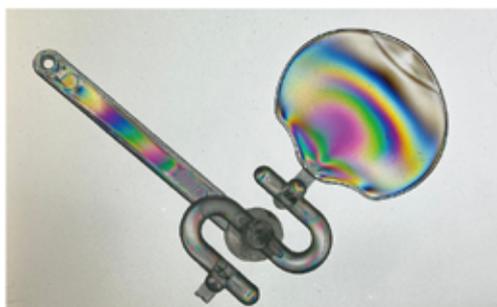


模具與成型智慧工廠雜誌

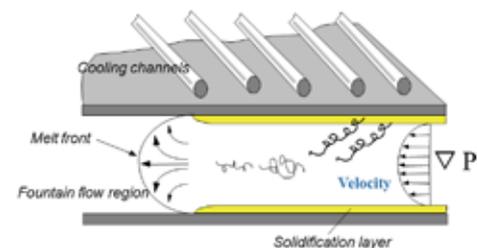
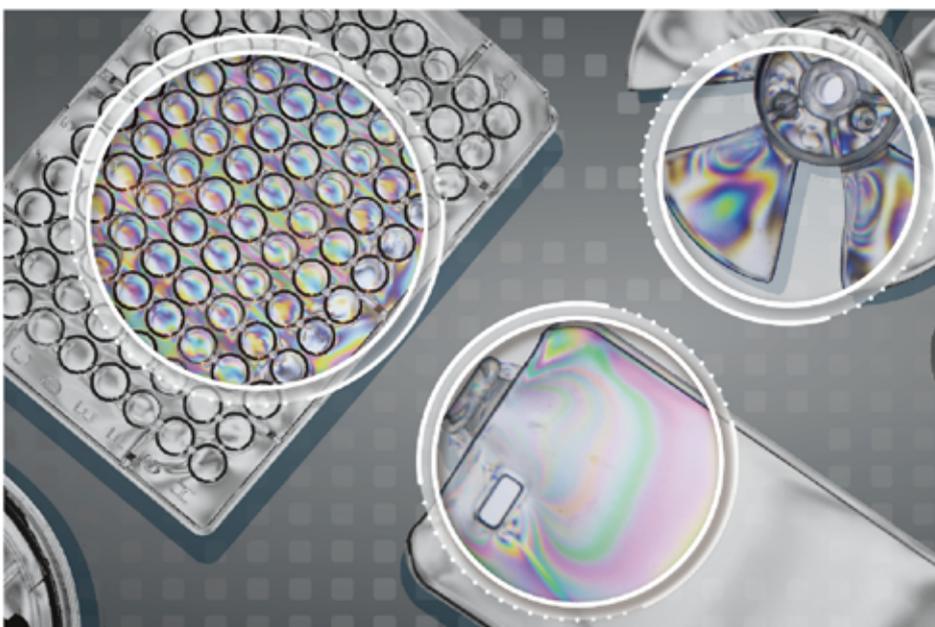
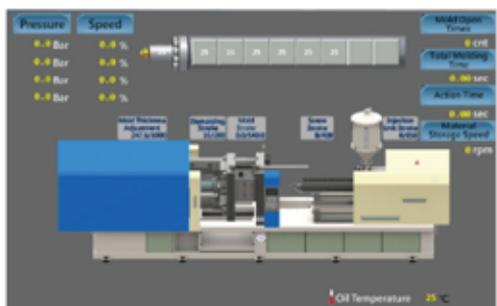
ACMT SMART Molding Magazine

【射出成型塑件殘留應力解析】



專題主編：蔡穎玫 博士

- 殘留應力之成因與問題解析
- 成型條件對殘留應力的影響——流動篇
- 成型條件對殘留應力的影響——溫度及壓力篇
- 成型條件對殘留應力的影響——條件設定要點篇
- 監視器透明罩子的應力改善



專題報導 | 科技新知 | 產業訊息 | 顧問專欄

專題報導

- 智慧插頭肉厚設計應力問題改善
- 模流分析成功案例分享之Moldex3D讓ACER製造出美觀及高質量的平板電腦

顧問專欄

- 第83招-【模流分析與結構分析整合應用篇】
- 2023大中華地區的MIM產業狀況

科技新知

- 應用模流分析改善流動不平衡及型蕊偏移現象
- 威猛射出機為MESTO公司節省空間與能耗
- 擺平「翹曲」，低翹曲PBT材料解決方案

產業訊息

- 2023 ACMT模具與成型【產學合作】參訪座談會
- 泰國電子智慧製造系列展
- 降低塑件殘餘應力的關鍵因素



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

編輯部

總編輯 劉文斌 Webin Liu
副總編輯 蔡穎玫 May Tsai
執行主編 許正明 Billy Hsu
設計排版 許正明 Billy Hsu

行政部

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

技術部

技術支援 張仁安 Angus Chang
李志豪 Terry Li
張林林 Kelly Zhang
羅子洪 Colin Luo
王海滔 Walk Wang
羅偉航 Robbin Luo
邵夢林 Liam Shao

專題報導

專題主編 蔡穎玫

特別感謝 全鏈管理、光寶科技、金暘新材料、威猛集團、
科盛科技、型創科技、林秀春、邱耀弘、展昭國
際、型創科技

讀者專線 :+886-2-8969-0409

傳真專線 :+886-2-8969-0410

雜誌官網 :www.smartmolding.com

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

MIZUKEN[®]

多功能模具水路清洗機

多機能金型冷卻管洗淨機



功能說明 ▶
機能說明



廣東水研智能設備有限公司

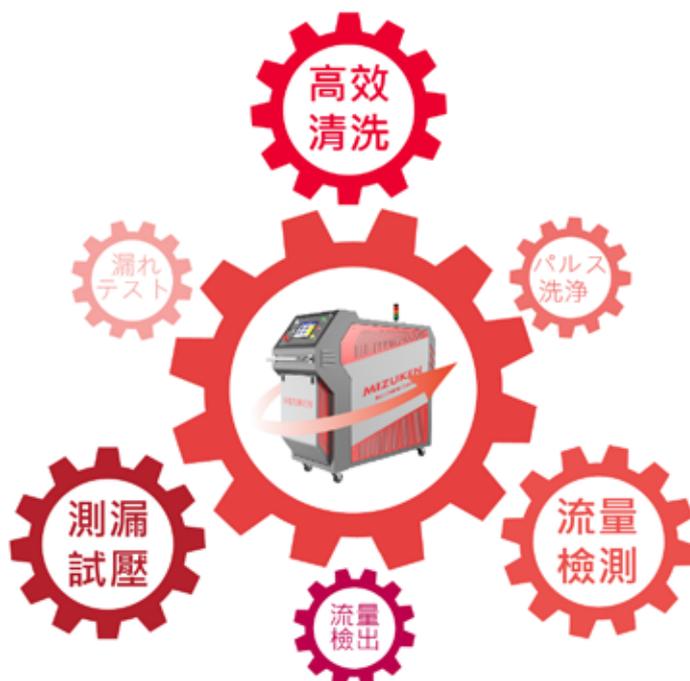
GUANGDONG MIZUKEN INTELLIGENT EQUIPMENT CO.,LTD

地址：廣東省東莞市虎門鎮雅瑤工業二路1號

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

郵件：joinhung@gmail.com

網址：www.mizuken.com.cn



廣告編號 2024-01-A01

TEL +886-938009549

廣告索引



水研 -----	P3(A01)
ARBURG -----	P7(A02)
型創 AToM 先進模具與成型技術 -----	P17(A03)
型創 TZoM 專業顧問輔導 -----	P21(A04)
數位版雜誌宣傳 -----	P25(A05)
優伶科技 -----	P39(A06)
冠理科技 -----	P45(A07)
泰國電子智慧製造系列展 -----	P51(A08)
科盛科技 -----	P55(A09)
型創應力偏光儀 -----	P61(A10)
EoM 電力監測與節能解決方案 -----	P73(A11)
映通——微射出成型解決方案 -----	P82(A12)
Chinaplas 國際橡塑展 2024 -----	P84(A13)

出版單位：台灣區電腦輔助成型技術交流協會

出版地址：台灣 220 新北市板橋區文化路一段 268 號 6 樓之 1

讀者專線：+886-2-8969-0409

傳真專線：+886-2-8969-0410

雜誌官網：www.smartmolding.com

ACMT 模具行業雜誌 No.044 2020/10
www.smartmolding.com

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

【AI虛實整合：工業4.0時代的數位分身】

專題主編：張景田 博士

高中華工學院中德國際學院
技術與企業管理系主任
- 工業4.0與智慧工廠的應用
- 智慧工廠的數位分身
- 工業4.0與智慧工廠的應用

Industrial 4.0

專題報導 | 科技新知 | 產業訊息 | 顧問專欄

專題報導
- 工業4.0與智慧工廠的應用
- 智慧工廠的數位分身
- 工業4.0與智慧工廠的應用

科技新知
- 工業4.0與智慧工廠的應用
- 智慧工廠的數位分身
- 工業4.0與智慧工廠的應用

產業訊息
- 工業4.0與智慧工廠的應用
- 智慧工廠的數位分身
- 工業4.0與智慧工廠的應用

顧問專欄
- 工業4.0與智慧工廠的應用
- 智慧工廠的數位分身
- 工業4.0與智慧工廠的應用




ACMT 模具行業雜誌 No.045 2020/10
www.smartmolding.com

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

【模具成型產業的最新光學技術與應用】

專題主編：陳紹明 教授

781 Lab 光學化驗所
- 光學化驗所
- 光學化驗所
- 光學化驗所

專題報導 | 科技新知 | 產業訊息 | 顧問專欄

專題報導
- 光學化驗所
- 光學化驗所
- 光學化驗所

科技新知
- 光學化驗所
- 光學化驗所
- 光學化驗所

產業訊息
- 光學化驗所
- 光學化驗所
- 光學化驗所

顧問專欄
- 光學化驗所
- 光學化驗所
- 光學化驗所




ACMT 模具行業雜誌 No.046 2020/10
www.smartmolding.com

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

【LSR射出成型的產業應用與發展趨勢】

專題主編：曾登昌 教授

LSR 射出成型
- LSR 射出成型
- LSR 射出成型
- LSR 射出成型

專題報導 | 科技新知 | 產業訊息 | 顧問專欄

專題報導
- LSR 射出成型
- LSR 射出成型
- LSR 射出成型

科技新知
- LSR 射出成型
- LSR 射出成型
- LSR 射出成型

產業訊息
- LSR 射出成型
- LSR 射出成型
- LSR 射出成型

顧問專欄
- LSR 射出成型
- LSR 射出成型
- LSR 射出成型




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

ACMT 模具行業雜誌 No.043 2020/09
www.smartmolding.com

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

【特殊高性能材料之介紹與相關應用技術】

專題主編：劉文斌 技術總監

高中華工學院中德國際學院
技術與企業管理系主任
- 特殊高性能材料
- 特殊高性能材料
- 特殊高性能材料

專題報導 | 科技新知 | 產業訊息 | 顧問專欄

專題報導
- 特殊高性能材料
- 特殊高性能材料
- 特殊高性能材料

科技新知
- 特殊高性能材料
- 特殊高性能材料
- 特殊高性能材料

產業訊息
- 特殊高性能材料
- 特殊高性能材料
- 特殊高性能材料

顧問專欄
- 特殊高性能材料
- 特殊高性能材料
- 特殊高性能材料




ACMT 模具行業雜誌 No.042 2020/08
www.smartmolding.com/acmt

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

【射出工廠的數位化轉型：IT與OT的相遇】

專題主編：張其璋 ACMT 副社長

高中華工學院中德國際學院
技術與企業管理系主任
- IT 與 OT 的相遇
- IT 與 OT 的相遇
- IT 與 OT 的相遇

專題報導 | 科技新知 | 產業訊息 | 顧問專欄

專題報導
- IT 與 OT 的相遇
- IT 與 OT 的相遇
- IT 與 OT 的相遇

科技新知
- IT 與 OT 的相遇
- IT 與 OT 的相遇
- IT 與 OT 的相遇

產業訊息
- IT 與 OT 的相遇
- IT 與 OT 的相遇
- IT 與 OT 的相遇

顧問專欄
- IT 與 OT 的相遇
- IT 與 OT 的相遇
- IT 與 OT 的相遇




ACMT 模具行業雜誌 No.041 2020/07
www.smartmolding.com/acmt

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

【產業輕量化與無損檢測技術應用】

專題主編：黃冠輝 副教授

高中華工學院中德國際學院
技術與企業管理系主任
- 產業輕量化
- 無損檢測
- 無損檢測

專題報導 | 科技新知 | 產業訊息 | 顧問專欄

專題報導
- 產業輕量化
- 無損檢測
- 無損檢測

科技新知
- 產業輕量化
- 無損檢測
- 無損檢測

產業訊息
- 產業輕量化
- 無損檢測
- 無損檢測

顧問專欄
- 產業輕量化
- 無損檢測
- 無損檢測




✓
第一手的
模具行業情報

✓
最專業的
模具技術雜誌

✓
最豐富的
產業先進資訊

www.smartmolding.com
ACMT SMART Molding Magazine



目錄 Contents

專題報導 In-depth Coverage

- 10 殘留應力之成因與問題解析
 - 14 成型條件對殘留應力的影響——流動篇
 - 18 成型條件對殘留應力的影響——溫度及壓力篇
 - 22 成型條件對殘留應力的影響——條件設定要點篇
 - 26 監視器透明罩子的應力改善
 - 32 智慧插頭肉厚設計應力問題改善
 - 40 模流分析成功案例分享之 Moldex3D 讓 ACER 製造出美觀及高質量的平板電腦
- ## 科技新知 Technology showcase
- 46 應用模流分析改善單穴閥式熱澆道之流動不平衡及型蕊偏移現象
 - 52 威猛射出機為 MESTO 公司節省空間與能耗
 - 56 擺平「翹曲」，低翹曲 PBT 材料解決方案

顧問專欄 What experts say

- 62 第 83 招、如何快速解決塑膠件產品破裂問題【模流分析與結構分析整合應用篇】
- 66 2023 大中華地區的 MIM 產業狀況

產業訊息 Industry News

- 74 2023 ACMT 模具與成型【產學合作】參訪座談會
- 78 泰國電子智慧製造系列展
- 80 降低塑件殘餘應力的關鍵因素

新登場!



數位版雜誌上線中!
隨時隨地都能閱讀!

康復
照護 幫助

醫療技術

緩解病痛

悉心照料

關懷



Scan and follow
us on LINE.

WIR SIND DA.

不管新冠肺炎期間或任何時刻，醫療技術的關鍵往往在於品質、精確和絕對純度 - 從防護設備、注射器、再到植入體，為了確保您的需求可以得到妥善的解決，ARBURG (阿博格) 的專家團隊將針對特定產品的注塑機和無塵室生產技術，為您提供全方位的專業支援；其中包括我們設備中的數據分析和後續的功能測試。

www.arburg.com.tw

ARBURG

阿博格



蔡穎玫 博士

經歷

- 科盛科技股份有限公司 專案經理

專長

- 高分子加工技術
- CAE 模具成型軟件應用經驗
- 電腦試模專案工程師講師
- Molding Simulation: Theory and Practice 1e/2e 執行編輯

射出成型塑件殘留應力解析

楔子

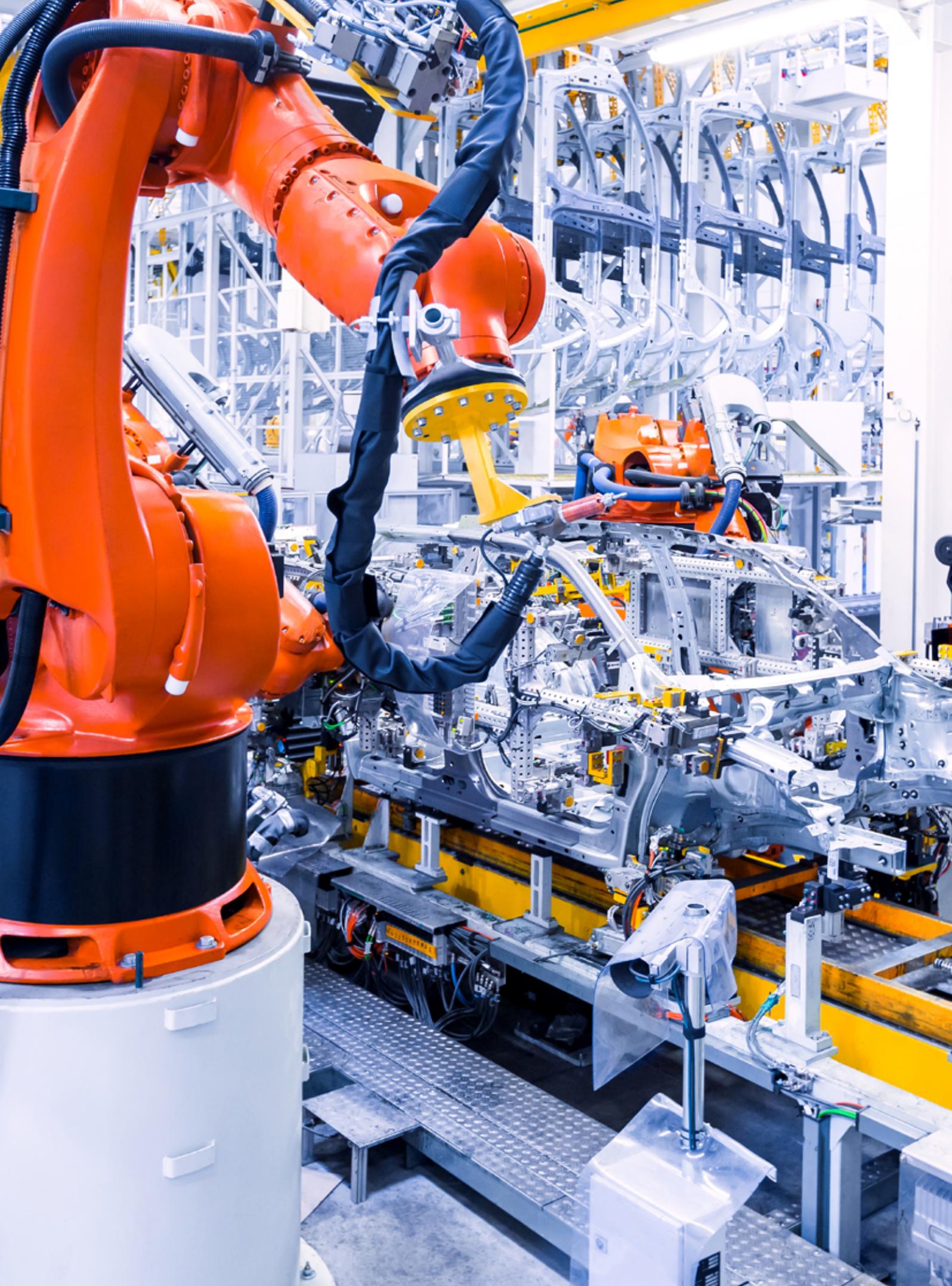
塑膠射出成型產品中的殘留應力一直以來都是一個困擾製程工程師和設計師的老問題。這種應力的形成與微觀層面的塑料高分子鏈在射出成型製程中的形態和分子間距離的變化密切相關。然而，儘管我們深知微觀結構的變化對殘留應力的影響，我們目前僅能透過控制巨觀性質，如溫度、壓力和速度，來間接調整分子鏈排布，以使塑膠在製程過程中盡可能地保持最低程度的殘留應力。

幸運的是，現代科學工具讓我們能夠深入檢視產品質量，預先了解原始設計可能導致的殘留應力，並透過科學化的方法快速驗證設計變更。這期的專題報導深入探討射出成型塑件殘留應力的成因與解決方案。我們從微觀的角度著手，探討塑料高分子鏈在射出成型過程中的運動行為，特別是充填流場、溫度和壓力對分子鏈排布的影響。

殘留應力是一個複雜的課題，高分子鏈在射出成型過程中的運動能力受到多方面因素的制約，包括產品流道設計決定塑料流動路徑、模具水路設計決定塑料冷卻速率。我們詳細討論這些因素如何影響高分子鏈的排列和形態，進而導致產品最終的殘留應力。

並且，我們以模流分析案例來演示科學化的解決方案。模流分析是一種有力的工具，可以模擬塑膠在射出成型過程中的流動行為，幫助我們理解看不到的微觀到巨觀表相的呈現，進而針對殘留應力問題提出有效的改進建議。

透過這期的報導，我們將深入瞭解塑膠高分子鏈的行為，從而更好地應對並解決射出成型產品中的殘留應力問題。■





殘留應力之成因與問題解析

■全鏈管理 / 蔡穎玫 博士

什麼是射出成型殘留應力

什麼是殘留應力？它的表象是什麼？以看得見的部分可分為透明與不透明產品，不透明塑件的殘留應力表現在產品表面，常見為澆口附近的應力痕，以及肉厚變化差異較大部位的光澤不均紋路。

若為透明產品則可以利用儀器觀測產品內部的殘留應力，應力偏光儀可以快速定性地觀察到部件中殘留應力嚴重的部位，依循應力光學定律 (Stress-Optic law)，觀測到的光彈條紋越密集，則材料內部儲存的應力越大。

殘留應力會造成塑件的雙折射率現象，導致不同方向的折射率差異，會影響光學塑件的成像與聚焦能力，尤其是高要求的精密光學產品，很小的雙折射率也會造成光學特性與功能的極大誤差。

除了表面品質，殘留應力也會以另一種形式顯現，有

的時候可能產品脫模時沒有明顯的變形現象，但過了一段時間後，成型過程加諸於塑料的應力隨時間或高溫環境下逐漸釋放，因而造成翹曲變形、尺寸偏移、甚至破裂等問題。

對於需要進行噴塗、電鍍等表面處理的塑件，其表面未必可以觀察到殘留應力的存在，但是在噴塗溶劑的作用下，會造成應力區部位加速裂化。

塑件在電鍍程序*中，表面的殘留應力會導致預處理步驟的粗化程度不足，降低鍍層附著能力，當固定部位出現化學鍍層沉積不全造成起皮現象，就是殘留應力的關係。

*** 塑膠電鍍基本流程：**清潔→預處理→導電塗層（化學鍍層）→金屬電鍍→鍍層處理

殘留應力成因

我們知道殘留應力對塑件品質的影響，有時候看得到

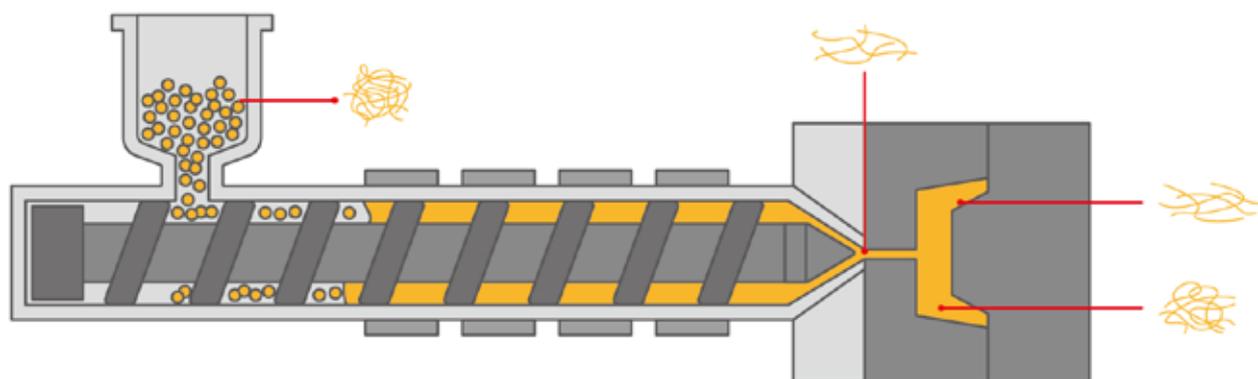


圖 1：射出成型過程中微觀下塑膠高分子鏈的形態變化

有時候又看不到，頗為惱人。常說知己知彼，我們必須要知道殘留應力的成因，才能有效避免，因此必須要知道塑料的本質，也就是塑料是由無數條高分子鏈組成，彼此糾結。塑膠高分子類似一條很長的彈簧，在不受外力作用下，會蜷曲成一定大小的球形狀態，也就是能量最低、最穩定的結構。

然而，在射出過程中，塑膠高分子經歷了非常大的物理變化、形態變化，從料斗進料時的固態原料、受到料管加熱與螺桿剪切變成熔融態、在射出單元作用下高速高壓將流體塑料通過噴嘴灌入模具中、持續保壓至澆口封阻、模具中的冷卻水路將熔膠熱量帶走、逐漸冷卻至固態、塑件頂出時仍高於室溫、脫模後持續冷卻至室溫狀態。因為脫模後塑料仍有收縮行為，有些產品會在脫模後以治具固定一段時間，以避免塑件自由收縮造成尺寸超差。

巨觀上，塑膠高分子歷經固態到液態再回到固態，但是微觀上，高分子鏈已經過不同程度的拉伸和壓縮，尤其又在短時間內快速降溫，可想而知分子鏈並沒有足夠的時間回到最穩定的狀態，分子鏈從高能量形態回到低能量形態稱之為鬆弛。並且分子鏈間彼此糾纏，鄰近的分子鏈可能因為流場作用或冷卻效應造成

被拉伸 / 壓縮程度不一，兩條分子鏈都想回到穩定態，但是回到穩定態的差距卻不一樣，因而形成殘留應力累積在塑件中。

依據不同成因，可分為：

- **流動導致殘留應力：**高剪切流場對分子鏈造成高度排向，能量儲存在被拉伸的分子鏈上，形成拉伸應力，因此在充填方向有較高的殘留應力，也是應力的主要來源。
- **熱導致殘留應力：**塑料因冷卻程度不一，高分子鏈鬆弛能力不同，造成分子鏈間的距離不均勻，就變成殘留應力形式儲存在分子鏈間。因為冷卻收縮是各方向都會發生的，所以熱殘留應力並無特別方向性，唯有在模溫差異大之處會特別明顯。

因為塑件中保有殘留應力，只要一有機會（溫度提高或溶劑作用）分子鏈便開始運動，依位置不同造成不同的巨觀結果：

- 靠近塑件表面的分子鏈收縮而產生應力痕；
- 塑件內部的分子鏈收縮程度不一造成尺寸變形。

殘留應力越大，分子鏈潛在運動能力越強，當有機會釋放應力時，過大的殘留應力會造成塑件開裂問題。

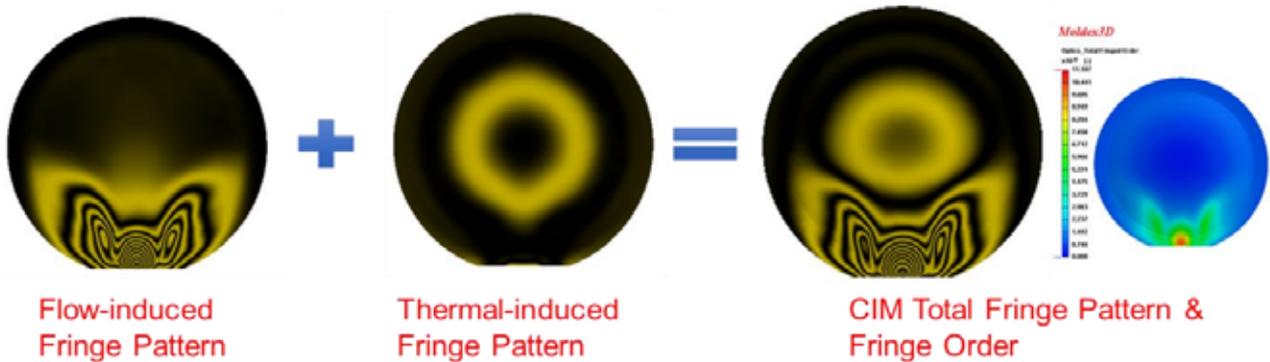


圖 2：流動導致與熱導致殘留應力

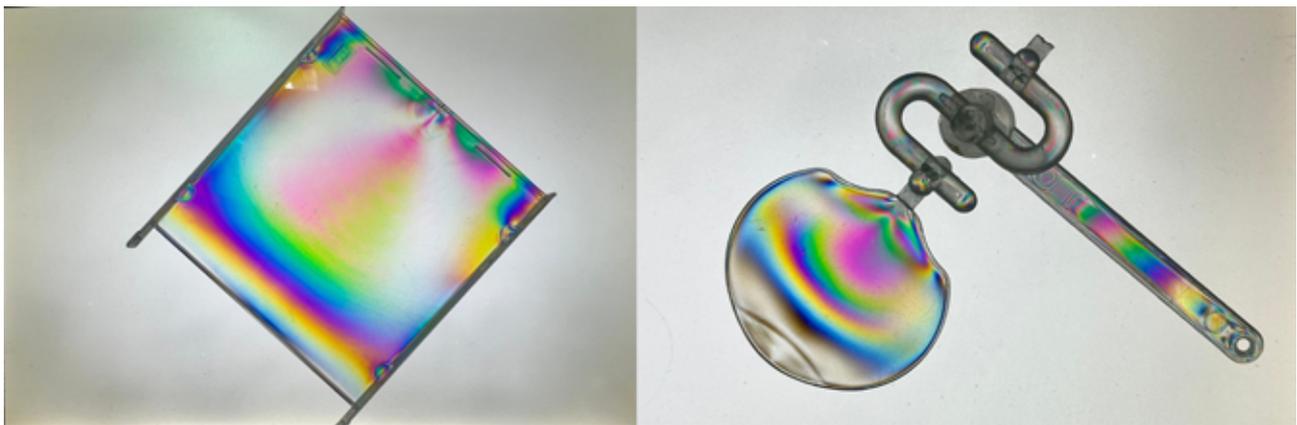


圖 3：產品進澆處及角落有較高殘留應力

降低殘留應力須考量的面向

由前面內容我們知道若要降低殘留應力，要盡量避免造成高分子鏈伸縮程度差異，可分為三個面向：

產品設計

原則是均勻肉厚的設計，厚度越大的部位在保壓上需要施加更多壓力以降低塑料收縮程度，也會增加散熱困難。因此均勻肉厚能避免塑件內部的熔膠溫度及壓力差異太大。另外也須避免尖角、銳角等設計，因為分子鏈流經這些部位會以較高能量的鏈段形態（分子鏈鏈結角度較小）被凍結，產生局部高應力區。

模具設計

原則是確保熔膠的流動平衡，與模溫的均勻分布。充

填若發生競流效應（某區域流得快、某區域流得慢），就會增加模穴內塑料性質的差異，因而提高殘留應力累積風險。透過流道設計，可以控制充填行為，進而影響殘留應力區域。

成型條件

調整速度、溫度及壓力以確保塑料在模穴內部的均勻性，成型條件的設定需要同時考量產品與模具設計，例如熔膠在通過澆口時建議減速，以避免過高的剪切率及射壓陡增。通則包含：

- 提高料管溫度；
- 提高模溫；
- 降低製品冷卻速度；

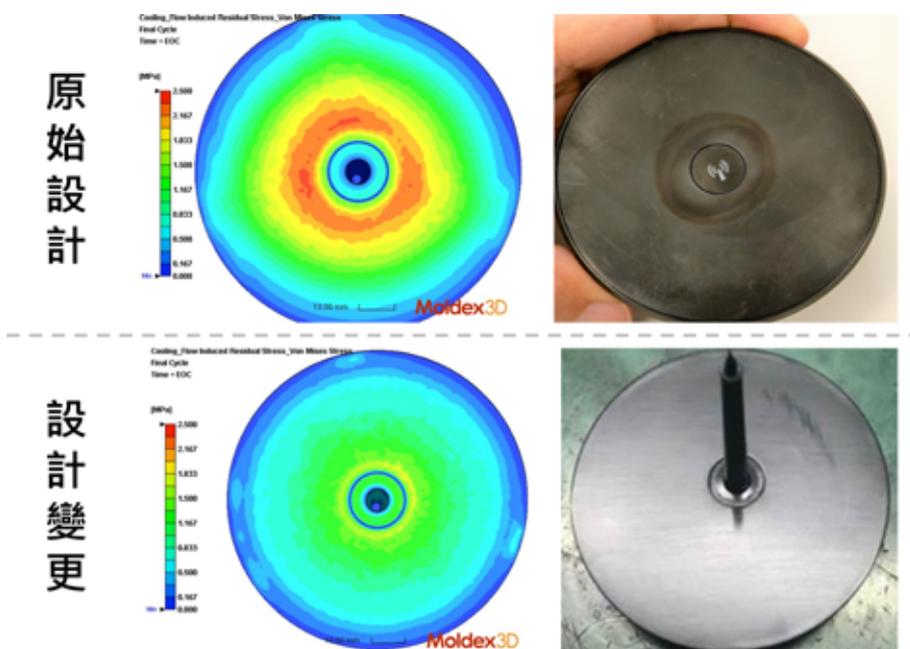


圖 4：以模流分析解決產品應力痕問題。上半部為原始設計；下半部為設計變更

- 提高射出速度；
- 降低射出壓力；
- 縮短射出充填時間。

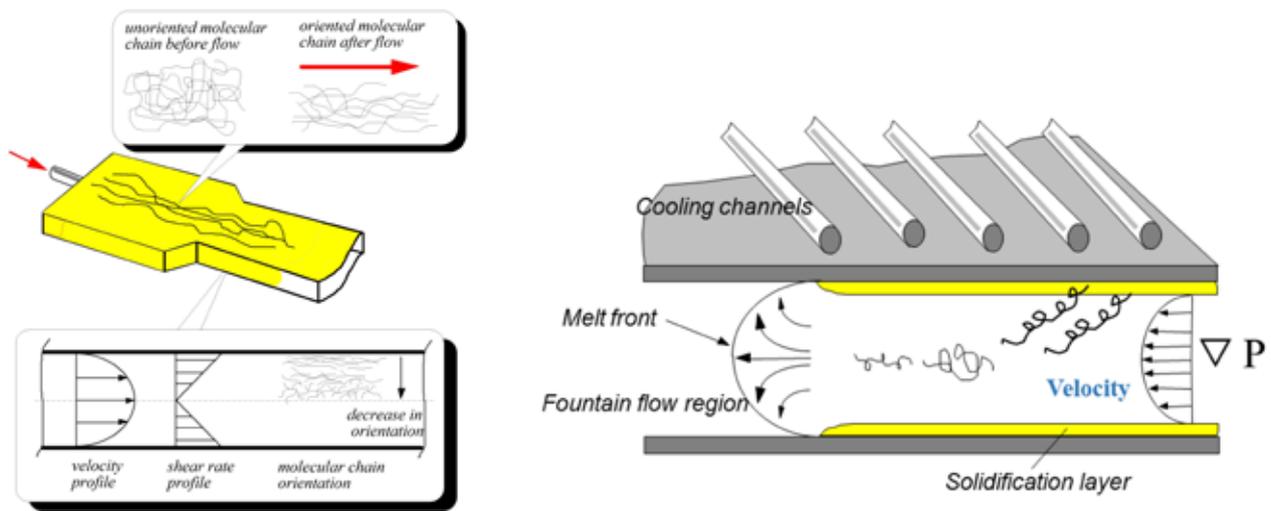
而對於已脫模的塑件，可以退火法消除殘留應力，原理為以略低於玻璃轉移溫度 (Tg) 的條件加熱塑件，這些熱量可以提供高分子鏈運動所需的能量，藉以消除成型累積或冷卻造成的殘留應力。正因為脫模當下已有殘留應力儲存在塑件中，所以退火法應用時機必須在脫模後立即執行，以免這些殘留應力導致無法預期發生時機的破裂等缺陷。

如何檢測塑件殘留應力

既然已經知道殘留應力的成因與避免法則，我們還需要可以立即檢測出塑件殘留應力的方法，以迅速提出修改對策。對透明塑件如 PS、PC、PMMA 等，可以用應力偏光儀快速觀察到應力集中部位。

然而，對於不透明塑件，就沒有像應力偏光儀這麼方

便快速的檢測方法了。幸好，CAE 模流分析提供了更積極的做法，應用模流分析，可以在產品設計階段就找出殘留應力潛在發生部位，並透過變更分析獲得較佳的設計方案。同樣依循光學應力定理，分析所得的光彈條紋，可以表現出塑件殘留應力的分布與集中程度，並可區分為流動誘導及冷卻誘導的應力來源。■



成型條件對殘留應力的影響——流動篇

■全鏈管理 / 蔡穎玫 博士

前言

殘留應力為「溫度」、「壓力」及「充填時流場的速度變化」等成型條件對塑膠高分子鏈形態的綜合影響結果，本篇文章我們就來討論在產品與模具設計都沒有變動下，成型條件——「流動」對殘留應力的作用。

首先，我們先理解射出程序包含充填及保壓動作，兩階段目的不同，對分子鏈的影響也不同：

- **充填：**極短時間內對塑料高速擠壓，高剪切率作用下分子鏈排向程度高；
- **保壓：**塑料幾乎充滿模穴的條件下持續填料，剪切率極低但高壓作用於分子鏈而提升排向程度與被壓縮程度。

流動對殘留應力的影響

為了更具體地觀察高分子鏈在充填流場中的變化，讓我們對模穴內的厚度方向做一剖面，可以看到熔膠在厚度中心有最快的流動速度，其波前就像噴泉般地流

動，越靠近模壁流動速度越慢，並在塑件表面也就是模壁處形成不流動的固化層。

探究厚度方向塑料流動速度差異的原因，是因為塑膠導熱效果極差（約為金屬的 1/1000），當模具金屬及冷卻水管的熱傳作用已把壁面處熔膠的熱量帶走，但模穴內仍保有相當高的溫度，由剖面的溫度分布可看到，模壁處塑料處於固化溫度，越往內部溫度逐漸爬升，到達固化層厚度時溫度最高，再往中心的塑料溫度會稍降，但然維持高溫以持續完成充填保壓程序。

在固化層厚度部位出現最高溫的原因，是因為此為塑料固態與流動態的介面，介面一端為靜止狀態，但另一端仍保有移動性，兩者速度差極大，兩相接觸時摩擦生熱貢獻出高溫分布於此，充填速度越快此摩擦升溫的程度越高。正因為介面兩端的速度差異極大，此處也正是厚度方向上最大剪切率發生的部位，此處升溫現象因而稱作 shear heating。

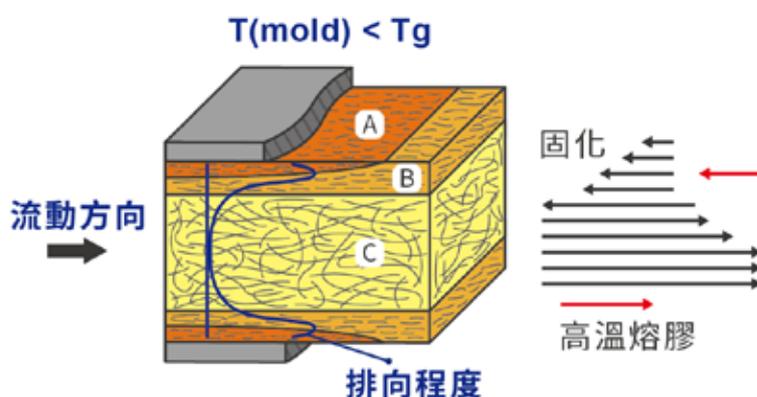


圖 1：射出成型塑膠高分子鏈定向現象分析

說明完了速度與溫度的分布，接下來更能理解充填流場對高分子鏈排向的影響。依據塑料狀態在厚度方向分為「A. 定向固化層」、「B. 定向高剪切層」、「C. 非定向核心層」等三個部分，分別討論分子鏈的排向行為：

A. 定向固化層

- 塑料充填時緊貼模壁，瞬間冷卻固化的高分子鏈定向層；
- 高分子鏈定向程度與塑料種類、模溫、速度有關；
- 固化層造成後續塑料充填的通道變窄，流動阻力變大；
- 固化層會造成加纖料的浮纖問題。

B. 定向高剪切層

- 塑料充填時鄰近 A 區固化層的高剪切區域，此區域的高分子鏈亦有定向行為；
- 塑料充填結束時本區定向層尚未完全凝固，原因為：
 - 定向固化層 A 區的絕熱效果降低 B 區散熱能力；
 - 剪切摩擦生熱作用。
- B 區的高分子鏈定向程度與塑料種類、充填速度及冷卻速率有關；
- 冷卻過程中 B 區的高分子鏈定向會有鬆弛的現象。

C. 非定向核心層

- 因 A、B 區有絕熱保溫效果，使得 C 區高溫降到分子鏈凍結溫度的時間足夠長，高分子鏈的定向行為因而可以獲得鬆弛；
- 產品厚度設計若有變化，對 C 區的影響最大；
- 薄件產品的 C 區厚度會變小，因此具有充填困難及非等向性 (anisotropic) 的產品性質等特徵。

結語

總的來說，射出成型在熔膠充填過程中會因為噴泉流現象，帶動高分子鏈的形態變化與排向分布。厚度中心起點的高分子鏈具有能量較低的形態，受到噴泉流場的牽引致使分子鏈沿充填方向被拉伸，直到波前處分子鏈排向與充填方向垂直，接著流場持續帶動塑料往模壁移動，分子鏈維持拉伸狀態直到一端與模壁接觸而冷卻被凍結。

其中厚度中心的熔膠波前高分子鏈垂直排向為暫態現象，當熔膠持續往前推進時，分子鏈可以運動鬆弛而呈現 C 區的非定向分布。然而靠近模壁的分分子鏈因為已被冷卻，缺乏鬆弛運動所需的動能，因此只能維持高程度的定向，如前述 A 區與 B 區。

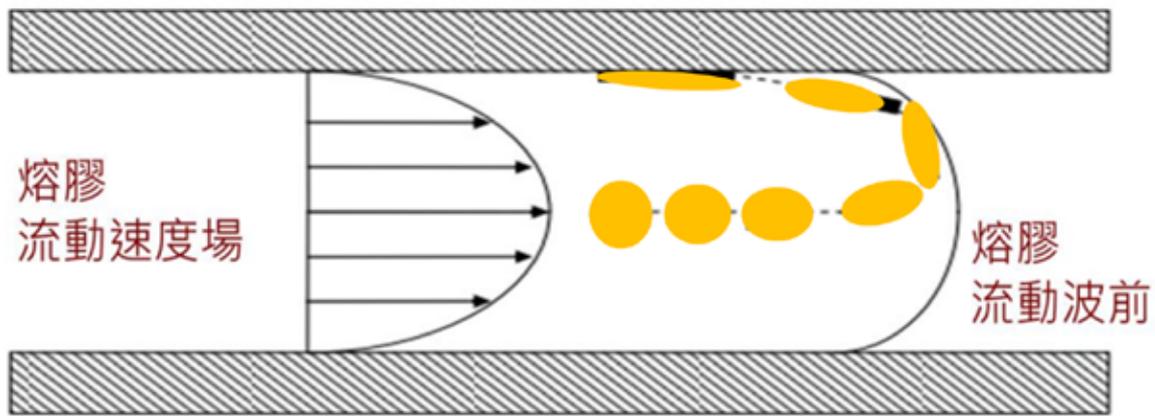


圖 2：塑料熔膠受噴泉流引導的高分子鏈形態變化與排向分布

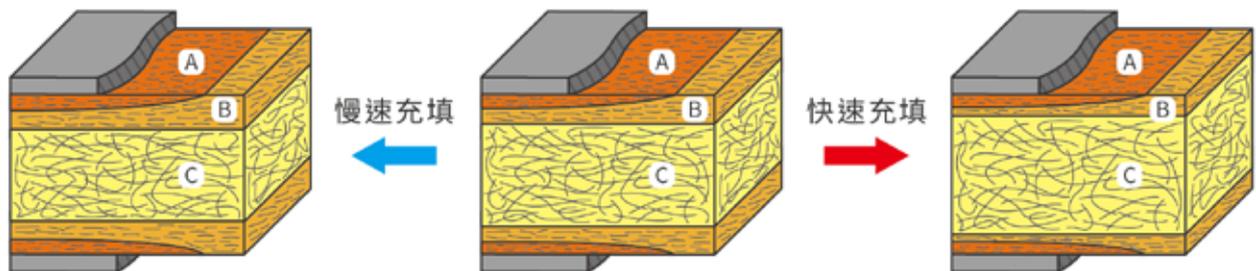


圖 3：充填速率對高分子鏈排向的影響

從巨觀的熔膠流動行為，到微觀高分子鏈的排向現象，都屬於定性的描述，與這些有關的定量性質可以用黏度與剪切率來表示。黏度是流體流動能力的表徵，黏度越高代表越難流動；而剪切率代表速度變化率，剪切率越高代表速度變化越大。一般像水這樣的小分子其黏度與剪切率無關，但是塑料高分子鏈間的糾纏行為會降低移動能力，因而增加黏度。

而射出成型的充填是在極短時間內提供塑料高速移動的驅動力，也就是高剪切率的環境，剪切率越高，高分子鏈的排向程度也越大，分子鏈因解糾纏而降低整體黏度，稱之為剪切致稀 (shear-thinning)。

因此，充填速率對三個區域的影響如下：

快速充填

- 定向固化層 A 區厚度幾乎相同，高分子定向程度增加；
- 定向高剪切層 B 區厚度減少，高分子定向程度降低；
- 非定向核心層 C 區厚度增加。

慢速充填

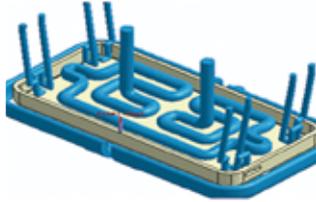
- 定向固化層 A 區厚度幾乎相同，高分子定向程度降低；
- 定向高剪切層 B 區厚度增加，高分子定向程度增加；
- 非定向核心層 C 區厚度減少。■

先進技術 - 高效節能

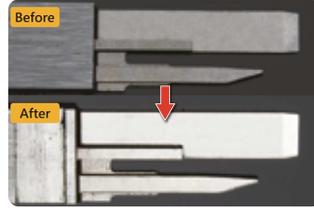
先進
模具
技術



CAE模流分析技術



模具水路設計

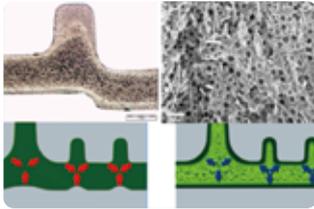


EBM電子束表面改質/拋光



金屬3D列印技術

先進
成型
技術



微細發泡成型技術



模具水路清洗保養技術



微小精密成型技術

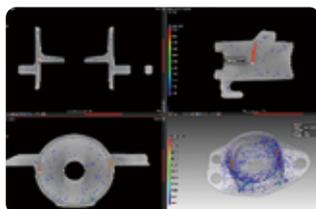


電力監測系統

先進
檢測
技術



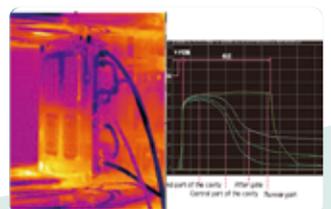
應力檢測



CT斷層掃描技術

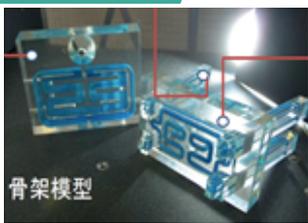


鎖模力平衡度檢測



模具溫度/壓力檢測

成功案例 1



骨架模型

金屬3D列印

有效地縮短模具冷卻時間，排除模內困氣，達到提高射出成型效率、改善塑件品質的目的。

成功案例 2



Before

After

新世代電子束加工技術【EBM】

提高表面面粗度，節省手工拋光時間。

成功案例 3



微細發泡成型技術

藉由泡孔擴張來代替射出機保壓，降低體積收縮率，使壓力分佈均勻，減少翹曲變形。

型創科技顧問團隊



30年模具與成型產業專業輔導經驗



SMB計畫塑膠製品業第一名

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

服務據點

台北 · 東莞 · 蘇州 · 泰國曼谷 · 印尼雅加達

規劃中據點

台中 · 台南 · 寧波 · 廈門 · 馬來西亞 · 菲律賓 · 越南

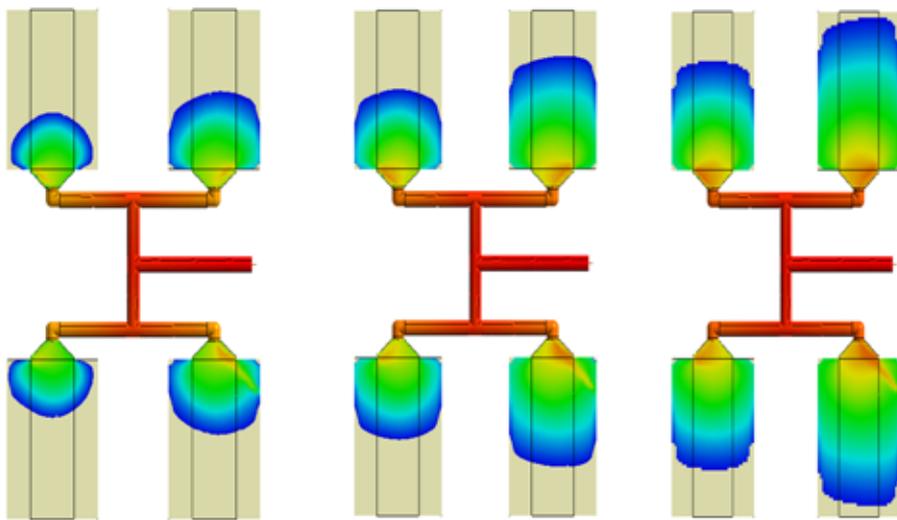
+886-2-8258-9155

info@minnotec.com

https://minnotec.com/atom-ch

廣告編號 2024-01-A03





成型條件對殘留應力的影響——溫度及壓力篇

■全鏈管理 / 蔡穎玫 博士

溫度及壓力對殘留應力的影響

在討論完流動對殘留應力的影響後，接著我們分別來看溫度與壓力對殘留應的效應。首先是塑料溫度，在射出成型系統中有三種機制可以對塑料加溫：

- 射出機料管加熱器；
- 射出螺桿旋轉摩擦剪切熱；
- 塑料充填流動時的剪切熱。

溫度提升可以增加高分子鏈的運動能力，也就是增加鬆弛行為，因此高料溫殘留應力會較低。料溫對三個區域的影響如下：

高料溫

- 定向固化層 A 區厚度減少；
- 定向高剪切層 B 區的高分子定向程度降低；
- 非定向核心層 C 區厚度增加。

低料溫

- 定向固化層 A 區厚度增加；

- 定向高剪切層 B 區的高分子定向程度增加；
- 非定向核心層 C 區厚度減少。

而壓力對殘留應力的影響會以保壓作用為主，由於持續對模穴補充更多塑料，壓力壓縮使得高分子彼此更靠近，分子鏈之間的空間更小，所以會造成：

- 澆口與澆口附近產生另一次高分子鏈定向行為；
- 澆口附近的高分子定向情形，容易造成該區沿流動方向龜裂 (crack)；
- 若保壓速率慢，且澆口小，則定向的高分子鏈被固化的程度會增加。

若高分子鏈之間沒有應力狀態存在（彼此的距離沒有過近或過遠），則它們彼此之間就保持著最適當的距離（能量最低的狀態）。否則會有兩種應力現象：

- **內部拉伸應力 (internal tensile stress)**：高分子鏈之間的距離比最適當距離遠時，塑件內部產生拉伸應力。

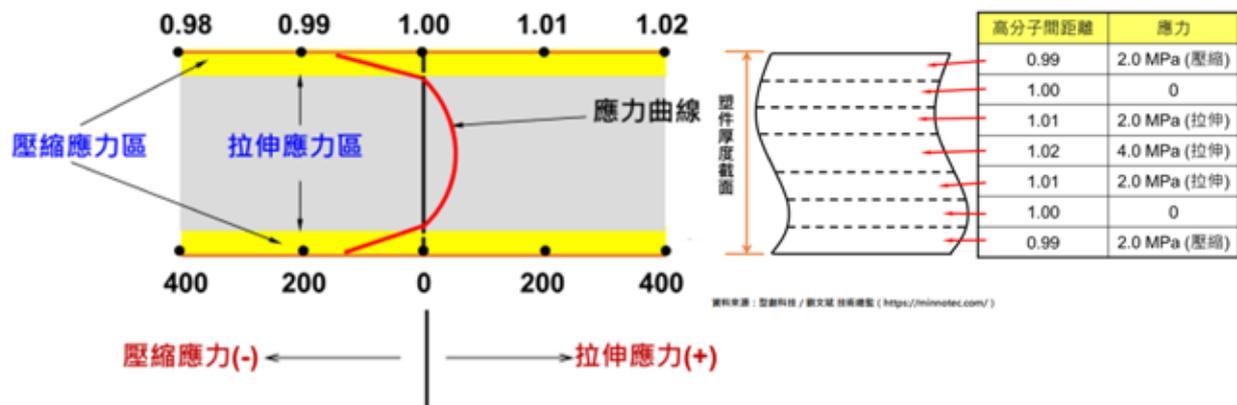


圖 1：塑件冷卻結束後的高分子間距與應力狀態

- **內部壓縮應力 (internal compressive stress)：**
高分子鏈之間的距離比最適當距離近時，塑件內部產生壓縮應力。

當保壓結束時，冷卻效應對殘留應力的影響就開始顯著，因為塑件中不同厚度層部位的高分子在不同的溫度、壓力條件下，會依循不同的 P-V-T 路徑冷卻固化。所以整體塑件會進行不均勻的冷卻作用，而不同厚度層的塑料也會因為不同的收縮量造成殘留應力。

塑件內部的壓縮或拉伸應力，係指高分子間因保壓效應與後續冷卻固化所產生之應力，與壓力、溫度和冷卻速率有關，因此需綜合考量溫度與壓力對分子鏈間距的影響，若在無應力狀態下，塑件內高分子間最適當的距離為 1.00，以此為例來說明：

- 當塑料在料管內被加熱到 250°C 時，高分子間距由 1.00 膨脹為 1.03；
- 保壓時高分子間的空間會被壓縮，假設保壓階段結束，冷卻階段剛開始時，模穴內壓力分佈狀態為澆口處 500 kgf/cm²，而流動末端為 300 kgf/cm²，此時高分子間平均距離為 1.01。

冷卻過程中，塑件表層與內部的高分子間距變化：

- 表層塑料因接近模壁而最先冷卻，造成該區域高分子因被冷卻而彼此靠近，間距由 1.01 縮小為 0.99；
- 而模穴內部壓力開始降低，造成尚未固化中心層區域的高分子間距擴大，由 1.01 增加為 1.02；
- 塑料由表層向內繼續形成固化層時，該新生固化層區域的高分子也會因冷卻而彼此靠近，間距由 1.02 縮小為 1.00；
- 模穴內部壓力持續降低，造成尚未固化中心層區域的高分子間距持續擴大，由 1.02 增加為 1.03。

冷卻持續進行，塑料也由外向內持續固化：

- 固化層持續向模穴內部生成，新生成固化層區域內的高分子也因冷卻而彼此靠近，間距由 1.03 縮小為 1.01；
- 當冷卻持續進行時，模穴內部壓力繼續降低，尚未固化中心層區域的高分子間距持續擴大，間距由 1.03 增加為 1.04；
- 整個塑件完全冷卻固化時，原中心區域的高分子也會因冷卻而彼此靠近，間距由 1.04 縮小為 1.02。

因為塑件的冷卻固化是由外向內，層層熱傳導致高分子鏈運動行為與所在的厚度部位有關，造成分子鏈間距與厚度呈現不均勻的分布，靠近塑件表面部位表現

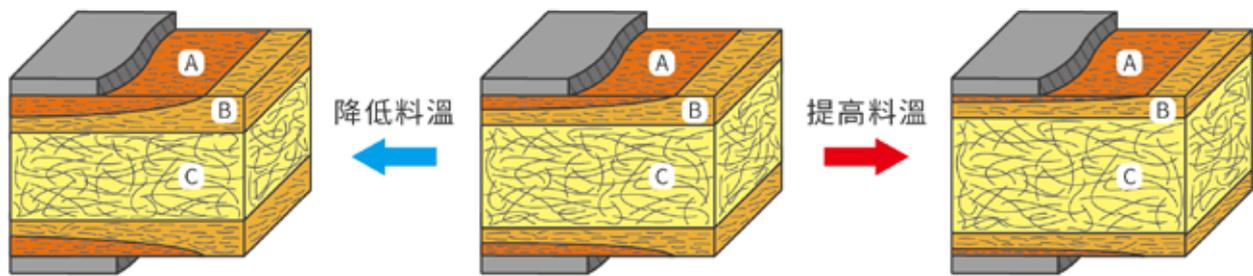


圖 2：塑料溫度對高分子鏈排向的影響

模溫	低模溫	高模溫
冷卻速率	快	慢
高分子鏈排向	程度高	程度低
定向層 (A與B區) 厚度	厚	薄
壓縮應力	大	小
拉伸應力	大	小
模內收縮	小	大
脫模後收縮	大	小

表 1：模溫高低對分子鏈排向、殘留應力及收縮程度的影響

出壓縮應力、越往內部拉伸應力越大。也為拉伸應力區範圍遠大於壓縮應力區，所以塑件在冷卻固化後，於各方向上尺寸均有收縮的傾向。

若更細部地考慮不同流動長度部位的殘留應力：

- 壓縮應力區：靠近澆口處 > 遠離澆口處
- 拉伸應力區：遠離澆口處 > 靠近澆口處

因此塑件充填末端的部位收縮較多，成型後的尺寸會小於靠近澆口處的尺寸。

冷卻過程不僅導致塑件內部的應力分布，冷卻快慢也會影響高分子鏈排向、殘留應力，以及塑件的收縮程

度（如表 1）。

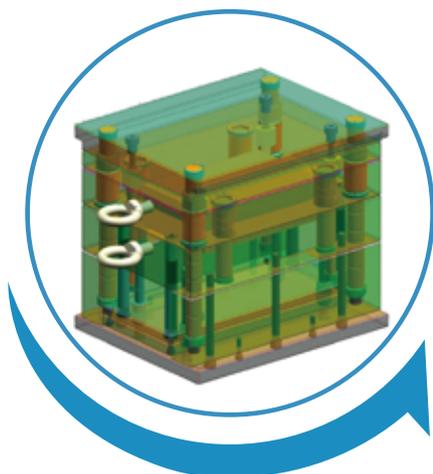
若模具兩側冷卻速率不均，就會造成塑件厚度不對稱的應力分布、並導致單側收縮較大而翹曲：

- 冷卻速率慢的模側（高模溫），其壓縮應力較小；
- 最大拉伸應力區向冷卻速率慢的模側移動；
- 冷卻速率慢的一側塑件收縮較大；
- 塑件往冷卻速率慢的一側彎曲。■

模具「T零量產」，實現智慧工廠

整合智慧設計、模流分析、科學試模、三合一工程師、材料量測和機台性能監測等，實現模具T零量產和成型高質量生產的終極目標。

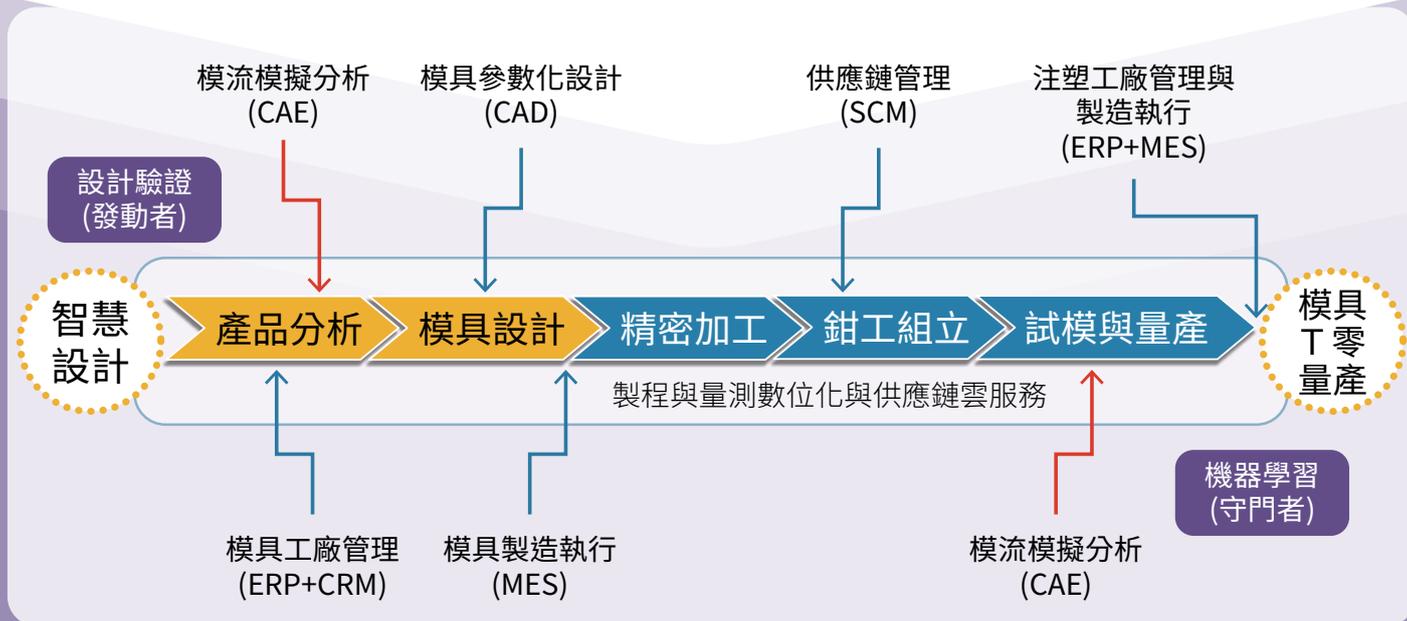
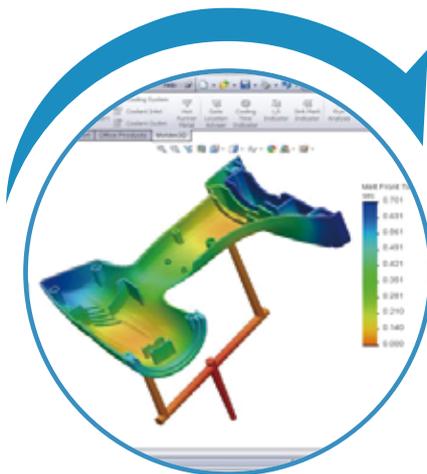
模具設計



科學試模



模流分析



型創科技顧問團隊



30年模具與成型產業專業輔導經驗



SMB計畫塑膠製品業第一名



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

服務據點

台北 · 東莞 · 蘇州 · 泰國曼谷 · 印尼雅加達

規劃中據點

台中 · 台南 · 寧波 · 廈門 · 馬來西亞 · 菲律賓 · 越南

+886-2-8258-9155

info@minnotec.com

https://minnotec.com/tzom

廣告編號 2024-01-A04





成型條件對殘留應力的影響——條件設定要點篇

■全鏈管理 / 蔡穎玫 博士

前言

理解速度、溫度及壓力對塑膠高分子鏈排向的作用，進而能理解這些物理因素造成塑件殘留應力的原因，接著我們來討論如何控制成型條件來降低射出成型引起的殘留應力。首先是各項物理因素與機台參數的關係條列如下。

- **塑料溫度**：料管溫度、螺桿轉速 (rpm) 及背壓、射出速度；
- **充填速率**：射出速度、保壓速度；
- **塑料壓力**：射出壓力（模穴壓力及系統壓力）、保壓壓力、保壓時間；
- **冷卻速率**：料管溫度、螺桿旋轉背壓、射出速度、模具溫度、冷卻時間。

成型條件設定要點

塑料溫度

提高料溫會提升熔膠壓力傳遞能力，整體模穴壓力因而增加，同時也提升保壓效果，並且定向層厚度、壓

縮應力及拉伸應力都會降低。主要以提高料管溫度來達成升高料溫。

- **優點**：熔膠黏度較低，流動性較佳，充填性較好，分子鏈鬆弛較快，排向應力程度較低；
- **缺點**：然而過高的料溫容易造成冷卻緩慢（增加成型週期）及不均勻冷卻。塑件脫模時，高溫部分佔比高，易造成變形，因此高料溫反而可能會增加冷卻熱應力及脫模應力。

充填速率

充填速率對高分子鏈排向的影響，主要透過射出速度來設定，為達到塑料最低整體定向結果，所需要的充填速率是介於高速與低速之間，並使用多段射速在速度逐漸減小下結束充填。另外可依產品需求調整充填速率：

- 若產品需要較低的表層應力，藉以改善抗化學性或表面電鍍附著性，則應降低充填速率；
- 若產品需要借助表層的高順向性，藉以改善剛性與

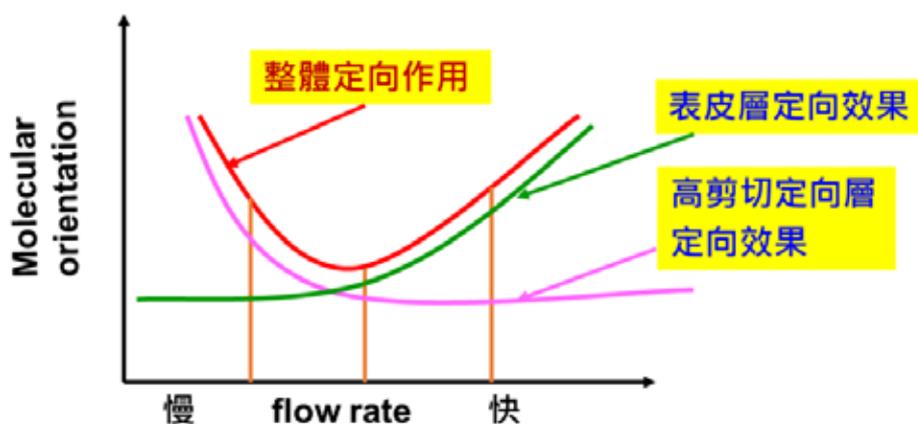


圖 1：塑料高分子鏈排向與充填速率關係

彎曲強度，則應提高充填速率。

塑料壓力

模穴壓力增加會提升壓縮應力及其區域厚度、同時降低拉伸應力及其區域厚度，模穴壓力會與射出壓力及保壓壓力有關。

- **射出壓力**：高射出壓力在充填過程對塑料會產生較大的剪切作用，因而導致較高程度的分子鏈排向及應力，因此射出壓力不宜過高；
- **保壓壓力**：保壓階段熔膠溫度降低時，其黏度瞬間拉高，此時若施加高保壓將強迫分子鏈排向，造成澆口附近出現嚴重的排向應力，因此保壓壓力對殘留應力的影響大於射出壓力。

除壓力大小，保壓時間長短也需一併考慮，時間拉長會增強熔膠的剪切作用，更多具有排向應力的分子鏈結構會被凍結，導致較大的彈性變形，所以塑件的殘留應力會隨保壓時間延長和補料量增加而顯著增大。

由於保壓階段模穴內部已近乎充滿塑料，應控制射出壓力並適當調整保壓壓力與保壓時間，使開模時模內的殘留壓力接近於大氣壓力，以避免產生更大的脫模殘留應力。

充填與保壓參數設定考量

- **充填速度**：依充填部位分為多段設定，其中為消除澆口噴流痕考量，第二段通過澆口時將射速放慢，待熔膠進入澆口後再提速充飽部品；而末兩段射速緩降，是為了防止毛邊與穩定切換保壓前的射出壓力；
- **保壓壓力**：一般設定兩段保壓，分別考量尺寸精度與應力消除；然而若第一段設定值與 V/P 切換瞬間的壓力差異過大時，有可能產生縮水或毛邊現象。

結果與討論

總的來說，塑件殘留應力是受到射出成型條件的綜合影響，其中溫度的作用較大：

- 模溫對殘留應力影響較大，較高模溫殘留應力較低；
- 料溫對殘留應力影響較小。

塑料加工特性也會影響殘留應力大小：

- 熱傳係數較高或熱傳導性較佳，則殘留應力較小；
- 熱膨脹係數或彈性模數較高，則殘留應力較小。

因此，可調整成型參數來降低殘留應力：

- 提高料管溫度；
- 提高模溫；

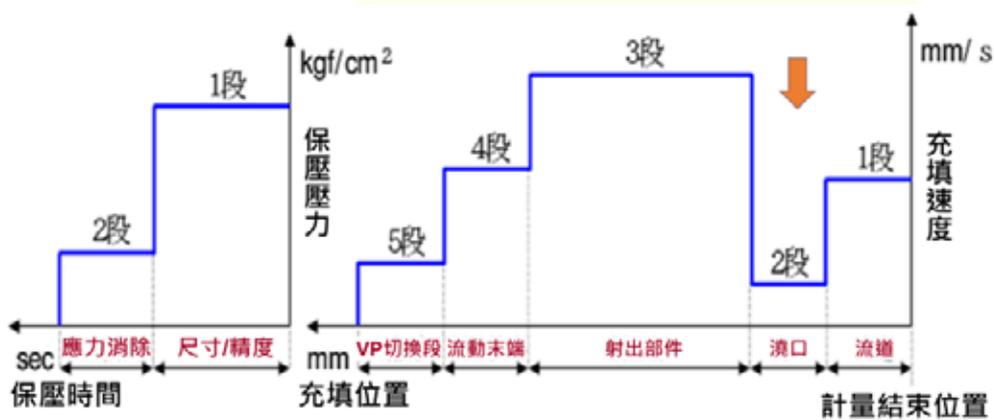


圖 2：充填速度與保壓壓力設定參考

- 降低製品冷却速度；
- 提高射出速度；
- 降低射出壓力；
- 縮短射出充填時間。

設計在肉厚區域可降低射出壓力、保壓壓力及保壓時間，有利降低殘留應力；

- 若於肉薄區域進膠，需適當增加澆口入口處厚度以降低澆口附近應力。

除了成型條件，在產品設計與澆注系統應注意：

產品肉厚

- 肉厚尺寸對殘留應力影響甚鉅，厚度差異越小則應力越低；
- 薄件成品冷卻固化較快有較高的殘留應力。

流道設計

- 為降低熔膠流動時的壓損與溫降，流道會建議設計成短而粗的形式，以降低射出壓力與減緩冷卻速率，從而降低應力。

澆口尺寸

- 澆口尺寸過大將造成保壓補料時間較長，並在熔膠降溫過程中凍結更多的排向應力；
- 保壓時間越長，其後熔膠越冷，會造成澆口附近較嚴重的應力殘存；
- 適當縮小澆口尺寸以縮短保壓填料時間，降低澆口封口時的模內壓力；
- 然而若澆口尺寸過小，將導致充填時間過長，熔膠溫差大，且容易造成充填缺料。

在冷卻水路及頂出系統應注意：

- **冷卻水路：**設計目標為使產品可以緩慢地均勻冷卻。
- **頂出系統：**澆口需設計適當的脫模角度與頂針位置，模芯需要較高的拋光度與設計較大的頂出面積，防止強制脫模產生脫模干涉應力。■

澆口位置

- 澆口位置決定熔膠的流場、流動距離與流動方向，

ACMT

SMART
Molding
Magazine

www.smartmolding.com

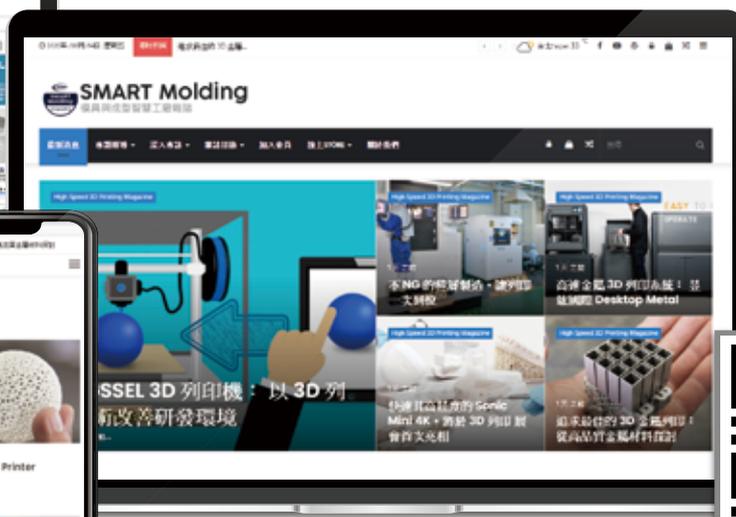
【SMART Molding】數位版雜誌

全球華人最專業的模具與成型技術雜誌(ACMT會員月刊)



會員專屬

超過1,200篇以上產業技術內容與深入報導 —



www.smartmolding.com

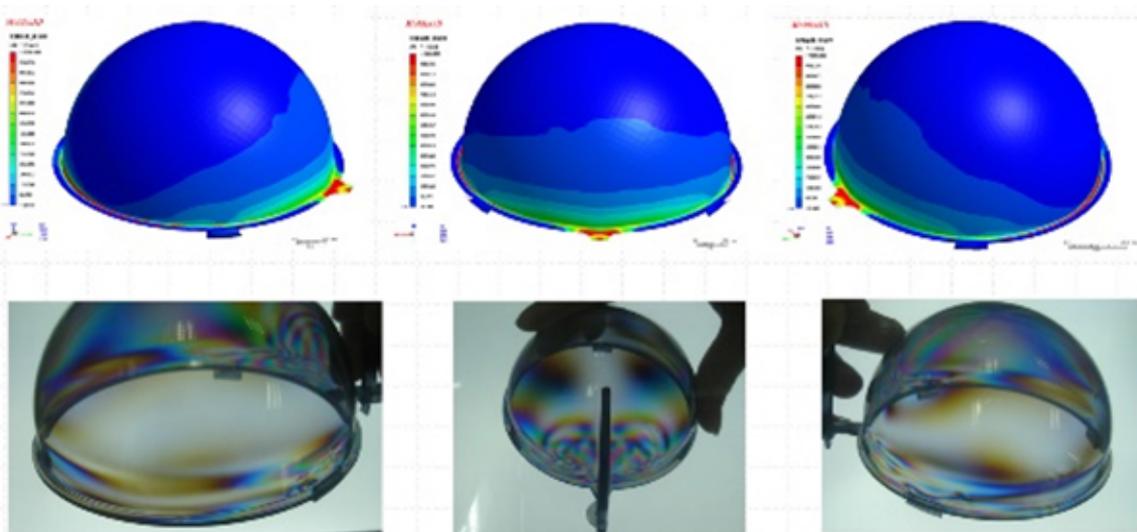


內容特色

更多內容請上

- 擴展橫向產業範圍增加【3D列印】、【粉末冶金】、【壓鑄模具】、【自動化】、【數位化轉型】、【智慧工廠】等領域。
- 每月內容涵蓋模具成型相關最新材料、技術、設備及應用案例，2017年創刊至今已出版83期。
- 原創內容-針對台灣、華東、華南及東南亞地區的企業進行採訪報導，了解這些企業的成功經驗及競爭力。
- 邀請成型技術各領域行業專家擔任主編增加不同製程觀點。

廣告編號 2024-01-A05



監視器透明罩子的應力改善

■ Moldex3D 全球模流達人賽 · 作者：丁聖倫 主任工程師

摘要

對於透明件來講，特別是有光學用途的產品，如監視器的透明罩子，對於成品的透光要求較高，若產品存在殘留應力，則可能會影響其透光率及使用壽命。因此需要設計合適的肉厚，適中的充填參數成型，降低產生殘留應力的風險。

案例簡介

- **產品說明：**監視器透明罩尺寸 (mm) 為長 98 x 寬 98 x 高 54、平均厚度 1.5，產品體積 26cc，穴數為 1，產品及流道如圖 1 所示。
- **問題焦點：**該產品有包封問題以及殘留應力導致的結構強度的問題。
- **使用材料：**PC Lexan_940A

模流分析：原始設計

通過充填分析，判斷原始模具設計產生包封以及殘留應力的原因，通過調整產品肉厚進行改善。

充填流動分析

圖 2 為產品以及流道的肉厚分布，可看出罩子側邊邊緣的厚度比主體厚度大 0.28mm，該厚度差異會發生流動競爭的行為。圖 3 為流動波前的結果，可看到當熔膠流動到 60% 時，在罩子側邊的熔膠流動已超過肉薄的主體，到 80% 狀態時，由於肉厚大的地方中心溫度更高，因此流動會更快，此時已形成了回包形式的波前。到流動末端時，中間出現流動遲滯更為嚴重，兩側速度加快，產生剪切升溫的現象，最終出現包封的問題。

充填壓力分析

如圖 4，產品整體的射壓為 112Mpa，其中流道端壓力為 28Mpa，產品壓力為 84Mpa。通過圖 5 所示，可看到產品靠近澆口處的側邊有較高的剪切率，通過應力偏光儀也能看到產品有嚴重的殘留應力。

以上結果可判斷，產品由於肉厚的差異，導致流動不

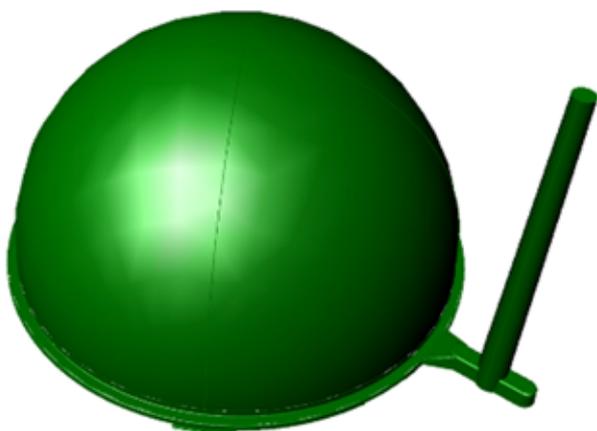


圖 1：塑料射出成型部件

平衡，出現包封的問題。而由於產品兩側流動較快，產生較大的剪切率，後續會對產品結構的強度產生影響。

模流分析:改善設計

該產品包封及高剪切率的根本原因來自尾端圓角處厚度差異，故本次設變進行肉厚的修正，把肉厚不均的地方進行倒圓角，如圖 6 所示。

流動結果對比

圖 7 中可看到流動到 40% 時，更改肉厚後，熔膠在兩側的流動速度已放慢，當流動波前到 60% 時（圖 8），原始設計兩側已超過中間，而更改肉厚後，兩側和中間區域依然保持平推的狀態，圖 9、圖 10 分別為流動波前 80% 與 95% 的結果，可看到更改肉厚後，流動相對更加平衡。從圖 11 中可看到，變更設計後可解決包封的問題

剪切率結果對比

更改肉厚後，產品兩側的剪切率（圖 12）有明顯的降低。

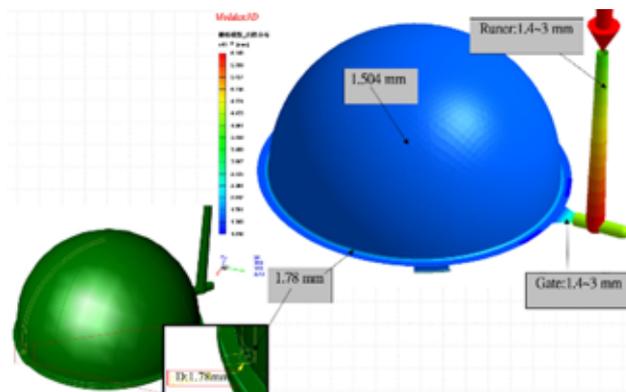


圖 2：產品及流道肉厚分布

結論

通過 CAE 分析對比結果得知，設計變更後流動更加平衡，包封問題最終得以解決。而由於流動平衡，因此兩側速度梯度不大，所以剪切率也有所改善。後續產品通過修模後已正常生產。■

本篇文章經科盛科技授權後轉載

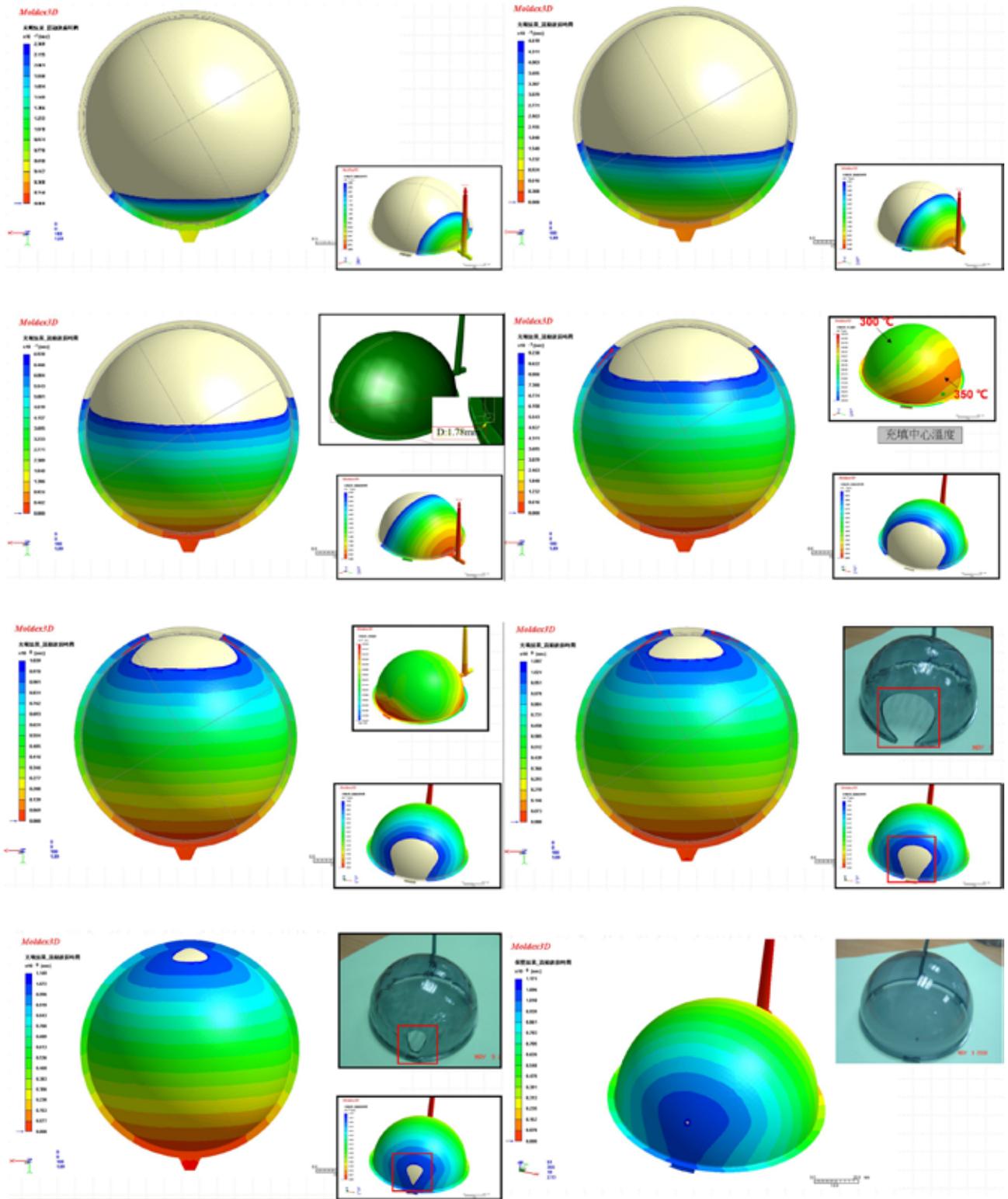


圖 3：流動波前 20%~99.9% 結果

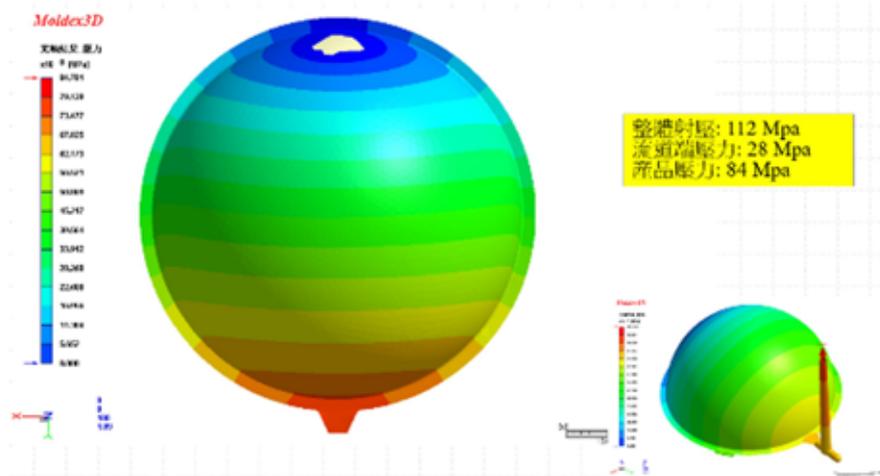


圖 4：充填壓力分布

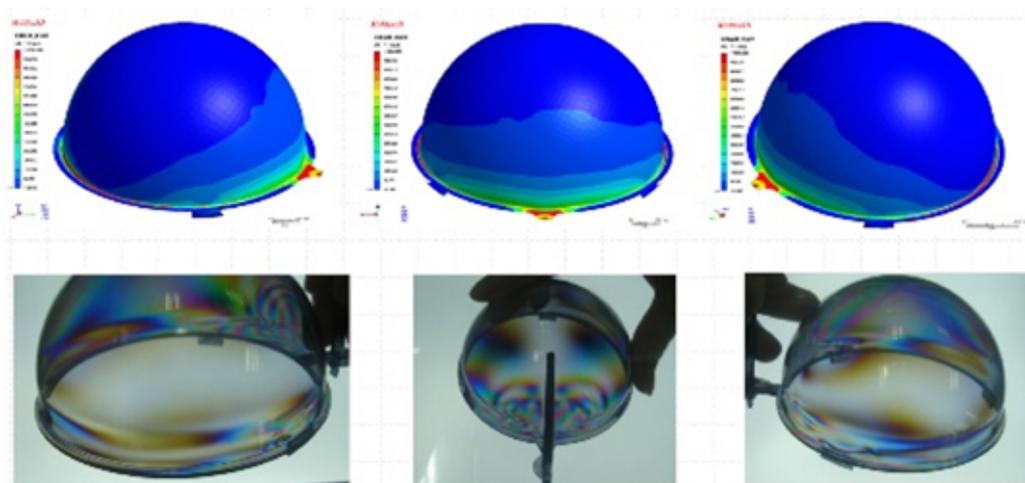


圖 5：剪切率結果及產品實際應力分布圖

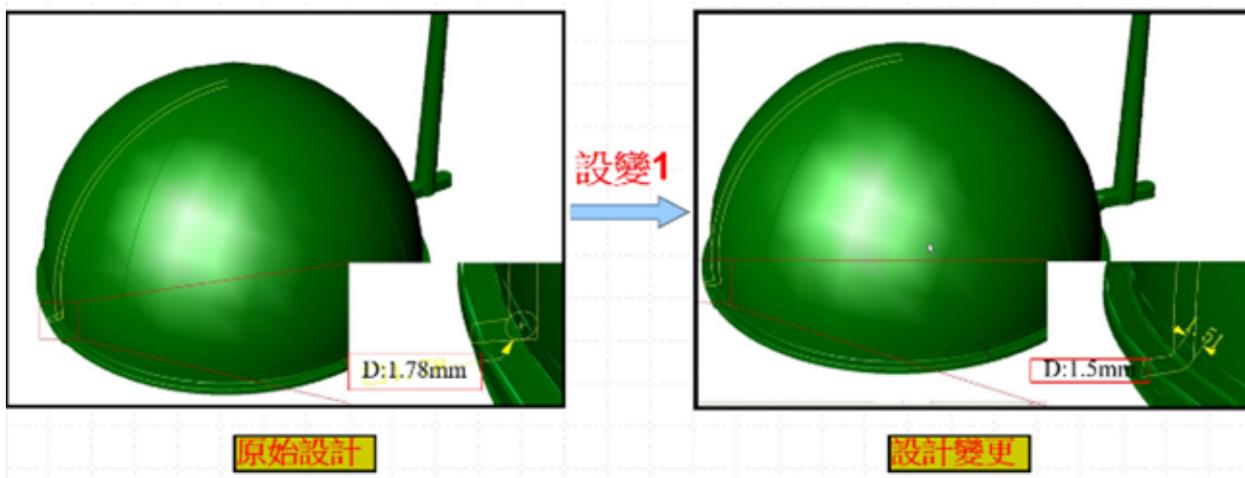


圖 6：產品肉厚設計變更

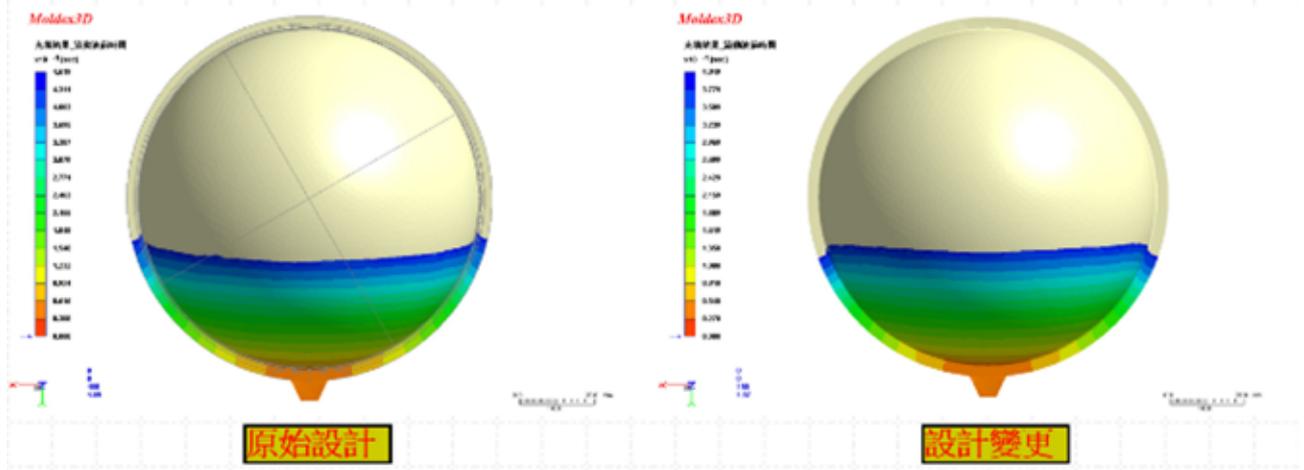


圖 7：設計變更前後流動 40% 對比

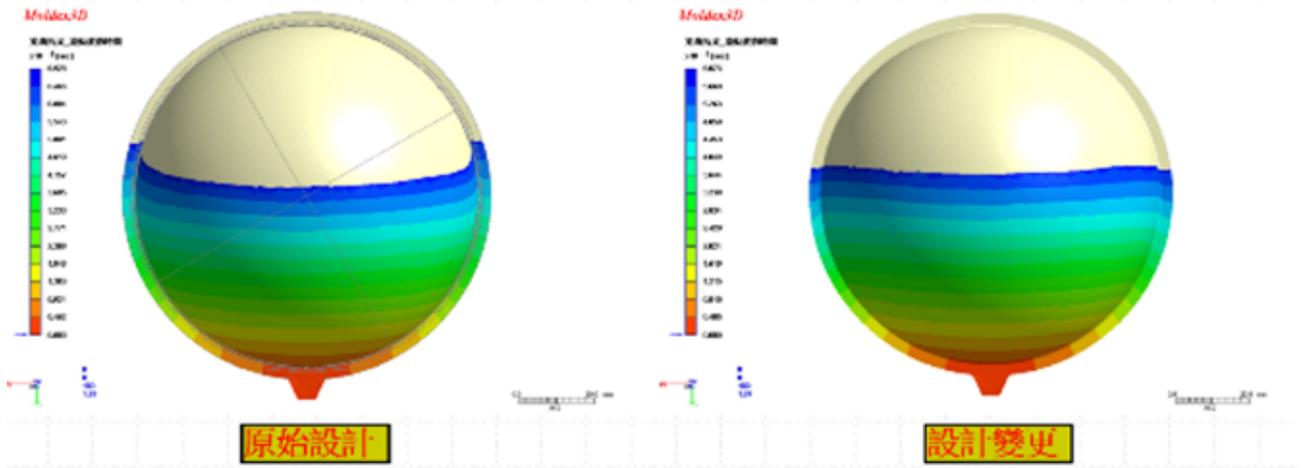


圖 8：設計變更前後流動 60% 對比

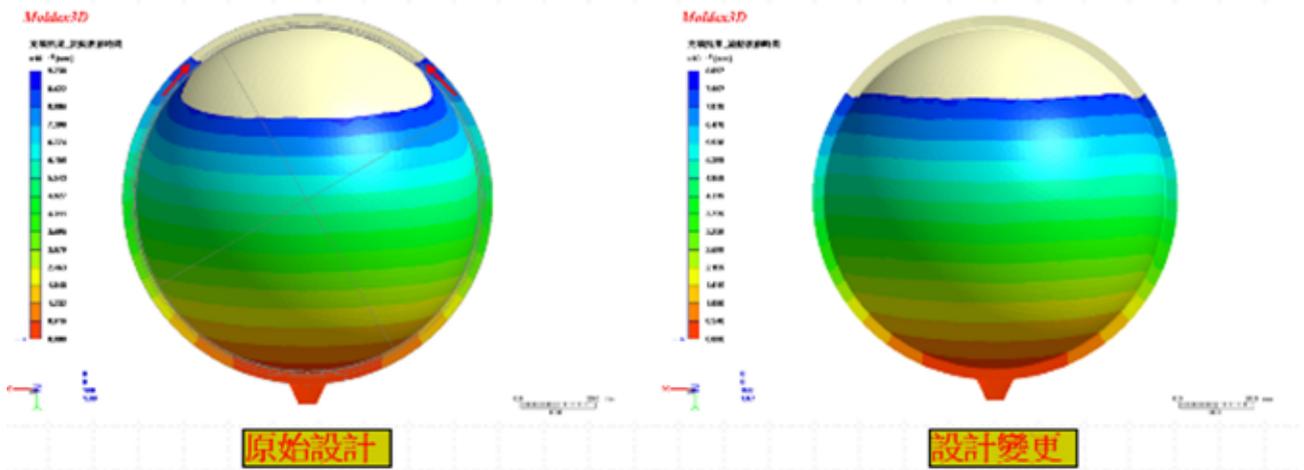


圖 9：設計變更前後流動 80% 對比

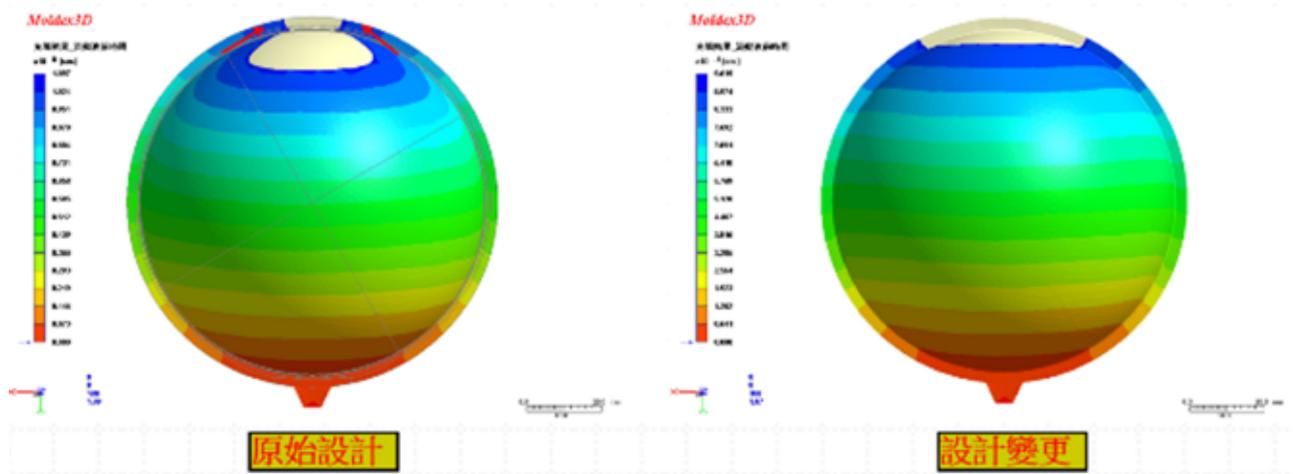


圖 10：設計變更前後流動 95% 對比

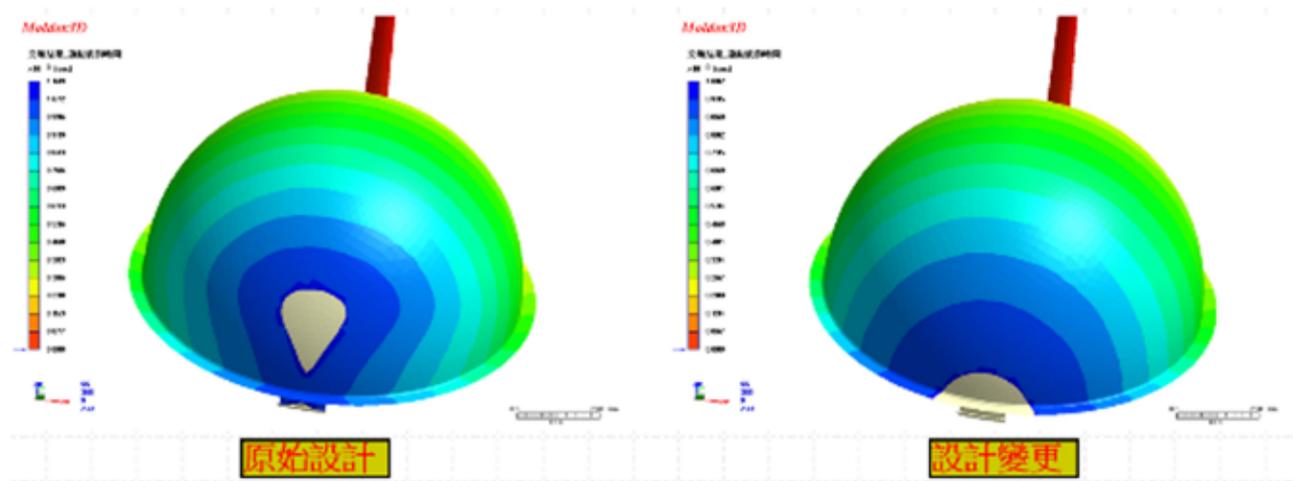


圖 11：設計變更前後包封位置

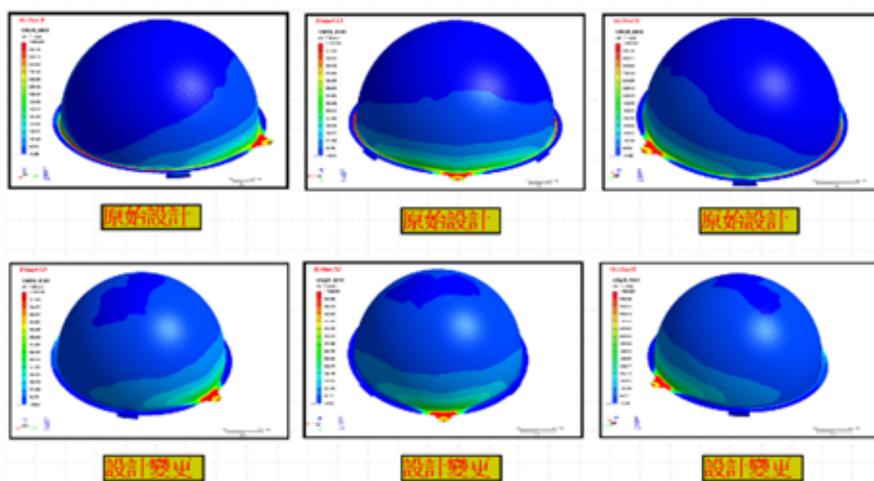
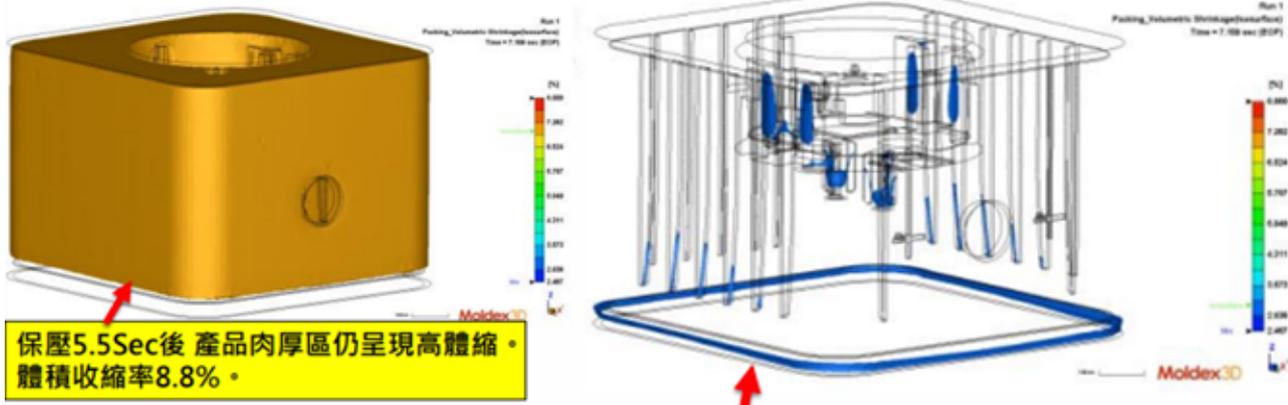


圖 12：改善前後剪切率結果對比



智慧插頭肉厚設計應力問題改善

■ Moldex3D 全球模流達人賽 · 作者：陳韋安 主任工程師

摘要

智慧插頭產品由於產能增加，因此評估加開模具，並導入異形水路降低 Cycle Time。由於產品肉厚存在差異，成型窗口較窄，容易出現應力痕。因此需要在加開模具中進行改善，降低產生應力痕的風險。

案例簡介

- **產品說明：**智慧插頭尺寸 (mm) 為長 82 x 寬 85 x 高 70、平均厚度 2.5，成品重量 55.1g，穴數為 1 出 2，外觀做咬花處理，產品及流道、水路如圖 1 所示。
- **問題焦點：**圖 2 為產品產生應力痕的位置。
- **使用材料：**PC，縮水率為 4/1000。

模流分析：原始設計

通過充填保壓分析，判斷原始模具設計產生應力痕的原因，通過冷卻分析評估當前週期時間及溫度分布。

充填分析

圖 3 為充填分析，兩穴產品流動平衡，無明顯滯滯現象。流動末端經過圓孔設計，可能會產生縫合線，但後期做咬花處理可避免該外觀問題。

保壓分析

如圖 4，由體積收縮率結果可看出，保壓結束後主體肉厚區域處於高收縮狀態，收縮率為 8.8%，而美工縫肉薄區域處於低收縮狀態，收縮率為 2%。圖 5 為剪切應力結果，可觀察到產品厚薄差異區域，由於溫度及體縮率差異大，產生剪切應力，外觀容易產生應力痕。

冷卻分析

圖 6 所示，冷卻時間 60sec 結束後，公模的溫度約為 160°C，存在積熱問題。可判斷公模的冷卻設計較為薄弱。

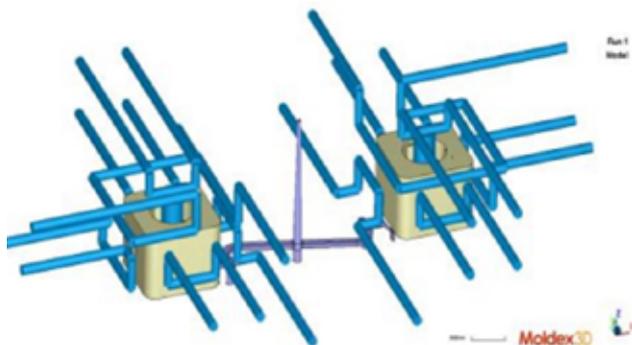


圖 1：塑料射出成型部件

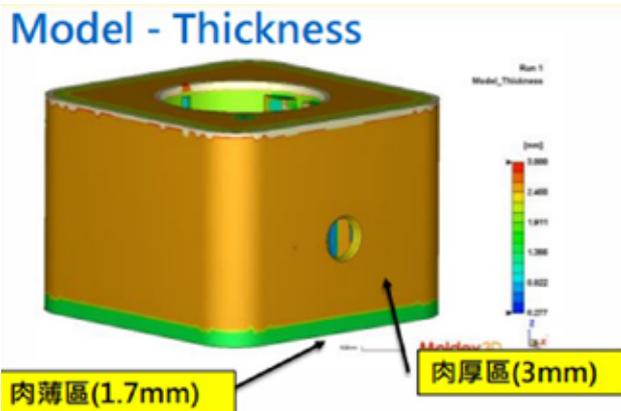


圖 2：產品肉厚差異區域產生應力痕

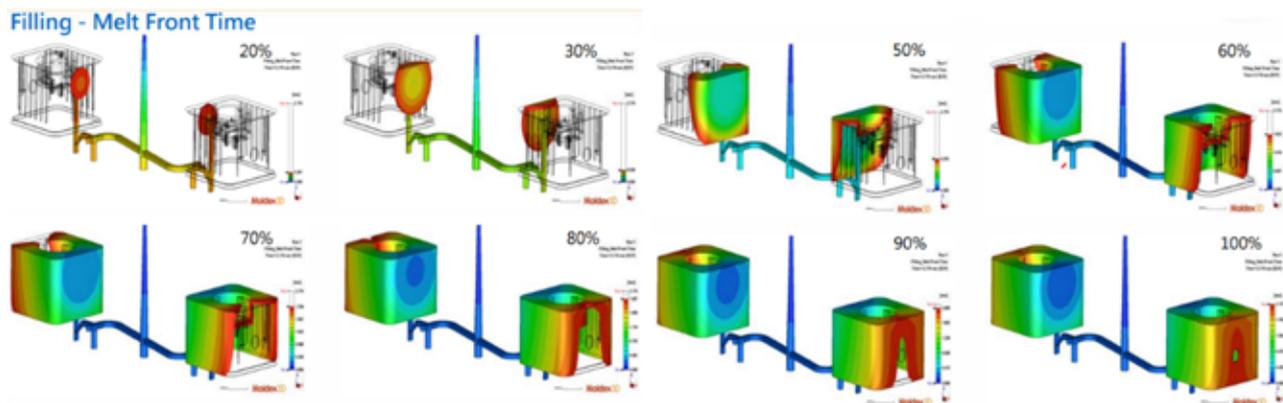


圖 3：流動波前 20%~100%

以上結果可判斷，產品美工縫處因為肉厚差異過大，造成體積收縮差異及剪切應力過大，產生外觀應力痕問題。另外公模水路不足，易產生積熱，增加週期時間。因此改善對策可對公模仁進行異形水路設計，並降低美工縫處的厚度差異，改善應力痕問題。

模流分析:改善設計

要改善此部件的週期問題及外觀問題，需要對模具水路設計進行優化，如圖 7 為針對公模進行的異型水路設計。圖 8 為針對美工縫做加膠 0.4mm 的設計變更。

保壓結果對比

圖 9 為加膠前後剪切應力結果對比。加膠後，側壁

剪切應力降低到 0.8MPa。圖 10 為冷卻水路改善前後對比，異形水路設計的最高公模模溫由 160°C 降到 112°C。週期時間由 60sec 降到 22sec，如圖 11。模具剖視圖可看到積熱區域溫度降低 60°C，如圖 12。

翹曲結果觀察

更改肉厚及冷卻設計後，產品各方向收縮值也有所改善。圖 13、圖 14、圖 15 分別為 X、Y、Z 方向的收縮對比。

結論

最終透過異形水路設計可有效降低冷卻時間，改善 Cycle Time 由 67sec 降至 30sec，如圖 16。以一模兩

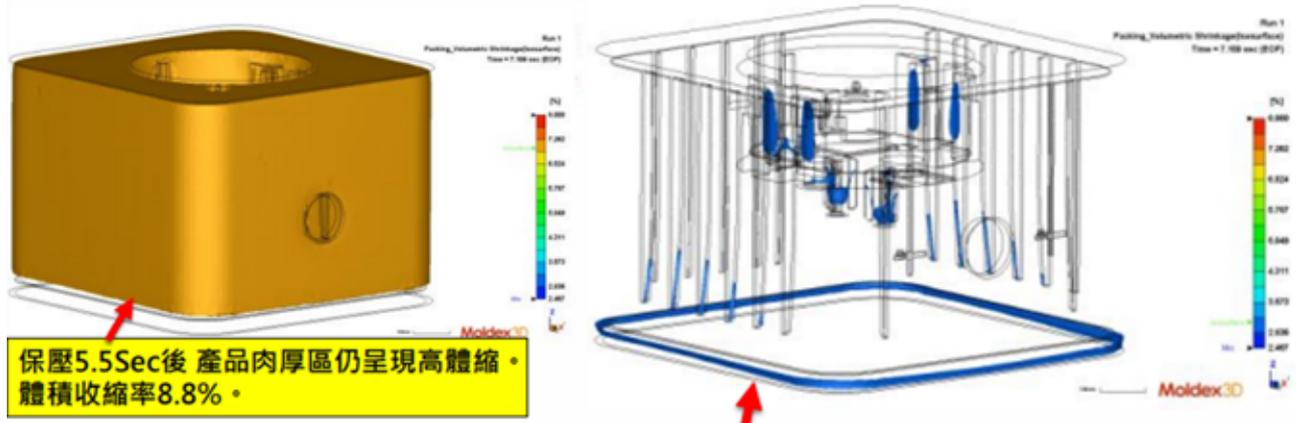


圖 4：厚薄區域的體積收縮率結果

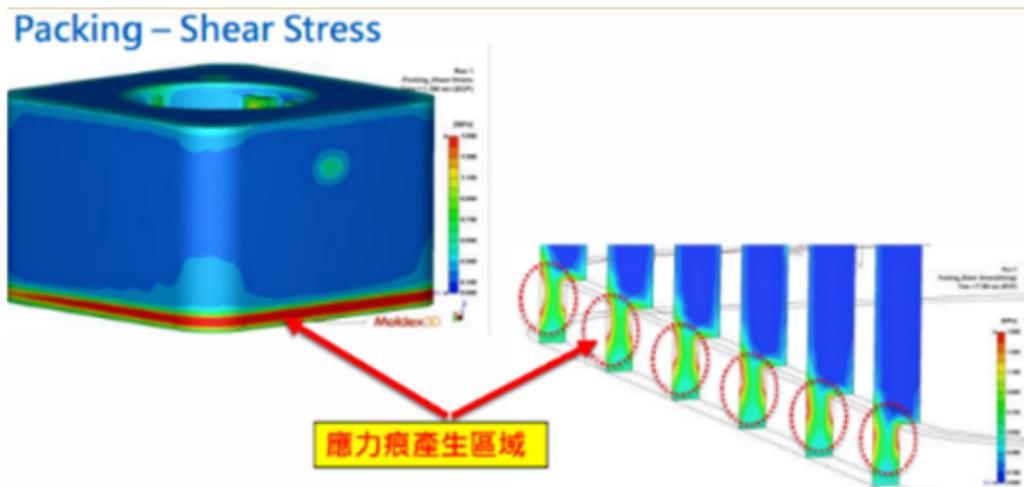


圖 5：剪切應力結果

穴每月 400K 產能需求，模具套數可由 14 套降至 6 套，如圖 17。產品底部組裝接觸面，因肉厚差過大產生應力痕，在進行加膠處理後，也得以改善。■

參考文獻

- [1].陳韋安，模流分析運用於 3C 產品外觀及成型製程改善解析
2019/9

本篇文章經科盛科技授權後轉載

Cooling – Temperature

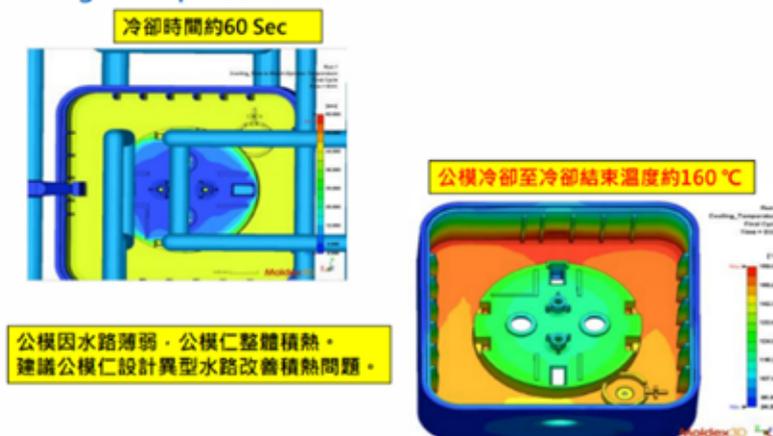


圖 6：公模冷卻時間及溫度結果

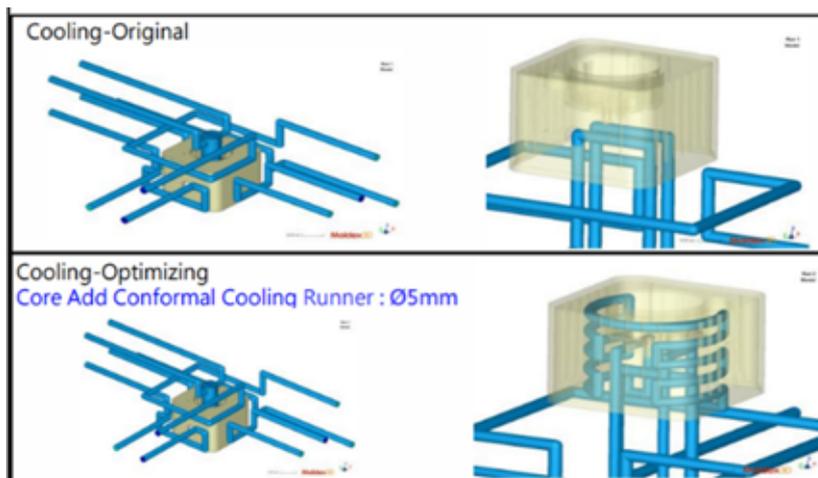


圖 7：異形水路設計方案

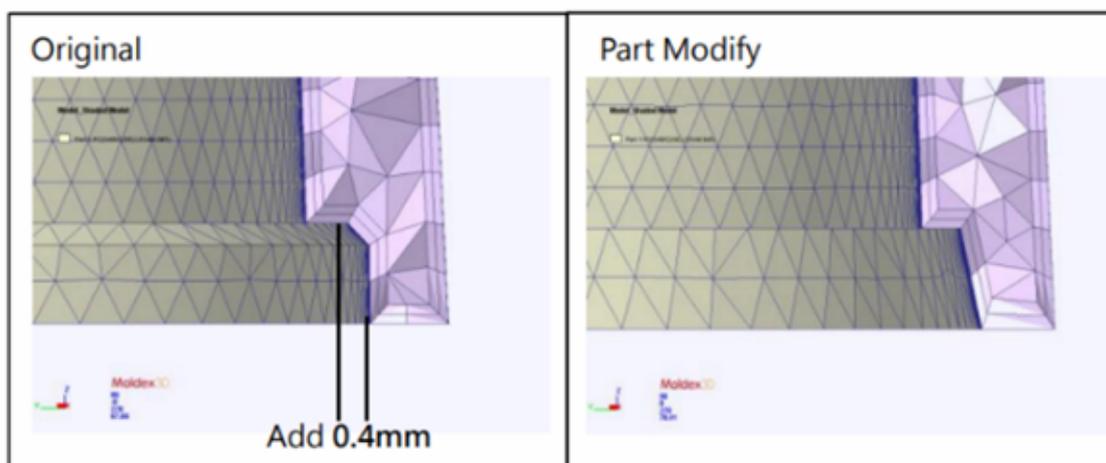


圖 8：美工縫加膠設計

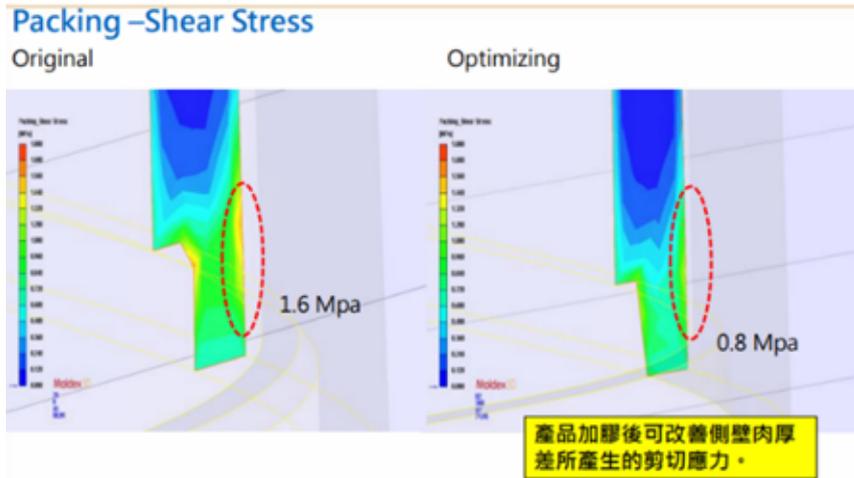


圖 9：加膠前後剪切應力結果對比

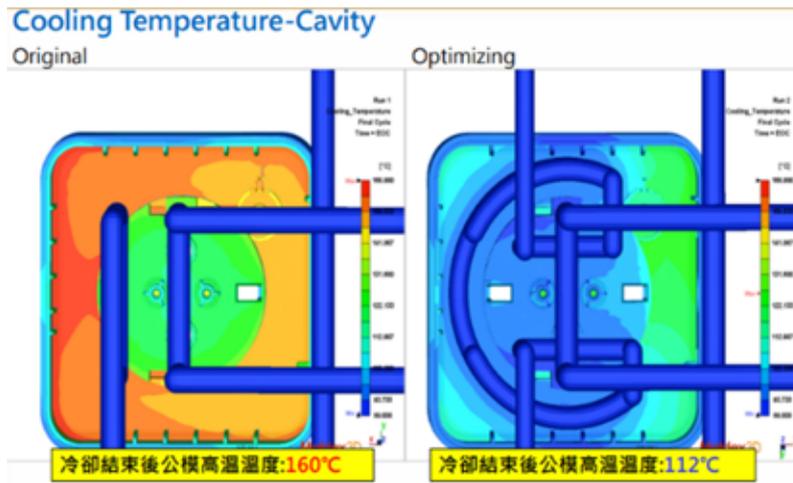


圖 10：改善前後公模高溫溫度對比

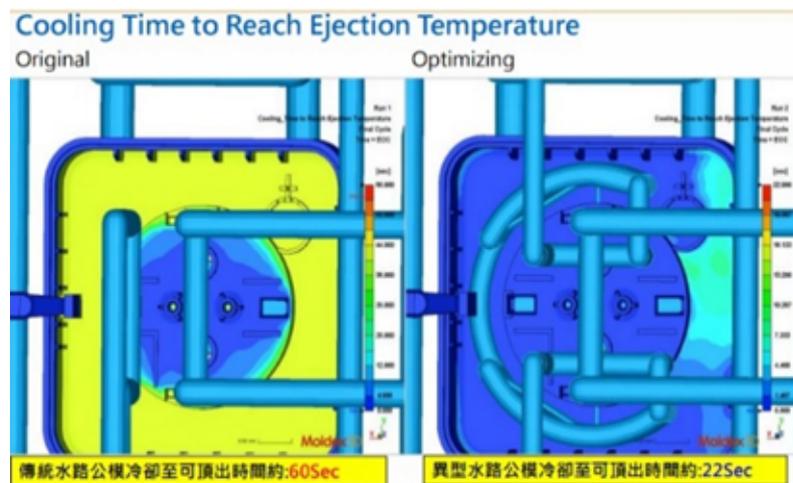


圖 11：改善前後公模冷卻至頂出時間對比

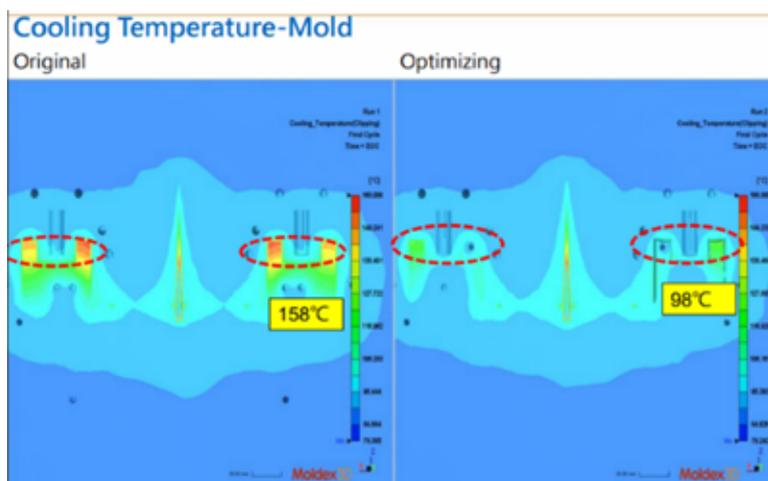


圖 12：改善前後模具溫度結果對比

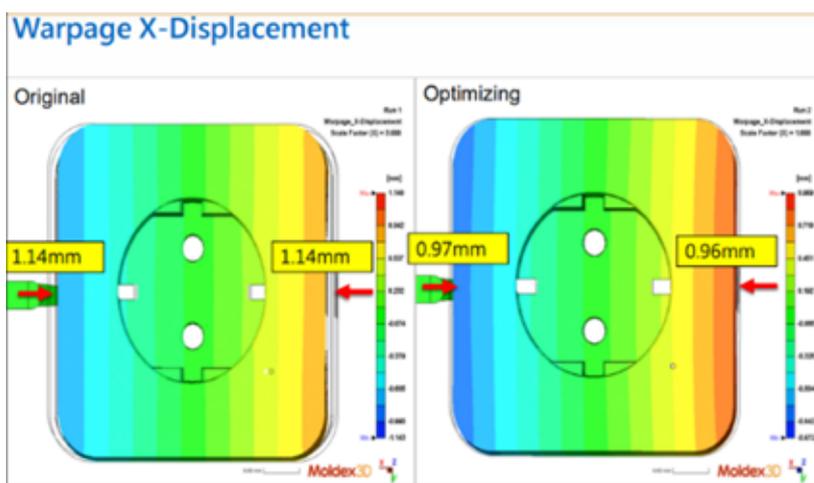


圖 13：X 方向翹曲結果線性收縮率對比

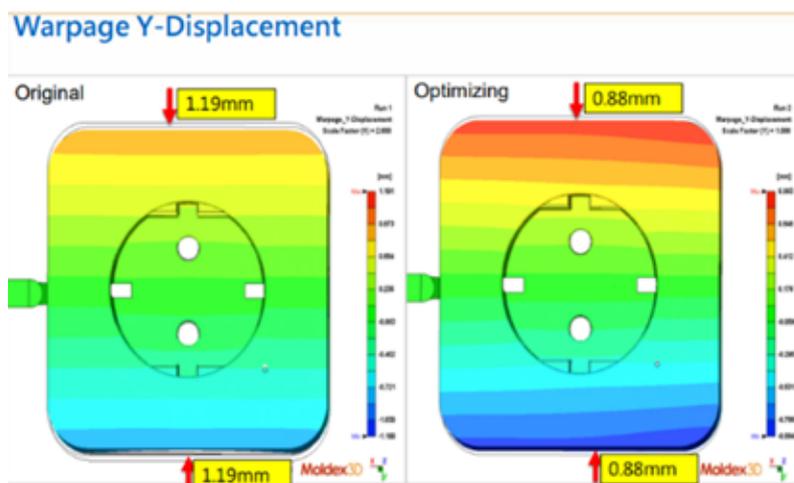


圖 14：Y 方向翹曲結果線性收縮率對比

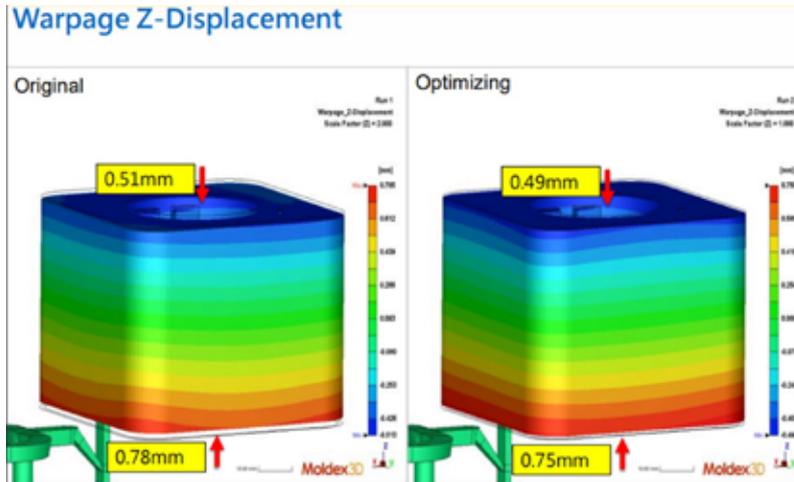


圖 15：Z 方向翹曲結果線性收縮率對比

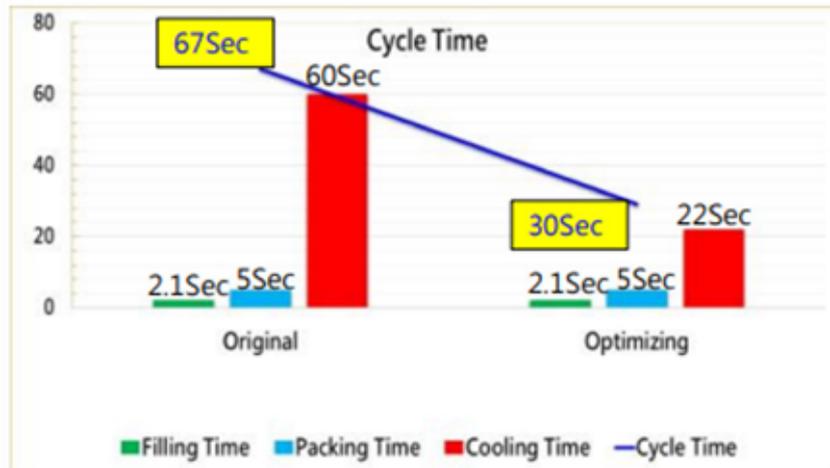


圖 16：改善前後 Cycle Time 對比

Sloop V2 EU Top Cover	Cavity No	Cycle Time	Daily Output	Monthly Output	Forecast per 400K/Monthly	Total Tooling Sets by 400K/Monthly
Original Cooling	2	67	2364	61,469	400,000	14
Optimizing Cooling	2	30	5280	137,280	400,000	6

圖 17：改善前後效益對比



優份科技

給你最優的品質與服務

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

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



產品銷售



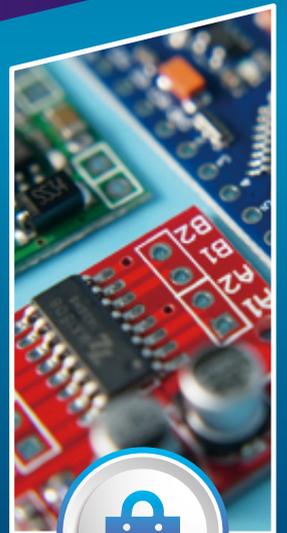
設備維修



設計



顧問諮詢



零物件銷售

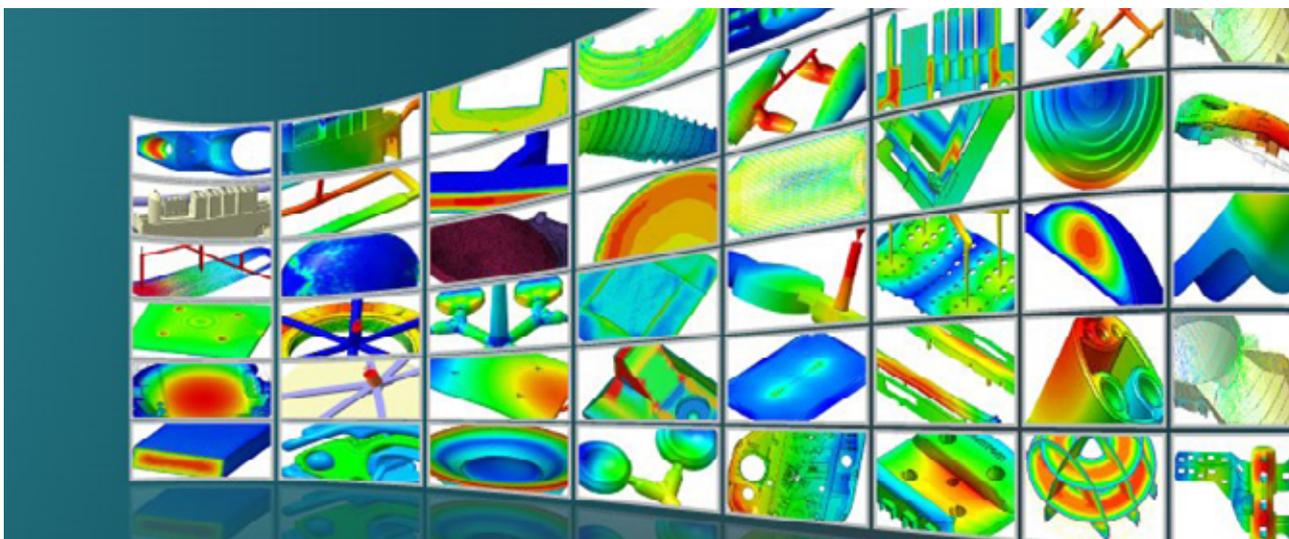
廣告編號 2024-01-A06

優份科技有限公司

電話:03-5500557

E-mail:yoe@yoetech.com.tw

地址:新竹縣竹北市中和街219號



模流分析成功案例分享之 Moldex3D 讓 ACER 製造出美觀及高質量的平板電腦

■科盛科技

大綱

輕薄的平板電腦產品是當前趨勢，而添加玻璃纖維的塑料 (PC+GF) 及適當的產品設計，能夠使產品保有所需的剛性。大多數的平板電腦產品是以模內轉印 (In-mold Roller, IMR) 製程進行外觀裝飾。但 IMR 製程容易產生沖墨和應力痕等產品瑕疵，因此 Acer 以利用 Moldex3D 專家分析模塊的實驗設計法 (DOE) 檢驗 IMR 製程的問題，並藉此優化製程條件和設計。

面臨的挑戰與解決方案

本次案例面臨的主要挑戰分別為「薄件平板電腦產品後蓋有沖墨現象 (圖 1)」、「澆口附近有明顯的應力痕」及「產品厚度不能超過 0.8mm」。

對於上述提到的挑戰，Acer 決定以 Moldex3D 實驗設計法找出優質澆口設計和製程。帶來的效益如下：

- 成功優化澆口設計，降低剪切應力，解決沖墨問題；
- 產品肉厚減少 48%；

- 產品重量減輕 40%。

案例研究

本案例的超薄平板電腦原始產品，在澆口位置 (圖 2) 有局部沖墨現象，本案例目的即解決此問題。Acer 並透過 Moldex3D 發現產品有高剪切應力 (圖 3)。

Acer 在產品澆口位置設置 11 個感應節點 (圖 3)，接著以 Moldex3D 流動分析功能，檢測每個節點上的剪切速率，並將分析結果與實驗結果相比較，發現產品瑕疵位置的剪切速率較高。因此後續可根據剪切速率分析結果來修正沖墨問題。

為了降低澆口到模穴的剪切應力，Acer 首先設計了 7 個不同位置和尺寸的澆口，並進行 Moldex3D 流動分析。在比較剪切速率結果之後，從中選出 4 個較優化的設計。

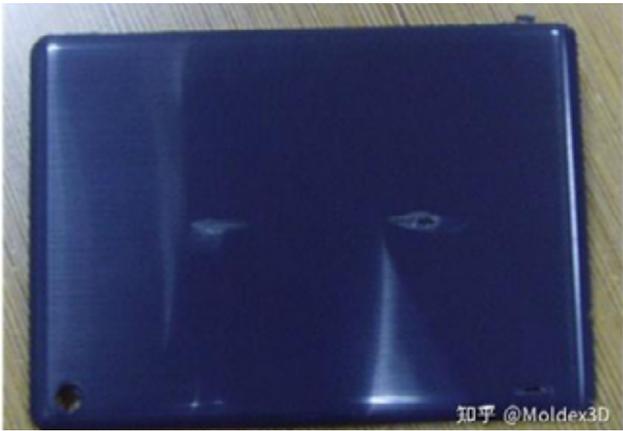


圖 1：平板電腦產品後蓋有冲墨現象

接著以 Moldex3D DOE 分析 4 個優化設計的網格和澆口型態，將「剪切應力分布」及「進澆口射出壓力值」兩項質量因子設定為望小特性。根據田口方法找出四項控制因子和四項水平，分析信號噪聲比 (S/N Ratio) (表 1)。

根據圖 4 和圖 5 的分析結果，信號噪聲比顯示了料溫和流率是影響冲墨現象的主要控制因子。

Moldex3D 專家分析模塊也提供了優質化的製程條件 (圖 6)。比較最差和最佳組別後，Acer 發現最差組別在澆口邊緣的剪切速率曲線明顯較陡，最佳組別的曲線則相當平緩 (圖 7)。Acer 再根據此分析結果變更澆口設計、重新製造產品，成功解決了冲墨問題 (圖 8)。

結果

Moldex3D 所提供的虛擬試模功能，可幫助 Acer 在短時間內迅速找出優質模具設計，並使以往認定會產出失敗產品的製程，也能製造出合格的產品。原始的平板電腦下蓋肉厚 1.3~1.55mm，優化至 0.8~0.95mm 後，產品重量可減輕 24%~40%；產品厚度則減薄了 26.9%~48.4%。此成果為 Acer 帶來了直觀的經濟效

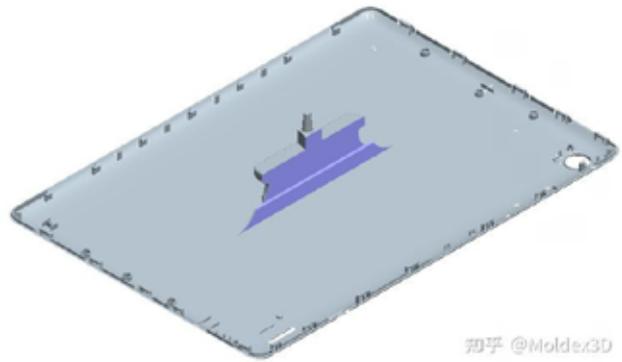


圖 2：原始澆口設計

益，也提升了產業競爭力。■

資料來源

[1]. 本文經科盛科技授權後刊登，引自 <https://zhuanlan.zhihu.com/p/582201115>

本篇文章經科盛科技授權後轉載。

Moldex3D
MOLDING INNOVATION



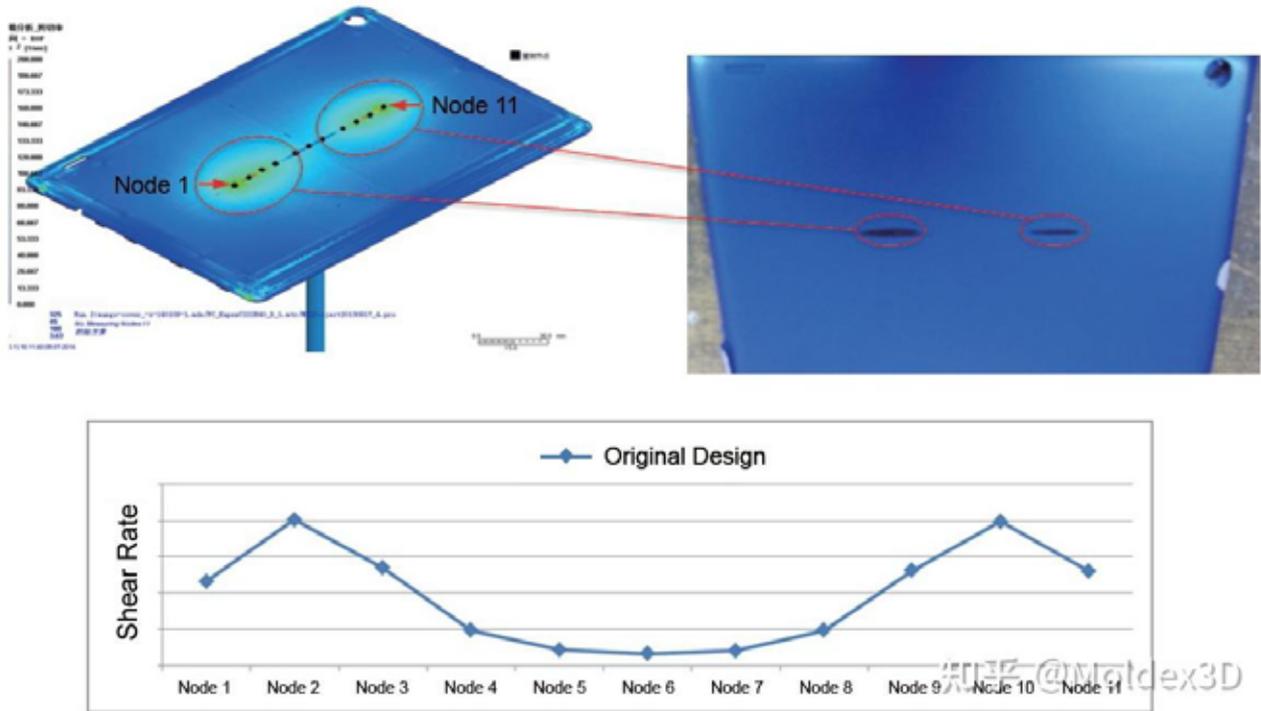


圖 3：原始設計在充填階段的剪切速率分析結果

Quality Factor	Characteristic	Weighting(%)
Filling-Shear rate distribution [1/sec]	The Smaller the Better	50%
Sprue injection pressure value [Mpa]	The Smaller the Better	50%

Control Factor	Order	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4
	Mesh		a-1	d-3	e-2
Melt Temp.(°C)		290	300	310	320
Mold Temp.(°C)		45	50	55	60
Max. Flow rateprofile value (%)		20	25	30	35

表 1：質量因子和控制因子的 DOE 分析結果

Filling - Shear rate distribution (Mpa)

Control Factor	A. Mesh	B. Melt Temp.	C. Mold Temp.	D. Max Flow rate
1	2.23945	-0.3266	-1.223	-4.0065
2	5.45684	2.29562	2.13897	2.98867
3	-1.5981	2.73937	3.00874	5.51633
4	2.72897	4.11881	4.90261	4.32866
S/N Ratio	7.05494	4.44546	6.12558	9.52283

Factor Response Plot

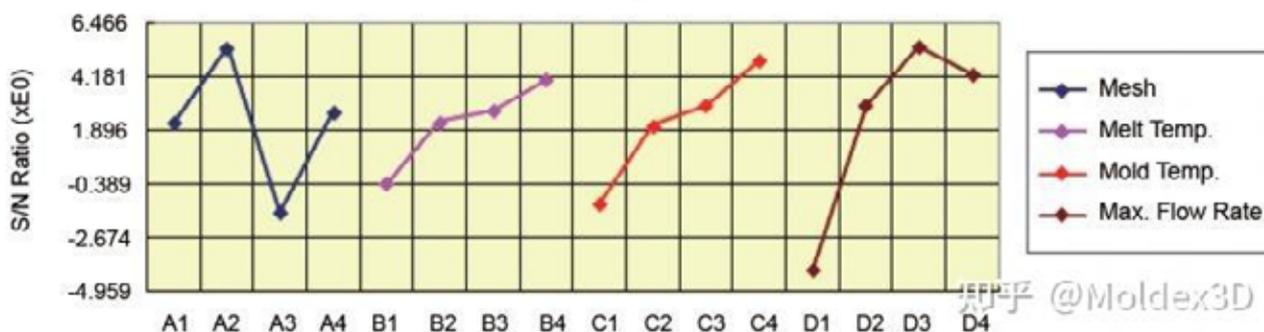


圖 4：充填階段的剪切應力分布之信號 zz 噪聲比

Spure injection pressure value (Mpa)

Control Factor	A. Mesh	B. Melt Temp.	C. Mold Temp.	D. Max Flow rate
1	-38.199	-40.437	-38.521	-38.121
2	-38.648	-38.998	-38.401	-38.073
3	-38.073	-37.516	-38.177	-38.345
4	-38.216	-36.185	-38.038	-38.598
S/N Ratio	0.57522	4.25226	0.48371	0.52553

Factor Response Plot

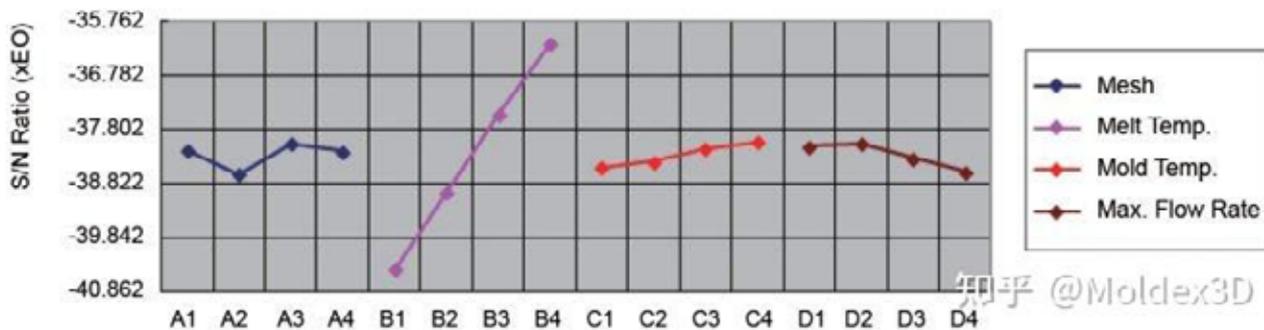


圖 5：充填階段的進澆口射出壓力值之信號噪聲比

	A. Mesh	B. Melt Temp.	C. Mold Temp.	D. Max. Flow rate	Shear Stress (Mpa)	Sprue injection pressure value (Mpa)
Worst Run	f-1	300	50	25	2.40365	87.3878
Best Fun	d-3	320	60	30	0.432175	65.6163

圖 6：最佳和最差組別比較

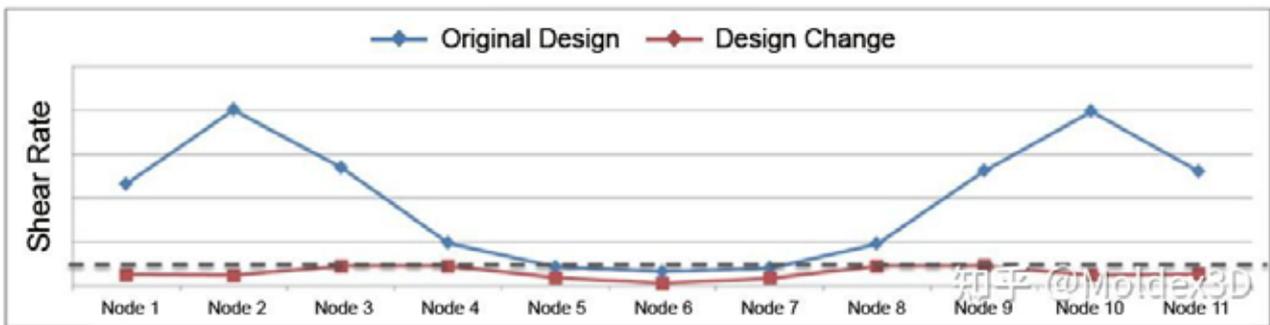


圖 7：最佳及最差組別的剪切速率曲線



圖 8：優化後的產品，沖墨問題大幅改善

ERP System 雲端 ERP 擴充企業版圖



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



MES製造執行系統

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



ERP 企業資源規劃

跨國雲端ERP，前中後台營運數位化，創造全新的價值，增加市場的競爭力。



工業網際網路系統

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



BI 商業智慧

企業數據整合，準確快速的提供資訊與決策依據，有效協助企業業務經營決策。



AI人工智慧

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



ESG節能減碳

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

廣告編號 2024-01-A07





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。



應用模流分析改善單穴閥式熱澆道之流動不平衡及型芯偏移現象

■科盛科技 技術支援部 / 陳詩婕 工程師

客戶簡介

- 客戶：飛綠股份有限公司
- 地區：台灣
- 產業：橡膠製品製造業
- 解決方案：Moldex3D Advanced、Flow、Pack、Cool、BLM

飛綠股份有限公司創立於 1985 年，早期經營家用品系列產品，以貿易外銷為主；現轉型為自行設廠製造、銷售，進而研發出單一產品 23 款 56 種尺寸的壓克力密封罐並積極經營多元化產品。以「高、中、低」商品定位，並運用「促銷商品」、「發明專利商品」，來掌握其行銷優勢；再加上品質優良的製造技術，合成三者「設計 / 行銷 / 製造」的競爭優勢，以智能製造為前瞻，逐步落實「穩定設備、標準工藝、精益生產、智能製造」的發展路線。

大綱

本案例為生產消費性家庭用之易撥罐，如圖 1 所示，主要功能為盛裝食物或原料的食品儲存用容器，由於產品為狹長型罐身，決定了公模仁的結構與剛性，在射出過程中模壁易形成模內壓，以及因流動不平衡導致公模仁翹曲，進而產生產品肉厚偏移及嚴重的包封和結合線問題。在本研究中，飛綠股份有限公司使用

Moldex3D，優化模具設計與射出成型製程，改善狹長形罐身問題所造成的成型缺陷，提升產能與品質的穩定度。

面臨的挑戰與應對

本次案例面臨的主要挑戰分別為「改善縫合線、包封……等外觀缺陷」及「降低產品肉厚偏移的問題」。

對於上述提到的挑戰，飛綠股份有限公司使用 Moldex3D Advanced 和型芯偏移模組進行流固耦合分析來診斷公模仁位移的問題，使用雙流閥針式熱流道改善流動平衡，另外也透過變更產品肉厚、公母模溫等設計，來改善產品結合線與優化流動平衡問題。帶來的效益如下：

- 有效優化流動平衡，控制公模仁型芯偏移問題；
- 消除結合線，預防產品破裂；
- 符合產品外觀品質要求；
- 生產良率由 0% 提昇至 99.7%。

案例研究

本案例藉由模流分析結果解析熱流道形式對流動平衡與模具鋼材、公模仁平移量，及利用正反操作側模具溫差觀察公模仁翹曲效應，進而評估各項差異並找出最佳組合參數，克服狹長幾何之公模仁所造成的潛在

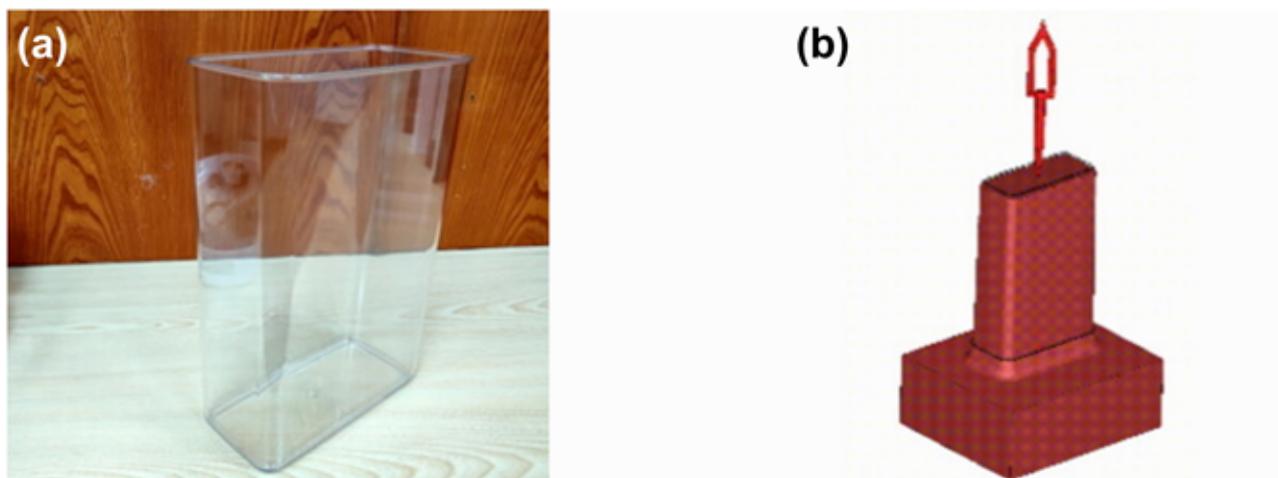


圖 1：易撥罐之罐身產品。(a) 罐身；(b) 公模仁幾何

缺陷。第一部分，如圖 2 所示，分別以兩種熱流道形式觀察轉角溫度效應造成的流動不平衡，結果發現使用 TypeA 單流閥針，會導致內外兩側溫度分布差異，使熔膠在流道內發生轉角效應，導致流動並非完全平衡。而使用 Type B 雙流閥針式平衡度即獲得改善，成功改善流動不平衡缺陷。

在第二部分，為了解決公模仁翹曲現象，團隊分別觀察模具鋼材、公模仁平移與正反操作側模溫對型芯偏移之影響。如表 1 所示，以 2234 模具鋼材對型芯偏移之翹曲量最小，且透過公模仁材質與流動平衡分析，以 2234 流動平衡之結果最好，流動差異在 80% 以後趨於明顯，而內外兩側模腔內壓差異亦在此階段發生，如圖 3 所示。

其次，透過公模仁平移，母模固定不動，如圖 4 所示，利用墊片將公模仁沿 Y 方向調整，使原本平均肉厚的模型空間產生肉厚差異變化，並透過公模仁位移觀察流動結果。結果如圖 5 所示，在原始狀態未進行偏移時，包封位於 +Y 方向中間位置，公模仁位移 -0.08mm 後，包封位移到 -Y 方向且縫合線會合角度明顯變大，減少包封情形進而控制公模仁翹曲的情形。

透過調整正反操作側模溫差異產生對型芯偏移的影響，模具設計階段將正反操作側水路設定為獨立循環（如圖 6 所示），以利兩側模溫獨立控制。原始兩側模溫設定為 50°C，透過調整正反操作側溫度觀察，當操作側溫度為 40°C 反操作側溫度為 49.9°C 時，流動波前落差明顯改善，解決包封問題（如圖 7 所示）。

最終，根據以上不同設計變更，如熱流道形式、模具鋼材、公模仁平移量以及正反操作側的模具溫度設定等，可以觀察到這些因素對產品的流動行為、包封位置、縫合線位置以及公模仁的翹曲造成不同程度影響。如圖 8(a) 顯示，在進行 Moldex3D 科學試模之前，試模產品因為公模仁翹曲而造成嚴重的脫模痕、縫合線和包封問題。然而，透過 Moldex3D 的分析，判斷形成缺陷的原因並且優化操作條件，最終成功達到品質標準。如圖 8(b) 顯示，最佳的操作條件是使用雙向熱流道系統、公模仁平移 0.06 毫米、正操作側的模具溫度設定為 35°C 以及反操作側的模具溫度設定為 70°C，作為最終的操作條件。

結果

飛綠股份有限公司藉由 Moldex3D 的模流分析掌握影

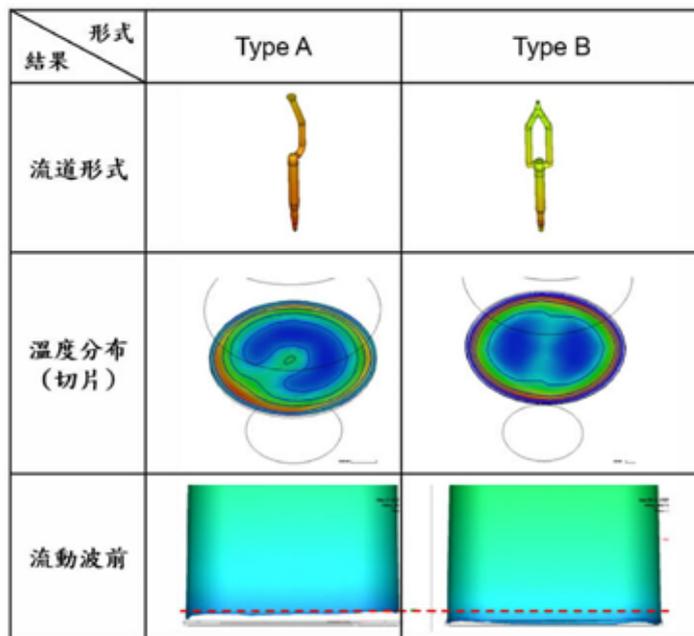


圖 2：不同流道形式之溫度與流動波前比較

	Y-Core Shift Displacement
P6 (P5替代材質)	-0.01~1.90 mm
P20	-0.01~1.94 mm
2311	-0.01~1.85 mm
2344	-0.01~1.83 mm
SKD-61	-0.01~1.90 mm
SUS420	-0.01~1.89 mm
M390	-0.01~1.88 mm
Aluminum (驗證軟性鋼材對偏移量影響性)	-0.01~2.01 mm

圖 3：公模仁材質與流動平衡分析

響成型的有效因子，分別為模具鋼材、公模仁位移及正反操作側模溫差控制……等，掌握塑料流動狀況，判斷最佳流道形式，並以最適當且具有效率的方式調整製程參數，最終達到消除包封、結合線，符合產品外觀品質……等要求，並達到成型生產良率由 0% 至 99.7% 良率的提昇（0.3% 不良為其他因素），且穩定連續 24 小時生產的目標。因此，透過 Moldex3D 強而有力的分析模組，整合材料、模具設計、成型參數，可有效預測缺陷並制定調整對策，縮短開發時間

與減少模修次數，大幅降低開發成本。■

資料來源

[1]. 本文經科盛科技授權後刊登，引自 https://ch.moldex3d.com/blog/customer_success/application-of-mold-filling-analysis-to-improve-flow-imbalance-and-core-shift-in-single-cavity-hot-runner/

本篇文章經科盛科技授權後轉載

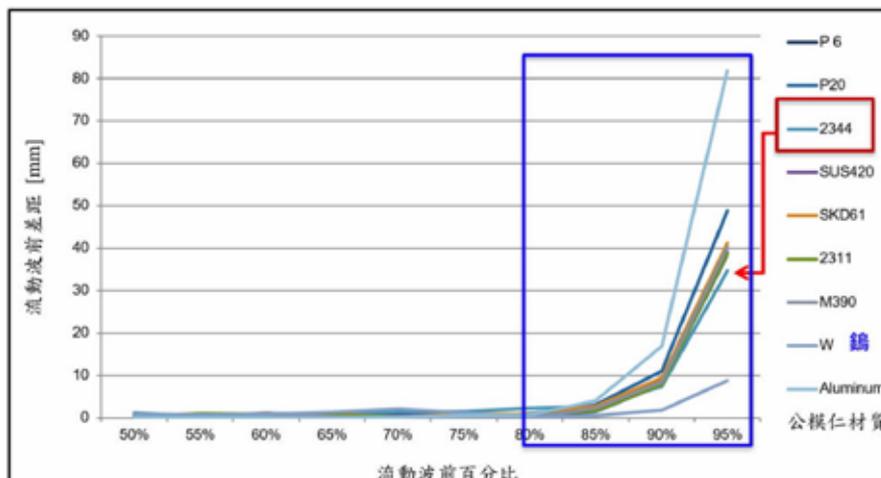


表 1：不同模具鋼材與型芯偏移之翹曲量

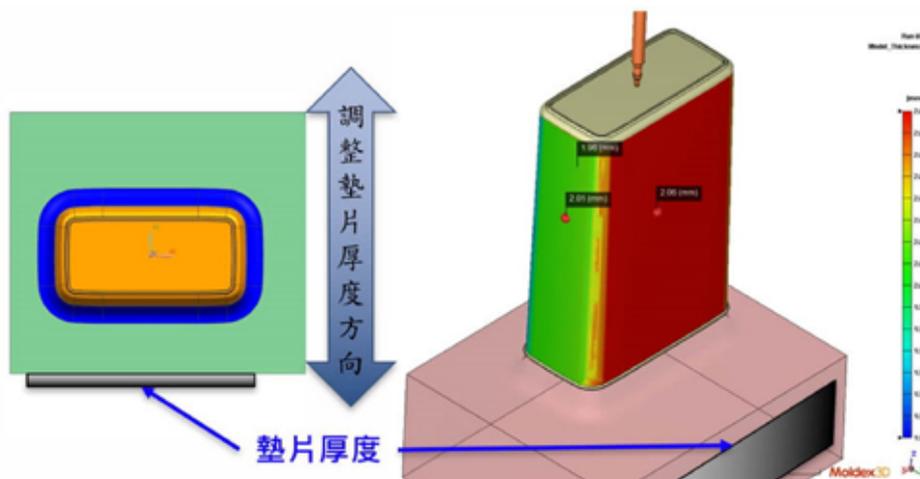


圖 4：公模仁往 -Y 方向平移

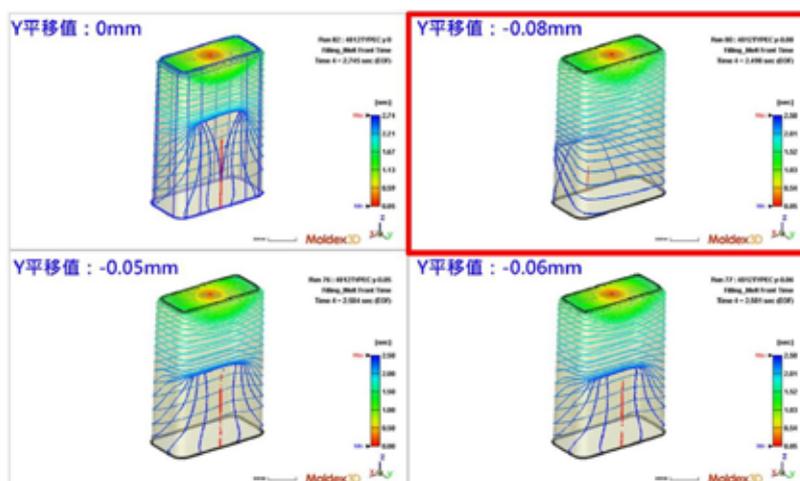


圖 5：公模仁位移對流動結果影響

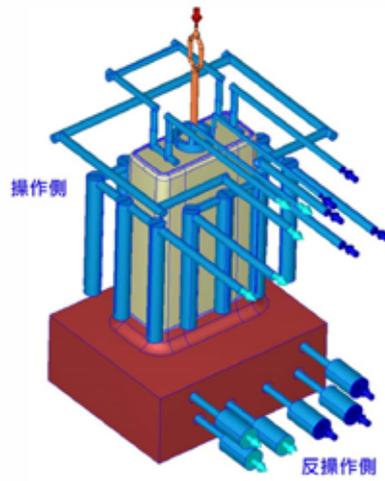


圖 6：冷卻水路設計

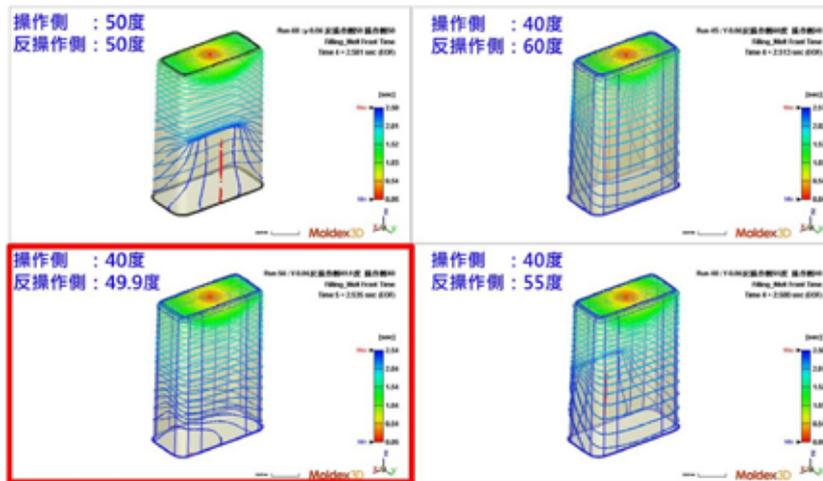


圖 7：公模仁位移 0.06mm 搭配模溫控制對流動結果影響

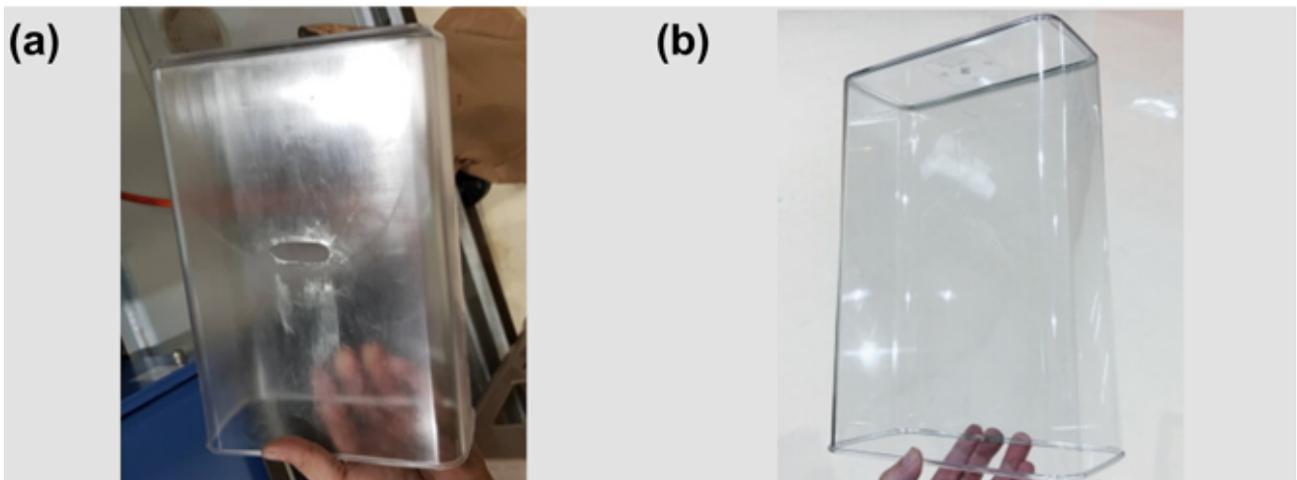


圖 8：產品改善後品質大幅提升。(a) 改善前；(b) 改善後

泰國電子智慧製造系列展

2024/2/29 ▶ 3/2 泰國曼谷國際貿易展覽中心

進軍巨象泰國新接點 Intelligent Asia首度移師海外

全球貿易疲軟與中國大陸景氣顛簸復甦，台灣與南韓也仍陷萎縮，但東南亞的泰國和印尼景氣則加速擴張。泰國投資環境雖因新冠肺炎疫情與全世界一樣遭受衝擊，但PMI指數在2023年4月提升至60.4(前期53.1)創下歷史新高，顯示泰國景氣正處於擴張期。

身為東協的第二大經濟體，泰國 GDP 規模僅次於印尼，在 2021 年達到 5000 億美元水平。同時，在美中衝突持續下，各國製造業者開始擬定「中國+1」的生產策略，開始在東南亞、印度、中南美等地方尋找替代生產基地，單是 2021 年，國外與當地企業的投資額達 194 億美元，較2020年增加 59%；其中，以電子製造、醫療、石化、農業，與汽車零組件產業最受青睞。當東協其他地區還在處於勞力成本導向時，泰國已經逐漸轉型為高科技製造中心。

- ◆ GDP：2022年泰國的國內GDP約為5,850億美元，為東南亞第二大經濟體。
- ◆ 工業：工業在泰國GDP佔有最大的貢獻，其中電子、汽車和紡織品是主要行業。
- ◆ 國際貿易：出口約占泰國GDP的60%，主要出口產品包括電子產品、汽車和農產品。
- ◆ 外國投資：泰國吸引了來自日本、美國、中國和新加坡等國的海外投資。
- ◆ 基礎設施：泰國在基礎設施方面進行了大量投資，尤其是在交通運輸、電信和能源網路方面。

主辦單位

Yorkers Trade & Marketing Service Co., Ltd.
Worldex G.E.C. Co., Ltd.

策略夥伴

台灣區電機電子工業同業公會 (TEEMA)
展昭國際企業股份有限公司

支持單位

台灣電路板協會 (TPCA)

執行單位

展昭國際企業股份有限公司
Greenworld Media



官方網站

廣告編號 2024-01-A08



威猛集團

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

作為先進的射出機製造商和工藝技術專家，威猛集團一直致力於市場地位的進一步擴展。作為模塊化設計的綜合的、現代化的射出技術提供商，威猛公司可滿足現在和將來的射出行業市場需求。

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

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

威猛射出機為 MESTO 公司節省空間與能耗

■威猛集團

德國噴霧裝置製造商 MESTO 公司

位於內卡河畔弗賴貝格的噴霧裝置製造商 MESTO 公司依靠威猛的射出機來實現設備的現代化。除了可靠性和服務質量之外，威猛巴頓菲爾射出機最吸引人的特點是其低能耗和緊湊性設計。

MESTO 公司是一家家族企業，已經發展到第三代。由卡爾和恩斯特 斯托克伯格於 1919 年創立，最初是一家金屬加工車間，業務包括維修和鐵匠工作。1925 年，公司開始生產噴霧裝置。如今，該公司擁有 120 名員工，全球噴霧裝置領域的領先製造商之一，在 9000 平方米的生產車間每年生產一百萬台噴霧裝置。

在上世紀 70 年代，MESTO 公司開始為其噴霧裝置生產塑料部件，並於 2012 年建造了一個新生產車間，進一步擴展了生產範圍。縱深的自主生產能力是公司成功的重要因素之一。塑料射出成型、金屬加工和裝配均在公司內進行，以便能夠生產鋼和不鏽鋼容器以及所有必要的單個塑料部件到完全由塑料製成的裝置。

MESTO 設備特別突出的特點是為客戶提供了額外價值。例如，噴霧裝置的人體工程學設計使工作無疲勞感，由於設備的堅固性，使其使用壽命長，以及保

證 20 年的備件供應。這些產品部分作為目錄商品銷售，部分為 OEM 開發和製造。客戶群包括工業領域和貿易人員、家居和園藝、食品工業、水果種植和葡萄栽培、農業和林業、汽車行業和清潔服務等行業。MESTO 特別感興趣的產品系列是用於疾病控制的噴霧器，特別是用於防治瘧疾的噴霧器。MESTO 的產品系列包括一個由 WHO 認證的設備，該設備是專門為此目的開發的。憑藉這一設備，MESTO 是全球僅有的幾家為此部分市場服務的製造商之一。

優秀的能源效率與緊湊性設計

MESTO 公司對可持續性高度重視。例如，生產常壓部件時使用了回收的材料。目前正在安裝一個光伏系統，並利用射出機餘熱進行加熱。MESTO 公司生產技術和工藝優化經理 Élise Sellmayr 指出，通過使用新射出機取代舊射出機實現了大量能源節約。Élise Sellmayr 解釋說：「做出更換首批舊機型的決定是為了提高質量標準和可靠性。在測得新設備的耗電量大幅減少後，這也成為更換更多舊機型的重要動力。因此，自 2017 年以來，通過將現有 16 台機器中的 8 台更換成威猛巴頓菲爾射出機，耗電量已經減少了 30%。」

目前，共有 15 台射出機在 MESTO 運行，鎖模力從



圖 1：MESTO 公司生產車間

250 kN 到 5000 kN 不等，其中 11 台來自威猛巴頓菲爾。自 2017 年以來交付的 SmartPower 系列伺服液壓射出機是鎖模力從 600 kN 到 3500 kN，以及一台鎖模力為 5000 kN 的 MacroPower 射出機。SmartPower 系列射出機以其高穩定性、能源效率和緊湊性脫穎而出。射出機都配備了威猛線性機械手。其中一台 SmartPower 350 射出機被設計為 Insider 內部集成生產單元，這意味著威猛 W831 機械手、輸送帶和防護罩都集成在生產單元內部。由於系統的緊湊性特點節省了大量空間，MESTO 公司極為讚賞這一解決方案，並且在未來購置生產單元時也將考慮這一方案。

今年交付的 SmartPower 350 射出機上配置了由位於紐倫堡的威猛巴頓菲爾（德國）公司設計的自動化系統，該系統包括用於插入部件的分揀與供件裝置以及一個堆垛單元。

此外，今年夏末交付了一台配備有機械手和自動化系

統的 SmartPower 180 射出機。這個項目的目的是將各種金屬嵌件送入射出機進行包覆成型。除了帶有自動化裝置的射出機，MESTO 公司還向威猛巴頓菲爾（德國）公司訂購了一個塑料件印刷站。

結語

除了高能效以外，威猛射出機的緊湊性和穩定性也受到 MESTO 公司讚賞。威猛作為一站式供應商提供射出機、自動化系統和輔助設備的可能性對 MESTO 越來越重要。MESTO 公司生產經理 Johannes Stuber 特別讚賞從概念規劃階段就開始的良好合作。Johannes Stuber 評論道：「威猛巴頓菲爾的競爭優勢首先體現在其突出的服務上。結合其節能緊湊的整體解決方案，這是我們共同實施任何項目的一個決定性因素。」■





圖 2：左圖為 3-bar 加壓式噴霧器底部配件；右圖為 3-bar 加壓式噴霧器成品（圖片來自 MESTO 公司）



圖 3：6-bar 高壓噴霧器（圖片來自 MESTO 公司）



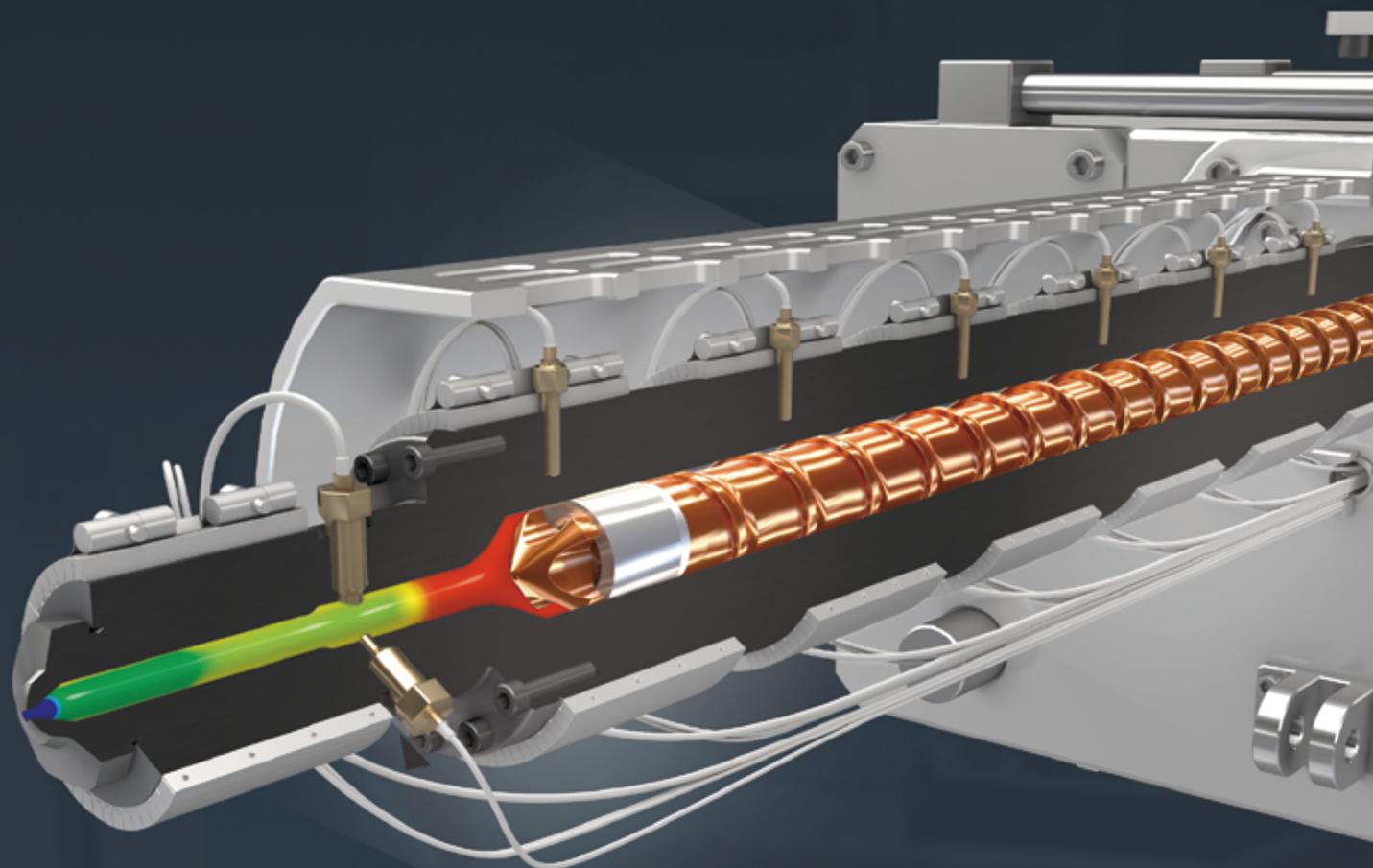
圖 4：左起為威猛巴頓菲爾銷售部 Michael Wittmann、MESTO 生產經理 Johannes Stuber、MESTO 生產技術與工藝優化經理 Élise Sellmayr、MESTO 塑料與橡膠技術工藝工程師 Simon Heber、威猛巴頓菲爾銷售部 Domenico Scavellon，在 SmartPower 350/2250 射出機前合影

Moldex3D

虛實整合 數位分身

- 智慧製造 模流分析軟體新典範 -

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



廣告編號 2024-01-A09
www.moldex3d.com



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。

擺平「翹曲」，低翹曲 PBT 材料解決方案

■金陽新材料

前言

作為最堅韌的工程熱塑材料之一，PBT 的應用非常廣泛，常見於電氣、電子和汽車部件中。它具有非常好的化學穩定性、機械強度、電絕緣特性和熱穩定性。但 PBT 也有不足，作為結晶性材料，PBT 的結晶收縮率大，尺寸穩定性差，存在成型時翹曲變形的問題。

因此，在實際應用領域，大部分的 PBT 都需要經過改性才能滿足相應的要求。憑藉多年改性經驗，我們驗證和總結了一套關於翹曲變形問題的對策，可為產品開發和零部件設計提供針對性的改性方案參考。

PBT 翹曲原因分析

翹曲變形的根本原因是收縮率的不同所導致，PBT 材料也是如此，根據分析，我們發現主要存在 3 種導致收縮率變化的關聯因素：

• 冷卻不均——厚度方向上的收縮率差異

如果成形品的厚度較厚則會慢慢冷卻，導致收縮率變大；而如果較薄則會較快冷卻，導致收縮率變小。當零件兩側的溫度存在較大差異時，收縮差會在零件中生成彎矩。

• 收縮不均——區域之間的收縮率差異

由於澆口尺寸和位置（澆口設計）、流動距離和時

間（工藝設置）、冷卻系統設計等原因，導致射出壓力損失存在差異，成型時施加壓力的方式有時也會有不同，導致收縮率不均。

• 取向效應——平行和垂直於材料取向方向上的收縮率差異

一般來說，纖維取向是纖維增強製件翹曲變形的主要原因。與纖維成平行的取向方向，收縮率較小；與纖維成直角的方向，收縮率較大。

如何改善 PBT 材料的翹曲變形？

通常情況下，可以通過多種途徑改善 PBT 產品的翹曲變形，比如產品設計、模具設計、加工工藝、材料性能等。如果僅從材料角度，建議從以下幾個方面優化：

• 通過降低填料的各向異性以降低收縮率的各向異性

比如使用非纖維狀的填料，如滑石粉、玻璃微珠、高黏土、雲母等縱橫比小的球狀或板狀的填料，可以降低收縮率的各向異性。但是翹曲變形減小的同時，機械強度也會降低；也可以降低玻纖長度，或使用異型玻纖、扁平玻纖等。

• 通過與非晶性材料合金化降低收縮率的絕對值

通過與 PC、AS、ABS 等非晶性樹脂合金化，可以降低收縮率的絕對值。這種手法對機械強度降低的

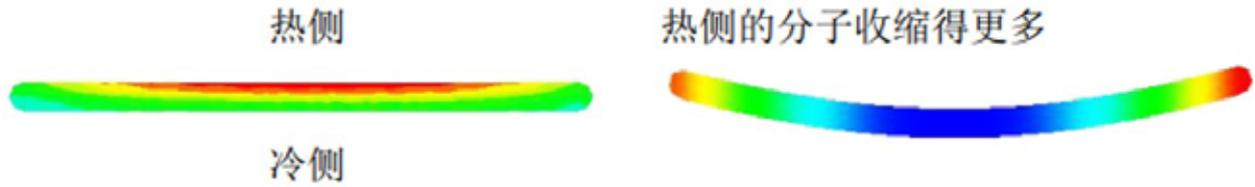


圖 1：冷卻不均引起的收縮變形

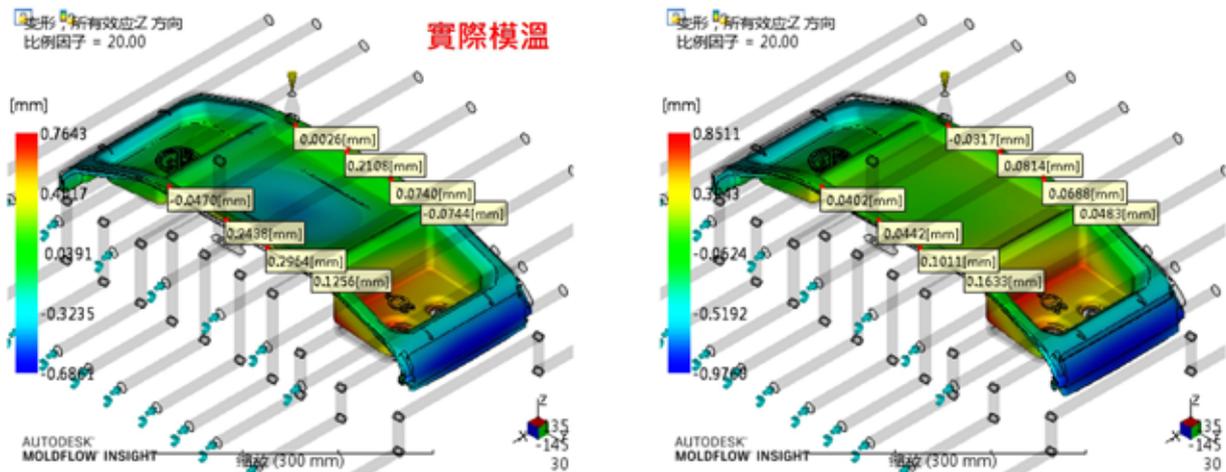


圖 2：通過優化模溫改善冷卻不均引起的變形

影響較小，但另一方面，根據合金化樹脂的不同，對熱學特性等會產生影響。

• 提高流動性，減少不均勻的壓力分布

通過優化配方，提高材料流動性，從而改善模腔內壓力分布的均勻性，使整體收縮更加均勻，對改善翹曲有一定的幫助。

低翹曲 PBT 材料解決方案

在電子電氣、汽車、電子工業等領域，PBT 材料製作的組件輕薄化是一大趨勢，而「翹曲」是很多廠家都會遇到的一個難題，到底什麼樣的 PBT 產品才能更好

地解決翹曲問題呢？

以金錫低翹曲 PBT-GF30 材料為例，和市面上普通的 PBT 改性產品比較，金錫低翹曲 PBT 材料的翹曲變形更小，通過圖 4 中兩張圖片對比更加直觀。

除此之外，金錫低翹曲 PBT 材料解決方案還有以下 3 種：

• 低翹曲增強級 TG30E (PBT-MI-30GF)

具有低翹曲、尺寸穩定、高強度、高韌性等特點，主要應用於汽車卡扣、汽車 B 柱、天窗支架等。

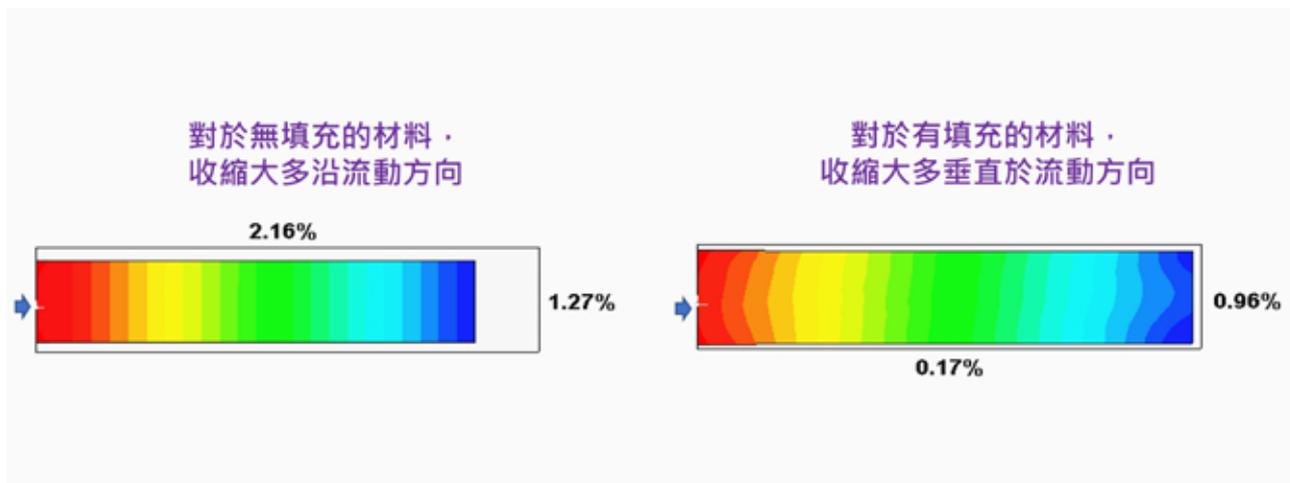


圖 3：無填充與有填充材料的收縮取向差異

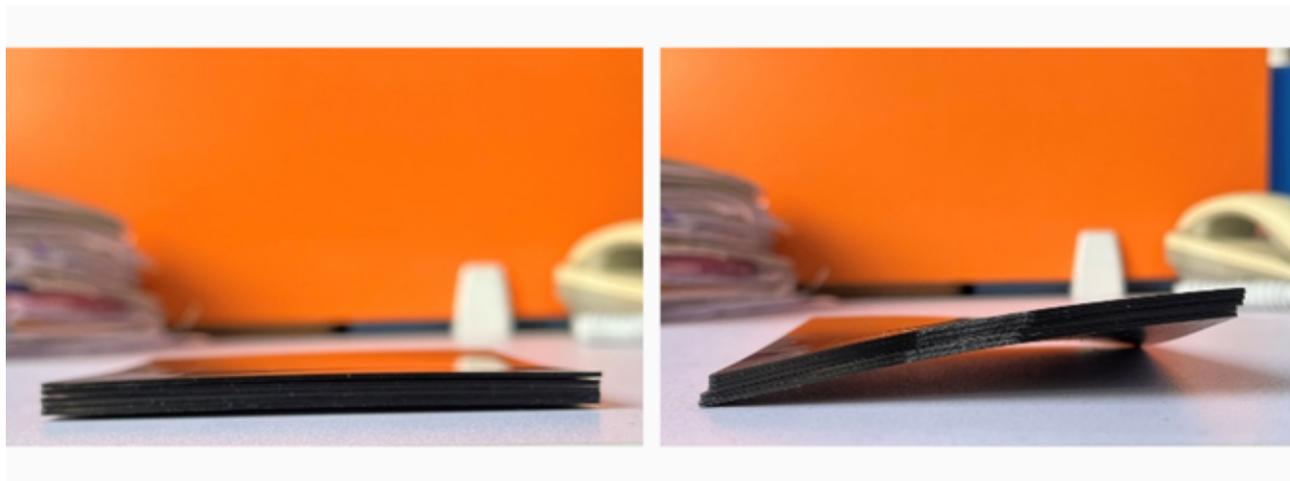


圖 4：左為金陽低翹曲 PBT-GF30 材料；右為普通 PBT-GF30 材料

• TSG30E PBT+ASA-GF30

具有低翹曲、尺寸穩定性好、表面好、無浮纖、易成型等特點，主要應用於攝像頭支架、汽車線束等。

解決方案。■

• TG30WX PBT-GF30 FR

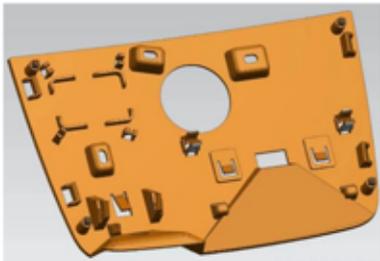
具有低翹曲、尺寸穩定性好、高阻燃、高 CTI 等特點，主要應用於汽車高壓連接器、電腦風扇、EPB 等。

此外，我們還會通過模流分析和結構分析等 CAE 分析，在產品設計和模具開發階段提供更完美的低翹曲



性能 Properties	測試標準 Test Standard	測試條件 Test Condition	國際單位 S.I. Units	典型值 S.I. Typical Values
物理性能 Physical				
密度 Density	ISO 1183	23°C	g/cm ³	1.52
收縮率 Mold Shrinkage	Jinyoung Method	23°C	%	0.3~0.7
熔體流動速率 Melt Flow	ISO 1133	265°C, 2.16kg	g/10min	25
機械性能 Mechanical				
拉伸強度 Tensile Strength	ISO 527/2	50 mm/min	MPa	120
斷裂伸長率 Elongation at Break	ISO 527/2	50 mm/min	%	3
彎曲強度 Flexural Strength	ISO 178	2 mm/min	MPa	180
彎曲模量 Flexural Modulus	ISO 178	2 mm/min	MPa	7800
Charpy缺口衝擊強度 Notched Charpy Impact	ISO 179-1	23°C	KJ/m ²	8
熱性能 Thermal				
熱變形溫度 Temp of deflection under load	ISO 75/2	1.82MPa	°C	200
阻燃性 Flammability	UL94	3.2mm	-	HB

圖 5：低翹曲增強級 TG30E (PBT-MI-30GF) 的性能數據



性能 Properties	測試標準 Test Standard	測試條件 Test Condition	國際單位 S.I. Units	典型值 S.I. Typical Values
物理性能 Physical				
密度 Density	ISO 1183	23°C	g/cm ³	1.45
收縮率 Mold Shrinkage	Jinyoung Method	23°C	%	0.3~0.7
熔體流動速率 Melt Flow	ISO 1133	250°C, 2.16kg	g/10min	25
機械性能 Mechanical				
拉伸強度 Tensile Strength	ISO 527/2	50 mm/min	MPa	135
斷裂伸長率 Elongation at Break	ISO 527/2	50 mm/min	%	3
彎曲強度 Flexural Strength	ISO 178	2 mm/min	MPa	175
彎曲模量 Flexural Modulus	ISO 178	2 mm/min	MPa	7800
Charpy缺口衝擊強度 Notched Charpy Impact	ISO 179-1	23°C	KJ/m ²	8
熱性能 Thermal				
熱變形溫度 Temp of deflection under load	ISO 75/2	1.82MPa	°C	190
阻燃性 Flammability	UL94	1.6mm	-	HB

圖 6：TSG30E PBT+ASA-GF30 的性能數據



性能 Properties	測試標準 Test Standard	測試條件 Test Condition	國際單位 S.I. Units	典型值S.I. Typical Values
物理性能 Physical				
密度 Density	ISO 1183	23°C	g/cm ³	1.62
收縮率 Mold Shrinkage	Jinyoung Method	23°C	%	0.4~0.8
熔體流動速率 Melt Flow	ISO 1133	250°C, 2.16kg	g/10min	15
機械性能 Mechanical				
拉伸強度 Tensile Strength	ISO 527/2	50 mm/min	MPa	120
斷裂伸長率 Elongation at Break	ISO 527/2	50 mm/min	%	3
彎曲強度 Flexural Strength	ISO 178	2 mm/min	MPa	170
彎曲模量 Flexural Modulus	ISO 178	2 mm/min	MPa	8500
Charpy缺口衝擊強度 Notched Charpy Impact	ISO 179-1	23°C	KJ/m ²	9
熱性能 Thermal				
熱變形溫度 Temp of deflection under load	ISO 75/2	1.82MPa	°C	202
阻燃性 Flammability	UL94	1.6mm	-	V0

圖 7：TG30WX PBT-GF30 FR 的性能數據

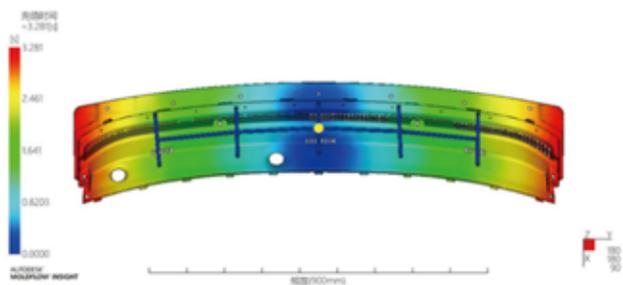


圖 8：製件的充填流動模擬

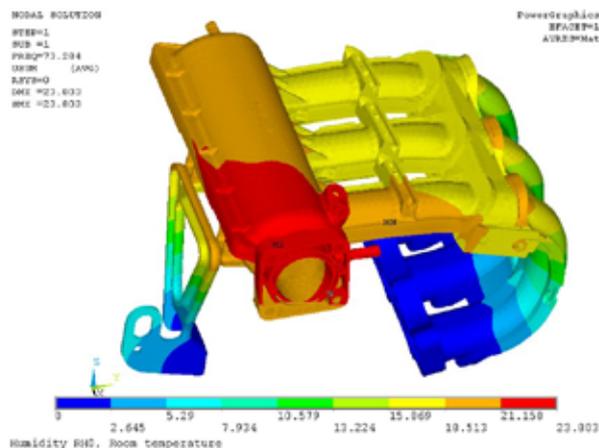


圖 9：進氣歧管的模態分析

型創應力偏光儀

✗ 產品外觀變形及翹曲

✗ 產品發生破裂、裂化、使用壽命縮短

✗ 產品後加工效果不佳

✗ 產品光學特性需求無法滿足



適用透明件



一目瞭然



即時檢測

型創科技顧問團隊



30年模具與成型產業專業輔導經驗



SMB計畫塑膠製品業第一名

廣告編號 2024-01-A01



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

廣告編號 2024-01-A10

服務據點

台北·東莞·蘇州·泰國曼谷·印尼雅加達

規劃中據點

台中·台南·寧波·廈門·馬來西亞·菲律賓·越南



+886-2-8258-9155



info@minnotec.com



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





林秀春

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

專長：

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



第 83 招、如何快速解決塑膠件產品破裂問題 【模流分析與結構分析整合應用篇】

■ Moldex3D / 林秀春 協理

【內容說明】

近年來 CAE 電腦輔助分析軟體已被大量應用在產品結構強度分析、熱流散熱分析。射出成型模組的效能與優勢對於塑膠射出製品可應用在節省塑膠材料、縮短生產時間、節省機器耗能、增強產品使用壽命等。

業界廠商的 Support 各事業部 CAE 分析需求，包含產品設計階段、模具設計階段及熱傳、散熱等量產機器的應用解析。（如圖 1）

挑戰

以塑代鋼在大量機器的製品零件中扮演著相當關鍵的角色，如何提升塑膠產品的強度與使用壽命，是設計者所必須考慮的重要關鍵。讓品管測試可以順利通過並確保產品到消費者端不會在合理使用期間內發生問題。

如何藉由分析軟體工具透視產品開發過程、提前發現潛在問題，並了解設計環節，以防止產品發生問題，在實務上著實是項挑戰。若要同時確保產品品質與降低產品問題發生，透過 CAE 電腦輔助分析軟體找到適切的设计與參數，將有助於提升產品品質並降低產品問題的發生機率。

解決方案與結論

為達到有效益且優良的產品品質，藉由結構分析軟體找出產品局部受力過高（可能造成破裂的風險）的地方，並透過 Moldex3D 射出成型充填分析確認結合線產生的位置，再進行產品局部設變，移動結合線位置並解決破裂問題。

在產品開發階段中，設計人員與生產製造人員需緊密溝通，才能達到「產品設計佳」與「良率高」的雙贏結果。

開模前，透過模流分析與結構分析聯合仿真，優化產品結構與製造設計，透過可視化的分析結果讓設計人員與生產製造人員能夠良好的溝通，避免開模後修模的成本損失，提升公司競爭力。

透過 Moldex3D 在客戶端、模具廠、RD 設計人員間做更密切且完善的溝通與協調，不管在產品開發設計階段、模具試模改善階段、複製模效益提升階段，協助找出最佳的設計方案，藉此提升產品品質，創造更好的價值。

對於問題點解析，透過 Moldex3D 模擬分析，利用動

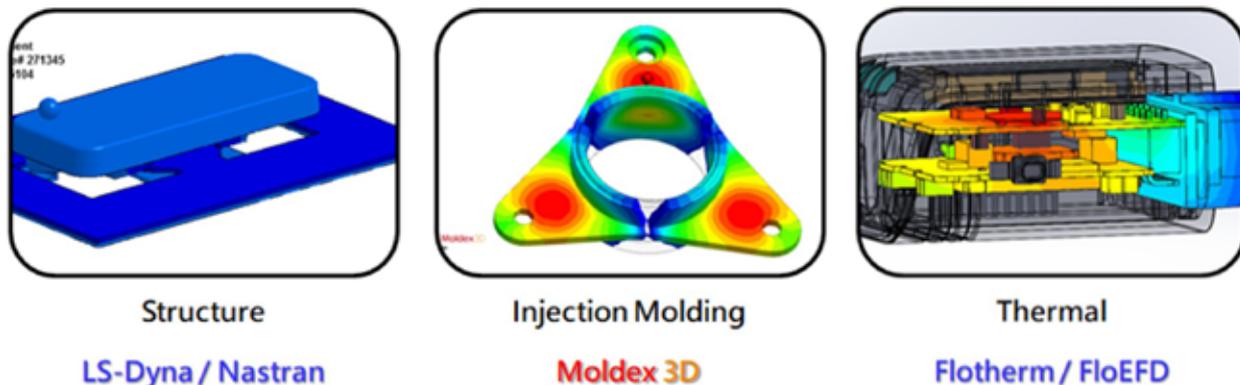


圖 1：CAE 電腦輔助分析軟體



圖 2：實際機器局部轉軸區域

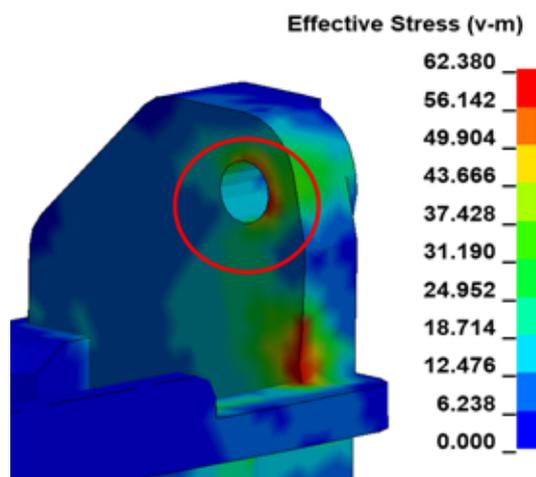


圖 3：轉軸強度設計——結構強度分析

畫、圖片、數據作為跨部門溝通平台可以有效釐清問題所在，而透過新的 Studio 介面更可輕鬆的進行不同組別比對，同步顯示結果等功能，對於 CAE 工程師報告彙整提供了更實用的工具。

本文出處：2020 Moldex3D 達人賽論文，我的虛實整合之旅。光寶科技，機構核心能力事業群產品競爭力中心 CAE Team。■

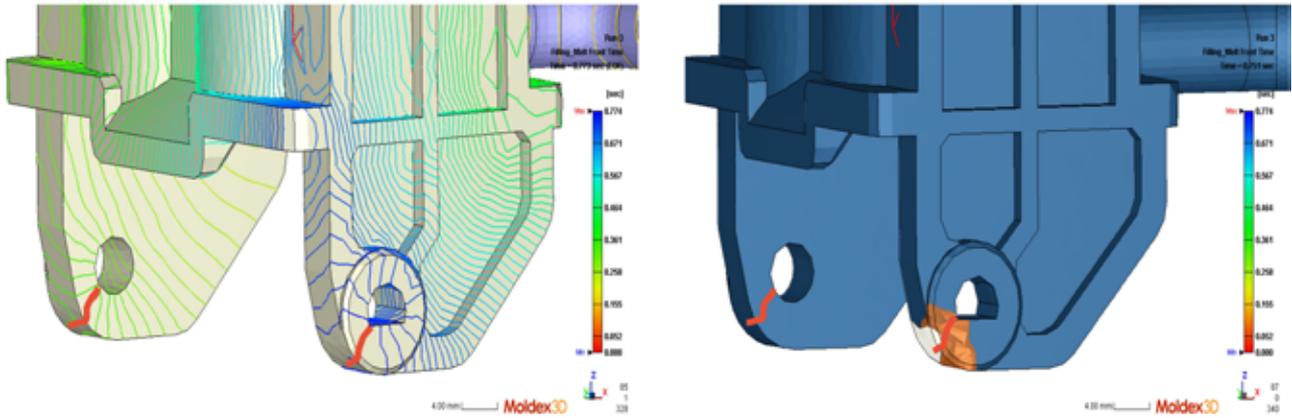


圖 4：模流分析模穴充填體積 95% 對應軸孔產生結合線位置

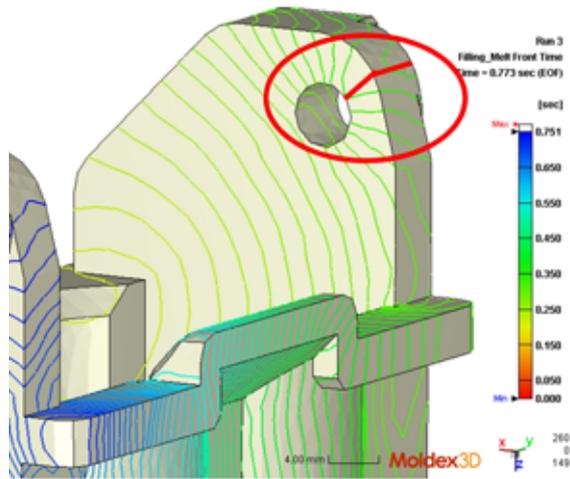


圖 5：射出波前等位線看到結合線在孔洞狹窄區

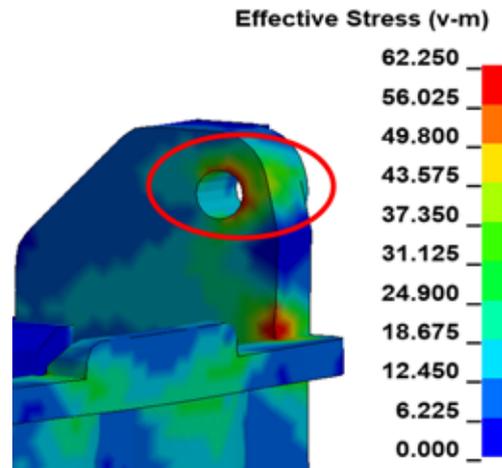


圖 6：初版評估進膠位置，結合線位置位於軸孔受力位置，轉軸孔有斷裂風險

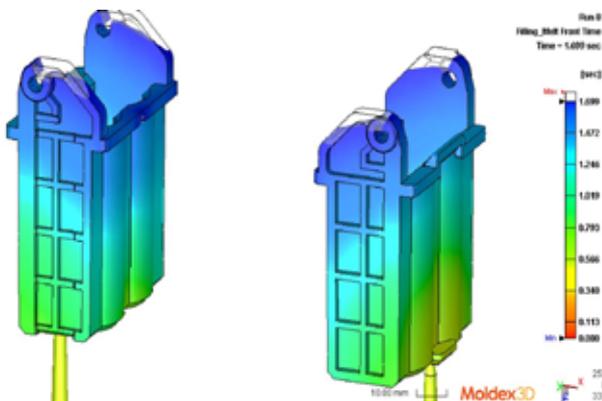


圖 7：設計變更後局部厚度改變流動波前

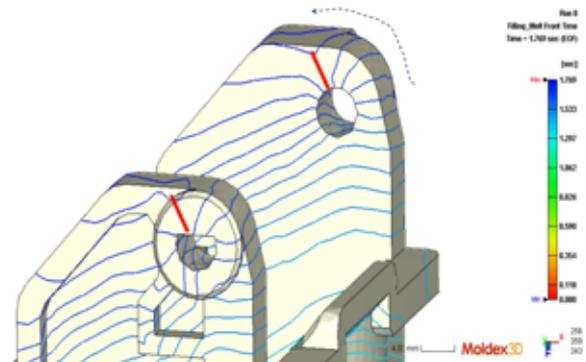


圖 8：由圖中了解其結合線有移到孔洞較寬區

Moldiverse
數位先鋒 · 驅動未來 · 開創新篇章

- University**
集結 Moldex3D 專家，為您打造專屬塑膠加工成型學習數位平台，輕鬆掌握模流專業知識，提升自身競爭力。
- Material Hub Cloud**
即時更新、資料齊全的線上塑料數據庫讓您快速查看、搜尋、比較材料、進行材料擬合並下載材料檔，立即免費試用！
- iMolding Hub**
建構機台獨特數位分身，讓 CAE 模流分析能考慮各別機台的獨特性能與動態回應，產出更貼近實際生產現況的優化條件。
- Moldex3D Trial**
免費下載 Moldex3D 軟體 30 天試用，體驗模流分析軟體及其材料庫帶來的強大模擬功能，助您解決各式成型挑戰。

圖 9：Moldex3D 打造 4M1E 生態系統的模流雲端平台——Moldiverse，能有效助使用者建立、保存及管理知識資產，實現數位轉型



邱耀弘 (Dr.Q)

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

專長：

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

2023 大中華地區的 MIM 產業狀況

■耀德講堂 / 邱耀弘 博士

前言

2023，剛剛結束的一年。對大中華地區的 MIM 產業而言，甫結束 COVID-19 疫情便遭受嚴重挑戰的一年。向來使用 MIM 機構件大量的智慧手機銷售量遭受到前所未有的下滑。這給產業帶來不小的衝擊。所幸，縮減的訂單卻使得 MIM 產業空出足夠的時間尋找新的出路。圖 1 顯示了由 2010-2023 年大中華地區 MIM 銷售額與 APPLE 公司的 MIM 訂單關係。APPLE 的 MIM 訂單確實影響著大中華地區的 MIM 銷售狀況。不過它的影響力卻正在縮小，為何？

Dr. Q 在經過一整年的尋訪大中華地區的 MIM 產業後，在新年之際向各位讀者報告觀察的結果（2024 年 1 月花了 20 天的行程進行多家 MIM 關聯公司的採訪），由材料、設備、製品與工藝四個方面分析與討論，發覺大中華 MIM 產業的小宇宙正醞釀爆發的新力量。更進一步的，Dr. Q 也發現了大中華地區 MIM 的普及已經促進了 Metal BJT 推進。

材料—— MIM 粉末製造能力恰巧提供 MAM 的粉末需求

沒有人可以預料到 MAM 的出現會導致 MIM 粉末的大幅降價。其實原因也很簡單。MAM 使用的粉末規格和

MIM 是重疊的。儘管大部分 MAM 必須使用球形度高的粉末，但在整批粉末製造出來被 MAM 取用後會剩餘不少的細粉剛好可提供給 MIM 使用。不過 MEX 則可採用 MIM 喂料技術直接使用 MIM 現有的各等級粉末。無疑的，這些額外需求幫助了 MIM 粉末製造商有更多的生意。圖 1 表示了目前粉末成型技術所使用的粉末範圍。

圖 2 內容的縮寫說明

- PM 是粉末壓製 - 燒結法，粉末冶金技術 /PM is “Press and Sinter” of Powder Metallurgy.
- DED 直接能量沉積法，積層製造法 /DED is Direct Energy Deposition of MAM.
- PBF-EB 粉床 - 電子束沉積，積層製造法 /PBF-EB is Powder Bed Fusion – Electric Beam of MAM.
- PBF-LB 粉床 - 雷射沉積，積層製造法 /PBF-LB is Powder Bed Fusion - LASER Beam.
- BJT 黏結劑噴射法，積層製造法 /BJT is Binder Jetting Technology.
- MIM 是金屬粉末注射成形 /MIM is Metal powder Injection Molding.
- SLM/SLS 分別是選區雷射融化與燒結方式，積層製造法的粉床法 /SLM/SLS are Select LASER Melting



圖 1：由 2010-2023 年大中華地區 MIM 銷售額與 APPLE 公司的 MIM 訂單關係

and Sintering of PBF-LB.

以下是 Dr. Q 對數家粉末製造公司進行的採訪紀錄。在中國有超過 50 家粉末製造同時具有 MIM 與 MAM 粉末的製造公司，包含不同的製粉工藝（羰基法、氣霧法、水霧法與其他高階法）、不同材料（包含鐵系、不鏽鋼、鎢、鈦、銅、鈷、鎳等）。

湖南驊騮新材料有限公司（中國氣霧化不鏽鋼粉末最大製造商）告訴 Dr. Q，不鏽鋼 316L/304L/17-4PH 仍舊是保持成長的。他們更進一步的提供 MIM 喂料給印度和其他海外國家。更多的 MIM 製品製造公司都希望粉末製造公司能夠提供全方位的粉末與喂料解決方案，以減少中間品質的差異，並能降低成本。但是最令人驚豔的就是鈦與鈦合金的粉末需求成長。根據江蘇金物新材料有限公司（目前中國境內最大鈦粉製造公司）的資料顯示，2023 年的 MAM 粉末成長大約是前一年的二倍，MIM 的粉末需求則超過前一年的四倍。總體出貨量全年超過 200 噸（TA1/TA2/TC4）。2023 年中國 MIM 加上 MAM 使用的鈦合金粉末已經超過 800 噸。雖然美國蘋果公司縮減了 MIM 零件的使用量導致 ASTM F75 粉末需求降低，但是折疊屏智

能手機的翻轉絞鏈興起使得高強度工具鋼粉末需求增加，還包括民間的指甲刀、菜刀、電動剪刀與智慧鎖都使用類似的材料。另外，Dr. Q 使用 200 系列不鏽鋼開發出的 MIM 200CY 粉末（來自大量加工的廢棄邊料）。在一次性燒結後便可以得到 HRC 49 的硬度，為 MIM 綠色環保打開一條新的出路。目前已經應用在縫紉機的零件上如圖 3 所表示。

對於限制性高的鋁和銅金屬粉末，BJT 似乎帶來一絲曙光。在過去眾所周知，使用 PBF LB/EB 製作鋁合金容易發生爆炸風險，而 MIM 鋁金屬粉末混合喂料容易摩擦起火。銅製品又因為反射率過大導致 3D 列印效果不佳。我們發現 BJT 可快速得到上述材料的模型生坯然後使用 MIM 燒結工藝，然後輔以 CNC 加工後可以很快地獲得精密的樣品提供開發和研究。最後才決定製作模具採用 MIM 工藝進行大量的製品生產。BJT+MIM 將會成為未來 5 年在粉末材料製程的整合手段運用於新產品開發和量產的結合。

設備——自動化與演算法協助操作的方便、效率與安全

目前傳統機械零件製造業正面臨到缺少年輕的技術者

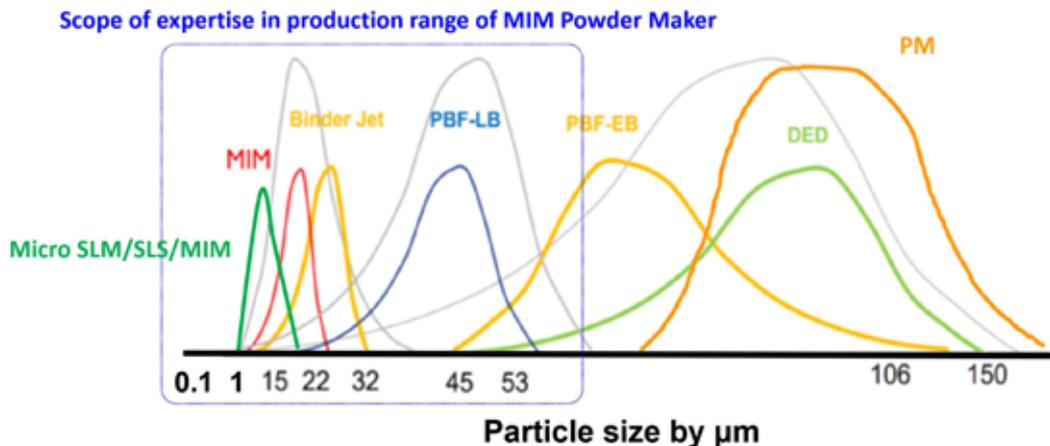


圖 2：目前 PM、MIM 和 MAM 金屬粉末使用的粒徑分佈圖。本圖由 Dr. Q 修改自英國山特維克公司提供的原圖。（這裡並沒有考慮粉末的形狀）

參與的窘境。受到高等教育的年輕人不願意進入傳統機械零件製造業主要在環境因素。畢竟許多傳統製造業的環境不佳、危險性高。MIM 產業發展正面到這樣的衝擊，Dr. Q 在 2012 年將臺灣的 MIM 經驗分享到大陸之後，MIM 各製程的製造設備廠商便卷起一股改良設備的旋風。儘管在經歷三年的疫情影響導致設備廠商普遍生意不佳，但是設備廠商仍舊勇於進行改良。因此 2023 年已經出現購買新設備替換舊設備的趨勢。控制設備的電腦更新帶來更新的演算法，更安全、高效率、省電以及方便操作是中國 MIM 設備共同追求的目標。

舉幾個例子來說。東莞昶豐機械科技有限公司在 2020 年起已經研發完成、生產，並販賣四個槳葉轉子的密煉造粒一體機，在 2023 年獲得非常好的銷售成果。這個設備使得 MIM 喂料從混合到造粒可以在同一個程式完成，並且實現全自動化和簡單操作。四槳葉提高了喂料的密度並減少混料的時間。廈門至隆真空科技有限公司則把運用在科學實驗上的高壓燒結技術，製作 1~20MPa 及快速冷卻的脫脂燒結爐提供給 MIM 零件燒結使用。打破了過去批次燒結爐僅會使用真空

分壓氣氛的方法。深圳星特燦科技有限公司也在催化脫脂爐設備的基礎上，除了拓展到溶劑脫脂設備之外，還增加脫脂與預燒結一體化爐的設計（溫度最高達 950°C）。這可以解決 MIM 生坯脫脂後脆弱無法移動的問題，並且讓燒結過程減少黏結劑污染精密燒結爐與其後燒結程式。這些設備的改良如圖 4、圖 5 所示。

製品——找到合適自己可量產的產品且用心製作

在過去將近十年的顧問工作，Dr. Q 至少輔導超過 50 家 MIM 製造相關的公司（包含：粉末、黏結劑、設備以及製品）。地點則遍及中國大陸、臺灣、日本，尤其是 MIM 製品公司。要找到合適自己可量產的產品一直是不容易的事情，因為每家 MIM 公司的背景都有差異。有一大部分 MIM 公司原來都有著注射塑膠製品的專長；有一些公司則原來從事板金加工的金屬零件專長。另外，有些則是擅長小型金屬零件的 CNC 加工。也有一些公司因為地緣關係而熟習特定零件產品的製造。當然，會投入 MIM 製造的公司都知道自己比較熟悉的產品就會做得好。



圖 3：使用 MIM 200CY 製作的注射成形零件，其硬度可達 HRC49（廣東潮藝提供）

在中國的廣東省，能以珠江左右側來區分兩大產品區塊。珠江口的右邊（深圳與東莞側）擅長電子產品，因此這裡是智慧手機與穿戴式電子產品上的 MIM 零件製造大本營。另外一側比較偏向家電製品與廚具（珠海與陽江側），因此使用 MIM 工藝製造機械用的齒輪以及廚房的刀具、工具自然成為該地區的強項。圖 6 為 MIM 工藝製作的不鏽鋼 420 指甲刀，材料的源頭也是當地鍛造菜刀原料的邊角料提煉而成。在接近廣州的位置，高爾夫球頭和高檔皮包扣具則集中在此，MIM 較為大型的零件是此區的大宗。然後，我們來到中國東邊的長江流域又發現有不同的專長。由於 APPLE 產品的代工廠發達，因此製作 MIM 零件用於 APPLE 產品上自然就成為重點。在長江流域稍微下方的浙江地區，磁性材料元件和小五金商品則領導 MIM 製造商朝向這兩個方向。往更北邊的北方就比較偏向機構用產品，包含汽車、紡織以及工具五金等。台灣的 MIM 因受惠於中美貿易戰爭的影響，許多歐美訂單轉而向台灣下單。這樣來說，2023 的 MIM 產業狀況屬於持平，比起其他產業要好的很多。

在 2023 年的觀察，更多的 MIM 製品廠都「關起大門」用心做產品。比起十年前大家都只會製作給智慧手機

配件的時代。似乎符合了 German 教授的提醒——長單好過潮單的預測。

工藝——MIM 與更多工藝的產品整合

MIM 自身就是一個整合數種製程的技術，包含粉末混煉、喂料造粒、生坯注射、修邊擺盤脫脂、燒結以及後處理。當然別忘了模具的設計與驗證來量產。當我們獲得 MIM 製品之後，往往發現僅通過 MIM 這樣的結果無法滿足客戶的要求。在過去一年的訪談，Dr. Q 發現越來越多組裝件的需求出現在 MIM 零件製品廠。除了把 MIM 零件尺寸、表面光潔度、色彩裝飾做好之外，我們必須和其他製程和不同材質的零件組合在一起。那麼和積層製造的零件組合自然也不是新鮮事。因此 MIM 零件製造公司也可以經由組裝製造獲取多的營業額和利潤。

如圖 6 的不鏽鋼 420 指甲刀便是由三件 MIM 零件加上一片研磨貼紙、以及一根不鏽鋼轉軸。在組裝之前，每一件 MIM 零件必須先磁力研磨去除毛刺和表面的粗糙感，然後施以表面噴砂粗化、清洗以及鈍化抗腐蝕。在裝完轉軸後再進行刃口的研磨開鋒、貼上研磨貼紙，並按照客戶要求以鐳射雕刻特定商標和文字，

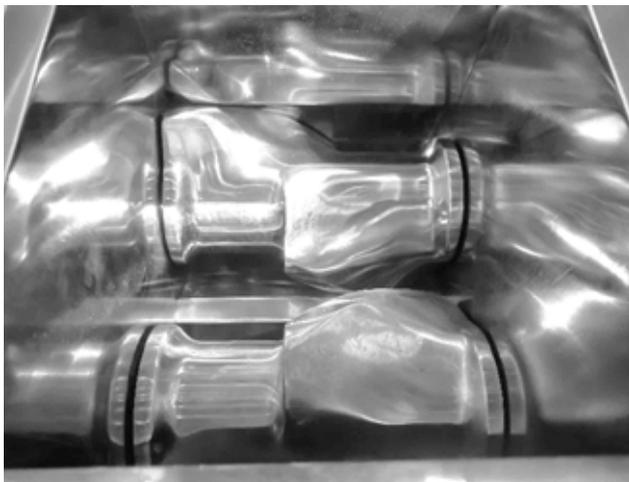


圖 4：昶豐最新一代的混料造粒一體的攪拌轉子比較。(左) 舊的二槳葉；(右) 新的四槳葉 (東莞昶豐提供)

才能夠成為真正的商品。在過去，可能一把指甲刀需要分為幾家工廠來承接 MIM 的後工序，但隨著競爭的激烈程度，這些後工序很有可能變成 MIM 廠自己的絕活——這也是未來的趨勢。或者如廣東、浙江地區一貫的跨廠整合。不同家工廠各自提出的專業技術，加上快遞網路完成跨廠合作完成商品。那麼，資源整合將會是未來 MIM 的重要管理技術。

同舟共濟——MIM 與 Metal BJT 的合作元年

Metal BJT 並非新的技術，但是比較有效率的設備是近幾年才有的。Dr. Q 在 2023 年的走訪才驚訝地發現，原來 MIM 零件製造公司已經有數家投入 BJT 技術並產出產品銷售到市場上。包含 HP、Desktop Metal 與 ExOne 國際知名廠牌的 Metal BJT 都展開了不同的產品線布局。不約而同的是 Metal BJT 都尋找 MIM 製造公司的說明，尤其是解決燒結的困擾。Metal BJT 挾其數位化模型以不需要開模具便可以快速且有效率的列印為數不少的金屬粉末生坯，這推翻了金屬小型機構零件製造的傳統方法。但是要把粉末生坯固化並形成真正的金屬零件，這個就需要小老弟 MIM 的說明。

(根據歷史資料，AM 技術早在 1964 年便開始，MIM

則是誕生在 1972 年)。當然，別遺漏了圖 6 的提醒。Metal BJT 要能夠真正地變成商品還是需要循著 MIM 的商品化整合後製程來完成。

由於 Metal BJT 帶來的新機會，MIM 原有的設備商也正開始發動新的生意創想。包含如何保證 BJT 粉末的前處理、生坯的移動和運輸、更有效率的脫脂和燒結設備等。舉個例子，MIM 目前使用的燒結爐規格越來越大，由 240L、480L 甚至到了 600L 或是龐大的連續式的燒結爐。這些並不合適用在 BJT，因為 BJT 並不是少樣大量產出的工藝流程。因此開發小體積的燒結爐並改變 MIM 攏長的冷卻製程，這樣能夠節省燒結耗能和時間幫助 BJT 更有效率的服務製造業。Dr. Q 認為 Metal BJT 可完全的循著 MIM 地區成長的模式，聚沙成塔、眾志成城，共同成為粉末成形的堅強技術。

生生不息——MIM 度過 50 歲後的第一年

也是 2023 年，APPLE 公司新推出的 iPhone 15 終於把使用近十年的雷靈接口更換成 Type C。這個以 MIM 工藝生產超過 20 億個的電子連接器終於來到謝幕的階段。MIM 製造的雷靈接口帶給我們堅固又耐用的使用經驗，提供超過上億人每天能夠平穩的使用使手機



圖 5：（左）一個 20MPa 高壓燒結爐被用來作為 MIM 生產使用（廈門至隆提供的圖片）；（右）星特燦最新一代的脫脂與預燒結一體爐也被用來做為 MIM 製造的設備也在 2023 發表（深圳星特燦提供）

並安全的充電和接收電子訊息。MIM 零件已經跟隨在人類身邊，默默的服務人類並貢獻它自己。新一代的貼身 MIM 零件已經出現並且快速的推展開來。用於快速可更換的智慧手錶錶帶扣 (Lag of watch band) 承接雷霆接口的使用，也開始服務人類。如圖 7 所示兩個做為機構元件的 MIM 零件。更多作為機構元件的 MIM 零件被開發出來，並且持續的使用著。包含各種能量轉換連接器、動力船動元件的齒輪等。「繼往開來、生生不息」——相信 MIM 技術能夠長命百歲的服務全人類。■



圖 6：這是一把用傳統加工邊角料重新提煉的不鏽鋼 420 粉末以 MIM 製作的指甲刀（廣東潮藝金屬提供）



圖 7：（左）已經要和我們說再見的雷霆接口；（右）智慧手錶帶的錶扣是新的繼承者

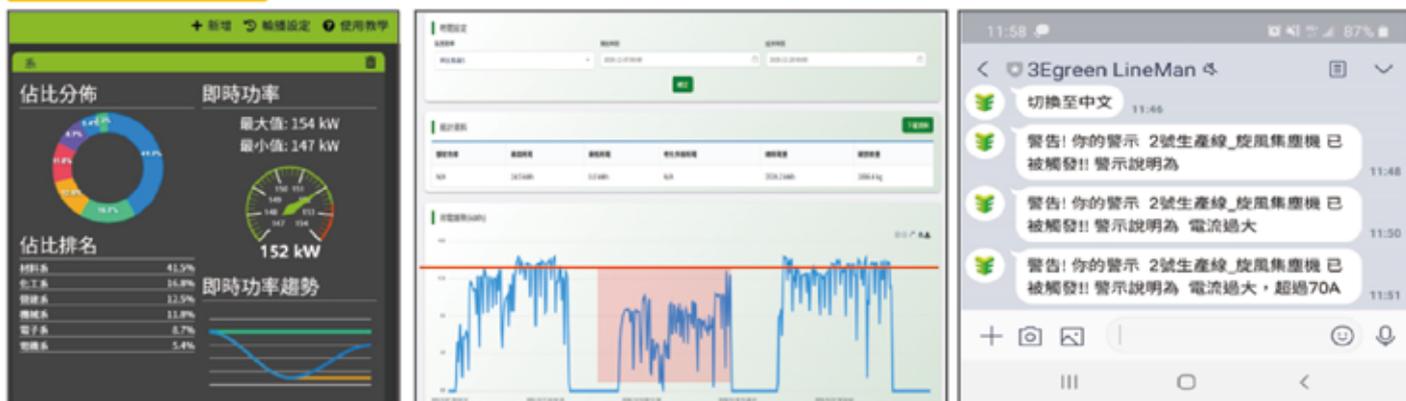
設計

開發

生產

保養維修

應用情形



服務方案

★方案設備規格如下。

用電監測設備



雲端監測平台



場域佈建安裝

設備規格

★若有其他需求可另行報價。

型號	規格	數量	備註
CM00-00 (電池式)	0.3A~50A (線徑10mm)	18	6台主要運轉設備 (6台×三相)
CM04-01 (充電式)	3A~350A (線徑35mm)	3	工廠總用電監測
GW06-00	BLE轉wifi 2.4G	4	與RP+GW08規格擇一 ★數量依場域實際通訊狀況調整
RP01-01 (搭配GW08) GW08 (搭配RP01)	BLE轉Sub-1G Sub-1G轉wifi 2.4G	4 (各2)	與GW06規格擇一 ★數量依場域實際通訊狀況調整

型創科技顧問團隊



30年模具與成型產業專業輔導經驗



國內外眾多企業認可



服務據點
台北·蘇州·東莞·曼谷

+886-2-8258-9155



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

規劃中據點

台中·台南·寧波·廈門·印尼·馬來西亞·菲律賓·越南

info@minnotec.com

www.minnotec.com



2023 ACMT 模具與成型【產學合作】 參訪座談會

ACMT

前言

2023 年 12 月，ACMT 帶領產業界前往三所大專院校，一訪專業技術人才孕育之地，大專院校與企業促成產學合作不僅是趨勢，亦將共創院校、學生、企業三贏的光明局面，因此期望透過實地參訪與面對面的交流，吸引業界借助校園研發資源與實務技術能力，共同深化產學鏈結合作，強化轉型升級能量，更進一步催化產業附加價值。

育專才以成就即戰力：明志科技大學

「明志科技大學」位於新北市泰山區，於 2018 年打造「先進智能即時生產示範工廠」，本次即由機械工程系 蔡習訓 教授及類產線執行長 林俊雄 副教授帶領參訪。示範工廠的規模雖然無法與實際工廠比擬，但麻雀雖小，五臟俱全，小小空間已包含了相當完整的產線，從製造用的射出機、模具上模與烘料機，到運輸用的無人搬運車與輸送帶，其同時具備實作生產與實習教育之功能，不僅可投入少量生產，為有實際製造需求的師生與廠商提供設備資源，更使得專業技術不再只停留在課本與課堂間，而是確切落實到產業應用上，讓學生真正地與業界接軌，將課間所學的技能與理論化作解決企業痛點的硬實力。

明志科大另設有創新育成中心，活動當天即由呂孟芳副理詳細說明該中心可提供的產學服務與研究項目，機械工程系 廖翊伶 小姐亦介紹了明志科大近年在塑膠加工成型領域所參與輔導的企業計畫項目，包含高

分子材料開發、塑膠製品設計與開發等，也展現了師資團隊在研發與教學上有所專長，更發揮長才為產業界貢獻心力。

以學興產、以產助學：逢甲大學

台中地區素有精密機械黃金縱谷之美稱，許多製造大廠都在此地設廠，「逢甲大學」機械與電腦輔助工程學系即坐落於這黃金縱谷之中。

以機械產業聚落的地利優勢，逢甲大學與多家知名企業（如上銀、漢翔與捷普綠點等）攜手合作，在校內打造模具示範生產線與鞋履智慧製造專屬實驗室等，透過實作場域來進行教學並研究智慧機械技術之開發，並培育學生動手操作之能力，為日後向業界提供豐富專業技術人才建立堅實基礎。

在機械與電腦輔助工程學系彭信舒教授的帶領下，我們深入參觀「智慧機械廊道」，如智能化模具設計與成型中心、高階精密工具機實驗室等，彭信舒 教授一一講解每條生產線、每個實驗室背後所執行過的計畫與帶來的產業合作效益，也由曾正堂 兼任助理教授詳實介紹年底剛結案的企業輔導計畫，展示逢甲大學深耕產學合作多年的成果與研發實力，曾正堂 教授亦邀請受輔導廠商現身說法，分享他們共同執行的項目內容與產學合作模式。



圖 1：先進智能即時生產示範工廠

實務與研發並重互補：台灣科技大學

「台灣科技大學」機械工程系位於台北市大安區，除了整合跨領域學程以提供完整技術知識與實作教學外，亦提供校外工廠實習機會，學生藉由實際進入廠區接觸現場運作與機台情形，鍛鍊實作能力，亦不至於與業界現行發展趨勢脫軌落後，系上更有發展二十餘年至今的機械系統設計比賽，推動學生自主研究與設計開發，使得紙本知識與學生潛能以更有挑戰性、更有趣味性的方式獲得全方面的應用與發揮。

陳炤彰 教授鑽研光學模具設計與開發已二十多年，本次活動即由教授為我們講解技術並參觀他的「精密製造實驗室」。實驗室自成立以來，在團隊的共同努力下，已完成多項實驗研究與產學合作計畫，或發表研究論文或取得相關專利，如非球面鏡片射出模仁之形狀誤差分析、光學元件射出與模流分析等。而身兼系主任的郭俞麟 教授更特別帶領我們前往參觀「電漿創新實驗室」，並介紹這項電漿技術可應用於冷作模具鋼，在常壓狀態下強化模具的耐磨性與硬度，延長其

使用年限，此項技術也已獲得台灣與美國的專利。

結語

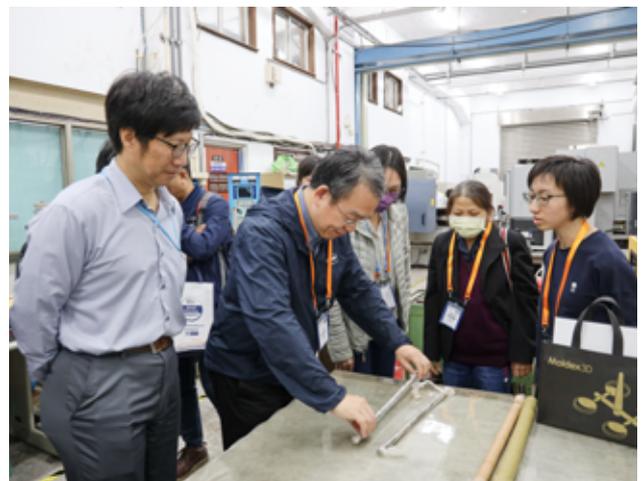
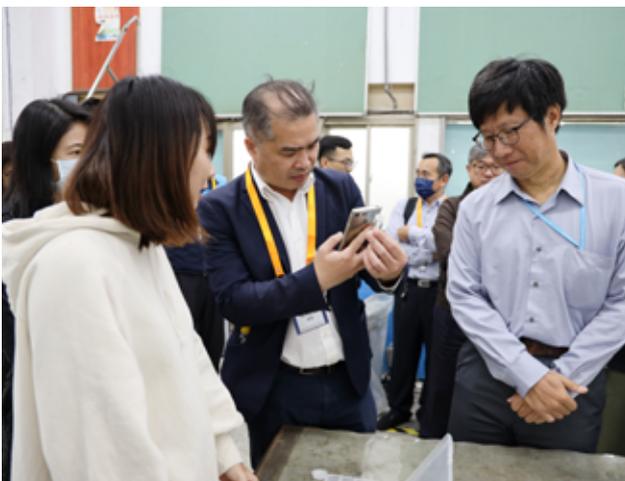
除了邀請多年深耕產學合作的大專院校教授介紹分享，亦由工研院 蔣閩軒 專案經理詳細說明政府計畫資源：「模具製造應用轉型升級計畫」，期望透過補助經費的挹注，推動業界與具有強大輔導能量之大學校院聯手合作，引導台灣模具產業的高值化升級轉型。

此外，ACMT 協會 蔡銘宏 理事長也在活動上分享目前全球供應鏈的轉變趨勢，因應產業技術快速迭代與進化，產官學研單位更應攜手合作，打破框架陳窠，共育跨域技術人才。■

活動集錦



模具與成型智慧工廠雜誌 (ACMT協會/會員月刊)



泰國電子智慧製造系列展

展昭國際



活動日期：2024 年 2 月 29 日 (四) ~ 3 月 2 日 (六)

活動地點：泰國曼谷國際貿易展覽中心

主辦單位：Worldex G.E.C. Co., Ltd.

Yorkers Trade & Marketing Service Co., Ltd.

活動網站：<https://www.chanchao.com.tw/IntelligentAsia-Thailand/>

進軍巨象泰國新接點 Intelligent Asia 首度移師海外

全球貿易疲軟與中國大陸景氣顛簸復甦，台灣與南韓也仍陷萎縮，但東南亞的泰國和印尼景氣則加速擴張。泰國投資環境雖因新冠肺炎疫情與全世界一樣遭受衝擊，但 PMI 指數在 2023 年 4 月提升至 60.4 (前期 53.1) 創下歷史新高，顯示泰國景氣正處於擴張期。

身為東協的第二大經濟體，泰國 GDP 規模僅次於印尼，在 2021 年達到 5,000 億美元水平。同時，在美中衝突持續下，各國製造業者開始擬定「中國 +1」的生產策略，開始在東南亞、印度、中南美等地方尋找替代生產基地，單是 2021 年，國外與當地企業的投資額達 194 億美元，較 2020 年增加 59%；其中，以電子製造、醫療、石化、農業，與汽車零組件產業最受青睞。當東協其他地區還在處於勞力成本導向時，泰國已經逐漸轉型為高科技製造中心。

- **GDP**：2022 年泰國的國內 GDP 約為 5,850 億美元，為東南亞第二大經濟體。

- **工業**：工業在泰國 GDP 佔有最大的貢獻，其中電子、汽車和紡織品是主要行業。
- **國際貿易**：出口約占泰國 GDP 的 60%，主要出口產品包括電子產品、汽車和農產品。
- **外國投資**：泰國吸引了來自日本、美國、中國和新加坡等國的海外投資。
- **基礎設施**：泰國在基礎設施方面進行了大量投資，尤其是在交通運輸、電信和能源網路方面。

5 大主題鎖定泰國新戰略

該展覽由 Yorkers Trade & Marketing Service Co., Ltd. 和 Worldex GEC Co., Ltd. 泰國主辦，展覽主軸鎖定了泰國新戰略優先產業的 5 大主題，並依此推出 5 大主題展，期盼打造企業進軍泰國投資的新接點。5 大主題展分別為：

- 泰國自動化工業展；
- 泰國電子製造暨組裝展；
- 泰國智慧光電顯示展；
- 泰國電池電力暨儲能整合應用展；



圖 1：活動地點——泰國曼谷國際貿易展覽中心。（圖片來源：<https://www.bitec.co.th/image-library/exterior>）

• 泰國電路板展。

首屆泰國展匯集了來自中國、香港、日本、韓國、台灣、美國、德國、印度、新加坡等多個國家和地區的廠商，為東協的電子產業注入新動能。■

欲知更多活動資訊，請掃描右下方 QR 碼進入官網，取得活動最新動態消息。



降低塑件殘餘應力的關鍵因素

型創科技 / 王海滔 應用工程師

前言

在塑料零件設計中，殘餘應力的產生對零件的性能和壽命有著重大影響。殘餘應力是在塑料件成型過程中產生的內部應力，主要包含兩種類型：一種是在外載荷去除後仍然存在的內應力（流動殘餘應力），另一種是由製件冷卻固化不均勻導致的內應力（熱殘餘應力）。所以當塑件的壁厚不均勻，或者熔料的冷卻速度不一致時，由於厚薄部位的收縮量不同，就會產生殘餘應力。此外，分子鏈的剛性和極性也會影響殘餘應力的產生。例如，分子鏈剛性越大，熔體黏度越高，聚合物分子鏈活動性差，對於發生的可逆高彈形變恢復性差，因此易產生殘餘內應力。

為了降低零件的應力，設計師一般採取以下方法：「保持壁厚一致」、「消除尖角」，以及「正確設計抽芯功能」。此外，選擇合適的材料、優化模具設計和調整加工工藝參數也是控制應力的關鍵因素。

控制壁厚

首先，保持壁厚一致對於降低零件應力至關重要。現在產品幾何形狀的複雜性，實現這一目標並非易事。厚度的變化會導致分子排列取向應力、壓縮應力和冷卻應力的產生。排列取向應力是指填充階段分子鏈類似於一根橡皮筋，會受流場影響形成排列和拉伸。當聚合物鏈被拉伸得太遠或太快，或者被拉伸並保持在恆定負載下時，它就會斷裂。保壓階段會產生壓縮應力，而冷卻階段不均勻的冷卻則會產生冷卻應力。

消除尖角

其次，消除尖角有助於減少零件應力。在成型過程中，聚合物會承受了來自填充、保壓和冷卻的應力。而尖角是可能導致材料處理不當的另一個區域，可能會增加塑料的應力，從而導致零件功能較弱。這是因為當施加負載時，尖角成為鏈條中最薄弱的環節，導致零件在該區域失效。另外，由於尖角幾何形狀是趨向面積突變的，容易產生剪切率不平衡，從而進一步增加產生應力的可能性。

抽芯設計

正確設計產品核心結構功能也是降低零件應力的重要方法，如抽芯、倒角等。抽芯是指通孔、盲孔或材料必須在其周圍流動的任何元件等。要正確設計抽芯特徵，請避免拐角或尖銳邊緣，並將澆口放置在正確的位置。這樣，材料可以沿與特徵平行的方向而不是垂直的方向流動。

模具設計

模具設計中對成型零件內的應力產生巨大影響的因素是澆口和冷卻通道的設計。模具的澆口尺寸、位置和數量必須設計合理，否則材料上的剪切熱和剪切應力可能會超出材料推薦範圍。同時，冷卻水路的布置也會極大地影響塑料部件的散熱能力。如果熱量沒有均勻地散布到零件上，那麼收縮率將會有很大的不同，從而產生具有不同程度應力且很可能發生翹曲的產品。

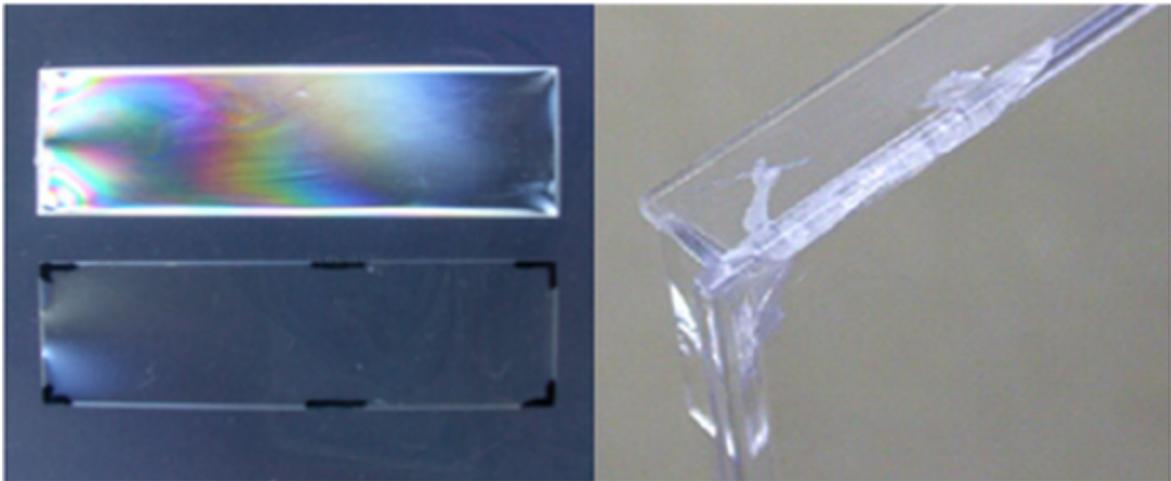


圖 1：應力造成的光折射與破裂

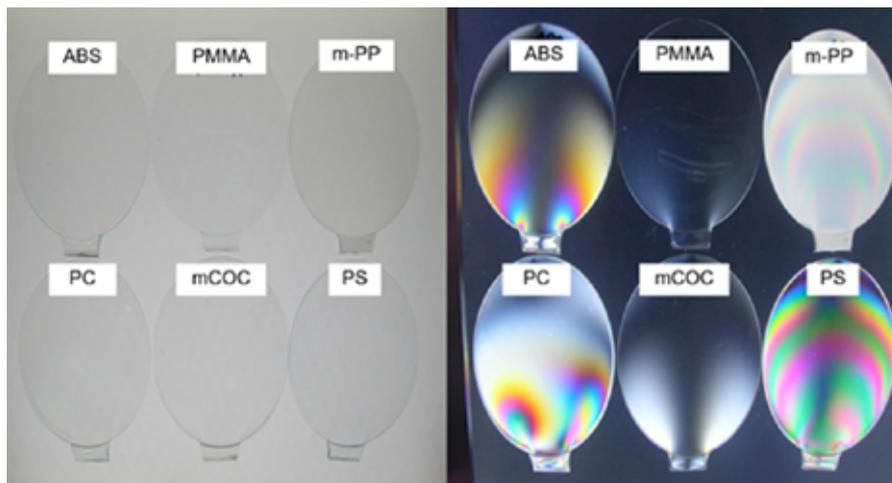


圖 2：同工藝、不同材料下的應力分布

材料選擇

此外，選擇合適的材料對於控制應力至關重要。每種材料都有建議的剪切速率限制。如超出建議值，將造成過度的剪切加熱和潛在的剪切應力。同時，還需要考慮聚合物中混合的各種添加劑（如顏色、紫外線穩定劑、熱穩定劑和潤滑劑）的剪切速率限制。

工藝參數

最後，加工工藝參數調整可以幫助控制降低固有應力。首先，確保樹脂的實際熔融溫度在材料製造商推薦的範圍內。其次，為注射階段設置正確的射速以避

免過高的剪切速率導致熔體溫度急劇升高並可能降解聚合物或添加劑。此外，保壓壓力和時間也是相關因素之一。最後，考慮模具冷卻及其對應力的影響，例如通過水管的恆定流速來實現充填時零件溫度均勻分布。

總結

在塑料製品設計時，應充分考慮殘餘應力的影響，從而防止或減小射出製品在後期使用過程中可能出現的翹曲、變形，乃至斷裂破損等問題，提高零件的性能和壽命。■



微射出成型 解決方案



ISO13485 認證

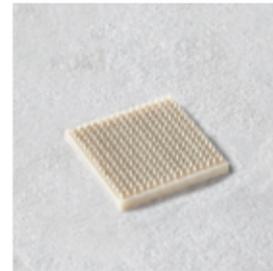


無塵室設備，符合Fed 209E
(U.S. Federal Specification)
100,000等級

Micro Injection Molding

- 微射出成型
- 微射出成型機
- 微射出模具製造

映通 讓尖端科技成真



精微塑件代工



植入物醫療塑件代工



專業醫療級塑膠射出代工

映通擁有專業開發工程團隊

完整提供客戶從

**開發設計、打樣、開模、試製作、
試量產、量產**

提供全方位解決方案

Chinaplas

國際橡塑展

開啟橡塑業高質量發展的金鑰匙

全球貿易增長正在恢復，製造業引弓待發。中國經濟展現出勃勃生機，加上RCEP紅利、綠色經濟、數位化轉型以及新興產業崛起等，帶動橡塑產品及先進技術的需求上升，橡塑業高質量發展迎來了新一輪的黃金機遇。

憑借得天獨厚的地理優勢和40年的深耕，CHINAPLAS國際橡塑展已發展為世界級橡塑工業展覽會，見證著中國成為塑料製品的生產、消費和出口大國。2023年，展會規模再創新高，展覽面積達380,000平方米，來自全球的觀眾人數超過248,000，與上屆相比增長63.16%。這種“爆發式”增長折射出橡塑業的朝氣蓬勃，也奠定了CHINAPLAS國際橡塑展無可替代的行業領導地位。

闊別六年，CHINAPLAS 2024將強勢回歸上海。展會集中展示塑料和橡膠高端製造、智能製造以及綠色製造的頂尖智慧成果，為各應用領域的專業人士提供探索創新、提升技能、提高效率及迅速應對市場走向的解決方案，以科技創新這把“金鑰匙”激活橡塑高質量發展的新動能。2024年4月，讓全球橡塑業的目光聚焦上海，這是您解鎖創新解決方案、開啟塑造低碳未來、跨界合作的重要捷徑。乘“金”風起勢，揚帆起航，CHINAPLAS與您共赴星辰大海！



20
24

上海
國家會展中心
(虹橋)

4·23
/
4·26



橡塑行業“盛宴”

(預計2024年展會規模)

380,000+ 平方米展會總面積

4,000+ 國際參展商

3,800+ 機械展品

1,300+ 原材料供應商

10+ 國家及地區展團



啟新程 ·
塑未來 ·
創新共贏



“碼”上預登記



廣告編號 2024-01-A13



CPS+
eMarketplace
在線供需對接

有採購和生產的疑難？
讓我們來幫您解決



主辦單位



ADSALE 雅式 ufi

協辦單位



贊助單位



大會指定網上媒體



全面覆蓋各個應用行業

星級買家 (*部分名單, 排名不分先後)

- 寶潔
- 比亞迪
- 偉創力
- 西氏醫藥包裝
- 聯合利華
- 現代摩比斯
- 亞大集團
- 宜家家居
- 高露潔
- 法雷奧
- 瑞爾特衛浴
- 迪卡儂
- 伊利
- 貝內克長順
- 安徽科居
- Nike
- 安姆科
- 華為
- 邁瑞
- New Balance
- 金德威
- 蘋果
- 健帆生物科技
- 晨光文具
- 廣汽
- TCL
- 樂普醫療

最新行業焦點

- 輕量化、易回收再生、生物可降解等環保包裝解決方案
- 用於汽車智能化的材料及工藝
- 5G應用的高性能材料方案
- 新型節能環保建材生產技術
- 功能性創新醫療材料應用
- 綠色低碳材料
- 高耐熱、高透氣、高彈性薄膜



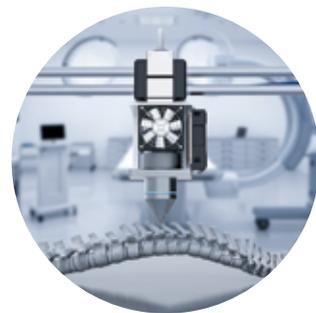
18大主題專區 方便買家搜尋供應商



機械展品

- 3D技術專區
- 輔助設備及測試儀器專區
- 模具及加工設備專區
- 擠出機械專區
- 薄膜技術及塑料包裝機械專區
- 注塑機械專區
- 注塑機械及智能裝備專區
- 塑料包裝機械專區
- 回收再生科技專區
- 橡膠機械專區

創新科技製品專區



原材料展示

- 添加劑專區
- 複合及特種材料專區
- 生物塑料專區
- 再生塑料專區
- 化工及原材料專區
- 熱塑性彈性體及橡膠專區
- 顏料及色母粒專區



參觀查詢

雅式展覽服務有限公司

香港: (852) 2811 8897
新加坡: (65) 6631 8955

(852) 6217 0885

Chinaplas.PR@adsale.com.hk

www.adsale.com.hk



www.ChinaplasOnline.com

in f y x 9 CHINAPLAS



歡迎組團參觀

15人或以上可組成參觀團,
享尊貴服務。
詳情請瀏覽官網。

訂閱SMART MOLDING MAGAZINE

掌握每月最新射出成型產業技術報導

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

