損

的紀錄推算出止逆閥從新品到現在使用時間的磨耗量，並且還可以使用多久時間，達到預知保養的目的。

線上成型品質監測

為了達成持續高速且精密射出的目的，現代射出機大多採用高剛性結構及高應答伺服閥之閉迴路控制，使設備本身的數據更加齊全。射出單元，從原料的乾燥、螺桿塑化的轉速到射出的螺桿壓力、速度與位置等參數，設定值與實際感測的數據都已可輕易的儲存 (圖 5)，利用全閉迴路的設計與統計運算的工藝，可以設定並計算標準曲線與實際射出曲線的差異，監控成型過程中的異常並進行有限的調控 (圖 6)。

利用「模穴感測器」偵測熔體在模穴內流動行為與基本物理性質的變化，透過積極的預防性做法，以達到更強大的線上品質監控。模穴感測器放置的位置、感測數值的擷取範圍、數據本身與統計運算後的特徵意義，如何對應於生產中成型品的品質、效率、成本、安全與生產力的特徵，將決定數據監控的成本與效益。感測器供應商 FUTABA 應用模內不同位置的感測，在特定時間內監控壓力的峰值 (圖 7)，以及特定區間的壓力積分值 (圖 8)。這些經專家提出或融合運算的數據特徵亦須對應到相關設備參數，當監控的特徵數據產生異常時，可以依據相對應的關係，進行參數調整，使其在最短時間或模數內，完成矯正，消除特徵的變異 (圖 6)。

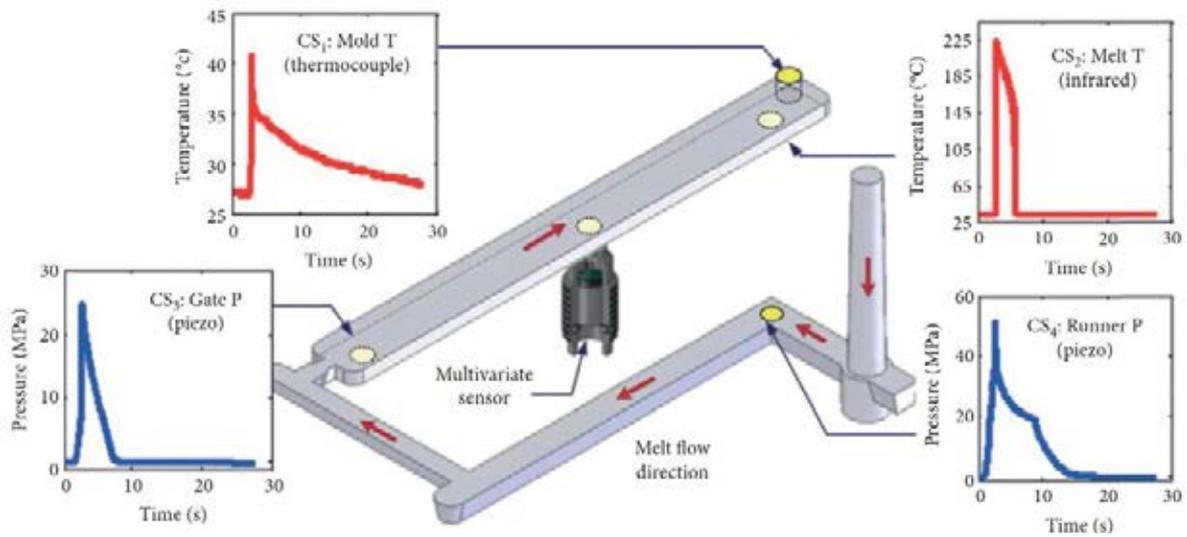


圖 3：使用模內壓力 (P) 和溫度 (T) 感測器量測成型過程示意圖 (Gao, 2014)

成型工藝優化

成型製程過程中，感測器的導入，數據的擷取，雖然可以反應環境、設備、模具與材料造成的生產變異，這些生產變異直接影響品質、效率、成本、安全與生產力，並直接反映在生產數據的特徵上，這些數據特徵將以成型品品質為主，在取得穩定的產品品質與安全可靠的作業條件下，一併提升生產效率、生產力並降低成本為主要目的。

特徵管控的經驗，藉由設備、感測器與品質特徵各種數據的辨識、收集與智慧學習，針對不同設備與產品特徵，辨識出合理且關鍵的數據特徵，並訂定數據特徵監控管制的標準，作為量產監控的改善依據，優化成型參數與監控特徵，提升生產效率、生產力並降低成本，亦可作為 AI 智慧學習的依據，邁入智能優化與智能生產。■

穩定的產品品質是智能化生產的最主要的課題，現階段，新產品開發，從企劃、設計、原型、試模到量產，符合品質特徵的最佳化的量產參數，只能以從試模的數據結果伴隨著過往經驗判斷而產生，這樣的製程設計，需要能滿足生產製程的變異，才能得到穩定的生產品質，但是，通常事與願違，因為射出成型的製程中，生產環境、原料品質、設備與模具老化失效的各種動態變因讓成型參數的優化相形困難，也使得成品品質的穩定性需要更複雜且完整的控制與管理才能達到，設備數據與感測器數據特徵的監控讓成型品品質的穩定性不再需要複雜且完整的高成本控制設備。數據特徵的監控與標準數據的維持，可以累積對於數據

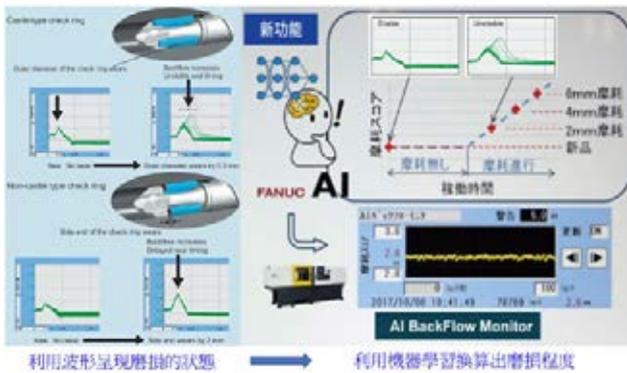


圖 4：應用成型機射出壓力 (P) 曲線觀察止逆閥，推算出磨損狀況與更換的時間 (FANUC)

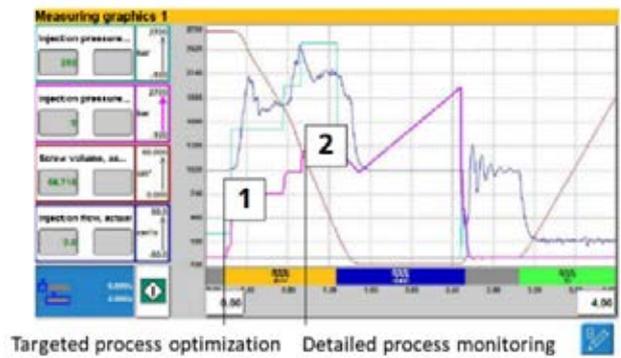


圖 5：射出機壓力與螺桿位置曲線圖 (Arburg)

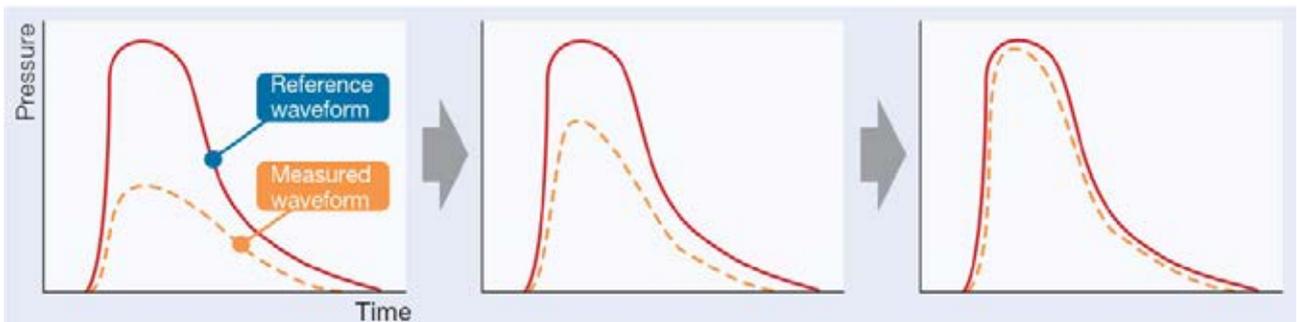


圖 6：實際曲線異常調整示意圖 (FUTABA)

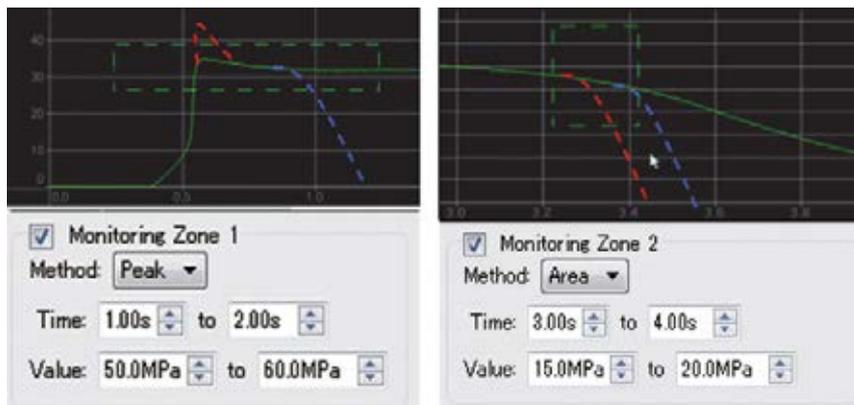


圖 7：在特定時間內壓力峰值的監控 (FUTABA)

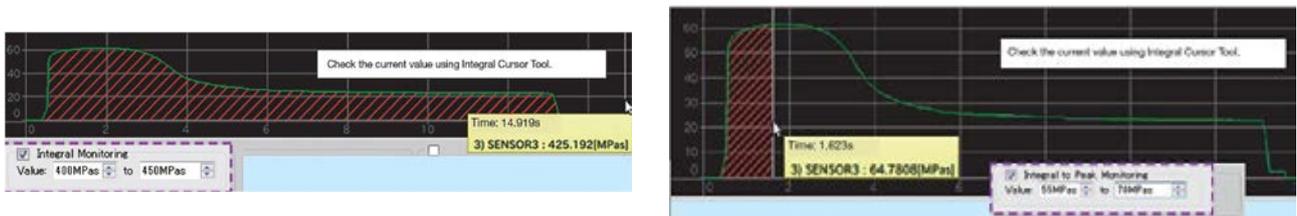


圖 8：特定區間的壓力積分值 (FUTABA)



Chinaplas® 2021
國際橡塑展

第三十四屆中國國際塑料橡膠工業展覽會

智能制造 · 高新材料 ·
環保及可循環解決方案
匯聚全球領先橡塑展

2021.4.13-16

中國 · 深圳國際會展中心

www.ChinaplasOnline.com

@CHINAPLAS

@chinaplas_1983



CHINAPLAS



廣告編號 2020-07-A13

主辦單位



協辦單位



贊助單位



大會指定刊物及網上媒體



電話: 852-2811 8897 (香港)
電郵: Chinaplas.PR@adsale.com.hk
雅式橡塑網: www.AdsaleCPRJ.com
雅式集團: www.adsale.com.hk

2020 台北國際模具暨模具製造設備展



主辦單位：台灣區模具工業同業公會、三維列印協會、社團法人台灣區電腦輔助成型技術交流協會、展昭國際企業股份有限公司
 舉辦日期：2020/8/19(三) - 8/22(六)
 展覽地點：台北南港展覽館 2 館
 活動網站：<https://www.chanchao.com.tw/TAIMOLD/>

展覽介紹

中美貿易戰影響，帶起一波模具廠商隨波遷徙的趨勢。部分技術能量高、人力需求少的在陸模具台商已表態回台設廠，如半導體及相關零組件等產業。台灣模具主要以內銷為主，根據各國產業發展趨勢，

「台北國際模具暨模具製造設備展」為台灣老字號的製造產業展覽之一，結合不同主題打造工業 4.0 的完整解決方案，為製造工業打下良好基礎。匯集國內電子產業及相關製造業的買主，並將台灣優勢技術推廣至國際，整合中小企業的產業動能，創造無限商機。

展出項目

模具設備：沖壓模具、塑料模具、壓鑄模具、粉末冶金模具、鑄造模具、鍛造模具、快速成型、檢驗量測 .. 等相關設備。

模具加工設備：

各式加工機、線切割機、車床、銑床、磨床、沖床、鑽床、合模機、雕刻機、攻牙機、鋸床、帶鋸機、沖

孔機、研磨機、磨刀機、拋光機、噴砂機、仿削機、專用機、鑄鍛造機械...等加工設備。

模具相關設備配備暨零組件：

控制及驅動設備及系統、彈性製造系統 (FMS)/ 單元 (FMC)、刀具、夾具、量具、治具...等各式配備暨零組件。

模具材料暨處理技術：

各式模具鋼材、塑膠模具材料、化學材料、熱處理、熱澆道、模溫控制...等模具材料暨處理技術。

模具設計、製造及加工服務：

e-PDM、ERP、SCM、CAD/CAM/CAE 輔助設計系統、產品設計、工業設計、產品機構設計、RP/RT、逆向工程、自動化、原型製作、產品策略規畫、生產管理...等相關服務。

金屬智慧製造技術加工設備專區



2020 新會員雜誌訂閱方案



I【SMART Molding】雜誌介紹 I

全球華人最專業的模具與成型技術雜誌(ACMT會員月刊)

ACMT協會於2017年3月發行了《CAE模具成型技術雜誌》，將這些技術介紹與交流想法寫進雜誌，將之保存記錄下來，至今已發行40期。於2020年7月份將改版為《模具與成型智慧工廠雜誌》(SMART Molding Magazine)雜誌主題專注在報導射出成型產業相關之最新材料、技術、設備，以及應用案例等相關議題，並同步發行於臺灣、大陸、東南亞等地區。

四大特色

1. 每期挑選技術重點做主題報導
2. 產業界最新先進技術介紹
3. 專業顧問深入淺出講解
4. 報導企業競爭力特色



2020會員訂閱方案(*優惠期間於2020年9月底前止)

| 會員種類 會員權益 | 網路會員 | 普卡會員 | 銀卡會員 | 金卡會員 |
|-------------------------|-------------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | 免費 | 定價:NT\$360/年 優惠價:NT\$300/年 | 定價:NT\$3,600/年 優惠價:NT\$3,000/年 | 定價:NT\$3,960/年 優惠價:NT\$3,000/年 |
| · 活動訊息電子報 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| · 閱讀電子雜誌 | ✓ (僅限閱讀奇數期) | ✓ | | ✓ |
| · 收到紙本雜誌 | | | ✓ | ✓ |
| · 課程活動優惠 (限ACMT特定活動) | | 95折 | 92折 | 9折 |

會員訂閱資訊(請勾選填寫)

| | | | |
|-------|---|------|--------|
| 方案勾選 | <input type="checkbox"/> 網路會員免費 <input type="checkbox"/> 普卡會員:NT\$300/年 <input type="checkbox"/> 銀卡會員:NT\$3,000/年 <input type="checkbox"/> 金卡會員:NT\$3,000/年 | | |
| 收件者姓名 | | | E-mail |
| 電話 | (手機) | (公司) | |
| 收件地址 | □□□ | | |
| 公司名稱 | | | 部門名稱 |
| 統一編號 | | | 職務名稱 |
| 備註 | 會員確認簽名: _____ 日期: _____ | | |

付款方式(ATM轉帳)

戶名:型創科技顧問股份有限公司

銀行名稱:台灣銀行板新分行 / 銀行代號: 004 / 銀行帳號:243-0010-10583

備註:1、匯款後請註明或來電告知帳號後5碼。2、匯費須自付手續匯費。

【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。

ACMT協會 聯絡窗口:林佩璇 Amber | E-mail:amber.lin@caemolding.org

Tel:+886-2-8969-0409#236 | Fax:+886-2-8969-0410

掌握最新射出成型產業 ACMT菁英俱樂部會員

提供會員更完整、更專業的服務、結合更完整的組織系統與服務，線上線下實體整合會員，加入會員既可享有多項超值服務

