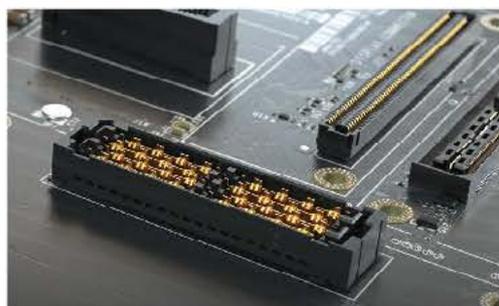


## 【特殊高性能材料之介紹與相關應用技術】



專題主編：劉文斌 技術總監

- 塑膠材料的特性與選用
- 具備高耐溫與高剛性的液晶高分子(LCP)塑料
- 被廣泛應用且具高性價比的高性能工程塑料
- TPEE (聚醚酯彈性體) 材料之特性與應用介紹
- AKROMID® HI 衝擊改性材料系列



## 專題報導 | 科技新知 | 產業訊息 | 顧問專欄

### 專題報導

- CAMPUS\*材料庫介紹
- 材料量測在模流扮演的核心價值
- 誠模“T零”實驗室：對材料之量測與數據應用能力

### 科技新知

- SABIC用Moldex3D優化2K-ICM產品外觀
- 3D列印的生活應用與未來發展趨勢
- 軌道交通領域的改性塑料解決方案

### 顧問專欄

- 第43招【水路設計篇】
- 我們這個世代的百年孤寂，還有美麗
- 粉體科學：粉體未徑分布與測量的方式

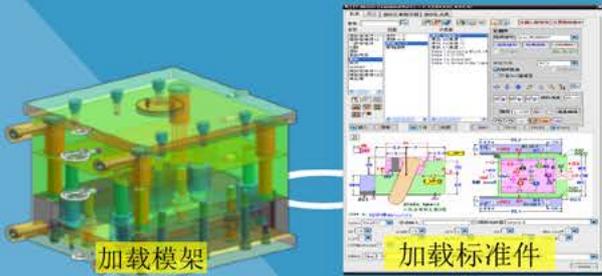
### 產業訊息

- 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精彩花絮
- 中國國家級檢驗中心



- 模具設計
- 模流分析
- 科學試模
- 模具製造
- 成型生產
- 模具保修

智能管理系統



加载模架

加载标准件

模具設計智能管理系統



模流分析智能管理系統

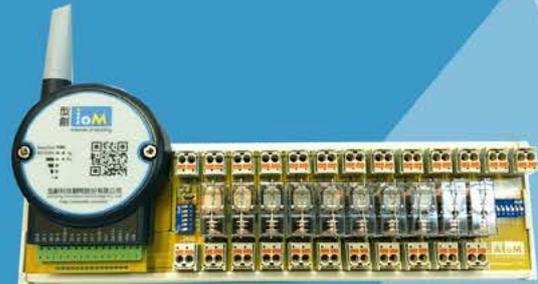
專案	機號	產品圖	開始日	T1日	部
FM182	S10707865		2018-08-30	2018-09-27	機
工序	計劃開始	計劃結束	實際開始	實際結束	
組立圖	2018/08/27	2018/08/31	2018/08/30	2018/08/31	
拆3D	2018/08/31	2018/09/05	2018/08/31	未完成	
備料	2018/08/31	2018/09/03	2018/08/31	2018/08/31	
編程	2018/09/05	2018/09/13	未開始	未完成	
2D零件圖	2018/09/06	2018/09/09	2018/08/31	2018/09/03	
機架	2018/09/09	2018/09/19	未開始	未完成	
零件加工	2018/09/09	2018/09/23	2018/09/04	未完成	
模具組立	2018/09/23	2018/09/25	未開始	未完成	
零件名稱	物料/數量	交與	交與	工作加工日	
導模仁	A/I	需求 開球	18/09/25 13:47 18/09/20 21:00	機	+繼續行->
模座	ASM/I	需求 開球	18/09/25 13:47 18/09/11 10:30	機	+繼續行->
公模仁	B/I	需求 開球	18/09/25 13:47 18/09/20 21:00	機	+繼續行->

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

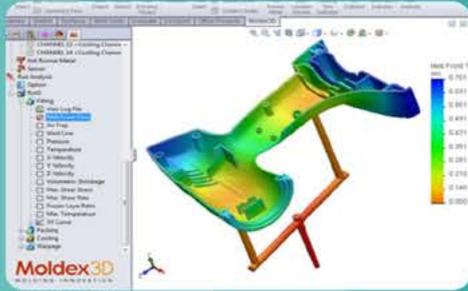
蘇州辦公室：蘇州市平江區人民路3110 號國發大廈1207

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

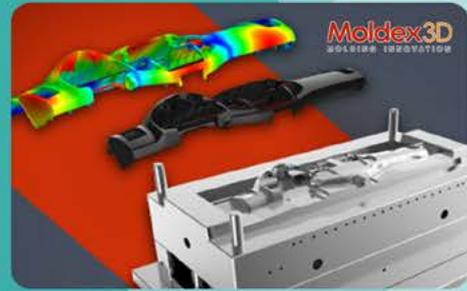
- 先進模具設計
- 先進品質檢測
- 先進模具加工
- 先進保養維修
- 先進成型生產
- 整廠顧問服務



模具流道設計



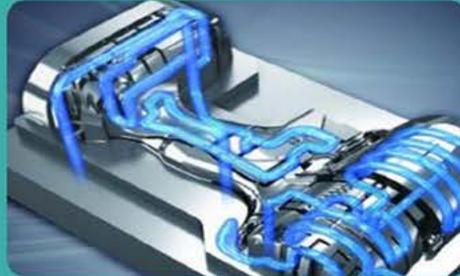
EBM電子束表面改質/拋光



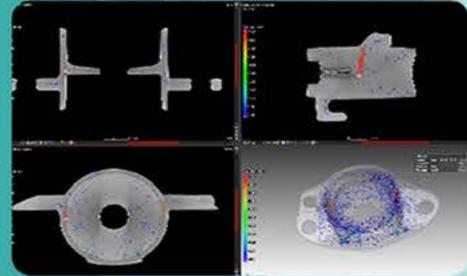
CAE模流分析技術



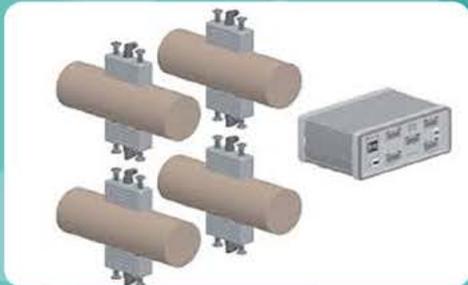
擴散焊接技術



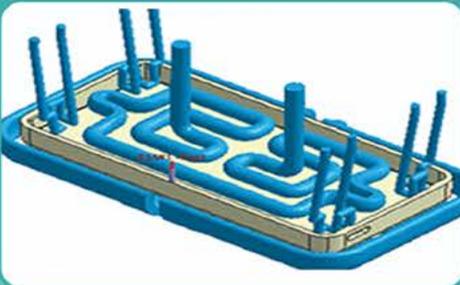
金屬3D列印技術



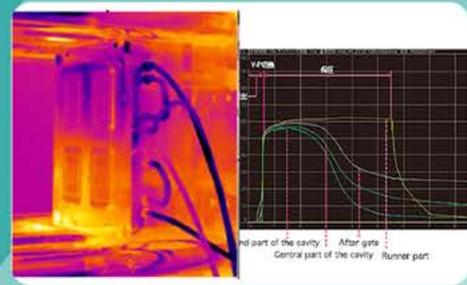
CT斷層掃描技術



鎖模力平衡度檢測



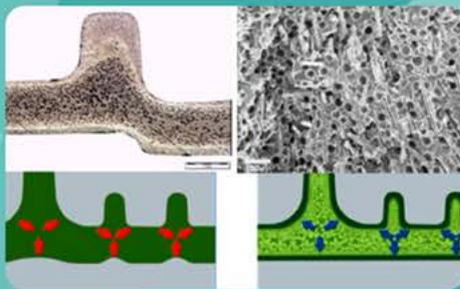
模具水路設計



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 2020-09-A01



# 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 2020-09-A02

TEL 0769-81888697



梧濟工業股份有限公司  
WUJII INDUSTRY CO., LTD.

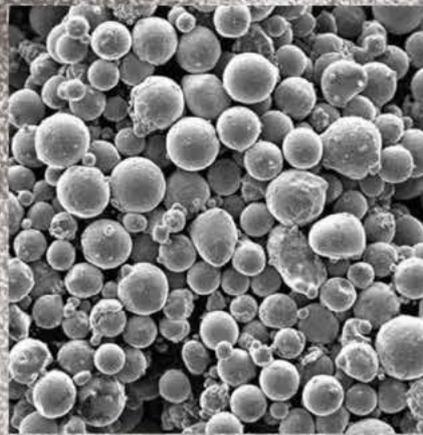
# 奧地利頂尖科技 積層製造粉末

百樂專業邏輯之所長 成就 3D 列印產業發展之躍進



	Particle size distribution* 顆粒大小分布*			
	15 - 45 µm (粉末熔融成型應用) (e.g. laser powder bed fusion)		45 - 150 µm (直接雷射沉積應用) (e.g. direct laser deposition)	
BÖHLER AMPO grade 粉末鋼種	Flowability* [s/50g] 流動性	Apparent density* [g/cm³] 視密度	Flowability* [s/50g] 流動性	Apparent density* [g/cm³] 視密度
<b>BÖHLER E185 AMPO</b>	3.00**	3.77	17***	2.64***
<b>BÖHLER W360 AMPO</b>	17	4.01	19	3.61
<b>BÖHLER M789 AMPO</b>	4.80**	3.69	18	3.92
<b>BÖHLER L625 AMPO</b>	< 22	3.80	< 19	3.80
<b>BÖHLER L718 AMPO</b>	< 18	3.96	< 21,5	3.50
<b>BÖHLER N700 AMPO</b>	< 19	3.96	< 21,5	3.40
<b>BÖHLER W722 AMPO</b>	< 18	3.90	< 22,0	3.30

\* 顆粒尺寸範圍測量依循ISO 13322-2 (動態圖像分析方法)；流動性和視密度則分別遵從DIN EN ISO 4490規範與DIN EN ISO 3923-1規範，測量值符合其標準。  
\*\* 卡尼流量計ASTM B964測得的數據與標準測量值相對應。  
\*\*\* 在尺寸範圍為45-90µm的區域進行測量



## 請洽梧濟各地銷售據點:

台中總公司: 04-2359 3510      高雄廠: 07-7336 940  
冷模廠: 04-2359 7381      本洲廠: 07-6226 110  
泰山廠: 02-8531 1121  
華晟: 02-2204 8125  
台南廠: 06-2544 168

梧濟工業已盡其所能收集並確認資料之正確性。本目錄中包含的數據僅供參考，因此不具保證之約束力。

若有用料之需求，請洽梧濟工業進行專案諮詢。

廣告編號 2020-09-A03



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  
陳汝曄 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 劉文斌 Webin Liu  
特別感謝 上海華長貿易、合泰材料、安科羅、科盛科技、  
誠模精密科技、北京化工大學、PerkinElmer、台灣區工具機  
暨零組件工業同業公會、金暘新材料、所羅門、精密機械研  
究發展中心、樂榮貿易、林秀春、林宜璟、邱耀弘、郭宗勝、  
林宗聖

讀者專線 :+886-2-8969-0409

傳真專線 :+886-2-8969-0410

雜誌官網 :www.smartmolding.com

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



## 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)
廣東水研智能設備有限公司 -----	P4(A02)
梧濟工業股份有限公司 -----	P5(A03)
IoM- 射出生產排程 -----	P19(A04)
IoM- 射出機聯網 -----	P35(A05)
【3D 列印展】2021 徵展 -----	P39(A06)
【模具暨模具製造設備展】2021 徵展	P43(A07)
CPS21 general TC -----	P55(A08)
ACMT 紓困方案 -----	P63(A09)
科盛科技 - 模流分析書籍 -----	P67(A10)
科盛科技 - 數位學習系統 -----	P77(A11)
Sodick -----	P85(A12)
台灣電子連接產業協會 20 週年 -----	P93(A13)
德國萊茵 -----	P99(A14)
台灣電子連接產業協會會員招募 -----	P103(A15)
2020ACMT 國際模具成型技術年會 --	P109(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會員月刊(雙月刊) No.042 2020/08  
www.smartmolding.com/asmm

## 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：康拓璋 ACMT副社長

• 康拓璋副社長在工廠現場(OT) 觀察實際內線由數位射擊-項的智能制造之路  
• IT與OT的結合-實現智慧工廠 射擊工廠的數位化之路  
• 當數位射擊遇上工業生產

專題報導 | 科技新知 | 產業訊息 | 顧問專欄

專題報導  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路

科技新知  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路

產業訊息  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路

顧問專欄  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路

ACMT會員月刊(雙月刊) No.041 2020/07  
www.smartmolding.com/asmm

## SMART Molding Magazine 模具與成型智慧工廠雜誌

ACMT SMART Molding Magazine

### 【產業輕量化與無損檢測技術應用】

專題主編：黃紹賢 副教授

• 機械零件輕量化與無損檢測技術應用  
• 系統整合材料之機械性能與應用  
• 以實際案例與人工智慧技術應用  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路

專題報導 | 科技新知 | 產業訊息 | 顧問專欄

專題報導  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路

科技新知  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路

產業訊息  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路

顧問專欄  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路

會員月刊 No.040 2020/06  
http://www.caemolding.org/cmm

## CMM CAE Molding Magazine CAE模具成型技術雜誌

CAE Molding Magazine CAE模具成型技術雜誌

### 【高速3D列印的產業應用與發展】報導

專題主編：鄭正元 教授 (臺灣科技大學)

• 3D列印技術的產業應用與發展  
• 高速3D列印的產業應用與發展  
• 高速3D列印的產業應用與發展

專題報導 | 科技新知 | 產業訊息 | 顧問專欄

專題報導  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路

科技新知  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路

產業訊息  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路

顧問專欄  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路

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!

會員月刊 No.039 2020/5  
http://www.caemolding.org/cmm

## CMM CAE Molding Magazine CAE模具成型技術雜誌

CAE Molding Magazine CAE模具成型技術雜誌

### 【東南亞模具產業發展趨勢】報導

專題主編：張仁安 ACMT泰國分會會長

• ACMT泰國分會會長張仁安副會長  
• 泰國模具產業發展趨勢  
• 泰國模具產業發展趨勢

專題報導 | 科技新知 | 產業訊息 | 顧問專欄

專題報導  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路

科技新知  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路

產業訊息  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路

顧問專欄  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路

會員月刊 No.038 2020/4  
http://www.caemolding.org/cmm

## CMM CAE Molding Magazine CAE模具成型技術雜誌

CAE Molding Magazine CAE模具成型技術雜誌

### 【物聯網與先進模具成型技術】報導

專題主編：陳慶龍 ACMT主任委員

• 物聯網與先進模具成型技術  
• 物聯網與先進模具成型技術  
• 物聯網與先進模具成型技術

專題報導 | 科技新知 | 產業訊息 | 顧問專欄

專題報導  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路

科技新知  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路

產業訊息  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路

顧問專欄  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路

會員月刊 No.037 2020/3  
http://www.caemolding.org/cmm

## CMM CAE Molding Magazine CAE模具成型技術雜誌

CAE Molding Magazine CAE模具成型技術雜誌

### 【製造業的十年回顧：射出加工技術之發展】

專題主編：張慶龍 博士

• 製造業的十年回顧  
• 製造業的十年回顧  
• 製造業的十年回顧

專題報導 | 科技新知 | 產業訊息 | 顧問專欄

專題報導  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路

科技新知  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路

產業訊息  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路

顧問專欄  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路  
• 射擊工廠的數位化之路



第一手的  
模具行業情報



最專業的  
模具技術雜誌



最豐富的  
產業先進資訊

www.smartmolding.com  
ACMT SMART Molding Magazine

# 目錄 Contents

- 14** 塑膠材料的特性與選用
- 20** 具備高耐溫與高剛性的液晶高分子 (LCP) 塑料
- 36** TPEE (聚醚酯彈性體) 材料之特性與應用介紹
- 40** AKROMID® HI 衝擊改性材料系列
- 44** CAMPUS® 材料庫介紹
- 52** 誠模“T零”實驗室：對材料之量測與數據應用能力
- 56** 基於射出機的聚物流變參數線上測試技術
- 60** DSC、DMA 和 TG-GC/MS 在環氧樹脂材料研究中的應用
- 64** SABIC 用 Moldex3D 優化 2K-ICM 產品外觀
- 68** 3D 列印的生活應用與未來發展趨勢
- 72** 軌道交通領域的改性塑料解決方案
- 74** 當人工智能與機器視覺相遇

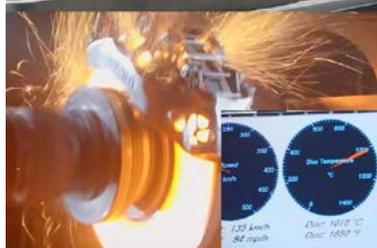


## 28



## 48

材料量測在模流扮演的核心價值





78

**82** 探尋射出成型工廠的智慧化配方

**86** 威格斯推出為積層製造而優化的 VICTREX AM PAEK 絲材

**88** 第 43 招【水路設計篇】

**90** 我們這個世代的百年孤寂，還有美麗

**94** 粉體科學：粉體末徑分布與測量的方式



### 特殊高性能材料之介紹與相關應用技術

「近年來隨著 3C 產業的蓬勃發展，科技產品不斷推陳出新。產品越做越精巧，功能、精度、質感都須達到更高層次。各產業因巨量資料交換需求，導致高頻傳輸快速發展，而這也大幅提升對高性能工程塑膠之需求。」 ■



**超值優惠!**

**加入菁英會員  
免費獲得一年  
12期月刊!**



## 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

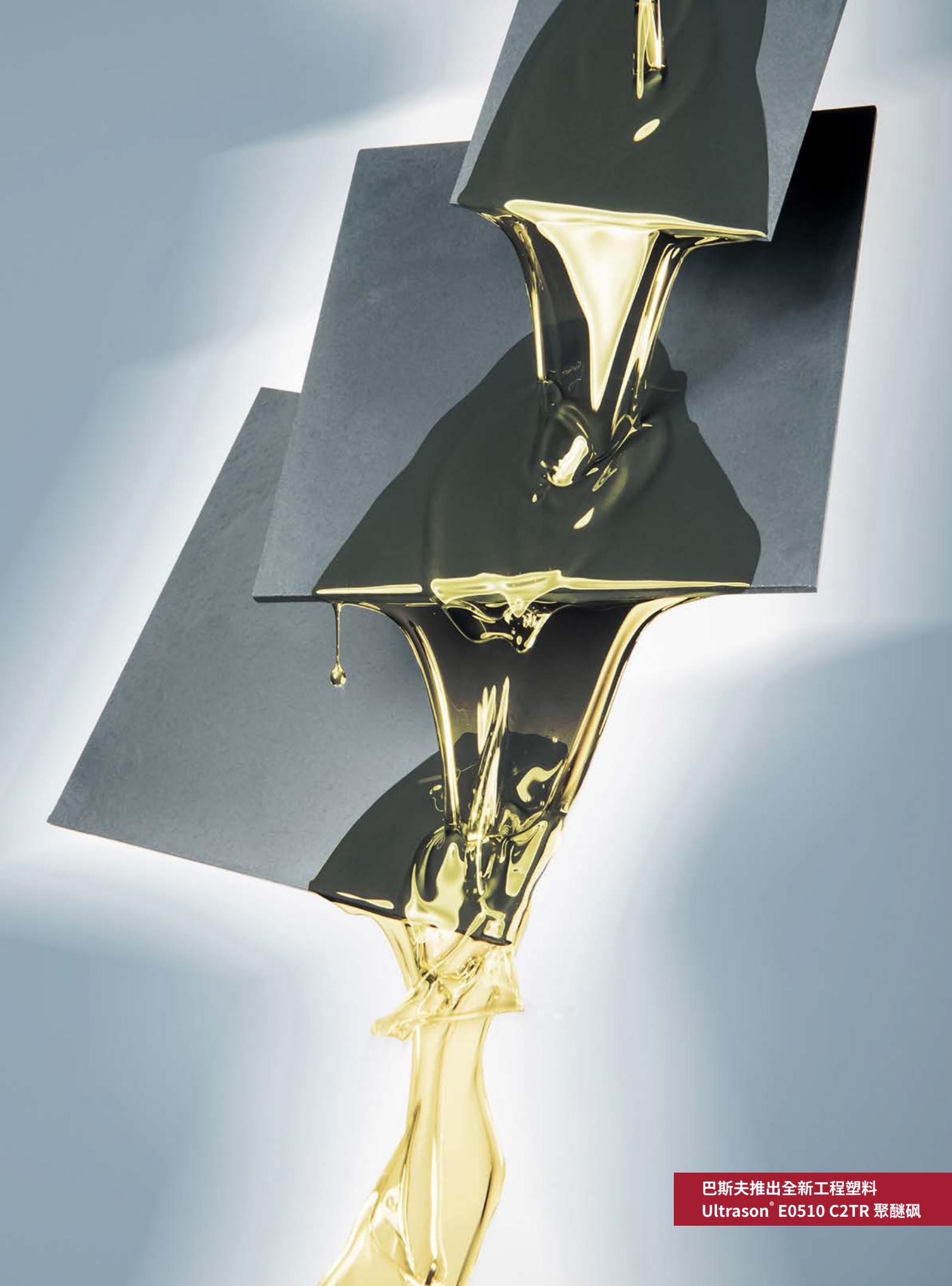
## 特殊高性能材料之介紹與相關應用技術

塑料是由多種有機合成材料藉由聚合反應所生產製造，這些塑料本質上堅固，可塑型且重量輕。在過去的幾十年中，塑料已成為人類不可分割的一部分，在日常生活中接觸到的塑料產品不勝枚舉。然而隨著科技的進步與人類生活水平的提高，對環境意識的增強以及可持續發展的思維考量，對新型和創新產品的塑料需求與塑料能提供的功能性需求已經大幅提升。

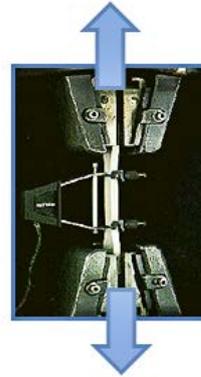
高性能工程塑料的應用市場因其卓越的導熱性和抗腐蝕性能而在廣泛的行業中得到越來越多的應用。高性能工程塑料由於在暴露於高溫和反應性化學物質時的出色性能而受到關注。高性能塑料具有高耐化學藥品和電氣性能，低摩擦係數，在高溫下具有優異的性能以及高強度的特性，因此被認為遠遠優於標準塑料與工程塑料。儘管目前高性能工程塑料在全球塑料市場中所占的份額還很小，但是相信在不久的將來，這些塑料的需求將會以極為顯著的速度增長。

高性能工程塑料一般是指耐熱溫度高於 200°C 的塑膠種類，塑膠供應廠商常使用金字塔分佈圖來區分塑膠種類，高性能工程塑料是位於金字塔頂端的塑膠物種。一般這類高性能工程塑料即使在高溫下也能提供改善的性能，例如在極端使用環境條件下的較高使用溫度以及良好的機械強度，同時具有尺寸穩定性、耐磨耗性、抗熱降解性、環境穩定性、阻氣性、耐溶劑性、電氣性能等。這類高性能工程塑料包含的材料有聚砜 (PSU)、聚醚砜 (PESU)、聚醚砜亞胺 (PEI)、聚鄰苯二甲醯胺 (PPA)、耐高溫聚醯胺 (PA46、PA4T、PA6T、PA9T 等)、聚苯硫醚 (PPS)、聚芳醚酮 (PAEK)、聚醯胺醯亞胺 (PAI)、聚醯亞胺 (PI)、聚苯並咪唑 (PBI)、液晶聚酯 (LCP) 和全氟聚合物 (PTFE) 等塑料種類。

高性能工程塑料與目前產業界使用量較多的工程塑料相比，因其高溫穩定性和金屬替代潛力，它們在航太、軍工國防、能源、核能、半導體、生物醫療、電子電器、汽車產業、鐵路和船舶產業等具挑戰性的領域中發現了更大的應用潛力。本期內容特別為各位讀者挑選了聚苯硫醚 (PPS) 和液晶高分子 (LCP) 等兩種高性能工程塑料、TPEE 高性能彈性體、PA 改性材料，以及相關的一些應用技術與材料檢測進行介紹。■



巴斯夫推出全新工程塑料  
Ultrason® E0510 C2TR 聚醚砜



## 塑膠材料的特性與選用

■上海華長貿易 / 伊志鴻 技術經理

### 摘要

塑膠材料的特性選用，必須搭配著設計應用，本篇文章主要討論塑膠材料的測試，以及部分添加劑添加後對塑膠材料造成的物性改變方向，本文編排順序依照材料物性表測試排序。分別探討項目為：

- 機械特性：拉伸測試。
- 衝擊特性：衝擊測試。
- 溫度特性：熱變形、長時間工作溫度、玻璃轉化溫度、熱傳導。
- 物理特性：比重、模收縮率、表面硬度、摩擦力。
- 光學特性：光穿透、光反射、IR 遮蔽、藍光遮蔽、光擴散。

### 機械特性: 拉伸測試

拉伸測試的主要測試結果以下列幾項數據顯現：

- TensileStress（拉伸應力），yld（降伏點），Type1（試片規格 1），50mm/min（拉伸速度）
- TensileStress（拉伸應力），brk（斷裂點），

Type1（試片規格 1），50mm/min（拉伸速度）

- TensileStrain（拉伸應變 or 拉伸延展），yld（降伏點），Type1（試片規格 1），50mm/min（拉伸速度）
- TensileStrain（拉伸應變 or 拉伸延展），brk（斷裂點），Type1（試片規格 1），50mm/min（拉伸速度）
- TensileModulus（拉伸模量 or 楊式係數），50mm/min（拉伸速度）

在拉伸測試中，材料被固定夾持後，機具會使用固定的速度往上拉。拉伸時，材料會抵抗拉力，所以會有反作用力（實際紀錄的數值為反作用力）。如圖 2 所示，曲線代表承受固定力量（Y 軸）時的變形量（X 軸），或是被拉長到固定變形量（X 軸）時需要的力量（Y 軸）。在測試的過程中又可分為三個階段：

#### 階段 1

在材料達到降伏點前 (Yld)，力量與變形量會是一個固

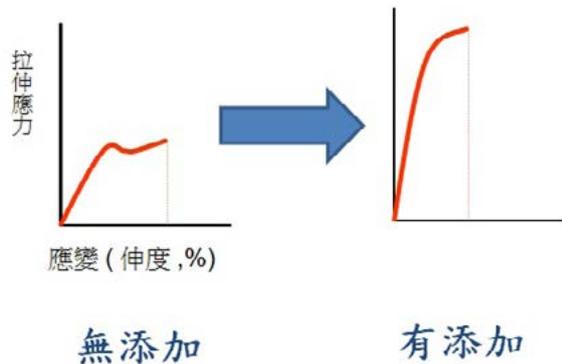


圖 1：添加物的種類有數種，如玻璃纖維、碳纖維、雲母片……等

定斜率（直線）。此線段的斜率就是楊式係數，或是拉伸模數。

## 階段 2

當力量或是變形量超過降伏點 (Yld) 時，材料會產生永久變形，此時將力量放掉材料無法回彈回原點。（0.2% 的永久變形）。

## 階段 3

當過了降伏點，持續拉伸，材料會變形（試片變長），因此力量會往下掉（某些材料較明顯），或是因為試片面積變小承受的力量變小，直到試片破裂。此測試通常用於評估材料的是否能夠承受足夠的力量不變形，或是不會因拉伸而破裂。

使用填充物雖會讓拉伸應力變高，但是延展性卻會變得非常差，楊氏係數變高。添加物的種類有數種，如玻璃纖維、碳纖維、雲母片……等。

## 衝擊特性：衝擊測試

Izod impact 測試已經是比較材料耐衝擊性的標準，一般多以在試片上做「缺口 (notched)」之試片的測試結果作為參考。此試驗會將標準尺寸的試片夾在測試

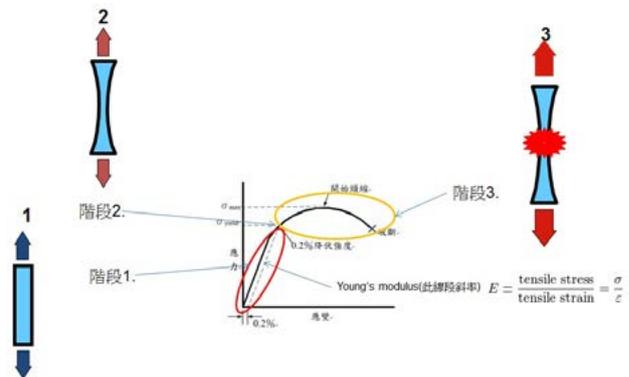


圖 2：拉伸測試分為三個階段

夾具上，讓擺錘以鐘擺方式落下擊斷試片，並以撞擊後擺錘擺蕩的角度計算撞擊時能量損耗多少，即材料受衝擊所吸受的能量測試的顯示數值如下所示：

Izod Impact, notched(缺口), 23°C(常溫) 865 J/m(單位)  
Izod Impact, notched(缺口), -30°C(低溫) 774 J/m(單位)  
(此兩數值比較可以比較出材料在低溫下的衝擊保有性)

Izod Impact(衝擊測試), unnotched(無缺口), 23°C(溫度 23°C-常溫)  
Izod Impact(衝擊測試), notched(有缺口), 23°C(溫度 23°C-常溫)  
(此部分可以比較材料在有缺口時是否缺口敏感性)

## 溫度特性

溫度特性—熱變形；長時間工作溫度；玻璃轉化溫度；熱傳導。講到溫度特性需要先將熱塑性塑膠材料再細分為非結晶性塑料 (amorphous)，以及結晶性塑料 (crystalline polymer)。其中最大的差異在於 Tg 以及 Tm 的差異。

Tg 點通常用於非結晶性材料，有明確的 Tg 點。結晶性材料則會因上一次的冷卻狀態直接影響 Tg 點，導致結晶性材料的 Tg 點會移動，因此一般不談結晶性材料的 Tg。

## 非結晶性塑料 (amorphous polymer) 的材料特性

非結晶性塑料具有「化學性敏感高」、「適度耐熱溫度」、「衝擊強度較高」、「較低模收縮率」、「均



圖 3：衝擊試驗機

勻物性」。非結晶性材料有 PC、M-PPO、PEI、PC/ABS……等，將非結晶性材料依各自的溫度測試排列如下：

溫度	Relative Temp Index(RTI)	長時間工作溫度	- UL-746B	*1
低	HDT	熱變形溫度	- ASTM D648	
↓	Vicat Softening Temp	維卡軟化溫度	- ASTM D 1525	*2
↓	Molding Temp	成型溫度		
高	Degradation Temp	降解溫度		

\*1：RTI 有三種測試，有時會介於 HDT 上下。

\*2：維卡軟化點測試的結果與 Tg 點較接近，可將為卡軟化點近視為 Tg。

### 結晶性塑料 (crystalline polymer) 的材料特性

結晶性塑料具有「抗化學性較高」（每種塑膠基材還是有不同的酸鹼抗性）、「缺口效應敏感」、「模收縮率較大」、「耐疲勞性」、「耐磨耗性」。結晶性材料有 PBT、PPS、POM……等，將結晶性材料依各自的溫度測試排列如下：

溫度	Relative Temp Index(RTI)	長時間工作溫度	-UL-746B	*1
低	HDT	熱變形溫度	-ASTMD648	
↓	Vicat Softening Temp	維卡軟化溫度	-ASTM D 1525	
↓	Melt Temp	熔融溫度		
↓	Molding Temp	成型溫度		
高	Degradation Temp	降解溫度		

\*1：RTI 有三種測試，有時會介於 HDT 上下。

為提高耐溫特性，可透過添加填充物、其他基材或是物質合金 (Alloy) 等方式來達成訴求，常被使用的添加填充物，有玻璃纖維，碳纖維，雲母……等；而其他

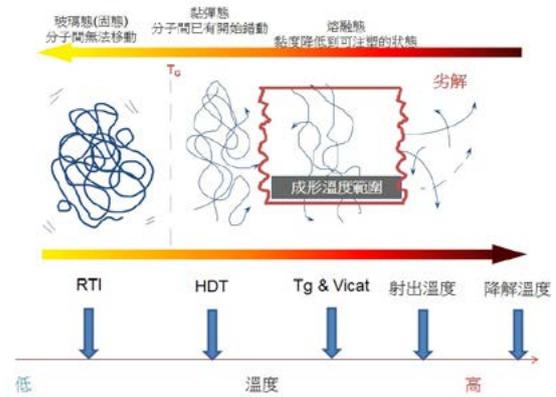


圖 4：非結晶性材料的溫度測試排列

基材或物質合金 (Alloy) 部分，則有 PEI 或其他耐溫性較高的基材。

\* 添加填充物的方式，在結晶性材料的耐溫性提升效果會優於非結晶性材料。

### 導熱係數 (Thermally conductive)

導熱係數為特殊應用，應用於熱傳導部件，一般塑膠材料為熱的絕緣體，若要達到熱傳遞效果，目前只能透過添加填充物，填充物的類別有金屬粉與陶瓷粉。

### 物理特性

#### 比重高低

「低比重材料」，主要被應用於輕量化設計，此外也能達到節省成本的功效；「高比重材料」，則被使用於需要讓產重量更重的情形。若要增加比重，主要有兩種方式，一是透過 Alloy 比重較高的基材，二是添加填充物，如 GF、CF、金屬粉末等；而若要減低比重，則可以透過材料或是製程等方式達成，如發泡劑，或是使用 MuCell。（MuCell 是一項專利，必須要搭配成型機台使用。）

#### 模收縮率

從圖 6 中可以看出，Flow 方向因有條狀物支撐收縮，此方向的收縮率會較小；而 X Flow 方向，某些填充物

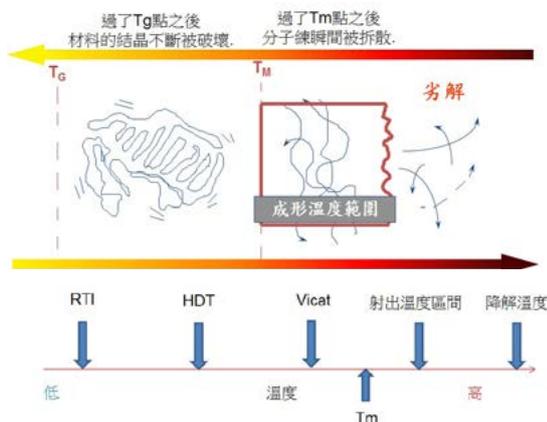


圖 5：結晶性材料的溫度測試排列

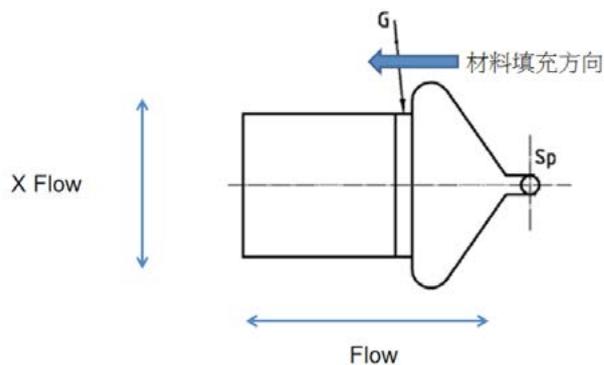


圖 6：模收縮率

在 X Flow 方向的支撐雖沒有 Flow 方向的體積大，但還是會降低一部分的收縮率。模收縮率的變化會引起變形或翹曲，當模收縮率越低，則變形的可能性越低。在非結晶性材料方面，Flow 與 X Flow 的收縮率差異不大；而結晶性材料方面，因有分子配向性，故 Flow 與 X Flow 的差異較大。

- 條狀填充物：如玻璃纖維、碳纖維。在 Flow 方向因有條狀物支撐收縮，故此方向收縮率較小；而 X Flow 方向，雖填充物在 X Flow 方向的支撐沒有 Flow 方向的體積大，但還是會降低部分收縮率。
- 其他類型填充物：其他類型的填充物有片狀填充物，如雲母片，以及球狀填充物，如玻璃珠。

## 表面硬度

材質本身的表面硬度，此部分通常使用 Allow 硬度較高的基材，或是改變分子鏈結的方式。

## 摩擦係數

材質本身的摩擦力，分「動摩擦」與「靜摩擦」。

\* 「表面硬度」與「摩擦係數」又合稱為材料本身的耐磨耗性。

## 光學特性

### 光穿透

光的穿透性，一般為基材本身的特性。光學特性之一「穿透」在材料物性表中以「Light Transmission」描述，指材料法線穿過物質的比率。

### 折射

當光折射的角度接近 90 度時，反射的數值接近反射 (Reflectance)，衍伸的另一個功能為遮光。在材料的應用中，最常使用的添加劑為  $TiO_2$ 。

### IR 遮蔽或穿透特性

利用材料添加物造成不同的波段遮蔽以及穿透，類似濾波器，可分成高通、低通、帶通三種，目前較多運用於遙控器，遮蔽自然的可見光，避免造成干擾，如雷射熔接的穿透零件。

### 擴散

應用於使光均勻分佈的用品，如 LED Lens、燈管、球泡燈殼等，希望光源能均勻的散照在更大的角度。■

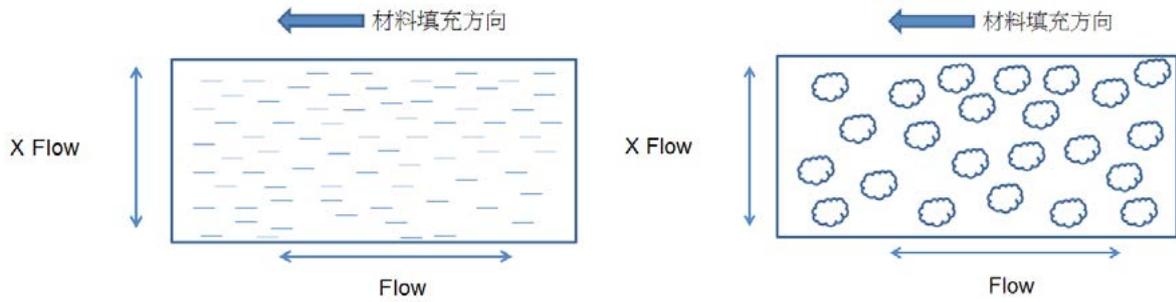


圖 7: 左為條狀填充物，右為片狀填充物

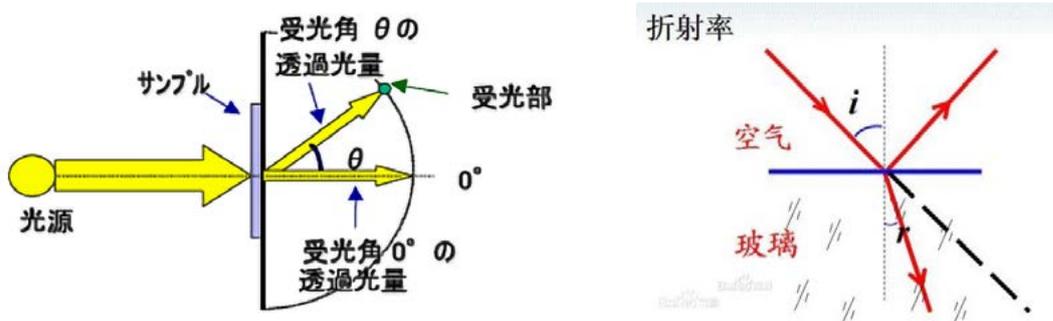


圖 8: 左：左為穿透的測試模式；右為折射率的說明

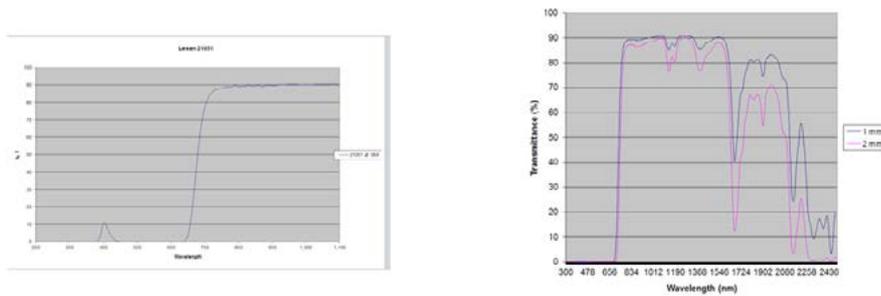


圖 9: 左為高通，右為帶通。目前較多運用於遙控器，遮蔽自然的可見光，避免造成干擾，如雷射熔接的穿透零件

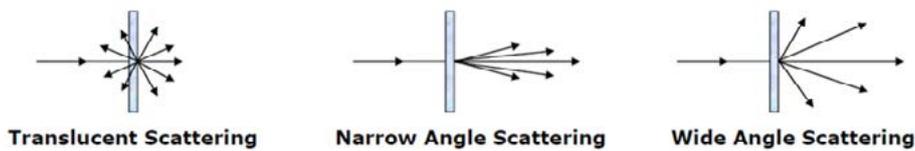
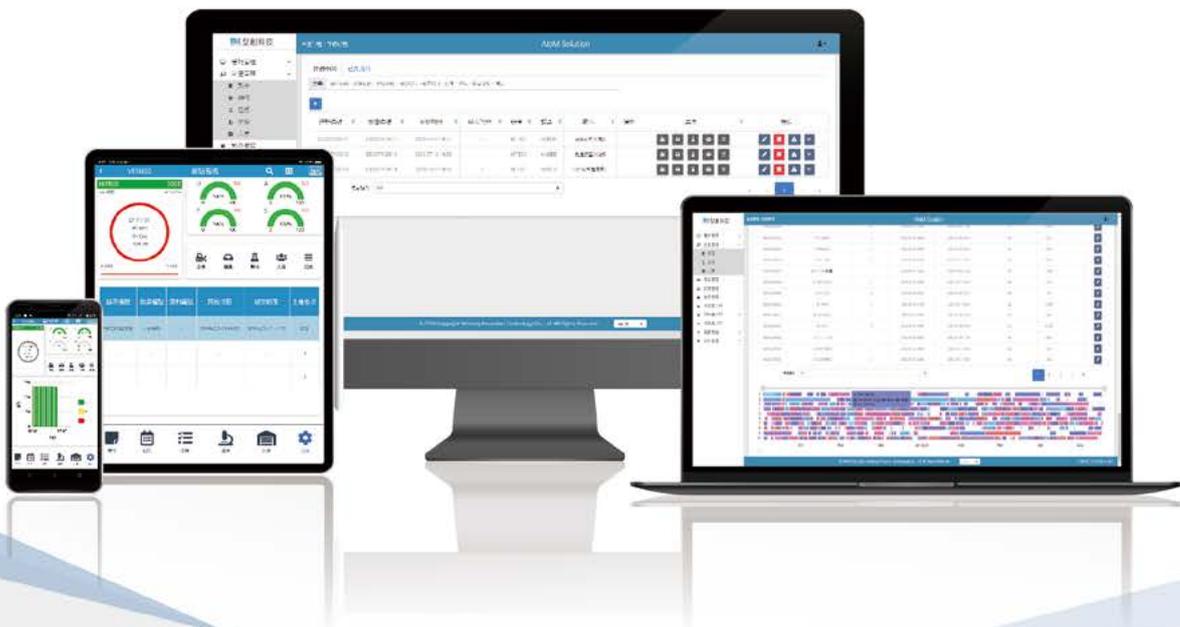


圖 10: 光擴散的模式

### 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 2020-09-A04

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



## 具備高耐溫與高剛性的液晶高分子 (LCP) 塑料

■ ACMT / 劉文斌 技術總監

### LCP 塑料簡介

液晶高分子 (LCP) 材料是一種當處於熔融狀態時會顯示出液晶特性的熱塑性芳香族聚酯高分子材料的總稱。液晶高分子 (LCP) 材料因分子是由苯環結構所組成，所以表現出剛直不易彎折的分子組態，一般高分子塑料所特有的分子鏈糾結纏繞組態在 LCP 塑料上並無法呈現。由於很小的剪切力就可以引起其分子排向，射出成型時的流動阻力非常小非常容易進行流動，顯示出優良的成型流動性。而且由於在冷卻凝固時分子維持與熔融狀態時相同的分子構象，因此分子再排列的體積變化很小，所以可以表現出很高的尺寸精度。

液晶高分子 (LCP) 材料基本上可以分類為溶液定向型 (Lyotropic)(L-LCP) 與熱熔融定向型 (Thermotropic) (T-LCP) 兩種，前者 LCP 需溶解於適當溶劑中才能形成液晶現象，因此只能應用於溶液成型來製造纖維或薄膜產品；後者則可以利用熱熔融法來進行成型，無

論是在熔融狀態或冷卻固化之後，LCP 短棒型堅硬的分子鏈排列都會相當井然有序，這現象與傳統的高分子塑料所呈現的現象完全不同。傳統塑料在成型過程中一般是希望塑料的最終分子鏈排列越亂越好，不要產生過度的分子鏈排向，否則產品容易發生不均勻收縮、翹曲現象與殘留嚴重的內應力。然而在成型過程中，LCP 液晶高分子塑膠需藉由分子鏈排向現象才能表現出 LCP 塑膠的特性。

目前市場上銷售的高性能工程塑膠 Xydar® 是最早上市的熱定向型 LCP，最初是由美國 Carborundum 公司開發成功並取得專利，然而第一個將 Xydar® 推出市場的卻是美國 Dartco 公司，經過幾度的公司購併之後，Xydar® 目前是美國 Solvay Advanced Polymers 公司的產品。目前射出成型加工所使用的 LCP 塑膠都是屬於熱定向液晶高分子聚酯塑膠 (TLCP)，此類 LCP 高性能工程塑料可以提供出色的薄壁產品高流動成型能力，同時具有不產生毛邊、具低熱膨脹係數 (CTE)、

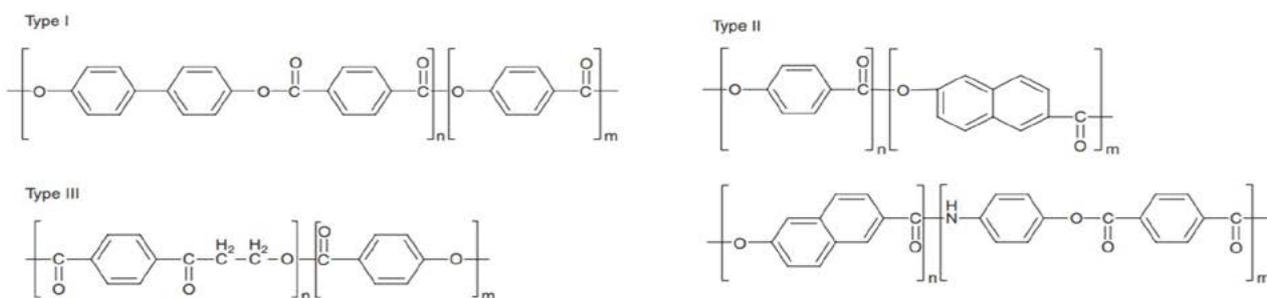


圖 1：三種型態 LCP 液晶高分子的分子鏈結構

低吸濕性、高尺寸穩定性、高強度和高剛度，與耐高溫無鉛回焊後製程的相容性和射出成型循環時間極短等許多材料優勢。基於以上的這些優良性質，且在工業發展上電器電子產品領域的小型化和薄壁化要求已是市場的主流與發展趨勢，對 LCP 塑膠的需求也是日益增加。而且現今電子零部件的小型化、複雜化的高漲潮流還在繼續，對 LCP 材料性能的要求水準也在進一步提高。

然而 LCP 塑膠也有它的缺點，其主要缺點是產品性質的異方向性，並且因 LCP 塑膠冷卻快速，容易造成產品的中熔接線強度不足之問題。針對 LCP 塑料的弱點，目前有許多料商已經從 LCP 分子設計的研究與搭配技術開發並提升聚合技術，開發出對應的料號以符合客戶對 LCP 塑料的需求。LCP 塑料的整體獨特性質讓 LCP 塑料在各種高精需求，高精度的模製設備中找到了應用。

### LCP 塑料化學性質與合成製備

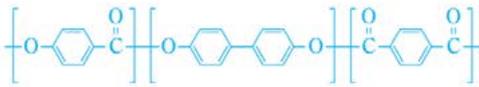
LCP 具有獨特的特性，因為熔體中的分子形成了稱為膠束的有序結構區域，其中的分子鏈以相同方向排列。這是由於分子鏈上包含堅硬的芳香族苯環結構的剛性所致。液晶狀態介於各向同性液體和三維晶體之間。它被描述為「中間相」或「同構結構」。如果中間相可以在溶液中形成，則液晶被稱為「溶致」，如果它是由熔體中的溫度作用形成的，則被稱為「熱

致」。在「向列」狀態下，分子沿著共同軸向彼此平行排列，並表現出一維順序。在「近晶」狀態下，它們也分層存在，因此具有二維順序。

聚酯高分子的合成都是透過縮合反應 (condensation) 聚合而來的。LCP 液晶聚酯高分子與一般聚酯不同之處在於所使用的單體是含高比例的堅硬芳香族環。由於 LCP 很難找到適當的溶劑，而且熔點甚高，所以聚合反應的難度也較高。通常都採用兩段式的熔融聚合方法；就是先以溶液聚合或熔融聚合的方式製成寡聚物，然後去除溶劑與單體；進而在略低於寡聚物的熔點下加入金屬鹽類觸媒，於高真空條件下進一步聚合成高分子量的芳香族聚酯類 LCP 聚合物。

液晶高分子的類型很多，但在工程塑料中最重要的是可以使用常規熔融加工方式進行加工的主鏈熱致聚酯。LCP 塑料最重要的特性是耐熱程度，通常是藉由熱變形溫度 (HDT) 數值來衡量 LCP 塑料的耐熱性。因 LCP 塑料聚合選用的單體種類不同，所製成的 LCP 塑料也會有不同的熔點與耐熱溫度。一般依 LCP 塑料的熔融加工溫度和耐熱溫度性能區分，可分為 I 型、II 型與 III 型，加工溫度高低通常是 I 型 > II 型 > III 型的順序。這三種類型的 LCP 聚合物分子結構如圖 1。

I 型 LCP 塑料的分子鏈特性是高剛性、高線性與高比例芳香族苯基組成；II 型 LCP 塑料的分子鏈特性是

Type	Chemical Struct.	HDT*	Commercial Grade
Ekonol (Type I)		300°C -	SumikaSuper® Xydar®
Vectra (Type II)		240 ~ 280°C	Vectra®
X7G (Type III)		~ 210°C	Rodrun® Novaccurate®

\* HDT: Heat Deformation Temperature

圖 2：標準商業化 LCP 塑料的一般分類與耐熱溫度

剛性與高比例芳香族苯基組成，但結構還包含曲軸轉動，具有側基與形成分子鏈糾結；而 III 型 LCP 塑料的分子鏈特性是包含半剛性較柔軟的脂肪族間隔官能基結構。依照 ASTM 的標記順序，I 型的耐熱性最好，熔點與加工溫度也最高，相對地亦較難加工，其抗張強度及彈性率亦是 LCP 中最高者，一般的荷重熱變形溫度約在 260~355°C 之間；II 型的耐熱性與一般的工程塑膠比較起來，仍屬於較優者，而加工性質亦受好評，對一般射出成型機皆可使用，是 LCP 材料中最普遍化的規格，一般的荷重熱變形溫度約在 200~250°C 之間；III 型的耐熱性最低，但加工性極為優良，其耐熱性偏低的缺點，可以藉由玻璃纖維強化來加以彌補，一般的荷重熱變形溫度約在 100~160°C 之間。

某些等級的 Xydar® 是 I 型 LCP 材料的示例。它們可以由雙酚、羥基苯甲酸 (HBA) 和對苯二甲酸的聚合反應製得，但不能單獨使用羥基苯甲酸，因為所得聚合物的熔點 (Tm) 將會非常高。即使使用這些共聚單體，所得的全對位結構也需要相對較高的加工溫度。若合成反應時通過引入 2,6 位置的萘單元（例如基於羥基萘甲酸 (HNA)、二羥基萘或萘二酸）進行生產則可生成 II 型 LCP 材料，Vectra® A 便是 II 型 LCP 材料的一個代表性例子。HNA 的作用是破壞對氧苯甲酰基單元的結構，藉由這項技術可降低熱變形溫度 (HDT)、降

低加工溫度，並改善流動性能。在進一步的合成變化中，可以添加氨基苯酚以產生聚酯酰胺。III 型 LCP 材料可以包含脂肪族聚酯單元，從而改善了流動性，但降低了 HDT。例如 Unitika 開發了基於聚對苯二甲酸乙二酯和 HBA 共聚物的材料。圖 2 是商業化 LCP 塑料的一般分類表示圖。

## LCP 塑料的性質和成型加工特性

LCP 液晶高分子所形成的液晶結構對產品性能具有深遠的影響。LCP 塑料在剪切作用與特定的拉伸應力作用下，可以形成非常高的分子排向程度。LCP 模塑產品的分子排向程度比一般塑料高得多，然而因 LCP 熔膠不具有彈性，所以表現出極低的模口膨脹 (Die Swell) 現象，並且具有極低的模具成型收縮率。LCP 的分子排向特徵與一般常規塑料相反，一般常規型高分子塑料在成型過程中並不希望產生分子鏈排向現象，過程中一旦除去造成分子排向的剪切或應力，常規塑料分子鏈將恢復無規捲曲構型的最適化組態。如果常規塑料在冷卻過程中分子鏈來不及鬆弛而被凍住，將會導致分子鏈排向產生被限制性的凍結應力產生，這可能會影響產品的耐環境破裂應力能力，並導致產品尺寸穩定性不足（尤其是在高溫環境下），表 1 中是幾種常用 LCP 塑料的一般性能比較。

表 1. LCP 液晶高分子塑料性能比較				
LCP 塑料商品名	Xydar	Vectra A	Vectra E	Vectra S
玻璃纖維添加比例	30% Glass filled	30% Glass fiber	30% Glass fiber	35% Glass fiber
熔點(°C)	320	280	335	350
熱變形溫度(°C)	271	235	276	340
拉伸強度(MPa)	135	190	150	140
破裂點拉伸延伸率(%)	1.6	2.1	1.6	1.3
彎曲模數(GPa)	13.4	14.5	13.5	14.5
缺口衝擊強度, kJ/m <sup>2</sup> (J/m)	(96)	24	20	14
無缺口衝擊強度, kJ/m <sup>2</sup> (J/m)	(430)	29	31	14
熱膨脹係數(10 <sup>-6</sup> m/m/°C) (流動方向/垂直流動方向)	(3~7)/(40~80)	6/23	7/20	1/23
密度(g/cm <sup>3</sup> )	1.60	1.62	1.61	1.67

表 1：常用 LCP 塑料的一般性能比較

LCP 液晶高分子塑料具有下列多項特性與優點：

- 具高流動性，可順利流入產品薄壁區域（如連接器射出產品中最薄的 0.15mm 肉厚區域）。
- 在流動方向上具有很高的拉伸強度與拉伸模數。
- 成型週期時間短、冷卻時間短，且不容易產生毛邊。
- 低吸濕性和低熱膨脹係數 (CTE)，材料性質可與鋼和陶瓷媲美，尺寸穩定性高。
- 熱變形溫度 (HDT) 高，最佳等級可高達 340° C；但某些等級（例如 III 型）要低得多。
- 持續使用溫度 (CUT) 通常高達 260° C；難燃程度可達 UL 94 V-0 等級；極限氧指數 (LOI) 通常高達~50%，低煙塵產生和低有毒氣體的產生。
- 高抗輻射性。
- 良好的耐化學藥品性（尤其是對有機溶劑；聚酯在高溫下會被酸和鹼水解）
- 對氣體和水蒸氣具有極低滲透性。
- 高阻尼特性，電氣絕緣性優良。
- 低揮發氣體產生。

不幸的是，這種 LCP 材料獨特的分子形態也產生了

一些重要的局限性。模製產品將會趨於高度的異方向性，且合膠的熔接線強度低，並且斷裂行為類似於木材。這意味著 LCP 塑料在許多應用中都被排除在外，如果 LCP 塑料的非凡性能具有主要優勢考量，則 LCP 塑料將是非常優越的塑料選擇。在未填充的 LCP 純料中，橫向的剛性值可能只有流動方向剛性值的 30%。LCP 塑料產品的物性表現將會取決於產品厚度，因為薄壁產品將會導致較高的分子定向度。與常規聚合物相反，LCP 塑料可藉由添加玻璃纖維，來降低各方向差異性。通常 LCP 塑料藉由添加填充材等級可以減小異方向性，也可以降低產品表面因分子排向而產生原纖化（fibrillate，即產生容易剝離的纖維化表面層）的趨勢。

另外具有改善熔接線強度的牌號，多家料商也已經努力開發並商業化，同時也可以通過優化部品件的設計方式來減少 LCP 塑料的先天性限制。LCP 塑料的耐紫外線特性也受到某程度的限制。LCP 塑料可以使用常規的模塑方法進行加工，例如射出成型和押出成型。與所有聚酯類塑料一樣，LCP 塑料加工前的除濕乾燥

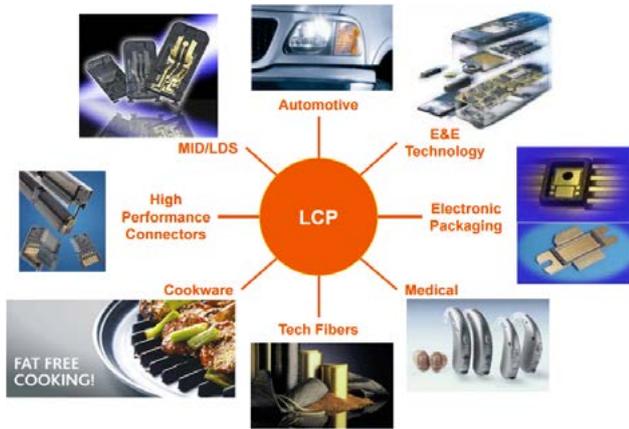


圖 3：LCP 塑料於各產業之應用 (Celanese Vectra® 技術資料)

須確實且至關重要。由於 LCP 熔體的定向性液晶結構，LCP 熔體黏度通常隨著剪切速率的增加而連續降低。可以實現成型非常薄的肉厚產品且不容易產生毛邊現象。另外因為優越的流動性造成較低的填充成型壓力，可以使模具內的細芯不致發生變形或移位。

當液晶聚酯 LCP 塑料熔融時，熔膠也保持著固態時的高度分子排向性。LCP 固態與熔融態有高度相似的分子排向組態，使得 LCP 的成型冷卻過程有相對較小的體積變化與較小的熱流量，同時也促使 LCP 的成型收縮量小且能快速冷卻與縮短成型週期時間。LCP 由於固態到熔融流動態的相轉變，分子組態的規則性變化相當小，所以熔融或固化所需之轉變能量遠低於傳統結晶性塑膠所需能量一個數量級，LCP 具較低熔解熱及固化熱，所以成型週期時間短且容易加工成型。

LCP 塑料成型加工溫度取決於塑料等級，例如 Celanese 的 Vectra® LCP 通常使用 270~310 °C 的熔融溫度 (其中 E 和 S 系列熔融溫度需更高) 和約 80~120 °C 的模具溫度條件進行射出成型加工。而 Solvay 的 Xydar® LCP 可能需要 320~360 °C 的熔融溫度和 65~95 °C 的模具溫度加工條件。模具溫度越高，



圖 4：LCP 塑料於連接器產業產品的應用 (Celanese Vectra® 技術資料)

產品表面光澤度越高。LCP 塑料不同牌號可用於熱成型、板材和管材的押出、光纖電纜的塗層以及薄膜雙軸定向延伸等製程。LCP 塑料也可以進行焊接、黏合和金屬化製程。與其他材料一樣，可以使用諸如激光直接結構化的技術直接沉積導電電路 (例如 Laser Direct Structuring, LDS 製程)。

## LCP 塑料射出成型加工條件考量

針對 LCP 塑料的射出成型加工一般的成型加工條件考量與建議如下：

- 射出成型射出速度條件：LCP 塑料對剪切速率較敏感，增加射速可使 LCP 熔膠的黏度大幅降低，增加射速有利於射出充填，可改善熔接線強度，比藉由提高料溫條件來的合適，但如果澆口過小，極快的射速會造成過度剪切生熱而破壞纖維化的補強效果。
- 射出成型模溫條件：LCP 射出加工模溫設定條件範圍較寬，可設定之範圍為 25°C ~180°C，而最常使用的模溫範圍為 80°C ~120°C；高模溫條件可改善成品表面外觀及熔膠流動性，對高溫後製程 (ex. SMT) 會有較好尺寸安定性。
- 螺管塑化轉速條件：LCP 塑料的螺桿塑化轉速 (rpm)



圖 5：LCP 塑料於車用空調系統感測器之應用 (ref：Kunststoffe 10/2007 pp.138 資料)

需足夠快，以產生足夠的剪切速率確保 LCP 塑料完全塑化，一般小機臺 (D=25mm) 螺桿轉速設定約為 100~200 RPM。

- 螺管塑化背壓 (back pressure) 條件：LCP 塑化時通常不用設定背壓或設定極小背壓條件 (2~3 MPa)。
- 螺管塑化鬆退條件：LCP 塑化時通常可不設定螺桿鬆退，若為解決噴嘴滴垂而設定鬆退，一般建議鬆退距離小於 2~4mm，過度鬆退容易在噴嘴處包入空氣或水氣。
- 射出成型射出壓力條件：射壓設定條件跟 LCP 材料等級、機臺規格及成品設計有關，LCP 具低熔融黏度，所以一般使用較低射壓條件。
- 射出成型保壓條件：一般射出成型的保壓條件會等於或小於射出壓力，因為 LCP 材料冷卻快速，所以保壓時間設定通常會比一般結晶性材料短。
- 射出成型冷卻時間：LCP 材料除具有低黏度且具有極小的熔融熱，成型所需移除的熱量相對較少，所以所需冷卻時間會較短。若成品設計沒有頂出痕考量，則可在較高溫度下就進行頂出動作。在加工建議的模溫範圍都具有非常低的殘留內部應力，所以可設定較低模溫。成品厚度變化時，冷卻時間變化約為厚度變化的平方倍。



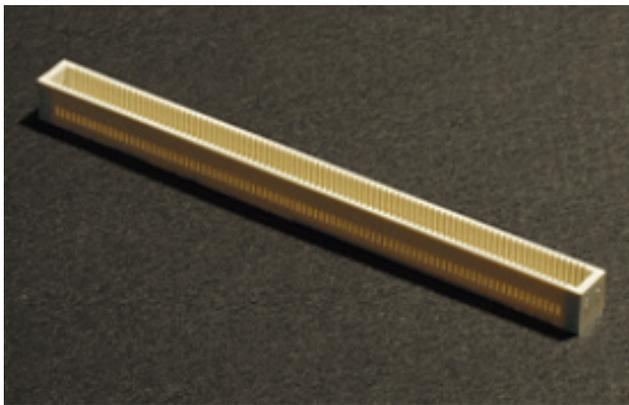
圖 6：LCP/30% 無機物塑料於高度靈敏距離傳感器保護蓋之應用 (ref：Kunststoffe 10/2007 pp.138 資料)

### LCP 塑料的應用

熱配向性液晶高分子 LCP 塑料的產品應用考量大都是看上了 LCP 高性能工程塑料具有出色的薄肉厚高流動性、流動性極佳又不產生毛邊、低熱膨脹係數 (CTE)、低吸濕性、高度尺寸穩定性、高強度和高剛度，以及較短的成型循環時間。

LCP 塑料的電子連接器產品可與多種焊接技術 (SMT) 兼容，但是耐熱溫度的程度取決於 LCP 塑料的熔點 (Tm)、熱變形溫度 (HDT) 和組件上的負載。例如 Celanese 的 Vectra® A 系列等級 LCP 塑料可抵抗高達 240° C 的焊接溫度，而熔點更高及 HDT 更高等級的 LCP 塑料，例如 Celanese 的 Vectra® E 系列和 S 系列 LCP 塑料等級則可以在更高的回焊溫度下工作。無鉛焊料的峰值溫度約為 270° C，因此通常建議使用較高溫度的 LCP 塑料。

正確選用合適等級的 LCP 塑料來模製連接器零組件，即使在高溫焊接過程後也能保持其尺寸精度。LCP 塑料的高強度與高耐熱特性，廣泛應用在薄肉且高機械強度要求的用途上，如半導體封裝及擴音器振動板，低黏度也讓他們被應用在電子方面需要較高精密度的

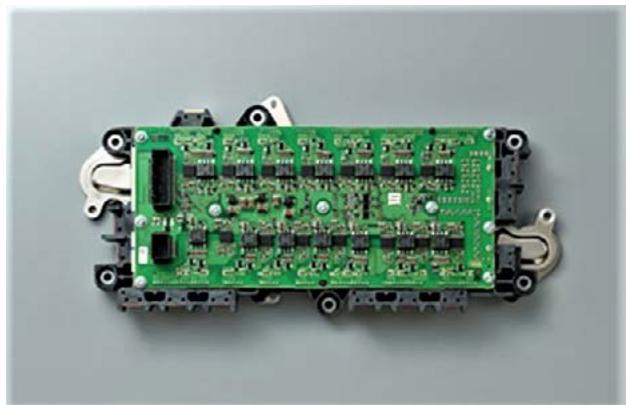


**圖 7：LCP 塑料於 0.6mm 間距連接器產品之應用 (Polyplastics Laperos® 技術資料)**

連接器上。LCP 塑料最廣為人知的應用就是各種形式的高精度和尺寸穩定的連接器 (connector)。微型化程度的不斷提高導致對此類產品的需求不斷增加。其中包括連接器產品肉厚為 0.15 mm 的手機連接器、電路板連接器、邊緣卡連接器、中央處理器 (CPU) 插座連接器、測試插座連接器、加熱器插頭連接器、微型多媒體讀卡器、智能卡讀卡器、光纖連接器和金屬互連等的 LCP 塑料產品應用。而在行動電話中，LCP 塑料可用於 SIM 卡連接器、輸入 / 輸出連接器、micro SD 卡連接器、軟性印刷電路板連接器，以及相機模塊的外殼等。

其他應用還包括 CD 播放器中的基板和透鏡架、射出金屬化金屬手機天線、精密微模製磁盤驅動器組件、靜電耗散薄膜導軌、手機框架、虛擬現實耳機、無鉛焊接繼電器、精密按鈕外殼、微型開關、夜視鏡組件、微型電源轉換器外殼、磁帶驅動器機箱、表面安裝繼電器、便攜式投影儀組件、手錶底板、燈座、微波爐門板、燃料電池組件、可消毒器械托盤、外科縫合器、皮膚拉伸器和精密無針注射器。

礦物填充的 LCP 等級塑料越來越多地被用於熱成型炊具，例如鬆餅盤、烤箱盤和烤盤。利用 LCP 的出色阻



**圖 8：LCP 塑料於 IT 設備之應用 (Polyplastics Laperos® 技術資料)**

氣特性，含 LCP 塑料的多層膜可以應用在食品和非食品的包裝材料。已經開發出各種技術，例如涉及旋轉模具的技術，以生產雙軸延伸的薄膜和管材。生醫器具的應用包括內窺鏡、腹腔鏡和泌尿科器械，這些器械得益於 LCP 物料改進的剛度、抗壓強度和抗壓性。目前使用 LCP 塑料生產軟性電路板的產品應用也越來越多。

LCP 具有獨特的優異特性，藉由發揮其機械特性可應用做 AV 機械及 OA 機械上的零部件。藉由發揮其振動特性可用在資訊機械及音響機械上作為收音器的零部件等。此外其耐電焊、耐熱性的優點，也被廣泛地應用在表面焊裝製程 (SMT) 的電子部件等，LCP 塑料的應用產品正在急速地向各個領域展開。常見的 LCP 塑料應用產品有：連接器系列產品、捲線器 (Bobbin)、單邊接觸記憶內存模組 (SIMM) 插口、LED(MID)、QFP 插口、微波爐支架、熱風機機筒、燙髮器、電夾板、電晶體類封裝件、射出成型線路部件 (MID)、光感應器、集成塊支承座、恆速感應器裝置、耳機部件、照相機快門板、身歷聲錄放影機外殼、禁止器開關部件、光纜拉伸件、光纜連接器、光纜接插器、點陣式印表機的底座及線圈、電扇、泵浦 (pump) 的部件、USB 系列、CD 收音器部件、印刷電路板、電子部件、

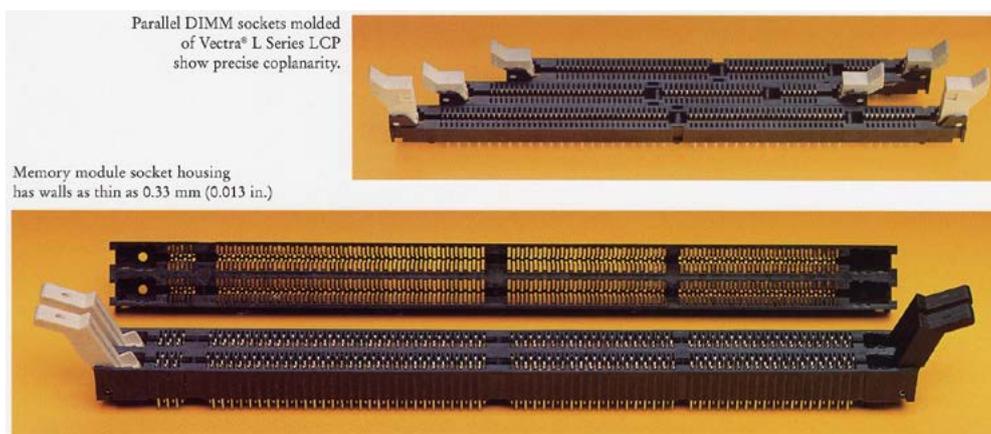


圖 9：LCP 塑料於 DIMM 插槽之應用（Celanese Vectra® 技術資料）

線圈骨架的封裝材、噴氣發動機零件等電子電器。

## 結語

最近通信 5G 的技術議題與市場發展受到高度矚目，而 LCP 塑料因在高頻帶 (Giga Hertz, GHz) 的高週波環境下可以表現較小數值的介電常數 (Dielectric constant) 和正切耗損 (Tangent Loss)，所以 LCP 材料是非常適合在 5G 通訊產品上應用，例如高頻通訊產品市場 LCP 軟性基板將是一項決戰性的產品，5G 手機和穿戴裝置的 LCP 天線模組也都是未來幾年會有爆炸性需求的應用產品。■



## 被廣泛應用且具高性價比的高性能工程塑料： PPS（聚苯硫醚）

■ ACMT / 劉文斌 技術總監

### 前言

聚苯硫醚 (Polyphenylene Sulfide, PPS) 又稱為聚苯撐醚、聚次苯基硫醚。聚苯硫醚 (PPS) 是由對位亞苯基與硫鍵結的交替單元所組成，分子化學結構中含有對亞苯基硫醚的重複結構單元（如圖 1 的分子式化學結構），PPS 塑膠是由苯環和硫原子交替排列而成的高分子線型剛性分子結構，是一種化學結構簡單的結晶性耐高溫高性能工程塑料。

PPS 塑膠是具高強度、高剛性且不透明的聚合物。聚苯硫醚 (PPS) 是一種目前逐漸被應用到工業產品的高性能熱塑性工程塑料，具有優異的耐熱性、阻燃性、絕緣性，其強度和硬度均高於一般工程塑料，可利用多種成型方法進行加工，而且可進行精密成型。同時聚苯硫醚 (PPS) 與無機填料、增強纖維的親和性以及與其他高分子材料的相容性均有極佳的表現，因而可製成不同的增強填充等級塑膠配方及高分子合金摻配塑膠。聚苯硫醚 (PPS) 是迄今為止產業中性價比較高

的高性能工程塑料，已成為高性能工程塑料中用量較多的塑膠之一。主要被應用於代替金屬與熱固性樹脂，目前被廣泛地應用於各種領域。

### PPS 塑膠的合成製備方法

PPS 在工業製備合成上是在極性溶劑中，在高溫（約 250 °C）加壓下使對二氯苯 (p-DCB；1,4-Dichlorobenzene) 和硫化鈉 (Na<sub>2</sub>S) 或硫氫化鈉溶液 (NaHS) 進行縮聚反應而成。PPS 塑膠的縮合聚合反應如圖 2，PPS 合成反應含脫水反應、脫鹽反應、放熱反應、高溫加壓反應等各種要素的組合反應。

通過上述聚合反應所得到的聚合物，經過精製工序，熱交聯處理（交聯型 PPS）加工成塑型用化合物。上述 PPS 塑料合成反應中，因所使用的合成原料 - 對二氯苯單體，其中含有氯原子，如果 PPS 塑料在精製過程後仍殘留過多氯原子，也會造成 PPS 塑料在成型加工的過程中容易產生氯氣或氯酸氣，對人員與設備會

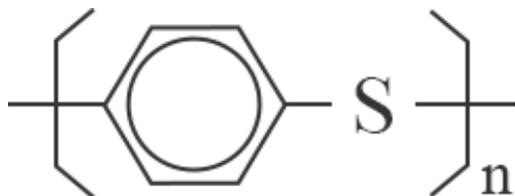


圖 1：PPS- 聚苯硫醚塑膠的分子重複單元分子結構

造成一定的傷害。目前已有料商開發出不含氯的 PPS 塑料合成製程。

PPS 塑膠大致可區分為兩種，一種是以交聯聚合物為基礎的改性產品，即使在高溫度環境下也可以保持其高剛性、耐蠕變特性；另一種則是以線型聚合物為基礎，具有優良的延展性、韌性，此外由於線型聚合物的純度較高，相較於交聯聚合物，具有在高溫高濕的使用環境下低吸濕的優異性能。一般業界常應用的 PPS 塑料則是藉由添加玻璃纖維 (GF) 等強化材料或無機礦物充填材的強化改性產品，其除了具有原本的高耐熱性能外，同時擁有高度的機械性能及優良的尺寸穩定性等特性。

## PPS 塑膠的發展歷史

PPS 高性能工程塑料具有較長的發展歷史，早在 1888 年就由 Freidel 和 Craft 確認了其存在。20 世紀 40 年代後半期，人們開始考慮將其作為用於商業用途的重要樹脂進行開發。此後，美國飛利浦石油公司 (Phillips Petroleum) 開發出工業化生產工序，1973 年該公司成功率先投入了商業化生產運營，PPS 的第一種商業化工藝是由 Edmonds 和 Hill 開發的（美國專利 3,354,129-1967 年），商標名為 Ryton<sup>®</sup>。由於最初飛利浦開發的原始製程 PPS 塑料的分子量比較低，主要只能用於表面塗層。隨後由於發現在少量空氣（含氧）

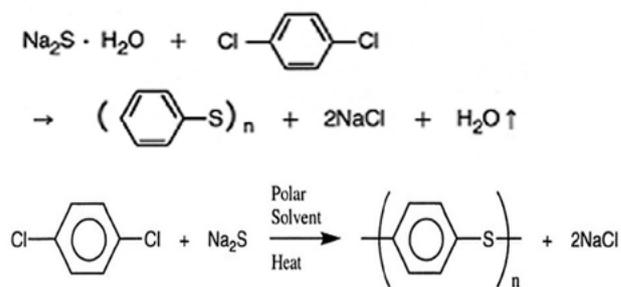


圖 2：PPS- 聚苯硫醚塑膠的縮合聚合反應方程式

存在下，將 PPS 在聚合物的熔點附近進行固化（擴鏈或交聯）反應，則可以提高 PPS 的分子量而生產出可模塑等級的塑料，從而提高 PPS 塑料產品的成型性、機械性能，並能使其具有優良的耐熱性和耐化學藥品性，可將其做為射出成型用樹脂來使用，PPS 作為高性能工程塑料的市場需求也日益增長。

1984 年底美國飛利浦石油公司的基本製造方法專利到期後，多家公司相繼投入了 PPS 的生產。在進行激烈價格競爭的同時，各個廠家開始致力於品質的提高和新用途的開拓。目前 PPS 塑料製造商已開發出了在聚合反應階段通過提高分子量來製成不同形式的 PPS 塑料。目前 PPS 塑料主要有三種形式，包含直線型 PPS、高分子量分歧型 PPS、交聯高韌性型 PPS，同時通過對合成技術和改性技術進行改進開發出低毛邊、低氣體析出等成型性產品。PPS 聚合物塑料大部分被用於加工成為射出成型用改性產品，被廣泛地應用於以電氣 / 電子、汽車電裝零部件為中心的各個領域產品。PPS 塑料目前業界主要塑料供應商如下：

- 大日本油墨 / 迪愛生 (DIC) - DIC-PPS<sup>®</sup>
- 日本東麗 (Toray) - TORELINA<sup>®</sup>, TORAYCA<sup>®</sup>
- 蘇威 (Solvay) - Ryton<sup>®</sup>, PrimoSpire<sup>®</sup>, Tribocomp<sup>®</sup>
- 賽拉尼斯 (Celanese) - FORTRON<sup>®</sup>, CoolPoly<sup>®</sup>, Celstran<sup>®</sup>
- 日本寶理 (Polyplastics) - DURAFIDE<sup>®</sup>

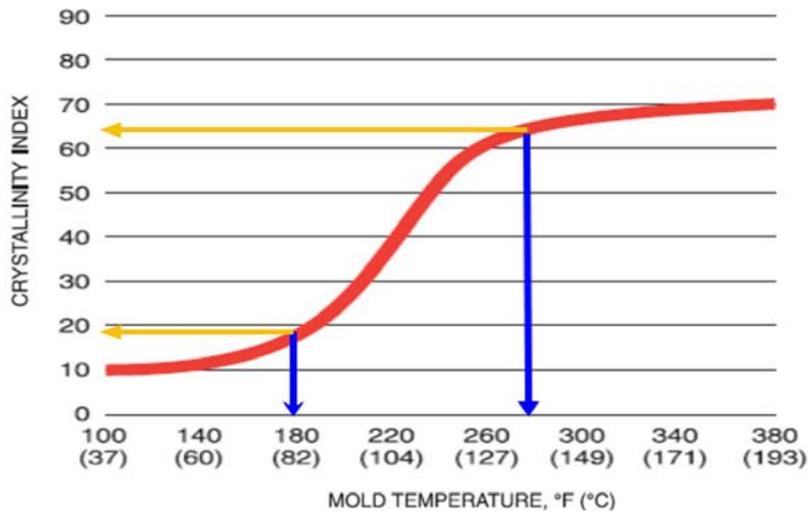


圖 3：PPS 塑料成型模溫條件與產品結晶度的關係

### PPS 塑料的主要特性

PPS 塑料是結晶性耐高溫的熱塑性塑料。即使在 200°C 以上的環境下，PPS 也可維持理想的機械強度及耐化學品腐蝕。除了低吸水性之外，PPS 塑料也具備良好的尺寸穩定性以及絕佳的電氣特性。即使於高溫環境下 PPS 塑料也可維持非常穩定的化學性質。

PPS 高性能工程塑料的特性如下：

- 可以在 200°C 以上的工作條件下連續使用的高耐熱性塑膠。
- 在寬廣溫度範圍內保持高剛性及高強度特性。
- 樹脂本身固有的 UL94 V-0 等級的阻燃性。
- 在寬廣的使用環境條件下，具有優良的尺寸穩定性。
- 僅次於氟系列樹脂的耐化學藥品性。
- 高溫、高濕、高頻環境之下具有優良電氣性能。
- 可進行複雜的高精度成型。

而針對上述 PPS 塑料的各項特性詳細敘述如下：

- **PPS 耐熱性能優異：**結晶性 PPS 塑膠其熔點超過 280°C，熱變形溫度 (HDT) 超過 260°C，長期使用溫度為 220~240°C。在空氣環境下於 700°C 發生降解，在 1000°C 的惰性氣體環境下 PPS 仍可保持

40% 的重量，短期耐熱性能和長期連續使用的熱穩定性能均優於目前所有的工程塑料。PPS 經特殊改性的塑膠型號，熱變形溫度可達 350°C 以上。所以它是極好的高溫結構材料。PPS 的耐焊錫熱性能也遠遠高於其他工程塑料，使其適宜製作電子電器部件。這樣的熱性能，即使在熱固性塑膠中也是不多見。此外，PPS 本身具有良好的絕熱性，但通過添加適當的填充材後，也可製得高導熱性的 PPS 複合材料。

- **PPS 自身具有阻燃性：**聚苯硫醚阻燃性可達到 UL94-V0 等級，耗氧指數 (LOI)>57%。聚苯硫醚自身的化學結構使其具有良好的難燃燒性能，無需加入阻燃劑。
- **PPS 機械性能優良：**PPS 剛性極強，表面硬度高，洛氏硬度 >100HR，拉伸強度 >170MPa，彎曲強度 >220MPa，缺口衝擊強度 >16MPa，彎曲模量 >3.5×10<sup>4</sup>MPa，具有優異耐蠕變性和耐疲勞性。
- **PPS 耐化學藥物性能優異：**PPS 耐化學腐蝕性優異，對於有機醇、酮、酸、酯、酚、脂肪烴、芳香烴、氯代烴以及無機酸、鹼、鹽類等的抵抗性均表現穩定；PPS 除會溶於氯代聯苯和強硝酸外，在 200°C 以下 PPS 不溶於任何有機溶劑。

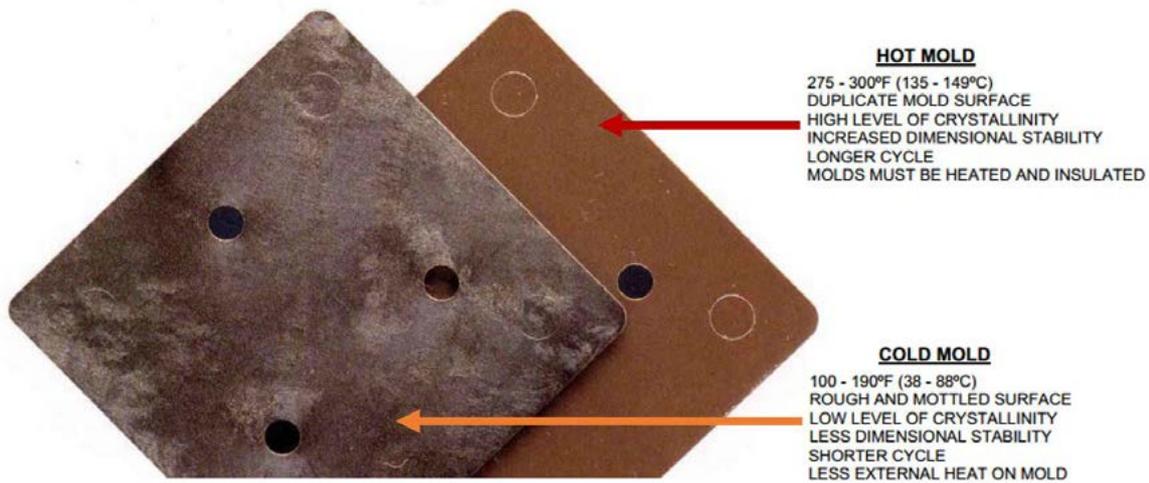


圖 4：PPS 塑料不同成型模溫條件下的產品外觀與特性（Solvay 技術資料）

- **PPS 尺寸穩定性極佳：**PPS 成型收縮率非常低（約 0.2~0.5%），水分吸收率小於 0.05%，線性熱膨脹係數 ( $3 \sim 5 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ ) 也小。在高溫、高濕條件下，仍能表現出良好的尺寸穩定性。故在機械、化工、儀器、儀錶等各個方面都具有廣泛用途。
- **PPS 電氣性能優良：**PPS 在高溫、高濕、高頻條件下，仍具有優良的電氣性能，其體積電阻率為  $1 \times 10^{16} \Omega \cdot \text{cm}$ ，表面電阻率為  $1 \times 10^{15} \Omega$ ，電氣強度  $>18\text{KV}/\text{mm}$ 。
- **PPS 能抗高能輻射：**PPS 對於紫外線和鈷 60 射線的照射耐輻射性能良好，耐輻射可達到  $1 \times 10^8 \text{Gy}$ ，是其它工程塑料無法比擬的。在電子、電氣、機械等領域，特別是軍工產業對耐輻射特性有高需求的產品，PPS 是唯一理想的優良材料。
- **PPS 加工性能好：**PPS 樹脂的熔體黏度低、流動性好，極易與玻纖含浸，因此填充填料容易，用其製備的玻纖或無機填料增強射出級粒料，具有極高抗伸縮性、抗衝擊性、抗彎曲及延展性。在其熔點以上可以統一成形。
- **PPS 與金屬和非金屬黏著性能好：**PPS 特別對玻璃、鋁、鈦、不銹鋼等材質具有非常高的黏結強度，附著力達到 1 級；對玻璃的黏結性能好，極適合作為

化工設備的襯裏。

## PPS 塑膠的耐熱特性

PPS 塑膠是結晶性高分子材料，其玻璃轉移溫度 ( $T_g$ ) 約在  $85 \sim 93^\circ\text{C}$  之間，冷卻結晶化的放熱峰溫度範圍（結晶溫度， $T_c$ ）約為  $127 \sim 135^\circ\text{C}$ ，塑化熔融的熔點 ( $T_m$ ) 溫度約為  $285 \sim 295^\circ\text{C}$ 。隨著樹脂分子量的升高，PPS 塑膠的玻璃轉移溫度 ( $T_g$ ) 和熔點 ( $T_m$ ) 會適當提高。樹脂的熔點及玻璃轉移溫度對製品的力學性能有很大的影響。隨著溫度的改變，純樹脂的動態黏彈性也在不斷變化。加熱到玻璃轉移溫度以上，PPS 的力學性能有所下降。PPS 樹脂的熱穩定性很好，在氮氣 ( $\text{N}_2$ ) 中的分解溫度  $\geq 570^\circ\text{C}$ ，即使在  $643^\circ\text{C}$  的高溫下還能保持 50% 的品質，高分子量 PPS 樹脂的熱分解溫度比普通分子量 PPS 樹脂高，說明隨著樹脂分子量的升高，樹脂的熱穩定性會有所提高。

聚苯硫醚的熱失重分析表現，在  $500^\circ\text{C}$  以下的空氣和氮氣中加熱沒有明顯的品質損失，只有在  $700^\circ\text{C}$  空氣中才會完全降解。而在惰性氣體中，即使在  $1000^\circ\text{C}$  的高溫下，仍能保持其原品質的 40%。PPS 的優良熱穩定性還表現在高溫環境下的強度保持率和高溫熱老化



圖 5：PPS 塑料應用：電動車變頻器匯流排 (Tosoh 技術資料)

後的強度保持率上。在氮氣中，500°C以下加熱沒有明顯的品質損失，即使在 1000°C的高溫下，仍能保持其原品質的 40%，其防火阻燃等級為 UL-94 V-0 等級，在 200°C以下不溶於絕大多數有機溶劑。

## PPS 塑料的產品應用考量

PPS 具有優異的特性，可以滿足廣泛應用範圍內所要求的性能，對設計人員、模塑人員來說，是極易使用與加工的高性能工程塑料。PPS 塑膠本身具有難燃特性，對於 PPS 純料（不添加難燃劑等級）在 UL94 難燃性測試試片厚度達到 1/64 inch (約 0.4mm) 時，仍可通過 UL 94 的 V0 等級測試。另外 PPS 也具有優異的尺寸安定性，PPS 塑膠的收縮率與射出部件產品的厚度有關，也和射出加工時熔膠在模穴中流場的流動方向有關，一般 PPS 射出件在垂直接流動方向 (transverse flow direction,TD) 的收縮量值會是流動方向 (flow direction,FD) 收縮量值的兩倍以上。所以對於需要有很高精度或配合度要求的射出件而言，通常 PPS 塑膠或是一般結晶性塑膠在成形上是比較難以達到高精度的精度要求；因為結晶性塑膠與非結晶塑膠在冷卻收縮的均勻性上就會有所差異，結晶性塑膠的冷卻收縮率通常很難在各方向上都均勻，所以在冷卻後的尺寸精度要求上會比較難以控制。



圖 6：PPS 塑料應用：耐高電壓電氣零件 (Tosoh 技術資料)

之所以會選擇 PPS 塑膠來生產塑膠件，通常是考慮到 PPS 的兩項重要性質，PPS 具有優異的耐化性（抗化學藥品性）以及 PPS 塑膠具有較高的熱變形溫度；PPS 的 UL 指標溫度 (UL temperature index)-（一般此溫度也可視為連續可使用溫度）可以超過約 105° C，塑膠材料的連續使用溫度可以高過 PPS 塑膠的，除了熱固性塑膠外，就是少數幾支高單價的高性能工程塑膠，但是其價格目前都高過 PPS 塑膠價格的 10~20 倍以上。PPS 塑膠因為近年來的單價已經大幅地下降，目前 PPS 可說是高性能工程塑膠中單價最低者，且已相當接近泛用工程塑膠的價格。所以在使用上，是高性能工程塑膠中最被普遍接受的塑膠。PPS 塑膠目前商品料可使用的顏色不多，主要有偏土色的本色以及褐色、黑色與深藍色等。

當在設計使用 PPS 塑膠的射出件產品時，要避免去設計倒鉤 (undercut) 之類的機構，因為 PPS 是剛性很強，性質偏脆的塑膠，其延伸率相當低，所以並不適用於倒鉤之類的設計。另外應用 PPS 塑膠時還應注意補強與改質等級（如玻璃纖或碳纖維）的異材質之間的相容性，如果界面相容性不佳則產品容易產生開裂現象。PPS 塑膠在受到紫外線或螢光燈的照射下，產品可能會變成茶色。



圖 7：PPS 塑料應用：光學讀寫頭滑座 (TorayTorelina® 技術資料)

### PPS 塑料的射出成型加工

PPS 高性能工程塑料的成型加工需要特別注意，需要使用正確的成型加工條件才能獲得 PPS 塑膠正常的材料性質。PPS 材料的許多優異性質，主要是藉由 PPS 材料的高結晶特性與所能形成的結晶度所決定。PPS 塑膠在射出成型加工時，模溫的條件設定相當重要，通常 PPS 材料射出成型的表面模溫條件至少需要達到 135°C 以上，才能使 PPS 產生較優良的結晶作用，而部分成型 PPS 塑膠的加工現場會用到 150°C 的模溫條件。加工現場常見的模溫加熱方式是使用熱煤油循環式模溫機或是利用在模具上設計加裝加熱棒 (pipe heater) 或加熱電阻絲方式來加熱模具。

如果 PPS 材料射出成型時的模溫條件低於 135°C 時，射出部件產品將無法產生適當的結晶分子結構，因此在低模溫條件下（低於 135°C）所成型的射出件將會因為沒有產生較佳的結晶結構而使產品的物性強度偏低，如果這些產品在後續的應用環境中會處在一個高溫（超過原先使用的模溫溫度）環境下，則將會造成產品再次進行後結晶現象，同時也將使產品的尺寸後收縮，並導致性質與物性發生改變，如圖 3 所示為 PPS 塑料成型模溫條件與產品結晶度的關係。圖 4 則是使用不同高低模溫條件下，PPS 射出產品的表面外

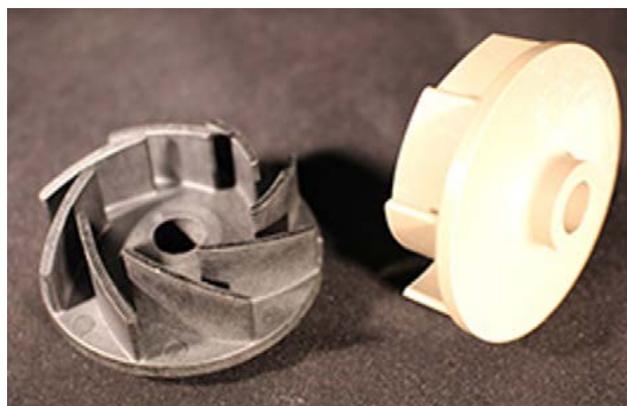


圖 8：PPS 塑料應用：高壓水泵葉片 (Solvay Rytron® 技術資料)

觀與特性的差異。以 PPS 材料的熱變形轉移溫度 (Heat Deflection Temperature, HDT) 為例說明，如果 PPS 成型時，模溫偏低，造成射出件產品形成非結晶狀態，那產品的 HDT 溫度就表現得很低，約為 175°C；但是如果使用高模溫成型條件，將使得 PPS 的結晶度拉高，則產品的 HDT 溫度將可達到 260°C 左右。

PPS 塑膠是屬於結晶性塑膠 (Tm 約 285°C)，熔融後的熔膠具有良好的流動性，可成型薄件產品。PPS 塑膠有許多配方等級可以適用在射出成型加工，但是因為純的 PPS（純的 PPS 材料是粉末形式）塑膠在加工上較難加工，所以大部份商業化的 PPS 塑膠等級，多是具有高比例的玻纖或礦纖等無機物添加劑的配方組成，某些廠牌 PPS 塑膠等級甚至無機物添加量會達到 70wt% 左右，然而最常見的等級規格則是 PPS 添加 40%GF 的配方。

PPS 塑膠具有優異的耐化學藥品性與較高的熱變形溫度，同時具有高剛性與較強的機械物性，薄形件產品在摔落時會發出類似金屬的清脆聲，所以在應用上 PPS 經常是用來取代金屬件產品或是熱固性材料產品。另外，由於 PPS 在低溫環境下，也依舊能保有一定程度的物性表現，所以也經常被應用到低溫環

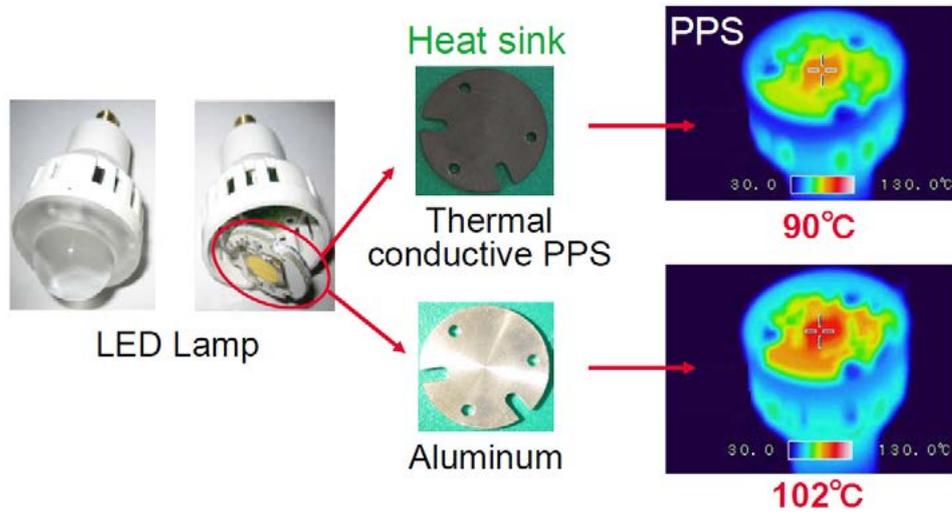


圖 9：LED 燈泡內高導熱 PPS 底板應用可有效降低熱輻射 (Tosoh 技術資料)

境使用的產品。PPS 塑膠常見應用的產品有連接器 (connectors) 產品、通信設備裝置、儀器類箱殼件、軍事類用品應用等。

## PPS 塑件的二次加工

PPS 塑膠可利用超音波製程進行後加工熔接，也可以利用超音波製程進行 PPS 與金屬嵌件的相互熔接；PPS 塑膠件也可以利用一般 CNC 機械進行切削等後加工，但是因為一般 PPS 配方中通常具有高比例含量的玻纖等無機填充劑，所以對於切削刀具的損傷會較為嚴重。

## PPS 塑料的主要應用範圍

**電子電氣：**微型電子元件封裝、連接器、接線器、插座、線圈骨架、微調電容器、保險器基座。

**機械儀錶：**泵殼、泵輪、瓦、齒輪、滑輪、萬向頭、密封墊、法蘭盤、計數器、水準儀、流量計部件。

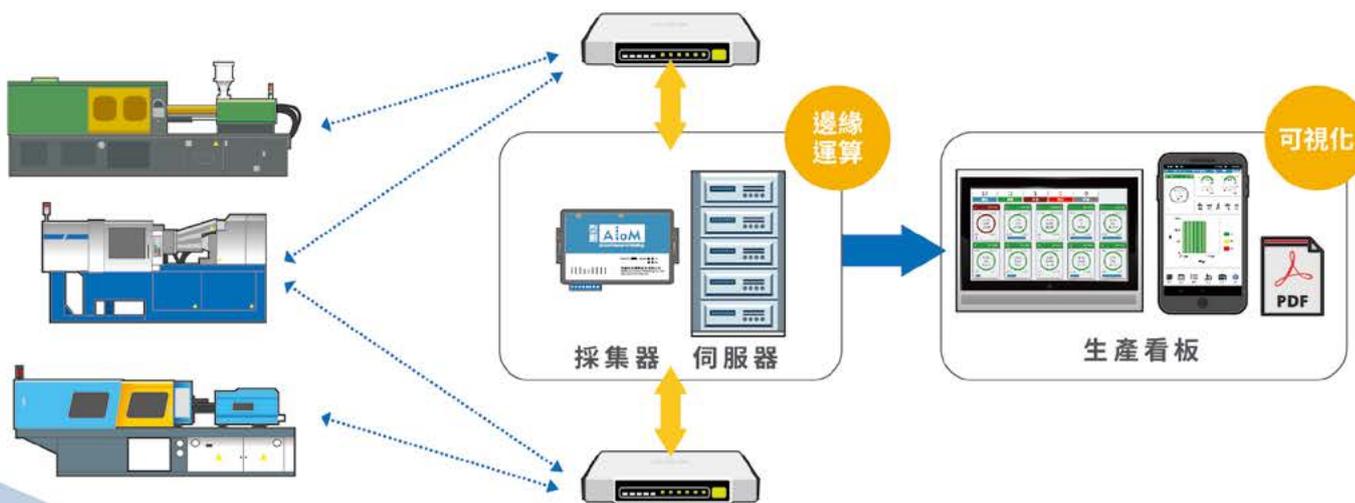
**汽車領域：**溫度感測器、汽化器、進化器、汽化泵、坐椅基座、水箱水室。

**家用電器：**電風扇、微波爐支架、乾衣機、咖啡煲、電飯煲、熱風筒、燙髮器、空調壓縮機。

**軍事領域：**製作殲擊機、導彈垂直尾翼、導彈燃燒室、航空、航太、飛行器接插件、線圈骨架、儀錶盤諸多部件，特別是隱形戰鬥機、轟炸機主要部件。此外，還被應用於核潛艇耐核輻射零件部分、槍支、頭盔、軍用帳篷、器皿、宇航員用品、美國研製的新型戰車和英國研製的塑膠坦克，以及軍艦、潛艇的耐腐蝕、耐磨零部件等等……。

**纖維、薄膜：**用 PPS 纖維與其它合成纖維混紡，可製作高性能工業濾布、耐輻射的宇航用布。PPS 薄膜是最好且絕緣等級達到 F 級的絕緣材料，可製作電容器、阻抗電子元件、扁平線圈骨架、電線包覆物、掩蓋物、汽化器隔膜，熱敏印刷材料、柔軟碟、電子攝影用感光帶等。■

## 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 2020-09-A05

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



## TPEE（聚醚酯彈性體）材料之特性與應用介紹

■合泰材料 / 林明輝 總經理

### 前言

TPEE（聚醚酯彈性體），其分子中的硬質段為聚酯，軟質段則為 Tg 值低的聚醚或聚酯，為多嵌段共聚物。依照分子構造之不同，TPEE 又可分為以下三種類型：

- 聚酯、聚醚型：硬質段是芳香系結晶性聚酯，軟質段則是聚醚。
- 聚酯、聚酯型：硬質段是芳香系結晶性聚酯，軟質段則是脂肪族聚酯。
- 液晶型 TPEE：硬質段是剛直的液晶分子，軟質段為脂肪族聚酯。

在上述三種 TPEE 類型中，最常被使用且需求量最大的是聚酯、聚醚型的 TPEE，其中硬質段以 PBT 為代表，由丁二醇與西夫酸二甲酯所構成，軟質段聚醚則是以 PTMG 為代表。因為 PBT 具備優秀的耐熱性，結晶速度大，而 PTMG 則具有低玻璃轉換點 Tg，故此種 TPEE 的成型性非常優秀，並具有平衡的物性以及高耐熱性。作為熱可塑彈性體，TPEE 能發揮其機能的

範圍為高硬度範圍。在低硬度範圍，因其鏈長數目小（3 以下），硬質段會溶解在軟質段中而存在中間層，因此出現微相分離不完全的情形，導致無法具備完全的彈性體機能，故 TPEE 低硬度製品不易獲得。

### 性能及加工工藝方面之特點

TPEE 在性能及加工工藝上主要有以下幾項特點：如耐熱性最高、耐荷重大、回彈性高、反覆疲勞特性優且性質強韌、耐油 / 耐藥品 / 耐化學溶劑性佳、低溫撓曲性較 TPU 更佳等

TPEE 結合了高性能彈性體和柔性塑料的特點，除了有出色的柔性和彈性外，還具有高抗蠕變、抗衝擊及彎曲疲勞，以及具有低溫靈活性等特點。常被用來成型各種軟管、傳送帶、齒輪、窗口蓋等具有密封、反彈、永久不變需求的產品。此外，TPEE 在零下 40°C 的低溫環境下也仍然能夠保有其彈性。



圖 1：TPEE 在  $-40^{\circ}\text{C}$  的低溫環境下，也仍能保持彈性



圖 2：Apple 電源線採用 DSM 的 TPEE



圖 3：採用 Dupont Hytrel 的網狀靠背座椅



圖 4：發泡型 TPEE 材料被大量應用在新幹線內部座椅上

## TPEE 材料特性解析

- **韌性和回彈性：**TPEE 除了具備出色的韌性、耐衝擊性和抗蠕變性外，還具有極佳的耐彎曲疲勞性、滯後性，以及類彈簧性能。
- **超耐溫性：**TPEE 具有優秀的耐溫性，不僅能在高溫下依舊具有良好的機械性能，其在  $-40^{\circ}\text{C}$  的低溫下，也仍能保持彈性。
- **耐化學藥品：**耐油、燃料、碳氫化合物溶劑和其他化學藥品。

## 應用案例

### 電源線

隨著 Apple iPhone 行銷全球，讓 TPEE 材料被廣泛應用在日常生活中，唾手可得，其優異的可撓性及絕佳

觸感，很容易與其他材料區分。

### 椅墊

TPEE 材料可用於提高座椅的舒適度，以及無拘束的活動能力，但價格較高。近年來，TOYOBO 在發泡型 TPEE 應用上，推出許多產品，其中最受矚目之一，就是大量被應用在新幹線內部的座椅上。TPEE 具重量輕、回彈性佳、抗菌、可回收、且耐久不變形的特性，為現行發泡材料中，極具競爭力的座墊環保材；相較傳統座墊材質，TOYOBO Breathair 具備較大的孔隙，可讓空氣及水易於穿透，不殘留在發泡材內部的特性，常被應用在椅墊、床墊等產品，可直接清洗、烘乾，解決髒污殘留的問題。

### 照明

除上述提到的應用於椅墊外，TOYOBO 將另一款硬度

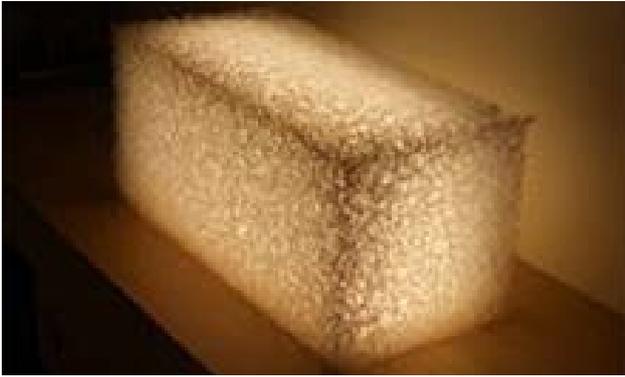


圖 5：以發泡型 TPEE 做成夜燈，營造出柔和不傷眼的夜間照明環境

較高的發泡型 TPEE 做成夜燈，營造出柔和不傷眼的夜間照明環境，也是一種極具吸引力的特殊應用。

### 醫療床墊

Panasonic 將其應用在醫療床墊上，使產品具有可清洗、良好抗菌性，以及高舒適度等優點，並且大大地解決了醫療床墊的清潔問題。■



圖 6：Panasonic 將其使用在醫療床墊上，大大地解決床墊的清潔問題



# 台灣3D列印暨 積層製造設備展

Taiwan 3D Printing and  
Additive Manufacturing Show

25 Aug. (Wed.) ▶ 28 Aug. (Sat.), 2021

台北南港展覽館 Taipei Nangang Exhibition Center

**一鍵列印未來的模樣**  
Print Your Imagination

## 展出項目 / Exhibit Profile



**積層製造設備暨零組件**  
Additive Manufacturing Equipment



**技術製造**  
Additive Manufacturing Technology



**應用軟體與相關系統**  
3D Software & System



**設計及其他代工服務**  
Design & Other Related Service



**積層製造耗材**  
3D Printing Components & Supplies



## 展出費用 / Exhibit Fee

攤位形式 Type of Booth (9m <sup>2</sup> )	定價(含稅) Price (Tax included)	早鳥價(含稅) Early Bird Discount (Tax included)
淨空地 Raw Space	NT\$49,350	NT\$46,200
標準攤位 Standard Booth	NT\$54,075	NT\$50,925

※2020.10.31前報名享早鳥價 / Early bird discount is available for registrations received on or prior to 31-Oct., 2020.

## 報名專線 / Contact us

展昭國際企業股份有限公司 Chan Chao International Co., Ltd.  
TEL: 02-26596000 Fax: 02-26597000  
林鈺婷小姐 Ms. Ivy Lin #192 / 楊于德先生 Mr. Harry Yang #107  
show@chancho.com.tw

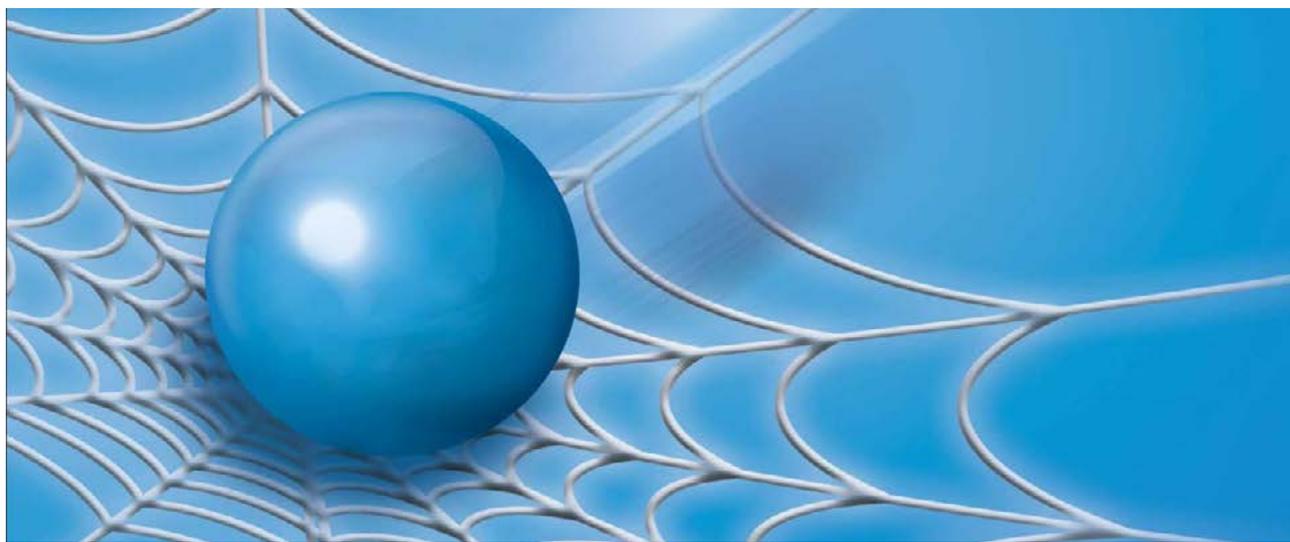
主辦單位Organizer:

三維列印協會 台灣區模具工業同業公會 展昭國際企業股份有限公司



官方網站

廣告編號 2020-09-A06



## 耐衝擊的重大變革：AKROMID® HI 衝擊改性材料系列

■安科羅工程塑料

### 前言

大名鼎鼎的聚醯胺 (PA) 作為一種填充 / 增強級複合物，可以增強相關應用的剛性和強度，因此在工程部件中有著大量應用。與此同時，自帶吸水特性的聚醯胺材料，其機械性能受環境條件（除溫度之外的吸水率和濕度）的影響較為明顯。因此，吸濕後的聚醯胺製品強度與剛成型時的強度是不同的。AKRO-PLASTIC 安科羅工程塑料為此開發了一系列衝擊改性牌號：抗低溫衝擊 (S1) 和抗幹態衝擊 (S3)，以適用於產品複雜的應用環境，滿足全球客戶需求。

### 使 100 公斤樣品無壓通過 1.2 米高的掉落衝擊試驗

英國技術模具製造商 Glazpart 希望尋找以塑代鋼材料用以取代傳統的鋼製大型工業儲氣罐安全閥。面對客戶需求，安科羅配合開發了「高衝擊材料 AKROMID® B3 S1 grey(4377)」並與競爭對手一起提交進行測試。

在 AKRO 安科羅與客戶的緊密合作下，AKROMID® A3 S1 grey 材料樣品在要求苛刻的跌落衝擊試驗中——100 公斤圓筒升起 1.2 米，並在防護罩上掉落到堅硬的表面上，環境溫度範圍為 -40° C 至 +65° C 的測試條件下保持完好如初。

在歷時一年零五個月左右的測試以及認證之後，中國工廠生產每一批次 AKROMID® A3 S1 grey 都通過 300 多次測試之後運往英國，並且在接下來的產品迭代中，安科羅也依然與 Glazpart 保持合作。

其中被選為以塑代鋼結構件之材料的 AKROMID® A3 S1 grey(4377) 主要具有以下三項特性：

1. 在 -40° C 至 +65° C 範圍內測試表現優異。
2. 超高的抗衝擊性能。
3. 優異的熔接線強度。



圖 1：安科羅與 Glazpart 共同研發之儲氣罐安全閥在 SPE Europe 展出

## 定制化產品組合

AKRO-PLASTIC 安科羅工程塑料豐富的产品細分使得客戶可根據產品要求來定制强度和韌性的適配組合。非增強級的衝擊改性材料可表現出高衝擊強度，而玻璃纖維增強級別則能夠提供更高強度下的性能平衡。

另外，所有聚醯胺複合物的衝擊強度均在室溫調濕處理之後有所提高。為此安科羅研發出抗乾態衝擊 AKROMID® 等級，以用於乾燥氣候環境或免除後處理之工序。因此，採用插拔連接的產品可在射出成型之後就裝配，而無需做調濕後處理，從而減少後工序，加速生產進程。

例如：AKROMID® B3 2 RM-D 黑色 (3255) ——具備良好抗乾態衝擊性能的特殊 PA-ABS 材料是替代傳統衝擊改性材料的良好選擇。在圖 2 中，以標準 PA 6 B3 1 black(2501) 作為參照，可以發現採用 RM（減少吸水率）配方的產品受吸濕影響最小。

## 應用案例不止於工業

### 小物件之應用

如 AKROMID® A3 1 S3 black (1139) 被應用於製作束線帶，其所帶來的優勢有三，首先是無需進行調濕後處

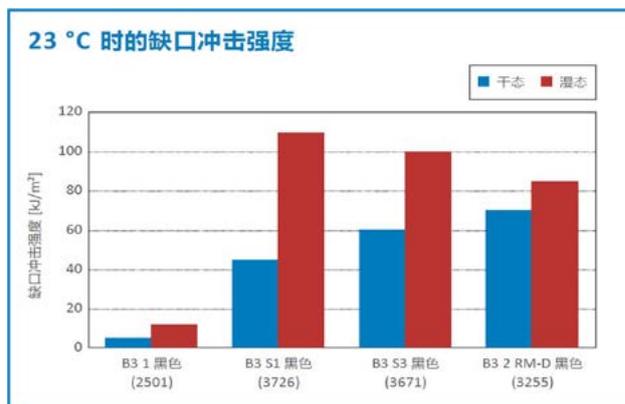


圖 2：各系列材料在 23° C 時，乾、濕態狀況下的缺口衝擊強度

理，二是可耐受溫度從 -40° C 至 +100° C，三則是其可承受之拉力大於 540N。

## 工藝之應用

安科羅的衝擊性材料還可以應用在雙色射出中，有助於增加聚醯胺硬膠和軟膠部分之間的黏合力。如圖 3 即為實驗測試片 AKROMID® A3 GF 30 7 S3 black (5393) 與 TPU 黏結。

## 運動用品領域

衝擊性能改良的 AKROMID® 材料不僅被廣泛應用於各工業領域，除上述所提到的應用案例，安科羅在運動用品領域也有成功案例，在日常體育運動和休閒活動中所使用的組件經常需要承受較大的力乃至衝擊負載。

接下來的例子是與美國溜冰鞋客戶 T-Blade 的合作案例，為滿足其要求，採用了抗衝擊 AKROMID® 製造冰刀架。一旦刀片磨損，僅需更換新刀片即可。即便是在這樣的低溫環境下使用，該材料也能滿足組件的高標準。

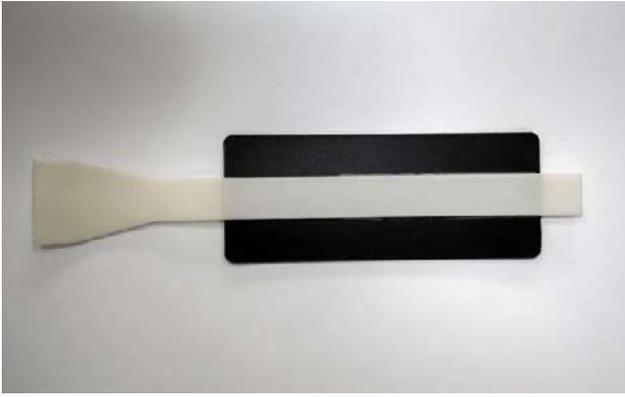


圖 3：實驗測試片 AKROMID® A3 GF 30 7 S3 black(5393)  
與 TPU 黏結

## 結語

AKRO 安科羅在衝擊改性材料領域擁有多年的全球跨行業應用經驗，且致力於為更多行業客戶提供量身定制的產品解決方案。在市場產業升級的大環境下，安科羅願攜手客戶共同開發更多的應用可能性。■



圖 4：與 T-Blade 合作，以抗衝擊 AKROMID® 製造冰刀架，  
一旦刀片磨損，僅需更換刀片即可

## 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



TAIMOLD 2021 台北國際

# 模具暨模具 製造設備展

TAIPEI INTERNATIONAL  
MOLD & DIE INDUSTRY FAIR

25 Aug. (Wed.) ▶ 28 Aug. (Sat.), 2021

台北南港展覽館 Taipei Nangang Exhibition Center

**模具4.0：智慧模造 未來成型**  
Molding 4.0 : Shape The Future of Industry

## 展出項目 / Exhibit Profile



**塑橡膠及金屬模具**  
Plastic, Rubber and Metal Mold



**刀夾具及測量工具**  
Milling Cutter, Fixture and Measuring Instrument



**模具加工設備**  
Molding Machine & Processing Equipment



**材料暨處理技術**  
Mold Making Materials & Technology



**模具檢測及設計**  
Mold Test & Design (CAD/CAM/CAE)



**周邊設備配備暨零組件**  
Peripheral Equipment and Components

## 展出費用 / Exhibit Fee

攤位形式 Type of Booth (9m <sup>2</sup> )	定價(含稅) Price (Tax included)	早鳥價(含稅) Early Bird Discount (Tax included)
淨空地 Raw Space	NT\$49,350	NT\$46,200
標準攤位 Standard Booth	NT\$54,075	NT\$50,925

※2020.10.31前報名享早鳥價 / Early bird discount is available for registrations received on or prior to 31-Oct., 2020.

## 報名專線 / Contact us

展昭國際企業股份有限公司 Chan Chao International Co., Ltd.

TEL: 02-26596000 Fax: 02-26597000

林鈺婷小姐 Ms. Ivy Lin #192 / 楊于德先生 Mr. Harry Yang #107

show@chancho.com.tw



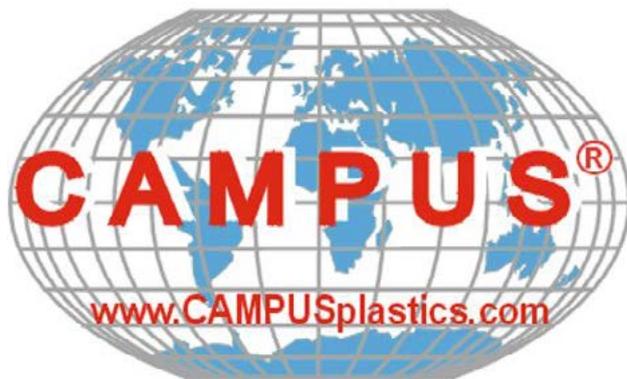
官網

主辦單位 Organizer :

台灣區模具工業同業公會 三維列印協會 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

廣告編號 2020-09-A07

# CAMPUS



## CAMPUS® 材料庫介紹

■ ACMT / 劉文斌 技術總監

### 前言

CAMPUS® 材料數據庫是目前國際上最著名也是最成功的材料庫。國際上塑料領導品牌料商目前已有很高比例都使用 CAMPUS® 系統向客戶發布產品信息。CAMPUS® 是唯一一個根據具有約束力的國際標準並專門提供真正可相互比對的材料數據資料庫。

「CAMPUS」是取 Computer Aided Material Presentation by Uniform Standards 中每個字的字首縮寫而成，即是代表「電腦輔助材料預選的統一標準」的縮寫。CAMPUS® 是國際上相當著名的塑膠材料數據資料庫，是塑料特性的多語言數據庫。就塑料性能的標準化測試數據以及塑料相互間的數據對比應用而言，它可說是國際上塑料材料數據資料庫的領導者。

目前新版的 CAMPUS® 材料數據庫中已有相當程度的圖表數據可供應用，CAMPUS® 塑料資料庫的數據內容是基於 ISO-10350 標準的單點數據值（例如密度值），

以及基於 ISO-11403 標準的多點圖表形式數據值（例如應力 - 應變曲線）。

### CAMPUS® 材料數據庫的標準化

1980 年代，歐洲熱塑性塑料市場極為混亂，一方面是因為市場上料商所提供的塑料牌號已從 5,000 種增加到 10,000 種，而另一方面則是因為德國 DIN 僅發布了 2,500 多種涉及塑料的技術標準與規範。當使用者參考料商提供的塑料數據，僅引用測試標準是不夠的，不能準確地指定測試內容，更不用說樣品製備上差異的程度了。然而約莫在同一時期，個人電腦的普及化越來越高，客戶可以使用電腦來收集各料商的塑料數據。許多使用者包含塑料應用商和塑料供應商都各自平行且完全獨立地進行了塑料數據的量測與評定，然而當中的一些結果使用了不同之測量取值方式。因此也衍生出了「如何比較這些來源不同材料數據」的問題。由於上述這些原因，德國 DIN 委員會 (DIN-Fachnormkreis) 於 1984 年開始創建一系列塑料

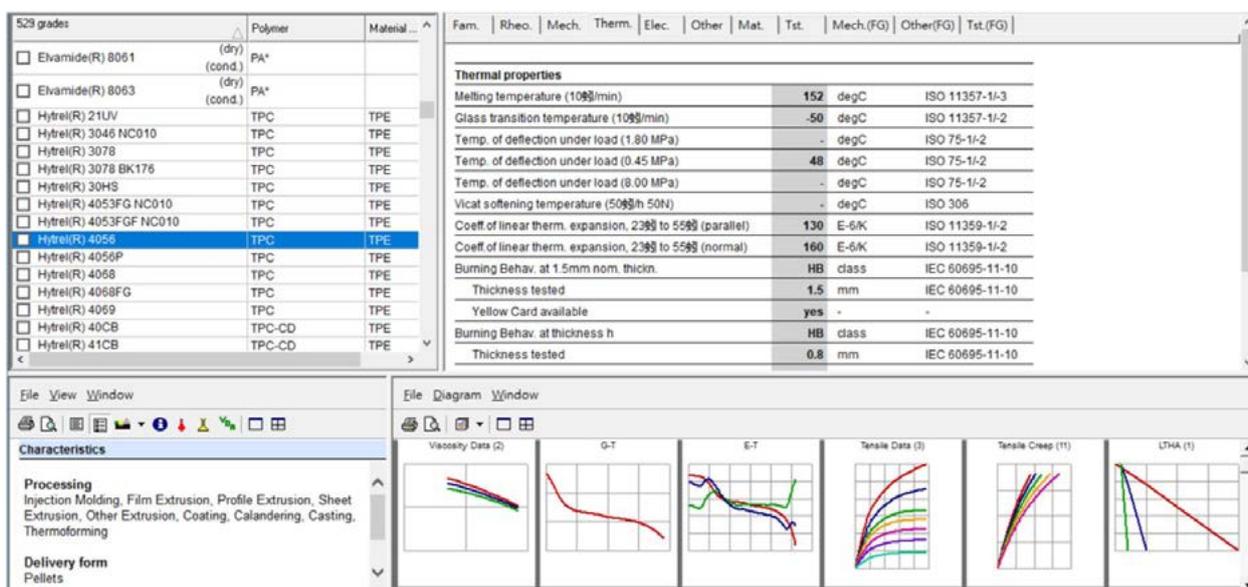


圖 1：CAMPUS® 5.2 網路版的螢幕截圖

測試的首選測試方法（所謂的 Grundwertekatalog，「基礎數據目錄」- 基礎數值型錄 -Ground-values-catalog），該方法滿足了下列要求：定義少量樣品與形狀樣品製備程序；選擇具有國際標準化潛力的有意義測試方法。在歐洲標準化組織中，該提案是在與英國、法國和德國（所謂的「三方論壇」）的緊密合作下，根據 ISO TC61 / SC1 / WG4 來進一步制定的，最終在 1990 年制定 ISO 10350 與 ISO 11403 文件後進行發布。在隨後的幾年中，也針對這兩個標準進行了多次修訂，最近一次的修訂是在 2008 年進行。

### CAMPUS® 材料數據庫軟體開發初期

在 1987 年初，CAMPUS® 藉由替數家原材料供應商開發獨特的數據庫格式，提高了業界對於塑料基礎數值 (Grundwertekatalog) 型式的認識。在與當時主要的塑料供應廠家（例如巴斯夫 -BASF、拜耳 -Bayer、赫斯特 -Hoechst 和赫爾斯 -H ls）討論了數據庫的格式標準。他們發現統一的塑料數據資料庫將具有相當多的優勢，其中包含：

- 可以滿足客戶對塑料數據可比對的需求。

- 利用單一數據庫可取代各料商提供各自各種型錄和數據表。
- 可以加快塑料數據的更新程序。
- 可以簡化塑料的材料預選用程序（數據庫搜索功能）。
- 為其它塑料供應商建立統一可遵循的標準。

在 1987 年 3 月，歐洲這四家塑料供應商公司的專家舉行了第一次會議，藉以確定數據庫開發的體系結構內容是否符合下列需求：

- 「可以輕鬆查詢此數據庫」，在當時這意味著需藉由發送磁碟片以個人電腦應用程序進行查看。
- 「簡便的使用者界面」，易懂的界面選單，以及與各家塑料供應商無關的一致性界面協助系統。
- 「獨立的數據更新記錄」，材料數據的維護應由每家供應商自行負責。
- 「低成本」，當時這是反對集中式管理客戶端與伺服器端架構的主要爭論（發送磁碟片成本低）。
- 「廣泛的可應用性」，與 IBM 兼容的個人電腦最能滿足此要求，希望可以有支援多國語言。



圖 2：收費型 M-Base 數據庫之服務項目

「數據資料易於更新」，數據新版本可以通過磁碟片發送，每年大約一到兩次；而紙本數據型錄只能長期性印刷。但是此時也已經體認到，集中式的客戶端，即伺服器架構在數據釋放發布的頻率方面將會更加有益。

在進一步的會議討論中，創建了產品需求規範，並開始了有關命名的討論。最終決定使用首字母縮寫詞「CAMPUS」（通過統一標準進行的電腦輔助材料預選）。在 1988 年 2 月開始進程式編程，且在 VDI-K 會議期間的新聞發布會上介紹了 CAMPUS<sup>®</sup> 1.2 版本。同時還宣布任何原材料供應商都可以購買許可證，但客戶將免費獲得此標準化數據。此外，該許可證包括嚴格遵守 Grundwertekatalog 的承諾，並由 Chemie Wirtschaftsförderungs Gesellschaft mbH (CWFG) 機構來進行統一發布。

## CAMPUS<sup>®</sup> 第 2 版與第 3 版

CAMPUS 從開發初期，便在塑料產業間享有很高的聲譽，從而得以迅速傳播和進一步深入發展。至 1989 年秋天，CAMPUS<sup>®</sup> 第 2 版本的原型在 K'89 展覽會上推出，並於 1990 年中期交付客戶端使用。該版本具有改進的使用端界面，並擴展了流變數據與熱程序計

算的單點數據值。性質功能相關性也首次在圖表中顯示，例如黏度 - 剪切圖形或應力 - 應變圖形。由於有限的存儲空間，引入了一個概念，藉由幾個樣條點數據來表示一條曲線。CAMPUS<sup>®</sup> 系統到 1990 年 8 月已獲得 22 家歐洲塑料供應商的許可與加入。

CAMPUS<sup>®</sup> 第 3 版則是一個全新的開發，這版本具有修改後的數據結構。通過使用新的硬體功能，以及遵循最新測試標準修訂版的擴展屬性目錄，它提供了更多的可用功能（滑鼠控制、搜索相關文件、縮寫、曲線疊加、後製打印、選項存儲的選單功能等）。塑料數據可以在國際單位制 (SI) 和美國慣用單位 (US) 之間切換測量單位。CAMPUS<sup>®</sup> 第 3 版本也是全球化的開始，因為它不僅被歐洲材料供應商許可授權，而且也獲得美國的杜邦 (DuPont) 和陶氏化學 (DOW) 的許可授權。

## CAMPUS<sup>®</sup> 第 4 版

1995 年，亞洲區特別是在日本，對 CAMPUS<sup>®</sup> 數據出現了強烈的需求。但是在日本廣泛使用的 NEC-DOS 作業系統不允許直接在漢字本文中顯示 CAMPUS<sup>®</sup> 軟體。因此 CAMPUS<sup>®</sup> 第 4 版開始了基於 Microsoft Windows 版本的後續開發。同時也允許包含塑料的加工數據。由於沒有針對此類加工數據建立技術標準，



圖 3：CAMPUS® 軟體之合作廠商列表

因此對每個塑料等級個別保存並翻譯成每種語言。CAMPUS® 4.1 版本還包括了 DSC 曲線和 PVT 數據。

1998 年，CAMPUS® 建立了網站 <http://www.campusplastics.com>。從那時起 CAMPUS® 可以集中傳送數據，在此之前每個塑料製造商都必須分別進行操作。顯然所有數據都可用於下載和更快速的更新。大約在同一時間，CAMPUS® 材料數據中心也發布 M-Base 專用軟體 (<https://www.m-base.de/en/>)，M-Base Engineering + Software GmbH 是 CAMPUS 軟體的官方供應商。該特別版允許在電子表格和圖表中對不同材料供應商的數據庫進行比較，此外可以將數據導出到 CAE 應用程序中。而 CAMPUS® 下一個里程碑是在 2001 年，納入了塑料的耐化學性數據。不過塑料耐化性的性質並未完全標準化，因此料商成員們就化學品清單先達成了一致共識，並通過在 23°C (73°F) 環境下以簡單的符號（如笑臉符號和禁止標誌）來聲明塑料對應化學品的普遍適用性。這樣可以進行簡單的適用塑料搜索，但不能完全代替在特定環境中的詳細分析。

在 CAMPUS® 4.5 版本中納入 TPE 彈性體塑料類別，具有自己的屬性集，同時 CAMPUS® 還擴展線上版本，在 2001 年 CAMPUS® 開始推出 WebView 網路版本，

WebView 是允許線上顯示 CAMPUS® 塑料數據的網路版應用程序。不同於單機版本，可進行更快的搜索，尤其適合偶爾使用的用戶。但 CAMPUS® 網路版功能和網路連接的可用性通常受到限制，這也是兩個版本共存的原因。兩種版本均不允許用戶搜索或比較多個製造商的數據，因為這然是收費型 M-Base 數據庫或材料數據中心的主要業務項目（圖 2）。

## CAMPUS® 第 5 版

CAMPUS® 隨著第 5 版的發布，將使用者界面進行了更新，也進一步包含了互聯網的功能，並允許在應用程序啟動時直接更新資料庫的最新數據。另外一個新功能是「在塑料配方中，最多可使用三種基礎塑料和最多兩種填充料或補強材用於共摻配」。

在 CAMPUS® 5.1 版中，塑料組成物質擴展到了包含耐衝擊改質和阻燃配方的等級塑料。而且熱老化數據也首次被包含在數據中。在 2010 年 1 月 CAMPUS® 發布了 5.2 版本。此最新數據庫版本包含了幾個新的塑料性質，例如塑料的光安定性、添加材質的穩定性和揮發物質排放數據，並且允許根據 VDA 232-201-「用於內飾件、外飾件和引擎室的熱塑性塑料的選擇數據」規範，將其與現有數據一起呈現於報告中。■



## 材料量測在模流扮演的核心價值： 科盛科技材料量測中心

■科盛科技 / 王智偉 博士

### 模流於塑膠加工產業升級所扮演的關鍵角色

現今全球技術發展快速導致許多產品的生命週期不斷縮短，但對產品的需求量卻又不斷增加，為了能夠因應這種變化快速又需要大產量的大時代趨勢，高分子加工製品成為了必要的存在，縱觀全球產業如：汽車、航太、建築、3C 甚至是醫療業等都可以看到高分子加工製品的身影，而且占整體產品的比例不在少數，而這類產品的生產多半運用所謂的射出、押出、熱壓等多不勝數的成型技術生產，其中射出成型技術具有大量生產以及快速這些優點，最為被業界所喜愛，以及能夠生產較為複雜的產品部件，到目前為止射出成型依然是業界主流。

然而塑料種類繁多，因產品功能以及工藝要求的多樣性，以致於每個型號塑料的材料特性均是獨特且不同的。且塑料在成型過程會經歷加熱熔融、形變、壓縮、冷卻固化等複雜過程。模流分析中的材料模型與參數的正確性更直接影響仿真的準確性。因此瞭解塑料特

性變化與模流分析的關聯性除了是模流分析成敗的關鍵，更是掌握工藝技術與提昇產品質量的重要工具。

### 科盛科技材料研究中心

材料研究中心主要以材料的量測，以及幫助 Moldex3D 用戶建立自家公司的材料資料庫為主。有鑑於此，科盛科技花費巨資，量身打造材料研究中心，從基本材料的基本特性到如何量測精準的 CAE 參數。目前實驗室的設備包含：量測熱塑性材料黏度的毛細管流變儀、熱固性材料黏度的平板流變儀、熱塑性材料比容的 PVT、熱固性材料的 PVTC、材料熱性質的 DSC、材料機械性質的拉伸機，以及熱膨脹係數的 TMA。

同時科盛也投入不少資源於發展特殊製程模組如聚氨酯發泡 (PU foaming) 與樹脂灌注轉注成型 RTM，因此也採購了可量測 PU foaming 發泡動力與反應動力的 FOAMAT，以及纖維布滲透率的 EASYPERM。



圖 1：實驗室設備（一）

塑膠高分子的黏彈性質極其複雜，其對於許多現象的影響也可以非常顯著，諸如正向力、剪切力等影響。所以了解物質的黏彈效應對於在射出成型製程當中保有良好品質甚至於產品的品質都相當地關鍵。

塑膠高分子黏彈性的效應在不同的溫度與剪切變形下，黏彈性質均不同。如果僅使用一般流體及彈性模型，要正確地描述黏彈及相關性質在成型過程中的變化與行為是非常困難的。為了讓材料性質對產品的品質與結構的影響更逼近真實，考慮材料的黏彈特性是有其必要性的。尤其是在翹曲變形分析的環節，在冷卻過程中，不同區域的溫度也會隨著時間而變化。而溫度的分布對於翹曲變形有著非常顯著的影響。如果能夠考慮塑料的黏彈性質，則翹曲變形分析的結果將可以更接近真實成型中的熔膠流動行為。

近年來科盛致力於發展黏彈理論於射出模擬的應用，因此了解材料行為以及取得準確的模型參數扮演極關鍵的角色。目前中心有引入可量測熔融態黏彈性質的平板流變儀、可量測拉伸黏度的夾具，以及可量測材料動態機械性質的 DMA，可提供 Moldex3D 黏彈分析

(VE) 模組所需之材料參數，協助使用者更方便的觀察模穴中塑料產生的變化，並進而與翹曲分析及光學分析模組整合進行更進階的分析，讓軟體用戶能夠更精準的預測製程時會發生的問題以利解決。

## 先進理論與量測技術的開發

該中心也同時有進行材料流變相關研究以及量測儀器的開發，由於材料的發展與創新日新月異，越來越多的先進材料被發明並真實運用在產業上，若一直使用舊有的量測技術或是數學模型，而沒跟著時代前進是很危險的。對此，科盛科技材料研究中心對於塑膠材料行為描述的研究，以及量測技術的開發，可說是相當完備。

此外，材料研究中心也與多所頂尖學術單位以及多個業界單位共同合作，一起研發新的量測技術：

- 樹脂灌注轉注成型 (RTM) 中纖維的滲透率 (permeability) 是決定樹脂充填阻力的重要指標，科盛與清華大學化工系姚遠教授合作，探討滲透率學理與量測方式。
- 高性能工程塑料因為其加工溫度往往需要超過



圖 2：實驗室設備（二）

300 度，材料在高溫段的 PVT 特性也需要被考慮到，因此科盛與雲科大合作開發高溫 PVT，以應付不同需求。

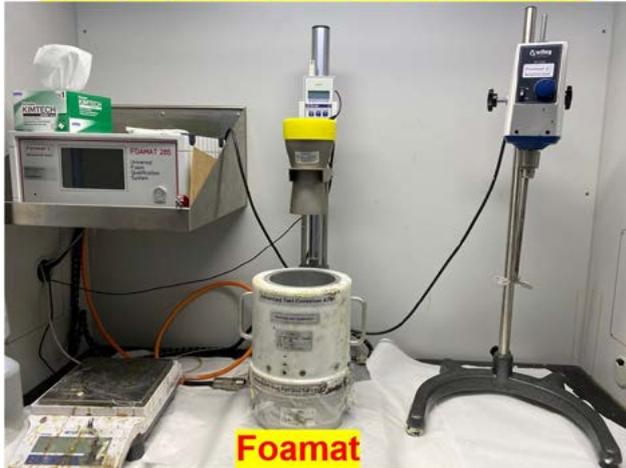
· 熱塑性玻璃纖維氈 (GMT) 在壓縮成型製程中的流變性質非常複雜，傳統的量測方式如平板流變儀無法完整取得成型過程材料變化，因此中心與淡江大學化材系黃招財教授合作，建構壓縮流系統，共同探討 GMT 的流變性質。

量測能力符合國際要求，日後所提供的檢驗報告更能獲得客戶的信賴，而在評鑑過程中，也提升了內部技術人員的數據處理能力，以及材料量測中心的技術和管理水準。未來 Moldex3D 材料量測中心也會持續改善品質管理系統，並且每年至少執行一次管理審查，以提高在檢驗機構市場的競爭力。■

## ISO/IEC 17025 認證

科盛科技 (Moldex3D) 材料量測中心也積極的與國際接軌，在 2017 年也邁向了國際級認可的實驗室，成功的獲得了 ISO/IEC 17025 認證，肯定其在剪切黏度、比熱容量、動態黏度等方面的量測能力，符合國際認證標準。ISO 17025 是國際標準組織 (ISO) 與國際電工委員會 (IEC) 共同頒布的國際標準，適用於所有執行試驗或校正之所有實驗室。幾乎全球所有的國家標準機構和認證機構，都已經通過 ISO 17025。而 Moldex3D 材料量測中心的技術能力，也在 2017 年 12 月 25 日通過全國認證基金會 (TAF) 的 ISO 17025 認證。Moldex3D 獲得 ISO 17025 認證，代表其材料

Testing equipment for PU chemical foaming



Testing equipment for Permeability for RTM



圖 3：特殊製程 PU(Foamat) 與 RTM(EASYPERM) 量測儀器

DMA



Rotational Rheometer



圖 4：塑料的黏彈性質量測設備：DMA（固態黏彈）、Rotational Rheometer（熔融態黏彈），及 SER（拉伸黏度夾具）



## 誠模“T零”實驗室： 對材料之量測與數據應用能力

■誠模精密科技

### 實驗室介紹

蘇州誠模精密科技有限公司材料數據與應用實驗室，面積約 500 平方米，總投資 2000 餘萬元。實驗室以精密模具、射出業務智慧製造發展為導向，以材料表徵、材料應用開發、產學研合作為主要研究內容，是全球首家實業公司建構 CAE 材料表徵能力的全方位實驗室。實驗室設立了 CAE 數據、物性、產品三大檢測室，提供檢測相關解決方案和一站式服務。

實驗室引進了一批國際領先的實驗裝置，目前擁有近 30 餘套設備，檢測項目涵蓋了模具射出類產品的流變性能、熱性能、機械性能、環境性能、理化性能等，檢測實驗能力的完備性及先進性居於行業領先地位。

實驗室堅持「科學嚴謹、客觀公正、準確高效、持續改進」的質量方針，秉承智慧化、數位化的發展理念，不斷加大實驗室設備投入和管理方式的創新。

### 實驗室三大核心價值

在「高分子材料數據快速檢測」方面，可以快速提供材料 CAE 仿真模擬數據，結合 Moldex 3D 軟件模流分析和精準模具加工，努力實現模具“T零”量產目標；在「材料應用開發」方面，與多國材料供應商進行戰略合作，構建產品應用研發能力，致力於成為材料應用開發解決方案的提供商，為客戶提供獨特價值和一流服務；在「產學研合作」方面，公司長期注重與致力於創新應用的高校、科研院所的合作，實驗室具備行業內一流的實驗裝置，是創新研究和人才培養的孵化基地。

### 技術服務

實驗室按照 ISO/IEC 17025 體系運行，符合 CNAS-CL01《檢測和校準實驗室能力認可準則》，並於 2020 年 4 月通過 Moldex3D 實驗室認可。

實驗室致力於塑料射出成型產業的 CAE 數據包能力建

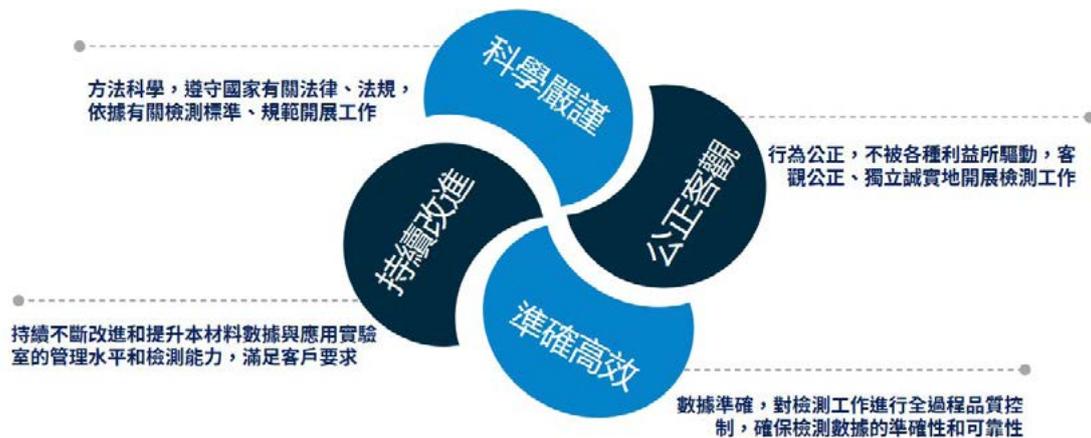


圖 1：實驗室質量方針

設，目前擁有毛細管流變儀、聚合物 PVT 測試儀、萬能試驗機、差示掃描量熱儀（DSC）、熱機械分析儀（TMA）等先進設備 30 餘台，總價值 1000 餘萬元，主要檢測黏度、熱導率、體積 & 壓力 & 溫度函數關係、拉伸模量、泊松比、比熱容、線性熱膨脹係數等項目，為 CAE 模流分析提供可靠數據來源。誠模精密的每款新塑料材料隨客戶訂單購買入庫後，都會進行塑料 CAE 仿真模擬數據測試，測試周期通常為一個月，若是加急測試，只需 6 個工作日就可完成，快速提供完整材料 CAE 數據包。仿真分析需求的材料數據準備好了，便能為模流分析任務的準確性提供了基本保障。

實驗室除了為誠模精密內部提供服務，同時也提供 Moldex3D 的用戶進行材料數據的訂制服務。實驗室建立後不斷完善管理體系，規範並控制檢測全過程，為客戶提供更加科學、專業的技術服務，把材料數據與應用實驗室打造成客戶滿意、在行業中具有權威的先進實驗室。

### 技術團隊

實驗室擁有各類豐富的人才和高素質團隊，除由具有十多年高分子材料應用、開發和檢測經驗的中科院博士擔當此實驗室主任，團隊中亦有具高分子材料配方

開發經驗、ISO 17025 標準化運營經驗、化工背景等高級工程師加盟，提供團隊成員在不同專業背景與優勢互補，成為公司核心的智囊團，是誠模始終保持強勁發展動力的基礎保障，為公司與客戶所涉及的各種材料之疑難雜症，提供科學與數據的解決方案。

實驗室依托尖端的檢測設備與專業技術團隊，建立了完善的服務體系，緊跟中國國際標準，以客戶需求為導向，不斷創新服務項目和檢測技術，為合作夥伴提供高質高效的技術服務。

### 未來展望

實驗室會成為中國合格評定國家認可委員會（CNAS）認可實驗室，強化技術創新，致力於汽車、電子、醫療、照明等多領域發展，滿足多元化需求，致力成為領先的材料應用解決方案服務平臺，打造以客戶為中心，不斷創新的行業解決方案。以創新的技術與貼心的服務，為客戶負起百分百的責任，秉承「誠信、責任、創新、分享」的價值觀，成為行業領導者，用一流技術為世界一流企業創造價值。■



圖 2：Moldex3D 認可實驗室



圖 3：CAE 材料表徵能力相關設備

序號	測試項目	設備名稱	標準
1	黏度	毛細管流變儀	ASTM D3835
2	PVT	PVT測試儀	ISO 17744
3	比熱容	差示掃描量熱儀(DSC)	ASTM E 1269
4	熱導率	毛細管流變儀	ASTM D5930
5	線性熱膨脹係數	熱機械分析儀(TMA)	ASTM E831
6	拉伸模量	萬能試驗機	ISO 527;ASTM 638
7	泊松比	萬能試驗機	ISO 527;ASTM 638

表 1：CAE 表徵能力



**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

新時代·新動力·永續創新

## 2021.4.13-16

## 中國·深圳國際會展中心

- 350,000 平方米展會總面積
- 3,600+ 國際參展商
- 3,800+ 機械展品
- 90,000 平方米橡塑原材料展區



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

☎ 香港 (852) 2811 8897 | 新加坡 (65) 3157 3101 | 9602 5262

✉ [Chinaplas.PR@adsale.com.hk](mailto:Chinaplas.PR@adsale.com.hk) | [www.adsale.com.hk](http://www.adsale.com.hk)

主辦單位



協辦單位



贊助單位



大會指定刊物及網上媒體



廣告編號 2020-09-A08



## 基於射出機的聚物流變參數線上測試技術

■北京化工大學 / 謝鵬程 教授

### 前言

聚合物的流變特性參數，可以用來判斷材料及配方體系選擇的正確性，確定合理的加工工藝條件，還可以指導射出機設備的參數設計，從而提高產品品質。因此，獲得聚物流變參數的準確數據，對於射出過程實際成型和 CAE 模擬都具有十分重要的意義。目前實驗室已經具有多種流變測試儀，但是基於射出裝備的流變線上測試研究很少，也沒有成熟的線上設備。為此，本文基於射出機提出了聚物流變參數線上測試系統，包括測試裝置和測量系統等；然後利用此系統對典型聚合物的流變特性進行了線上測試，並用黏度模型擬合了聚合物的黏度曲線；最後對本線上測試技術進行了總結。

### 裝置

開發了一種（首圖）所示的特殊測試裝置，用於線上測量聚合物的流變性能。移去噴嘴後，將該裝置組裝到射出機中，以在正常加工條件下測量流變數據。裝

置結構如圖 1 所示，本線上流變測試裝置主要包括毛細管、壓力傳感器、熱電偶以及機體和塞蓋等，其結構不同之處在於本流變測試裝置的測試物料是由射出機的塑化系統預塑化和射出的，並且物料連續通過兩個串聯的毛細管，這種結構實現了物料在射出工况下的流變性能測試，而且嚴格保證了 Bagley 校正所要求的在同一流體速率下選擇不同長度的毛細管。測試時把射出機塑化好的聚合物熔體注入到加熱好的流變儀中，待流變儀中充滿熔體後，利用射出機的射出動作使高聚物熔體在毛細管中流動，同時對壓力、溫度和射出速度信號進行採集，傳送到電腦中進行處理，由電腦螢幕直接顯示高聚物流動曲線和流變曲線及其方程式，從而實現對高聚物流變性能參數的測量。

壓力傳感器型號選用的是 PT124B-121T-160MPa-M14 傳感器（上海朝輝壓力儀器有限公司）；熱電偶選用的是普通 K 型鎳鉻—鎳矽材料熱電偶，精度為 1°C；數據採集卡來自美國 NI 公司，其 Labview 數據採集

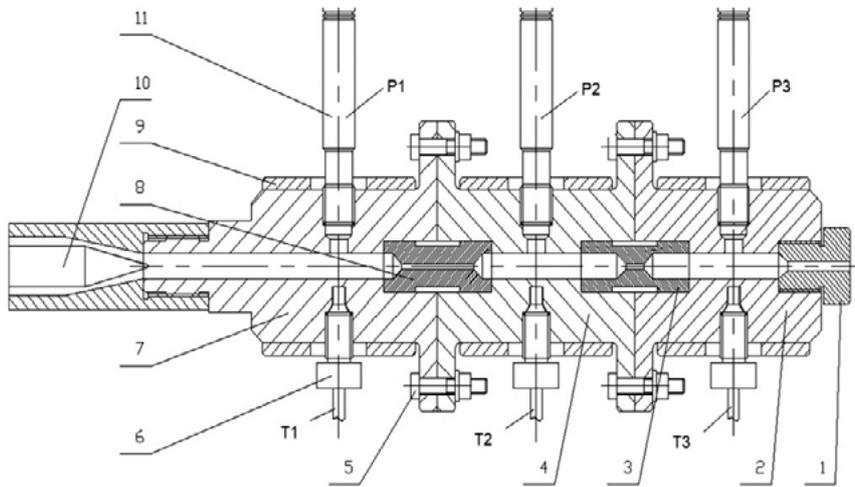


圖 1：聚物流變參數線上測試裝置示意圖（1：塞蓋、2：後機體、3：短毛細管、4：中機體、5：螺栓連接組件、6：熱電偶、7：前機體、8：長毛細管、9：加熱圈、10：螺桿、11：壓力傳感器）

系統程序為自行編制；射出機為 Allrounder 270s 500-60（德國 Arburg 公司）。

為了消除入口效應對聚合物黏度測量的影響，本流變儀採用公認的 Bagley 校正。在一定的流體速率下選擇不同長度的毛細管，測量入口壓力降，並畫出壓力降與長徑比的關係圖。研究發現入口壓力降與長徑比的關係是線性的，但不是成正比的，可以使用截距法對剪切應力進行校正。由於其呈線性關係，故只需兩毛細管串聯就能實現校正。

壁面上的剪切應力為：

$$\tau = \frac{R_1(\Delta P_1 - e)}{2L_1} \quad (1)$$

其中： $\tau$  為毛細管壁上剪切應力，單位為 Pa； $L_1$  為長毛細管 8 的有效長度，單位為 m； $R_1$  為長毛細管 8 的半徑，單位為 m； $\Delta P_1$  為長毛細管 8 的壓力降，其值等於： $P_1 - P_2$ ； $e$  為壓力降與長徑比關係圖的截距，當採用兩根等直徑的毛細管時， $e = P_2 - P_3 - \frac{L_2(P_1 + P_3 - 2P_2)}{L_1 - L_2}$ ，式中  $P_1$ 、 $P_2$  和  $P_3$  分別為圖 1 三點處的壓力， $L_1$  和  $L_2$  分別為長毛細管 8 和短毛細管 3 的有效長度。

牛頓流體毛細管壁面上的剪切速率為：

$$\dot{\gamma}_N = \frac{4Q}{\pi R_1^3} \quad (2)$$

其中： $\dot{\gamma}_N$  為牛頓流體毛細管壁面上的剪切速率，單位為  $s^{-1}$ ； $Q$  為體積流量，單位為  $m^3/s$ ， $Q = \frac{\pi d^2 v}{4}$ ，式中， $d$  為射出機螺桿直徑（單位為）， $v$  為射出速率（單位為  $m^3/s$ ），其餘符號含義同式（1）。

考慮到非牛頓的影響，一般使用拉賓諾維奇方程式，即壁面上非牛頓流體的剪切速率為：

$$\dot{\gamma} = \dot{\gamma}_N \left( \frac{3}{4} + \frac{1}{4n} \right) \quad (3)$$

其中： $n$  為流動指數， $n = \frac{d \ln \tau}{d \ln \dot{\gamma}_N}$ ；故測試聚合物的剪切黏度為：

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} \quad (4)$$

其中： $\eta$  為剪切黏度，單位  $Pa \cdot s$ ； $\dot{\gamma}$  為毛細管壁上剪切速率； $\tau$  為毛細管壁上剪切應力。

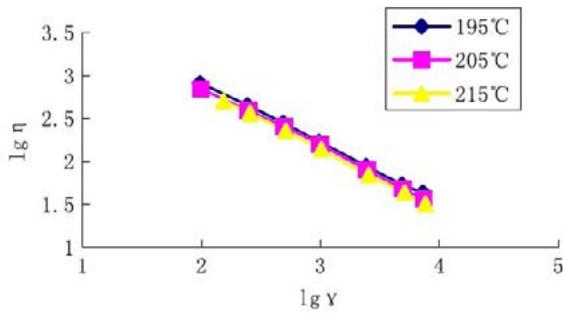


圖 2：PP 流變數據（不同溫度和不同剪切速率下的黏度數據）散點圖

### 測試實驗

測試材料選用通用聚合物聚丙烯，牌號為 K8303，密度 0.9g/cm<sup>3</sup>，生產廠家為中國石油化工股份有限公司北京燕山分公司。利用研發的流變參數線上測試裝置，對聚丙烯（PP）的流變性能進行了測試，並用黏度模型擬合出了黏度曲線。

#### 測試熔體黏度的實驗基本程序

- (1) 將測試裝置安裝在射出機中，並通過擴展的射出機控制系統，熱電偶和加熱環調節模具溫度。
- (2) 將塑料材料放入射出機中，並將熔體保持在適合於加工的恆定溫度下。
- (3) 設定用於射出成型的加工參數，並在手動操作模式下以恆定的射出速度將熔體射出到測試裝置中，同時記錄溫度和壓力數據。
- (4) 在相同的測試溫度下以不同的恆定速度注入熔體，並記錄相應的數據。
- (5) 在不同溫度下重複上述操作。
- (6) 通過計算機處理數據以獲得黏度曲線。

#### 測試結果數據分析

利用 Arburg 射出機，將其噴嘴卸下，安裝上自行設計的測試裝置，其中測試裝置的熔體溫度由射出機的莫問控制系統擴展端口程序控制，三點的壓力數據經採集卡送入自行編制的 labview 程序。對 PP 進行測

參數	PP(線上)	PP(燕山)	PP*(CAE 仿真模擬軟體)
n	0.2678	0.2065	0.2460
Tau*(Pa)	47788.6	57861	21669.0
D <sub>1</sub> (Pa*s)	1.68477×10 <sup>18</sup>	2.25304×10 <sup>14</sup>	6.75×10 <sup>13</sup>
D <sub>2</sub> (K)	263.15	263.15	263.15
D <sub>3</sub> (K/Pa)	0	0	0
A <sub>1</sub>	41.689	34.12	28.457
A <sub>2</sub> ~(K)	51.6	51.6	51.6

表 1：Cross-WLF 黏度模型的流變參數

試，然後利用公式 (1) 和 (2) 計算出剪切應力和剪切速率，在運用統計軟體 spss 計算出流動指數 n，最後利用公式 (3) 和 (4) 計算出聚合物的剪切黏度。圖 2 為 PP 的黏度數據。

#### 測試結果 Cross-WLF 黏度模型擬合

聚合物的流變特性可通過 Cross-WLF 黏度模型描述：

$$\eta = \frac{\eta_0}{1 + \left(\frac{\eta_0 \dot{\gamma}}{\text{Tau}^*}\right)^{1-n}} \quad (5)$$

$$\eta_0 = D_1 e^{\left(\frac{-A_1(T-T^*)}{A_2+T-T^*}\right)} \quad (6)$$

其中， $\eta$  是在溫度為  $T$ 、剪切速率為  $\dot{\gamma}$  下的剪切黏度， $\eta_0$  為剪切速率為 0 時的剪切黏度。 $\text{Tau}^*$  是與材料的鬆弛時間有關的參數， $D_1$  與玻璃化轉變溫度  $T_g$  相關， $A_1$  和  $A_2$  與材料的熱膨脹洗滌有關。 $T^* = D_2 + D_3 P$ ， $A_2 = A_2 \sim + D_3 P$ ， $P$  為壓力。該黏度模型中，七個未知參數為： $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$ 、 $A_1$ 、 $A_2 \sim$ 、 $\text{Tau}^*$  和  $n$ 。利用 CAE 仿真模擬軟體將七個參數與溫度  $T$ ，剪切黏度  $\eta$  和剪切速率  $\dot{\gamma}$  的數據輸入擬合，結果如表 1 和圖 3 所示。

作為對上述一般實驗程序的驗證，以另一種商品名為

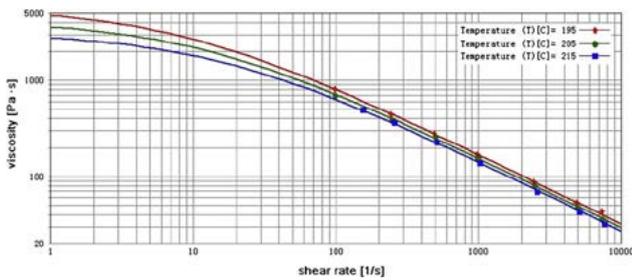


圖 3：PP（線上）流變曲線

Propathene GWE 23，密度為  $0.92889\text{g/cm}^3$  的 PP 進行了流變測試，該聚丙烯來自英國製造商 Ineos。表 1 和圖 4 顯示了使用不同測試方法對同一系列材料的測試結果。與線上測量相比，流變曲線的趨勢是一致的，這可以證明新的線上測量是可行的，儘管材料是由不同公司製造的。

## 結論

本文提供一種基於射出機的典型聚物流變性能線上測試的技術，它適用於各種高分子聚合物。利用 Cross-WLF 黏度模型擬合實驗數據，可以得到材料不同溫度和剪切速率下的剪切黏度。和傳統流變測試技術相比，基於射出裝備的聚物流變參數線上測試極富潛力。本文的流變參數線上測試方法與傳統的線上技術和離線測量技術相比，具有以下特點：

- (1) 聚合物的塑化直接利用實際加工的射出機的塑化系統，能夠真實反映射出成型工藝下材料的熱歷程和受力歷程；
- (2) 測試時充分利用了射出機的模具溫度控制擴展端口控制流變儀的溫度，並且能夠直接在射出機控制面板上設置工藝參數，操作方便；
- (3) 測試時物料連續通過兩個等直徑不同長徑比的毛細管，可以嚴格保證 Bagley 校正的要求，即物料在相同的流體速率下選擇不同長度的毛細管進行

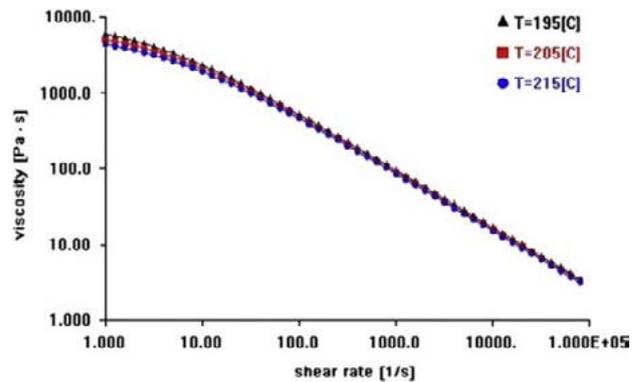


圖 4：PP（CAE 仿真模擬軟體）流變曲線

測試；

- (4) 測試裝置設計、製造和測試流程簡單易行，操作方便。

通過此項技術可以建立新的聚物流變數據庫，以幫助進一步開發商業塑料加工軟體包。這些流變數據可以幫助塑料行業更好地預測和瞭解其產品的加工行為，並優化射出參數。■

本文由謝鵬程 教授與徐春棟、苟剛兩位碩士研究生所共同撰寫。



## DSC、DMA 和 TG-GC/MS 在環氧樹脂材料研究中的應用

■ PerkinElmer, Inc.

### 前言

傳統研究環氧樹脂固化的方法主要關注材料的熱化學和熱流變性能。因為玻璃化轉變溫度 (Tg) 與材料的功能特性——例如機械強度、摩擦力、滲透性等關係緊密。環氧樹脂的研究常依靠差示掃描量熱儀 (DSC) 和動態熱機械分析儀 (DMA) 來定量。DSC 也可以表徵材料在熱固過程中的固化度並確定固化動力學。DMA 能夠表徵固化過程中的流變性質變化、固化後的模量變化和 Tg 值。在很多情況下，由於 DMA 對 Tg 檢測更靈敏，因此使其成為研究環氧樹脂的首選方法。

本研究認為即使當環氧樹脂間的固化情況和最終的特性非常相似，它們的使用特性也許還會受其它因素的影響。材料的熱重分析 (TGA) 表徵表明其在固化後仍有相當大的失重。失重部分可以通過諸如熱重 - 質譜儀 (TG-MS) 或者是熱重分析 - 氣相 / 質譜分析儀 (TG-GC/MS) 的聯用技術來進行表徵。

本研究所用的樣品是用於電子組裝的三個環氧樹脂試樣。三個材料都已固化並具有各自的固化特性。然而其中一種材料與大量組件的失效有關。雖這種情況是間歇發生的，但發生時會產生 30% 失效率。

### 實驗部分

收到的三個商用環氧樹脂複合物樣品為含有一種環氧組分 and 不同胺組分的雙組分體系。這些樣品中有間歇性導致由其製得的電子工業上使用部件失效的試樣。研究時固化試樣在室溫下按一定質量混合並裝載。為了使樣品固化，試樣在室溫下混合並置於矽模具中於 30° C 固化。固化一個晚上後，取出試樣，在 100° C 下進行 8 小時的二段硫化。

DSC 研究是在 PerkinElmer® DSC8500 上進行的，該儀器帶有 Intracooler 2 製冷機，Pyris® Software Version 11 軟體和氮氣氛。用 50 微升的樣品盤，試樣用 10-15 毫克，以 10° C/分鐘速度升溫。

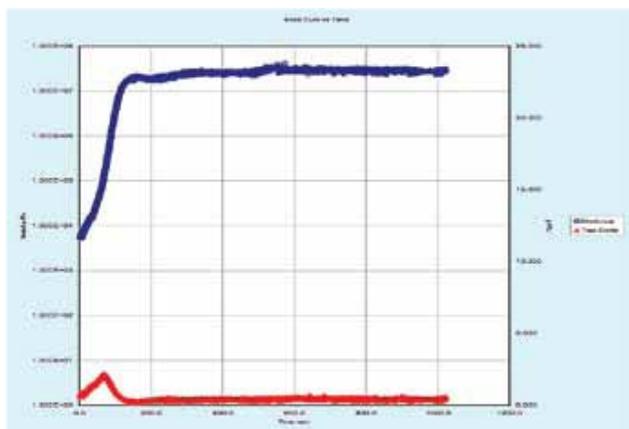


圖 1：DMA 檢測的固化曲線

PerkinElmer DMA8000 儀器用於所有樣品的 DMA 的研究。試樣放在 15 毫米直徑平行盤中固化，固化好的試樣放在上述的平板或單懸臂梁模式進行試驗。所有實驗均在氮氣氣氛下完成。

PerkinElmer 公司的 Pyris 1 TGA 與 PerkinElmer Clarus® 600 GC/MS (質譜或氣相 / 質譜均可) 用於所有 TGA 和 GC/MS 聯用技術的研究。試樣大概 10 毫克，TGA 的氮氣流速為 40 毫升 / 分鐘，GC/MS 的氮氣流速與之相同。對於 GC/MS 分析，試樣經過 TGA 正常運行時，在感興趣的溫度區間經過 15°C 的柱子收集並隨後用標準方法進行相應的實驗。

## 結論

透過 DSC 和 DMA 所測之三個樣品的固化比較，表明了它們固化行為的不同。以 10°C / 分鐘升溫速度得到的 DSC 數據沒有顯示出樣品間的明顯區別。儘管在 30°C 等溫的 DMA 曲線有差異，固化材料僅顯示它們的最終模量和 Tg 值有微小的差異，這使得研究者懷疑環氧樹脂在其最終使用時的性能是一樣的。圖 1 所示為一個 DMA 固化曲線例子，雖然時間不同，但所有的試樣完全固化。DSC 測量得到相似的被固化材料

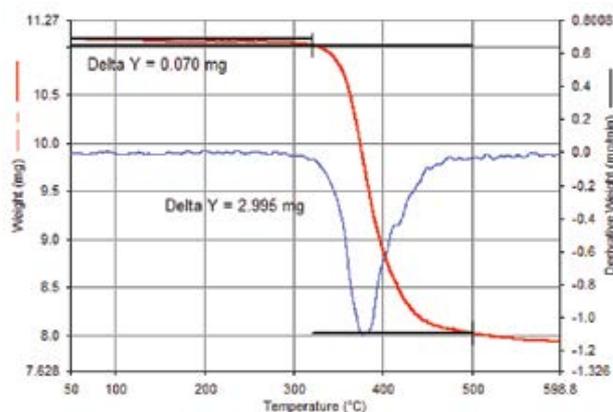


圖 2：環氧樹脂的 TGA 顯示在低溫時的失重。TG-MS 和 TG-GC/MS 確定失重的部分是胺化合物

固化焓和 Tg 值，結果表明試樣之間的這些參數幾乎沒有差異。表 1 彙整了三個樣品的 DMA 和 DSC 值。

然而，隨後的 TGA 曲線中顯示了試樣 3 在較低溫度會出現明顯不同的失重，結果如圖 2 所示，數據彙整於表 2。同樣試樣放在室溫下，2 星期後再進行分析則顯示沒有失重。用 TG-MS 和 TG-GC/MS 重複實驗表明起初的重量損失是混合的環氧樹脂片段和低沸點胺。放置於室溫 2 星期後，失重量明顯降低並且在 250°C 以下失重的主要成分是水。■

Sample	DSC Onset in °C	DMA Peak in tan $\delta$ (min.)	DMA time to vitrification	Cured Tg by tan $\delta$ in °C	E' at 20 °C
A	44.1	8.2	40	62.7	2.1e8
B	45.2	71	140	61.8	9.1e7
C	44.8L	62	325	63.1	1.3e8

表 1：DSC 和 DMA 數據

Sample	%Weight loss to 250°C	%Weight loss to 250 After 2 weeks
A	1.8	.8
B	2.1	.7
C	6.5	.8

表 2：TGA 數據



# ACMT 模具與成型產業-智慧工廠補助計劃

## 技術提升計劃-紓困振興方案

台灣Taiwan

2020/5/1~12/31止

主辦單位: ACMT電腦輔助成型技術交流協會 (Association of CAE Molding Technology)

### 計畫緣由

- 本計畫基於ACMT模具與成型產業【智慧工廠輔導與補助計畫】(ACMT Smart Molding Program · ASMP)，聚焦產業技術提升方針，協助ACMT會員導入【智慧設計】、【智慧生產】以及【智慧品質檢測】解決方案，朝向智慧工廠邁進
- 配合政府提出「經濟部對受嚴重特殊傳染性肺炎影響發生營運困難產業事業紓困振興辦法」第9條規定，運用既有中小企業即時技術輔導機制結合相關公協會，導入既有成熟技術能量，針對生產及供應鏈自動化、數位化、智慧化及營運持續與防疫等技術，提供受影響企業短期課程、小額度及即時性補助，以提升技術水準，蓄積成長動力

### 計畫內容

1. 補助標的：導入「數位化」、「自動化」及「智慧化」等相關技術
2. 計畫經費：最高補助**25萬元**
3. 申請資格：
  - 國內製造業（不得為陸資）
  - 今年連續兩個月營業額較去年同期或去年7-12個月減少15%
  - 非屬銀行拒絕往來戶且淨值為正值
  - 計畫內容曾獲其他補助者不得申請

申請期間：即日起至2020年12月31日止（期程3至6個月）



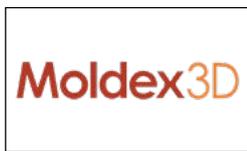
計畫詳情請至QR

### 實施辦法

1. 意願書填寫：填寫參與【ACMT計畫意願書】(附件一)
2. 資格審查：繳交【ACMT計畫意願書】(附件一)，ACMT將協助資格審查
3. 提案申請：符合資格者，將由ACMT協助企業填寫計畫申請表及提案簡報
4. 補助撥款：通過申請案，將由政府直接撥發補助款給予申請企業



廣告編號 2020-09-A09



## 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。



## SABIC 用 Moldex3D 優化 2K-ICM 產品外觀

■科盛科技

### 前言

雙射射出壓縮成型 (2K-ICM) 製程具備很大的潛力，適用於體積及表面大且複雜的塑膠件成型。由於許多因素的交互作用，2K-ICM 製程容易出現凹痕等外觀缺陷。因此本案例目標為借助 Moldex3D 來呈現 2K-ICM 的模擬架構，以觀察肋條產品幾何的重要製程現象，並探討哪些幾何和製程因素會造成凹痕。經由 Moldex3D 完整的模擬驗證，可大幅降低選擇機台、材料以及優化模具設計及製程所需的試誤時間和成本，使 SABIC 能將 2K-ICM 製程帶來的效益最大化。

### 面臨的挑戰與應對

目前面臨的挑戰主要有三，一是「缺少對 2K-ICM 的充分了解」，二是「2K-ICM 的設計和製程都相當複雜」，三則為「凹痕問題」。對於上述提到的問題，透過 Moldex3D 多材質射出成型模組 (MCM) 可無縫捕捉第一射及第二射的熱歷程，達到全面性的模擬。預期可帶來以下幾項效益：

- 能考量第一射的熱歷程，增強開發複雜的 2K-ICM 製程能力。
- 將實驗試誤的次數降到最低。
- 優化產品設計，以達到較佳的生產能力。
- 將設計階段的複雜成型製程和製造成本最小化。
- 有助於選出適合的機器、縮短上市時間和評估產品

設計的複雜性。

- 縮短整體產品製造週期。
- 有模擬結果的輔助，更有信心能為客戶提供較佳的解決方案。

### 案例研究

目前製造大型塑膠件的趨勢，多以熱塑性材料解決方案取代熱固性片狀預浸材 (SMC)，應用範圍包括車身面板、貨車側導流板、全景天窗等等。原因是與 SMC 相比，熱塑性材料有更好的設計彈性、輕量化、可結合兩種以上的部件功能等優點。而雙射射出壓縮成型 (2K-ICM) 技術在產業間的運用也愈趨頻繁，然而其模擬方法卻相對欠缺，尤其針對優化製程以獲得理想最終成品的技術。SABIC 研發工程師 Raghavendra Janiwarad 利用 Moldex3D 進行 2K-ICM 模擬，以優化產品設計和外觀。

本案例目標為透過模擬技術，捕捉 2K-ICM 產品的外觀、翹曲和溫度分部等資訊。其中第一射的產品含有厚度不均的肋條設計，SABIC 希望在第二射中探究其長度尺寸和熱效應之影響。模擬流程如圖 1 所示。

Moldex3D 對第一射 (傳統射出成型) 的模擬結果顯示，當肋條厚度增加時，凹痕情況就會愈明顯 (圖

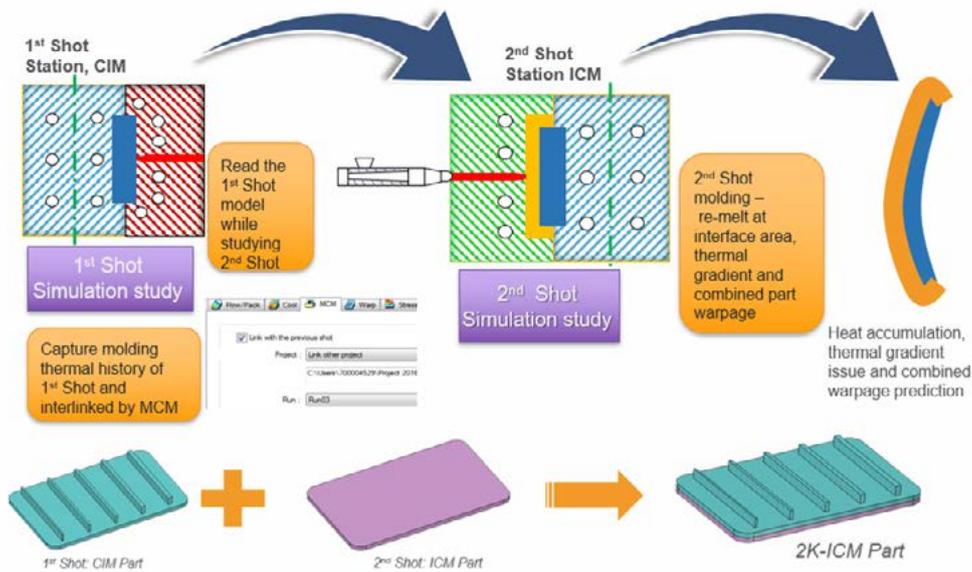


圖 1：本案例分析流程

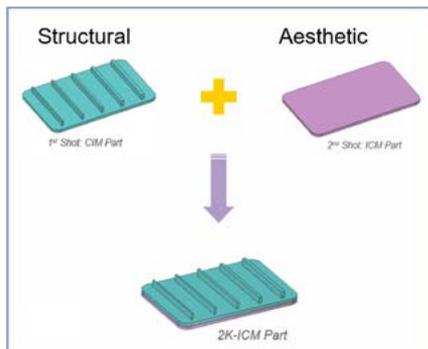


圖 2：本案例的 2K-ICM 產品

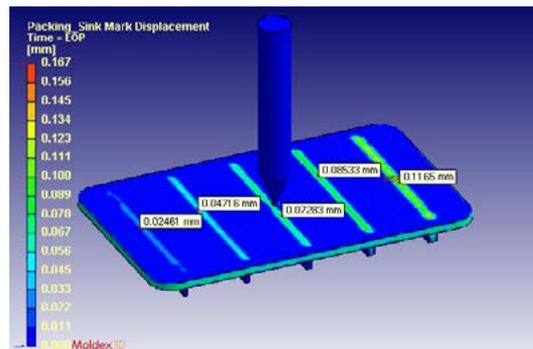


圖 3：第一射的凹痕模擬結果

3)。SABIC 團隊並發現，肋條越厚，就有越高的熱質量。此現象會導致較陡的熱梯度和較高的局部體積收縮不均（圖 4）。

接下來 SABIC 進行第二射（射出壓縮成型）的暫態溫度模擬。透過 Moldex3D，可以在第二射模擬中捕捉到第一射的溫度歷程。第二射的模擬結果也提供兩射接觸面溫度演變的詳細資訊（圖 5）。交界面在第一射時溫度達到 170°C，代表第一射 PC 有再熔融的現象，而這樣的細節是不容易透過實驗量測觀察到的。

第二射熔膠的熱傳導加上第一射肋條的效應，使得第

一射產品中段（圖 6 中的 4 號位置）及兩射交界面（圖 6 中的 3 號位置，這裡也是觀察到再熔融處）也都產生熱質量。

## 結果

Moldex3D 可將第一射的溫度歷程與第二射無縫連結，多材質射出 (MCM) 模組可針對 2K-ICM 製程提供細微現象的洞察，而這些是透過實驗難以獲得的資訊，包括雙射交界面的詳細資訊、第一射再熔融現象發生位置、以及會影響產品外觀和翹曲的幾何特徵等。這樣的模擬結果對於與 2K-ICM 應用相關的過程優化，以減少或消除零件翹曲和表面缺陷，具有相當價值。■

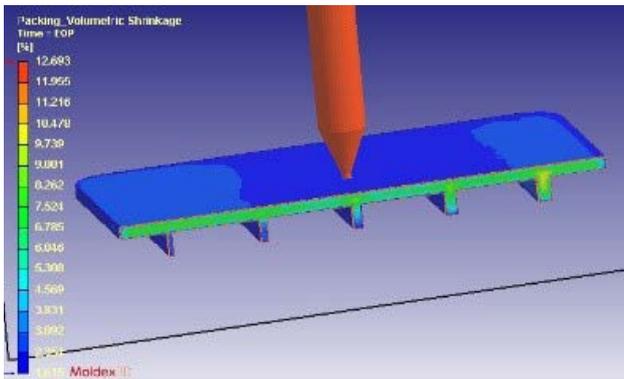


圖 4：體積收縮模擬結果

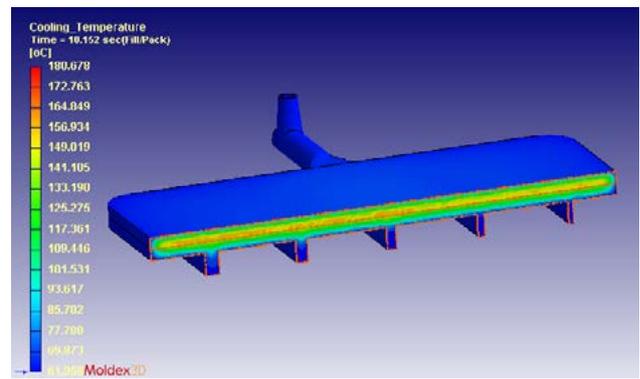


圖 5：第二射的模擬結果可呈現兩射接觸面溫度演變的詳細資訊

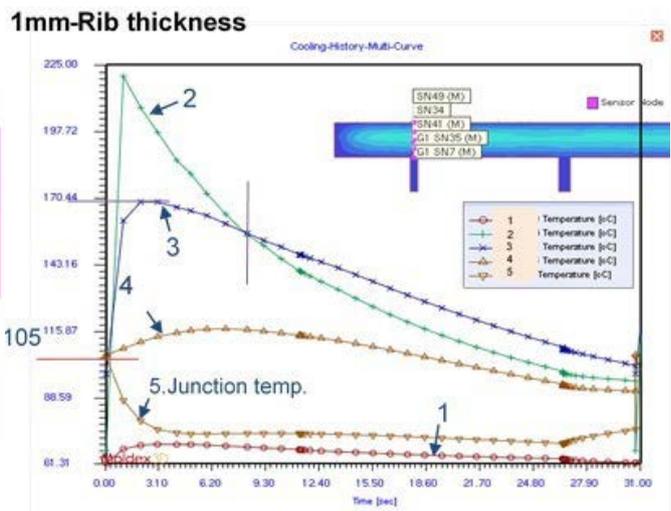
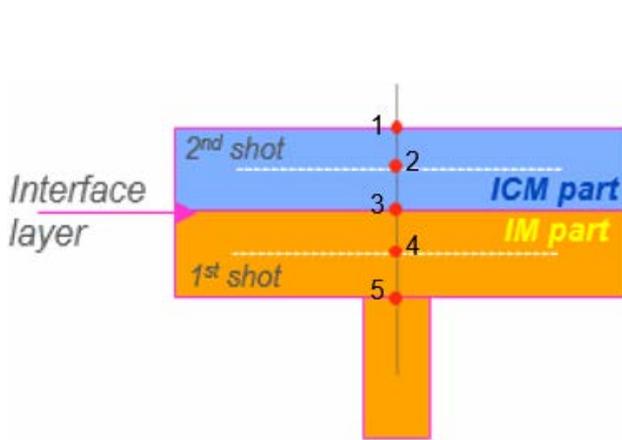


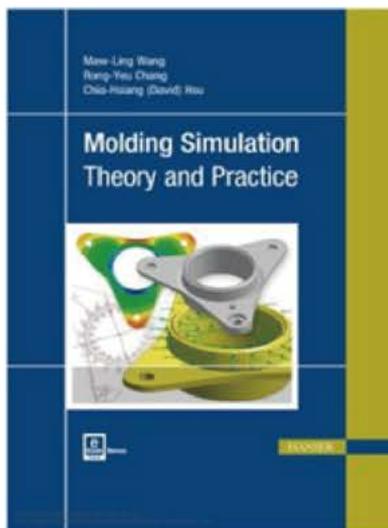
圖 6：雙射產品溫度變化

# Moldex3D 系列

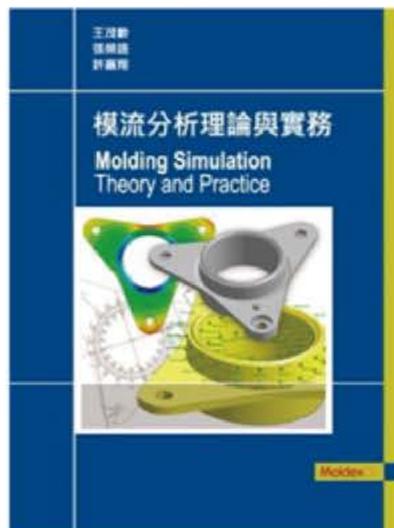
## 學習塑膠流動特性必備的經典教材

好的塑膠製品必須考量產品設計、模具製造、機台性能、材料特性等各項因素的交互影響，並能妥善利用CAE工具，以進行設計驗證與成型條件優化。上述的每一項都是一門高深學問，但又必須在不違背理論架構與設備規範下，取得最佳的整合結果。最有效的方法，就是藉由模流分析的電腦虛擬試模系統，測試不同的產品、澆口、流道、水路等設計，以及塑料與成型條件設定，將最適化的參數組合作為實際量產的初始猜值，降低現場試模的時間、人力、原料、能源成本。

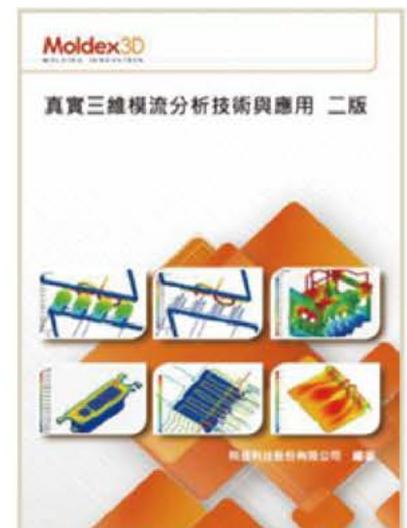
從數十年的服務經驗中，Moldex3D了解使用者的成型知識與軟體操作同等重要，也深知人才培訓的困難與重要性，身為世界頂尖的模流軟體，除了持續精進CAE工具的預測能力，對於塑膠成型從業人員的素質提升也責無旁貸。因此，Moldex3D彙整塑膠成型理論、案例實務及習題，以系列叢書的方式，提供相關人士自學參考或院校開課的教科書。



**A** **Molding Simulation: Theory and Practice(英文)**  
出版社: Hanser Publications



**B** **模流分析理論與實務(繁中)**  
規格: 精裝/ 全彩/ 494頁



**C** **真實三維模流分析技術與應用二版(繁中)**  
規格: 精裝/ 全彩/ 278頁

英文版章節	繁中版章節	說明
Ch1 Overview of Plastics Molding Ch2 Material Properties of Plastics Ch3 Part and Mold Design Ch4 Process Conditions Ch5 Molding Simulation Methodology	Ch01 塑膠成型簡介 Ch02 塑料加工特性 Ch03 產品與模具設計 Ch04 射出機與成型實務 Ch05 模流分析方法	1-5章介紹射出成型的基本原理、影響成型品質的因素以及成型模擬方法的發展歷程，這些因素對成型質量至關重要，尤其是塑膠的加工特性掌控，包含流變學、熱力學、熱學、機械、動力學性質，以及熱固性塑膠的固化動力學性質。
Ch6 Flow Consideration versus Part Features Ch7 Runner and Gate Design Ch8 Cooling Optimization Ch9 Warpage Control Ch10 Fiber Orientation Control Ch11 Hot Runner Optimization	Ch06 流動考量與其對產品影響 Ch07 流道與澆口設計 Ch08 冷卻設計優化 Ch09 翹曲變形控制 Ch10 纖維配向控制 Ch11 熱流道設計優化	6-11章介紹CAE(電腦輔助工程)的設計驗證應用，CAE為提供產品與模具設計者於設計階段檢驗不良設計，以及解決成型問題的重要工具。另外也包含產品、澆口、流道和冷卻水路系統的設計指南、熱流道系統的溫度控制概念、翹曲預測與控制，以及纖維配向預測等。

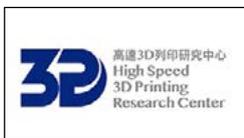
欲訂購請與我們聯繫

邱小姐

02-89690299分機10

eMail:leonachiu@moldex3d.com

廣告編號 2020-09-A10



## 高速 3D 列印研究中心

臺灣科技大學在教育部「高等教育深耕計畫」支持下，成立高速 3D 列印研究中心，發展尖端高科技技術。本中心未來衍生企業將以數位製造方式輔導各產業升級（含製鞋業、汽車零件製造業、牙科相關行業等）朝向數位製造，並與臺灣科技大學發展成為國際應用研究型大學的願景契合。本中心整合各國學者專家，以現代「高客製量產化 3D 列印製造技術」為學理基礎，協助產學研單位整合先進 3D 列印製造與材料技術，建立產業大數據資料庫，以兼具速度與精度之更快速的量產製造技術進行多面向研究，並積極參與歐盟科研架構跨國合作計畫，打造世界一流研究中心為目標，帶動具全球競爭力之快速數位製造技術，以提昇臺灣競爭力。

## 3D 列印的生活應用與未來趨勢

■高速 3D 列印研究中心

### 前言

近幾年來隨著科技的發展，3D 列印已逐漸成為全球推動「工業 4.0」及「智慧機械」的重要技術之一，無論是在生活消費品、汽車、醫療、航太、工業、國防、食品等各領域都有非常大的發展及應用，隨著創新應用思維的導入，以及使用規模的逐漸擴大，3D 列印的相關市場規模也將出現大幅的成長。

### 高速 3D 列印：快速精準啟動數位製造

3D 列印技術有兩個要點，一為圖案化，一為材料的相轉變，以往 3D 列印技術是使用單能量源在特定的位置上成形物件，若在單一機臺上可容易自動化，為極佳之打樣技術，但在符合製造業生產的條件下，目前的挑戰是生產速度慢以及產品精度與可靠度的提升，現下製造技術之特性，均是複合式製造，兼具精度與速度；以塑膠射出成型製程為例，使用數種加工方法製作模具以具有精度，再以加熱方式融化塑膠材料與機械擠壓高能量方式擠入模穴，而得以能具有高速生產高精度塑膠件；半導體製程亦是使用光罩定義精度，再以顯影及蝕刻而能快速製作微小特徵。

在 3D 列印技術中，若將材料圖案成形及能量提供分開，將可而達到高速高精度的技術，其中以「黏著劑噴印成型法」及「光固化樹脂成型法」可透過高速多

噴嘴定義成形位置精度，高熱能或紫外光能快速使材料於所定義位置成形的優勢，甚至極高功率雷射直接快速沉積，並於單一機臺完成，兼具自動化及功能性材料選擇的效能與優勢，達到高速度與高精度之數位製造方法。

### 黏著劑噴印成型法

惠普 (HP) 於 2018 年五月正式發表 3D 印表機機臺，為黏著劑噴印成型技術的一種，主要是透過獨特研發的多射流熔融技術 (Multi Jet Fusion, MJF)，依不同的噴墨元件噴塗元件製作全彩 3D 零組件，其噴墨元件每秒可噴塗 3000 萬的噴墨點，每一噴墨點約 20μm，噴墨元件噴塗包括了材料、材料熔融熱觸媒、精度細化劑、多色墨水等，列印步驟首先透過助熔劑噴塗將列印材料的顆粒粘合在一起，形成一層實體物件，於此同時於界面噴塗細化劑，使列印部件獲得所需要的強度及精度定義，之後再以高功率之紅外光熱能燒熔成型區域，以此方式 3 小時內即可列印出 1000 個齒輪 (可列印體積 380mmX284mmX380mm)，相較於材料擠製列印成型技術 (Material Extrusion) 及選擇性雷射燒結成型技術 (Selective Laser Sintering)，速度超過 10 到 30 倍的列印速度。

惠普 (HP) 於 2019 年 3 月延續多射流熔融技術並發表

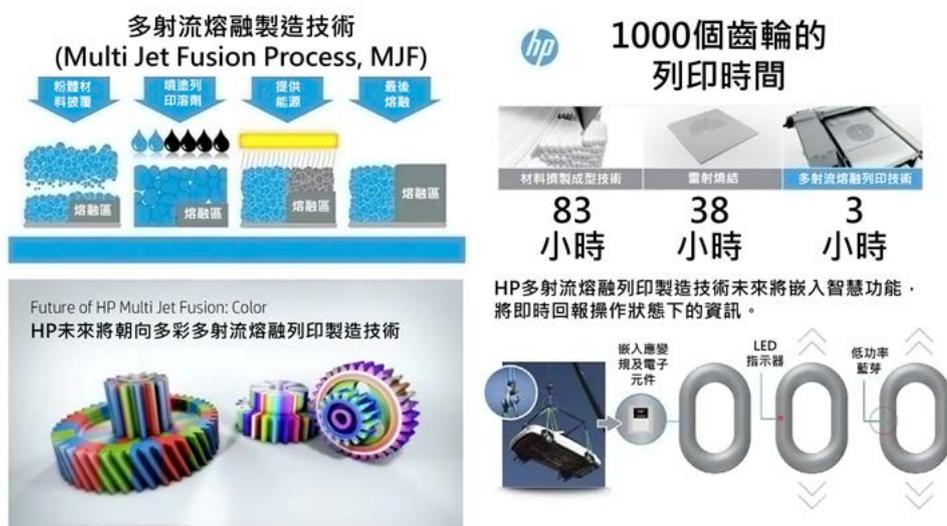


圖 1：惠普 (HP) 多射流熔融 (Multi Jet Fusion, MJF) 數位積層製造技術 (圖片來源：惠普 (HP) 原廠)

「高速全彩 3D 列印機臺」，搭配青色 (Cyan)、洋紅色 (Magenta)、黃色 (Yellow)、黑色 (black) 等四分色的彩色列印套色模式，利用三原色混色及黑色墨水原理，在列印物件除了噴塗助熔劑及細化劑外，同時也依列印物件所需之配色於界面噴塗及上色，使得 3D 列印物件不再只有單一顏色，未來可再透過創新研發新材料的應用，大大加速創新零組件之開發，可縮短新產品開發時間，增進製造彈性與能力，使企業能滿足客戶大量客製化與加速產品創新的需求。

### 光固化樹脂成型法

在上個月的 8 月雜誌中，我們已經針對早期的上照式光源列印方式之缺點，以及如何透過下照式光源來進行改善做了詳細的敘述，故在此我們就不再贅述，我們就接續上次的內容進行更深入的探討。

下照式光固化樹脂成型法雖可以改善上照式光固化樹脂成型法的問題，但下照式光固化樹脂成型法在列印過程中也有需要克服的問題，譬如列印時沉浸於液態樹脂中之物件向上拉升時會形成吸附力，此吸附力會造成物件與樹脂槽間因受到液態樹脂之阻隔，使空氣

無法進入，並且液態樹脂因黏度較高，物件與樹脂槽間間隙過小，無法快速流入填補，進而產生局部真空之現象。目前多數公司採用含氟鏈高分子材料或聚二甲基矽氧烷 (PDMS) 等高疏水性材質作為樹脂槽底部之塗層或披覆層以解決樹脂黏著之問題，但所產生之真空吸附力問題仍舊無法解決。

2015 年於美國矽谷的 Carbon3D 公司研發出 CLIP 技術 (Continuous Liquid Interface Production，連續液面生產技術)，使用高解析度 4K UHD DLP 3840x2160 近 830 萬個畫素數位投影於成型區域，其原理為氧氣抑制自由基反應，使樹脂槽底部保持一層因接觸氧氣而保持液態的光固化材料，如此就能避免樹脂與槽底的樹脂接著力，成功地解決了下照式光固化成型之黏著問題，消除局部真空之現象，省去一般列印流程中的分離、樹脂回填及重新定位的步驟，只須於初始位置定位後開始進行連續曝光列印，直至列印完成，大幅提升列印速度及品質，然而 CLIP 技術亦有相當多的應用開發及缺點存在，不易製作均勻孔隙分佈之透氣膜，導致抑制反應之速率不一致，進而影響成型品質；反應速率不一致 - 光起始劑只有吸收



圖 2：惠普 (HP)「高速全彩 3D 列印機臺」(圖片來源：惠普 (HP) 原廠)

光線時才會產生自由基，若沒有吸收到光線則無，但無法依圖形不同選擇性輸入氧氣，因此不同圖形時會使得不固化區厚度分佈不同；以及於列印過程中必須持續輸入氧氣，所採用氧氣輸入的幫浦會有震動的問題，必須分離放置以及氧氣控制系統複雜且龐大，使得 CLIP 技術尚未能大量被使用於產業應用。

為了提升列印速度，列印過程中樹脂槽底部的分離力對於列印是相當重要的，列印過程中每印完一層都需要將 Z 軸抬升一定高度，這個高度通常為 20 層以上（以一層 100 $\mu$ m 為基準），且受到樹脂黏度與列印面積的影響，列印面積越大或樹脂黏度越高，需要抬升高使樹脂回填，通常 Z 軸上升與下降的過程會花費 5 秒左右的時間，以列印 1 公分（100 層）的物件為例，上升與下降將占用約 8 分鐘的列印時間。除了抬升高度外，抬升與下降的速度也是影響列印時間的關鍵，抬升速度越快，其分離力會越大，但抬升過快可能會導致樹脂來不及回填，所以為了提升下照式 3D 列印的列印速度，仍需考慮到抬升高度、速度、樹脂回填能力和分離力的影響。目前臺科大高速 3D 列印研究中心已開發出列印單層 20 釐米，每層列印 0.1 秒，每小時可列印 20 公分的光固化 3D 列印機臺。

## 輕量化晶格結構設計 3D 列印：應用於金屬領域

3D 列印技術產業應用發展已到成熟的階段，除在 8 月雜誌中提到的高分子與生醫領域外，現在還可進行工業級金屬列印，以工業級金屬列印為例，傳統卡鉗是以鑄鐵製造，一般重量每一件約 3 至 6 公斤，後期雖然可以用鋁合金材料來置換，但高溫下強度不夠且加工不易，法國知名車廠布加迪 (Bugatti) 以鈦合金金屬 3D 列印技術生產製造旗下 Chiron 車種上的新型煞車卡鉗，利用特殊輕量化結構設計並以 4 具 400W 雷射，列印 2,213 層，共列印 45 小時，不但縮短新型卡鉗開發時程，更可減少較鋁合金近 40% 的重量，達到輕量化省油的功能，布加迪原廠亦以實際每小時近 400 公里的時速下測試 3D 列印新型卡鉗的制動速度和煞車性能，從測試結果可以看出在高速煞車下煞車碟盤超過攝氏 1000 度的高溫下發紅，而鈦合金制動卡鉗保有高溫下的煞車性能，未來將可利用 3D 列印快速客製化的優勢，幫助企業在短時間內從設計、過渡原型到產品的開發，使得未來得以實現以工業級金屬 3D 列印進行零件製作。

## 3D 列印持續快速成長：創造百億商機

3D 列印發展至今，已發展出許多不同製程，也被運用到許多不同領域，包含航太、汽車、生技醫療及產品

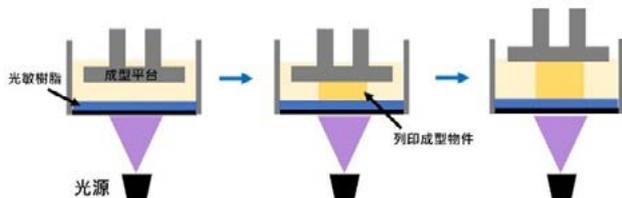


圖 3：下照式光固化樹脂成型法（圖片來源：臺科大高速 3D 列印研究中心）



圖 4：高速光固化 3D 列印機臺（圖片來源：臺科大高速 3D 列印研究中心）



圖 5：法國知名車廠布加迪 (Bugatti) 以鈦合金金屬 3D 列印新型煞車卡鉗（圖片來源：法國布加迪 (Bugatti) 原廠）

與能源等應用，國際獨立研究機構 Canals 指出全球積層製造產業產值將快速增加並預測 2020 年達 224 億美元產值；Wohlers Report 指出 3D 列印在 2014 年的市場價值為 41 億美元，在過去三年都有 33.8% 的成長率，並預測 2020 年的總體收益分別達到 212 億美元；International Data Corporation(IDC) 預期歐洲 3D 列印相關市場將在 2022 年成長至 74 億美元；在積層製造材料亦具有發展空間，Market Research Reports 預測積層製造最常使用的材料（如光聚合物、熱塑膠塑料、金屬粉末），在 2025 年達 80 億美元的產值，其他新興材料，如陶瓷材料、生物材料及石墨烯等，也將帶來更大的市場收入；美國知名科爾尼諮詢公司 (A.T.Kearney) 指出全球 3D 列印市場的經濟價值規模也將達約 900 億美金，主要應用於工業、汽車產業、民生產業、生技醫療、航空航太等產業，透過

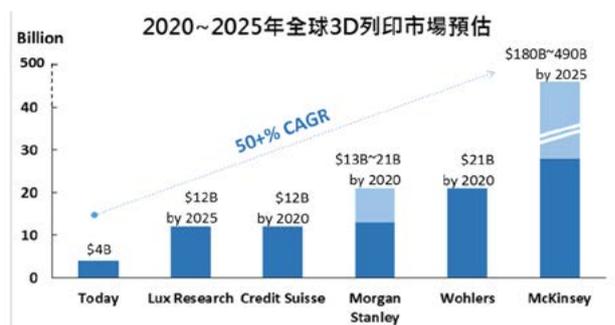


圖 6：各產業研究機構對積層製造市場之產值預估（圖片來源：美國科爾尼諮詢公司 (A.T.Kearney)）

3D 列印關鍵技術應用，開發在地產業 3D 列印專用機，提升 3D 列印速度與精度，加速在地產業數位製造轉型，此外，工具機為臺灣重要產業，具獨步全球的中衛體系。全球工具機產值約 946 億美元，其中雷射工具機佔約 12%（113.5 億美元）(MA, 2019/06)。目前高價五軸加工機的單價約新臺幣 800 萬元，但建構在積層製造技術上的雷射複合加減法加工機可加值至 2500 萬元以上。過去臺灣廠商在單一產品的生產能力高，若能往產業數位化的方向發展，藉由複合加工製造的生產方式，便能提高產品的變異量、增加產品的附加價值，創造高價值的工作機會，擴大產業規模，增加國際競爭力並擠進全球供應鏈。■

本篇文章修改自臺灣區工具機暨零組件工業同業公會提供的資料，原文出自 MA 工具機與零組件雜誌第 119 期。



## 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、高耐候材料、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。

## 軌道交通領域的改性塑料解決方案

■金陽新材料

### 前言

不久前，第四屆中國軌道交通新材料及創新技術發展論壇在長春召開，中車青島、中車唐山、中車株洲、中車南京、中車長春等中國國內軌道交通行業主要的主機廠，以及主要的材料供應商悉數參加。作為高分子複合材料供應商，金陽也應邀出席，與眾多主機廠及同行進行技術上的交流，同時也展示了在軌道交通領域的材料解決方案。

目前中國的軌道交通行業依然處於高速增長期，新材料與新技術不斷推陳出新。其中，在輕量化、加工靈活、阻燃絕緣等方面都具有得天獨厚優勢的改性塑料備受關注。金陽始終關注軌道交通材料的發展趨勢，並專注於研發契合市場需求的高性能材料。目前，針對市場對於軌道和車體應用的需求，已形成了一系列成熟的材料解決方案。

### 軌道應用之解決方案

#### 軌距塊

軌距塊是連接鋼軌和軌下的關鍵部件。金陽所開發的增強增韌 PA66 具有高剛性、尺寸穩定、良好衝擊性能、絕緣性扣等特點，符合軌距塊對材料的性能要求，其材料性能數據如圖 1 所示。

#### 預埋套管

預埋套管是改變道釘和岔枕的連接方式，滿足了列車在道岔處高速運行的要求。金陽所開發出的增強 PA66 具有高强度、高韌性、高電阻等特點，符合預埋套管對於材料的性能要求，其材料性能數據如圖 2 所示。

### 車體應用之解決方案

#### 內飾板

內飾板主要被應用於車內牆板、地板、頂板、間壁隔板等。金陽所開發出的 PC/ABS 合金材料具有低氣味、低煙密度、高氧指數等特點，符合內飾板對材料的性能要求，其材料性能數據如圖 3 所示。

#### 客室風口格柵

客室風口格柵主要用於車內空調出風口。金陽開發的 PC/ABS 合金材料具有高强度、高耐熱性、良好韌性等特點，符合客室風口格柵對材料的性能要求，其材料性能數據如表 1 所示。

#### 牽引系統電子電氣元件

金陽開發的高溫尼龍 PPA 具有耐回流性、尺寸穩定性好、耐熱性高等特點，符合牽引系統電子電氣元件對材料的性能要求，其材料性能數據如表 2 所示。■

技術諮詢：[jiangweisen@jinyoung.cn](mailto:jiangweisen@jinyoung.cn)



測試項目	技術要求	增強增韌PA66
剪切性能 kN	≥4.5	5.2
絕緣電阻 Ω.cm	10 <sup>8</sup>	5.2×10 <sup>8</sup>
壓縮殘餘變形 mm	≤0.6	0.5
洛氏硬度 (R標尺)	≥105	116
衝擊性能(45N, 0.45m)	10次不破壞	12次不破壞
排水率 %	≥0.5	0.65
扣件組裝疲勞試驗	不破壞	不破壞

圖 1：軌距塊用材料性能要求及改性 PA66 性能



測試項目	性能要求	增強PA66
拉伸強度 MPa	≥150	175
洛氏硬度	≥110	116
無缺口衝擊強度 kJ/m <sup>2</sup>	≥80	90
體積電阻率 Ω.cm	≥10 <sup>14</sup>	1.6×10 <sup>14</sup>

圖 2：預埋套管用材料性能要求及增強 PA66 性能



測試項目	PC/ABS合金
密度 g/cm <sup>3</sup>	1.19
拉伸強度 MPa	45
彎曲強度 MPa	70
熱變形溫度(1.82MPa) °C	100
缺口衝擊強度(23°C) kJ/m <sup>2</sup>	60
垂直燃燒等級(UL-94)	V-1
熔體流動速率(260°C, 2.16kg) g/10min	23

圖 3：金陽 PC/ABS 合金材料性能

測試項目	PC/ABS合金
拉伸強度 MPa	58
斷裂伸長率 %	>50
彎曲強度 MPa	78
彎曲模量 MPa	2300
衝擊強度 KJ/m <sup>2</sup>	56
熔體流動速率 cm <sup>3</sup> /10min	22
熱變形溫度 °C (1.8MPa)	109

表 1：金陽 PC/ABS 合金材料性能

性能	測試標準	測試條件	國際單位	增強阻燃PPA
拉伸強度	ISO 527/2	50mm/min	MPa	200
斷裂伸長率	ISO 527/2	50mm/min	%	1.5
彎曲強度	ISO 178	2mm/min	MPa	280
彎曲模量	ISO 178	2mm/min	MPa	13000
簡支梁缺口衝擊強度	ISO 179/1	4mm, 23°C	KJ/m <sup>2</sup>	11
簡支梁無缺口衝擊強度	ISO 179/1	4mm, 23°C	KJ/m <sup>2</sup>	45
灼熱絲起燃溫度	IEC60695-2-13	1mm	°C	850
耐漏電起痕指數	IEC60112	-	V	500
負載熱變形溫度	ISO 75	1.80MPa	°C	280
燃燒性能	UL 94	1.6mm	/	V0

表 2：金陽高溫尼龍 PPA



## 所羅門股份有限公司

所羅門股份有限公司 (SOLOMON Technology Corporation) 成立於 1973 年，全臺灣前 200 大科技公司。所羅門致力於成為 3D 機器視覺及工業 AI 領導品牌，我們的使命是提供機器人眼睛，使它們擁有類似人類的視覺與辨識能力以執行製造業日益複雜的工作，讓機器人更加聰明、更容易使用。

透過先進的 3D 視覺與最新的深度學習技術，提供機器人強大功能，能有效解決以往機器人做不到或難以執行的任務。隨著人工智慧的快速發展，自動化產業之應用與發展潛力無窮，我們期待與來自世界各地的夥伴攜手合作，開創機器視覺新視界。

## 當人工智能與機器視覺相遇： 數位製造與所羅門 AI 3D 視覺

■所羅門 / 李佳運 產品經理

### 從大量生產到大量客製化

數位製造 (Digital Manufacturing) 自工業革命以來一直是智慧製造中不可或缺的一環，以數位化原型 (Digital Prototyping) 將概念形象實體化，再將 CAD 或設計圖紙交由工廠完成產品複製的工作，即「CAD 設計→CAE 驗證→CAM 生產」的流程 (圖 1)。

隨著消費型態的改變，人們對於產品極致的功能與視覺衝擊的期望，漸漸改變生產型態，從手邊的消費型電子產品如手機、筆電、平板等，到大型的交通工具如汽車、機車、自行車等，無一不是半年小改款、一年大改款，在外觀與設計上不斷推陳出新，消費者求新求變的速度壓縮既有型態的產品週期，此一轉變讓傳統製造業不得不面臨改變的挑戰，從本質上的改變，必須要從大量生產 (Mass Production) 轉成大量客製化 (Mass Customization) 的過程觀念。

「隨著產品的生命週期變短，製造要變得更有彈性。」傳統的「設計→驗證→生產」循環週期必須要合理的縮短，才能迎接消費者時代來臨後對於產品求新、求變、求快的挑戰。得利於 3D 列印技術的普及，我們已經大量減少數位化原型的設計階段，從開發、驗證到生產的週期可以大量的縮短，藉由日趨成熟的 CAD/CAM 軟體，我們可以很快將設計語言轉換至機

器語言，不管是 CNC 加工或是開發模具，都能很快進行驗證。但假如產品製程不只用到 CNC，而更需要搭配機器手臂的彈性製造呢？我們是不是有一套如 CNC 這樣方便的 CAD/CAM 解決方案？

### 機器手臂的離線編程軟體

有鑑於越來越多的機器手臂廣泛的應用於各個加工產業的製程，舉凡銲接、拋光研磨、切割、鑽孔、噴漆、塗膠等，無不愈趨依賴機器手臂的彈性加工，尤其當應用情境不只是單純的點對點加工，而是一連串複雜的路徑與加減速時，這樣情形相比於西元 1967 年 (第一隻機器手臂發明時)，著實有很大的不同。拿著教導盒 (Teaching Panel) 蹲在手臂前做教導 (Teaching) 的方式，將不敷大量的路徑串連的手臂加工動作。

因此，近年來有大量的 OLP (Off-line Programming) 軟體 (如圖 2) 產生，這些軟體猶如 CNC 用的 CAD/CAM 般，利用 CAD 的輪廓與點、線、面，產生出機器手臂一連串動作的 CAM 程式，解決並排除機器手臂中，包含奇異點 (Singularity)、超出工作範圍 (Out of reach)、節點極限 (Joint Limit)、碰撞 (Collision) 等線上教導時常遇到的問題，大幅降低操作人員教導路徑與學習各家機器手臂語言的成本與時間。

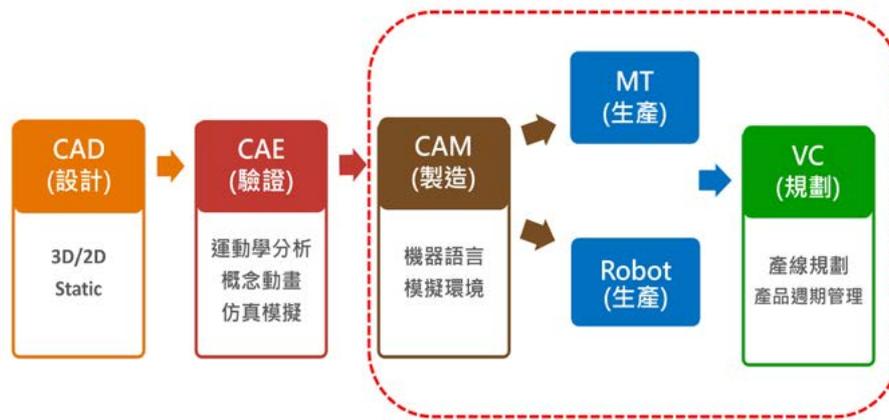


圖 1：所羅門 AI 視覺提供數位製造完整解決方案

## 數位製造的發展現況與瓶頸

就上述情況而言，OLP 似乎已經能完美串聯 CAD 到 CAM 的加工情境，並產生諸多應用所需的細微加工路徑。但隨著應用層面的拓展，在智慧製造中仍有一個懸而未解的議題，那就是「變異量」。所謂的變異量，即是在我們製程中常提到的「累積公差」與「產品型變」，舉凡治具、生產的工件、手臂精度、機臺底座甚至是機器視覺本身都存在「數位」與「現實」上的差異與變異，這樣的差異使得 OLP 產生的路徑無法完美的套用於現實物體中，讓美好地模擬只能停留在虛擬數位演示中。

也就是此一差異，大大地限制 OLP 在數位製造發展的潛力，使得常規型應用還是回到傳統「人工教導」模式，而不能導入 OLP，導致無法成為一個更有效率的開發環境。但許多業主都忽略了，當員工正在做「線上教導 (On-line Teaching)」時，機臺本身當下近乎「零產能」，而這樣的傳統做法本身所佔用的時間、人力、來回微調 (Fine Tune) 的時間、物料、更換模治具的成本等，顯然是生產力與自動化無形的殺手。

## Solmotion 的誕生

所羅門依據多年視覺經驗，完美整合 AI 智能與 3D 視

覺，賦予機器人物件感知能力，利用物體的 3D 特徵值，透過 AI 的深度學習與立體比對 (3D Matching)，將物體的樣式、座標、變異量等資訊，即時的運算並反饋給 OLP 軟體，如此一來，每次在 OLP 中模擬並產生的路徑程式，將能更真實的呈現物體在現實中的狀態，而非虛擬的位置或是需要額外的卡氏座標定位治具，大幅增加了加工的彈性 (flexibility) 與可及性 (accessibility)。Solmotion，視覺導引機器人 (Vision Guided Robot, VGR) 方案完美揉合數位與現實的差異，整合整廠生產流程從 CAD 到 CAM 再到 VC (Virtual commissioning)，讓現實更接近理想，數位更貼近真實，對於需要精密加工路徑的應用，Solmotion 將可為產業提供完整且快速的解決方案。

## CAD 比對與智慧路徑自動生成

除了能根據物體的 AI 特徵與 3D 輪廓感知物體外，Solmotion 還能依據 CAD 中的 3D 資訊，即時比對現實中物件的 3D 輪廓，找出其變異量並直接於空間中產生相應的加工路徑，完美的解決生產中因溫度、濕度、壓力等外在因素所產生的形變，讓生產的品質更趨穩定，目前已廣泛運用於拋光研磨、模具修補、銲接、3D 列印、品質檢測等應用 (如圖 3)。

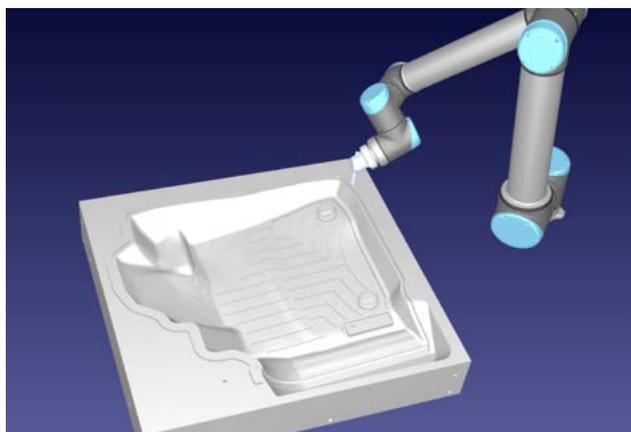


圖 2：離線編程軟體將可成為機器手臂上不可或缺的工具

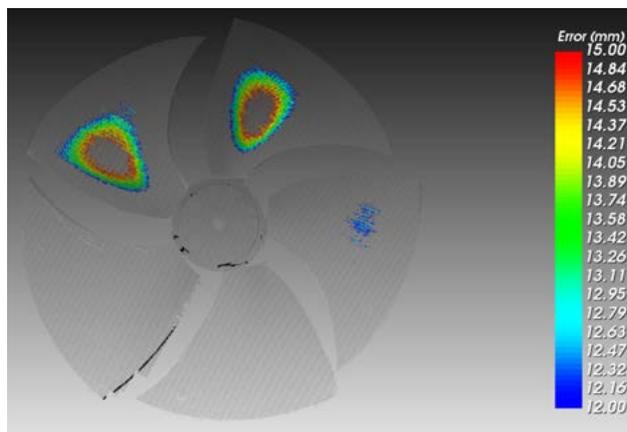


圖 3：利用 3D AI 視覺運算實體與 CAD 的誤差自動產生機器手臂研磨路徑

除了能根據物體的 3D 輪廓感知物體外，Solmotion 還能夠利用 AI 自動尋找物體的邊緣並自動產生加工路徑，對於樣式繁多的產品尤其適合，例如製鞋業中的塗膠、表面電漿處理，IC 製程中愈趨重要的三防膠塗布，以及各式鍍金烤漆、木業家具的自動噴漆等應用，將免去繁複的機構定位與手動編程，達到免教導、直覺式的機器人使用體驗。

## Brain with Vision

德國於 2011 年提出工業 4.0 的自動化，將勞力密集轉為自動化生產，而下一代工業革命，將會發生在 AI 導入工業自動化後所激盪出超越人類智慧與能力的革命性改變。3D 視覺 (Vision) 結合 AI 運算 (Brain) 後，不僅可提供機器手臂現有環境的狀況，自動閃避環境中的障礙物，甚至能根據物體的偏移、旋轉等狀態，及時運算出相對應的路徑。傳統機器手臂將不再盲目運作或等待操作員指示，而是能「看到」物體後，進行「思考」，據事先訓練的資料庫中，搜尋比對最相近的工件樣式，讀取執行相對應的路徑，來達到彈性製造、混單生產的情境，即使沒有精密治具的定位，也能「感知」加工物件的變化，對於面對未來產品少量多樣的變化環境，又多一分智慧的力量。■

# Moldex3D Plastics E-Learning

## 塑膠射出成型數位學習系統

自由安排學習時間  
的一萬小時!!!



參加既定課程  
的一萬小時?



一萬小時定律是指作家格拉德威爾在《異類》一書中指出：“人們眼中的天才之所以卓越非凡，並非天資超人一等，而是付出了持續不斷的努力。1萬小時的錘煉是任何人從平凡變成超凡的必要條件”。要成為某個領域的專家，需要10000小時，按比例計算就是：如果每天工作八個小時，一周工作五天，那麼成為一個領域的專家至少需要五年。



虛擬的學習環境，坊真置身在真實的工廠身邊有師傅手把手的教導，聽看可以反覆多次學習沒有時間與空間限制，完全不會有學不會的學生，適合廠內全員學習。

**真實**

打造3D模擬實境動畫  
彷彿置身射出成型現場

**實用**

兼具成型理論與實務應用  
快速培育下一代智造人才

**互動**

模擬實際機台操作  
即時驗收學習成效

**即時**

隨時隨地自主學習  
不限次數重複溫習

欲訂購請與我們聯繫

林小姐

02-89690299分機11  
eMail:alicelin@moldex3d.com

廣告編號 2020-09-A11



## 珀金埃爾默

珀金埃爾默致力於為創建更健康的世界而持續創新。我們為診斷、生命科學、食品及應用市場推出獨特的解決方案，使科學家、研究人員和臨床醫生能應對最棘手的科學和醫療難題。憑藉深厚的市場知識和技術專長，我們助力客戶更早地獲得更準確的洞見。我們在全球擁有 13000 名專業技術人員，幫助客戶為創建更健康的家庭、改善生活品質而不懈探索。

## 使用紅外顯微鏡表徵聚合物薄膜的化學結構

■ PerkinElmer, Inc. / Ian Robertson

### 引言

多層高分子膜在各行業中應用非常廣泛。其中一個主要用途是食品和消耗品的包裝材料。由於包裝膜需要滿足各種需求來保護其內部的產品，所以多層膜通常結構非常複雜。包裝材料必須能夠包裹住內部的產品，有足夠的強度和密封能力，其生產必須機械化操作而且成本合理。對於食品包裝材料，還要能夠保護內部的食品防止外界的環境對食品的品質和安全造成影響，從而增加儲存時間。多層膜中的每一層膜都有不同阻隔作用以保護外界不同因素可能造成的影響，比如濕度、光、氧氣、微生物和其他化學物質。

總而言之，傳統的高分子材料例如 PET、PE、PS 和 PP 等都可以用作包裝材料。這些包裝材料中有很大一部分最後都被扔至垃圾場或者被回料加工廠回收。這些材料中很多都只能緩慢的生物降解或者不能被生物降解，對環境污染非常大。因此，使用很多可生物降解聚合物或可分解聚合物來做包裝材料成為了人們的關注點。生物基材料由部分可再生或全部可再生材料製成，例如纖維素、澱粉或聚乳酸。這些生物基塑料是可生物降解的，但並不是無條件的。在有水、二氧化碳和生物能量的情況下，可分解塑料能夠被微生物完全生物降解。這些環境友好材料將來的發展前景更加廣闊。

紅外顯微已經成為表徵多層聚合物膜結構之最重要的一種技術了。紅外光譜能夠鑒別材料的結構，而一臺紅外顯微鏡可以對最小 10 $\mu$ m 的樣品進行分析，包括可以鑒別多層膜中每層膜的結構。本文介紹了紅外顯微鏡在傳統多層膜和新型可分解材料上的應用。

### 聚合物多層膜的紅外顯微鏡分析

聚合物膜的紅外顯微分析可以使用透射或者 ATR 技術。使用透射測試需要樣品非常薄，厚度最大 20-30 $\mu$ m，這就需要使用顯微鏡切片機進行切片預處理。樣品可以固定在可透紅外光的窗片上，例如 KBr 來對樣品進行透射分析。由於 ATR 是一種測試材料表面的技術，因此樣品可以很厚，樣品需要樹脂包埋或者固定於夾具上測試。相比透射測試，顯微 ATR 能在更高的空間分辨率下得到紅外譜圖。

### 聚合物多層膜的透射分析

使用顯微鏡切片機將一個高聚物多層膜樣品切至 25 $\mu$ m 厚，用膠帶把樣品貼在 7mm 直徑的 KBr 窗片上。將樣品固定在 PerkinElmer 公司的 SpotlightTM200i 紅外顯微鏡的顯微鏡樣品架上。圖 1 是樣品的可見圖像，選取的範圍大約為 350 $\mu$ m（從上到下）。

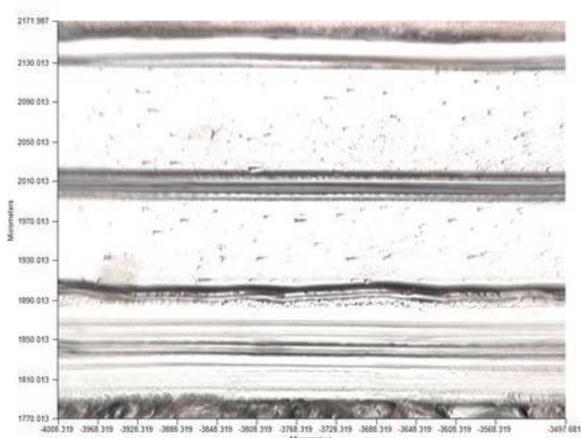


圖 1：聚合物多層膜透射模式的可見圖像

如果需要每層結構的詳細信息，可以設置一個線掃描，每個間隔收集一張譜圖。使用每隔  $3\mu\text{m}$  步進，光斑大小使用  $5\mu\text{m}$ ，共收集 140 張光譜圖。線掃描的數據見圖 2。結果顯示樣品包含了很多不同聚合物的類型。使用檢索譜圖功能，這些聚合物分別為 PET、改性的 PS、PE、EVA 和 EVOH。通過給出的結構信息可以看出不同聚合物類型在多層膜結構中的分布情況。圖 4 顯示了樣品截面中 PS( $1600\text{cm}^{-1}$ )、PE( $1450\text{cm}^{-1}$ )、EVA 共聚物 ( $1746\text{cm}^{-1}$ )、EVOH 共聚物 ( $3334\text{cm}^{-1}$ ) 的分布情況。

如果只需要對多層膜的層結構進行檢測和辨別，可以使用 Spectrum 10 軟體中的 Analyze Image 功能。這個功能可以全自動分析樣品的可見圖像，檢測每層膜結構，將每層膜的測試區域最大化。對於多層膜樣品，會收集每層膜的紅外譜圖，相比紅外圖像和線掃描而言，這種方法會有更高的信噪比和更少的分析時間。圖 5 顯示了一個 5 層膜結構的樣品。檢測多層膜後，會自動掃描記號點位置上對應的紅外譜圖（圖 6 所示）。通過譜圖庫自動檢索可以看出每層結構分別為 PET（第一層和第五層）、EVA 共聚物（第二層和第四層）、矽偶聯聚乙炔（第三層）。

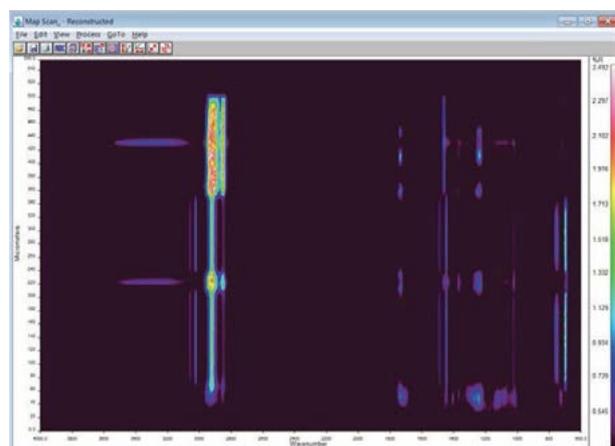


圖 2：聚合物多層膜透射模式的線掃描

### 聚合物多層膜的

ATR 是一種快速而簡單測試材料紅外光譜的方法。紅外顯微鏡上的 ATR 可以測試幾個  $\mu\text{m}$  大小樣品的紅外譜圖。顯微 ATR 附件已經用來檢測食品包裝多層膜的結構了。相比透射測試，ATR 能夠在更高的空間分辨率下得到紅外譜圖。對於顯微 ATR 測試，需要對樣品進行樹脂包埋，然後切出一個光滑而平坦的表面。相比簡單的夾具固定樣品，樹脂包埋樣品可以防止在 ATR 的壓力下樣品的變形。

使用 Spotlight200i 紅外顯微鏡，顯微 ATR 附件對一個傳統聚合物製成的多層食品包裝膜進行測試。圖 7 顯示了此樣品的可見圖像，此多層膜的寬度大約為  $200\mu\text{m}$ ，由多種聚合物層所構成。顯微 ATR 的晶體固定在可接觸整個樣品範圍的位置，使用  $5\mu\text{m} \times 5\mu\text{m}$  的光斑，步進  $5\mu\text{m}$  對多層膜進行線掃描，結果如圖 8 所示。樣品中可以看出含有幾種不同的聚合物類型。圖 9 顯示了主要層結構的紅外譜圖。通過聚合物譜圖庫鑒別出每層的結構分別為 PP、PET、PE 和改性 PE。另外，幾種次要的層結構譜圖見圖 10。其中一個區域（ $160\mu\text{m}$  周圍）沒有譜圖的信息，因為這是一層很薄的金屬層。

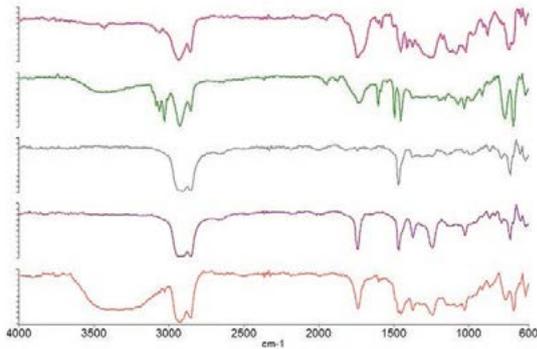


圖 3：不同層結構的紅外譜圖

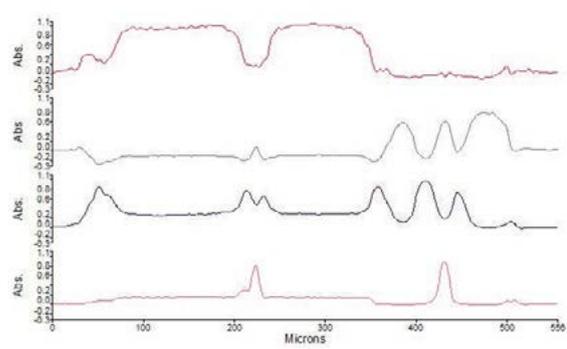


圖 4：多層膜截面的各種聚合物類型分布情況。從上到下分別是：PS、PE、EVA 共聚物、EVOH 共聚物

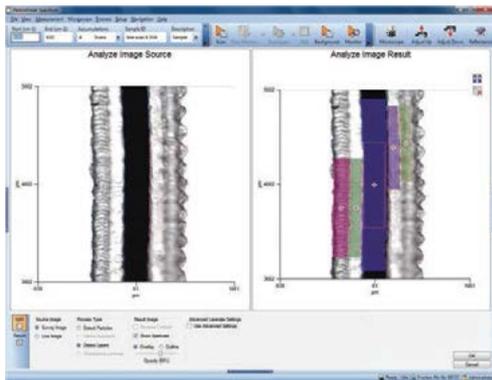


圖 5：自動檢測多層膜中每層膜的結構

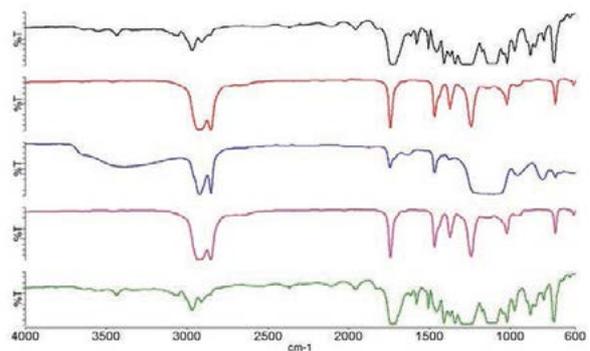


圖 6：聚合物多層膜 1-5 層的紅外譜圖（從上到下）

傳統的聚合物包裝材料已經被一種新型生物降解聚合物材料所替代。使用 Spotlight 200i 對此可降解包裝材料進行分析，用紅外顯微 ATR 進行測試，製樣方式與上述傳統包裝材料相同。圖 11 是樣品的可見圖像，可以看出此膜的寬度大約為 80 $\mu$ m，由少數幾層膜所構成。樣品的紅外掃描數據見圖 12。樣品主要由 3 層膜所構成，每層大約 25 $\mu$ m。樣品的紅外譜圖見圖 13。每一層樣品的紅外譜圖看起來都很類似，他們在 1700-1760 $\text{cm}^{-1}$  都呈現 C=O 鍵吸收峰。這是 PLA 基的共聚物材料，大約有 60 $\mu$ m 的區域沒有呈現紅外吸收譜圖，因為這也是一層很薄的金屬層。

## 小結

包裝材料尤其是食品包裝材料，為了滿足各種保護內部食品的要求，其結構是非常複雜的。多層膜是一種

能夠滿足此要求的材料。但是，食品包裝材料的降解對環境污染是一個很大的問題，而使用生物可降解包裝材料是一個有效的解決辦法。

從文中我們可以看出紅外顯微技術無論對傳統多層膜包裝材料還是新型生物可降解多層膜包裝材料都能提供很好的表徵。對於不同樣品我們可以使用透射或者 ATR 來對樣品進行分析。■

## 參考文獻

1. PerkinElmer Technical Note 007641A\_03, Spatial Resolution in ATR Imaging

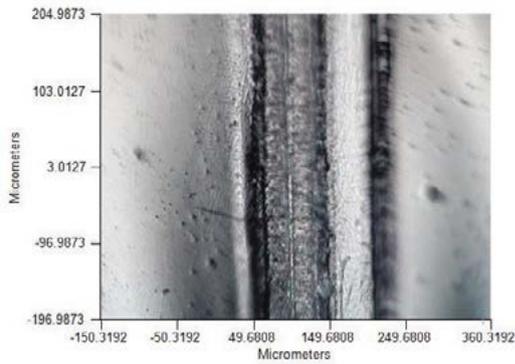


圖 7：多層食品包裝膜的可見圖像

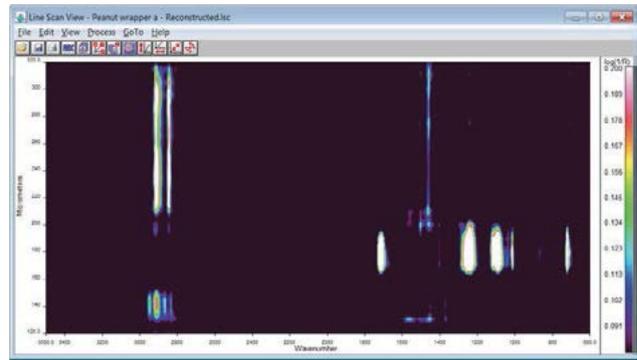


圖 8：食品包裝材料的線掃描數據

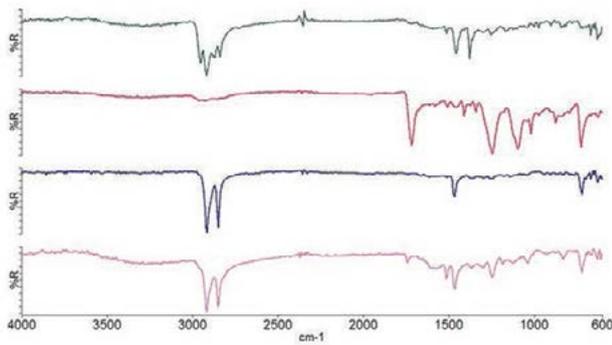


圖 9：主要層結構譜圖檢索結果：PP、PET、PE、改性 PE

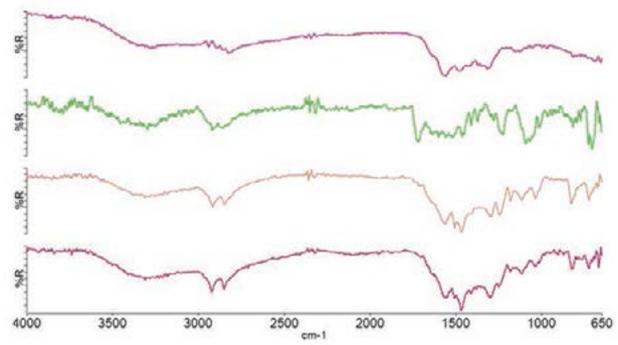


圖 10：多層膜包裝材料次要層的紅外譜圖

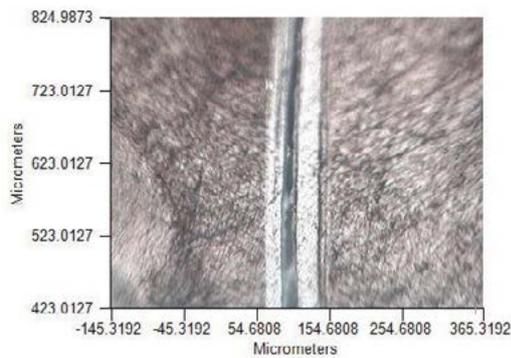


圖 11：可降解食品包裝材料的可見圖像

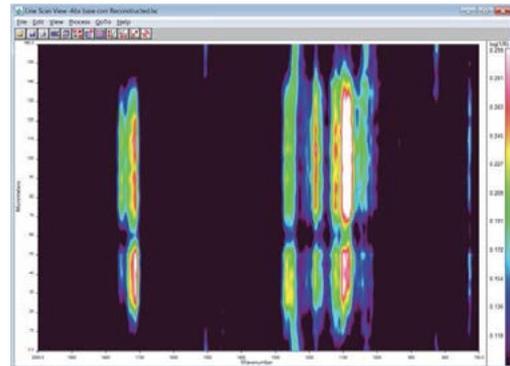


圖 12：可降解包裝材料的線掃描數據

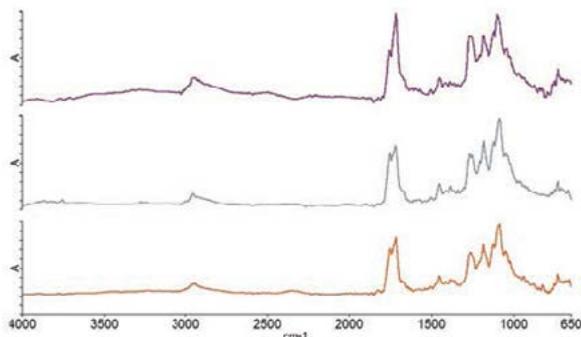


圖 13：可降解包裝材料三層膜的紅外譜圖



## 精密機械研究發展中心

本中心成立於 1993 年，延續精密機械發展協會 (CMD) 十餘年來在工具機檢驗、測試等技術成果之傳承，擁有深厚的技術根基，為機械公會產業科技發展策略的重要夥伴。本中心成立宗旨在於以科技為機械產業創造價值，並以提升精密工具機之品級，以及支援精密機械工業之發展為目的。

## 探尋射出成型工廠的智慧化配方

■精密機械研究發展中心 / 楊文傑

### 前言

隨著產業趨勢與資訊技術的不斷演進，原先 OT 端與 IT 端之間的差異將不斷縮小，結合兩者之特性，融合出新的架構稱之為 IOT，參考表 1。欲達到智慧化的生產模式需先從生產訊息的透明化開始，如機台狀態、產能、稼動率、生產參數、實際量測值等資訊，將這些資訊進行數位化、連網化與整合化，已成為進入工業物聯網 (IIOT) 時代的一張門票。

### 邁向智慧化的過程

接下來，將分別從跨平台、資訊流、生產看板、報工系統、MES 導入與 Edge PC 等層面探討射出成型工廠邁向智慧化所需面對的一些情形。

#### 跨平台

實務上，首先會遭遇到的問題是：如何從不同品牌（含整機與控制器）、不同機台（含射出機、模溫機、乾燥機、熱膠道、包裝機……）、不同資料擷取方式（含 OPC UA、OPC DA、Modbus RTU、Database、I/O……）的條件下，取得完整、有效且標準化的資料。在這項基礎工程的建置上，需針對各廠牌可提供的資訊，開發機連通訊模組；而在資料標準化上，則有 IMM\_BigTable 方案，可參考圖 1 與圖 2 所示。

### 資訊流

從射出機的資訊流角度切入，成型參數有開關模、射出、頂針、保壓、中子、射座、儲料、溫控等設定參數，再往下細分，本質上即為監控生產過程中壓力、速度、位置、溫度、時間、數量與狀態等物理量之數據。所有成型參數訊息的整合由 IMM\_BigTable 架構彙整，經 Web-Base 可視化平台 (Kanban) 呈現，或可轉換至互連中台與 MES 業者合作，雙方資訊流以互連中台的資料庫架構相互連結與分享。

### 生產看板

導入 MES 對業者而言，有著管理上產生質變的益處，可降低不必要的各種浪費與有效提高營運的效能。但是實務上，若公司的規模不大、資源有限，建議先以機連網的架設與基本生產看板的建置為優先考量，讓投資的業主能夠漸進式地適應與感受到生產管理訊息透明化的效果與管理上的技巧，這樣在後續導入 MES 的過程中會更加順利。

### 報工系統

即時生產的管控離不開報工系統的現場訊息回饋，可參考表 2 之報工規劃範例，分為登入、工單、機況、首件、品管、產能與產出等 7 組分項，細項部分再針對不同客戶的實際需求進行適當調整。使用的硬體載

	OT	IT
任務	自動化	資訊化
載體	重硬體	重軟體
架構	封閉式	開放式
特點	高穩定	高彈性

表 1：OT 與 IT 的基本差異

體，有分固定式的機邊 IPC 或手持式的平板與手機等，系統本身以 Web Base 架構建立，業者只需建置好廠內網路線路，便可支援不同操作平台的使用。

### MES 導入

對於使用 MES 系統的業主而言，很難一開始便明確地知曉自己公司需要什麼樣的 MES 服務內容，就算使用與業界相同的工具包套件也一定會有部分通用與部分客製化調整的區別。想要一次性便將整個完整體系建置起來的方式，常會有消化不良的衍生問題，所以熟悉 OT 端的生產業者與精通 IT 端的系統整合商之間，需要有瞭解兩端 Know-How 的專業人員協助規劃，方能事半功倍。

欲邁向智慧製造的進程中，佈建機連網與縱向串連 MES 是兩大根基，有了完整的機連網，便能掌握生產進度與機台自動報工；加上 MES 的結合，便可打造高效率與可視化的現場管理，如圖 3 所示。其中可帶來的效益如：提升報工精準度、生產進度即時掌握、即時發現問題找對策、生產與領料資訊透明等實務上精進管理的工具可提供。生產參數的智慧化管理對於減少試模廢品量、縮短換線流程、加速少量多樣化的生產能力、生產過程中人員調整記錄等細項功能具備彈性規劃之能力。



圖 1：支援的控制器品牌與通訊協定

### Edge PC

在系統的規劃上，可參考圖 4，分成設備層、Edge PC 執行層與供應商應用層三大項。其中設備層泛指射出機與週邊輔機的機連網，主要處理的資料有設備稼動、配方參數、成型履歷與設備警報等；Edge PC 執行層專門處理非 MES 所需的工作，如參數欄位標準化、顯示單位換算、資料格式標準化與通訊協定標準化等核心功能；再往上與 MES 業者的資料拋轉由雙方協議的互聯中台為橋接，可應用標準化的 MES 工具包套件與之結合。

### 結論

相對成熟的成型產業欲進入智慧化工廠的領域，主要的困難點並不全是技術問題，而是要在每次投入資本的漸進過程中，能讓業主實際獲得有效可見的利益回報，且實際使用的作業人員、品管人員與管理人員亦能夠同心協力地積極配合。在協助業者轉型成智慧化工廠的道路上，需要整個產業界共同參與、共同分享，期許跟業界先進一同合作一同成長。■



圖 2：支援的整機廠品牌

分項	處理項目
登入	識別卡/手動輸入
工單	人員代碼/人員名稱/工單編號/預定產量、生產參數建議 (資料庫)
機況	待料/上模/試模/機台維修/正常生產/熱機中/品質異常
首件	生產機台/人員/工單編號/模號/生產參數
品管	產品照片/品管內容/不良品範例、秤重/尺寸量測記錄、設備每模次 SPC產出資料
產能	生產總數/良品數/不良品數
產出	首件條碼、品管報表、班/日總生產數

表 2：報工規劃範例表



圖 3：邁向智慧製造的根基

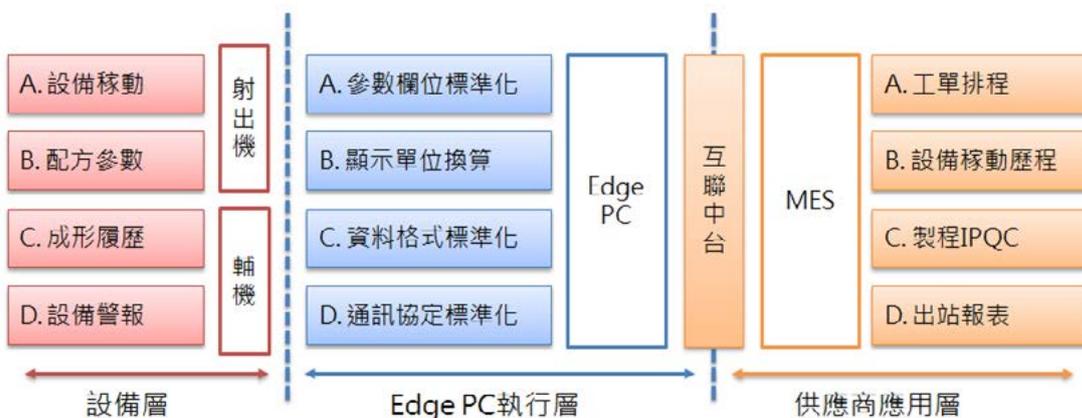


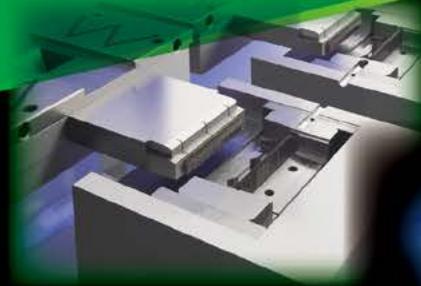
圖 4：Edge PC 與 MES 交握類別定義



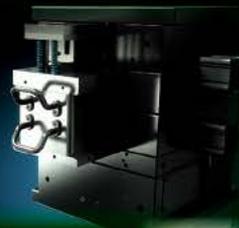
Sodick

# 电子束 PIKA 面加工装置 EBM

PF300S



## 高速造形 金属 3D 打印机 LPM325



## eV-LINE OPM 模具专用单元制造系统 MR30

廣告編號 2020-09-A12





## 威格斯

威格斯是高性能聚醚醚酮和聚芳醚酮解決方案全球領導者，致力於航空航天、汽車、電子、能源和醫療等行業市場。每天，有數以百計的人民在使用含有我們聚合物的產品或應用，所涉及的範圍包括智慧手機、飛機、汽車、尤其行業運營和醫療器械等。憑藉超過 40 年的經驗，威格斯在高新技術領域不斷投入，為我們的客戶和市場創造價值。

# 威格斯推出為積層製造而優化的 VICTREX AM PAEK 絲材

■資料來源：Victrex plc

## 前言

威格斯 (Victrex) 是高性能聚醚醚酮 (PEEK) 和聚芳醚酮 (PAEK) 解決方案全球領導者，近期威格斯推出了為積層製造而優化的 VICTREX AM™ 200 絲材，該新產品特別為積層製造進行開發和優化。現有的 PEEK 材料雖然有一些積層製造的應用，但材料本身是為機加工和射出等傳統的製造方法而設計的。首家提供威格斯 PAEK 新材料的 3D 列印設備供應商是中國的遠鑄智能 INTAMSYS，一家全球領先的提供高性能材料 3D 列印和工業直接積層製造解決方案的高科技公司。

威格斯首席執行官 Jakob Sigurdsson 先生評論道：

「新一代的威格斯積層製造 PAEK 材料標誌著我們前進方向的重要一步，我們非常高興能夠與遠鑄智能 INTAMSYS 一起緊密合作。正是基於與包括遠鑄智能 INTAMSYS 在內的追求積層製造創新的公司和機構聯盟的出色合作，以及威格斯持續的研發，我們不斷取得進展，致力於創造基於積層製造設計自有與 PAEK 材料高性能結合之真正創新的部件。」

## 專為積層製造設計的 VICTREX AM™ 200

此款基於 PAEK 的新型 VICTREX AM™ 200 絲材是專門為積層製造而設計並優化的，PAEK 材料優異的機械性能是高性能零部件的需求。然而，到目前為止，使

用 PEEK 和 PEKK 等現有可選材料，PAEK 的優異性能還很難在 3D 列印部件中完全實現。例如，將用於射出成型的 PEEK 材料改變用途，用於單絲熔融積層製造，通常會出現由於層間結合不良而導致部件性能減弱。這款新型材料的設計專門針對 PEEK 列印中存在的這一弱點。此款新材料在遠鑄智能 INTAMSYS 3D 列印設備上的測試顯示其具有更高的 Z 軸強度，可以達到其 XY 強度方向的 80%，具有比現有 PAEK 材料更好的熱熔絲成型 (FFF) 列印適應性。

遠鑄智能 INTAMSYS 對威格斯全新高性能材料進行了物理性能和機械性能測試，材料測試在不同的 3D 列印設備中進行，其中包括了智慧多材料工業級 3D 列印設備 FUNMAT PRO 410，這是一款工業級智慧雙噴頭高溫 3D 列印設備，列印尺寸可達 305\*305\*406mm，可處理多種複雜結構，支持列印多種材料如 PEEK、PEEK-CF、PEKK、PC、PC-ABS 等高性能材料。

遠鑄智能 INTAMSYS 創始人兼首席執行官韓成超先生強調：「我們在 INTAMSYS 列印機進行的測試結果證實 VICTREX AM™ 200 絲材和其他 PAEK 類材料相比具有更好的層間結合力。與非填充 PEEK 材料相比，該材料的設計具有結晶更慢、熔點更低的特點，其熔



圖 1：由 VICTREX AM™ 200 絲材列印的不同部件



圖 2：由 VICTREX AM™ 200 絲材列印的歧管，左為退火前，右為退火後

體黏度調整後尤其適合 FF 3D 列印，列印流暢度高。相對於市場上同類產品，該材料成型的列印件層間結合力和尺寸穩定性表現尤為出色，這也歸功於其低剪切速率下的高流動性。基於我們目前的測試結果，VICTREX AM™ 200 與其他同類材料相比，其層間結合力更高、更容易列印、具更少的收縮和翹曲，也更適合熔融沉積列印工藝。」

遠鑄智能 INTAMSYS 也是威格斯支持該新材料的全球線材列印網絡的首家成員公司。該網絡旨在促進基於 PAEK 聚合物的 VICTREX AM 積層製造创新型高性能材料的使用，並包括為積層製造技術專門開發的更多材料解決方案。這些材料專為積層製造技術設計研發，以滿足對於耐高溫並具有優良機械性能的積層製造部件之需求。

## 結語

威格斯全新研發的積層製造 PAEK AM 新材料同時具備有非常高的耐磨性、耐高溫、耐疲勞以及耐腐蝕性流體 / 化學品性能，可以滿足多種需求嚴苛的應用，有助於提高設計自由度並提升生產成本效益。■



**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 43 招、模具水路設計對產品翹曲變形的影響【水路設計篇】

■ Moldex3D/ 林秀春 協理

**【內容說明】**

在射出成型模具中，冷卻系統的設計甚為重要。因為唯有將成型塑件冷卻固化至具備相當剛性，脫模後才可避免塑件因脫模外力產生變形。由於冷卻時間佔整個成型週期約 70-80%，因此設計良好之冷卻系統可以大幅縮短成型時間，提高產率，縮短成本。若冷卻設計不當，如水路管徑太小、水路數量太少、距離塑件太遠等，冷卻系統將會使成型時間拉長，增加成本；而冷卻不均勻更會進一步造成塑件的翹曲變形。

**案例成果分析**

此案例完成分析結果確認水路設計，並開始執行完成 3D 金屬打印模仁後，正式進行射出成型實務驗證。本次使用 3D 金屬打印設備 OPM250，打印尺寸 240\*240\*150mm 的母模仁。並且透過紅外線熱顯像儀器驗證異型水路設計，可有效將模具內溫度帶走。透過 2.5D 投影量測方式，量測尺寸的翹曲變形，確認相關尺寸都得到改善，改善幅度從 25%~50%，而實際生產的冷卻時間也改善幅度達 25% 以上，由分析與現場成果驗證可得知，異型水路能夠有效縮短成

型週期和改善翹曲變形問題。■

本案例由宗璋工業股份有限公司提供

項目	傳統水路	異型水路	結果
溫度	高且不均勻	低且均勻	異型水路優
時間	冷卻48s	冷卻16s	異型水路優
冷卻效率	18%	35%	異型水路優
平均溫度	高且不均勻	低且均勻	異型水路優
模仁溫度	所示高溫	所示低溫	異型水路優

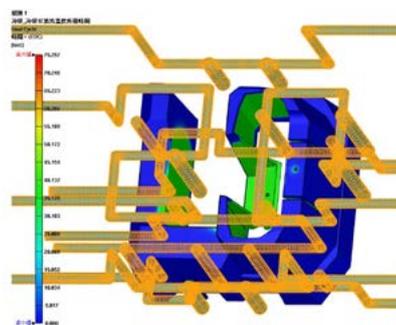


圖 1：模具中模仁傳統水路

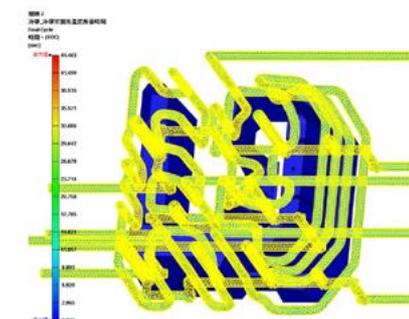
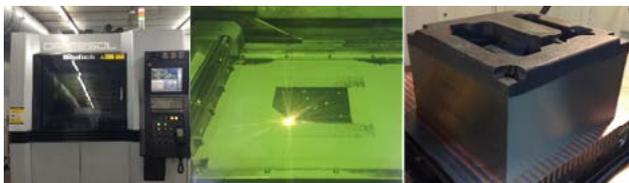


圖 2：模具中模仁異型水路



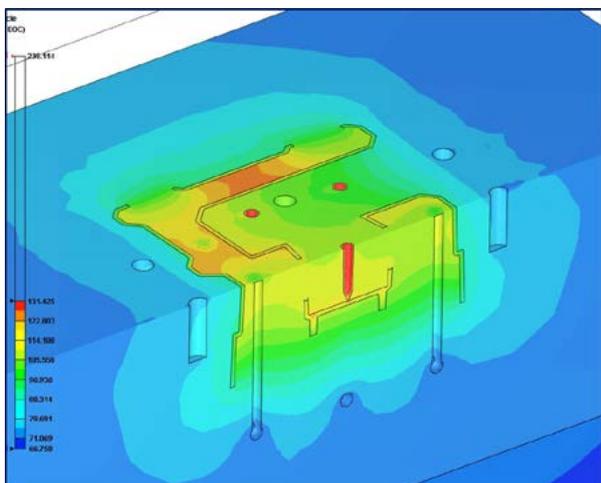


圖 3：模具模仁溫度剖面分布圖，左為傳統水路，右為異型水路

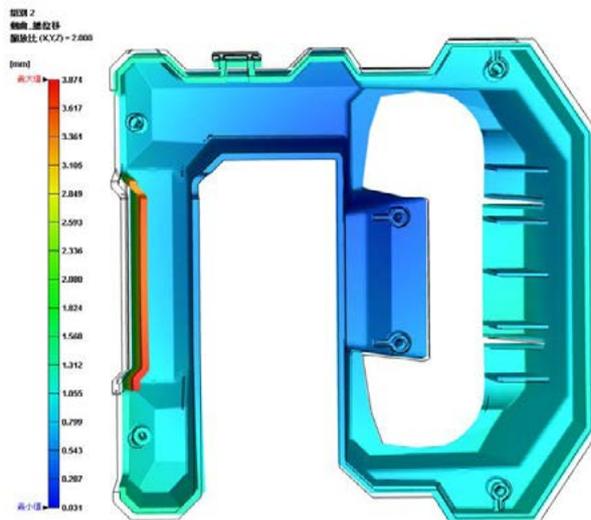
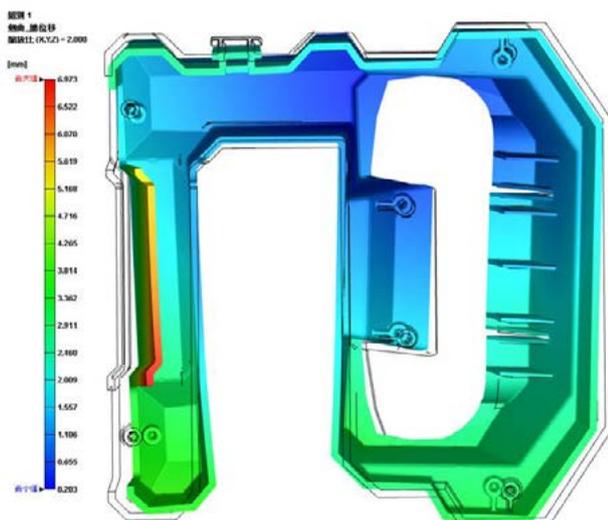


圖 4：翹曲變形總位移的分布情形，左為傳統水路，右為異型水路

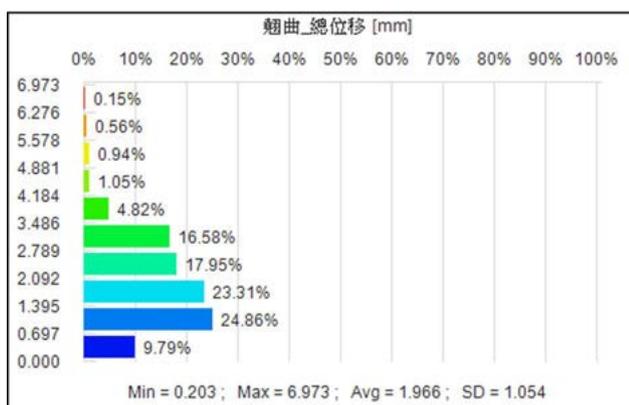


圖 5：統計圖中傳統水路的變形量值大且分布廣

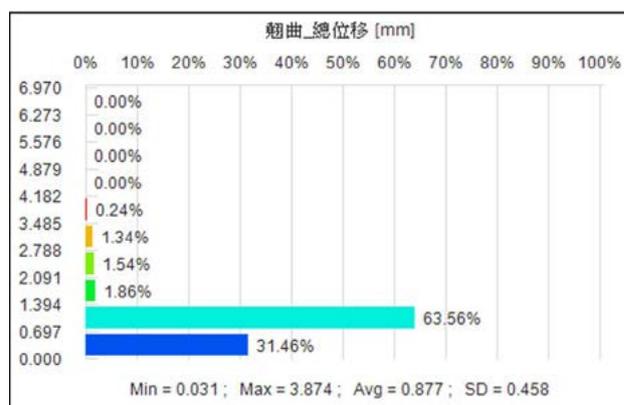


圖 6：統計圖中異型水路的變形量值小且集中



## 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

## 我們這個世代的百年孤寂，還有美麗

■宇一企管 / 林宜璟 總經理

### 前言

對寫這篇文章的我，以及看到這篇文章的你而言，未來有一個好消息和一個壞消息。好消息是我們都有很高的機率活到 100 歲以上，而壞消息是，我們也都很有可能在 50 歲左右就沒了工作。這是我最近讀了一本「100 歲的人生策略」的書之後，最直接的感想。

以下的內容不算讀書心得，而是我受到書中內容啟發後的隨想。如果看了有不開心、不同意的，帳別算到這本書的兩位作者頭上，他們是無辜的。當然，和馬奎斯的「百年孤寂」也沒有任何關係。

### 伴隨平均壽命提高而來的影響

先說為什麼我們有很高的機率會活到 100 歲。按照書中的數字，一個 2007 年出生的嬰兒，在以下幾個不同國家有 50% 的機率活到以下歲數：美國，104 歲；德國，102 歲；法國，104 歲；日本，107 歲。

書中沒有提到臺灣。不過無論如何，以臺灣的高醫療水準和優秀的健保制度，以上述國家當基準推估，我們總有過 100 吧！然而書中的另一個重要數字是，從 1840 年起，人類的平均壽命，每年增加 3 個月，也就是每 10 年增加大約 2 到 3 年。

另外，據近期公布的 2019 年統計數據，目前臺灣女性平均壽命 84.2 歲，男性平均壽命則是 77.7 歲，我不知道看到這篇文章的你是哪年生的，但你可以依以上數字自己估算一下活到 100 歲的機率，一定不低。這樣的一個歲數，將從根本上改變我們的人生規劃。對於我這一輩的人（五年級）來說，大概心中都有個三階段的人生脈絡：

- 第一階段：成長學習，0 歲到 20 歲左右；
- 第二階段：工作賺錢，大約 20 到 60；
- 第三階段：退休養老，大約 60 到 80。

所以工作個 30-40 年，存下養老本，等到 80 歲的時候，錢和命一起用完，完美！

但是現在情況不同了。首先，由於科技加速性的成長，使得很多人才 50 歲上下，他所有的技能就已經不足以讓他在職場上生存，所以他少了 10 年為退休準備的時間，但偏偏又多了 20 年的命要活。這樣一來一往就多了空白的 30 年。「30 年」，一個令人不寒而慄的時間長度。人類歷史上從來沒有面臨過這樣的情況，所以完全沒有先前的經驗可以借鏡。當我們每天用力罵政府的時候，其實想想政府官員也夠可憐的了。可能他們真的就是不知道該怎麼辦，但是今天我們不談政治，就談談當我深刻意識到有這麼多的人都



(圖片來源：Freepik.com)

要活到 100 歲時的幾個隨想吧！我將這些隨想分成百年帶來的「孤寂」和「美麗」兩部份進行談論。

## 百年孤寂

### 「減命」也許會成為一個產業

從前的人食物稀少，以胖為貴。後來食物過剩了，胖子變多，所以減肥成為一個產業，一個大產業。到目前為止，多數人都覺得活得不夠長，所以不需要減命，但如果有天認為活得太長的人變多了，會不會「減命」也成為一個大產業呢？

從人類的歷史進來看，道德和價值觀都是會演化的。因為食物過多，所以需要減肥。減肥有市場，減肥成為一個產業；相對的，如果活得太長，就有人需要減命。減命有市場，減命也就成為了一個產業。之前體育主播傅達仁出國尋求安樂死的例子，不正透露了這樣的訊息？

### 婚姻要從一而終的廝守終生愈來愈難

當你認為這輩子只有六七年要過的時候，如果在 50 歲發現身邊的人不適合你，也許你會想，就忍一忍吧！反正這輩子剩沒多久好活了，但是當你意識到這

一輩子要過 100 年的時候，你就會覺得無論如何一定要 do something 了。否則剩下來如此漫長的歲月，怎麼熬？離婚率的上升原因有很多，但我認為其中一個是大家的命都變長了。

### 技職教育的困境

技職教育體系的存在，其實是基於一個前提：那就是我們可以預測未來有什麼職業（技職的「職」），同時還知道，這些職業需要什麼能力（技職的「技」）。所以我們在學校教育孩子具備從事這些職業所需的能力，並且告訴他們，一技在手，走遍天下，一生受用。

然而，當不知道未來會有什麼職業時，這樣子的教育方向就跟射飛鏢沒什麼兩樣啊！以汽車維修為例，現在滿街都是汽車保修廠，而且都很賺。我在福特汽車的零件服務部工作過，算了解這行，也知道一般保修廠的成本和利潤的結構，汽車維修真的是門好生意。誰會去保修廠？當然就是你我這種有車的人。

但如果 MaaS (Mobility as a Service) 真的成形，就不會再有那麼多人擁有自己的車子了，而是像 U Bike 一樣，以租代買。U Bike 的車子一樣需要維修，但那是



(圖片來源：Freepik.com)

透過大公司的系統，甚至像生產線的概念進行維修。所需要的技能，和開一家腳踏車店是很不一樣的。

MaaS 成熟的那一天，就是街上汽車維修廠的劫難。有人會活下去，但一定要轉型，轉不過去的，就是被淘汰！有很多汽修科系的學生會在提供 MaaS 的公司找到工作，但工作的內容和所需的技能，將和他們在學校所學過的很不一樣。

所以我們現在應該告訴汽修科（還有其他專科）的學生，你們還是要好好上學喔！但是請千萬記住，你們所學的技能，保鮮期限可能只有 5 年。

## 百年美麗

### 學習產業前途大好

當我們要活到 100 歲的時候，人生可能會從「成長學習 => 工作賺錢 => 退休養老」的三個階段，轉變成「成長學習 => 工作賺錢 => 學習 => 工作 => 學習 => 工作 => ……」，最後才是退休養老」的 N 階段。其中的「成長學習」和「工作賺錢」的段落，基本上會是交疊的。

學習的時間既然拉得這麼長，學習當然絕對是一個前

途大好的產業了。作為培訓顧問，這一點我覺得很慶幸，看來我是進對行業了。

### 浪費生命沒那麼罪惡了

這幾年過得閒散，回過頭來想想，有時難免有馬齒徒長的感慨，但既然大有機會活到一百歲，對歲月的耗擲就不用太自責了吧！反正錢多就可以任性，命長就可以隨意。反倒是對自己的投資，對新事業方向的開展，就更該好好認真的去做了。反正命那麼長，怎麼可以不好好安排打算呢？真是「一念地獄，一念天堂」啊！

### 結語

請問你覺得你會活到幾歲呢？你想用什麼樣子活到那個年紀呢？知道自己極可能活到 100 歲之後，你又會做出什麼改變呢？■

20  
Anniversary

# 台灣電子連接產業協會

Taiwan Electronic Connection Association

【感謝您一路相挺逾二十年的成果】

- ★舉辦專業培訓課程538場，共9,629人參與
- ★參與74場國際商展、組織15團海外拓銷
- ★出版157期電子連接產業通訊期刊、十冊精裝本
- ★台灣連接器產值170億(1993年)成長至2,000億新台幣



堅持・用心・再創新  
下個璀璨二十年 也要與您一起過～

廣告編號 2020-09-A13

<http://e-teca.org.tw>



### 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

## 粉體科學：粉體末徑分布與測量的方式

■耀德講堂 / 邱耀弘 博士

### 前言

粉體態是當今物質同時兼具固、液、氣三態的代表，「粉末態，不動可堅如鋼；但行可似水、流如氣，乃生活物件之基本構成是也」。對粉末技術 (PM、MIM 與 AM) 與粉末產品而言，粉體的表面形貌與幾何特徵就會直接反應在產品的加工過程難易度，甚至有關於產品的最終性能。在一個尋常給定的粉末材料中，粗和細的顆粒總是共存。事實上，各種不同粉末材料存在不同大小範圍的顆粒集合組成，我們就用粉末的粒徑分佈 (Particle Size Distribution, PSD) 來進行介紹。如何表達一支粉末材料中的粉體顆粒之粗糙或細緻度？它是怎樣的性質，又是如何給定的？粒徑分佈如何衡量呢？本文將針對上述的這些問題進行介紹。

### 粉末的定義

如圖 1 所示，粉末的定義區間使用的是以尺寸為分界，以小於 0.1~100 微米 ( $\mu\text{m}$ ) 範圍之間，大於 100 微米者稱為顆粒、小於 0.1 微米就已經進入了分子、原子、量子的範圍。在粉末體的尺寸範圍內，由於特殊的顆粒形狀導致固體的粉末態因此可能流動，尤其在小於 5 微米以下因為質量甚小導致幾乎不受地球重力影響而可能四處飛揚，因此，粉末也可能潛在極度危險的可能性，讀者不可不慎。

### 顆粒的形狀

通常以平均粒徑 D50 (平均粒徑中值) 來表示粉末的粒徑，很明顯，比 D50 小的粉末就更細了。然而，MIM 材料顆粒的形狀可歸納為三種：規則、不規則和混合等形式，但是只用平均粒徑並不能充分描述粉體的確切形狀。晶體或晶體碎片 (粉末也是這樣) 的哪個尺寸應該作為它的大小？長度、寬度、高度、一些對角線，或這些的組合？這裡引入科學的方法稱為等效直徑的概念，使我們能夠僅對形狀不規則的乳糖顆粒進行特徵描述。將每個乳糖粒子以及具有與乳糖粒子相同數值的球形粒子進行比較。例如，給定不規則形狀的乳糖顆粒具有不同的體積，可以與體積完全相同的球體進行比較。這個球體完全只有一個維度，即它的直徑。同樣的直徑現在歸因於乳糖粒子的大小特徵。然後，乳糖顆粒的大小稱為乳糖粒子的 (體積) 等效直徑。

體積以外的屬性可以用等效直徑來表示。在日常實踐中，通常使用與分析方法相關的等效直徑 (篩網分析、雷射繞射等)。對於乳糖顆粒而言，等效直徑通常以微米表示，表示為  $\mu\text{m}$  ( $1\mu\text{m} = 0.0001\text{mm} = 10^{-6}\text{M}$ )。

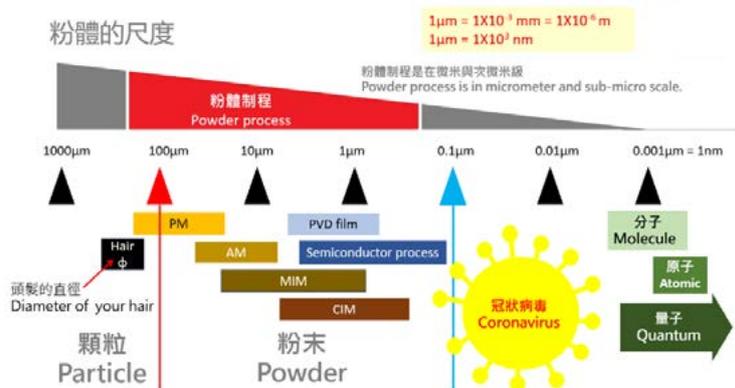


圖 1：粉體科學的範疇：粉末的定義區間

## 粉體粒徑分布

比較乳糖粉體中所有顆粒的等效直徑，將其歸為連續大小類，最後計算每個大小類中的顆粒數，從而產生粉末的顆粒大小分布。雖然各種大小類中的粒子數量實際上可以計算，例如微觀上，但它很少完成，因為這種方法非常耗時，且不太準確。（早期沒有雷射繞射法的快速測量，使用人工篩分與肉眼觀察的方式非常辛苦。獲得顆粒大小分佈的更快、更可靠之方法是測量每個大小類中的粒子總量，可以對每個大小類的總權重（或質量）進行表位和圖形表示，就像上面對每個大小類的粒子數所做的那樣。經常是以基於質量的粉體粒徑分布來表示如圖 2 表示。

## 什麼是 D10、D50 以及 D90?

平均顆粒大小（即平均等效直徑），定義為粉末中的 50% 質量（顆粒數）有較大等效直徑的直徑，其他 50% 質量為等效直徑較小的。因此，平均顆粒大小實際以等效直徑 D50 來表示。可以從累積 PSD 圖形讀取 D50（超過或小於 D50 亦可讀取）。從 50% 水平線與 PSD 曲線相交的點，可以垂直繪製一條直線，垂直於 X 軸。D50 的數值可以在垂直線與 X 軸交集點讀取（或內插法獲得）。以 PSD 的 D50（質量法）不一定與差分法 PSD 曲線的頂部（最大）對應的等效直徑重合，如圖 3 所示。

對應於 PSD 曲線頂部的等效直徑稱為 Dmode。只有在鐘形 PSD 曲線完全對稱的理論情況下，D50 和 Dmode 才會重合。實際 PSD 顯示不對稱曲線，這些曲線通常非常偏斜。PSD 曲線越不對稱，D50 和 Dmode 之間的差異就越大。前一段顯示 D50 並沒有告訴我們任何關於 PSD 曲線的形狀，因此利用此曲線可以說明粒子大小在平均值 (D50) 周圍的實際分布。這可以從圖 4 中看，其中兩個具有相同 D50 但完全不同的形狀的 PSD 被疊加（出於簡單起見，選擇了兩條幾乎對稱的曲線，但同樣可適用於不對稱曲線）如圖 4 所示。

圖 4 中兩條曲線表示的粉末具有相同之平均顆粒大小 (D50)，但圍繞平均值的顆粒大小分佈非常不同。曲線 1 表示的粉末包含相當大的大顆粒以及相當數量的非常細顆粒；另一方面，曲線 2 的粉末幾乎沒有任何細或粗顆粒，兩種粉末在流量特性、體積密度、片劑特性等方面都有很大差異。因此，要描述一個 PSD，單單 D50 是絕對不夠的。除 D50 外，還可以使用其他等效直徑，常用的等效直徑為 D10 和 D90。D10 的定義是「粉末的 10% 質量數（顆粒）的等效直徑中直徑較小的部分（因此其餘 90% 為較粗）；D90 的定義也可以類似定義（剩下 10% 大於 D90 的粉末）。



圖 2：乳糖顆粒基於質量來表示其粉體粒徑分佈，條形圖的數字來自右邊的表

MIM 注射關心的也是此三個數字：D10 = 最小平均粒徑（導致喂料難以注射、溫度異常升高）；D50 = 平均粒徑；D90 = 最大平均粒徑（可能導致螺桿的卡死、粉末燒結後最大孔徑）。AM（增材製造）關心的是以下三個數字：D10 = 最小平均粒徑（導致粉末黏著與飛揚）；D50 = 平均粒徑；D90 = 最大平均粒徑（導致積層燒結後孔隙變大）。

## 測量顆粒大小分佈的方法

### 篩網分析

傳統上，篩子用於確定乳糖粉末的 PSD。它們在大約 40 微米到毫米的尺寸範圍內運行良好（很少遇到較大的乳糖顆粒）。主要用於分析目的的篩子是絲網篩網，光圈具有方形橫截面，同一篩的所有孔徑基本上都是相同幅度的。絲網篩網的標稱網目大小通常以  $\mu\text{m}$  或 mm 表示，如圖 5 所示。

分析篩的孔徑大小過去以網格網目為特徵。此目數與編織中每個小格的面積和編織線數有關。因此，實際孔徑大小取決於編織線的厚度（直徑）。因此，高網目數對應於小的孔徑大小，反之亦然。在不同的國家，使用不同的系統，例如 ASTM（美國）、BS（英國）、泰勒（英國）和 DIN（德國）。通常，工業上仍會遇

到這些過時的表示法——篩網分析，篩網是建立顆粒大小分佈的最直接方法。使用篩網可以獲得兩個分數，一個細和一個粗（“-”表示通過或“+”表示不通過）。篩選後的分數經過準確稱重，會得到一個理想的數字，但不會非常明顯的分離。有幾個原因，其中最明顯的是：

- 通過篩網孔徑，不完全相等，所篩選出來的粉末堆又有一個大小的分布區間。
- 細顆粒會附著粗顆粒，從而停留在粗粉中。
- 在篩分過程中，小顆粒可能無法到達篩網（已經飛走了）。
- 損壞的篩網，導致粗顆粒掉落到細小粉末區域中。
- 由於高摩擦力，細的篩網易損壞。

換句話說，篩分過程沒有明確終點，必須任意選擇端點。通常，當篩分速率（每個時間單位通過篩網的重量）低於特定預定值時，篩分過程被視為已完成。為了準確確定，應校準篩子，這可以在微觀上或使用完全已知的顆粒大小分布之標準參考材料來實現。篩分法比現代工具技術（例如雷射散射技術）具有優勢，因為進行分析的樣本實際上在物理上細分為不同大小類的分數，之後可以進一步研究它們，然而限制是小於 500# 以下的篩網很難製造且損耗很快。

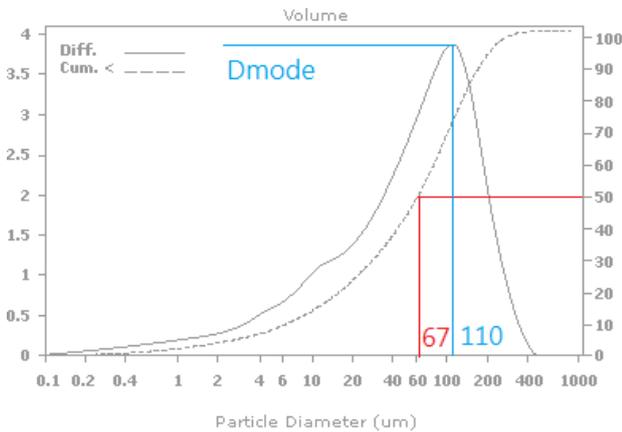


圖 3：PSD 曲線，D50 = 67 $\mu$ m（質量法）但 Dmode = 110 $\mu$ m（差分法），兩者並不重疊

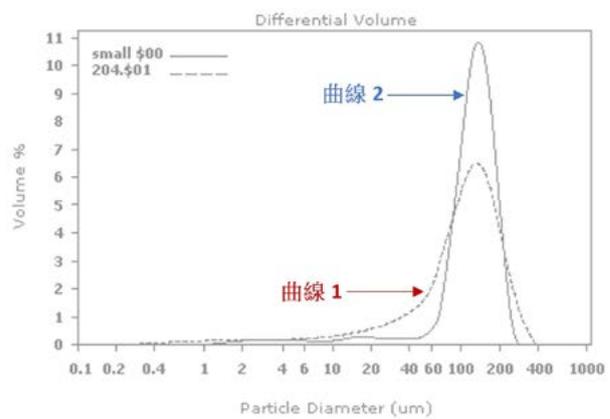


圖 4：相同 D50 粉末卻展示出高斯分佈一窄一寬的不同 PSD 圖形

## 雷射繞射法

分散在介質中的粉體粒子，例如在空氣中或液體中，當平行的雷射光束通過它們並撞擊粒子後，光線並非均勻地分散在所有方向上。有些方向比其他方向更易出現光散射模式，此模式與粒子的大小、分布與幾何形狀有密切相關。目前已經發展出的複雜理論，可定量地將散射模式與顆粒大小分布聯繫起來。因此在這裡，我們不再進一步討論這些理論。

而在儀器裝備方面，雷射繞射裝置使用分散粉體粒子對光的散射行為。設備基本上包括下列幾項：

- 使用雷射，必須是單色光源且能聚焦很窄的範圍。
- 將雷射束聚焦在樣品上並將分散的光線聚焦收集在探測器上的鏡頭系統。
- 一個樣品單元，其中粉體必須在分散狀態（液體中分散最好）。
- 一組用於檢測和測量散射光強度的光探測器電腦化演算法。
- 一部電腦可將散射光的強度測量模式轉換為粒子大小分布。

重要的是要認識到，這種類型的設備基本上測量光強度，除了篩分法之外，沒有其他測量方式可以直接測

量顆粒的大小。樣品的粒徑分布是通過將測得的光強度放入弗勞恩霍夫理論或 Mie 理論的理論方程中，並通過電腦進行計算來建構的。如今，採用雷射繞射原理的現代儀器得到了廣泛的應用。它們比更經典的方法（如篩分、沉澱和顯微鏡）具有巨大的優勢：

- 測量速度非常的快速。
- 寬的測量範圍由 0.1~1000 $\mu$ m。
- 獲得幾乎連續的 PSD 曲線，並允許在 PSD 曲線上任意點進行精確插值。
- 測量結果的再現性很高。
- 設備容易操作。

各種儀器在商業上提供。所有這些都利用了同一原則，儘管不同生產者的文書之間存在差異。差異可能包括光學系統（透鏡）、探測器數量、分散介質（空氣或液體）、應用的散射模型（弗勞恩霍夫或 Mie）和軟體。廣泛使用的雷射繞射儀器包括來自瑪律文、塞默帕泰克和貝克曼 / 庫爾特的雷射繞射儀器。在同一樣品上用不同品牌的儀器進行抽樣的結果不一定相同。之所以會造成結果上的差異，除了理論的因素外，同時也與實驗有關。產生 PSD 差異的重要原因是分散粉末的介質、探測器數量和所使用的散射模型。



圖 5：篩網，不同網目數

### 單峰級、雙峰級、與三峰級的粉體粒徑分布

單峰級的 PSD 數據（如圖 4），在高斯分布的圖形中只有單一個高峰模式，即落在 D50 為數量最多的顆粒。雙峰級的 PSD 模式如圖 6 所示，這個模式通常是混合兩種 PSD D50 不同大小產生的一種模式，經常在 PM（粉末壓製）/MIM（金屬粉末注射成型）製程使用，以控制粉末的成本以及填充的密度改善。而圖 7 為三峰級的模式，呈現出三個不同 D50 的粉末混合之表現。

### 結語

ACMT 的讀者們要對粉體科學的機理開始理解，許多加工技術都會與粉體顆粒有所關係，不光只是利用粉末聚集來做為產品，對於使用粉體的物理特性與化學性質之相關聯，可能更是未來自己公司獲利的決勝點。本期以物理測量來描述粉體，讓各位讀者初步理解粉體科學的入門，接下來一期將會更深入地導引大家來理解粉體科學！■

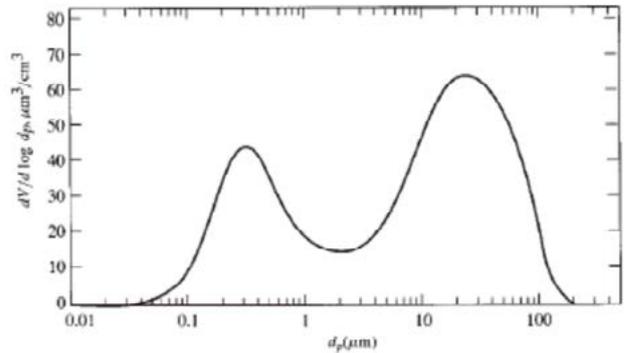


圖 6：雙峰級模式的 PSD

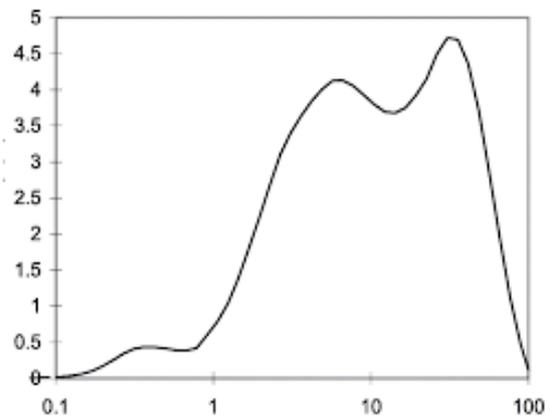


圖 7：三峰級模式的 PSD



# 德國萊因 值得信賴的安全與品質驗證

德國萊因集團以超過百年經驗與全球服務網為企業及消費者提供安全與品質保障。獨特標誌代表產品或系統已通過嚴格的安全檢測或品質驗證。

五大服務領域：

- 工業服務與資訊安全
- 交通服務
- 產品服務
- 管理系統服務
- 萊因學院與生命關懷

德國萊因專業檢測驗證，您可以信賴的合作夥伴。



## 郭宗勝

- 工研院智慧微系統科技中心 資深經理
- 大同公司 IoT 系統研發處技術總監
- 大同公司中央研究所主任
- 大同公司中央研究所經理
- 大同大學兼任助理教授

### 專長：

- 無線通訊技術
- 嵌入式系統
- 成型智能化技術

## IT 與 OT 的融合：建構智慧化成型產線

■工研院 / 郭宗勝 博士

### 序言

射出成型製造是高度依賴製造端 (OT) 領域知識 (Domain Knowledge) 的產業，這也是成型產業邁入智慧製造的一大挑戰，因為若單獨從資訊端 (IT) 角度想要打造智慧製造方案往往會事倍功半，無法為射出成型廠創造智慧化的最大效益。

有鑑於此，本文將從製造面與管理面雙贏的角度切入，期望透過 IT 與 OT 跨領域的技術融合能夠加速成型產業智慧製造的落地。並且將以工研院智慧成型系統實際導入汽機車零組件廠為案例，說明如何藉由 IT 與 OT 融合技術協助射出成型廠進行數位轉型，佈局全球輕量化與高值化市場。

### IT 與 OT 融合技術需求

在思考 IT 與 OT 為何需要融合時，我們可以分別從「OT 為何需要 IT」與「IT 為何需要 OT」等兩個角度切入來看。

#### OT 為何需要 IT

首先，先從如何導入 IT 技術解決成型加工製造端 (OT) 痛點的角度說起 (OT 為何需要 IT)。傳統成型製造產線上過度依賴人力解決生產品質問題，從試模、量產、品質檢測到報工，都過度依賴人力作業造成新產

品來回修模影響產品開發時程、依經驗調機造成量產品質不易穩定、巡檢方式導致不良品流出造成客訴。因此，若射出廠願意透過數位轉型來導入 IT 技術發展各種智慧功能將可有效改善製造端面臨的問題。

以試模為例，透過各種感測器擷取即時成型曲線，可以將模具內的成型過程可視化，以數據協助調機人員進行科學化調機作業加速產品量產。而量產階段產生不穩定問題，則可透過感測特徵擷取與分析，即時針對製程環境發生變異時進行示警，避免不良品的大量生產。而在品檢階段，以收集每模次感測數據進行成型品質推論，即時察覺每模次品質問題，解決巡檢或人力檢測的不足。如此一來，製造端就能明顯感受 IT 技術導入的效益。

#### IT 為何需要 OT

接著，來看如何以 OT 數據創造 IT 資訊端價值 (IT 為何需要 OT)。在成型製造的過程中，如烘料、上模、射出、保壓、冷卻等，都可從中取得各種物理變化的數據，包含電壓、電流、壓力、溫度、位置、甚至聲音與影像。只是在這龐大的資料中，若沒有結合 OT 端領域知識，是很難從龐大的數據中，找到實際反應痛點的資訊或特徵。因此，在數位轉型過程中，射出



圖 1：以 IT 與 OT 融合打造智慧化成型產線

成型廠導入各種資訊系統，如 ERP、MES、PLM……等，若忽略製造端資訊的重要性，將讓資訊系統導入的價值大打折扣。接下來本文將會以君牧塑膠科技的數位轉型經驗為案例，說明如何運用 OT 數據提升資訊端管理效率。

### 打造智慧化成型產線應用案例

君牧塑膠科技是一家成立超過 35 年的專業射出成型廠，憑藉著高強度複合塑料產品的開發實力深獲國際車廠肯定，成為日本 YAMAHA 與光陽的一級供應商。君牧塑膠科技在十幾年前即投入數位轉型，陸續導入 ERP、PLM、MES 等資訊化系統，不過在 IT 與 OT 整合上，一直沒有找到合適的解決方案。

為追求公司在高度競爭的全球市場上能夠持續成長，君牧塑膠科技 黃董事長經常參加國際重要展覽以瞭解國際技術的發展趨勢，也因而看到國外大廠在智慧製造技術上的進步，更是憂心臺灣產業的未來。可是國外設備大廠的智慧解決方案導入費用根本不是臺灣中小企業所能夠負擔的，而臺灣廠商的方案往往偏重生產管理，無法兼顧製造端之需求。

目前工研院發展的智慧成型優化系統似乎是比較接近黃董事長理想中的 IT 與 OT 整合方案，因此從 108 年開始進行導入，經由雙方共同的努力，慢慢開始看到一些成果。

在製造端方面，如圖 2 所示，透過線上品質檢測可以即時發現生產上的問題，甚至可以發現一些人力所無法檢測到的問題；而在資訊端方面，如圖 3 中所示，透過製造現場機臺的自動化報工，將可解決人力作業方式的即時性與誤報問題，讓公司即時掌握生產進度與瓶頸。此外，藉由機臺自動回報的製程參數與感測數據，還可以建立每件產品的完整產品履歷，確保未來產品發生問題的可追溯性，這對建立客戶對公司的信任很重要。

藉由工研院智慧系統的導入，我們也開始累積君牧的生產大數據，未來我們的功課就是要從這些數據中去創造公司產品的價值，以產品價值取代價格的競爭才能為臺灣成型產業開創一條通往藍海的道路，這也是君牧塑膠科技的目標。■

人力檢測



自動檢測



圖 2：線上即時品質檢測

人力報工



自動報工

總模次	162
上模調整模次	5
成型調整模次(捨打數)	10
量產數量	80
良品	50
不良品	30
空模模次	0
量產後成型調整模次	72



圖 3：電子化自動報工



圖 4：君牧塑膠科技 黃董事長為使公司能在高度競爭的全球市場上持續成長，選擇與工研院合作，並導入由工研院所研發之智慧成型優化系統

# 新會員招募

## 會員權益

- 掌握連接產業資訊** 每日發布會員專屬之相關產業市場動態新聞。
- 電子產業通訊月刊** 雙月發行產業市場資訊、高頻/沖壓/射出技術、產業發展、法律等專題。
- 研討會及培訓課程** 每月舉辦連接產業專業人才培訓課程、研討會等，會員另享優惠價。
- 規 範** 本會購置 EIA 364 規範，供會員們參閱。(將陸續添購會員需求相關規範)
- 採購委員會及統購** 結合產業上下游資源，爭取會員需求之優惠統購專案降低會員成本。
- 國際拓銷與商展** 組團赴國外拓銷業務或參加國際連接產業專業展覽，享政府補助。
- 交流活動** 定期舉辦高階主管聯誼、高爾夫聯誼會及會員大會，增進合作交流機會。
- 技術結盟** 結合工研院合作開發之策略聯盟或移轉國外先進技術。

## 好康優惠

- 1.贈：2020 台灣電子產業會員名錄乙本(原價\$1,500 元)
- 2.贈：電子產業通訊期刊 2-4 本(非賣品，會員專屬)
- 3.贈：新會員介紹廣告乙頁(價值\$8,000 元)
- 4.連接器典藏百科精裝本~買一送一優惠(現省\$13,200 元)
- 5.高階主管聯誼會免費擺攤乙次(價值 3,500 元)
- 6.逾 30 場研討會、5 場專-演講、8 場人才培訓~享會員價優惠
- 7.協助辦理政府補助、企業紓困人培計畫、醫療口罩配送...等
- 8.立即加入 振心你我，即刻送協會優惠券

**強力徵求**

立即加入



廣告編號 2020-09-A15



### 林宗聖

- 台北科技大學 兼任助理教授
- 亞東技術學院機械系 兼任助理教授
- 映通股份有限公司 顧問
- 創世科技顧問股份有限公司 顧問

#### 經歷：

- 職訓局技能檢定塑膠模具職類 - 顧問、命題委員、評審委員
- 台北市技能競賽沖壓模具 裁判長
- 哥斯大黎加模具產業技術協助計畫案 資深專家

#### 專長：

- CNC 銑床、線切割、放電加工、CAD/CAM、3D Pro/E 繪圖與折模、沖壓模具和塑膠模具之設計與製造

## 射出成品精度與成型參數及模穴公差之關係

■台北科技大學 / 林宗聖 助理教授

### 前言

射出成型品之形狀和尺寸精度，除了在射出成型時各參數作精密之控制外，更與成型用模具之形狀和尺寸息息相關，從模具加工精度問題而言，大部分配合傳統與非傳統加工其精度通常都能符合設計要求，但是模具之公差精度訂定卻是模具設計人員之專業學問，如果將每個部位公差訂定在非常精密之等級，或許能符合功能需求，但是卻增加製造困難度及成本，因此模具公差訂定是要非常小心仔細，才能達到成本降低及快速交貨需求。

模具之製作精度，除了須考量工作物之形狀和尺寸，選擇適當之工作母機，以達到最高之加工效益。因加工精度的提升相對會增加製造費用（如圖 1 所示），甚至會延後完工速度。

### 訂定模具公差需注意的事項

影響成型品的尺寸精度因素，可分成以下原因（如圖 2 所示）：

- 模具的基本構造及形式：如分模線的決定、模具變形導致厚度變化、滑塊、分件模等之位置變化等。
- 製作製造之誤差：加工機具精度和人員技術的能力。
- 模具的磨耗：模具經長期使用，因射出壓力、鎖模

力等，使模具各部變形或鬆弛，及模具配合部位長期使用的磨耗，造成成型品的精度不良。

- 成型收縮量及翹曲控制

在訂定模具公差時，不僅需考慮成型品之公差，在模具構造部位的尺寸公差也是需要注意的地方。關於模穴之公差精度，目前並沒有公式化的標準，但須對應塑料的收縮率來考慮模穴之製造公差。

一般成型收縮率的計算方式如下（D 代表常溫模具之尺寸，M 為成型品之尺寸， $\alpha$  表示成型收縮率）：

$$\alpha = \frac{D - M}{D} \quad (\text{公式1})$$

故模具尺寸之計算公式為：

$$D = \frac{M}{1 - \alpha} \quad (\text{公式2})$$

但實際決定模具之尺寸時，由於計算的方便性，會依所用的材料成型收縮率，採用以下之簡易公式：

$$D = (1 + \alpha) \times M \quad (\text{公式3})$$

$$M = D \times (1 - \alpha) \quad (\text{公式4})$$

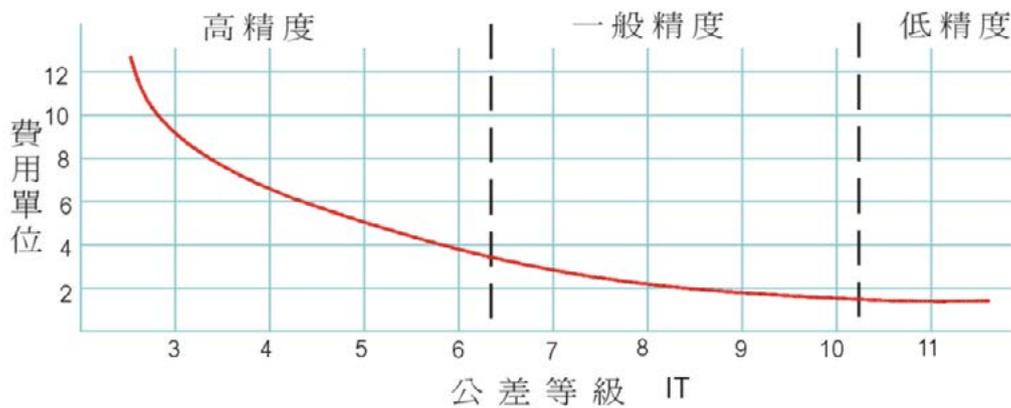


圖 1：公差等級與產制費用的關係

## 舉例說明

比較上述公式 2 及公式 3 之使用差別，可由下方案例說明。

**【例一】** 假設成型品尺寸  $M=60\text{mm}$ ，塑料成型收縮率  $\alpha=0.03$ ，則模具之尺寸的決定如下

公式 2：得到的模具尺寸  $D1=60 \div (1-0.03)=61.855\text{mm}$

公式 3：得到的模具尺寸  $D2=(1+0.03) \times 60=61.8\text{mm}$

由簡易公式的公式 3 得到模具之尺寸， $D2=61.8\text{mm}$ ，而透過公式 4  $M=D2 \times (1-\alpha)$ ，可得到成型品之尺寸， $M=61.8 \times (1-0.03)=59.946\text{mm}$ ，可以發現與原成型品尺寸相差  $(60-59.946)=0.054\text{mm}$ ，因此如果成型品尺寸公差設定在「 $-0.05\text{mm}$ 」以內時，則此模具之尺寸設計無法滿足成型品尺寸公差。

一般成型品尺寸考慮到成型加工之誤差，因此會有上下、限公差設定，相對的模具加工也需考慮製造誤差因此也會有上下、限公差設定，這些公差之設定配合，將影響成型品尺寸精度甚大。由於塑料冷卻以後的收縮是以原模穴尺寸開始收縮，但模穴有公差會造成尺寸之變動，故模穴製作尺寸公差需考慮到「塑料成型收縮率」。

**【例二】** 以成型品之尺寸公差為  $30 \pm 0.06\text{mm}$  為例

成型之塑料為 ABS，其收縮率為  $0.4\% \sim 0.7\%$ ，則此成型品在射出成型時之「收縮率變動值」 $\beta$  為  $0.7\%-0.4\%=0.3\%=0.003$ ；成型品之尺寸為  $30 \pm 0.06\text{mm}$ ，「成型品容許尺寸變動值」 $\delta 1=(0.06 \times 2) \div 30=0.004$ 。因為  $\delta 1 > \beta$ ，故此 ABS 塑料在  $30\text{mm}$  尺寸作射出成型要控制在  $\pm 0.06\text{mm}$  是可行的。

**【例三】** 承案例二，若成型品之尺寸改為  $30 \pm 0.04\text{mm}$ ，而收縮率變動值  $\beta$  不變

成型品容許尺寸變動值  $\delta 2=(0.04 \times 2) \div 30=0.0026$ 。因為  $\delta 2 < \beta$ ，故此 ABS 塑料在  $30\text{mm}$  尺寸作射出成型時，要控制在  $\pm 0.04\text{mm}$  公差是不穩定的，除非在射出成型時各參數作精密之控制或用其他射出工法才不會超過此公差範圍。

## 模穴之公差設計

**【例二】** 成型品尺寸  $30 \pm 0.06\text{mm}$  設計之模穴公差如下

因塑料收縮率為  $0.4\% \sim 0.7\%$ ，所以  $30\text{mm}$  尺寸其（收縮率變動值）為  $30 \times (0.4\% \sim 0.7\%)$ ，故收縮率最小時為  $(30 \times 0.4\%)=0.12\text{mm}$ ，收縮率最大時為  $(30 \times 0.7\%)=0.21\text{mm}$ 。

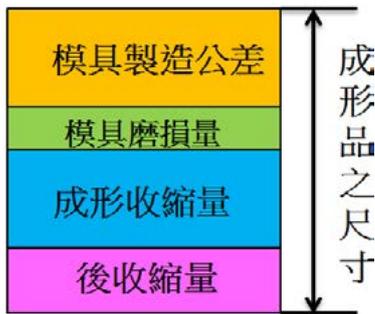


圖 2：成型品發生尺寸誤差之原因

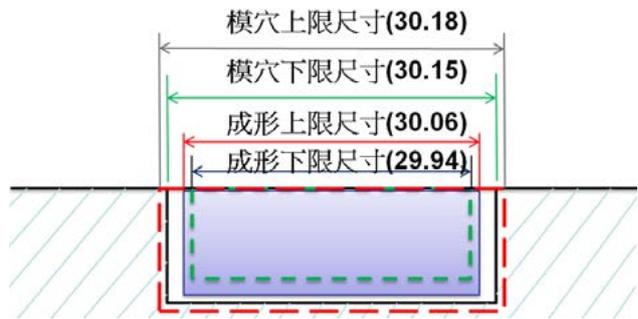


圖 3：模具與成型品尺寸關係

- **模穴下限尺寸：**因（模穴下限尺寸） $\geq$ （成型品下限尺寸）+（最大收縮率），得（模穴下限尺寸） $\geq 29.94+0.21=30.15\text{mm}$ 。
- **模穴上限尺寸：**因（模穴上限尺寸） $\leq$ （成型品上限尺寸）+（最小收縮率），得（模穴上限尺寸） $\leq 30.06+0.12=30.18\text{mm}$ 。

透過上述得出的模穴下限尺寸與模穴上限尺寸，可算出模穴製造公差為  $30.18-30.15=0.03\text{mm}$ （圖 3）。

### 成型品與模具構造的相關尺寸關係分析

成型品尺寸除受制於模穴尺寸大小外，也會因模具的構造及形式如分模線的位置及滑塊、分割件等之位置而產生變化。若以成型品與模具構造的相關尺寸關係來分析，大致可分成以下二類：

- **非直接由模穴決定之尺寸（如圖 4）**  
此種尺寸非只靠單一模穴就能決定之尺寸，（圖 4）之 (A) 須取決於公、母模的模穴大小與組裝精度，此部位之尺寸精度較不易控制
- **直接由模穴決定之尺寸（如圖 5）**  
此種尺寸只靠單一模穴就能決定之尺寸，（圖 5）之 (D) 直接取決於公模的模穴大小與組裝精度，此部位之尺寸精度較不易控制，因此在（圖 4）之

(B)、(C) 尺寸也是由公、母模的模穴大小與組裝精度控制其尺寸，在（圖 4）之 (E) 可直接由公模穴決定尺寸，(F) 可直接由母模穴決定尺寸，故 (A) 尺寸比 (D) 尺寸更易控制精度，如果產品在此部位要求尺寸精度高時，應選擇（圖 4）之分模設計。

因成型品尺寸會因受到模具品質、射出機性能、人員技術，尤其是塑料不同所產生之尺寸變化量更會有很大差異性，故須訂定相關容許的尺寸變動，作為塑膠件公差標準，可讓塑膠產品設計人員有參考之標準，而透過表 1 與表 2，我們可以看出成型品一般尺寸與精密尺寸的公差值。

### 射出參數及週邊因素對成型品尺寸之影響

除塑料收縮率的差異及模具製造品質會對成型品尺寸造成影響外，成型條件的變動及成型機的型式也都會影響成型品尺寸，如材料的乾燥、預熱、成型溫度、成型壓力、材料計量供給、射出速度、保壓時間、冷卻時間、成型週期的變化、可塑化狀態的變化，以及射出機構的種類等。

圖 6 是某一產品生產之重量數值記錄表，因成型品之重量連帶會影響到成型品尺寸差，由此圖可看出成型時塑料溫度、油壓溫度、及模具溫度的變動對成型尺寸的影響關係。

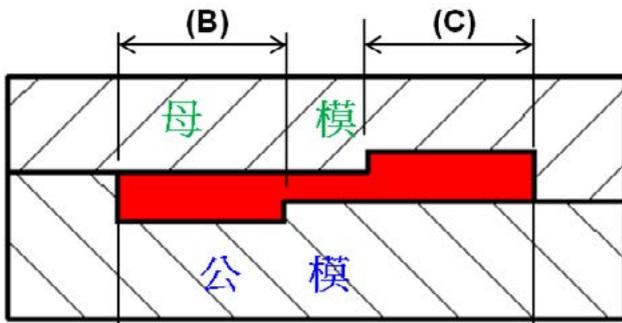


圖 4：非直接由單一模穴決定之尺寸

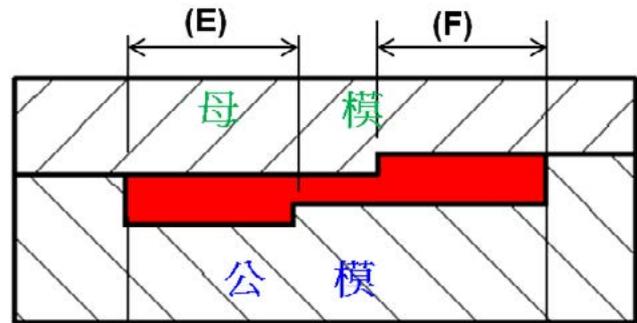


圖 5：直接由單一模穴決定之尺寸

在區域 (1) 可觀察到成型品之重量的範圍在漸緩下降，這是因為此區域液壓油的溫度在變高，影響動力的傳達，油溫過高時，分子間的牽引力會減少，分子距離會拉開，油質會變稀，黏度下降，當受到外力壓迫時，分子會先吸收部分的力量，以抵消液體的膨脹，故終端位置得到實際力量會減少，油壓壓力降低對射壓及保壓造成實際壓力下降，使成型品重量跟著下降。

在區域 (2) 可觀察到成型品之重量在此範圍是急速下降，這是因為此區域之塑料溫度下降，因塑料對溫度壓力十分敏感，料溫下降造成塑料品質不均，塑料溫度降低導致流動性變差，流動速度變慢，壓力對塑料動力的傳達變差，成型品的密度降低，因此成型品之重量急速下降。

在區域 (3) 之塑料溫度、油壓溫度、及模具溫度在此的變動不大，因此成型品之重量處於穩定狀態。

而在區域 (4) 成型品之重量在此範圍又發生下降趨勢，這是因為此區域之模具溫度上升，模具溫度主要會影響模溫分佈與塑料熱傳行為，若模具溫度過低，則塑料較易提早冷卻凝結，進而引起成品短射；而模具溫度高時，則壓力對塑料動力的傳達變好，使充填時間延長。模具溫度提高對於成型品之重量應該是要增加的，但為何重量發生下降呢？這是因為模具溫度高使

澆口凝固時間變長，但此區域的保壓時間還是使用原有之參數，例如原設定保壓時間共 4 秒，現在因模具溫度高，在澆口尚未凝固時，保壓便已停止，因此發生塑料逆流現象，使成型品之重量下降。

區域 (5) 成型品之重量在此範圍有上升趨勢，這是因為此區域之液壓油的溫度下降，液壓動力的傳達變好，且模具溫度下降，澆口凝固時間回復原始時間，因此可消除塑料逆流的現象，使成型品重量上升。■

尺寸等級	直接由模具決定尺寸	非直接由模具決定尺寸
~6	±0.15	±0.2
6~18	±0.2	±0.2
18~30	±0.25	±0.3
30~50	±0.3	±0.4
50~80	±0.4	±0.5
80~120	±0.5	±0.6
120~180	±0.65	±0.8
180~250	±0.8	±1.0
250~	未制定	未制定

表 1：成型品之一般尺寸公差 (mm)

	PC、ABS、PRO 等		聚醯胺樹脂 (尼龍)、聚縮醛 (POM) 樹脂	
	最小限度	實用限度	最小限度	實用限度
~0.5	±0.003	±0.008	±0.005	±0.01
0.5~1.3	±0.005	±0.01	±0.008	±0.025
1.3~2.5	±0.008	±0.02	±0.012	±0.04
2.5~7.5	±0.01	±0.03	±0.02	±0.06
7.5~12.5	±0.015	±0.04	±0.03	±0.08
12.5~25	±0.022	±0.06	±0.04	±0.10
25~50	±0.03	±0.08	±0.05	±0.15
50~75	±0.04	±0.10	±0.06	±0.20
75~100	±0.05	±0.15	±0.08	±0.25

表 2：精密成型品之尺寸公差

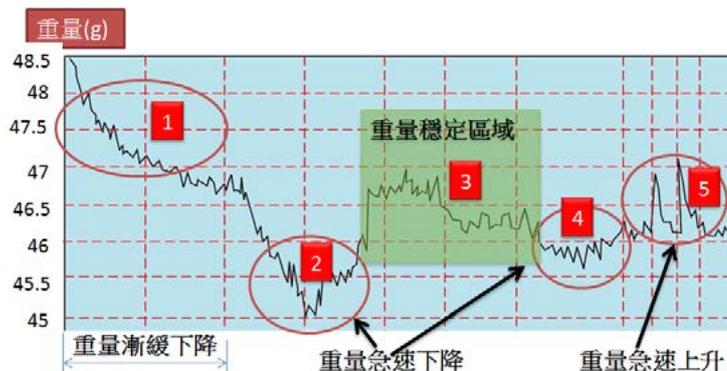
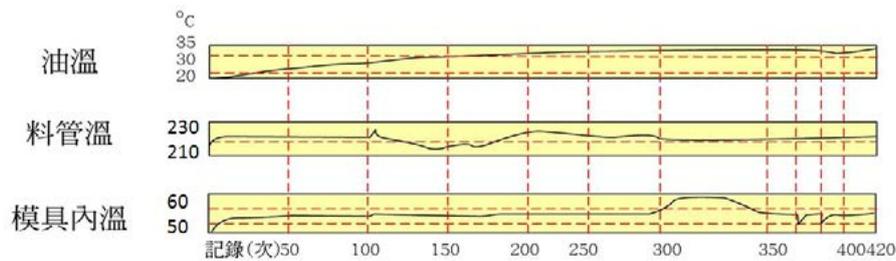


圖 6：產品生產之重量數值記錄表



台北 Taipei

# 2020 ACMT

# 國際模具成型技術年會

IT與OT X 設計解析 X 生產應用 X 檢測技術與其他應用

## 精彩議程

- 模具產業之IT與OT的最新應用
- 模具成型智慧設計解析
- 模具成型智慧生產應用
- 模具成型智慧檢測技術與其他應用

## 12/02(三)

台北富邦國際會議中心

### ⚙ 會議方案

每位NT\$3,600元  
(包含會議費用、午餐費)

### ⚙ 優惠方案

ACMT菁英會員免  
費(可攜帶伴5折優惠)

### ⚙ 報名方式

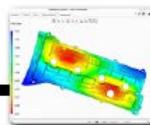
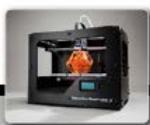
網路報名  
名額有限(額滿為止)

廣告編號 2020-09-A16

立即報名

+886-2-89690409#232  
sylvia.jian@caemolding.org  
<http://www.caemolding.org>





# ACMT智慧成型技術主題館2020

## Smart Molding Alliance聯合展出

主辦: ACMT協會 **精彩花絮**  
8/19(三)-22(六)

主辦單位: ACMT電腦輔助成型技術交流協會 (Association of CAE Molding Technology)

**主辦單位:** ACMT 電腦輔助成型技術交流協會

**聯展單位:** 型創科技、水研智能設備、普立得科技、高速 3D 列印中心、中原大學智慧製造研發中心、  
岱冠科技、映通公司、台科三維

**展覽地點:** Taimold2020 台北國際模具展 - 南港展覽館二館 1 樓

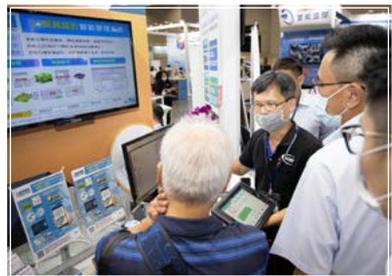
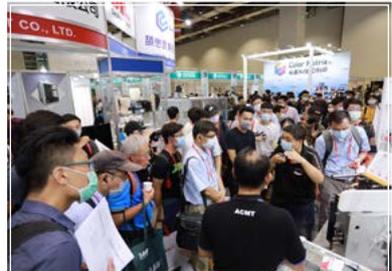
**展位編號:** 二館 1 樓·Q813

歷史悠久的臺灣「唯一專業模具展」——第 20 屆 2020 台北國際模具暨模具製造設備展已於日前圓滿落幕，展覽從 8/19 至 8/22 連展四天，同期舉辦的還有「自動化」、「機器人」、「物流」、「冷鏈」、「3D 列印」、「流體傳動」、「數位化要素」等七大系列展。

今年 ACMT 協會以主辦單位的身分參與台北國際模具暨模具製造設備展，並聯合了多位智慧成型聯盟的合作夥伴，在展位上共同為各位訪客帶來【ACMT 智慧成型技術主題館】。此次主題館的展覽重點在於目前討論度最高的「智慧成型技術」，而其中的展覽內容又可細分為 7 大項，分別是「模具製造智能管理技術應用」、「物聯網在射出成型工廠應用」、「智能化精密模具品質保養」、「最新 3D 列印技術解決方案」、「微細發泡成型技術應用」、「高精密模具水路設計」，以及「模具周邊零配件」等。除了在上述各項展覽內容區域中配有最專業的技術解說人員外，我們也安排了多位講師在主題館中為各位訪客進行深入且專業的技術演講。

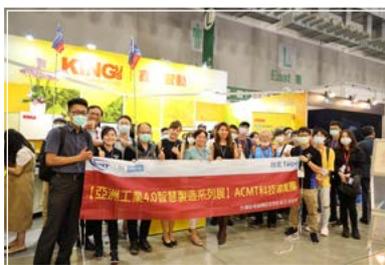
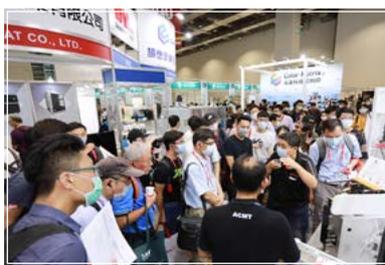
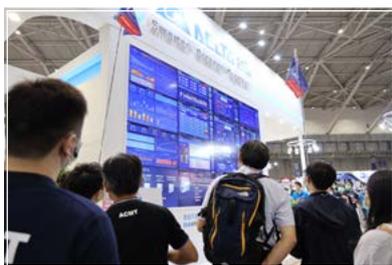
除了這些精彩內容外，協會在展位外也舉辦了多場活動，並獲得參與者的熱烈迴響，如【模具與成型產業技術升級獎勵補助計劃】、【SMART Molding 模具與成型智慧工廠】、【模具與成型工廠的數位轉型：IT 與 OT 的相遇】三場精彩研討會，以及【亞洲工業 4.0 智慧製造系列展】ACMT 科技導覽團等活動，協會藉由舉辦這些活動，帶領所有參與者更加精確地掌握時下之產業脈動。

# 展位精彩回顧

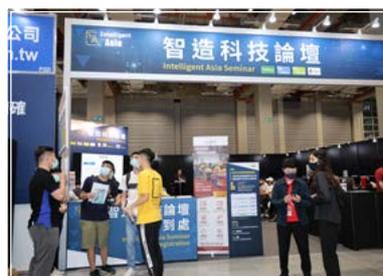


## ACMT【亞洲工業 4.0 智慧製造系列展】導覽團

此次參加團員共 43 位，ACMT 科技導覽團帶領團員進行最專業且深入的展會參訪，這次參訪行程安排了台達電子、研華科技、達明機器人、世紀貿易、鑫野智動工業、科盛科技、ACMT 智慧成型技術主題館等自動化、智慧製造領域的領先廠商進行導覽，導覽內容豐富且深入，是個人獨自前往所絕對無法體驗到的，此次的參訪行程也在結束後獲得了許多團員的熱烈好評！這次沒能參與到的朋友，期待您明年的加入！



## 【模具與成型產業技術升級獎勵補助計劃】聯合說明會



這項補助計劃說明會是基於 ACMT 模具與成型產業【智慧工廠輔導計劃】(ACMT Smart Molding Program, ASMP) 而舉辦的，共有 28 人、18 家企業出席，說明會中聚焦產業的技術提升方針，並說明將如何協助會員導入【智慧設計】、【智慧生產】以及【智慧檢測】等解決方案，以準確地朝智慧工廠邁進。

本項計畫目的在於推動模具與成型產業朝向智慧工廠邁進，協會聚焦「智慧設計」、「智慧生產」、「智慧檢測」等相關技術，並協助會員導入相關智慧製造解決方案，以促成產業數位轉型，並達到「技術提升」、「獎勵補助」及「市場拓展」等三大目標。而自 2018 年至今，本協會已協助輔導臺灣、大陸與泰國 20 家以上，逾 300 臺設備導入射出機聯網，並實現生產可視化與管理數位化，進一步促使產業邁向數位轉型。

## 【SMART Molding 模具與成型智慧工廠】技術研討會



近 20 年來，隨產品性能的完善化及結構的複雜化、精細化，以及功能的多樣化，促使產品所包含的設計信息和工藝信息量猛增，隨之生產線和生產設備內部的信息流量增加，製造過程和管理工作的信息量也必然劇增，促使製造技術發展的熱點與前沿，轉向提高製造系統對於爆炸性增長的製造信息之處理規模、能力與效率。

SMART Molding 模具與成型智慧工廠技術研討會邀請到共計 32 人，22 家企業出席，此次說明會內容涵蓋「模具設計與製造技術」、「工業 4.0」、「模具物聯網」、「自動化整合」、「高階模具智能量產」、「金屬 3D 列印技術在模具產業應用」……等議題，並透過此次研討會為各位與會人員分析產業中的最新定位與動態走向，幫助企業與工廠提升至另外一個層次。

## 【模具與成型工廠的數位轉型:IT 與 OT 的相遇】 技術研討會



回顧過去，信息科技 (IT) 與操作技術 (Operation Technology ; OT) 很少交集，但進入工業 4.0 時代，透過物聯網、大數據與雲端智能，IT 與 OT 兩者終能展開對話，繁衍出各種創新應用。

工業物聯網與工業 4.0 核心架構，以數據創新、服務創新為軸心，將其經營核心擺在服務之上，凡事以滿足客戶需求為依歸，而在傳統價值鏈中扮演中間媒介的角色，舉凡代理商、經銷商或零售商等，可能因為去中間化的效應下而消失，屆時產品的製造者，必須懂得善用 ICT 技術，直接對最終用戶提供服務。為因應這股趨勢，協會邀請多位在 IT 與 OT 領域有深厚研究的講師，為各位出席研討會的人員帶來最深入、最精闢的技術與產業趨勢分析。此次研討會吸引共計 51 人，36 間企業前來共襄盛舉。



## 中國國家級檢驗中心： 國家模具產品品質監督檢驗中心(廣東)

### 關於中心

國家模具產品品質監督檢驗中心(廣東)是國家質檢總局依法批准、專門從事模具及相關產品品質檢驗的國家級法定檢測機構。模具國檢中心坐落於中國五金模具名鎮——長安鎮，占地 4000 平方米，總投資超過一億元。

模具國檢中心組建了一支高水平的技術服務團隊，已建成實驗室 13 個，實驗室面積 5000 平方米，擁有檢測儀器設備近 100 臺(套)。其中包括全球精度最高的三坐標測量機、大型龍門式三坐標機、工業 CT、掃描電鏡、熱分析成套設備等國際先進的高端裝備。

中心以開放、共享的創新模式為企業及社會組織提供三站式、覆蓋模具產品全生命周期的品質技術服務，推動中國模具產業品質提升。下方將針對中心提供的服務進行介紹。

### 科研創新服務

中心通過聯合多方力量，設立了模具智能製造示範區、發那科(FANUC)模具智能製造創新研究中心、沙迪克模具智能電加工研究中心、羅德斯精密加工技術研究中心、模具大數據及智能製造應用示範基地、工業 CT 應用研究中心、3D 打印應用研發中心、海克斯康現場測試中心等專業服務群以滿足企業科研創新需求，並以專業人才、高端儀器設備開放、共享的形式為企業在產品設計與研發端提供全方面的指導與支持，實現多方共贏和健康有序發展。

中心圍繞「中國製造 2025」戰略，聯合多家中國國內外一流模具全產業鏈的系統解決方案供應商、先進裝備(智能裝備)供應商以及軟體和信息技術服務商等優質資源，共同打造中國國內領先的智能製造示範線，滿足企業從研發專案管理、CAD 設計到製程工藝、自動化加工及組裝的全流程智能製造應用，對模具企



圖 1：中心集結各方力量打造領先的智能製造示範區



圖 2：失效分析常用的測試流程

業生產效率和產品品質大幅提升起到重要的推廣及示範作用。

## 檢測服務

### 精密測量

是保證零部件加工和裝配品質是否合格不可或缺的重要手段，模具國檢中心通過引進目前全球最高精度的三坐標測星機 (0.3+ L/1000 $\mu$ m) 等一系列精密測量設備，以滿足行業高水平測量技術的需求。

- **逆向工程**：模具國檢中心經過大量調研和深入研究，進一步完善逆向工程技術，通過對零件進行三維掃描得出點雲數據，然後用逆向軟體對點雲數據進行處理，得出零件完整的三維實體數據，尺寸精度範圍 0.008-0.03mm，點雲密度範圍 0.01-0.23mm。適用於汽車沖壓板金件、具有複雜曲面形狀的金屬及塑料件、大型不易移動工件、珠寶及雕刻件的逆向造型等，涉及汽車、模具、玩具、珠寶及雕刻等多個行業。
- **主要儀器設備**：三坐標測量機、關節臂測量機、全

自動影像測量儀、圓度及圓柱度測量儀、粗糙度及輪廓測量儀、便攜式測量儀、測高儀，以及通用測長儀等設備。

### 材料分析

可劃分為四個方向，一是用於產品開發，可以縮短開發周期，並降低生產成本；二是分析高端產品作配方，有效地指導配方改進及工藝優化；三是掌握同行核心競爭優勢，做到知己知彼；最後則是作為判斷產品品質問題的重要參考依據，如出現雜質、異物、斑點、析出物、出油、易斷裂等。

### 失效分析

失效分析是以技術手段對產品進行解析，尋找失效原因，並提出可行性改進建議的過程，中心憑藉一系列中國國內外先進檢測分析設備及具有豐富經驗的失效分析專家團隊，解決企業在工業生產中出現的異常情況，保證產品的安全穩定生產。分析流程如下：

- **背景信息收集**：收集失效案例發生的背景信息，如失效模具的類型、材質、圖紙、使用時間、使用條

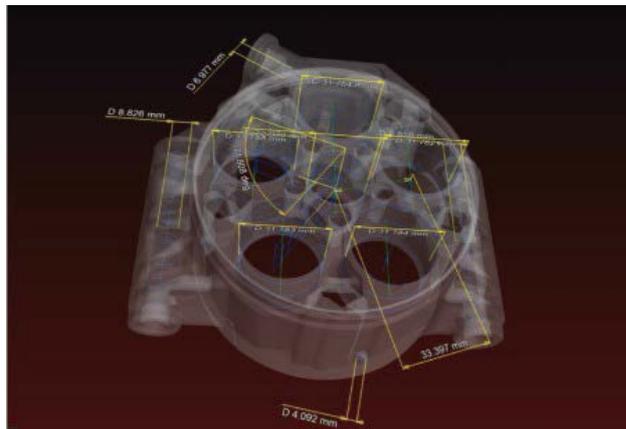
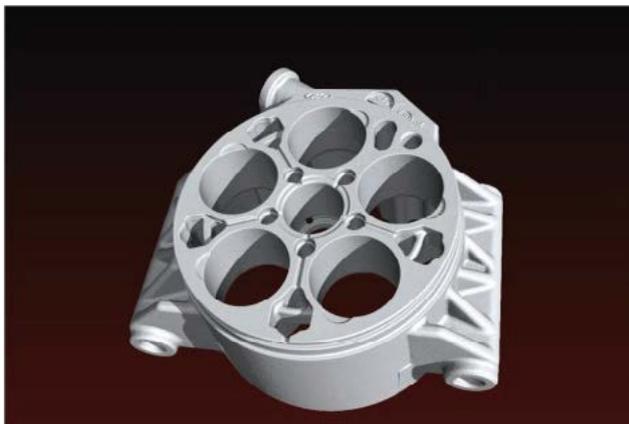


圖 3：幾何尺寸與公差 (GD&T) 分析

件（溫度、壓力、環境等）、對應產品、維修記錄等。

- **參數複檢：**根據圖紙和設計資料對失效模具的材質、力學性能、幾何參數和加工工藝進行核對，確認是否存在選材或加工工藝方面的問題。
- **制定失效分析方案：**根據收集到的信息，推測可能的失效模式和原因，制定合適的測試方案，並與客戶進行充分溝通，達成一致意見方可進行測試。
- **測試：**測試流程一般按照先無損再有損、先整體再局部、先宏觀再微觀的原則進行。
- 根據測試結果，結合模具行業相關知識確定失效模式、失效機理，推測可能的失效原因，給出失效分析結論並撰寫失效分析報告。

## 無損檢測

無損檢測是在現代科學基礎上產生和發展的檢測技術，它是借助先進的技術和儀器設備，在不損壞、不改變被檢測對象之物理狀態的情況下，對被檢測對象的內部及表面的結構、性質、狀態進行高靈敏度和高可靠性的檢查和測試，藉以評判它們的連續性、完整

性、安全性以及其他性能指標。

作為一種有效的檢測手段，無損檢測廣泛應用於特種設備的製造檢測和在用檢驗，以及機械、冶金、石油天然氣、化工、航空航太、船舶、鐵道、電力、核工業、兵器、煤炭、有色金屬、建築等行業。中心配備了 X 射線探傷儀、磁粉探傷儀、超聲波探傷儀、相控陣探傷儀等先進儀器設備，可提供射線檢測 (RT)、超聲波檢測 (UT)、磁粉檢測 (MT)、滲透檢測 (PT)、渦流檢測 (ET)、超聲波衍射時差法檢測 (TOFD)、相控陣檢測 (PAUT) 等無損檢測服務。

## 工業 CT

工業 CT 是目前世界上最先進的無損檢測技術之一，是物體內外部缺陷測量與統計、結構尺寸測量、設計工藝改進、升級製造技術不可缺少的手段。CT 檢測能在不破壞工件結構的情況下實現模具及模具產品的表面和內部結構的幾何尺寸以及曲面測量，計算出測量目標的長寬高、面積、表面積、體積等各種幾何參數，實現零件與 CAD 模型對比、幾何尺寸與公差 (GD&T) 分析、零件與零件對比。同時可實現產品內部多種缺陷（如裂紋、氣泡、夾雜、疏鬆、脫黏、裝配缺陷等）的無損檢測和無損品質評價，廣泛應用在汽車、材料、

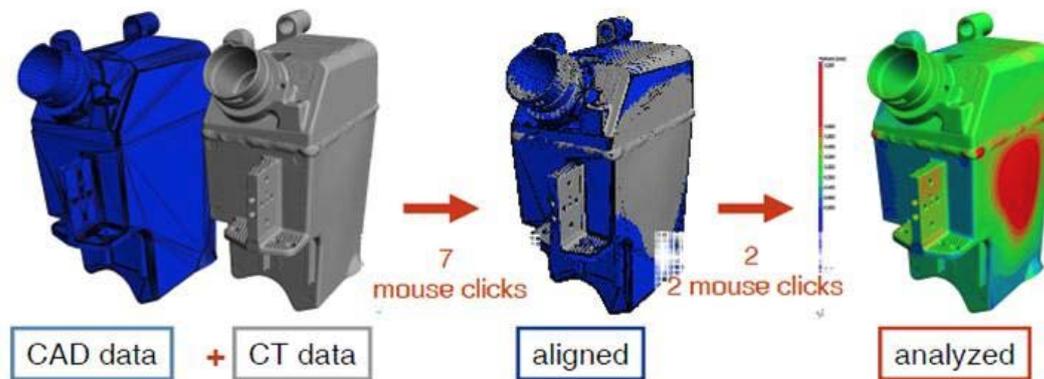


圖 4：模具射出件實物與設計圖配合度

鐵路、航太、航空、軍工、模具等領域。工業 CT 的應用介紹如下：

- **幾何尺寸與公差 (GD&T) 分析：**依據設計圈紙，對預先確定的幾何尺寸與公差 (GD&T) 數據點進行分析，以滿足生產零件批准程序 (PPAP) 的要求。在從首件試製到批量生產的過程中，可以大幅降低多型腔零件的檢測成本。一旦為 CT 數據集制定了最初的 GD&T 規劃，就能對所有的 GD&T 數據點進行快速轉換，並將其應用於隨後的零件掃描。
- **設計與實物比較：**工業 CT 掃描能在首件試製後的幾天內完成零件與其 CAD 模型的快速對比分析。通過在首件試製後掌握零件與 CAD 對比分析結果，就能大大降低修改模具、試驗性加工和後續試製的成本。
- **裝配分析：**可以在裝配的狀況下對物體進行測量，可以用來進行裝配件失效分析，跟踪工業產品製造環節的品質控制及公差評定等；通過按密度值進行顏色深淺編碼，並層層解析二位斷面，可以很容易地檢測以前隱藏在組件中的零部件，發現配合缺陷和作用部位。
- **密度分析：**工業 CT 具有突出的密度分辨能力，開啓／關閉內部組件密度掃描、按密度值進行顏色編碼以及測量等功能。高品質的 CT 圖像密度分辨力可達 0.1% 甚至更高。
- **夾雜物分析：**在鑄造過程中複雜的相互作用會產生從外部無法識別的鑄件缺陷，如孔隙、氣孔和氣泡形成、熱裂紋、尺寸變化和夾雜物。即使盡了最大努力，主要風險仍然存在。應用工業 CT 檢測技術可方便的識別這些缺陷。
- **壁厚分析：**主要被應用於射出模產品和壓鑄模產品，在複雜零件的無損檢測中，能夠快速而準確地測量壁厚的微小變化，從而調整與優化生產工藝，提高產品品質。
- **缺陷分析：**工業 CT 技術對複合材料製品中的夾雜、疏鬆、氣孔、分層缺陷等有比較高的檢測靈敏度，能夠準確地確定出缺陷的位置及測量出缺陷的幾何尺寸。將工業 CT 技術與複合材料製品的製造工藝相結合，能夠及時發現製品中的缺陷，從而對改進複合材料製品的生產工藝，提高製品的產品品質及生產效率均有比較高的實際意義。

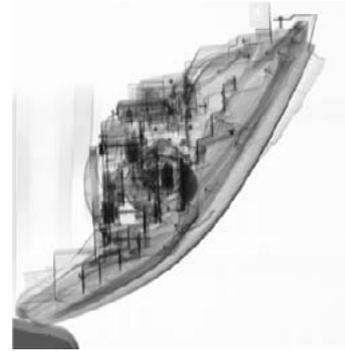


圖 5：實物及 CT 掃描三維構建圖

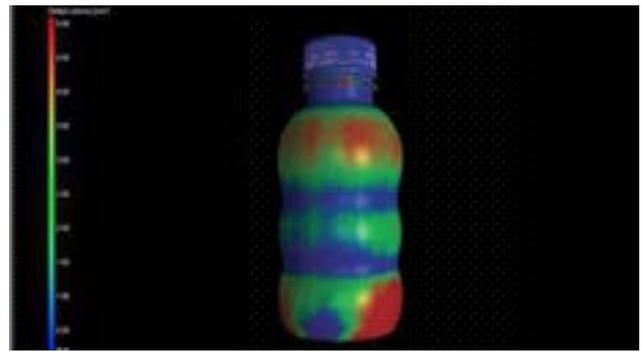
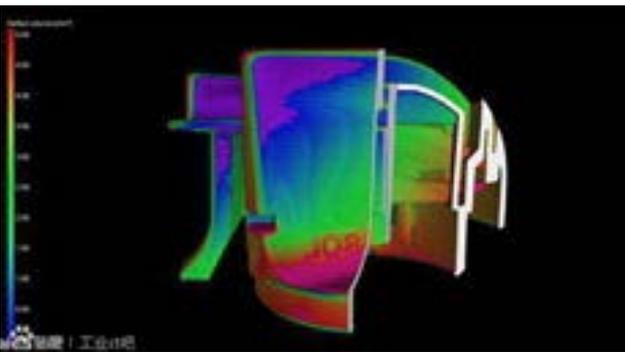


圖 6：左圖為某壓鑄件密度分布圖；右圖為某射出件密度分布圖

## 結語

模具國檢中心除提供上面提到的「科研創新服務」與「檢測服務」外，還有如「認證服務」、「標準化服務」、「培訓服務」等服務。中心充分發揮出國家級平臺的公共職能，通過聯合科研院所、行業協會、標準化組織、頂級設備供應商、認證機構和行業優秀企業等優質資源，以開放、共享的創新模式為企業及社會組織提供集設計研發、產品品質管理、標準修制訂、認證、實驗室建設、技術諮詢和培訓等一站式、覆蓋模具產品全生命週期的品質技術服務，持續提升模具行業製造品質水平。■

# 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	✓ (部分開放閱讀)	✓		✓
· 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 協會保留變更及終止之權利

# 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

