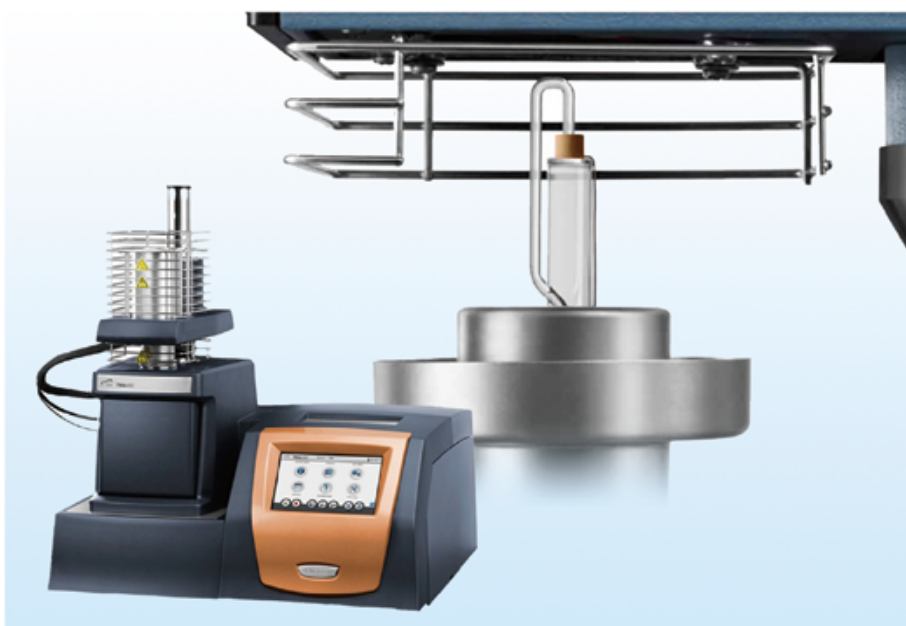
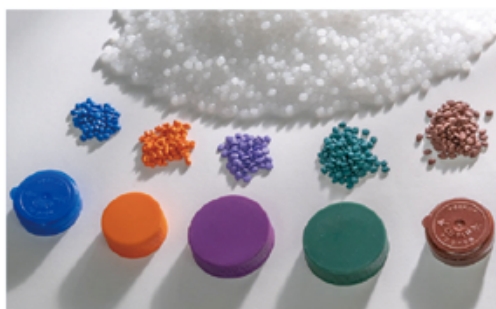


### 【高分子材料檢測的應用與發展】



專題主編：劉文斌 技術總監

- 結合聚氨酯(PU)發泡鑑定系統(PU Foamat)與CAE模擬全盤掌握PU發泡特性
- PVT曲線指導射出成型壓力和溫度的應用
- 高分子材料的熱機械分析(Thermomechanical Analysis, TMA)量測技術



### 專題報導 | 科技新知 | 產業訊息 | 顧問專欄

#### 專題報導

- 聚合物PVT關係解讀及對於射出行業的意義
- 動態機械分析(Dynamic Mechanical Analysis-DMA)量測技術應用

#### 科技新知

- 產業長期困擾的耳流模擬 新黏度模型有解了
- 威猛CODEMAX編碼耦合站
- PA6材料在汽車減震系統中的應用【底盤篇】

#### 顧問專欄

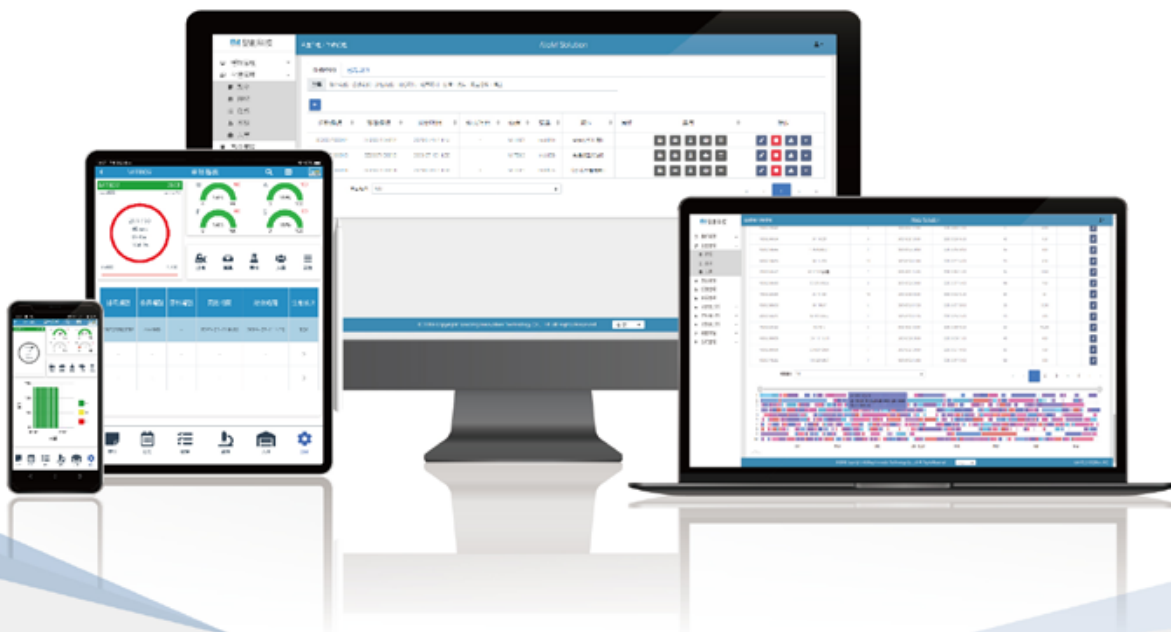
- 第54招【殘留應力篇】
- 在愛情裡不被愛的才是第三者
- 書摘：有關積層製造技術的外文書更新

#### 產業訊息

- 免噴塗材料在射出產業之應用
- 金屬注射成型技術：微型金屬注射成型工藝(μ-MIM)



### 實現智慧轉型，打造戰情管理



#### 介紹

面對市場訂單變化快速、少量多樣的需求，先進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。

#### 優勢

- 1 智慧指標** 串聯超過30種品牌，實現跨廠區跨品牌管理。
- 2 產能優化** 即時掌握成型週期、產量，避免交期落後
- 3 專業排程** 專為射出廠需求開發，符合實際應用流程
- 4 行動報工** 登錄換模任務及故障原因，減少閒置時間
- 5 數據分析** 多維度分析圖表，從不同角度突破生產瓶頸
- 6 定期報表** 自動報告產出寄送，快速聚焦異常問題點

廣告編號 2021-08-A01

型創科技顧問股份有限公司

[www.minnotec.com](http://www.minnotec.com)

地址：新北市板橋區文化路一段268號6樓之1

E-MAIL: info@minnotec.com TEL: +886-2-8969-0409

海外

· 東莞 · 蘇州 · 曼谷

未來據點

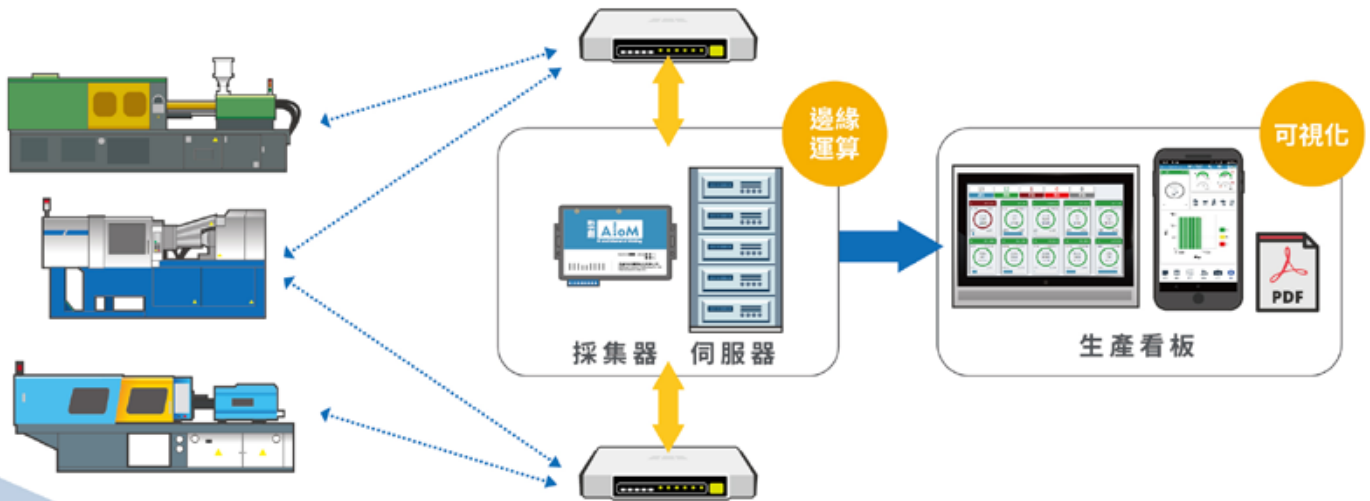
· 台中 · 高雄 · 寧波 · 廈門 · 印尼 · 吉隆坡 · 菲律賓 · 越南

型創 **SMART Molding**



更多資訊

## 95%射出機相容，省錢省時



### 標準版介紹

透過IoT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狀態資訊，即時掌握**生產週期**、**稼動率**、**異常閒置**、**穩定性**，邁向可視化工廠，讓科學數據成為企業強而有力的智慧資產，增加競爭力吸引更多客戶的青睞。

### 優勢

- 1 高度相容** 適用於95%廠牌射出機，實現全廠設備可視化
- 2 提升效率** 即時監控生產週期時間，發現過慢，當下處理
- 3 提升可動** 即時監控異常閒置，當下處理，降低浪費
- 4 維護容易** 系統維護容易，無須額外學習
- 5 快速上線** 針對產業進行標準化設定，經驗豐富，一週內上線
- 6 數位轉型** 工廠數位化轉型，增加接單率

廣告編號 2021-08-A02

型創科技顧問股份有限公司

[www.minnotec.com](http://www.minnotec.com)

地址：新北市板橋區文化路一段268號6樓之1

E-MAIL: info@minnotec.com TEL: +886-2-8969-0409

海外

· 東莞 · 蘇州 · 曼谷

未來據點

· 台中 · 高雄 · 寧波 · 廈門 · 印尼 · 吉隆坡 · 菲律賓 · 越南

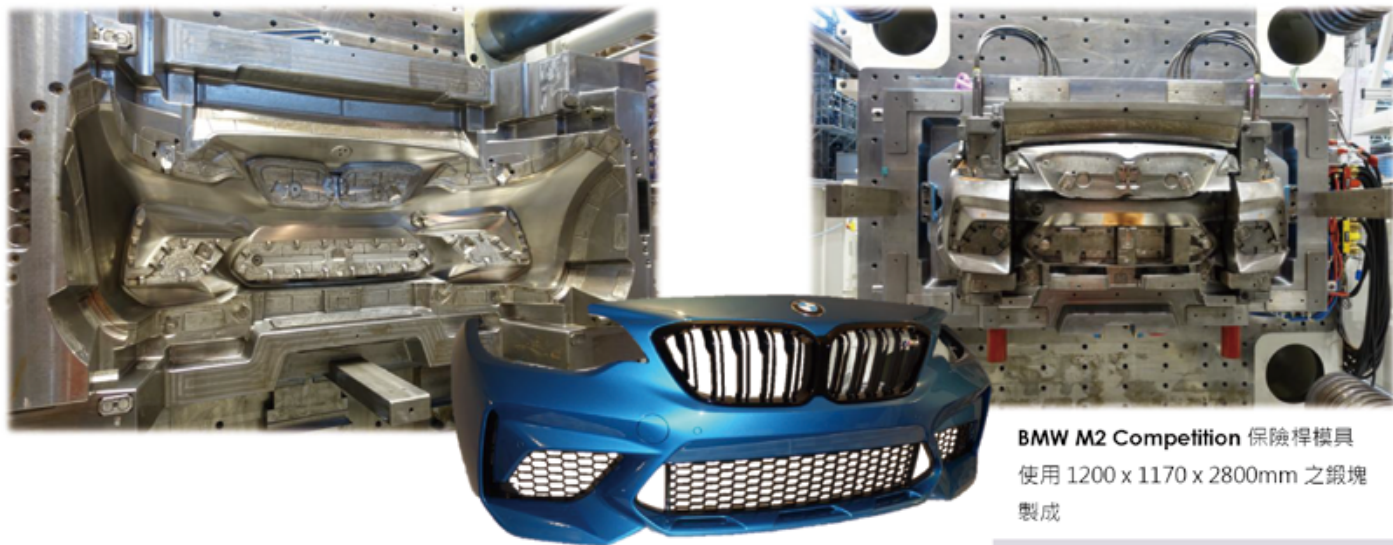
型創 **SMART Molding**



更多資訊

# TS-Diamond

## 來自德國，解決您拋光問題的新鋼種



BMW M2 Competition 保險桿模具  
使用 1200 x 1170 x 2800mm 之鍛塊  
製成

### 結合高 CP 值和絕佳特性之塑膠模具新鋼種

您是否模具有 A-1 鏡面需求，但因為高額材料費增加許多成本？

您是否對現階段的模具 cycle time 覺得有進步空間呢？

您是否因為客戶交期壓力而對廠內加工製程或委外時程必須抓得很緊迫呢？

您是否對現階段材料的拋光良率有所疑慮呢？

您是否對現階段材料的焊補性、咬花性良率有所疑慮呢？

**無論您是模具廠還是射出廠，我們有辦法協助您一次解決上述所有問題了。**

### 特性

- 德國一級鋼廠布德魯斯生產，為P20改良加硬，二次重熔製程(ESR)
- 高純淨度，拋光可達A1等級 (Ra 0.025um以下)
- 熱傳導性可達41.3W/mK，是現今模具鋼材熱傳導性質之冠，有效提高生產效率，降低cycle time。熱傳導較H13高出45%以上，高出不銹鋼50%以上!
- 鋼材預硬HB 360~405，材料不須額外熱處理，大幅縮短製作時程。
- 極佳之焊補性、咬花性和氮化特性

### 應用範圍：

- 高拋光需求的塑膠射出與擠壓成型模具，如車燈組件、汽車內外飾及散熱器格柵板。
- 適用於汽車車燈，鏡面拋光塑膠件與細緻皮紋咬花表面。
- 加入少量玻纖、模次要求不高但需要鏡面之模具。
- 塑料無腐蝕性，需要高速量產之產品

## 梧濟工業

為客戶創造產品價值  
為企業提供競爭優勢  
成就客戶的國際品牌  
是您最佳的合作夥伴

### ISO 9001

梧濟工業通過 ISO 9001 標準，嚴格的管理系統確保您所購買每塊鋼材的品質

### 請洽梧濟各地銷售據點：

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

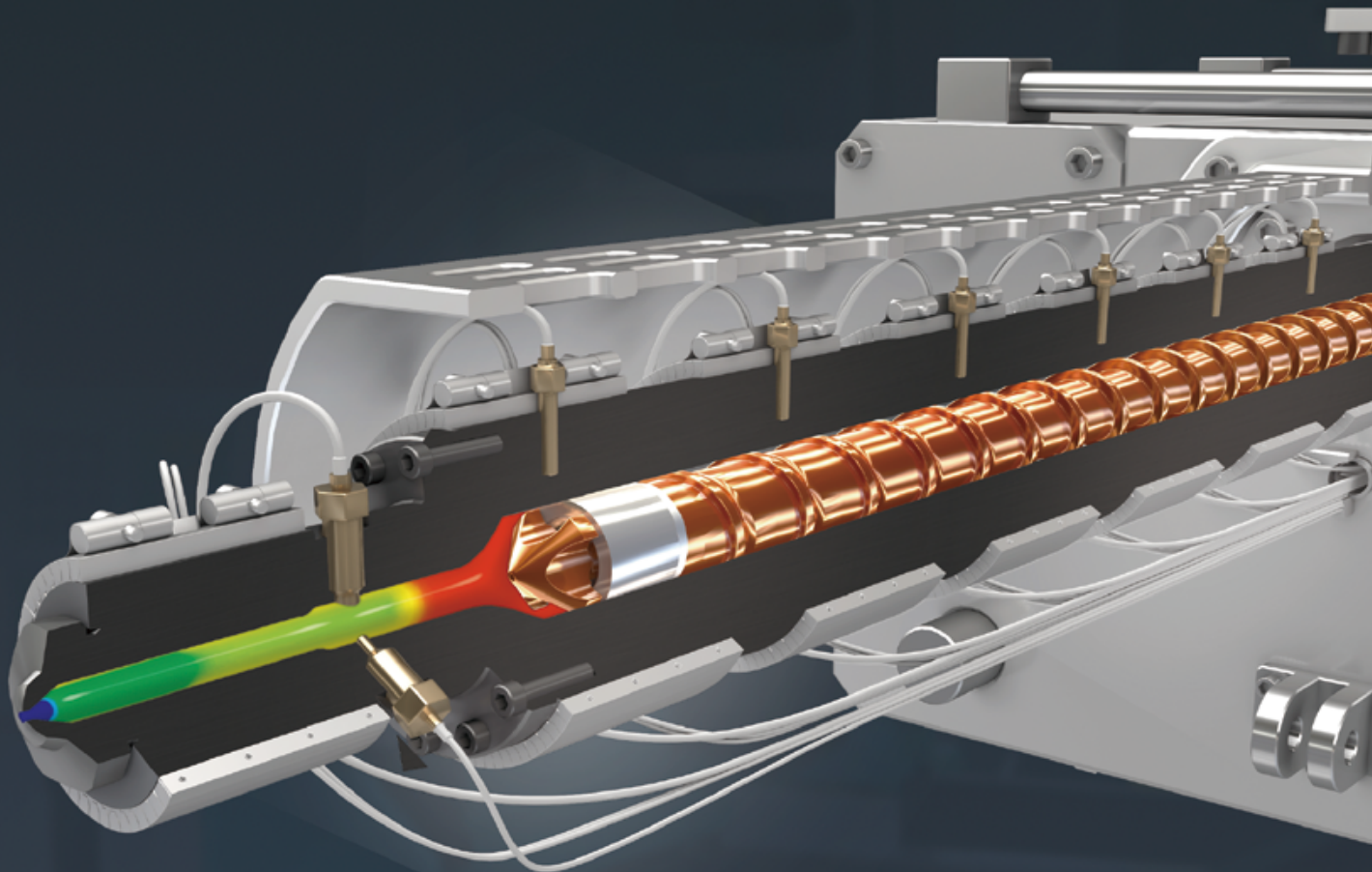
Email: services@wujii.com.tw

# Moldex3D

## 虛實整合 數位分身

- 智慧製造 模流分析軟體新典範 -

Moldex3D是專為智慧設計和製造所打造的新一代塑膠模具成型模擬方案，用更真實的模擬分析，快速轉化洞察為行動，提升產品競爭力。透過Moldex3D模擬分析，產品工程師可以更完整地整合實體和虛擬世界，打造更真實的模擬情境，提升分析可靠度，縮短模擬和製造的距離。



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

編輯部

總編輯 劉文斌 Webin Liu  
副主編 林佩璇 Amber Lin  
美術主編 莊為仁 Stanley Juang  
設計排版 簡恩慈 Elise Chien  
雜誌編輯 許正明 Billy Hsu  
數位行銷 簡如倩 Sylvia Jian

行政部

行政支援 林靜宜 Ellie Lin  
洪嘉辛 Stella Hung  
封旺弟 Kitty Feng  
劉香伶 Lynn Liu  
范馨予 Nina Fan  
陳汝擘 Sharon Chen

技術部

技術支援 唐兆璋 Steve Tang 廖士賢 Leo  
張仁安 Angus Chang 彭楷傑 Eason  
楊崇邠 Benson Yang  
李志豪 Terry Li  
劉 岩 Yvan Liu  
張林林 Kelly Zhang  
羅子洪 Colin Luo  
王海滔 Walk Wang  
羅偉航 Robbin Luo  
邵夢林 Liam Shao  
黃煒翔 Peter Huang  
游逸婷 Cara Yu  
葉庭瑋 Danny Ye  
劉家孜 Alice Liu  
詹汶霖 William Zhan  
鄭向為 Nick Cheng

專題報導

專題主編 劉文斌  
特別感謝 科盛科技、國高材實驗室、德清科基高分子大數據研究院有限公司、威猛集團、安科羅工程塑料、台中精機、科思創、GF Machining Solutions、林秀春、林宜璟、邱耀弘

封面圖片來源：

<https://multi-plast.com>

<https://www.duncanclarkblog.com>

讀者專線 :+886-2-8969-0409

傳真專線 :+886-2-8969-0410

雜誌官網 :[www.smartmolding.com](http://www.smartmolding.com)

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

# MIZUKEN<sup>®</sup>

## 多功能模具水路清洗機

### 多機能金型冷卻管洗淨機



功能說明 ▶  
機能說明



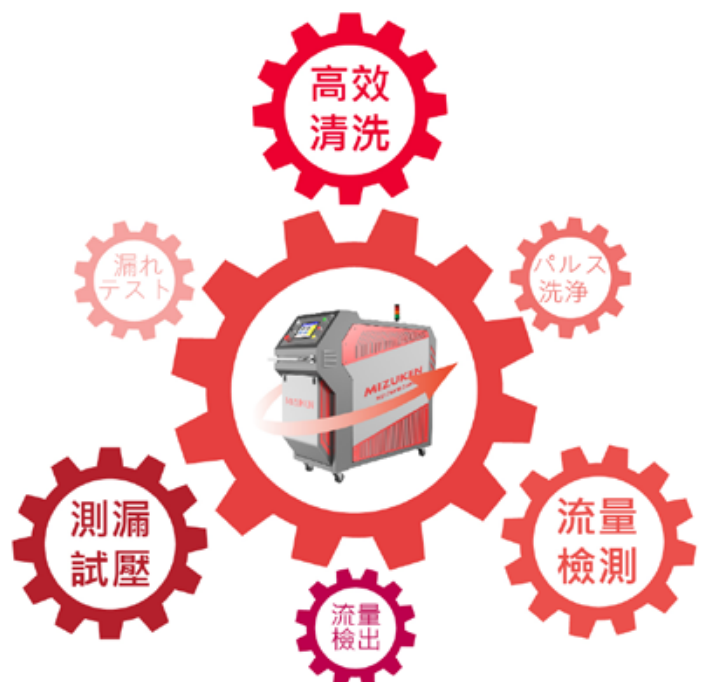
廣東水研智能設備有限公司  
GUANGDONG MIZUKEN INTELLIGENT EQUIPMENT CO.,LTD

地址：廣東省東莞市虎門鎮雅瑤工業二路1號

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

郵件：joinhung@gmail.com

網址：www.mizuken.com.cn



廣告編號 2021-08-A05

TEL +886-938009549

## 廣告索引



IoM-IPS 智慧排程方案 -----	P2(A01)
IoM-OEE 機聯網方案 -----	P3(A02)
梧濟工業 -----	P4(A03)
科盛科技 -----	P5(A04)
水研 -----	P7(A05)
Sodick -----	P25(A06)
型創 AioM -----	P29(A07)
型創 AMT -----	P39(A08)
電子束 EBM 加工技術發表應用說明會	P53(A09)
數位版雜誌宣傳 -----	P63(A10)
型創 EOM 電力監測與節能解決方案 A	P81(A11)
【3D 列印展】2021 徵展	P99(A12)
【模具暨模具製造設備展】2021 徵展	P103(A13)
【T+A】2021 徵展	P111(A14)
【物流展】2021 徵展	P115(A15)
【Intelligent Asia】	P119(A16)

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](http://www.smartmolding.com)



ACMT 模具與成型雜誌 No.044 2020/12  
www.smartmolding.com

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

**【AI虛實整合：工業4.0時代的數位分身】**

專題主編：張國強 博士  
 高階工業工程師、台灣製造業協會理事  
 40餘年工業界、學術界及政府服務經驗  
 專長：智慧工廠、工業4.0、數位轉型、  
 智慧製造、工業互聯網、  
 智慧工廠、智慧製造、工業4.0、數位轉型、  
 智慧製造、工業互聯網

專題報導 | 科技新知 | 產業訊息 | 顧問專欄

**專題報導**  
 智慧工廠、工業4.0、數位轉型、  
 智慧製造、工業互聯網、  
 智慧工廠、智慧製造、工業4.0、數位轉型、  
 智慧製造、工業互聯網

**科技新知**  
 智慧工廠、工業4.0、數位轉型、  
 智慧製造、工業互聯網、  
 智慧工廠、智慧製造、工業4.0、數位轉型、  
 智慧製造、工業互聯網

**產業訊息**  
 智慧工廠、工業4.0、數位轉型、  
 智慧製造、工業互聯網、  
 智慧工廠、智慧製造、工業4.0、數位轉型、  
 智慧製造、工業互聯網

**顧問專欄**  
 智慧工廠、工業4.0、數位轉型、  
 智慧製造、工業互聯網、  
 智慧工廠、智慧製造、工業4.0、數位轉型、  
 智慧製造、工業互聯網

ACMT 模具與成型雜誌 No.045 2020/11  
www.smartmolding.com

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

**【模具成型產業的最新光學技術與應用】**

專題主編：陳俊毅 教授  
 TPU Co-UV光學光學設計專家  
 以光學技術應用於塑膠、  
 光學透明塑膠、光學透明塑膠、  
 光學透明塑膠、光學透明塑膠、  
 光學透明塑膠、光學透明塑膠、  
 光學透明塑膠、光學透明塑膠、

專題報導 | 科技新知 | 產業訊息 | 顧問專欄

**專題報導**  
 光學透明塑膠、光學透明塑膠、  
 光學透明塑膠、光學透明塑膠、  
 光學透明塑膠、光學透明塑膠、  
 光學透明塑膠、光學透明塑膠、

**科技新知**  
 光學透明塑膠、光學透明塑膠、  
 光學透明塑膠、光學透明塑膠、  
 光學透明塑膠、光學透明塑膠、  
 光學透明塑膠、光學透明塑膠、

**產業訊息**  
 光學透明塑膠、光學透明塑膠、  
 光學透明塑膠、光學透明塑膠、  
 光學透明塑膠、光學透明塑膠、  
 光學透明塑膠、光學透明塑膠、

**顧問專欄**  
 光學透明塑膠、光學透明塑膠、  
 光學透明塑膠、光學透明塑膠、  
 光學透明塑膠、光學透明塑膠、  
 光學透明塑膠、光學透明塑膠、

ACMT 模具與成型雜誌 No.046 2020/10  
www.smartmolding.com

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

**【LSR射出成型的產業應用與發展趨勢】**

專題主編：曾豐昌 教授  
 LSR之材料特性與成型技術  
 高階的射膠材料與成型技術之應用於射出成型  
 射膠材料與成型技術之應用於射出成型  
 射膠材料與成型技術之應用於射出成型  
 射膠材料與成型技術之應用於射出成型

專題報導 | 科技新知 | 產業訊息 | 顧問專欄

**專題報導**  
 LSR之材料特性與成型技術  
 高階的射膠材料與成型技術之應用於射出成型  
 射膠材料與成型技術之應用於射出成型  
 射膠材料與成型技術之應用於射出成型

**科技新知**  
 LSR之材料特性與成型技術  
 高階的射膠材料與成型技術之應用於射出成型  
 射膠材料與成型技術之應用於射出成型  
 射膠材料與成型技術之應用於射出成型

**產業訊息**  
 LSR之材料特性與成型技術  
 高階的射膠材料與成型技術之應用於射出成型  
 射膠材料與成型技術之應用於射出成型  
 射膠材料與成型技術之應用於射出成型

**顧問專欄**  
 LSR之材料特性與成型技術  
 高階的射膠材料與成型技術之應用於射出成型  
 射膠材料與成型技術之應用於射出成型  
 射膠材料與成型技術之應用於射出成型

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

ACMT 模具與成型雜誌 No.043 2020/09  
www.smartmolding.com

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

**【特殊高性能材料之介紹與相關應用技術】**

專題主編：劉文斌 技術總監  
 塑膠材料技術專家  
 高階技術與應用技術專家  
 高階技術與應用技術專家  
 高階技術與應用技術專家  
 高階技術與應用技術專家

專題報導 | 科技新知 | 產業訊息 | 顧問專欄

**專題報導**  
 塑膠材料技術專家  
 高階技術與應用技術專家  
 高階技術與應用技術專家  
 高階技術與應用技術專家

**科技新知**  
 塑膠材料技術專家  
 高階技術與應用技術專家  
 高階技術與應用技術專家  
 高階技術與應用技術專家

**產業訊息**  
 塑膠材料技術專家  
 高階技術與應用技術專家  
 高階技術與應用技術專家  
 高階技術與應用技術專家

**顧問專欄**  
 塑膠材料技術專家  
 高階技術與應用技術專家  
 高階技術與應用技術專家  
 高階技術與應用技術專家

ACMT 模具與成型雜誌 No.042 2020/08  
www.smartmolding.com/acmt

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

**【射出工廠的數位化轉型：IT與OT的相遇】**

專題主編：詹光輝 ACMT副社長  
 模具技術與工業工程專家  
 高階技術與應用技術專家  
 高階技術與應用技術專家  
 高階技術與應用技術專家  
 高階技術與應用技術專家

專題報導 | 科技新知 | 產業訊息 | 顧問專欄

**專題報導**  
 模具技術與工業工程專家  
 高階技術與應用技術專家  
 高階技術與應用技術專家  
 高階技術與應用技術專家

**科技新知**  
 模具技術與工業工程專家  
 高階技術與應用技術專家  
 高階技術與應用技術專家  
 高階技術與應用技術專家

**產業訊息**  
 模具技術與工業工程專家  
 高階技術與應用技術專家  
 高階技術與應用技術專家  
 高階技術與應用技術專家

**顧問專欄**  
 模具技術與工業工程專家  
 高階技術與應用技術專家  
 高階技術與應用技術專家  
 高階技術與應用技術專家

ACMT 模具與成型雜誌 No.041 2020/07  
www.smartmolding.com/acmt

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

**【產業輕量化與無損檢測技術應用】**

專題主編：黃冠財 副教授  
 機械設計與製造技術專家  
 高階技術與應用技術專家  
 高階技術與應用技術專家  
 高階技術與應用技術專家  
 高階技術與應用技術專家

專題報導 | 科技新知 | 產業訊息 | 顧問專欄

**專題報導**  
 機械設計與製造技術專家  
 高階技術與應用技術專家  
 高階技術與應用技術專家  
 高階技術與應用技術專家

**科技新知**  
 機械設計與製造技術專家  
 高階技術與應用技術專家  
 高階技術與應用技術專家  
 高階技術與應用技術專家

**產業訊息**  
 機械設計與製造技術專家  
 高階技術與應用技術專家  
 高階技術與應用技術專家  
 高階技術與應用技術專家

**顧問專欄**  
 機械設計與製造技術專家  
 高階技術與應用技術專家  
 高階技術與應用技術專家  
 高階技術與應用技術專家



第一手的  
 模具行業情報



最專業的  
 模具技術雜誌



最豐富的  
 產業先進資訊

[www.smartmolding.com](http://www.smartmolding.com)  
 ACMT SMART Molding Magazine



# 目錄 Contents

14 結合聚氨酯 (PU) 發泡鑑定系統 (PU Foamat) 與 CAE 模擬全盤掌握 PU 發泡特性

20 PVT 曲線指導射出成型壓力和溫度的應用

22 聚合物 PVT 關係解讀及對於射出行業的意義

30 動態機械分析 (Dynamic Mechanical Analysis-DMA) 量測技術應用

40 熱傳導係數測量的主要方法

46 產業長期困擾的耳流模擬新黏度模型有解了

48 威猛 CODEMAX 編碼耦合站——卓越的原料分配監控系統

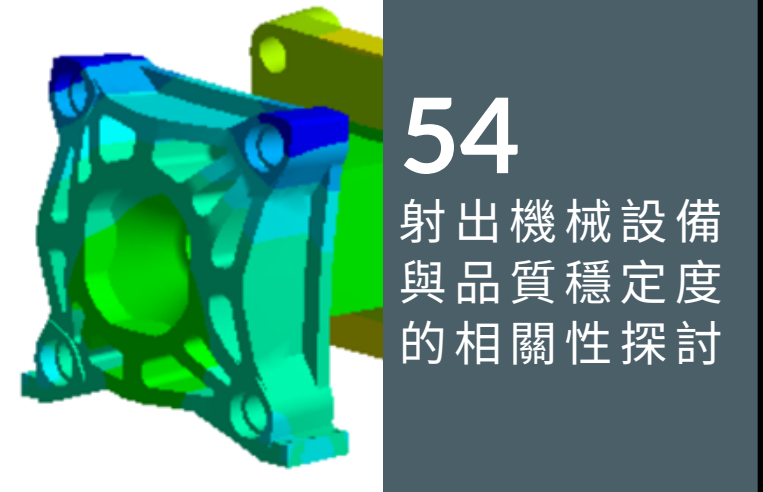
50 庖丁解車：PA6 材料在汽車減震系統中的應用【底盤篇】

58 運用二氧化碳技術在建築領域上成為可能：二氧化碳聚氨酯硬質泡棉研究成功

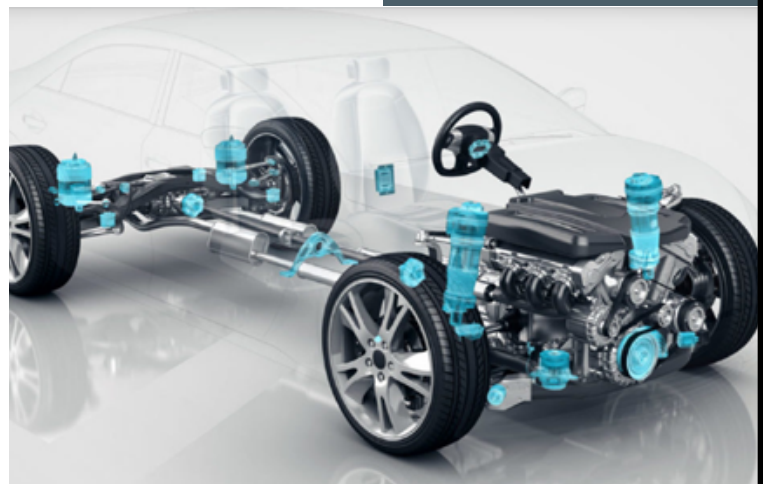
60 高分子材料再升級——特殊功能性表面讓應用更廣泛

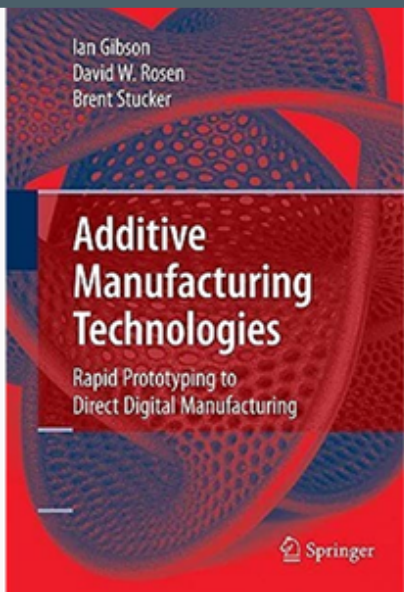
64 第 54 招、模流分析射出成型產品外觀、品質問題與應力影響【殘留應力篇】

68 在愛情裡不被愛的才是第三者——談判 BATNA 的價值投資判斷



射出機械設備與品質穩定度的相關性探討





74

- 78 免噴塗材料在射出產業之應用
- 82 金屬注射成型技術：  
微型金屬注射成型工藝 (μ-MIM)
- 85 後疫情時代的 3D 列印產業現況與  
推動



### 高分子材料檢測的 應用與發展

「塑膠材料的性質與量測數據是塑膠加工產業最根本的技術核心，所有生產製程環節都在設計應用與調校掌控塑膠材料的特性。本期將以『高分子材料檢測的應用與發展』為題，為各位讀者帶來精彩的報導。」 ■



新登場!



數位版雜誌上線中!  
隨時隨地都能閱讀!



## 劉文斌 技術總監

- 現職型創科技顧問股份有限公司 技術總監
- 現職 ACMT 電腦輔助成型技術交流協會 主任委員
- 曾任職 Moldex3D 大中華區 技術總監
- 多家業界公司技術顧問與技術授課講師

### 專長：

- 高分子塑膠材料、檢測技術、複合材料、合膠混練配料技術
- 塑膠押出、射出成型加工技術
- 成型加工模具、螺桿及製程設計、連續複合押出發泡成型技術

## 高分子材料檢測的應用與發展

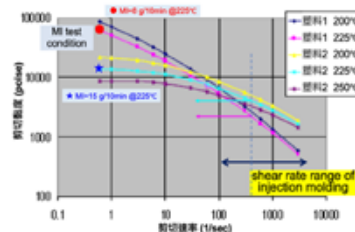
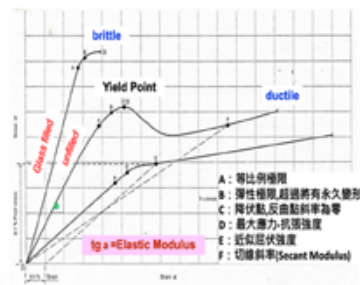
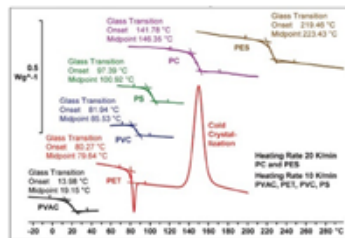
### 塑膠材料性質與量測數據的重要性

塑膠材料的各項性質與量測數據特性是塑膠相關產業最重要的技術資訊，所有塑膠材料的成型加工產業（舉凡電子、電器、汽車、用品包裝、能源、運輸、生醫、航太等……）的每個生產製程環節，都是在設計應用與調校掌控塑膠材料的特性。所以我們可以深思與體認到塑膠材料的性質與量測數據是塑膠加工產業最根本的技術核心。所有的製程技術展開從塑料開始，所有生產加工或產品應用上所遭遇的問題，最終的解決方案也會收斂到塑料的本質與性能特性。塑膠材料是高分子聚合物因為分子鏈的組成結構造成塑料的性質與特性與其他材料有很大的差異，各種塑料具有其獨特的機械物性、熱性質、流變性質、黏彈特性等，這些特性都會影響到塑料的成型加工性與最終產品的外觀、尺寸精度、強度表現與使用壽命等。

對於塑膠產品的設計人員，需要了解塑膠材料的機械物性與強度表現，才能設計出產品的厚度分佈、補強結構等符合應用上強度要求的產品；另外對於塑件產品應用上如有其他的特殊需求，設計人員還需要對塑膠材料的特定性質有深入認識才能設計出符合應用要求的正確產品。例如塑料的電氣性質、耐化學品性質、耐候、抗老化、耐疲勞性等特性。而成型模具設計人員要設計製造出合適且正確的成型模具，更要了解所加工塑料的流動特性與隨溫度改變的體積變化行為等，不同塑料的剪切流變性質、塑料的熱導性、冷卻的結晶行為和體積收縮性等，都會影響模具的流道系統、澆口形式與冷卻水路系統的設計參數。同樣的對於塑膠材料的成型加工人員更需要對塑膠材料的加工性質數據有正確認識，其中包含塑料的特徵溫度、流動性、流變性、黏彈特性等成型加工性質數據，才能正確進行成型加工參數設定與成型產品的生產品質控制。塑料成型後的加工產品在組裝與產品應用上發生不良現象，例如產品尺寸變異、應力破裂等，這些產品問題探究其原因還是與塑料的性質表現有關，最終還是需要依賴塑料的性質數據來進行成型調整與解決。所以塑料性質的量測數據是塑料加工的根本依據，也是成型加工最終須回歸探討的本源。

### 塑膠材料性質量測數據的應用

塑膠材料性質的量測與檢測數據，不僅是塑料原料廠商需提供加工業者客戶的技術資訊與產品品質保證。對於塑料的加工使用者，塑料性質數據的精準掌握是更重要的工作，需要對塑料進行性質數據量測才能確保塑料來料的品質穩定性，也才能正確的進行加工條件的設定掌控。塑膠材料的檢測通常是以標準試片或是標準



測試條件，遵循 ASTM 或 ISO 所規範的測試標準程序來進行量測，這種規定的標準量測條件與實際生產條件或產品失效條件之間可能會存在一定程度上的差異性。所以如何正確應用塑料量測數據來協助塑料產品設計開發與成型加工的問題解決，是塑料產業從業人員須具備的技術能力。

## 循環經濟下的塑料應用趨勢

近年來全球產業界致力於地球資源環保與節能減碳的議題推動，循環經濟的新型模式也成為是國際上各產業調整的方向。希望透過資源的再利用，讓產品與資源的生命週期延長或不斷循環利用，以有效緩解廢棄物產生與污染問題。國際上多間指標性企業（例如 IKEA、Unilever、NIKE……等）也都宣示企業環境永續的宣言，大多都宣示在未來幾年內，塑料產品的回收料或再生料的使用比例須達成一定的目標。所以在塑料加工產業未來塑料配方中的回收料添加與再生料的使用將會越來越多，這也讓回收與再生塑料的性質量測與性質穩定性的重要性受到高度關注。加工廠商自行建立塑料檢測單位與塑料量測項目，來針對塑料配方的正確調整與產品品質穩定性的管控，將是未來產業的趨勢。

## 工業 4.0 革新下的塑料大數據資訊的重要性

近年來全球產業界如火如荼開始著手建立工業 4.0 的革新，提高生產自動化程度與智慧化生產技術，運用大數據資料讓生產效率與製造力更加提升。在工業 4.0 的發展下也讓塑膠材料的性質量測數據變成更加重要。塑料量測數據所建立的數據資料庫，對於塑料成型加工產業是一項極重要的大數據資料，能夠掌控塑料數據將有利於主導產業創新的發展。塑料數據資料庫對於產品設計、模具設計與成型加工參數控制上都具有決定性的影響。有正確的材料數據才能設計正確的產品與模具，也才能正確進行成型加工條件的設定與調整。有了塑料量測數據資訊就可以在產品設計前期將產品品質與可能發生的不良現象或失效可能性分析出來，可以大幅縮短產品開發時程，也可以把產品在生產過程中可能遭遇的問題來進行提前防範、修正或解決。塑膠材料性質量測數據的獲取與資料庫的建立，在未來工業 4.0 智慧化生產的發展下，此塑料量測大數據將是一項決定勝負的利器。■



## 結合聚氨酯 (PU) 發泡鑑定系統 (PU Foamat) 與 CAE 模擬全盤掌握 PU 發泡特性

■科盛科技材料量測中心 / 王智偉 經理

### 前言

聚氨酯發泡 (PU 發泡) 材料是汽車生產製造產品中常用的熱固性材料。它是一種多孔性、低密度和高強度的材料，這些特性使 PU 發泡成為一種普遍應用的材料，尤其在輕量化和隔音、隔熱等阻絕特性要求的應用產品上廣受採用。最常見的應用包括汽車防撞部件、汽車座椅、內飾件和引擎蓋下的阻絕零件以及電子元件防護應用等。PU 發泡產品所需的最終性能可以通過選擇特定材料配方組成及成型加工條件來改變，使發泡產品成為許多不同產業輕量化應用的通用材料。此外由於 PU 聚合物的熱固性特性，它可以承受更高的溫度而不發生熔化。

雖然聚氨酯 (PU) 材料具有上述優點，但在聚氨酯發泡塑料的加工過程中存在一些技術挑戰。實際上發泡產品內部的發泡孔洞結構並不容易控制。通常由於填充不完全和發泡不均勻所導致的大泡孔結構等零件缺陷，通常只能在模具製造完成和產品被生產後才能被

觀察與識別。另外模具上的排氣位置和排氣效果等其他因素也會對發泡產品的品質有重大影響。此外在發泡過程中溢流產生的大量廢棄聚氨酯材料也需要加以減少或回收。

### Moldex3D PU 反應性發泡模擬分析研究

CAE 模流分析通常可用於偵測或模擬聚氨酯發泡在模具充填和發泡過程中的動態行為，並可協助微調成型加工條件和優化產品與模具的設計。Moldex3D 發泡模擬分析的方法是利用最新發展的發泡理論模型與實際成型實驗緊密結合，以更準確地了解發泡現象，利用參數化和材料模型的修正，在分析模型開發完成後對其進行吻合度的驗證。發泡材料模型可以預測填充、發泡膨脹、交聯固化和最終的發泡產品特性，但是這些模擬分析上仍然具有相當的挑戰性。由於反應速度快且體積持續不斷變化，因此對於獲得準確的 PU 反應特性上也增加了現有模擬分析的困難度。對於自由發泡過程中的體積變化、反應溫度變化、壓力

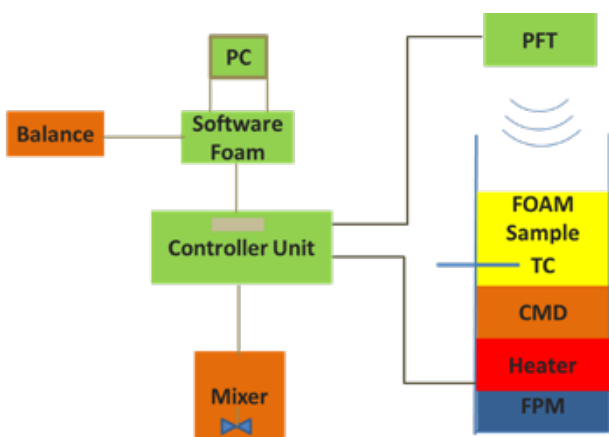


圖 1：發泡鑑定系統 FOAMAT 示意圖

上升、反應固化和黏度的變化都需要加以量測，以便精準反應出發泡成型過程中的物理參數。

聚氨酯 (PU) 發泡是一種化學反應性的發泡製程，作用為發泡劑的  $\text{CO}_2$  是通過異氰酸酯 (isocyanate) 和水之間的化學反應所產生。發泡的同時異氰酸酯也會以競爭的方式與多元醇 (polyol) 反應生成 PU 聚合物。這種複雜的反應相關性過程需要一個新的動力學模型來獨立求解這兩個相互競爭的反應。儘管 Moldex3D 的解析方法是基於以前的理論文獻，但它的獨特之處在於利用了一個新的動力學模型，可藉由簡化的數學形式，將發泡反應和交聯固化反應獨立求解。此外此處理程序完全基於實驗數據，其中異氰酸酯成份總是過量並且不會影響反應動力學。

### Moldex3D PU 材料發泡加工數據測量

在這項研究中，我們使用 FOAMAT (圖 1)，一種通用性的發泡鑑定系統，來深入研究 PU 發泡製程產品的發泡特性。然後將實驗數據與適當的材料模型擬合，生成模型化參數。材料參數隨後用於 CAE 模擬，並使用特定容器（先進的溫度容器），將所得實驗結

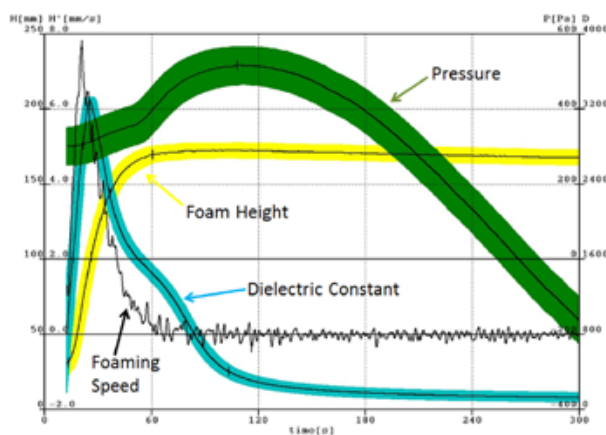


圖 2：ELASTOFOAM CI 4510/136/LD 系列 PU 發泡材料典型的高度上升、速度上升、壓力上升和極化介電常數的實驗數據同時記錄並顯示在圖中

果（自由發泡高度和溫度）與模擬結果進行比對。目前在工業界這項 PU 發泡仿真功能軟體仍非常稀少，所以是具有巨大的市場需求和潛在的客戶群，特別是在汽車、航太航空和體育領域的輕量化應用。

我們對於發泡形成過程中的物理參數進行了研究實驗，實驗利用 FOAMAT 285 系統和代號為 BE 的 PU 材料。PU 原料在  $23^\circ\text{C}$  具有以下規格特性：多元醇與異氰酸酯混合比 100:63(w/w)，含水量 0.60wt%，乳化時間 9s，上升時間 32s，自由上升密度 172g/L。鑑於乳化時間為 9 秒，這種 PU 發泡材料反應非常快速。兩種反應成份一混合，材料就開始迅速反應並起泡，這特性也增加了測量難度。

使用稱重天秤將 PU 材料組成成分按特定量混合，並仔細記錄因從容器轉移到先進溫度容器 (advanced temperature container-ATC) 的重量損失，從而獲得最準確的材料參數。ATC 提供可受控的溫度環境，因此溫度對反應速率的影響將可以被確定。反應性材料相對於溫度的關聯性對於模擬分析至關重要，因為在實際生產過程中會使用升高溫度的條件。實驗在 30、

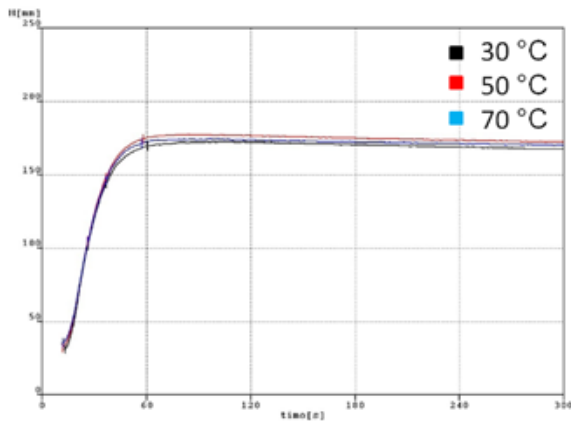


圖 3：不同溫度下的發泡高度

40、50 和 70°C 下進行。我們可觀察到由於溫度控制的一致性，ATC 的測量結果比在非恆溫測試容器中測量的結果更具可重複性。

ATC 的測量還測量了反應溫度。通過將熱電偶放在發泡體的下方三分之一高度處藉以測量最高的核心溫度。自由發泡的隆起輪廓高度是藉由專為高精度測量到發泡體距離而設計的專利超聲波風扇傳感器來記錄。極化的介電常數是一種新的測量參數，可以深入了解發泡形成過程中發生的電化學反應。極化介電常數本質上是由於鏈狀分子的極性末端 (OH, NCO) 官能基具有大偶極矩所引起的。聚合分子鏈的形成會先於交聯反應，最終通過固化反應將抑制所有偶極的移動率。因此極化介電常數值可以揭示反應過程中的固化程度 (圖 2)。利用平行板流變儀 MCR502 來測量黏度。首先用分子篩烘料處理樣品以除去水份。發泡材料並不遵循 Cox-Merz 規則；因此我們使用平行板幾何中的穩態剪切來測試其流變特性。就已知結果，在剪切速率小於 0.01(1/s) 以下條件時，剪切黏度與剪切速率將會無關。此外已經證明改變平行板之間間隙 (0.5mm 到 2mm) 條件顯示，與黏度隨時間的變化量相比，間隙條件的變化對測量黏度的影響很小，因此我們沒有嘗試校正數據的滑動影響。黏度量

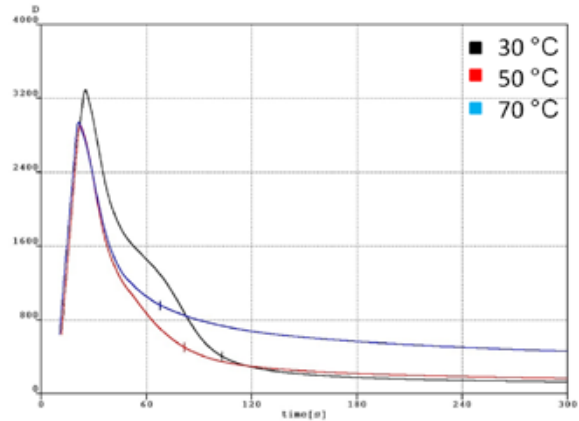
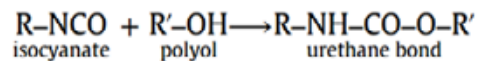


圖 4：不同溫度下的介電常數

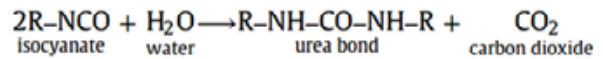
測是在 30~50°C 溫度範圍內的五個溫度下以 10°C 為增量進行測量 (以 0.011/s 剪切速率和 1mm 的平板間隙條件進行量測)。

當 PU 原料 (異氰酸酯、多元醇和水) 進行混合時就會產生下列化學反應：

- **凝膠化反應**：異氰酸酯與多元醇發生化學反應生成氨基甲酸酯鍵結。氨基甲酸酯鍵藉由聚合反應生成聚氨酯聚合物。



- **起泡反應**：在反應同時異氰酸酯與水也會發生化學反應而產生二氧化碳氣體。



在此我們使用兩個單獨的速率方程式來描述這兩種競爭的發泡速率和交聯反應速率。

## 發泡鑑定系統 FOAMAT 的發泡量測結果

為了獲得溫度對發泡性能的影響，在幾個不同的溫度下進行了發泡實驗。發泡高度和介電常數結果如圖 3 和圖 4 所顯示，實際 PU 發泡樣品的測量圖片如圖 5 所示。在所有情況下發泡性能對溫度有很強的相關聯



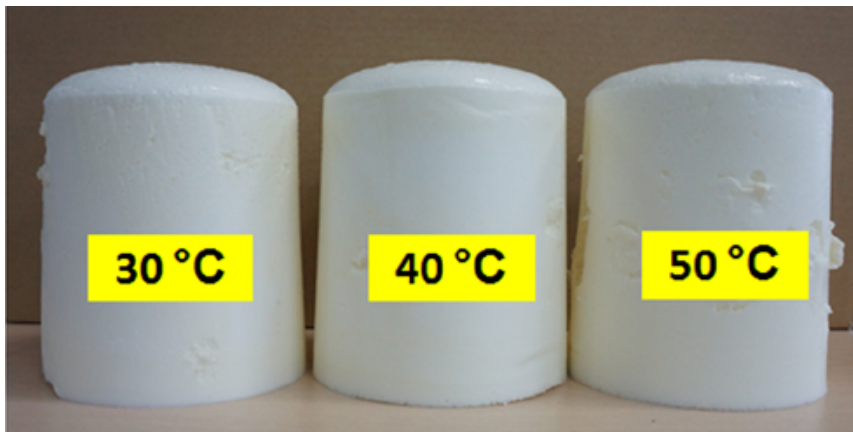


圖 5：在不同溫度下進行的發泡實驗樣品圖片

性。例如自由發泡高度與溫度成正比。任何時間點的上升發泡體的密度可以由 PU 發泡的膨脹比和發泡轉化率計算獲得。

許多研究人員已經對聚氨酯發泡和反應固化進行了研究。圖 6 顯示了這兩個競爭反應的單獨速率描述方程式的重要性。從圖 6 中可以清楚地看出，發泡反應的反應速率比固化反應快。這個結果也與桑迪亞 (Sandia) 國家實驗室的報告結果高度一致。通常發泡反應被設計比固化反應具有更快的反應速率，原因很明顯，如果固化反應太快，則熔膠黏度太高將無法形成膨脹氣泡。

### Moldex3D PU 發泡模擬分析結果驗證

圖 7 至圖 9 顯示了在 ATC 中聚氨酯材料自由發泡的發泡高度和溫度的實驗驗證結果。當模具溫度和熔體溫度設置為 30°C 條件實驗下。圖 7 顯示了 ATC 中最終發泡體高度的分析數值和實驗結果的比較。圖 8 顯示了發泡高度的時間歷程曲線的模擬分析結果，以及最終發泡高度的實驗量測結果作為對比。在這兩種情況下，模擬分析結果都與實驗量測數值有高度符合。圖 9 顯示了溫度歷史曲線的實驗量測數值與模擬分析結果的比較。由於 PU 固化反應是放熱的反應，系統溫

度會隨時間升高。溫度歷程的模擬分析結果與實驗量測結果也相當接近。

最後我們將測得的 PU 材料參數輸入 Moldex3D 發泡模擬模組，優化相關的設計和製程加工參數，例如加熱棒設計、模具溫度設定、PU 射出量、排氣設計和設定等。

PU 發泡射出模擬分析是以方向盤部件來進行。產品體積約為 933cc。在成型加工條件設定下，在充填時間 3.5 秒時的充填體積百分比在為 35%。模具溫度設定為 50°C，PU 材料進料溫度為 25°C。

圖 10 顯示了聚氨酯發泡熔膠的流動波前。首先由於重力效應聚氨酯熔體將開始沿著型腔底部填充。當填充量達到型腔的 35% 時，聚氨酯反應會釋放 CO<sub>2</sub> 氣體，而聚合物黏度會因凝膠反應而逐漸增加。同時固化放熱反應的反應熱將被釋放，並造成腔體溫度的提高。結果越來越多的 CO<sub>2</sub> 氣體在相對較高的溫度條件下被釋放到聚合物熔體中。最終聚氨酯發泡熔膠將完全填充型腔空間。

圖 11 顯示了聚氨酯發泡部件的密度分佈。密度分佈

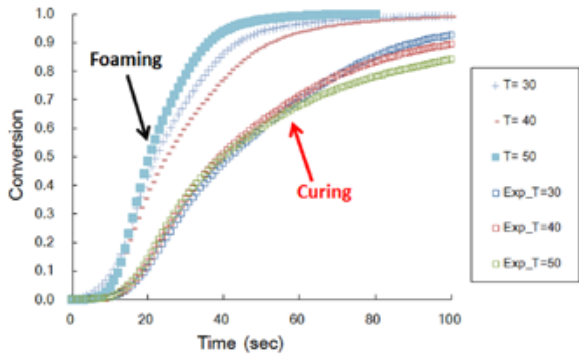


圖 6：發泡動力學和反應固化動力學的比較

Final Height = 172 mm    Final Height = 176mm

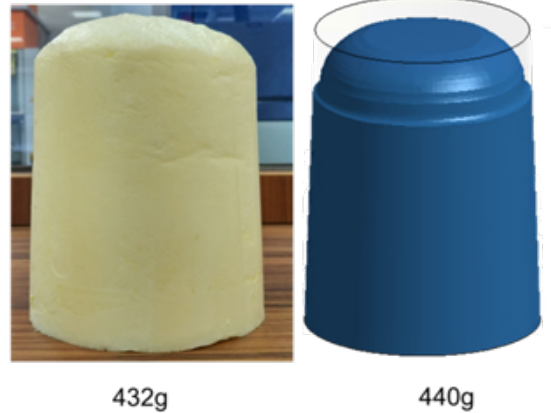


圖 7：ATC 中最終發泡高度的實驗結果（圖左）和模擬分析數值（圖右）結果的比較

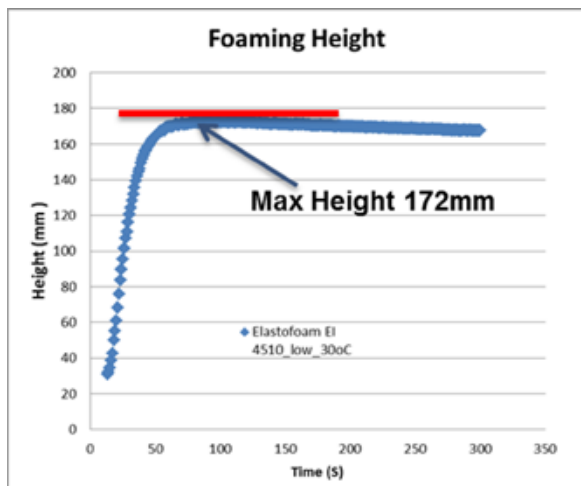


圖 8：作為時間函數的模擬發泡高度與實驗中最大發泡高度數值的比較

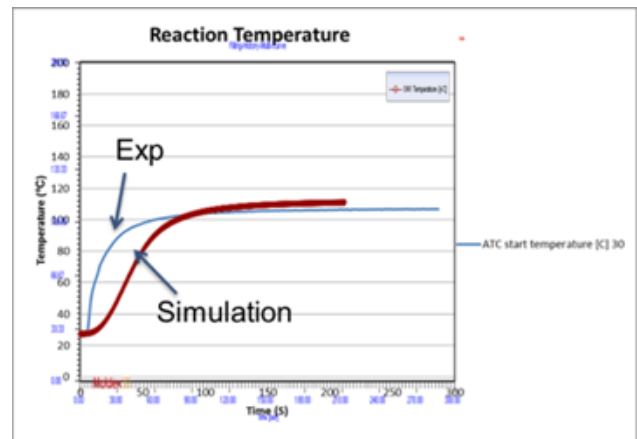


圖 9：溫度隨時間變化的實驗結果：實驗值（藍線）與模擬分析數值（紅線）的比較結果

結果顯示了發泡過程中的膨脹效應。發泡轉化率越高，產生的 CO<sub>2</sub> 氣體就越多。它將導致聚氨酯發泡的泡孔體積更大，密度更輕。

### 結論

在本文中，我們對於 PU 發泡精準模擬分析所需的 PU 材料性質進行了實驗研究。我們應用了一種發泡鑑定系統 FOAMAT 285 來測量發泡形成過程中的材料物理參數，例如自由發泡上升高度、反應溫度、上升壓力、

反應固化和發泡黏度等。然後將量測得到的發泡物理參數以適合的材料模型加以擬合，並在 PU 化學發泡模擬分析中，調整與優化發泡形成過程中的成型加工條件。最後通過 Moldex3D 全新的聚氨酯發泡模擬功能，我們可以全面了解發泡聚氨酯材料在填充和發泡階段的動態行為。更重要的是，對聚氨酯發泡的深入分析可以讓用戶能夠避免反複試驗，從而節省大量時間和生產成本。■

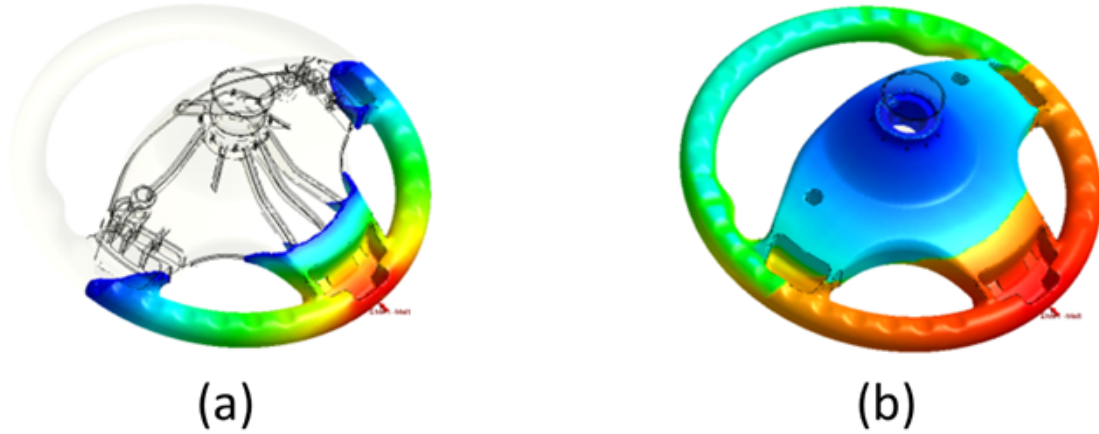


圖 10：(a)35% 部分充填和 (b) 發泡結束時的熔膠流動波前顯示

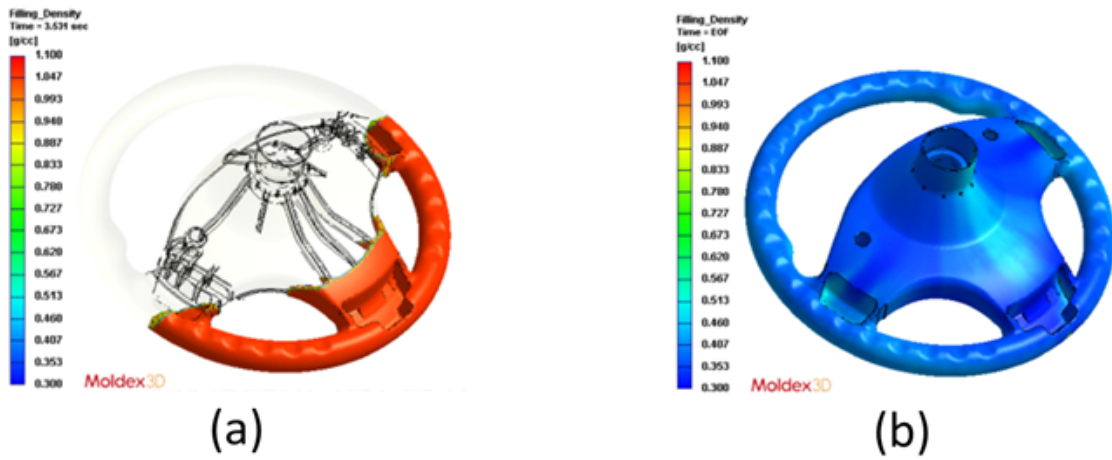


圖 11：(a)35% 部分充填和 (b) 發泡結束時的密度分佈顯示



## PVT 曲線指導射出成型壓力和溫度的應用

■國高材實驗室

### 何為 PVT 曲線？

在聚合物聚合物的合成、加工及使用過程中，其壓力 - 體積 - 溫度 (PVT) 關係對高分子材料加工條件和性能有很大影響。材料的壓力 (P)、溫度 (T) 和比容 (V) 是聚合物的本質屬性，並不隨材料加工方式的改變而變化。它們屬於工藝參數，在聚合物的生產、加工以及應用等方面有著十分重要的作用。無論聚合物的狀態如何，P、T 和 V 這 3 個狀態參數都會按照一定的規律變化，與加工手段和條件無關。因此，理解 PVT 曲線的含義對於我們深入瞭解塑料的加工過程以及射出缺陷的產生原因顯得尤為重要。

圖 1 分別為一種非結晶材料（圖左）和半結晶材料（圖右）的 PVT 曲線。A 點代表材料在室溫下比容和壓力；B 點代表特定溫度下的材料比容（對應壓力 0MPa）；C 點代表與 B 點溫度相同但保壓力增加到 50MPa 後的比容；點 A 和點 D 構成的直線代表塑料從熔融到固態不產生體積收縮所需壓力。曲線上的轉

折點是塑料凝固狀態和熔融狀態的分界點。

### 如何應用 PVT 曲線？

在一個完整的射出週期當中，一般要經歷熔膠 - 填充 - 補縮 - 保壓 - 冷卻 - 頂出等階段。眾所周知，注射成型的填充階段，VP 切換點及保壓過程必須準確地控制，這樣才能得到高品質及高精度的製品。

為避免材料在填充過程中過早凝固定型，必須控制塑料的填充速度。同樣，在保壓階段也必須控制作用於材料的壓力，以補償材料在冷卻過程中發生的收縮和避免材料外溢。為保證所成型製品在重量和尺寸上的高品質、高精度和重複精度，保壓階段的最佳壓力曲線應是在材料冷卻過程中處於等容變化的那段曲線。

在射出成型過程中，聚合物材料被加熱成熔融態，並在很高的壓力下注射到模具型腔中，經歷了從高溫、高壓到迅速冷卻和壓力下降的過程，之後由熔融態轉

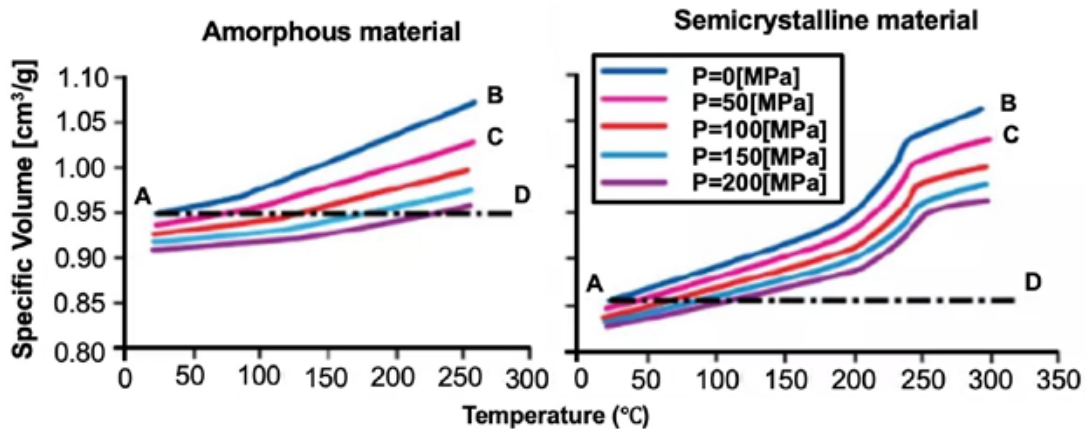


圖 1：不同類型材料的 PVT 曲線



圖 2：國高材分析測試中心 PVT 測試設備

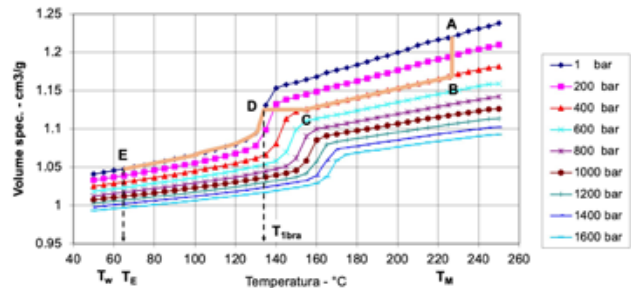


圖 3：PP 材料 PVT 變化線路

變為固態，同時聚合物材料的各種物性參數也經歷了一連串劇烈的變化，這都和 T、P 和 V 有很大的關係。特別是聚合物的 V 決定著最終成型製品的性能和品質：若最終成型製品的密度太小，會導致強度不夠；若密度不均勻，則會產生內部殘餘應力，導致翹曲變形等。圖 3 為以 PP 材料為例的最佳 PVT 變化線路。

在圖 3 中，從 A 點到 B 點是填充過程，此時模內塑料壓力上升到模具允許的不至於損壞模具的極限壓力值，達到在整個射出過程的峰值壓力。

在填充階段，由於速度很快（多數場合的填充時間會在 1 秒以內）材料的溫度可被認為幾乎恆定不變。材

料冷卻從 B 點開始，起初，材料按等壓曲線變化，模溫持續下降至點 C，點 C 是無須克服模內最大壓力值而能進行等容變化的點。從 C 點到 D 點，材料繼續冷卻，在此過程中的模內壓力按等容路徑變化並一直下降至大氣壓力（點 D 處）。

冷卻過程持續至 E 點，此時成型製品的溫度達到開模頂出溫度。此溫度應保證產品在頂出的過程能夠經受住頂出壓力的考驗而不發生變形。

## 結論

透過對 PVT 曲線的解讀，對於確定不同射出階段的塑料壓力和塑料溫度有著非常重要的參考意義。■



## 聚合物 PVT 關係解讀及對於射出行業的意義

■德清科基高分子大數據研究院有限公司 / 孫兵兵 技術總監

### 聚合物的 PVT 關係

什麼是聚合物的 PVT 關係？簡單說，就是聚合物材料的體積 (V) 隨溫度 (T) 和壓力 (P) 變化的關係。通常情況下，三者之間的關係可以被視為狀態函數，對於一定量的塑膠材料，一旦其中的兩個參數確定了，第三個參數也就確定了。三者只與最終狀態有關，與過程無關。聚合物的 PVT 關係，是聚合物材料自身固有的基本物理特性之一，提供了聚合物材料在射出成型過程中壓縮性和熱膨脹等信息，可以用來解釋塑膠製品加工中可能產生的翹曲、收縮等缺陷，對塑膠材料的生產、加工成型和應用有著十分重要的作用。

圖 1 給出兩種主要的 PVT 類型。圖 1(a) 和圖 1(b) 分別顯示了無定形材料和結晶型材料的典型 PVT 曲線，從圖中可以清楚地看出聚合物 P、T 和 V 之間的關係。在射出成型過程中，聚合物材料被加熱成熔融態，並在很高的壓力下注射到模具型腔中，經歷了從高溫、高壓到迅速冷卻和壓力下降的過程，之後由熔融態轉

變為固態，同時聚合物材料的各種物性參數也經歷了一連串劇烈的變化。這都和 T、P 和 V 有很大的關係，特別是由 V 推導出的密度決定著最終成型製品的性能和品質：若最終成型製品的密度太小，會導致強度不夠；若密度不均勻，則會產生內部殘餘應力，導致翹曲變形等。

### 聚合物 PVT 曲線的測定

目前存在兩種常規的 PVT 曲線測試方法，柱塞法 (ISO 17744) 和封閉液法，分別如圖 2(a) 和圖 2(b) 所示。根據加壓柱塞是否直接與試料接觸，柱塞法也被稱為直接法，而封閉液法則是間接法。兩者的測試原理相同，差別在於對試料的密封方式不同。如圖 2 所示，柱塞法是通過使用墊片密封，而封閉液法使用傳壓介質密封。

柱塞法的優點在於操作相對簡單、重複性和可操作性強，測試條件相對較接近射出成型製程，更重要的是

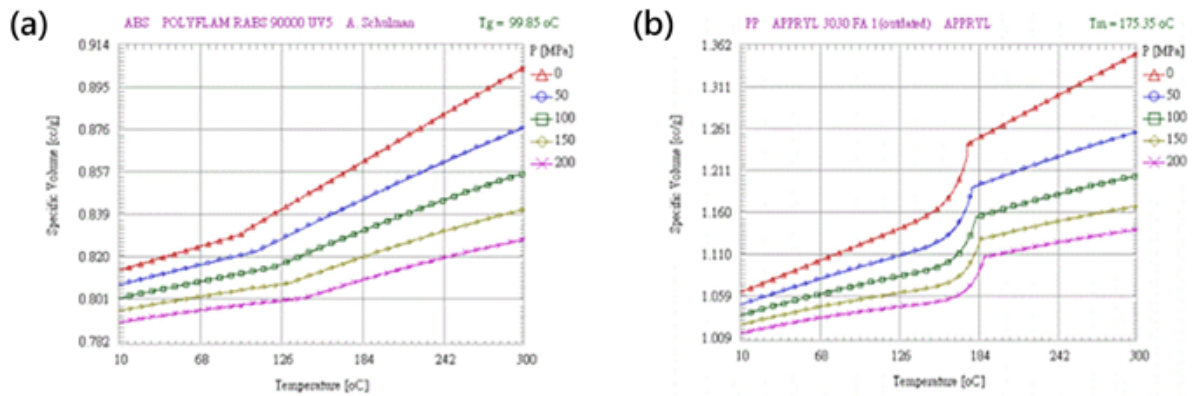


圖 1：聚合物兩種典型的 PVT 關係曲線，(a) 為無定形；(b) 為結晶或半結晶型

該方法已經形成國際標準規範 ISO 17744，因此也得到更廣泛的應用。該法的缺點是密封性相對較弱，高溫高壓下有漏料的可能；另外柱塞與管壁、試料與管壁間存在摩擦力，會引入較大誤差。封閉液法的優點是密封性好，沒有漏料的疑慮；壓力均勻、無摩擦力，測試精度較柱塞法要好。但該法的缺點操作相對麻煩；傳壓密封介質一般采用水銀，對操作者會有健康風險；測得的體積變化不單單是試料的變化，還包括了傳壓介質的變化；試料有可能有試料反應等。

### PVT 關係對射出成型的意義

現代製造業的發展，對聚合物材料製品精度要求不斷提高，特別是精密元器件如光學鏡頭、高端裝配玩具等，對製品重複性精度的要求越來越高。塑料製品的尺寸結構及模腔內熔體的流動情況非常複雜，受溫度、壓力、剪切等多個因素影響，會使射出製品產生收縮、翹曲、縮痕、氣孔等不良。以模塑成型為主的塑膠製品精度的高低，取決於對材料加工過程中 PVT 關係的掌握和控制，聚合物 PVT 關係曲線是模塑成型製品品質控制的科學基礎。

品質重複精度是評價射出機精度的一項重要指標。影響製品品質重複精度的因素很多，但本質所在是不同

製品中 V 的差異。射出成型中無論採用何種過程控制方式都無法脫離對材料 PVT 關係的依賴，不同控制方法得到的射出製品的重複精度之所以存在差別，根本原因是所採用的控制方法對材料 PVT 參數控制重複精度的差別。

圖 3 給出了 ABS 在射出成型週期的 PVT 變化關係。E-A 是塑化階段，A-B 是充填階段，B-C 是保壓階段，C-D 是固化冷卻階段，D-E 是頂出脫模階段。E 點表示在室溫和大氣壓下料斗處的塑料狀態。經螺杆加熱器加熱和摩擦剪切加壓後，塑料原料熔化並置於螺杆前端準備射出，此時材料處於 A 狀態。隨後，熔膠被高速高壓注射入模具型腔，此時材料狀態為 B。為了繼續補充熔膠進入型腔以補償收縮，材料從 B 點開始進入保壓階段，同時因模具的傳熱冷卻作用，熔膠溫度降到 C 點開始固化。冷卻過程中，熔膠逐漸固化，成為固體後體積基本保持不變，回到大氣壓的狀態 D。在 D 點，產品已冷卻到足夠厚的固化層，可以被頂出脫模。脫模後產品溫度仍高於室溫，所以塑件會持續降溫收縮到室溫狀態 E。上述是理想的最佳變化路徑，這樣得到的塑件製品密度差異小，其尺寸、形狀相對穩定。否則，若如圖所示的保壓不足或保壓過度，則可引入較大的密度差異，導致製品翹曲變形。

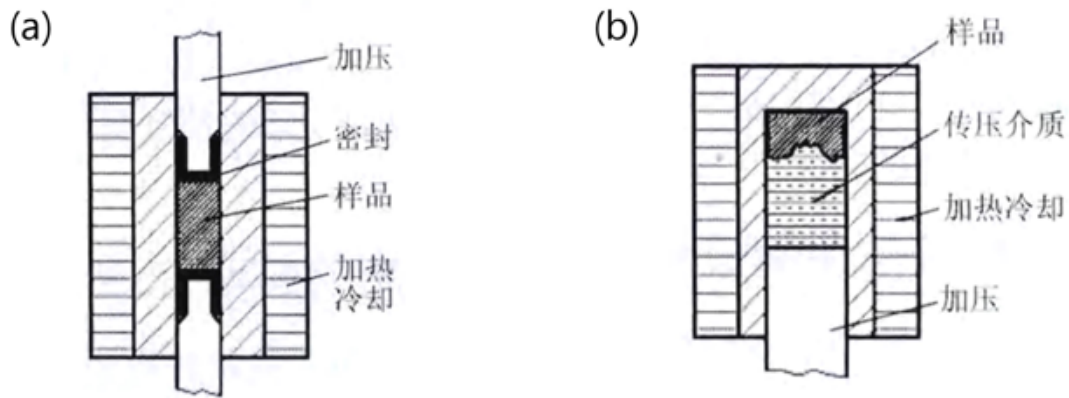


圖 2：常規的聚合物 PVT 曲線測試方法，(a) 為柱塞法；(b) 為封閉液法

## PVT 關係對 CAE 模流分析的意義

近年來，在工業 4.0 概念的驅動力下，智慧工廠、智能製造的理念已逐漸深入人心，成為「有志向的管理者」追求的一個方向。在射出行業，製造工廠從接單到交貨所面臨的第一個任務就是「試模與量產」，在傳統的模具廠，射出模具的設計和成型控制參數的設定，主要依賴簡單的公式計算與非常多次的試錯修模，並把這種情況視為理所當然。但是，在工業 4.0 背景下，模具設計的「試錯法」已遠遠不能滿足智能製造的需要。因而，使用 CAE 進行模流仿真分析，精準模擬預測成型過程，實現「T 零量產」，就顯得特別重要。

CAE 應用於射出模具已有數十年的歷史，但之前人們更多的是只把模流分析作為參考，一個原因就是缺乏真實的數據。作為 CAE 模流仿真分析的輸入參數之一，聚合物 PVT 曲線越真實準確，仿真分析結果就越準確，再配合模具數據、成型機臺數據，就可以大幅提升「T 零量產」的成功率。

## 結語

聚合物 PVT 關係是聚合物材料固有的物理特性之一，不論是對射出成型工藝控制，還是對 CAE 模流仿真分

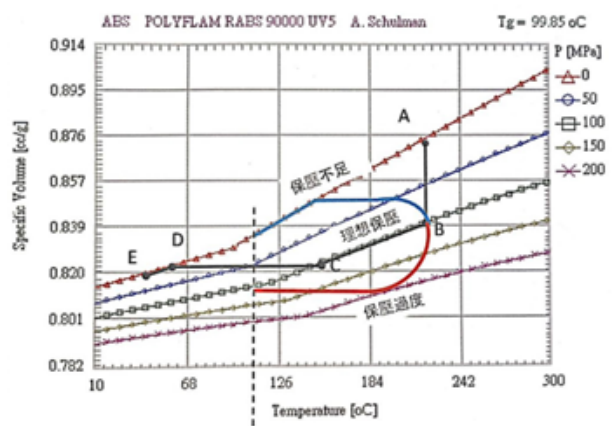


圖 3：ABS 在射出成型週期的 PVT 變化

析，都具有重要的作用。面對每年數千支材料的出現，PVT 曲線數據還是太少了。未來，隨著智慧設計、智能製造的推進，人們必定會越來越重視以 PVT 曲線為代表的 CAE 數據包的建立，並使其成為新材料研發、應用和成型的必備數據。■





Sodick

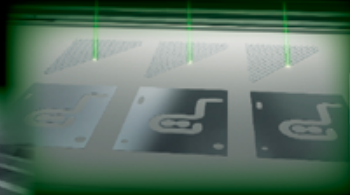
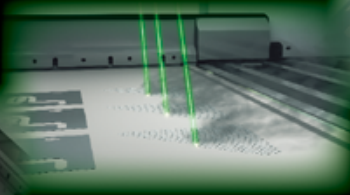
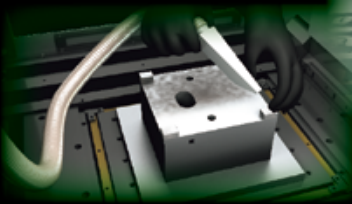
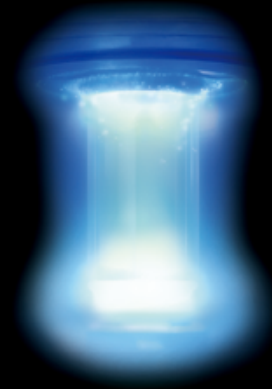
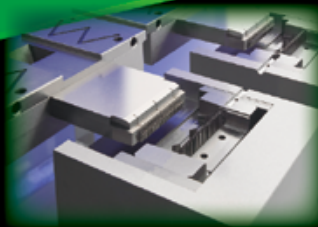


Sodick



PF300S  
PIKA FINISH

電子束拋光PIKA  
表面改質強化EBM  
PF300S



高速成型  
金屬3D列印機  
LPM325



Sodick

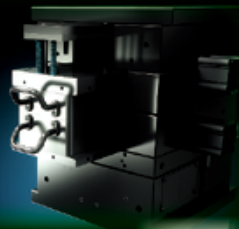
LPM325

eV-LINE OPM  
模具專用自動生產單元系統  
MR30



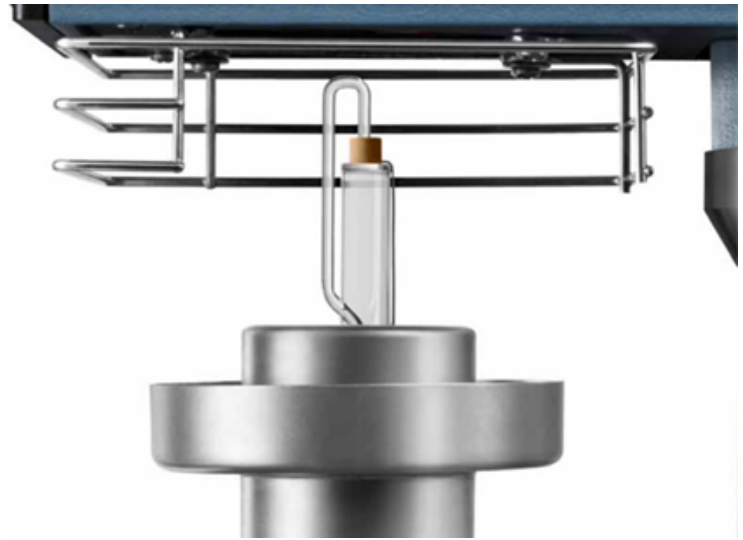
Sodick

MR30



廣告編號 2021-08-A06





## 高分子材料的熱機械分析 (Thermomechanical Analysis, TMA) 量測技術

■ 型創科技 / 劉文斌 技術總監

### 技術簡介

熱機械分析 (Thermomechanical Analysis, TMA) 量測技術可以用來分析材料的物理特性隨著溫度的變化而如何變動。除了可以量測材料樣品的膨脹 (expansion) 和張力 (tension) 的變化外，熱機械分析儀還能夠進行穿透 (penetration)、固定荷載速率 (constant rate loading) 和固定拉伸速率 (constant rate elongation) 等測試條件的測量分析。當施加的荷載以固定速率變化時，可量測樣品所對應的伸長率變化。而固定拉伸速率量測時是保持樣品的固定伸長率下量測所需的荷載或作用力的變化情況。本技術文稿將介紹穿透與固定拉伸速率的量測分析範例。

### PMMA 軟化溫度的測量(穿透模式 -Penetration Mode)

穿透測量模式主要用於確定塑料材料的軟化溫度或熱變形溫度。軟化溫度可作為評估材料在應用場合時的耐熱性能指標。TMA 的穿透測試模式是利用一支直

徑為 0.5mm 的探針，在荷載重量設定為 50g，以施加在樣品表面上的壓力約為  $25.5\text{kg}/\text{cm}^2$  的測試條件進行穿透模式測試。當測試樣品達到稍微軟化的溫度時，高壓力的探針將會穿入樣品。而 TMA 儀器的高精度感測，甚至穿透深度在 1 微米 ( $\mu\text{m}$ ) 也可以被檢測到，因此也可以允許薄膜樣品在厚度方向上進行測量。圖 2 是 PMMA (聚甲基丙烯酸甲酯) 的軟化溫度量測結果。量測結果顯示 PMMA 樣品的軟化溫度約在  $111.6^\circ\text{C}$  附近開始。

### PET 纖維熱應力的測量(張力模式 -Tension Mode)

此 TMA 測試範例是利用固定伸長速率模式來量測材料的熱應力 (Thermal Stress)。藉由保持固定的樣品伸長率，同時逐漸改變溫度並觀察應力的變化來測量熱應力。由熱應力的測量可驗證樣品的尺寸和形狀的穩定性。此 TMA 範例是量測 PET 纖維。纖維樣品被拉伸 1% 變形量並進行加熱。由量測結果可觀察到拉

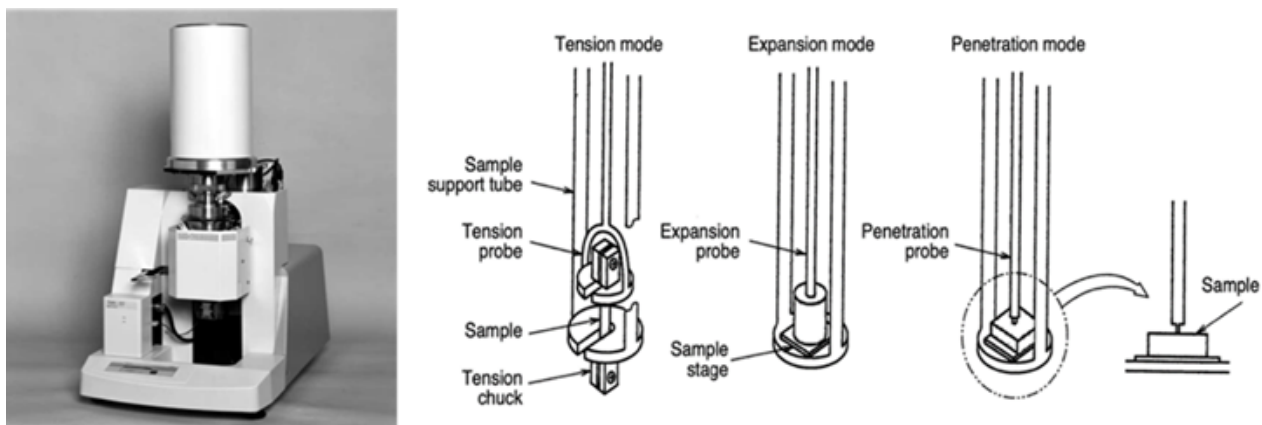


圖 1：左為日本島津公司 TMA 量測儀器的外觀；右為 TMA 儀器的量測模式

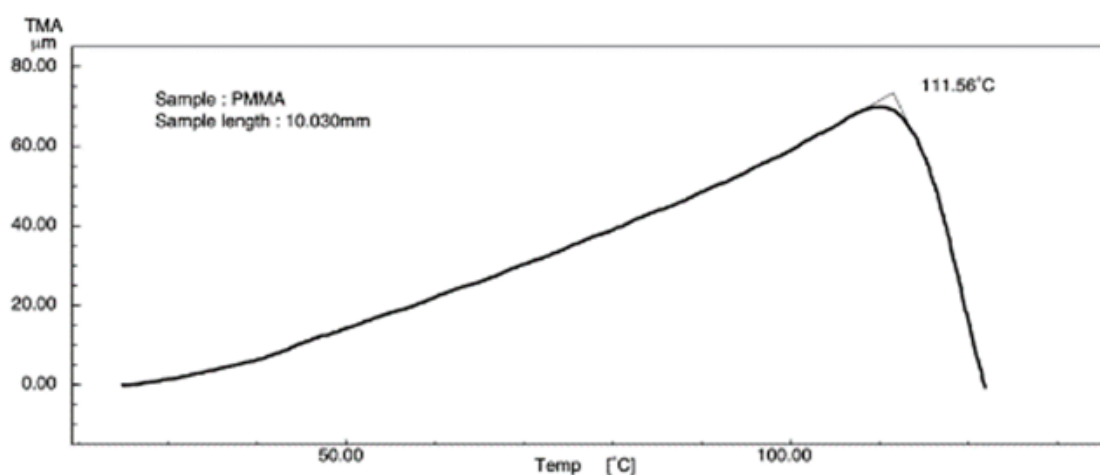


圖 2：PMMA 塑料的 TMA 軟化溫度量測結果

伸應力在 97.6°C 時會開始增加。這是由於細長纖維的內部分子結構發生收縮所造成應力升高。固定變形量的拉伸過程會造成內部分子結構的排向現象，在測試的升溫歷程上於某一特徵溫度下會開始產生收縮現象，因在該溫度下分子排向被釋放。隨後應力隨著溫度的升高而逐漸減小。通過此處分析的 PET 纖維，應力在 255°C 左右降至零，此時樣品發生融化現象。

### 磁帶 (Magnetic Tape) 收縮應力的測量(張力模式 -Tension Mode)

此 TMA 測試範例是將磁帶薄膜樣品以上述相同的張力測量模式來量測樣品的收縮應力。量測條件是將伸

長率條件設定為零。當磁帶樣品受熱收縮時，會產生拉伸應力來抵抗收縮。樣品收縮應力的測量就可進行偵測此拉伸應力。由圖 4 量測結果可觀察此磁帶樣品。收縮開始於 100.7°C，產生的最大應力為 27.2g。■

### 參考資料

[1].文章首圖引自 <https://www.tainstruments.com/tma-450/>，分別為 TA 儀器公司 熱機械分析儀 (TMA) 設備產品，以及 TMA 儀器量測區域細部構造

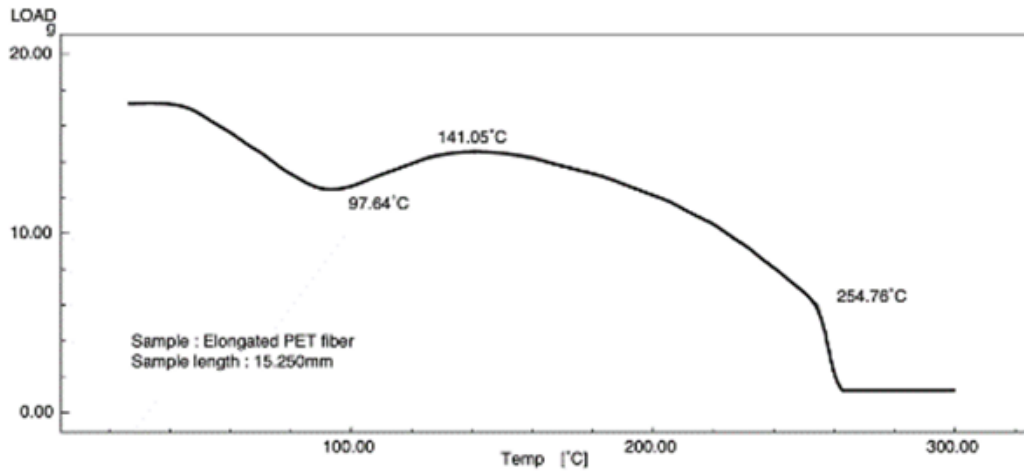


圖 3：PET 纖維以 TMA 量測熱應力的分析結果

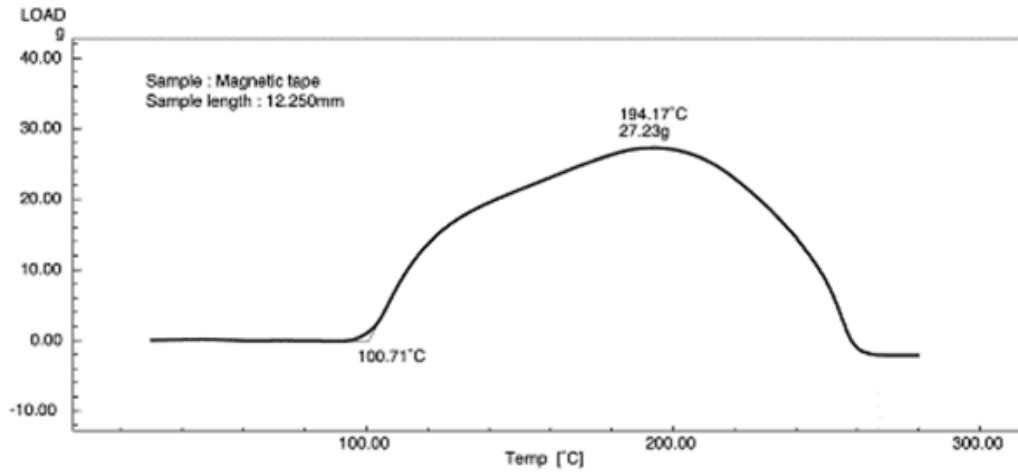
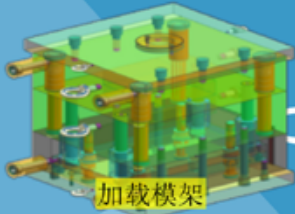


圖 4：磁帶樣品以 TMA 量測收縮應力的分析結果

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

**掌握新世代智能工廠**

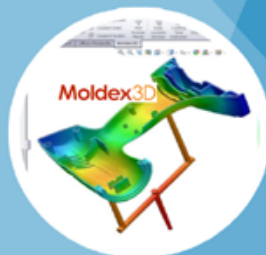


加載模架

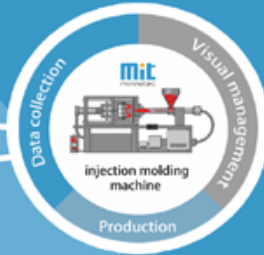


加載標準件

**模具設計智能管理系統**

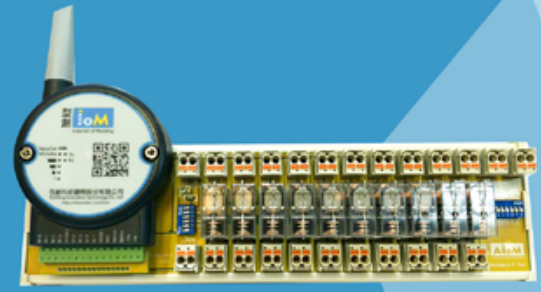


**模流分析智能管理系統**



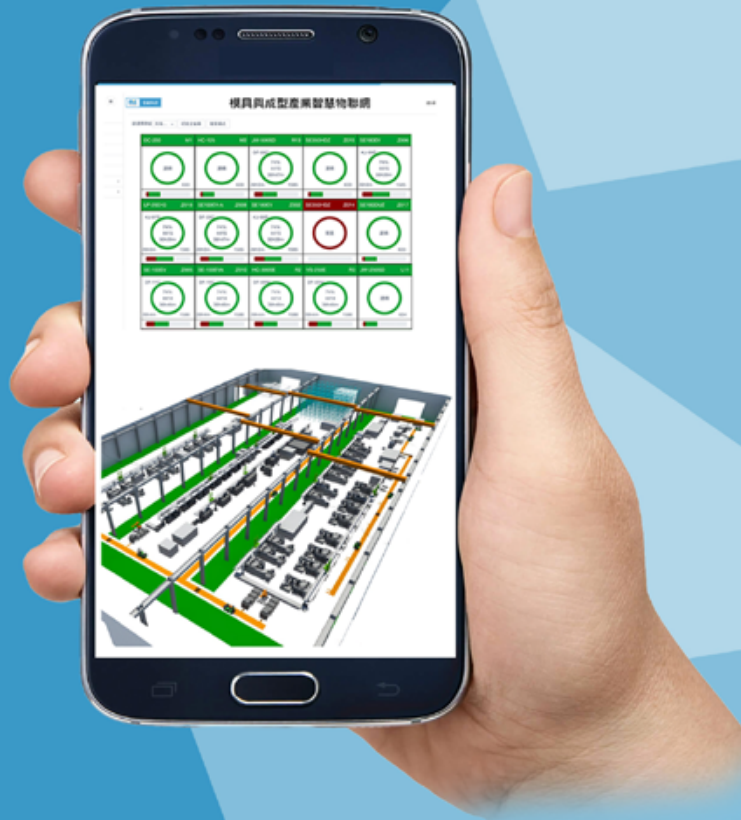
**模具製造智能管理系統**

專案	物料	產品碼	開模日	T1日	狀態
FMI12	S10707865		2018-08-30	2018-09-27	
工單	計劃日期	計劃日期	實際日期	完成日期	
組立	2018/08/27	2018/08/31	2018/08/30	2018/08/31	
試30	2018/08/31	2018/09/05	2018/09/31	未開始	
備料	2018/08/31	2018/09/03	2018/09/31	2018/08/31	
編程	2018/09/05	2018/09/13	未開始		
2D零件圖	2018/09/06	2018/09/09	2018/09/31	2018/09/03	
組立	2018/09/09	2018/09/15	未開始	未開始	
零件加工	2018/09/09	2018/09/23	2018/09/04	未開始	
模具組立	2018/09/23	2018/09/25	未開始	未開始	
零件狀態	備料/備齊	空	備齊	備齊	工作加工中
停機	A1	備齊	18/09/03 13:47	備齊	
	ASM-1	備齊	18/09/03 13:47	備齊	備齊備料中
	B1	備齊	18/09/03 13:47	備齊	
	B1	備齊	18/09/03 13:47	備齊	



**跨廠牌射出機數據採集器**

**成型生產智能管理系統**



**模具維修智能管理系統**

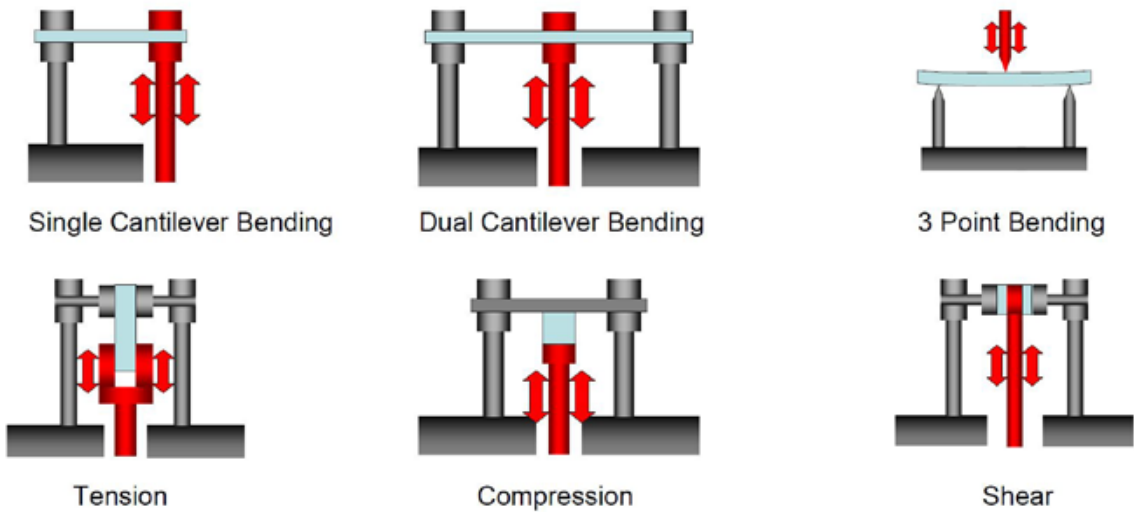


**科學試模智能管理系統**



<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





## 動態機械分析 (Dynamic Mechanical Analysis-DMA) 量測技術應用

■型創科技 / 劉文斌 技術總監

### 前言

動態機械 / 力學分析 (Dynamic Mechanical Analysis-DMA) 技術，也稱為 DMA 分析技術，是一種以週期循環方式對量測樣品施加小變形量的分析技術。可以分析所研究材料對應力、溫度、頻率和其他變量值的響應結果。動態機械分析儀 (Dynamic Mechanical Analyzer-DMA) 的量測程序是將樣品放置於特定的量測環境中，偵測樣品在溫度、作用力、頻率或時間等變化下，其機械性質所響應的變化情況，進而推導或評判所量測材料的黏彈性特性。圖 1 是動態機械分析儀設備的外觀照片與量測核心機構的細部結構。

應用動態機械熱分析，可提供有關材料的黏彈特性與流變特性（模量和阻尼）的推導資訊。黏彈特性是大多數高分子材料的特徵行為。動態機械分析儀 (DMA) 可以同時測量材料的彈性特性（模量）和黏性特性（阻尼）。DMA 測量機械行為的變化，例如模量和阻尼，作為溫度、時間、頻率、應力或這些參數組合的函數

變化。DMA 技術還可以測量材料在週期反覆性應力下變形時的模量（剛度）和阻尼（能量消散）特性。此類 DMA 測量提供有關材料性能的定量與定性訊息資料。除了熱塑性塑料外，DMA 技術還可用來評估彈性體、補強塑料 (CFRP 與 GFRP)、金屬、玻璃、陶瓷、黏性熱固性液體、預浸材、複合塗層與接著劑材料，以及由於黏彈性行為而表現出與時間、頻率和溫度效應相關性機械性能變化的材料等。高分子聚合物可以通過 DMA 測量技術來偵測與黏彈特性和流變性質相關連的下列性質：

- 模量和強度（彈性性質）-Modulus and strength (elastic properties)
- 黏度（應力 - 應變速率）-Viscosity (stress-strain rate)
- 阻尼特性 / 吸振效果 -Damping characteristics
- 低溫和高溫行為（應力 - 應變）-Low- and high-temperature behavior (stress-strain)
- 黏彈性行為 -Viscoelastic behavior

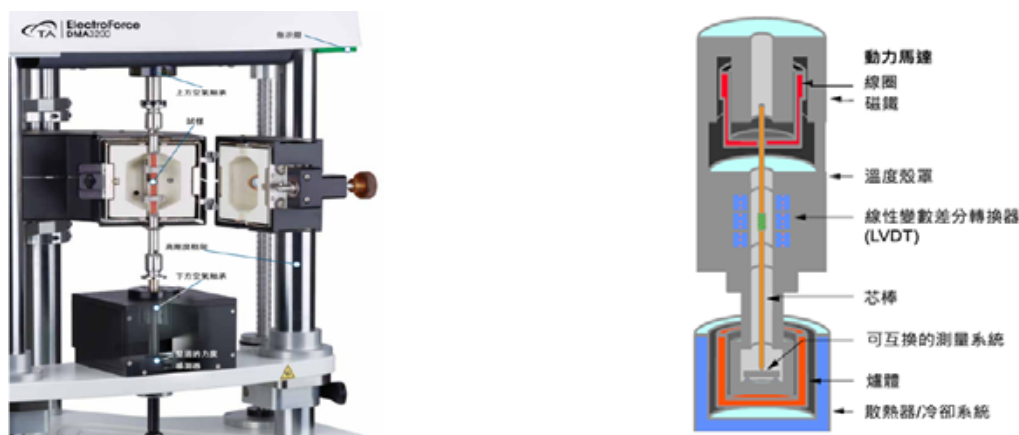


圖 1：圖左為 TA Instruments 公司的 DMA 儀器外觀，圖右為 DMA 儀器量測核心機構細部結構圖

- 屈服性 / 柔量 / 順應性 - Compliance
- 頻率相關性 - Frequency dependence
- 溫度依存性 - Temperature dependence
- 玻璃轉移溫度 - $T_g$
- 反應交聯程度 - Degree of curing
- 應力鬆弛和應力鬆弛模量 - Stress relaxation and stress relaxation modulus
- 蠕變測試 - Creep test
- 衝擊測試 - Impact test
- 凝膠化測試 - Gelation test
- 材料行為的對應投射 - Projection of material behavior
- 聚合物壽命預測 - Polymer lifetime prediction
- 耐用性持久性測試 - Durability test
- 疲勞性測試 - Fatigue test
- 老化行為 - Aging behavior
- 熱膨脹係數 - Coefficient of thermal expansion - CTE
- 軟化點 - Soften point
- 熱穩定性 - Thermal Stability
- 紫外線測試 - Tests under UV light
- 受控濕度環境下的測試 - Tests under controlled humid atmosphere

## 動態機械分析 (DMA) 的量測原理

DMA 量測可提供有關材料黏彈特性的相關資訊。黏彈性是大多數材料的特徵行為，具黏彈特性材料可被觀察到具有彈性特性（應力與應變成正比）和黏性特性（應力與應變速率成正比）的相互結合特性。DMA 量測技術可以同時測量材料的彈性特性（模量 - modulus）和黏性特性（阻尼 - damping）。由於使用高分子材料替代金屬材料和結構產品的應用趨勢不斷增加，因此高分子黏彈性材料的此類材料數據，對於高分子材料的產品應用性能與成型加工性特別有用。

動態機械分析 (DMA) 技術是對於測試樣品施加一正弦變形、壓力或張力的量測條件，用來測量樣品材料所對應的黏彈響應。在量測過程中可以保持固定或變化的變形頻率和量值。量測材料對變形的響應變化可以搭配改變溫度、頻率或時間函數的形式來進行監視掃描。DMA 量測技術可用來決定量測材料的多種機械屬性，例如黏彈性材料的綜合模量 ( $E^*$ )、儲存模量 ( $E'$ ) 和損耗模量 ( $E''$ )、阻尼 ( $\tan\delta$ )、柔量、黏度、應力鬆弛和蠕變等。也可利用量測結果研究高分子材料的分子結構與對應的分子動作，並發展結構屬性關係。DMA 量測技術為材料科學家和產品設計與成型加工工



圖 2：DMA 量測儀器可適用於多種量測應用的樣品挾持系統（參考德國 NETZSCH-Gerätebau GmbH 公司 DMA 產品型錄）

工程師，提供了在寬廣範圍條件下，預測材料功能性所需的信息。

DMA 量測測試變量包括溫度、時間、應力、應變和形變頻率等，可以測定各種材料的  $T_g$  轉移、阻尼強度、耐熱性和蠕變與應力鬆弛等特性。這允許使用者獲得加工材料的完整特徵。DMA 儀器還可用於評估聚合物和彈性材料的相容性、異方向性、振動吸收性、分子量 (MW)、結晶度和排向程度等材料資訊。由於目前各產業的高度發展下，工程塑料使用量快速增長，而如何監控材料的穩定性能和材料與產品品質的一致性需求，已是包含材料廠商、產品設計單位、成型加工廠家一致高度關注的議題，因此 DMA 量測技術近年來已成為發展最快的熱分析技術。

## 動態機械分析 (DMA) 的量測模式

DMA 動態機械分析儀器對材料進行的任何測試研究、特性化和品質控制測試都應符合其實際的材料使用與應用狀況。通過與真實應用緊密平行的測量條件設計所獲得的量測結果，可以更準確地評估材料的真實性能。商業化 DMA 量測設備可以利用多種不同種類的樣品夾具系統，而施加不同的應變模式（例如拉伸、

壓縮、彎曲或剪切），同時也將會適合各種不同幾何形狀的材料測試樣品，其中可以包含纖維、薄膜、平板、矩形、棒狀、圓柱體、膠狀或支撐性液體等樣品型態。圖 2 是 DMA 量測儀器可適用於多種量測應用的樣品挾持系統。

## 動態機械分析 (DMA) 的固定頻率量測方法

固定頻率量測模式可用於精準的確定材料的頻率相關連性和最終用途產品性能的預測。在固定頻率模式下，施加應用的應力（即每單位面積上可讓物體趨向變形的作用力，以 Pa(N/m) 表示），此應力將迫使樣品以固定頻率和幅度（應變）來進行正弦波振盪，即從特定參考狀態開始的形變情況，測量為變形量與發生應變的尺寸總值的比率。應變是無單位量值的，但經常以操作者選擇的參考值（例如應變百分比）來表示。樣品中的能量消散將導致樣品應變變化與施加的應力之間會有相位差產生。也就是說，當樣品是具黏彈特性的材料，其最大應變不會與最大應力同一瞬時出現。這種相位移或相位延遲，可被定義為相位角 (phase angle)，通過已知的樣品幾何形狀和驅動能量進行測量和響應掃描，將可計算出樣品的黏彈性質。



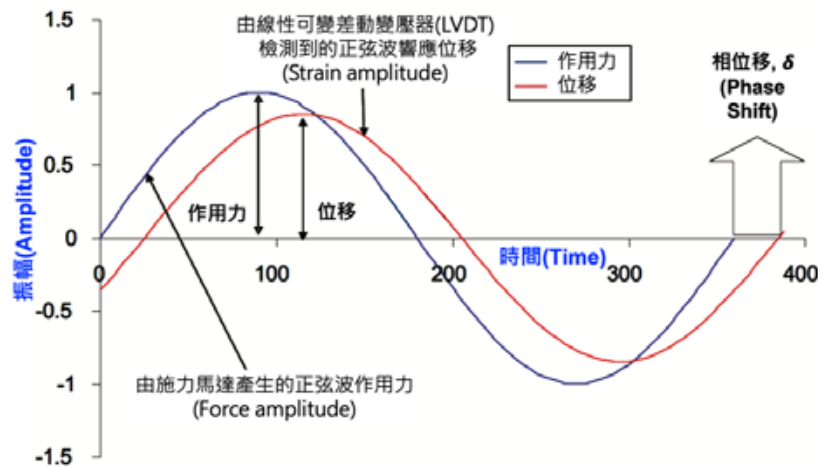


圖 3：顯示所施加的正弦應力與響應的應變關係，以及由此產生的相位延遲

動態機械分析 (DMA) 主要是測量材料的剛度 (stiffness) 和阻尼 (damping)，對所施加信號的響應在時間軸上會有被延遲的現象，時間延遲將通過相位移來描述。而這些特性則是以模量 (modulus) 和  $\tan\delta$  被報告呈現。當 DMA 量測時施加一個正弦力，可以將模量區分表示為同相分量 - 儲存模量 (storage modulus,  $E'$ ) 和異相分量 - 損失模量 (loss modulus,  $E''$ )。動態變形分量與彈性張力的關係組合成一個複合值  $E^*$  (綜合模量)，它是一個向量，可以區分為實部  $E'$  (儲存模量) 和虛部  $E''$  (損失模量)。儲存模量描述了材料存儲能量的能力，並描述了材料的剛度。而損失模量描述了所施加的機械能的一部分，該部分在樣品中轉化為熱量型態。儲存模量 ( $E'$  或  $G'$ ) 是樣品材料彈性行為的量度。而損失模量 ( $E''$ ) 與儲存模量 ( $E'$ ) 的比值則是  $\tan\delta = E''/E'$ ，通常稱為阻尼，它是材料能量耗散的量度。動態機械分析是一種使用強制振盪的非共振方法，如圖 3 所示。首先對測試樣品施加靜荷載。第二步是疊加頻率範圍為 0.0001Hz 至 100Hz 的正弦機械振盪。對於純彈性材料 (例如完美彈性彈簧) 的情況下，樣品對恆定正弦動態變形的響應與外部振盪同相 ( $\delta = 0$ )。然而對於黏性材料對外部作用將表現出延時響應。在這種情況下可從圖中觀察到相位移。

### 動態機械分析 (DMA) 的量測結果

包括高分子材料在內的所有具黏彈性材料都會表現出和時間與溫度變數的依賴性。這些特性可以通過 DMA 測試可以輕鬆顯示。各種高分子材料的  $T_g$  轉變、阻尼強度、耐熱性和蠕變與應力鬆弛等特性。這允許使用者獲得加工材料的完整特徵。DMA 儀器還可用於評估聚合物和彈性材料的相容性、異方向性、振動吸收性、MW 分子量、結晶度和排向程度等材料特性。

DMA 可以測量材料的玻璃轉移溫度，即材料從堅硬態轉變為柔軟和有彈性的狀態。這些測量可用於了解材料剛度隨溫度和時間的變化狀況。DMA 測量材料的能量吸收或阻尼特性。還可以研究低於玻璃點的軟化點，這些量測資訊可與材料的應用特性相結合，甚至可以對產品的使用壽命進行粗略估計。當以固定的斜率掃描高分子黏彈性樣品，可以量測掃描到材料的彈性模量 ( $E'$ ) 對於溫度的關係圖。如下圖 4 所顯示了各種 DMA 轉移的理想化掃描，且在較低溫度下模量也會發生變化，這些模量的微小變化或轉移，都和高分子材料的分子結構運動有相對應的關聯性。

圖 4 中這些轉變是通過從熔化溫度 ( $T_m$ ) 開始倒數來標

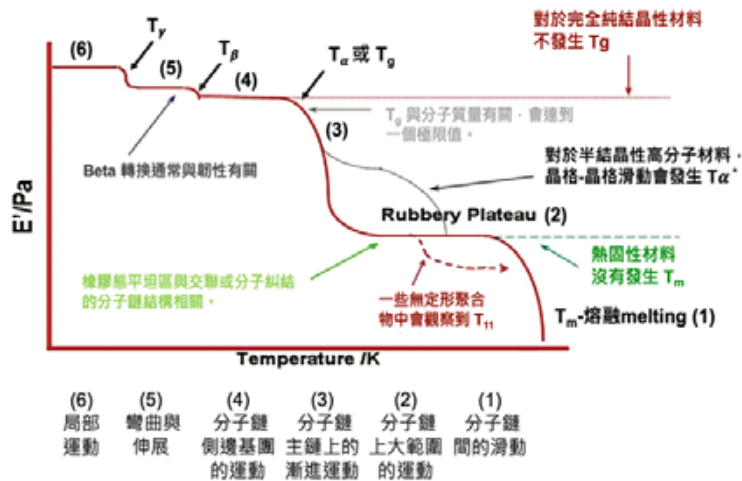


圖 4：DMA 的理想化掃描顯示了儲能模量 E' 曲線各種分子鬆弛現象的影響

記的，因此這裡的玻璃化轉變 ( $T_g$ ) 也是  $\alpha$  轉變 ( $T_\alpha$ )。由於  $T_g$  或  $T_\alpha$  可以指定為分子主鏈的漸變運動，因此  $\beta$  轉變 ( $T_\beta$ ) 可以指定為分子運動的其他變化。 $\beta$  轉變通常是與分子鏈的側鏈或側邊官能基的運動有關，並且通常會與聚合物的韌性有關。此類信息的另一個用途是可以確認聚合物的工作操作範圍，例如聚對苯二甲酸乙二醇酯 (PET)。在  $T_\alpha$  和  $T_\beta$  之間的範圍內，材料具有抵抗變形的堅硬度和在應變下不破碎的柔韌性。需要注意的是，一般  $\beta$  和  $\gamma$  的分子結構轉移太微弱，無法在差示掃描量熱儀 (DSC) 或熱機械分析儀 (TMA) 中檢測到。DMA 比這些量測技術來的靈敏得多，可以輕鬆測量出在其他熱方法中不明顯的轉移現象。

動態機械分析 DMA 的量測結果也可以進行不同材料之間的特性比較，不同型態的高分子材料可以由 DMA 掃描的分析結果來評判材料的種類與特性上的差異。如圖 5 所顯示針對非結晶性塑料或是結晶性塑料，甚至熱固性反應材料等，都可以從 DMA 的掃描分析數據來加以判定，且從模量與溫度的掃描數據上，可判斷不同材料的玻璃轉變溫度高低、分子量大小、結晶度的差異以及反應性材料的交聯程度等。

### 動態機械分析 (DMA) 的應力鬆弛量測模式

應力鬆弛 (Stress Relaxation) 被定義為通過在固定位移 (應變) 條件下，使樣品產生變形，並在一段長時間內監測並量測作用力 (應力) 的衰減程度來顯示材料的長期特性。應力 (Stress) 是一個非常重要的變量，可以顯著影響塑料和複合材料的性能。誘導應力始終是高分子塑料在結構應用產品中的一個重要影響因素，此應力可能藉由加工條件、熱履歷、相變化轉移、表面劣化或複合材料中成份的膨脹係數變化所引起。材料的模量不僅與溫度相關，而且也會與時間相關，因此聚合物和複合材料的應力鬆弛行為對於結構工程師來說是非常重要的議題。應力鬆弛對於高分子化學研究人員在開發新型工程塑料時也是非常重要，因為鬆弛時間和模量受聚合物分子結構和轉變溫度所影響。因此聚合物材料必須對於承受負載應力狀態下的應力鬆弛和蠕變行為進行特性確認。

圖 6 針對黏彈性材料的應力鬆弛量測程序的示意圖。使用等溫步進方法，允許樣品在每個量測溫度下以無應力狀態下達到熱平衡。然後將樣品荷載應力讓形變達到設定的應變量。在操作者選擇的時間區間內，將保持樣品達成該形變位移所需的驅動能量 (應力) 量測

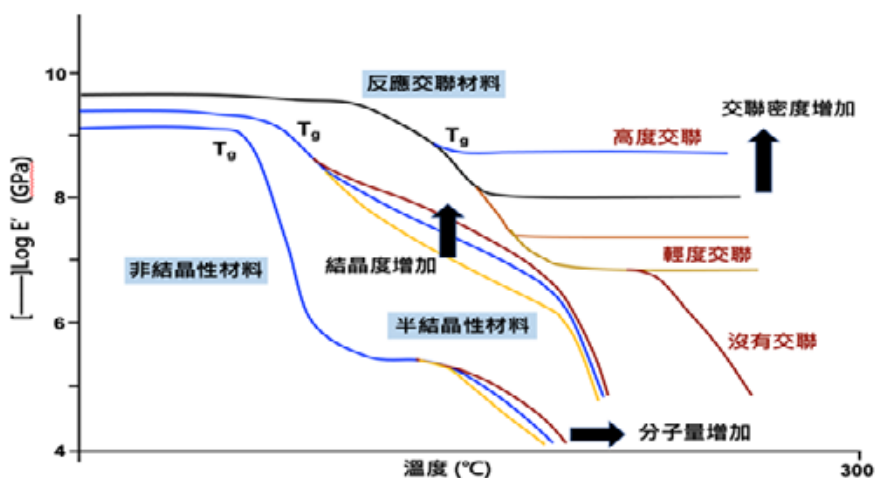


圖 5：DMA 分析掃描數據可用來比較不同材料的機械特性與分子結構差異

記錄為時間的函數。記錄測量值之後，移除驅動應力並使樣品恢復到無應力狀態。該樣品形變恢復量值（應變）可以記錄為操作者選擇的時間區段內的時間函數。如果在某一特定溫度下完成測量工作，則再升高溫度並重複進行量測實驗。

### 動態機械分析 (DMA) 的蠕變量測模式

蠕變 (Creep) 被定義為通過在固定（恆定）應力作用下使樣品產生變形，並在一段量測時間內監測樣品流動（應變）行為來測量材料的長期特性。黏彈性材料在承受荷載（應力）時會產生流動或變形狀態。在蠕變實驗中，以施加固定應力並測量樣品所產生的變形，且量測此形變與溫度和時間的函數關係。正如應力鬆弛對於結構工程師和聚合物科學研究者而言是一項重要的材料長期特性，相同的材料具有的蠕變行為也是相對應的材料重要長期特性。

蠕變模式用於測量恆定（固定）應力下材料的流動行為，以確定材料當荷重承載下的穩定性表現，這是預測產品長期使用性能的關鍵特性。蠕變模式用於測量樣品在選定應力下，作為時間和溫度函數的樣品蠕變（應變）行為。使用等溫步進階梯方法，允許樣品在

每個溫度下以鬆弛狀態達到平衡。當平衡之後，樣品受到固定應力（如圖 7 所示）。在操作者選擇的時間區段內，將產生的樣品變形（應變）被記錄為時間的函數。在進行第一組測量後，移除驅動應力並使樣品恢復到無應力狀態。樣品形變恢復（應變恢復）可以記錄為任何所需時間段的時間函數。如果某一溫度下的測量完成，則更改溫度條件並重複進行測量。

### 動態機械分析 (DMA) 量測數據使用疊加方法映射材料行為

時間和溫度對高分子聚合物材料的影響可以使用時間-溫度疊加原理 (Time-Temperature Superposition, TTS) 來進行預測。這是因為高分子材料涉及分子鬆弛或重排的過程在較高溫度下會以較快的速率發生。通過在升高的溫度下進行測量，並將數據轉換到較低的溫度，可以減少這些量測實驗過程發生的時間。因此在較高溫度下發生的相對較快速的黏彈性變化可以通過簡單地將數據相對於時間進行移位而變得好像它們發生在較長的時間一樣。黏彈性數據可以通過在等溫條件下進行靜態測量（例如蠕變或應力鬆弛），或是通過進行相同頻率下多段不同溫度重複實驗來收集，其中在一系列頻率下分析材料。通過選擇參考曲線，

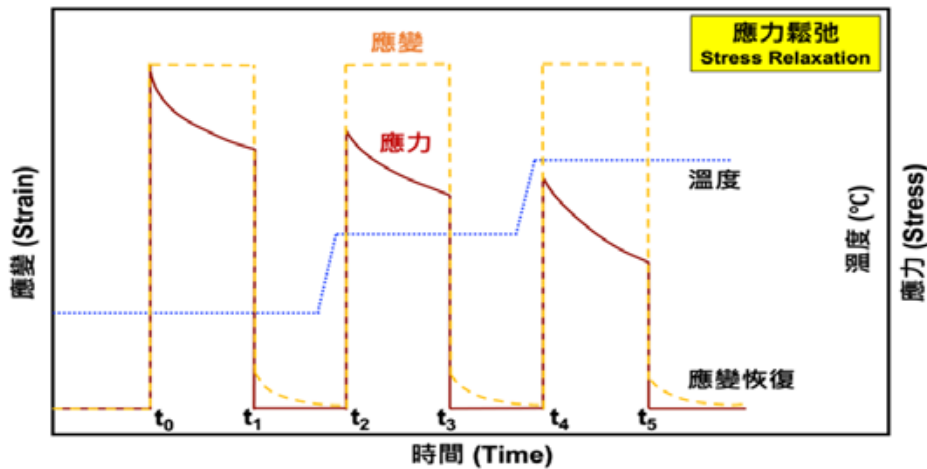


圖 6：動態機械分析 (DMA) 的應力鬆弛量測程序與響應

然後根據時間移動其他數據，可以生成「主曲線」(master curve)。主曲線非常有價值，因為它涵蓋了實驗容易獲得的範圍之外的時間或頻率條件的推估量測數據。

圖 8 顯示創建主曲線所需的時間 / 溫度疊加 DMA 量測數據，利用多頻率掃描結果用於主曲線計算，主曲線 (master curve) 計算結果可將材料的特性外推到超出可測量頻率範圍（例如 0.001Hz 至 200Hz）。這方式可允許在真實條件下增進動態機械性能的研究價值。例如橡膠材料產品在應用上通常會涉及到較寬的頻率範圍內的動態應力。因此動態機械性能的頻率相關性研究，通常用於為開發合適的橡膠化合物配方提供數據。圖 8 是針對橡膠材料在  $-80^{\circ}\text{C}$  和  $80^{\circ}\text{C}$  溫度範圍內進行 DMA 測量。在每  $5^{\circ}\text{C}$  間隔，將溫度保持恆定後，以頻率範圍從 0.5Hz 到 50Hz 執行頻率掃描。

圖 8 顯示了以拉伸模式加載的橡膠的多頻率測試結果。使用時間 - 溫度疊加方法 (TTS：紅點)，可以計算主曲線（藍色曲線；根據 Williams-Landel-Ferry 方程式）。Williams-Landel-Ferry（或稱 WLF）方程式模型表示，在某些條件下，時間和溫度可以在數學

上互換。時間 - 溫度疊加 (TTS) 原理允許使用者在一系列溫度下作為頻率掃描收集的數據來預測無法直接測量的頻率下的行為。數據通常被轉換為時間以預測材料壽命性能。TTS 計算依賴於一些假設，如果不滿足這些假設，則通常是無效的。一個基本假設是單一鬆弛時間，並通過使用 wicket 或 Cole-Cole 作圖進行測試。

## 動態機械分析 (DMA) 量測範例

圖 9 顯示了在  $3^{\circ}\text{C}/\text{min}$  的加熱速率和 0.4% 的應變測試條件下，聚碳酸酯 (PC) 樣條上的溫度掃描。樣品的尺寸為 1.6mm（厚）、12.8mm（寬）和 19.0mm（長）。DMA 的高強度、高剛度儀器設計使如此厚的樣品能夠在拉伸模式下，在 PC 塑料的玻璃態區域或  $T_g$  以下進行測試。

圖 10 顯示了兩個圓柱形橡膠樣品的應變掃描，使用壓縮夾持進行測試，溫度為  $30^{\circ}\text{C}$ ，頻率為 10Hz。樣品尺寸為直徑 10mm 和厚度 20mm。這兩個橡膠樣品具有不同數量的填料含量，特別是 40phr 和 60phr。可以看出更高的填料含量導致更高的模量以及更依賴應變的模量。在此測試期間，施加 20% 應變（相當

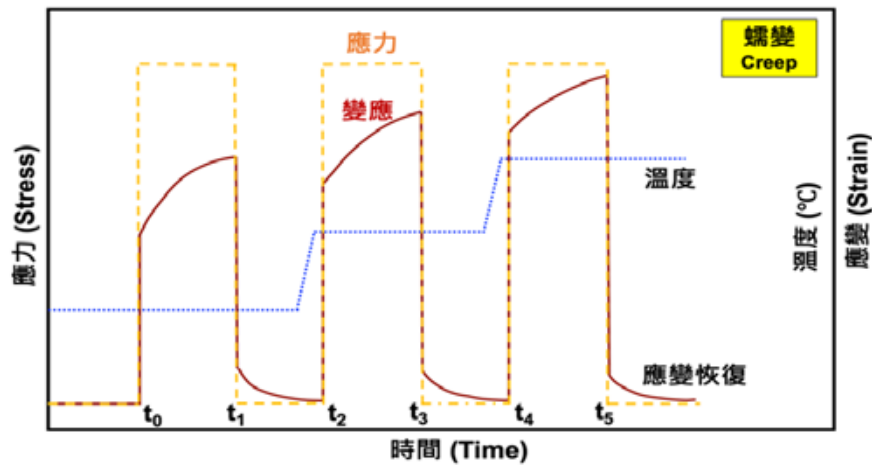


圖 7：動態機械分析 (DMA) 的蠕變量測程序與響應

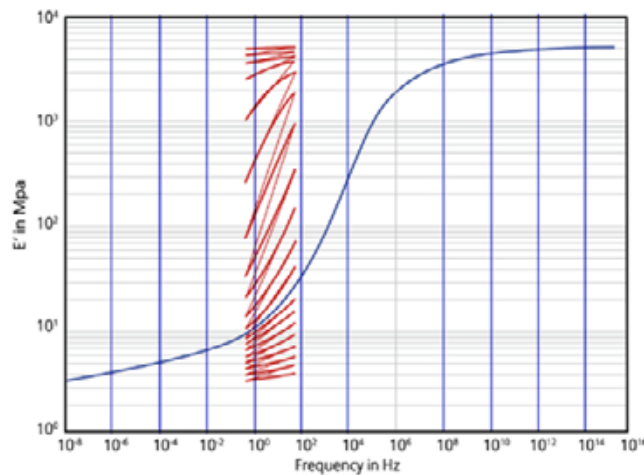


圖 8：將 DMA 量測結果以 TTS 疊加方法計算出主曲線（如藍色曲線），將可把頻率外推到 GHz 範圍以上

於 5mm) 所需的力接近 60N。■

## 參考資料

- [1]. Dynamic Mechanical Analysis by Kevin P. Menard Ch.1-An Introduction to Dynamic Mechanical Analysis
- [2]. 德國 NETZSCH 公司 - 動態機械分析 (DMA) 儀器產品型錄與技術文件
- [3]. 美國 TA 儀器公司 - 動態機械分析 (DMA) 儀器產品型錄與技術文件

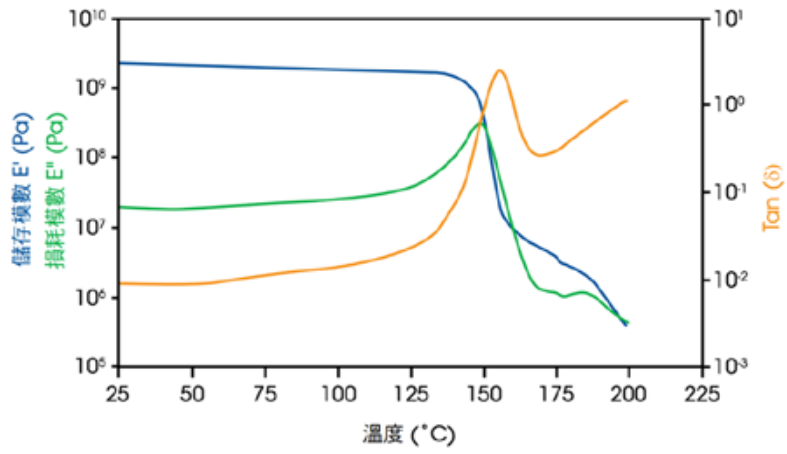


圖 9：聚碳酸酯 (PC) 在張力作用下的溫度梯度 (參考 TA Instruments DMA 儀器產品型錄)

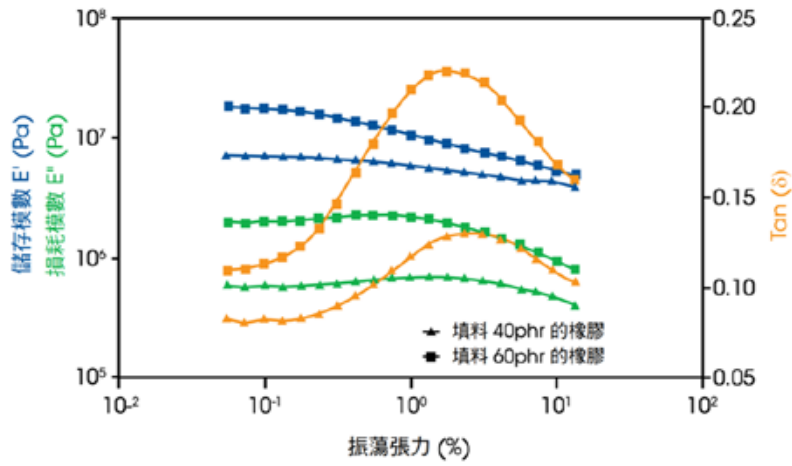
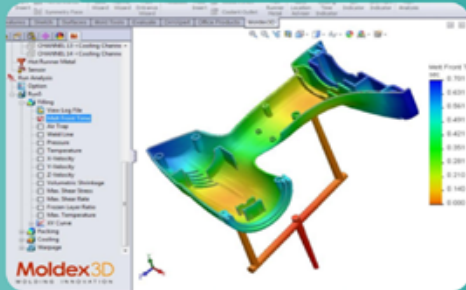


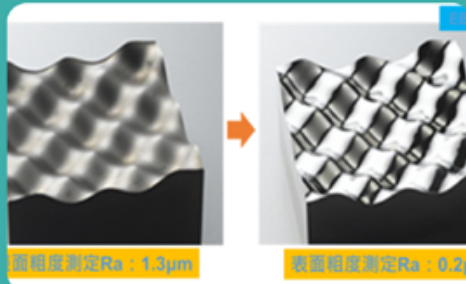
圖 10：橡膠的壓縮張力 DMA 測試掃描 (參考 TA Instruments DMA 儀器產品型錄)

# 先進模具與成型技術解決方案

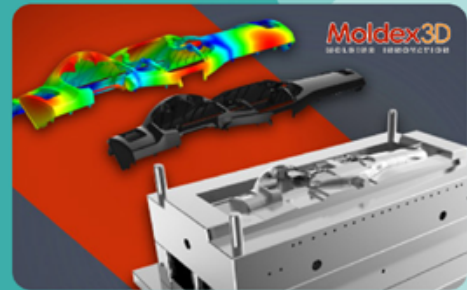
- 先進模具設計
- 先進品質檢測
- 先進模具加工
- 先進保養維修
- 先進成型生產
- 整廠顧問服務



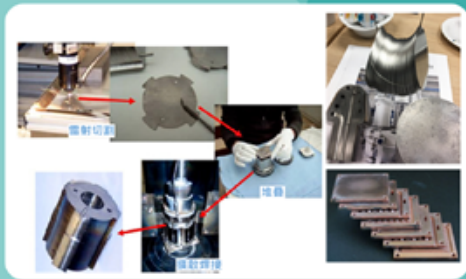
模具流道設計



EBM電子束表面改質/拋光



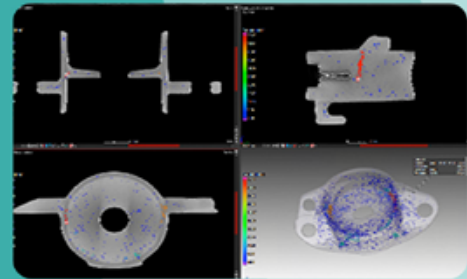
CAE模流分析技術



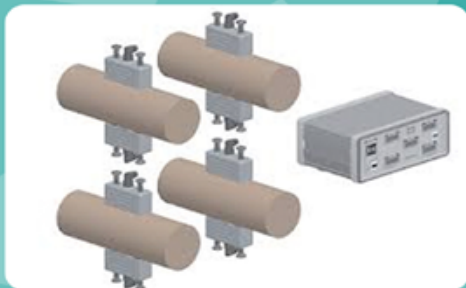
擴散焊接技術



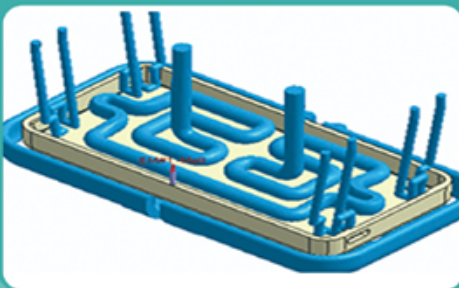
金屬3D列印技術



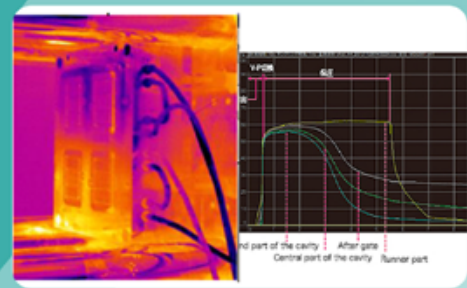
CT斷層掃描技術



鎖模力平衡度檢測



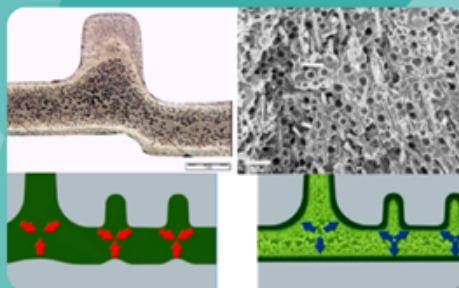
模具水路設計



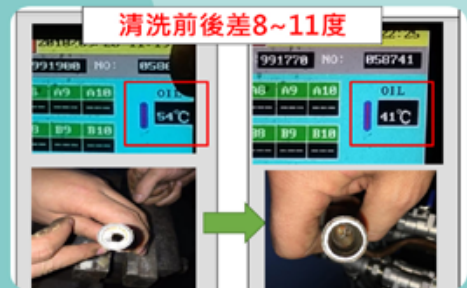
模具溫度/壓力檢測



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

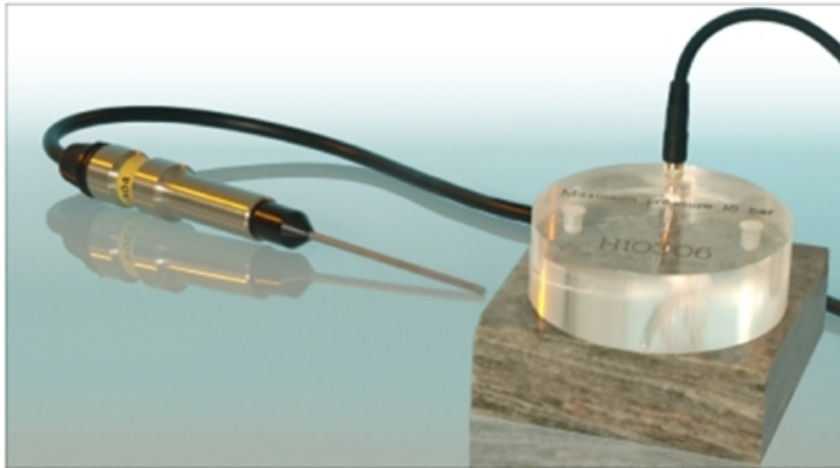
台北辦公室：新北市板橋區文化路一段268號6樓之1

東莞辦公室：東莞市南城區元美路華凱廣場B座0508室

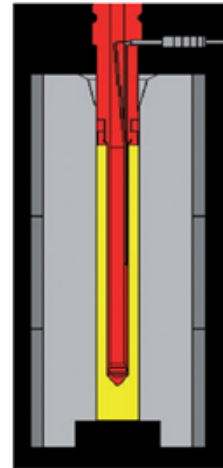
蘇州辦公室：蘇州市平江區人民路3110 號國發大廈1207

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

Bangplee, Samutprakarn Province 10540



Thermal Conductivity Meter System TK from F5 Technologie GmbH



From GÖTTFERT

## 熱傳導係數測量的主要方法

■ 型創科技 / 劉文斌 技術總監

### 熱傳導係數 (Thermal Conductivity, K-value) 的定義與量測原理

熱傳導係數被定義為：

$$K = \frac{Q/A}{\Delta T / \Delta L}$$

上式中 K 表示熱傳導係數，而 Q 表示為熱量，當此熱量通過一截面積為 A，通過長度為一微量距離  $\Delta L$  時，產生了一微量溫度變化量為  $\Delta T$ 。Q 是通過橫截面 A 並在距離  $\Delta L$  上引起溫差  $\Delta T$  的熱量。因此 Q/A 是引起熱梯度  $\Delta T / \Delta L$  的熱通量。因此由上式可以知道熱傳導係數 (K) 的測量將會涉及到熱通量（通過單位面積的熱量 - Q/A）和溫度差 ( $\Delta T$ ) 的測量。然而在測量技術上的困難點，通常是要如何精確地量測出熱通量。如果是直接測量熱通量的方式進行量測（例如通過測量進入加熱器的電功率），這種測量方法稱為絕對值測量法。如果熱通量的測量方法是以間接方式來進行（通過比對方式），則該方法稱為比較值量測法。除了上述兩種主要的量測方式外，另外一種是藉由量

測材料的暫態性質來計算得出熱傳導係數。

因此熱傳導係數 (Thermal Conductivity, K-value) 的定義就是在一材料上當一熱通量 (heat flux) Q/A 通過時，在材料上產生一溫度梯度 (thermal gradient)  $\Delta T / \Delta L$ ，其比值就是材料的熱傳導係數（或稱熱傳導率）。如圖 1 所示是材料熱傳導係數的量測原理示意圖。

### 熱傳導係數的量測限制

在所有熱傳導係數的量測方法中，均要求熱通量必須為單方向的軸向 (uniaxial) 熱源，所以熱通量需要軸向通過量測樣品（或是在比較量測法中需要軸向通過參考體），因此熱通量在徑向 (radial direction) 的熱損失或是熱生成必須要求為最小。在某些實驗設計上可以藉由在樣品周圍的徑向方向填充絕緣材料或是在較高溫條件下來進行量測，則可將徑向熱量損失的比例降至較低，但是上述周圍填充絕熱材料方式在高溫條件下的效率並不好，此極高溫狀況可以藉由安裝



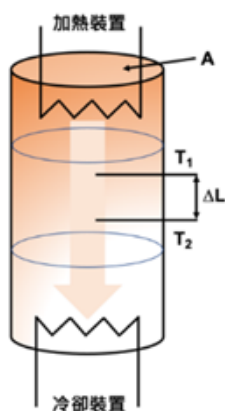


圖 1：材料熱傳導係數的量測原理示意圖

「防護裝置」來實現絕熱要求。如果防護裝置被控制為與樣品具有相同的溫度梯度，那麼徑向的熱流將可被最小化。

所選定測量系統的配置和測試樣品本身的型態尺寸將會非常顯著受到材料熱傳導係數數值大小所影響。當材料具有高的熱傳導係數數值時，測試樣品的形態一般會要求是較長型的（例如是圓柱體型的樣品）。當材料熱傳導係數數值較低時，測試樣品通常要求是扁平形狀的（例如是板型或是圓盤型的樣品）。當測試樣品材料具有高的熱傳導率時，測試時的熱通量通常會相當高，因此相對而言，試樣大側面表面積的熱損失較小；在長型樣品的軸向流動方向上將有助於建立合理的高溫度梯度，然後可以較準確測量。當樣品的熱傳導係數較低時，量測時對應的熱通量也會較低，只需要相對較小的厚度即可產生可觀測及可準確測量的溫度梯度。由於此時的樣品軸向熱通量較低，所以側向熱損失就需要加以關注，此時當使用板式樣品進行量測時，因為側表面積很小，所以將可盡量減少側向的熱流損失。事實上在某些情況下，試樣的側面可被相同的試樣材料片包圍起來，以提供自我防護。

另一個基本重要性的獨立參數是樣品相對於周圍環境

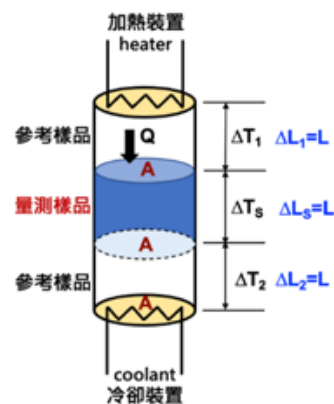


圖 2：對比切割棒量測法的裝置示意圖

的熱傳導率大小。通常希望樣品的有效熱傳導率相對於周圍絕緣體是盡可能高。隨著測量系統的測試溫度的升高，這將會逐漸成為一個問題。在某些使用非常高測試溫度的測量技術中，程度高的橫向熱損耗將被無可避免，然而這部分將會在熱傳導率測量中被定量納入計算考量。

### 熱傳導係數的量測方法

下列將介紹在低於環境溫度至高於 1500° C 的溫度範圍內，可以對具有非常廣泛熱傳導係數範圍的固體材料進行這項特性的量測工作的主要方法。這些量測技術包含有：軸向熱流 (axial flow)、徑向熱流 (radial flow)、防護熱板 (guarded hot plate) 和熱絲 (hot-wire) 等量測方法。

#### 軸向熱流方法

熱流方法是依照 ASTM C518 量測標準進行熱傳導率的量測，此量測方法已建立很久，並在一些文獻中可以看到相對一致性與最準確的量測報告結果。這種量測方法是低溫測試的首選方法。關鍵的測量議題主要集中在如何減少從安裝在試片端的加熱器通過測試試片產生的軸向熱流中的徑向熱損失（該加熱器的功率耗損被用於計算管柱的熱通量）。這些損失在低溫量測條件下是很小的。但隨著樣品測試溫度高過室溫，



圖 3：TA 儀器 Unitherm™2022 防護式熱流計 (Guarded Heat Flow Meter) 設備

熱損失的控制就變得越來越困難。因此大量的注意力集中在重要的實驗參數上，例如測試樣品的有效熱導與側向絕緣熱導的比值（此值越高越好）和防護裝置的品質（即測試樣品的軸向梯度與周圍絕緣體的軸向梯度的匹配）。一般熱流法熱傳導率量測設備的量測範圍約在 0.002~1.0 W/m-K。僅在實務量測中，使用圓柱型對稱熱傳導。除了防護型和無防護型的解決方案，其他類別可被區分為下列幾項：

- **絕對軸向熱流量測方法**，主要應用於低溫環境。這種性質的系統需要非常精確地了解提供加熱器的供電電力。因此來自熱的加熱器表面的熱損失也起著重要作用。
- **對比切割棒法（依照 ASTM E1225 測試標準）**。這可能是軸向熱傳導率測試中使用最廣泛的方法。在方法的測量原理在於將熱通量通過已知樣品和未知樣品，並比較各自的熱梯度，此熱梯度將與它們的熱傳導率成反比。最常見的方式是將未知（量測）樣品夾在兩個已知樣品（參考樣品）之間，並進一步考慮很難消除的微小熱量損失，如圖 2 所示是對比切割棒法的裝置示意圖。

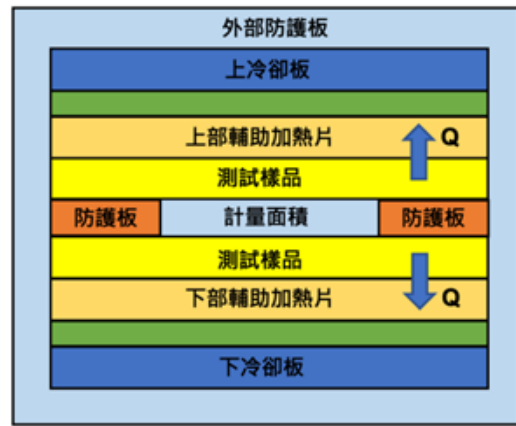


圖 4：防護式熱板熱導率量測裝置示意圖

如果  $K_R$  是參考物的熱傳導係數。由此未知樣品的熱傳導率  $K_S$  可以下式進行計算：

$$\frac{Q}{A} = K_S \frac{\Delta T_S}{L} = K_R \frac{\Delta T_1 + \Delta T_2}{2} \frac{1}{L}$$

$$K_S = K_R \frac{(\frac{\Delta T_1 + \Delta T_2}{2})}{\Delta T_S}$$

- **有防護或無防護的熱流計方法（依照 ASTM C518、E1530 測試標準）**。本量測方法涉及使用熱通量計（熱通量傳感器）。熱通量計在其用途上與對比切割棒法中的參考樣品非常相似。實際上參考樣品材料的熱傳導率非常低，因此參考板可以做得非常薄。通常大量數目的熱電偶對被設計放置在參考樣品板的兩側，以差分方式連接以直接產生與其兩端的溫差成正比的電子信號。一般熱流計量測方法可量測的溫度範圍約為 -20° C~300° C，可量測的熱傳導係數範圍為 0.1~20 W/m-K。

熱通量計組件被澆鑄成保護塗層以提高耐用性。這種類型的熱通量計主要用於測試熱傳導率數值極低樣品的儀器量測，可廣泛用於聚合物、玻璃、陶瓷、金屬（中等導熱範圍）、碳、複合材料或建築用絕緣材料等。對於聚合物和複合材料而言，熱通量計



圖 5：德國 NETZSCH 閃光法 (Flash) 熱傳導儀 - LFA 467 HyperFlash®

方法會比雷射閃光方法更好。以類似的方式，熱通量計可以由幾乎任何材料來製成，厚的或薄的，取決於材料的熱傳導性。所有熱通量計的共同要求是用於測量部分的材料需穩定，不受熱循環履歷的影響，並且熱流量計可以通過某些方法在熱阻範圍內 (0.0005~0.05 m<sup>2</sup>-K/W) 進行獨立校準。種類繁多的測試儀器都是使用這種方法。防護式熱流計也是一種軸向穩態的測試方法。熱量以單軸向路徑通過測試材料板和參考板熱量計量部分。防護板的低熱導材料也需要考慮防止側向的熱散失。測試上會在樣品和熱計量部分產生熱梯度。圖 3 是 TA 儀器防護式熱流計量測設備的照片。

### 防護熱板 (Guarded Hot Plate) 量測方法

防護熱板量測方法是依循 ASTM C177 測試標準，防護熱板量測方法被廣泛使用在絕緣性材料的熱傳導係數的量測。此方法的應用產業通常所提供的測試樣品都相當大，但此測試方法不存在任何困難。由差動熱電偶控制的保護加熱器部分包圍所有側面的扁平電加熱計量部分，提供在樣品熱面上引入的平面熱源。最常見的測量配置是傳統的、對稱佈置的防護熱板，其中加熱器組件夾在兩個樣品之間（如圖 4 所示）。在

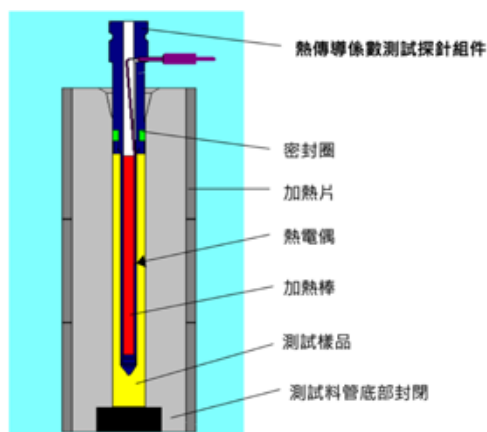


圖 6：探針形式熱傳導率量測設備

單面配置中，熱流通過一個樣品，主加熱器的背面充當保護平面，創造絕熱環境。

這是一種測量絕對值的測試方法，其適用性要求：(a) 建立穩態條件，以及 (b) 測量計量區域的單方向熱通量、冷熱表面的溫度、測試試片的厚度和其他可能影響通過試樣計量區域的單方向熱通量的參數。可以區分三種不同類別的測量系統：在室溫環境下工作的設備、在室溫以下（低至約 -180°C）低溫環境工作的設備和在高溫（600°C 或更高）環境下工作的設備。給定的設備最常應用於在這些溫度範圍環境中之一來進行測量。

### 熱線法 (Hot Wire Method) 熱傳導率量測方法

熱線法量測方法是依據 ASTM C1113 測試方法進行測試，熱線法最常應用於測量「耐火材料」的熱傳導係數。例如絕緣磚和粉體或纖維材料。因為它基本上是一種暫態徑向流技術，所以需要以均方向性試片來進行測試。該技術已在較多限制的方式下應用於測量熱導率相對較低的液體和塑料材料。

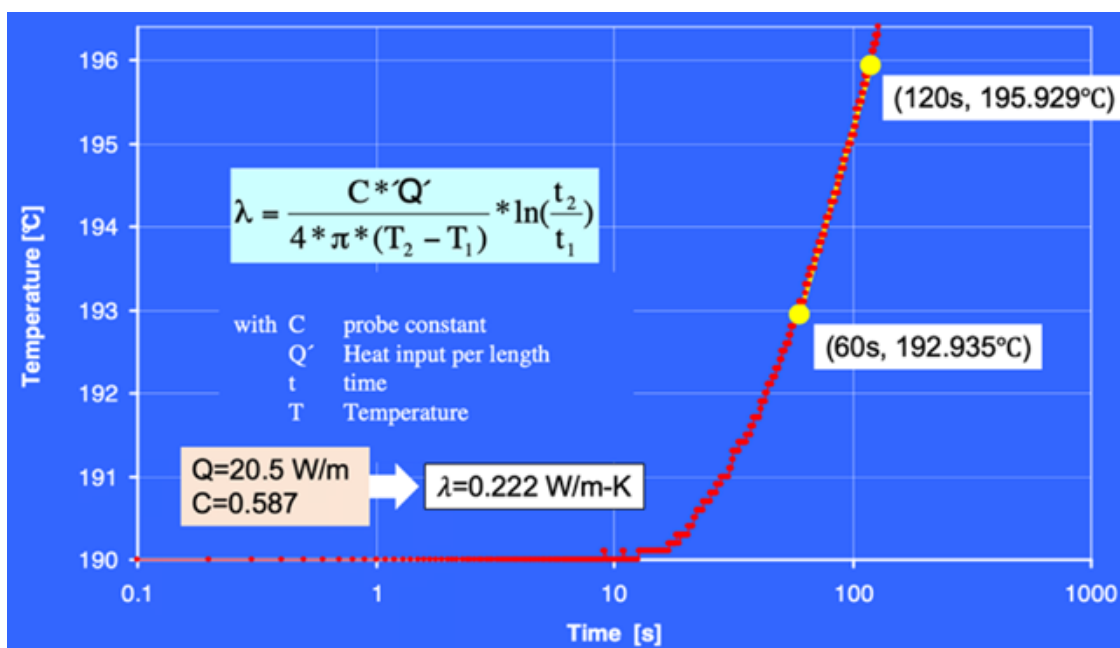


圖 7：探針型熱傳導率量測計算結果（190°C 下熱傳導率）

## 閃光法 (Flash) 熱傳導率量測方法

閃光法量測方法分析方法是依據 ASTM E1461 量測標準進行量測，針對不同量測材料樣品量測溫度可以從低溫至 1100°C 高溫的溫度範圍。閃光法設備系統是以氙氣 (Xenon) 燈脈衝放電 (HSXD) 或是雷射光脈衝源來進行閃光照射，可測陶瓷、金屬、高分子材料、複合材料、半導體材料、耐熱材料、岩石材料、石墨、玻璃與氮化鋁等材料之固體、薄膜、液體（需附專用容器）、粉末（需附專用容器）、纖維（需附容器）、熔融金屬（需附容器）等試片之熱傳導係數，熱傳導係數的量測範圍寬廣約為 0.1~2000 W/m-K。

閃光源有足夠功率均勻地集中在樣品的整個表面上。這種優化的能量收集方式，使直徑達 25mm 的樣品可以有足夠的能量照射。閃光法熱性能分析儀系統可以容納各種樣品尺寸，從標準小樣品到大直徑厚樣品。可允許測試粗粒材料（如耐火材料、碳、岩石等）和複合材料。此外還可以使用特殊的樣品夾具來針對糊狀物、薄膜、液體和通過熔化的樣品進行測試。在大

氣環境溫度下的測試時間僅為幾分鐘。與傳統系統相比，達到其他溫度的速度也極度的加快。配備加熱爐、完整的溫度控制和數據採集子系統、HSXD 脈衝源和電力供應源、控制電子設備、安全聯鎖裝置、光脈衝傳輸組件、紅外線光學元件和液態 N<sub>2</sub> 冷卻紅外線探測器或固態探測器，用於背面溫度圖測定。圖 5 是德國 NETZSCH 公司的閃光法 (Flash) 熱傳導儀的設備照片。

## 探針 (probe) 熱傳導係數量測方法

對比上述這些歷史悠久的熱傳導係數量測技術，改以探針 (probe) 進行量測就是相對較新的方式。此量測方法是依照 ASTM D5930 或 ISO 22007 測試標準所進行，當樣品升溫熔融後將類似注射針頭的細長加熱探針插入測試樣品中來進行熱傳導率的量測。量測管柱的管壁周圍有附加加熱片可進行對量測樣品進行溫控，當測試樣品溫度穩定後測試探針會產生一熱通量再由管壁端的接收器與感溫器量測出熱傳導率。探針裝置可用於量測插入位置周遭被包覆的樣品物質的熱

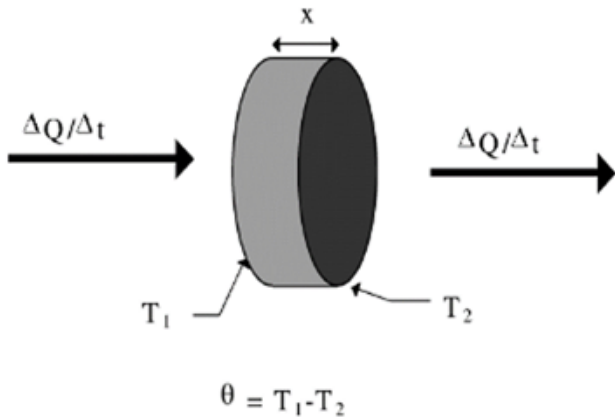


圖 8：熱傳導係數量測原理

特性，但最常見的是使用嚴密控制的溫控爐子來容納樣品並產生測試的基礎溫度。所以這種測試裝置可以進行不同溫度與不同壓力條件下的熱傳導係數量測，可以進行測試材料在固態與熔融態的熱導率。因此該探針方法可方便地應用於粉末或其他半剛性形式的低熱傳導率材料，對於塑膠材料的熱傳導率量測非常合適。

圖 6 是探針型熱導率量測設備的示意圖，目前在高階等級毛細管流變儀設備中（例如 Goettfert RG 機種）可有量測熱傳導係數的選配功能，測試料管最小尺寸為 15mm 管徑，測溫度範圍最高可達 450°C，測試壓力最高可達 1000bar，量測探針包含一個加熱器和一個與其相連的熱電偶。當一定量的電流在短時間內通過加熱器時，加熱器表面的溫度歷程將呈現出特徵形式。在初始階段，溫度會迅速上升，隨著熱量開始滲入，上升速度變得恆定。當熱量波前沿到達樣品的外邊界時，由於熱量損失到環境中，上升將減慢或完全停止。從速率曲線的直線部分（溫度與時間）可以計算出量測材料的熱傳導率。圖 7 是在 190°C 條件下所量測的熱傳導率計算結果。■

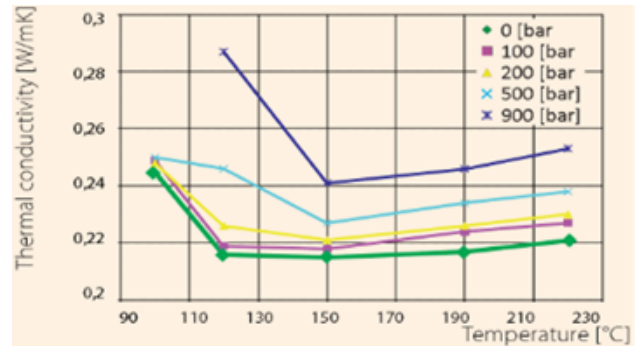


圖 9：不同溫度與不同壓力條件下的熱傳導率量測數據



### 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) 技術為核心技术 (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。



## 產業長期困擾的耳流模擬 新黏度模型有解了

■科盛科技研究發展處 / 曾煥鋁 博士

### 前言

射出成型是最常用於生產塑膠製品的製程，此技術發展至今已日趨成熟，然而產業長期以來仍面臨了一個亟需解決的問題：「即便是最先進的預測工具，至今仍無法得到令人滿意的「耳流」分析結果」。耳流現象即是指塑料流至模穴時，其流動波前的中心點會明顯慢於兩端，如圖 1 所示。並非所有的高分子聚合物都一定會產生耳流；而在某些特定的聚合物上，則可清楚看到厚件對於流動的影響。耳流多出現在薄件產品上，較厚的產品則並未觀察到此現象。此外，較快的注射速度也相對容易產生耳流。這些現象一直都是產業希望能透過模擬技術釐清的問題。

### 案例分析

過去針對流動行為的模擬，多只針對剪切效應；然而真實的流動行為其實是剪切與拉伸流動之綜合效應。Moldex3D 研發團隊持續努力，開發出新的黏度模型，稱之為 eXtended GNF (GNF-X) 模型，可根據剪切與拉伸流動的綜合效應，推導出加權黏度。本文即嘗試利用導入 GNF-X 方程式後的 Moldex3D 流動求解器，模擬材料為純聚碳酸酯 (PC) 的射出成型圓盤，以獲得可靠的耳流分析結果。[U. S. Patent Pending in USPTO with Application No. 62/886,539 (2019)]

本案例目標即為比較 Moldex3D 新研發的模型及 GNF 模型所得到的耳流分析差異。首先根據 Beaumon 的研究，以 Moldex3D 進行射出成型圓盤產品之 PC 流體在模穴中的充填模擬。其熔膠溫度和模具溫度分別為 293.3°C 與 82.2°C；射出時間為 10 秒。圖 2 為 GNF 剪黏度的交叉模型分析結果，當模穴填滿 50% 及 90% 時，分別呈現出凹面和平坦的流動波前，與真實情形有所差異。接下來在 Moldex3D 的流動計算中，採用新的 GNF-X 模型與拉伸黏度，結果呈現出模穴中心的流前推進速度明顯慢於邊緣，即所謂的「耳流」（圖 3），達到了令人滿意的預測結果，證實 Moldex3D 新的拉伸黏度函數可成功解決長期存在的耳流模擬問題。■



圖 1：耳流示意圖



圖 2：以 GNF 黏度模型模擬射出成型 PC 圓盤



圖 3：以新的 GNF-X 黏度模型模擬射出成型 PC 圓盤



### 威猛巴頓菲爾機械設備

威猛集團是全球塑料行業中，射出機、機械手以及周邊設備製造商的領導者之一，總部位於奧地利維也納，由威猛巴頓菲爾和威猛兩大主體組成。威猛集團在全球 7 個國家擁有 9 個製造基地，在全世界 34 個國家和地區有直屬分公司。

作為先進的射出機製造商和工藝技術專家，威猛巴頓菲爾一直致力於市場地位的進一步擴展。作為模塊化設計的綜合的、現代化的射出技術提供商，威猛公司可滿足現在和將來的射出行業市場需求。

威猛的產品包含機械手及其自動化系統、物料處理系統、除濕乾燥機、微型乾燥機、稱重式和體積式混料機、機邊粉碎機、模溫機、水流量調節器、冰水機和模具除露機等。正因擁有如此廣泛的射出周邊設備，威猛可提供射出工業中，從獨立的工作單元到集成的整廠系統中，所有的塑料生產的解決方案。

威猛集團旗下不同部門之間的整合，實現了各生產線的完全互聯，滿足了客戶對自動化設備和周邊設備之間無縫連接的日益增大的需求。

## 威猛 CODEMAX 編碼耦合站——卓越的原料分配監控系統

■威猛集團

### 前言

射出機上的模具切換通常也伴隨著原料切換。原料切換應盡可能迅速、便捷且安全地進行。在此過程中，單一錯誤能夠引發一系列問題，而大部分情況下這種錯誤無法被立即檢出，這將會導致大量報廢零件且產生巨額額外成本。採用具有監控功能的威猛 CODEMAX 編碼耦合站可確保在生產過程中的原料切換和原料分配都能準確無誤地進行！

### 威猛 CODEMAX 編碼耦合站的設計與特色

原料分配系統的機械設計多種多樣，可以根據客戶的要求特殊定制。而且，這些系統可採用廣泛的材質，如完全採用不鏽鋼，亦可根據每個案例的需求組合使用硬化不鏽鋼和玻璃元件。威猛公司有意避免了在製造原料分配裝置的工藝中進行焊接。CODEMAX 編碼耦合站提供了可插接式密封管箍，後期可更換管件並可在需要的地方使用耐磨部件。

原料輸送管道的專用凸輪鎖式快速接頭是為威猛 CODEMAX 編碼耦合站專門製造的。這種接頭採用了鋁合金材質並且完全密封，製造時無需攻絲，可安裝在不鏽鋼管上，確保了滿足用戶指定的任何要求，如「接觸到產品的部件只採用不鏽鋼材質」；另外，極其堅固的設計也能夠應對耦合站中可能出現的不當操

作，畢竟原料軟管和接頭一起跌落到地板上的情況時有發生，部件必須能夠在經受這類事件後不出現任何變形或其它類型的損壞；凸輪鎖式快速接頭能夠確保無泄漏的安全連接，同時也可快速插拔。

每一個接頭上的 RFID 天線及標籤確保了每個輸送線中原料進料管和加工設備之間建立恰當的連接，這種連接可通過威猛供料系統網路控制器進行監控，並一直與系統操作員的輸入參數進行核對。如果耦合工藝在沒有操作員輸入參數的情況下被網路控制系統觸發，會立即產生一個錯誤信號，原料輸送動作將被停止。這樣便可預防將錯誤的原料供給給加工設備。如果通過該控制系統已經觸發了原料切換信號，同時錯誤的原料與耦合站相連接，則執行與上述相同的程序。在執行耦合工藝之前，必須向系統操作員展示原料軟管與分配裝置的具體連接組合。不當的和斷開的連接都將通過控制系統的圖形顯示器直觀顯示出來。這樣可確保在每一次輸送中總是為加工設備供給需要的原料，此外也避免了斷開的連接引發洩漏問題。

RFID 天線安裝在一個鋁製外殼內，並覆蓋了一層塑料減震層，以最佳方式保護其免受衝擊。現有的原料分配裝置也可利用 RFID 天線進行改裝，可監控的耦合站的後續擴展不存在任何問題。





圖 1：威猛 CODEMAX RFID 編碼耦合站

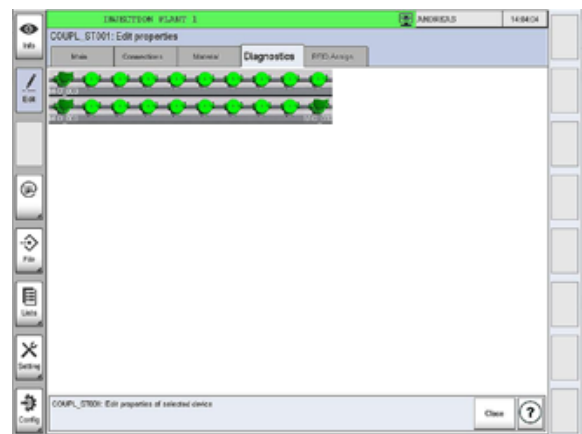


圖 2：左圖為 M8 網路控制器；右圖為 CODEMAX 編碼耦合站在螢幕上可視化

## 威猛 CODEMAX 編碼耦合站優勢

- CODEMAX 編碼耦合站便於操作，而且當前系統中所有可用的耦合站都能夠通過控制中心查詢；
- 利用該系統，非常便於快速的原料切換，諸如除濕乾燥機、噸包料或外部料倉等原料源皆可供不同的加工設備使用。

總而言之，威猛 CODEMAX RFID 編碼耦合站系統可保證無錯誤的原料輸送，為您的原料輸送系統保駕護航！■



### 關於安科羅工程塑料公司

安科羅工程塑料公司的成立至今已有超過 30 年的歷史。我們在複合塑料的領域累積了豐富的專業知識與經驗。自 1998 年起我們加入開德卓集團，並以自有品牌運作，銷售業績也逐年成長。目前我們每年有超過 20 萬噸的產能，我們專門研究創新應用的改性工程塑料，專為特定行業和應用設計方案。我們生產基地分布於德國、中國與巴西；而且我們具有遍布國際間的運作架構，可以提供從應用開發到物流支援的完整服務。為了應對快速變化的市場需求，我們使用與集團內部姐妹公司 (FEDDEM) 合作開發的全球標準化創新改性和擠出技術 (ICX)。

## 庖丁解車：PA6 材料在汽車減震系統中的應用 【底盤篇】

■安科羅工程塑料

### 前言

汽車的 NVH 即 Noise 噪聲、Vibration 振動、Harshness 聲震粗糙度是衡量汽車製造水平的重要因素，也是整車製造商和零部件企業關注的問題之一。本期我們將關注到 NVH 中的 Vibration 汽車的振動，圍繞汽車減震系統中的底盤部分，細聊其中的幾個概念和零件運作模式。

### PA6 在汽車減震系統中的應用——底盤篇

汽車底盤裝載有各種減震單元，對車輛的操控性、動態性和舒適性有很大影響。底盤的作用是支承、安裝發動機及其各部件、總成，成型汽車的整體造型，並接受發動機的動力，立即傳遞到道路上，使汽車運動或停止，保障正常行駛。

底盤減震單元（如圖 1）包括：避震器 (Shock Absorber)、空氣彈簧 (Air Spring)、微孔聚氨酯緩衝塊 (Microcellular Urethane Component)、前減震頂膠 (Top Mount)、副車架襯套 (Subframe Mount)、控制臂襯套 (Control Arm Bushing)、液壓襯套 (Hydro-bushing)。

### 避震器

由於彈性元件受衝擊產生的振動無法立即停下，所以

需要通過與彈性元件並聯安裝避震器，將振動能量轉化為油液熱能並散發到空氣中，從而衰減震動。從避震器的種類上來分，比較常見的是液壓減震器，另一種就是空氣彈簧減震器。

### 空氣彈簧減震器

空氣彈簧減震器是一門比較新的技術，在一個密封的容器中充入壓縮空氣，利用氣體可壓縮性實現其彈性作用。不管車輛受到的載荷多大，都可以將其保持在恆定高度。汽車高速行駛過程中，空氣彈簧可以降低車身高度從而改善空氣動力，提升駕駛性能，目前幾乎成為豪車的「標配」。

### 液壓減震器

另一種常見的是液壓減震器，安裝有微孔聚氨酯緩衝塊，工作原理類似海綿，能吸收能量並隔絕噪音。它需要承受整輛車的重量，抵抗汽車液體和臭氧，在寒冷、高溫等極端狀況下保持出色性能。

### 前減震頂膠

該模塊連接汽車懸架和底盤，其本身的減震功能與避震器共同作用，將路面的振動降至最低，避免不必要的底盤振動傳遞到乘客身上。前減震頂膠可能會承受幾噸的峰值載荷，特別是在汽車經過坑窪路面時，通過合適材料優化懸架與車身之間的載荷傳遞。



圖 1：汽車底盤減震單元示意圖

## 底盤襯套

汽車底盤上遍布數十種襯套，它們控制著從路面傳遞到車輛底盤的能量，減少振動，提高操控感和安全性。所有襯套的設計均是為了吸收路面引起的多方向載荷，其中包括副車架襯套、控制臂襯套、液壓襯套、轉向系統襯套等。

## 副車架襯套

該模塊安裝在副車架上，提供雙重隔離功能，用以補償道路和輔助設備（如泵和壓縮機噪音）。副車架襯套必須在車輛的橫向方向具有較高的剛度，在縱向和垂直方向上具有較低的剛度和較低的動態硬化性，從而降低道路上的高頻振動，提高舒適性和安全性。

## 控制臂襯套

在現有的控制臂結構中，控制臂通過具有彈性的襯套安裝在車身懸架上，從而將車輪的受力傳遞至車身，該模塊的襯套均用於實現與車身的連接。

## 液壓襯套

與傳統橡膠襯套相比，其內部結構有很大區別。液壓橡膠襯套內部有各種流道並充滿液壓油，一旦受到衝擊，能量會被液壓油迅速吸收，裡面的液壓油通過狹窄通道，衰減一部分振動能量，從而減弱傳遞到車廂

的衝擊，提升駕乘舒適性。

## 材料趨勢，勢不可擋

安科羅 AKROMID® 系列材料為汽車底盤提供了極具性價比的解決方案，既滿足高剛度、高強度、耐用、耐腐蝕、高尺寸穩定性等性能需求，同時，質地輕巧、成本可控。

過去幾年中，基於汽車輕量化的要求，安科羅協助客戶將越來越多的金屬替換成了塑料件。同時由於 PA66 全球供應緊張、價格水漲船高，我們也協助客戶實現通過 PA6 替代 PA66，降低成本，避免關於原材料的潛在風險。

不論是以塑代鋼，還是 PA6 替代 PA6.6，減重和降本是過去幾年的兩大趨勢，安科羅始終為客戶提供極具性價比的材料解決方案。期待與您在不同領域開展合作，發揮材料優勢，開拓創新應用。■



圖 2：空氣彈簧減震器

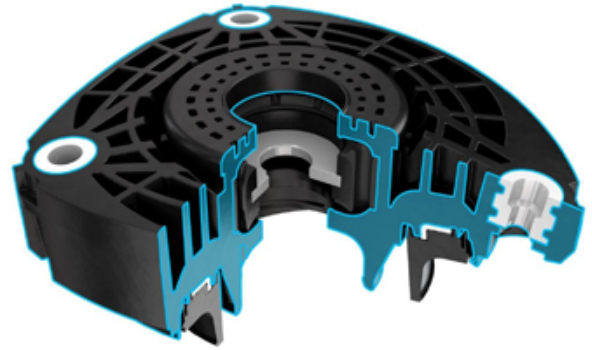


圖 3：前減震頂膠

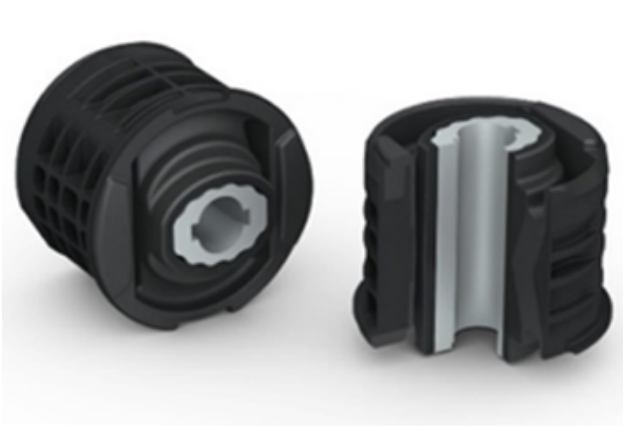


圖 4：副車架襯套



圖 5：液壓襯套

## Contacts of AKRO-PLASTIC

### Germany

AKRO-PLASTIC GmbH  
Member of the Feddersen Group  
Thilo Stier  
Sales Director & Innovation Manager  
thilo.stier@akro-plastic.com

### China

AKRO Engineering Plastics (Suzhou) Co. Ltd.  
Member of the Feddersen Group  
Linda Xu  
Sales Director  
lindaxu@kdf.com.cn

### Southeast Asia

K. D. Feddersen Singapore Pte Ltd.  
Steven Luo  
Sales Director  
stevenluo@kdf-asia.com



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



**Sodick**

# 新世代電子束(EBM)加工技術 發表應用說明會與測試體驗



主辦單位: 型創科技顧問公司

協辦單位: ACMT協會

活動名稱	新世代電子束(EBM)加工技術發表應用說明會與測試體驗
主辦單位	型創科技顧問公司(minnotec)
協辦單位	ACMT電腦輔助成型技術交流協會
會議日期	詳細日期請至QR內查閱
會議地點	中原大學智慧製造研發中心-中原大學知行領航館
會議費用	NT\$1,800 (ACMT菁英會員免費參加!!【每間單位限制兩位參加】)

## 使用EBM電子束加工特點

- 表面改質3~5 $\mu$ m
- 提升耐腐蝕性和脫模性
- 提升模具壽命去除生鏽
- 提升表面光潔度

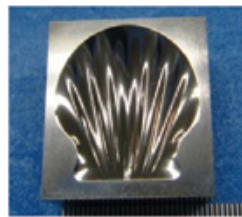
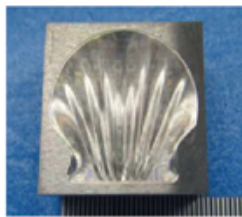
### 卓越的耐用性

放置於大氣環境, 經過1年後, 比較生鏽情況



### 貝殼形狀加工

提高表面光度, 節省手工拋光時間



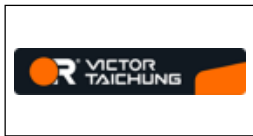
### 瓶口精加工

短時間內可加工複雜的形狀, 大幅減少加工時間



更多關於【新世代電子束(EBM)加工技術發表會 操作和應用說明】事宜, 歡迎來電洽詢!

黃小姐(Ariel) 電話: +886-2-8969-0409#25 E-mail: ariel.huang@minnotec.com



### 關於台中精機

台中精機（英語：Victor Taichung Machinery Works Co., LTD）是一間以工作母機為業務核心的機械公司。早期以生產傳統工作母機牛頭刨床與皮帶式車床為主，後來研究發展電腦車床、加工中心機及塑膠射出成型機等產品。自 1954 年成立以來，至今已 67 個年頭，集團總部原先設立於臺中市西屯區臺灣大道上，因應工業 4.0 智慧化生產的趨勢，公司於 2016 年時，將購入於精密園區二期之用地，舉辦台中精機全球營運總部暨智慧化工廠開工動土典禮，新總部於 2020 年搬遷至台中市南屯區機械精密園區。

## 射出機械設備與品質穩定度的相關性探討

■台中精機 / 張家棟 銷售工程師

### 前言

影響塑膠產品品質穩定的五大因素，分別為「產品設計、原料種類、模具結構、機械設備以及成型參數」，本文將在此針對「機械設備」做進一步的探討。

在塑膠生產的狀態中，可分別歸類為操作人員、塑膠原料、成型模具、機械設備等四個主要項目，其中在機械設備是連結操作人員、塑膠原料、成型模具的一個很重要的要因，簡易而精確的操控性能，可以讓操作人員容易上手，在理論跟實務上能搭配得宜，讓調機變成是一種樂趣！（如圖 1 所示）良好的控溫模式，可以讓塑膠原料在最適合的溫度下進行加工成型作業，讓產出的成品良率維持高檔。穩定且耐用的鎖模結構，搭配精密的成型模具，讓成品可產出精品般的表面及完好的平整度，一臺好的射出成型設備，會帶給塑膠射出從業者諸多便利也可讓生產更為穩定，成品更為優異。

既然射出成型設備如此重要，那要如何去選擇適合生產塑膠產品的設備呢？在射出生產設備架構組成方面，可以分為動力系統、鎖模結構、射座形式、操控模式等四大項目，以下分別為各位介紹其特點。

### 動力系統

依油壓動力單元來區分，可分為感應式馬達及伺服節能馬達等兩類，感應式馬達即俗稱的一般馬達，特點是馬達泵浦隨時都保持全流量輸出，經由壓力 / 流量控制閥去進行線性控制，擁有良好的響應速度，但是，由於時時都是全載輸出，耗費的電力也相對驚人。

另一種即是現今的主流動力單元，伺服節能馬達系統，因應塑膠射出成型機若使用一般馬達當動力單元，在生產時是一種高耗能的設備，於是在減少耗能，提高獲利方面，所使用的即為伺服馬達，一樣是由馬達帶動泵浦所產生動力，但是，在油壓控制回饋方面，取決於泵浦端的壓力感測器回饋的壓力值，去變更伺服馬達的驅動轉速，在響應上可以根據各廠家的馬達去調整，由於不是全時保持全流量輸出，再加上生產塑膠成品的其一特性，產品冷卻時間，在整個生產耗能方面，會比感應式馬達相對節省許多。

以上兩類動力單元，在生產塑膠製品時，都是推動各部位去作動的油壓缸，讓溶解的塑膠顆粒能以液態進入到膜腔內成型，但是要如何穩定控制動力輸出，讓射出成品穩定，則是要取決於油壓迴路的控制，伺服節能馬達是使用伺服系統，伺服機採用驅動器控制馬達輸出，閉迴路控制，比傳統半閉使用比壓 / 比流油

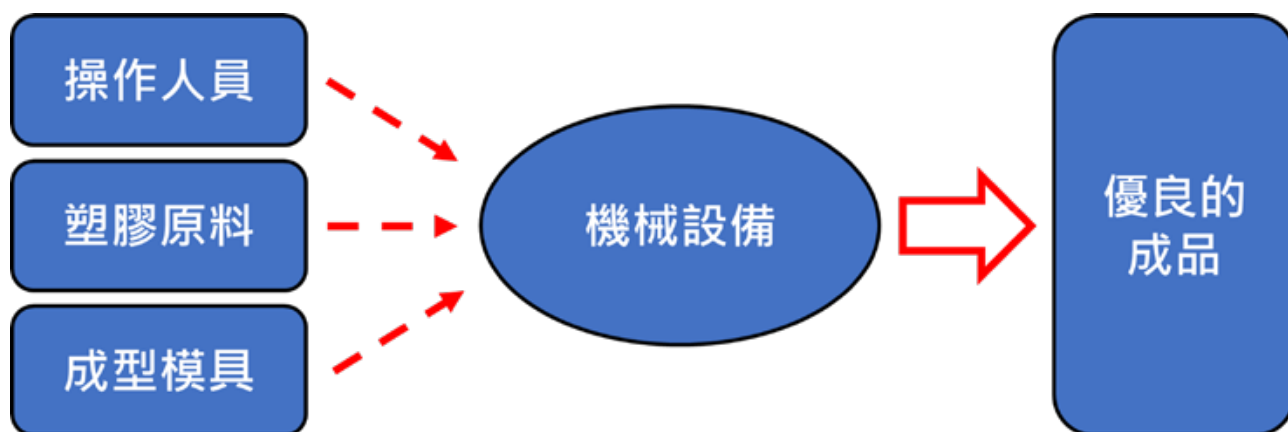


圖 1：機械設備是連結操作人員、塑膠原料、成型模具的中介點

壓閥控制，有著更穩定、更精準的效能，在產品的穩定度跟重現性上有更佳的表现。（如圖 2 所示）

### 鎖模結構

塑膠射出過程裡，鎖模結構是一個非常重要的關鍵，經由油壓或伺服馬達動力驅動，讓公模板能壓住母模板，產生鎖模力量，承受每一次射出時，由射出缸輸出的射出壓力，並保持住模具公母模的緊密閉合度，讓充填進去膜腔內的熔膠能夠穩定冷卻成型，沒有多餘的洩漏，造成毛邊或翹曲不良。

目前市場上的鎖模結構，多數都是用曲手式，該設計採用雙曲肘上下平衡五點式設計，曲肘結構本身具有在遠端時採高速比運動，在模具接觸時高力比之特性，是最合乎夾模運動特性之機構，也是最省能源的方式。一個良好的曲手鎖模機構需包含以下要點，在頭板、二板及尾板方面，主要訴求是厚實堅固，或是由 CAE 模擬的幾何設計，來確保整體的耐用度，在不斷重複的射出成型動作中，頭板跟二板會承受最多的力量，一個堅固的頭、二板、尾板能讓整個射出成品減少許多翹曲變形的機率，也能讓設備使用壽命增加。（如圖 3 所示）在曲手結構設計方面，目的為傳導力量集中，減少力量發散。

### 射座形式

在射座方面有關影響成品的關鍵在射出油缸的設計，不同的射出油缸設計，會提供給使用者不一樣的射出速度跟射出最大壓力，因為目前塑膠件變化很多，有所謂的薄件、厚件、PC 透明件、PMMA 厚件……等等，因各塑膠特性不一樣，所要求的射出壓力跟射出速度也不一樣。

在射出缸方面，市面上的設備主要有雙缸、四缸、子母缸等形式設計，各有各的優點，但是！主要的訴求就是增加射出速度跟射出壓力！要維持射出壓力的穩定跟射出速度的提速，在射出機構的鑄件需有必要的強度，因為在射出成型動作，射出（線性、往復），若沒有一個高強度的鑄件支撐，會導致射壓下降，射速不足，讓成品產生缺料、短射等情況。

另外在射出成型的另一個要點，就是加料，穩定的加料，會讓塑膠成品的成品穩定度提高，減少成品氣泡的產生，通常在各零件設計搭配，加料（旋轉）運動跟射膠油缸是分離的，會有磨耗少、耐用性佳，並強化耐模環設計、中心定位支撐佳、洩漏少、壽命長等等優點。（如圖 4 所示）

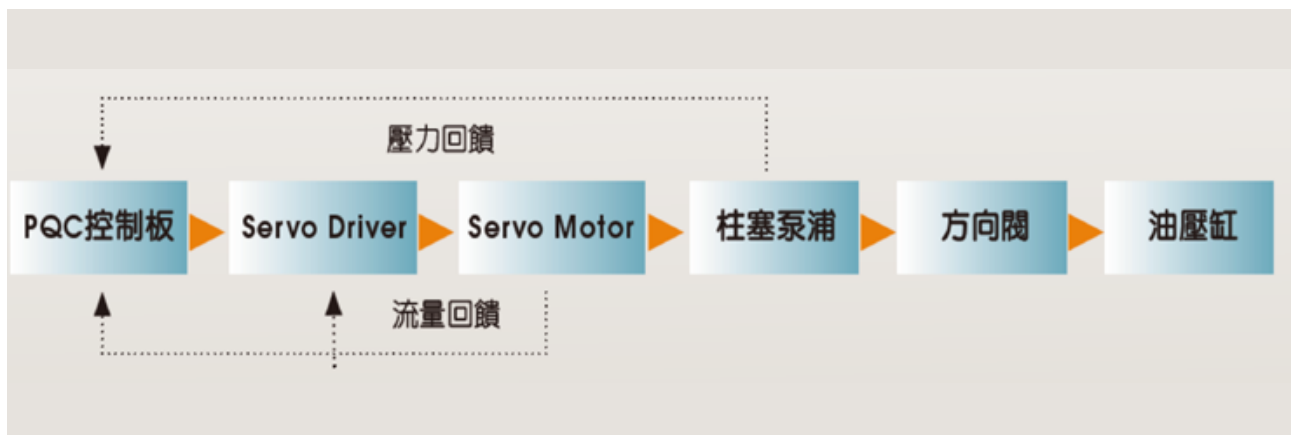


圖 2：閉迴路控制，監控生產中的壓力 / 流量回饋數值，有著更穩定、更精準的效能

## 操控模式

一臺塑膠射出成型機，擁有了有力的動力單元，擁有了堅固耐用的鎖模結構，擁有了提供高射壓及高射速的射膠油缸設計，那當然要有一個匹配且適合的控制單元，讓整體能夠發揮出 1+1 大於二的戰力！

為何職會說是要有匹配且合適的控制單元，而不是貴的、進口的控制器呢？其實控制器種類繁多，臺灣有盟立、台達、三和、寶元……等廠牌，其他國家也有 FANUC、KEBA、SYSCOM2000……等控制器，但是，控制器的開發，往往伴隨著相關伺服動力回饋控制、料管溫度 PID 控制、機台各部動作及電磁閥切換速度搭配及目前的工業 4.0 擴充性預留，等諸多要因，在各廠家的設備裡，控制器的選擇及開發，目標都是朝著能夠將自身設備各硬體單元整合，發揮出各動作的精密控制，而且穩定生產。而在機能畫面分布及動作操作方面則是一個習慣的養成，各家都有不一樣的設定，所以在控制器的挑選方面，還是要由原廠搭配出的控制器為優先考量，畢竟在設備性能提升及生產穩定度上，各設備廠家針對控制匹配上已經有長期的測試及經驗，也能避免因安裝不匹配的控制單元，影響本身設備的操控精度及生產穩定度。（如圖 5 所示）

## 結語

在塑膠射出成型的過程中，包含了「產品設計、模具結構、機臺設備、成型參數」等幾個面向，其中在產品設計及模具結構是在前端的接單、開發，而後確認，再經由機臺設備及成型參數的調整，來產出優良的成品，一個良好的機械設備，能夠讓成型參數的調整更得心應手，讓可調視窗變大，也能更符合當時設計出的產品，更能經由良好的模具結構設計，在射出成型過程中，提高生產成品的穩定度及重現性。■



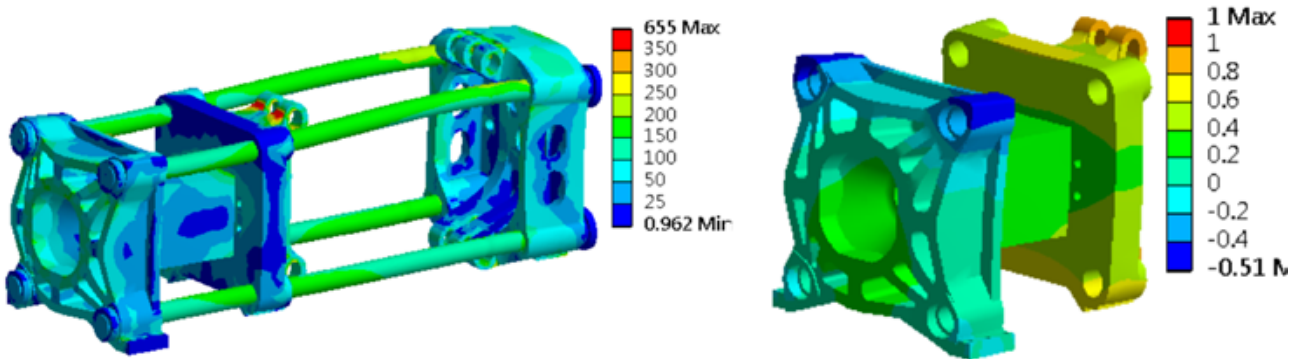
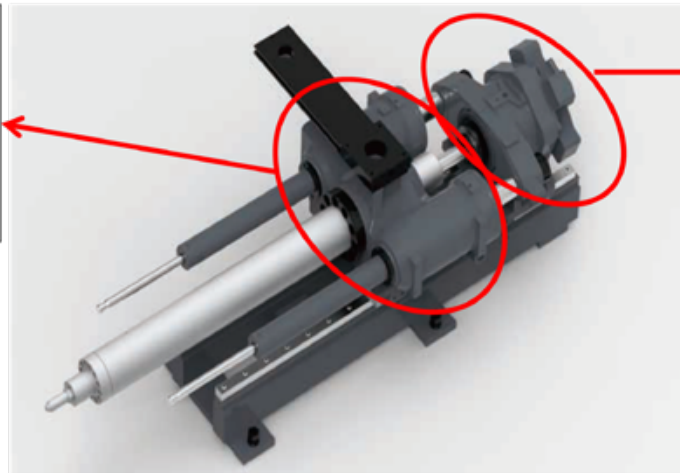


圖 3：運用電腦模擬，選擇最合適的結構設計，讓其在頭板、二板及尾板的變形量減少

射出油缸，主要負責射出成型時能提供夠高的射壓及足夠的射出速度。



高效率加料馬達，採用與射出油缸分離式設計，有磨耗少、耐用性佳，並強化耐模環設計、中心定位支撐佳、洩漏少、壽命長等優點。

圖 4：射出系統跟加料結構分開，可提高加料穩定度、磨耗少、維修容易等優點



圖 5：控制器為射出成型機的整合輸出單元，合適的控制器應該具有高精度控制性、反應速度快、監控功能齊全、操作簡單方便且擴充性佳等特點，讓射出設備擁有良好的生產穩定度



### 關於科思創

科思創是全球最大的聚合物生產公司之一，總部位於德國利物庫森，其 2020 年度銷售額達到 107 億歐元。其業務範圍主要集中在高科技聚合物材料的生產製造及用於諸多日常生活領域的創新性解決方案的研發。所服務的產業主要包括：汽車與交通運輸、電子電器、建築產業及體育休閒用品；截至 2020 年底，科思創在全球擁有 33 座生產基地、約 16,500 位員工（按全職員工計算）。科思創在臺灣的總部位於臺北，並擁有兩座分別位於彰化與林園的工廠及一座位於彰化的研發中心，為臺灣與亞太市場的客戶提供高科技材料產品及創新解決方案，其彰化廠主要生產熱塑性聚氨酯樹脂 (TPU)，為科思創在亞洲最大的生產基地。欲瞭解更多資訊，請瀏覽 [www.covestro.com](http://www.covestro.com)

## 運用二氧化碳技術在建築領域上成為可能： 二氧化碳聚氨酯硬質泡棉研究成功

■科思創

### 前言

以二氧化碳作為基底的永續材料，將被廣泛應用於未來的建築產業中，自 2016 年以來，科思創一直與研發合作夥伴深究，名為“夢想資源 DreamResource”的聯合專案 (FKZ 033RC002)，該專案由德國聯邦科技教育部 (The Federal Ministry of Education and Research, BMBF) 贊助，旨在研究新型且更環保的多元醇，其應用潛力強大，例如將硬質聚氨酯泡棉實踐於建築領域的隔熱。目前，已與專案合作夥伴 puren gmbh 共同開發出隔熱的原型樣板，該樣板包含以常規性環氧乙烷和二氧化碳為基底的新型多元醇。這代表著科思創的二氧化碳技術，在建築材料方面針對氣候影響力的部分，顯示進一步的決定性發展。

科思創商業長蘇智雅 (Sucheta Govil) 表示：「建築物於全球耗能和溫室氣體排放中占有極高比例；因此，以更永續、高效的方式賦予建築物保溫與隔熱效能，為循環經濟做出貢獻，顯得極為重要。我們的目標是終止使用化石原料，並使生產過程更加永續。」利用創新的 CO<sub>2</sub> 技術，科思創已發展出採用二氧化碳基材料的 cardyon®，該產品可廣泛應用於床墊、運動地坪、紡織纖維和汽車內飾零件，目前該產品僅於歐洲市場推出。

### 創新的二氧化碳技術引領全新途徑

科思創現已成功地讓石油衍生物環氧乙烷和二氧化碳進行化學反應，研發出新一代的多元醇，進而製成硬質聚氨酯泡棉，預計將有高達 20% 的石油原料被該技術所取代。科思創催化劑與技術部負責人 Christoph Gürtler 博士表示：「隨著這些材料的發展，我們賦予溫室氣體二氧化碳適用於多種應用的全新可能。」

科思創與其合作夥伴 puren gmbh、BYK-Chemie GmbH 和 PSS Polymer Standard Service GmbH，不僅共同研究更廣泛的相關應用，且同時開發出針對二氧化碳基材料的全新分析方式。另外，也與德國阿亨工業大學和柏林工業大學一起，針對二氧化碳技術及其研發出的新型材料特色，於生態和經濟層面的潛在影響進行深度探討。德國化工與生物技術協會 (DECHEMA e.V.) 全球性二氧化碳應用研究專案經理 Dennis Krämer 表示：「『夢想資源』的研究成果清楚地顯示，使用 CO<sub>2</sub> 多元醇將可生產出多樣貌聚氨酯材料的機會；如此於工業和科學之間的影响作用，在這一塊創新領域中扮演著重大角色。」

### 多功且永續的解決方案

科思創催化劑與技術部負責人 Christoph Gürtler 博士補充：「有鑑於環氧乙烷和二氧化碳的良好結合反應，

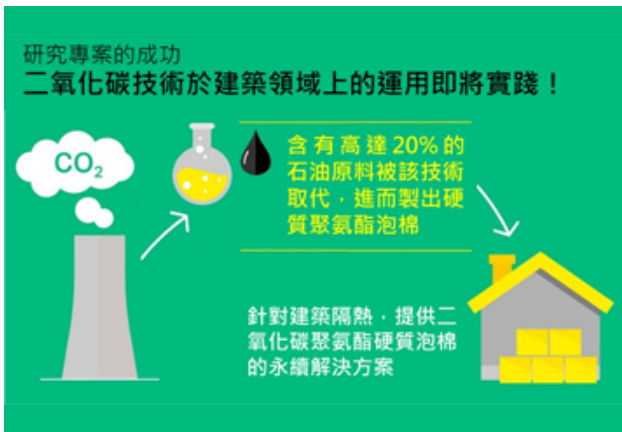


圖 1：二氧化碳技術於建築領域上的運用即將實踐

全新拓展的產品範圍具有極大的發展空間，除了用於建築隔熱板，以二氧化碳為基底材料的硬質聚氨酯泡棉塑料外，還可透過此方式生產表面活性物質。」

總部位於德國康斯坦茨湖的 puren GmbH 是硬質聚氨酯泡棉技術的開拓者之一，並在此研究專案中探討於硬質泡棉塑料領域中，使用二氧化碳基多元醇的狀況。此聯合性專案歷時三年多的共同鑽研，超過 400 公斤的二氧化碳基多元醇被成功運至 puren GmbH 開始進一步加工。

puren GmbH 總經理 Andreas Huther 博士表示：「這些以二氧化碳為基材料的硬質泡棉多元醇，其製成的硬質泡棉隔熱初始樣板已達標準，且其關鍵技術水平程度，已和市場標準相當。在進一步的合作中，我們計劃生產出更多原型樣板並提高性能。目的是在將作為替代性原材料的二氧化碳，在硬質泡棉隔熱板的領域上邁出一大步，並確保快速有效的的開發，以適應市場最終需求。」由於這次的成功專案，二氧化碳目前可作為硬質泡棉產業的替代性材料，將有助於建築隔熱效能上更永續的發展，並進一步減少對化石原油的依賴。



圖 2：以二氧化碳作為基底的永續材料，名為“夢想資源 DreamResource” 將被廣泛應用於建築產業中

## 關於 puren gmbh

自公司於 1968 年成立以來，puren gmbh 成為發展硬質聚氨酯泡棉技術的先驅之一，其總部位於於伯林根 (Überlingen)，在全世界設有數個生產和銷售地點，其中在捷克設有一間子公司，在中國的合資企業則是一直以硬質聚氨酯泡棉塑料為生產導向的領先公司。如今，puren 集團擁有 300 名員工，創造超過 9000 萬歐元的銷售額，同時憑藉其眾多節能產品和獨特的永續發展理念，為環境保護做出巨大貢獻。■



### 關於 GF Machining Solutions

GF Machining Solutions 是全球知名的工具機、自動化解決方案和服務的供應商，為模具製造產業和精密零件製造商提供所需的產品。產品範圍從放電加工機、線切割加工、高速銑床加工中心、3D 雷射表面紋理加工機、3D 金屬列印機以及各項加工所需的夾治具系統、自動化解決方案和耗材等完整售後服務。

喬治費歇爾機械股份有限公司為瑞士商 Georg Fischer Group 旗下 GF Machining Solutions 事業部在台灣之子公司。GF Machining Solutions 在全球 50 多個國家設有銷售公司，此外，在瑞士、美國、瑞典及中國皆設有生產基地與研發中心。喬治費歇爾機械股份有限公司除在台北設有銷售辦公室外，也在台中設有高端應用技術中心，提供客戶即時技術支援和服務，期許以瑞士高階加工技術，提升客戶市場競爭力。

## 高分子材料再升級——特殊功能性表面讓應用更廣泛

■ GF 應用團隊

### 前言

20 世紀以來，由於科學與工業不斷進步，人類發現了合成高分子材料。時至今日，高分子材料已經是生活中不可或缺的一部分，從隨處可見的「泛用塑膠」、加工常用的「工程塑膠」、合成樹脂、合成橡膠和人造纖維等材料充分運用在我們的生活中。這些高分子材料以質地輕、成本低廉、加工容易等優點為人所知，其中絕大多數的塑膠產品皆是以「射出成型」作為其大量生產的模式，可在短時間以極高的效率，大量生產產品。

由於模具加工製造技術的成熟，使得現今模具的差異化難以體現。有鑑於此，GF Machining solutions（喬治費歇爾機械股份有限公司，以下簡稱 GF）以瑞士加工技術和多年來與客戶合作經驗，提出了「特殊功能性表面加工」的解決方案，透過在模具上進行特殊表面加工，使射出成型後的塑膠製品表面呈現出獨特的外觀與功能性，除了滿足產品的功能外，同時也提升了產品的價值。

GF 特殊功能性表面加工是以精密雷射紋理加工技術做為主要的加工方式，利用全數位化編輯，將模型導入到 GF 專屬軟體，透過紋理貼覆與加工圖面編輯，轉出加工程式，使用者還能在軟體上進程式模擬，

確認程式與圖面的完整與正確性後即可上機加工。下面的內容將為各位讀者介紹幾種不同的案例應用。

### 案例應用

#### 不用標籤的彩色防偽

以往傳統塑膠單射射出成型可利用原料本身顏色不同，賦予產品多種色彩的變化，抑或是透過模具設計和特殊射出機型機構做出多色射出成型，產品的色澤也因此更繽紛和多樣化。但無論是哪一種射出方式，都無法在模具或是產品上做出近似於雷射防偽標籤的效果。因此 GF 與客戶合作，透過雷射紋理加工，在金屬模具表面上製作出微結構，而這些微結構的排列組合可以反射特定波長可見光，使表面在不同角度呈現不同色澤，這樣的表面不僅僅是能夠在模具表面呈現，亦可以轉印於塑膠射出成型後的產品，使產品產生如同彩虹光一般的多彩光澤（如圖 2），可用於品牌防偽並增加產品獨特性，表面紋理的立體感也更為突出。

#### 指引光線的微結構

在汽車產業中車燈的外殼以 PC、ABS、PMMA 等塑膠作為燈殼製作的材料，近年來由於 LED 具備高亮度、低耗能的優點逐漸取代傳統鎢絲燈具，這也進一步改變了燈殼的設計與製作。與傳統鎢絲燈源比較，LED



圖 1：GF 加工解決方案——雷射表面紋理加工全系列機種

光源照射面積較大，透過高透明度的塑膠燈殼，其亮度和角度是無法通過法規要求的，且車燈並非單一曲率結構，透鏡結構設計複雜，已經無法使用單一紋理完成一個完整的車殼結構表面。

GF 瑞士原廠與國外汽車大廠共同研究開發出表面導光微結構紋理，透過雷射表面紋理加工，在車殼模具不同位置使用不同紋理，使光線在不同位置反射與折射到不同方向，且與傳統表面紋理咬花加工製程不同的是，雷射加工不需要人工重複貼膜，即可加工不同花紋，使用者可以利用光學設計軟體產生所需要加工的紋理結構，再利用 GF 雷射編輯軟體模擬加工後實際產品，全數位化的製程不但方便設計變更，也能夠加快產品設計生產週期。

### 幫產品穿上防刮傷紋理

越來越多的客戶期待塑膠產品能夠具備防滑或是耐刮的表面，尤其與行動裝置或穿戴式裝置相關的應用。傳統塑膠材料產品表面若是需要達到耐刮的表面，多以化學蝕刻或噴砂的方式進行表面霧化處理，使射出產品表面霧化，達到耐刮的效果。但事實上，對於塑膠產品的耐受性期望與日俱增，遵循既有製程已無法

再更進一步優化表面效果，而透過 GF 專業技術團隊研究後發現，我們可以利用雷射紋理加工，在不改變粗糙度的情況下，增加表面紋理的乘載面積，使表面受到外力時，其表面耐受力更大，紋理結構更加強壯，如同穿上防護層，不易被刮傷，產品的壽命也更長。

### 結論

高分子塑膠材料產品已成為我們生活中不可或缺的一部分，透過 GF 雷射紋理加工可取代傳統咬花與噴砂製程，優化並使得模具表面擁有其獨特性與功能性紋理，提供客戶高效製程與技術應用支援，從設計與加工方面協助客戶提升產品的附加價值，使塑膠材料應用再升級。■

若是有任何需求，竭誠歡迎您與我們聯繫。更多詳細資訊請洽 GF 喬治費歇爾機械股份有限公司 [www.gfms.com.tw](http://www.gfms.com.tw)

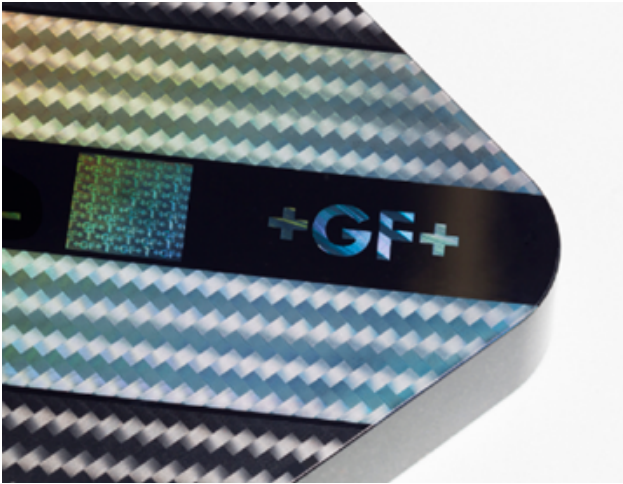
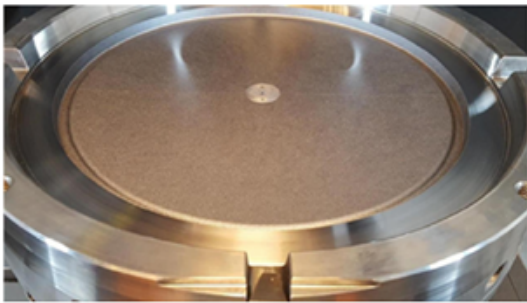


圖 2：透過 GF 雷射紋理加工使黑色塑膠產品外殼在不同角度呈現特殊光澤



圖 3：車燈外殼成品——後車燈樣品，在剎車燈、方向燈與倒車燈等不同位置具有不同雷射紋理設計



### 雷射加工



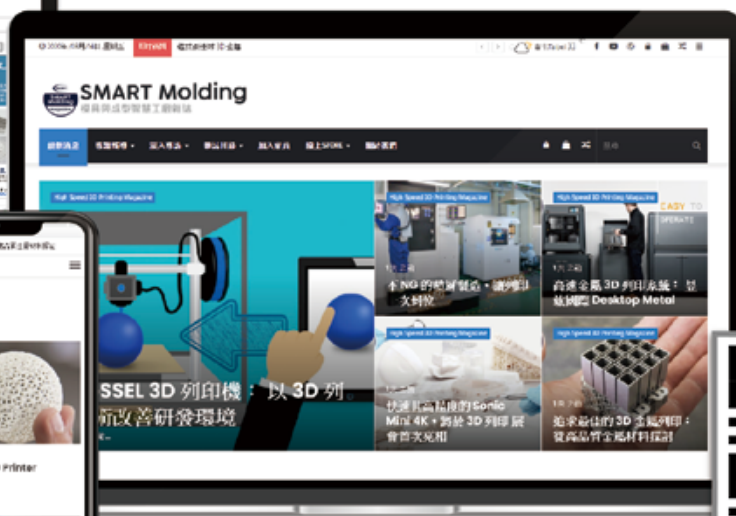
具備耐刮性、光澤度，無脫模問題

圖 4：耐刮紋理結構能讓產品表面不易刮傷



# 限時免費

— 超過500篇以上技術內容 全冊免費線上閱讀 —



www.smartmolding.com



更多內容請上

## 內容特色

- 擴展橫向產業範圍增加【3D列印】、【粉末冶金】、【壓鑄模具】、【自動化】、【數位化轉型】、【智慧工廠】等領域。
- 每月內容涵蓋模具成型相關最新材料、技術、設備及應用案例，2017年創刊至今已出版54期。
- 原創內容-針對台灣、華東、華南及東南亞地區的企業進行採訪報導，了解這些企業的成功經驗及競爭力。
- 邀請成型技術各領域行業專家擔任主編增加不同製程觀點。



### 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 54 招、模流分析射出成型產品外觀、品質問題與應力影響【殘留應力篇】

■ Moldex3D/ 林秀春 協理

### 【內容說明】

塑膠製品生產過程最終較嚴重問題就是應力痕、翹曲變形與龜裂，此篇探討主因如下：

#### 應力的釋放容易造成產品發生翹曲變形現象

射出件在射出加工時產生過大的殘留應力，成品離模後越容易發生應力釋放的現象，使得產品除了外觀應力痕跡外，也會伴隨著較大的翹曲收縮現象。應力釋放造成產品變形，對於成品有後加工或組裝上要求時，就會發生問題。另外，如果射出件有升溫退火的後加工處理需求或是需要在使用上接觸到升溫手續等。殘留應力釋放所造成的收縮變形都需要仔細考慮與控制。

#### 殘留應力會造成射出件容易發生破裂問題

殘留應力會降低材料可抵抗的外部應力值，所以有外力作用時殘留應力過高的成品也容易發生破裂。另外，當有溶劑作用時，也會加速破裂情況發生，或是在應力釋放時產品被限制無法去進行尺寸收縮或調整時也會發生破裂情況。

以下為圖片與案例應用的結果與各位讀者說明分享。

### 殘留應力 (Residual Stress)

塑膠材料成品經製造或成型過程後，在無外力作用下或無溫度梯度存在時，物體內部仍維持應力之狀況。

#### 流動應力的形成

當熔膠經高壓快速充填時，高剪切作用造成分子鏈高度定向，此是造成殘留應力之主因。

#### 熱應力的形成

當成品溫度快速冷卻到塑膠的 T<sub>g</sub> 以下時，冷卻收縮造成之分子鏈間應力無法完全釋放。

#### 殘留應力形成因素

- 內部結構分子鏈定向作用；
- 成品內部具溫度梯度冷卻速率差異；
- 射出擠壓分子鏈的相互作用；
- 非均方向性之結晶作用。

### 圖片說明

圖 1 與圖 2 所展示的分別為塑膠射出成型分子鏈定向現象，以及冷卻不均對高分子間應力的影響。

#### 在定向固化層 Zone A

- 塑件最表層的高分子鏈定向區域，分子鏈被擠壓。
- 因流動波前噴泉效應與剪切行為所造成。



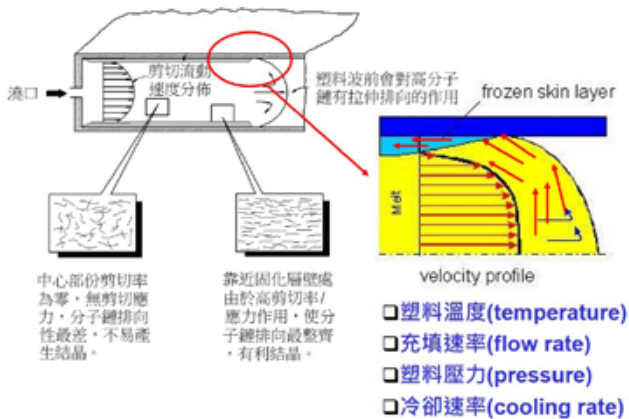


圖 1：塑膠射出成型分子鏈定向現象

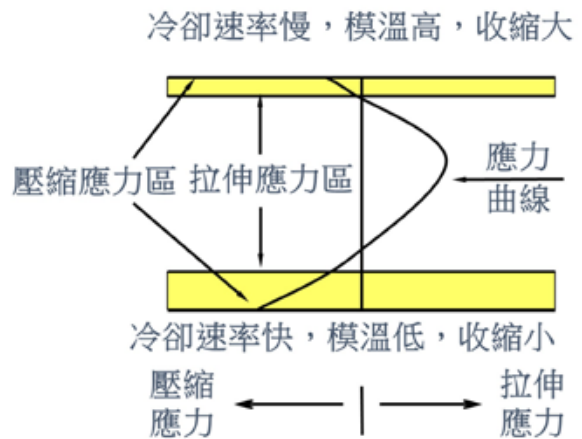


圖 2：冷卻不均對高分子間應力的影響

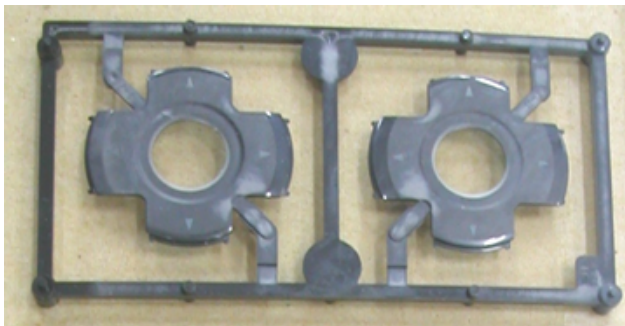


圖 3：塑膠產品表面應力痕

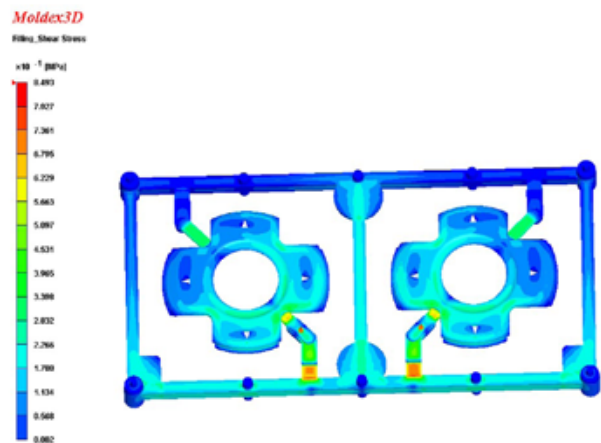


圖 4：模流分析預測塑膠產品表面應力痕

- 塑料還在充填時，此高分子定向層已經固化。

### 定向高剪切層 Zone B

- 較內層之分子鏈剪切定向區域。
- 因塑料於固化層 Zone A 形成後之狹窄通道流動所造成。
- 塑料於停止充填後，此高分子定向層才開始固化。
- 此高分子定向層之排向程度與充填速度及冷卻速率有關。

### 非定向核心層 Zone C

- 塑件厚度方向中心區域，屬於較無高分子鏈定向行為的區域。
- 此高分子非定向層之高分子鏈彼此之間較無剪切作用現象。

### 備註

文中部分案例資料（圖 7~12）應用分享來自於 Moldex3D 用戶光寶科技公司丁聖倫先生投稿於全球達人賽得獎文章。■



圖 5：塑膠產品表面應力痕

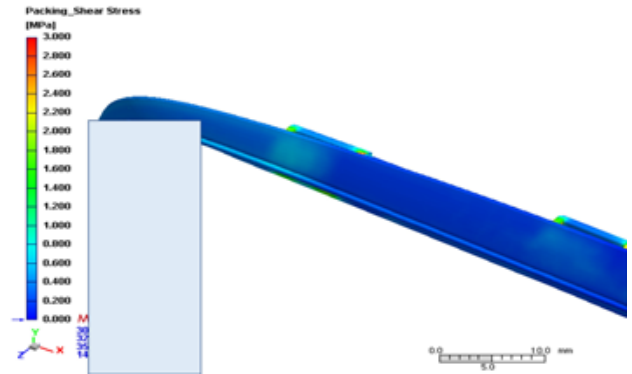


圖 6：模流分析預測塑膠產品表面應力痕

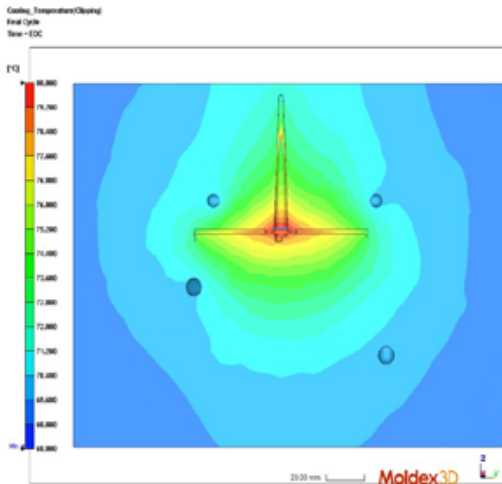


圖 7：原始設計模仁剖面冷卻溫度分佈

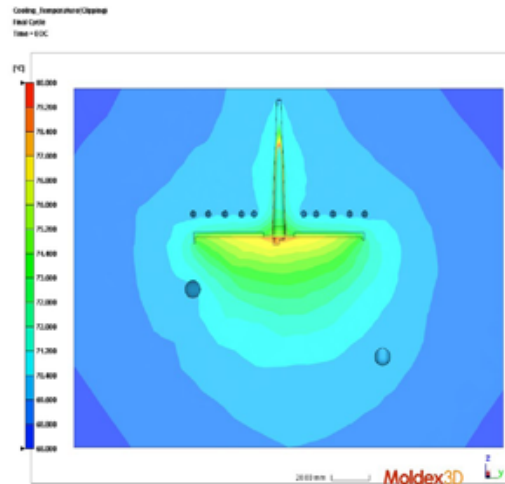


圖 8：設計變更模仁剖面冷卻溫度分佈

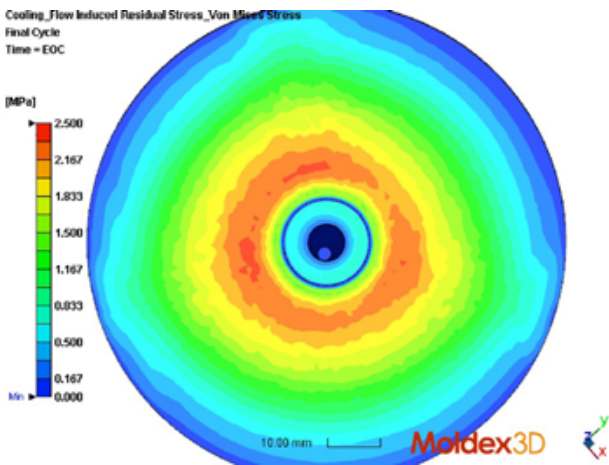


圖 9：原始設計產品殘留應力分佈

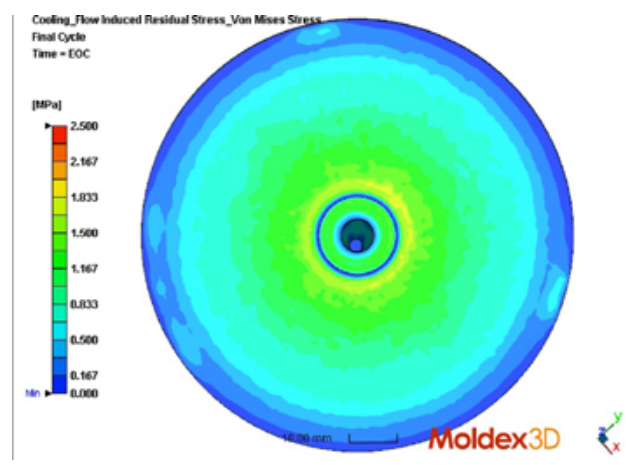


圖 10：設計變更產品殘留應力分佈

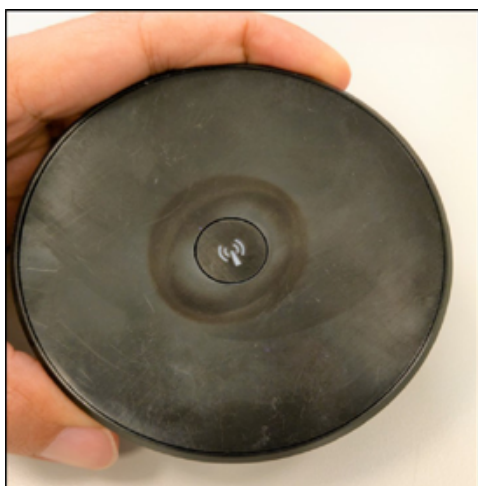


圖 11：原始設計塑膠產品表面應力痕



圖 12：設計變更塑膠產品表面應力痕



圖 13：塑膠產品表面應力痕



圖 14：塑膠產品表面應力痕

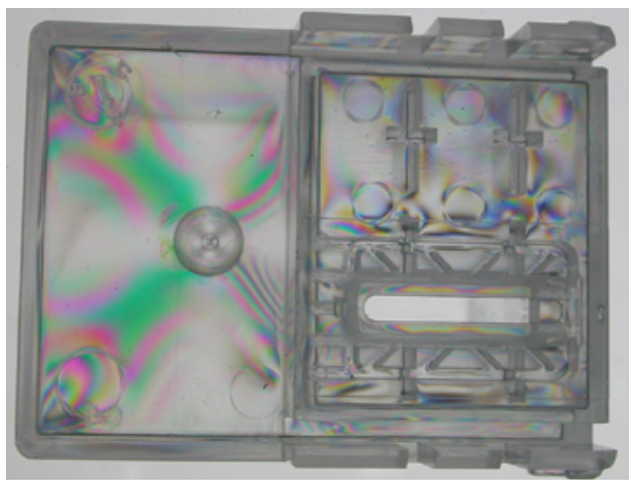


圖 15：透光塑膠產品表面應力痕

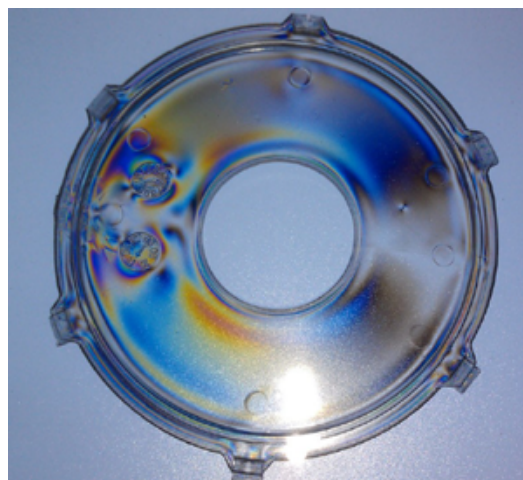


圖 16：透光塑膠產品表面應力痕



## 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

# 在愛情裡不被愛的才是第三者——談判 BATNA 的價值投資判斷

■宇一企管 / 林宜璟 總經理

## 前言

這一篇一樣談 PARTS 中的 A，也就是 added value，談判籌碼。上次談的是談判時如果你要「玩」的話，有什麼談判籌碼。而這次要討論的是如果你「不玩」的話，又有什麼談判籌碼？

## 在愛情裡不被愛的才是第三者

「犀利人妻」劇中有一句廣為流傳的台詞：在愛情裡，不被愛的才是第三者。在談判的世界裡我們可以照樣造句：談判裡非談不可的才是弱者。或者換個講法，能不談，敢不談的才是強者。

所以如果談判時能夠判斷我們「不玩」的結果，換句話說也就是放棄現在進行中的談判會發生什麼事，那就可以精準的評估談判籌碼，發展有效的談判策略。

## BATNA (最佳備案)

要清楚說明「不玩」這事，我們要借用談判學中非常重要的一個觀念，BATNA。它是 Best Alternative To a Negotiated Agreement 這些英文字開頭字母的縮寫。BATNA 一般翻成「談判協議的最佳替代方案」，或簡稱「最佳備案」。白話文就是：談不成的話，你最好的替代方案是什麼？

這是談判學中普遍、非常有用的概念，網路可以找到一堆相關材料。但是你看到這些英文字跟縮寫也許就頭昏了。不急，聽我說個例子你就清楚了。

一家公司的某位業務年薪 100 萬，但是他可以為公司一年創造出 1,000 萬的淨利潤。他想他替公司賺了那麼多，卻只拿這一點，太委屈了，想跟公司談調薪。請問你覺得他談成的機會大嗎？

答案當然是「不一定」。談判的世界裡，能不要的才是強者。重點在於當你提出這個要求的時候，公司能不能，敢不敢不要你？白話文就是你的可取代性。

如果這公司品牌強，品質優，產品本來就好賣。換作任何一個有基本能力的人也可以賣得好。這時候你提出要加薪的要求，公司可能跟你說要不是念在你跟公司這麼些年了，否則外頭有一大堆年薪 70 萬就願意做這個工作的人在排隊，而且業績絕不會比你差。你如果覺得委屈，就真的不要勉強，那請便吧！

但若公司產品很弱，是因為你本事大才賣得出去，換個人業績可能剩不到一半，那你就真的有機會拿到要的調薪了。甚至獅子的口也許可以再開更大一點。



(圖片來源：Freepik.com)

對公司來說，不跟你談了，外面有沒有其他人可以接替你的工作，也就是公司的最佳備案是什麼，這就決定了公司對你加薪的態度。

但是這個事反過來，你也可以問自己的最佳備案是什麼？如果你能力強大，外面有很多公司搶著要你，那談法當然就不一樣。這時候「破局」，也就走人不談了，是重要的談判技巧。破局有很多好處。包含：

- 探出對方的底線；
- 逼出對方的決策者；
- 殺對方的銳氣；
- 促使第三者介入調解。

但是談判時之所以不敢破局，因為害怕破局之後就得不到原本經由談判得到的東西。但是如果有具體的BATNA 在手，這個談判還值不值得進行下去？破局了之後會有什麼結果？就有明確的判斷依據。畢竟談判最終目的，是為了經由溝通讓彼此生活變得更美好。如果不能夠更美好，幹嘛要談？

說到這裡，讓我們切換思考的角度。華倫巴菲特最為世人稱道的就是他的價值投資法。究竟什麼是價值投資法呢？最簡單的說法就是你要看出一個公司股票

內在真實價值 (intrinsic value)，然後比較這個股票現在市場上的價格。如果價格遠低於價值，就是一個好的投資標的，反之則不是。但最關鍵的是，巴菲特老先生他對於判斷公司的內在真實價值有獨到的眼光，所以每每能在茫茫股海中，以他心中的內在真實價值為根據，老神在在的選出最有成長潛力的好股票。

把這個觀念延伸，談判的最佳備案就是你原本已有的價值，而透過談判你希望得到高於這個在手的價值。如果談判能得到的東西比不上你已經擁有的價值，那當然就不值得談了。而如果你對自己原本已有的價值不了解、不清楚，談判進退就沒有依據。就像巴菲特如果不知道某支股票內在真實價值時，他也跟我們這些小散戶一樣茫然無頭緒。

## 評估自己的 BATNA

那麼究竟要如何評估自己的 BATNA 呢？有幾個方向可以讓我們更精準的評估自己的 BATNA。

## 弄清楚自己到底要什麼？

這一系列的文章裡，這個問題一直被提出來。之所以如此，是因為這問題值得，也必須多問幾次。

你的備案跟你的價值觀有關。若放不下公司給你的高



(圖片來源：Freepik.com)

薪、頭銜，那你跟公司談判時的備案就少。因為除非你拿到其它公司更多的薪水、更高的頭銜，否則你別無選擇只能繼續待。相反的，如果你覺得這一切都是浮雲，心靈自由更重要。那你離開這場談判的最佳備案就可以是歸隱山林簡單過日子，選項也就多了。

再舉個例子。有一位業務主管，我認識他的時候他最自豪的就是他已經連續 9 年完成公司的業績目標。他認為完成他生涯中的 10 連勝對他意義重大。那麼可預期的在他第 10 年時和客戶談判的態度一定會份外的積極，甚至不惜犧牲其它業績以外的目標，比方說利潤，或是團隊成員的觀感。而其實 9 年或 10 年，也許除了他自己，別人並沒有那麼在意。這是他自己的價值觀。

再三的問清楚自己要什麼，是評估自己 BATNA 最重要的開始。

### 檢視利害關係人的觀點

談判永遠都牽涉人的利益分配。受談判影響的這些人就是談判的利害關係人。他們對於談判結果的態度，緊密關連你的備案。跟客戶談價格，談不成的時候你老闆會怎麼看，深刻影響你的最佳備案。

再比方一個企業的副總跟董事長談，想爭取總經理的位子。若談不成他就要創業自己幹。這時這位副總的家人支不支持創業是重要的考量。不支持的話，創業這個備案的阻力大，成本高，價值就低，反之亦然。

關於這點，我建議的具體步驟是：

1. 談判前列出所有在乎談判結果的關係人；
2. 誠實的問自己你對他們的反應又有多在乎；
3. 評估他們的反應；
4. 做出最符合你真正想要的結果的決定。

### 盤點現有資源

資源分兩類，第一類是你有的；而第二類是希望你成功的人有的。第一類明顯，第二類常被忽略。這也是為什麼這段內容要接在上一段「檢視利害關係人的觀點」後的原因。

跟公司談升官，一言不合就要創業。這時你銀行帳戶有多少錢是你的資源，也決定你的備案。但是你創業能找不找到金主？這些金主是說說而已還是真心相挺？這就需要深入的評估了。

說了這麼多，我真正要強調的只有兩個字：「事先」。



(圖片來源：Freepik.com)

不管你要什麼？利害關係人的觀點是什麼？或是你有什麼資源？所有這些因素都必須在談判前先仔細想過，而不是上了談判桌才手忙腳亂的亂猜。而這也正是我對談判一貫的核心觀點：「真正會害死你的不是你不知道的；而是你不知道你不知道的」。

## 強化自己的 BATNA

最後談如何強化自己的 BATNA。這分兩方面來說，第一個是真的變強，第二個是讓對方覺得你很強。

### 真的讓 BATNA 變強：騎驢找馬

真的變強通常要透過交換，而且是一連串的交換。透過交換強化自己既有的 BATNA，並達到驚人成績的最戲劇性例子，也許是加拿大部落客凱爾·麥唐納 (Kyle MacDonald) 的故事。他在 2005 年至 2006 年期間，用一根紅色迴紋針在經過 14 次交換後換到一棟房子。

這事很多人聽過，網路上資料也不少，細節我就略過。重點在於這神奇的一切是怎麼發生的？我認為關鍵有兩個：「價值認知的差異」以及「只會增值的選擇」。

### 1. 價值認知的差異

2005 年 7 月 14 日，凱爾·麥唐納開始他的第一步。他用紅色迴紋針交換到一隻魚造型的筆。

對於用魚造型的筆和麥唐納交換迴紋針的人而言，可能他剛好需要一個迴紋針，可能這支筆他本來就不要，也可能純粹是好玩。但無論如何，這個交易他覺得合算且有好處（好玩也很重要，不是嗎？）。也就是在他的認知中，他從這個紅色迴紋針中得到大於那支筆的價值。而同樣的，對麥唐納而言，筆的價值大於紅色迴紋針。

然後就展開了一連串各式各樣的奇幻交易。但所有交易的邏輯都相同：雙方對價值的認知有差異，而且都同意交換之後彼此會更好。

### 2. 只會增值的選擇

為什麼一連串的交易最後能換到房子？因為麥唐納如果遇到他認為減損價值的交易都可以說「No」。也就是他一開始並不知道何時會換到房子，甚至可能也沒有以換到房子為目標。但他知道每一筆交易都要增值，否則就拒絕。只要這個過程持續下去，加上時間的魔法，他手上的籌碼會愈來愈大。

換句話說，不比他既有價值高的提議，他一概「不談」。因此在那每一個交易的當下，他都是真正的



(圖片來源：Freepik.com)

強者。回到商務談判的情境，我們可以如何和公司談加薪呢？我們來看個例子。

## (1) 情境背景

你正在考慮換工作。但如果能和現在的公司談到調薪 20%，你就留在原公司。由於你專長的領域現在很熱門，所以另外有 A、B、C 三家公司都想請你去上班，但是目前沒有一家公司提供的待遇，加薪超過 20%。

## (2) 策略推演：也許可以參考以下的劇本

### 跟 A 公司談

**結果：**得到 10% 的加薪。

**分析：**A 公司希望你去，所以 10% 的調薪很有機會。

### 跟 B 公司談

**結果：**也只得到 10% 的加薪，但要求 B 提供免費停車位。

**分析：**B 公司希望你去，所以 10% 的調薪很有機會。B 公司剛好又有多餘的車位，所以很願意給你車位。車位對你很有價值，但對 B 公司來說還好。

### 跟 C 公司談

**結果：**加薪 10%，有車位，年假多 10 天。

**分析：**C 公司希望你去，所以條件不可能比 B 公司差。而 C 公司原本管理就比較彈性，只要你能完成任務，多給休假不是問題。休假對你來說很有價值，但對 C 公司來說是小菜一碟。

### 再回來跟原公司談

**結果：**加薪 15%，有車位，擴大工作內容。

**分析：**原公司希望你不要走，但加薪 20% 實在有困難，15% 勉強可以接受。車位不是沒有，只是本來打算給別人，既然你在乎這個，就給你吧！至於擴大工作內容，主管本來就樂意，只是卡在政治考量，怕有人說話。現在不如你願怕你會走人，正好順水推舟。你因此有機會提升能力、建立戰功。日後如果再要轉職，談判的 BATNA 又提高了。

雖然沒有如一開始所願在原公司得到 20% 調薪，但得到不一樣，甚至也許價值更高的收穫。

你發現了嗎？這個過程的邏輯其實和迴紋針的交換相通。一樣是運用價值認知的差異，一樣是只接受會增





(圖片來源：Freepik.com)

值的選項。我們常說的「騎驢找馬」也是這個道理。但也別高興得太早。這一切美好的根本原因，都在於：

- 你原本的公司想留你；
- 外面有三家公司爭著要你。

如果以上條件不成立的話，沒門！是不是擁有別人想要的，終究是決定談判結果的關鍵因素。

### 讓對方覺得你的 BATNA 很強：空城計

諸葛亮的空城計可以很貼切的說明如何讓對方覺得你很強，即使事實上並沒有。雖然這是羅貫中編出來的故事，但是很好的例子。空城計的情節大家都爛熟了，我直接說重點。

好吧！我先承認，空城計的場景並不是典型的談判，但是可以比照思考。

司馬懿兵臨城下，看到諸葛亮在城牆上頭彈琴搖扇子。諸葛亮傳達的意思就是今天你大哥想怎麼樣我不管，反正我不跟你玩。也就是不談。

那在司馬懿的眼中看來，諸葛亮為什麼敢這樣對待他呢？就代表他應該有一個不比現在差的備案。那你現

在都敢彈琴搖扇子了，我打過去的話你的備案又不比現在差，那到底會是什麼呢？未免也太恐怖了。所以想一想，還是先退再說吧！

所以這裡面的關鍵不在於孔明有沒有最佳備案，他真的沒有。而是在於司馬懿相信孔明有。

這就是談判另一個重要的概念：「有時候你不能夠改變實際的狀況或資源，但是只要你改變對方的認知，你一樣可以改變談判的結局。」

關於如何改變對方的認知，就是 PARTS 中的 T，Tactic。關於 T，我們後面的篇幅會有更多討論，這裡就先打住。

### 結語

在愛情裡，不被愛的才是第三者；在談判裡，非談不可的才是弱者。能不談，敢不談的才是強者。

成功的投資者了解投資標的內在真實價值；成功的談判者，知道自己有什麼最佳備案。增強自己最佳備案的價值，或讓對方相信你的備案很有價值。■



## 邱耀弘 (Dr.Q)

- 廣東省東莞理工學院機械工程學院 / 長安先進製造學院副教授
- ACMT 材料科學技術委員會主任委員 / 粉末注射成型委員會副主任委員
- 兼任中國粉末注射成型聯盟 (PIMA-CN) 輪值主席
- 大中華區輔導超過 10 家 MIM 工廠經驗，多次受日本 JPMA 邀請演講

### 專長：

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

## 書摘：有關積層製造技術的外文書更新

■耀德講堂 / 邱耀弘 博士

### 前言

接著上個月為 ACMT 的讀者們介紹了兩本書之後，本期要為大家再來介紹更重要的一本書，沒錯，大家可能猜到以 Dr. Q 的能力大多都是介紹和粉末有關的書，那這次就更新下有關積層製造技術 (Additive Manufacturing Technologies，以下簡稱 AMT) 的聖經，由美國 Springer 出版社，三位作者分別為：

#### Dr. Ian Gibson 教授

來自新加坡國立大學機械與生產工程系 (Department of Mechanical & Production Engineering National University of Singapore, 9 Engineering Drive 1, Singapore 117576)，聯繫方式為 mpegi@nus.edu.sg。

#### Dr. David W. Rosen 教授

來自美國喬治亞州立工學院的伍德拉夫分校機械工程學院 (George W. Woodruff School of Mechanical Engineering, Georgia Institute of Technology), 813 Ferst Drive, N.W. Atlanta, GA 30332-0405 USA)，聯繫方式為 david.rosen@me.gatech.edu。

#### Dr. Brent Stucker 教授

來自美國猶他州立大學機械與航空航太工程系 (Department of Mechanical & Aerospace

Engineering, Utah State University 4130, Old Main Hall, Logan, UT 84322, USA)，聯繫方式為 brent.stucker@usu.edu。

### 本書內容

本書將詳細的介紹以數位化的驅動方法，使積層製造到一起形成的零件都能透過高速運算的數字所控制和進行。本文從基礎知識開始，對積層製造進行了概念性的概述，以便讀者能夠快速瞭解；並討論了快速原型技術、微型製造、醫學應用、航空航太製造、快速模具和直接數位化製造等成熟和新興的應用。同時，本書全面概述了積層製造技術以及相關的支持技術，如軟體系統、真空鑄造、熔模鑄造、電鍍、滲透和其他系統，並反映了最新的發展和趨勢。還強調了遵循 ASTM、SI 和其他標準的重要性；包括跨整個 AM 價值鏈的主題章節，如流程選擇、軟體、後處理、AM 的工業驅動因素等；最後提供廣泛的技術問題，以確保全面理解所涵蓋的概念。

在日新月異的積層製造技術上，三位作者非常用心的進行版本的更新 (如圖 1 所示)，分別為一版、二版和三版的封面。由於最新的第三版獲取的摘要，本書是反映積層製造技術的最新發展和趨勢，有關這三版



圖 1：增材製造技術的三個版本封面比較

的目錄，Dr.Q 將列出將給讀者加以比較，請注意到第二版發行在 ASTM F42 於 2009 發布國際標準之後，因此許多專業名詞重新的更正，有大幅的調整。

第一版為 18 個章節，目前已經給許多國家的大學校免費以學生身分的下載閱讀並作為碩、博士論文的參考；第二版增加到了共 20 個章節，目前也能以學生身分免費閱讀；第三版則增加到共 22 個章節，尚未發行免費閱讀版本。請注意表 1 內的描述，由於第三版 Dr. Q 尚未到手無法詳讀，不過相信三位作者給予的新資料一定是非常精彩的。

關於本書的積層製造技術有三個版本，列出如下的目錄比較（原文不做翻譯）：

### 第一版發行於 2009

#### 書名：Additive Manufacturing Technologies – Rapid Prototype to Direct Digital Manufacturing

1. Introduction and Basic Principles
2. Development of Additive Manufacturing Technology
3. Generalized Additive Manufacturing Process Chain
4. Photopolymerization Processes

5. Powder Bed Fusion Processes
6. Extrusion-Based Systems
7. Printing Processes
8. Sheet Lamination Processes
9. Beam Deposition Processes
10. Direct Write Technologies
11. Design for Additive Manufacturing
12. Guidelines for Process Selection
13. Software Issues for Additive Manufacturing
14. Direct Digital Manufacturing
15. Medical Applications for Additive Manufacture
16. Post-Processing
17. The Use of Multiple Materials in Additive Manufacturing
18. Business Opportunities and Future Direction

### 第二版發行於 2015

#### 書名：Additive Manufacturing Technologies – 3D Printing, Rapid Prototype, and Direct Digital Manufacturing

1. Introduction and Basic Principles
2. Development of Additive Manufacturing Technology

編號	中文名稱/(English Name, Abbreviation)	塑膠	光固化樹脂	金屬	陶瓷	複合材料
1.	材料擠出法 (Material Extrusion, MEX)	●		○	○	○
2.	槽內光聚合 (Vat Photo Polymerisation, VPP)		●	○	○	○
3.	粉體床熔合法 (Powder Bed Fusion, PBF)	●		○	○	○
4.	材料噴射法 (Material Jetting Technology, MJT)	●		●		
5.	粘結劑噴射法 (Binder Jetting Technology, BJT)	●		○	○	○
6.	層迭貼合法 (Sheet Lamination Technology, SLT)	●		○	○	○
7.	定向能量沉積法 (Direct Energy Deposition, DED)	●		●		

● 列印的基層材料可以一次性固化成型 ○ 列印的材料必須利用後制程才可固化成型

圖 2：根據 ASTM F42 所規範的積層製造七大分類的方式

- |   |   |
|---|---|
| 3. Generalized Additive Manufacturing Process Chain | 2. Development of Additive Manufacturing Technology |
| 4. Vat Photopolymerization Processes                | 3. Generalized Additive Manufacturing Process Chain |
| 5. Powder Bed Fusion Processes                      | 4. Vat Photopolymerization                          |
| 6. Extrusion-Based Systems                          | 5. Powder Bed Fusion                                |
| 7. Material Jetting                                 | 6. Material Extrusion                               |
| 8. Binder Jetting                                   | 7. Material Jetting                                 |
| 9. Sheet Lamination Processes                       | 8. Binder Jetting                                   |
| 10. Directed Energy Deposition Processes            | 9. Sheet Lamination                                 |
| 11. Direct Write Technologies                       | 10. Directed Energy Deposition                      |
| 12. The Impact of Low-Cost AM Systems               | 11. Direct Write Technologies                       |
| 13. Guidelines for Process Selection                | 12. Hybrid Additive Manufacturing                   |
| 14. Post-Processing                                 | 13. The Impact of Low-Cost AM Systems               |
| 15. Software Issues for Additive Manufacturing      | 14. Materials for Additive Manufacturing            |
| 16. Direct Digital Manufacturing                    | 15. Guidelines for Process Selection                |
| 17. Design for Additive Manufacturing               | 16. Post-Processing                                 |
| 18. Rapid Tooling                                   | 17. Software for Additive Manufacturing             |
| 19. Applications for Additive Manufacture           | 18. Direct Digital Manufacturing                    |
| 20. Business Opportunities and Future Directions    | 19. Design for Additive Manufacturing               |
|   | 20. Rapid Tooling                                   |
|   | 21. Industrial Drivers for AM Adoption              |
|   | 22. Business and Societal Implications of AM        |

第三版發行於 2021

書名：Additive Manufacturing Technologies

1. Introduction and Basic Principles

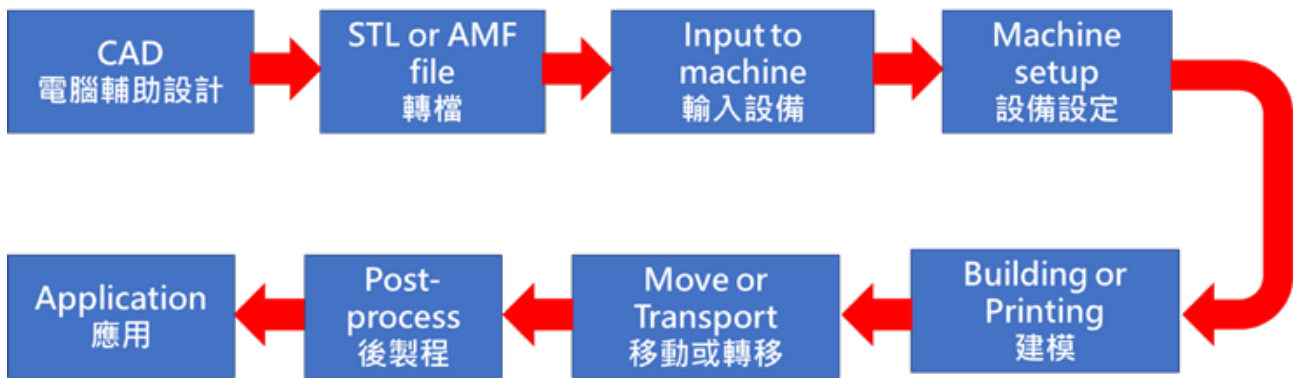


圖 3：積層製造的七個基本的步驟

## ASTM F42 —— 積層製造法七大分類

三位作者非常強調所有讀者一定要遵循由 ASTM F42 發布的積層製造法七大分類，主要在於符合國際標準才能在全球通用且對未來更新的積層製造工業有所幫助，七大分類包含如下（中文翻譯可能與臺灣和大陸有差異，則需參考相關標準的名詞定義）：

- 槽內光聚合 (Vat Photopolymerization, VPP)：許多人還習慣用 STL 來稱呼
- 粉體床融合 (Powder Bed Fusion, PBF)
- 材料擠出 (Material Extrusion, MEX)：最多人用 FDM 來稱之
- 材料噴射 (Material Jetting Technology, MJT)
- 黏結劑噴射 (Binder Jetting Technology, BJT)
- 層疊貼合 (Sheet Lamination Technology, SLT)
- 直接能量沉積 (Directed Energy Deposition, DED)

## 結束語

積層製造已經快速的席捲工業界對製造產品的想法和做法，但是 Dr. Q 必須提醒對積層製造有興趣的讀者一定要把基本功——傳統加工技術理解並熟悉，目前許多讀者對於積層製造的觀念尚都停留在 3D 列印「公仔」的概念，對於真正能夠拓展到工業應用的積層製造卻仍一無所知，相當可惜。我們有幸接觸世界的重

大改變，就應該以正面和認真的態度去學習，數量化的積層製造即將來襲，積層製造真的能夠和模具製造一較高下嗎？還是要和平的共處，各自發揮所長？我們期待並拭目以待。■

## 免噴塗材料在射出產業之應用

型創科技 / 劉岩 技術副理

### 前言

21 世紀初，電視機等產品開始使用高光無痕免噴塗技術。該技術可有效提升產品外觀品質，消除塑件表面熔接痕及流痕等外觀缺陷，達到一種「鏡面」效果。為了迎合電子產品的「彩色化」發展，在無痕免噴塗技術的基礎上研發出了免噴塗材料。所謂免噴塗材料，其實是一種可滿足直接射出成型，無需噴塗等工藝就能使產品達到「五顏六色」多彩外觀效果的材料。這種材料解決了傳統射出後續噴塗工藝可能帶來的成本及環保問題，同時也滿足了產品日益提高的外觀創意。

免噴塗材料通常可使製品達到以下幾種效果：金屬拉絲效果、金屬噴漆效果、星空閃爍效果、玉石效果以及漸變透明效果。為達到不同的效果，常選用不同顏料進行著色。

### 金屬漆效果

為達到金屬漆效果，通常採用鋁顏料對樹脂基體進行著色，鋁顏料形態為片狀結構，可有效提升對光線的反射能力，使樹脂呈現金屬質感。通過調整鋁顏料的比例、鋁片的徑厚比等，可進一步改變材料的「外觀效果」。

在汽車外飾等產品上，通常選用 PP+Talc 作為樹脂基體，銀元型（片狀）鋁作為顏料。鋁顏料的平均直徑，一般用 D50 表示；粒徑越粗，閃爍感越強，同時對基

體的遮蓋力下降。鋁顏料的徑厚比增大，產品平面及厚度方向的反射差異性提高，易造成流痕及色差等外觀缺陷。

### 閃爍效果

通過珠光粉著色，可使產品呈現珠光閃爍的效果。珠光粉與鋁粉的主要差異在於珠光粉可提供類似珠光光澤以及「星空閃爍」的效果，而鋁粉主要實現產品金屬質感。同時珠光顏料可在一定程度上提高產品的耐候性能。

通常選用 PP+Talc 或 ASA、PC+ 合金作為樹脂基體，選用雲母 +TiO<sub>2</sub>（包覆使用，提高材料對光線的反射能力）作為珠光顏料。選用不同的包覆材料，可實現不同的珠光效果。TiO<sub>2</sub> 包覆，主要呈銀白色；鐵系氧化物包覆，主要呈金屬色澤；通過調整包覆層厚度以及添加相應有機顏料，可分別達到干涉光及彩色珠光的效果。

### 結語

通過配方的優化以及配色技術的實現，產品可進一步達到其他的色彩效果。且根據不同材質的選擇，也可提供產品不同的機械物性等。

在考量選用免噴塗材料時，同時也要注意相應模具及工藝的要求。對於高光澤高亮的產品，通常還需搭配急冷急熱技術，選用高光蒸汽模具等。如果材料的礦

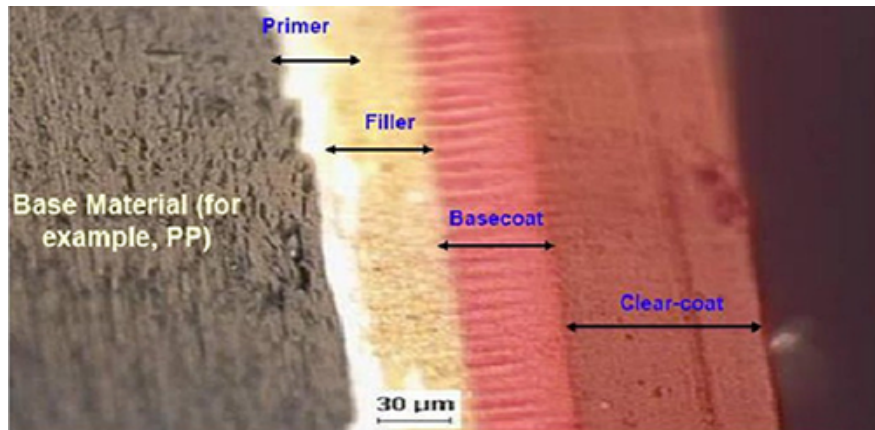


圖 1：傳統噴塗工藝的塗層示意圖

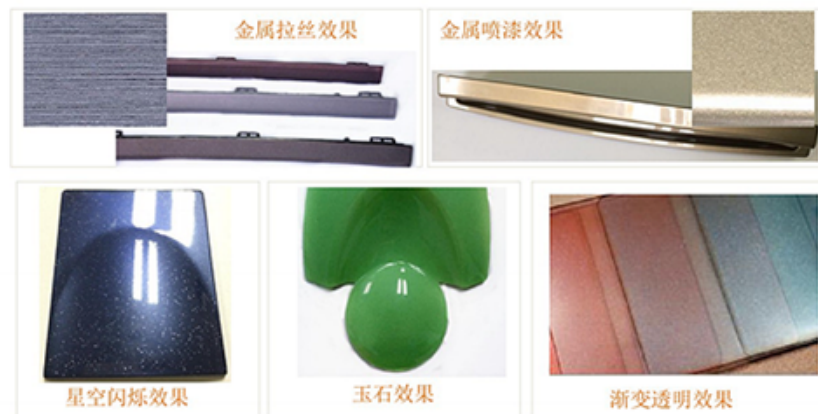


圖 2：免噴塗材料的應用效果

物質或金屬粉末比例較高，還需考慮模具的耐磨性。另外，一般選用免噴塗材料時，產品結構設計會盡可能減少孔洞、筋位等複雜結構，降低流痕及熔接線等缺陷的產生。

隨著環保需求越來越高，以及成本的管控等因素，越來越多的終端品牌均開始使用免噴塗材料，且近幾年在家電及汽車行業應用越加廣泛，市場潛力巨大。同時在免噴塗材料的研發上，國內外材料商也投入大量研發力量。但目前受流痕、熔接痕及其他外觀問題的侷限，該項技術在射出行業的發展也不及預期，所以未來還需進一步解決在模具、設計等方面的痛點，以擴大免噴塗材料在市場的占比。■

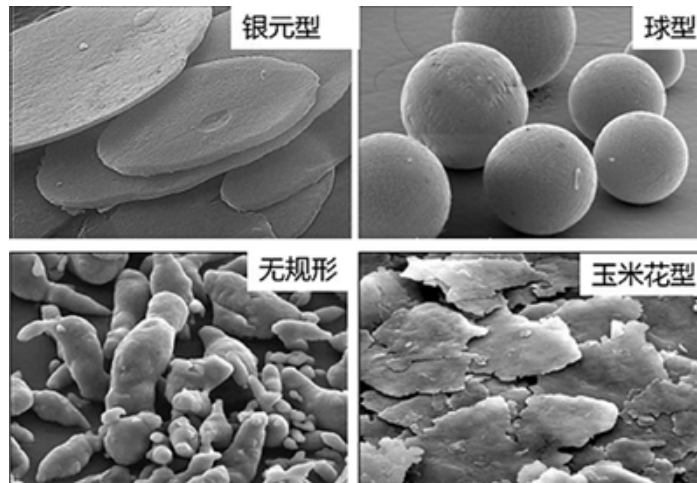


圖 3：鋁顏料常用的四種形態



圖 4：汽車外飾件的應用

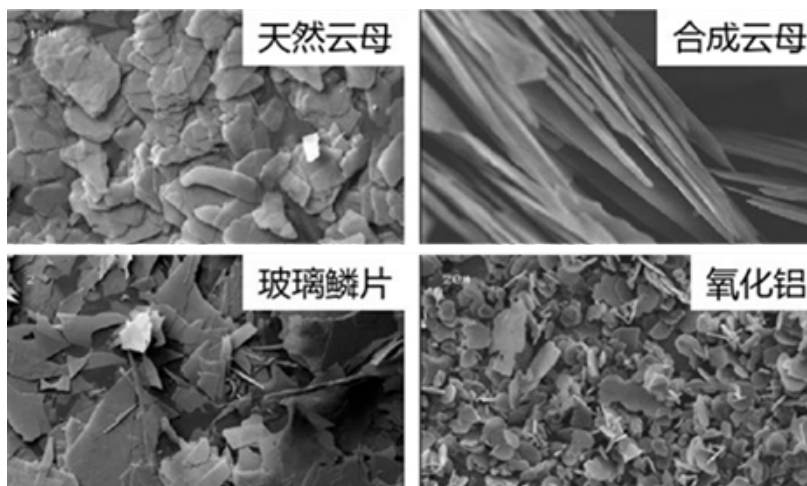


圖 5：常用的包覆材料形態



設計

開發

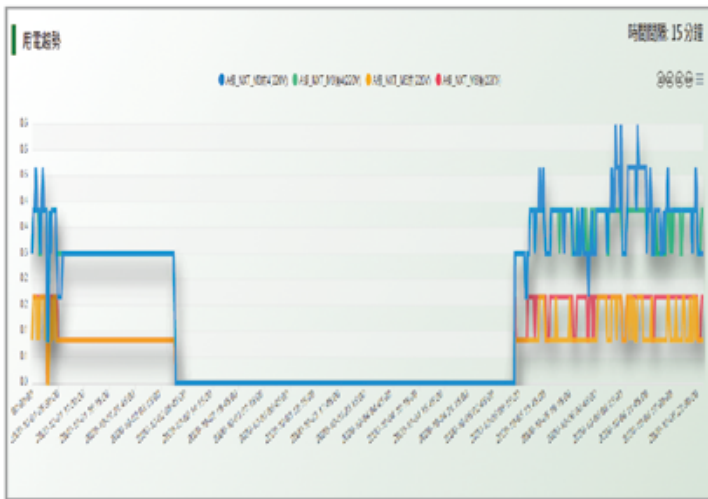
生產

保養維修

## 電力可視化, 能耗全掌握

ACMT輔導計劃節能管理方案  
(總電+6台設備)

限量10名 推廣方案 **15萬**



### 功能

即時監控與管理 數據整合與分析

### 優勢

無線安裝免停機 電池可自動回充  
雲端平台新服務 跨設備整合資料

工廠電力



【即時監測】

【節能管理】

機台設備



【異常警告】

【保修管理】

企業經營



【數據分析】

【綠色經濟】

廣告編號 2021-08-A11

型創科技顧問團隊



30年模具與成型產業專業輔導經驗



國內外眾多企業認可

3Egreen 展綠科技  
3egreenserver

服務據點  
台北·蘇州·東莞·曼谷  
☎ +886-2-8258-9155

規劃中據點  
台中·台南·寧波·廈門·印尼·馬來西亞·菲律賓·越南  
✉ info@minnotec.com

mit  
minnotec

型創科技顧問股份有限公司  
Molding innovation technology Co., Ltd

🌐 www.minnotec.com



# 金屬注射成型技術： 微型金屬注射成型工藝 ( $\mu$ -MIM)

型創科技 / 劉岩 技術副理

## 序言

金屬粉末注射成型（簡稱 MIM 工藝，或稱 Metal-powder Injection Molding）是將傳統粉末冶金技術和塑膠射出成型技術相結合所產生的一種新的零部件加工成型技術，也是目前世界較熱門的成型技術之一。該技術的特點是適用材料範圍及應用領域寬廣，適合薄壁、結構複雜的零部件的批量化生產，且生產的產品尺寸精度高、性能優越。

MIM 工藝是集成塑料成型工藝學、高分子流變學、粉末冶金工藝等多學科交叉滲透所得的產物，其產品在電子信息、通訊設備、生物醫療器械、智慧鐘錶及航空航太等領域被廣泛應用。該工藝技術不僅具備傳統粉末冶金工藝工序少，效益高的優點，也成功克服傳統工藝不易成型薄壁、複雜結構的缺點。

## 發展

隨著產業發展，利用金屬粉末注射成型的產品與系統均趨向於微型化，產品的結構變得越來越小。近年來在微型工程中的三維微型複雜元器件發展迅速，如傳感器和加速器上的微型結構、微型流體原件等。然而傳統加工技術如：微型切削、雷射切削、矽刻蝕技術以及 LIGA 都無法滿足技術和量產的要求，且在加工材料上也受到很大的侷限。因此需要更加精密的成型工藝並且選用奈米級的專用射出料。針對重量小於 0.1g 的微型件的成型，由於產品尺寸小，喂料填充模腔的工藝更為複雜，為了保證產品的性能及尺寸

精度，因此開發出更高要求的成型工藝，可稱為微型金屬注射成型工藝（簡稱  $\mu$ -MIM 工藝，即 Micro-MIM）。

由於尺寸精度等要求的提高，微型金屬注射成型工藝的模具設計顯得尤為重要。模具流道系統及冷卻系統的設計需考慮喂料在模腔充填時可能發生的剪切生熱或在後續產品冷卻脫模時的溫度不均等問題發生。同時為了使產品具備不同金屬材料的性能，又在  $\mu$ -MIM 工藝的基礎上開發出 2C- $\mu$ -MIM 工藝（Component，組分），也就是將具備不同性能的兩種金屬粉末按一定比例相結合，最終達到改善優化產品各項性能的目的。這種工藝是利用在一個模腔內同時注射並結合兩種材料，使微型零件集成多重功能，製成具有緊密連接的材料界面的最終形零件。

## 工藝流程

結合 2C-MIM 的  $\mu$ -MIM 工藝流程步驟與傳統金屬粉末注射成型相近，具體如下：

- 1. 金屬原料粉末製備：**將兩種金屬粉末按一定比例進行配料，利用高能球磨機進行球磨混合，得到合金粉末；傳統 MIM 工藝使用金屬粉末顆粒尺寸一般在 0.5 ~ 20 $\mu$ m，而  $\mu$ -MIM 選用的粉末顆粒尺寸一般在 5 $\mu$ m 以下。為了進一步提高性能，在此基礎上進一步開發出亞微米或奈米級的專用注射料。
- 2. 黏結劑的製備：**將石蠟及對應塑膠高分子原料按一定比例混合，得到黏結劑。

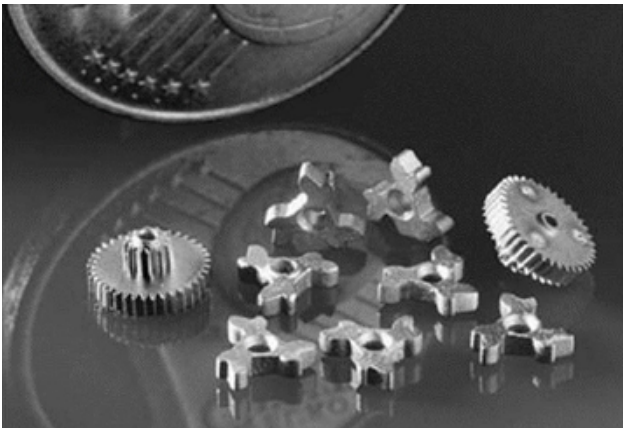


圖 1：微型金屬注射成型應用在齒輪等零件 [ 1 ]

3. **喂料的製備**：將合金粉末與黏結劑混合均勻，得到喂料，喂料中合金粉末占比一般在 50% ~ 65% 之間。
4. **射出成型**：在射出機上進行喂料的成型，設定對應的成型工藝，脫模後得到注射坯。
5. **脫脂燒結**：將注射坯在對應試劑環境下進行脫脂並烘乾。注射坯在經脫脂和預燒結後，在燒結爐中進行燒結及保溫。
6. **熱處理**：燒結後的產品，在一定的溫度環境下進行熱處理，得到最終所需的零件。

### 工藝特性

對於  $\mu$ -MIM 生產工藝，常常需要調整黏結劑的混合物，以改良其流動性保證充填微型型腔的同時可以安全取出高強度的注射坯。

當零件的聚合物含量高並且使用細小顆粒粉末時，應考慮採用較長的脫黏時間。為避免零件產生裂紋，溶劑脫黏的溫度與熱脫黏的加熱速率均應比常規 MIM 工藝時更低。

為避免在兩種材料共同燒結時，在分界面處產生應力或裂紋，需注意材料燒結與收縮量的相似度。通常可



圖 2：2C-MIM 成型表層多孔、內芯緻密鈦種植體 [ 1 ]

利用改變注射料的化學組成、粉末粒度、粉末裝載量及調整燒結溫度進行優化。

### 總結

目前  $\mu$ -MIM 工藝仍在開發培育中，受原料及工藝等約束還未大量應用普及。且因不同材料的性質差異，導致在成型後零件出現開裂、分層及變形等不良問題。如何製備具優異物理性能的先進材料以及降低成型工藝的限制性是該工藝在未來大量應用的首要前提。

$\mu$ -MIM 大大提高了金屬與合金用於微型應用的可利用性，產品具有高溫穩定性、強度與韌性等優異性能。而且目前研究方向不僅侷限於金屬與合金粉末的結合，還發展到金屬和陶瓷粉末之間的結合。由於  $\mu$ -MIM 工藝的獨特能力，可不用任何組裝作業（如焊接、鉚合、緊固裝配等），就能夠使一個零件具有不同的材料性能，因此，未來  $\mu$ -MIM 工藝一定會進一步擴大 MIM 產業的應用市場。■

### 資料來源

[1].圖 1、圖 2 引自 [https://www.sohu.com/a/161643066\\_675698](https://www.sohu.com/a/161643066_675698)

# 訂閱SMART MOLDING MAGAZINE

## 掌握每月最新射出成型產業技術報導

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

