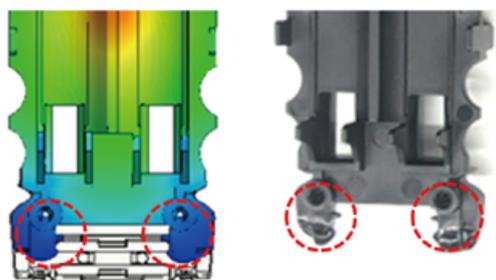
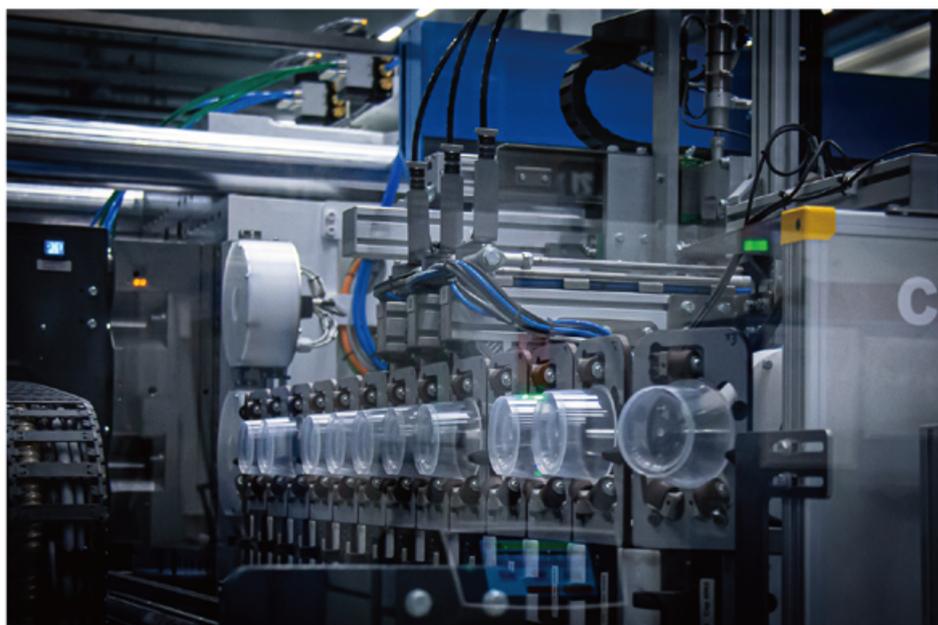
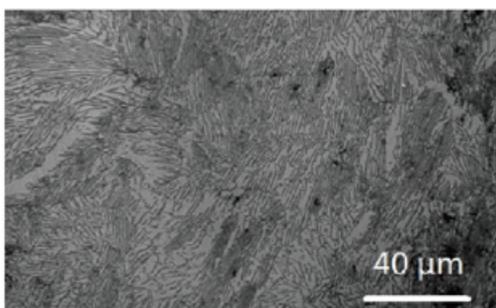
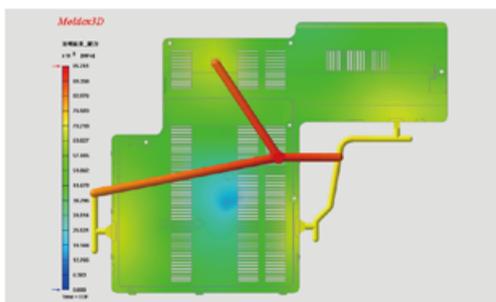


### 【模具T零量產的規劃與實踐案例】



專題主編：羅子洪 型創科技 技術總監

- T零量產的成功實踐
- 夯實模具標準化基礎，邁向智能化高效設計
- 運用CAE模流分析解決網孔毛邊之模具設計
- ENGEL 助Greiner Packaging突破生產瓶頸
- 金屬3D列印在模具製作上實現工時縮短的案例介紹



## 專題報導 | 科技新知 | 產業訊息 | 顧問專欄

### 專題報導

- T零量產的成功實踐
- 夯實模具標準化基礎，邁向智能化高效設計
- 射出工廠的智慧排程管理系統

### 科技新知

- 非線性翹曲分析 預測產品變形更真實
- 新一代高效能FDM專用IPU線材及其產業應用
- 科思創與合作夥伴打造亞太低碳足跡MDI價值鏈

### 顧問專欄

- 第66招-【應力與破裂篇】
- 碳控制：金屬粉末注射成型上的重要判別
- 談判的七宗罪

### 產業訊息

- 2022 台北國際模具暨模具製造設備展
- 免噴塗應用之路
- 匠心智造創未來，安鉅爾電器有限公司



### 從功能型射出機，邁向智慧型射出機

SMB智慧機上盒/塑膠製品業**第一名**

**9**件專利認證



聯網化

- ✓ 連結【機台數據】
- ✓ 全面提高工廠數據即時性與正確率

可視化

- ✓ 解析【關鍵數據】
- ✓ 提高生產效率

透明化

- ✓ 精煉【核心數據】
- ✓ 降低管理成本
- ✓ 簡化生產流程

#### 生產管理 (機台聯網)



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

#### 製程管理 (數據管理)



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

#### 品質管理



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

型創科技顧問團隊



30年模具與成型產業專業輔導經驗



SMB計畫塑膠製品業第一名

廣告編號 2022-08-A01

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

服務據點

台北 · 東莞 · 蘇州 · 泰國曼谷 · 印尼雅加達

規劃中據點

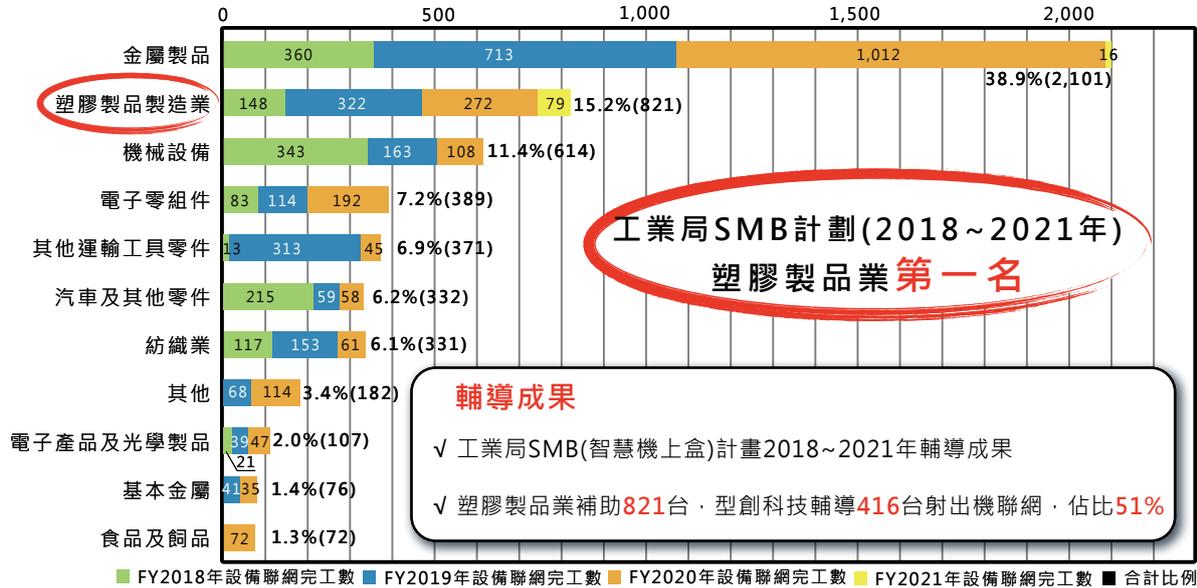
台中 · 台南 · 寧波 · 廈門 · 馬來西亞 · 菲律賓 · 越南

+886-2-8258-9155

info@minnotec.com

https://minnotec.com/iom





工業局SMB計劃(2018~2021年)  
塑膠製品業第一名

**輔導成果**

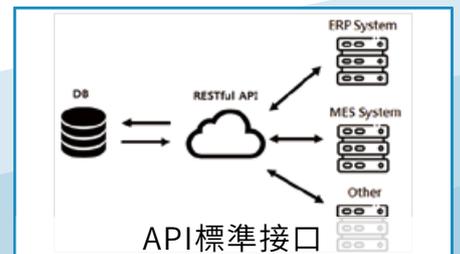
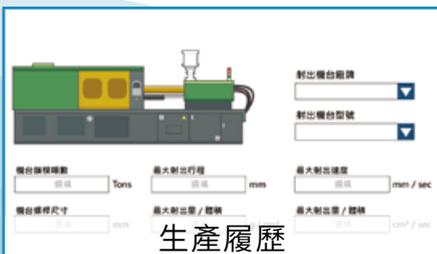
- ✓ 工業局SMB(智慧機上盒)計畫2018~2021年輔導成果
- ✓ 塑膠製品業補助821台，型創科技輔導416台射出機聯網，佔比51%

■ FY2018年設備聯網完工數 ■ FY2019年設備聯網完工數 ■ FY2020年設備聯網完工數 ■ FY2021年設備聯網完工數 ■ 合計比例  
資料來源:智慧機械推動辦公室

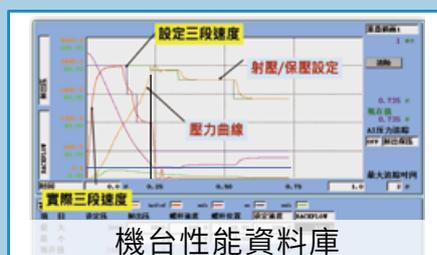
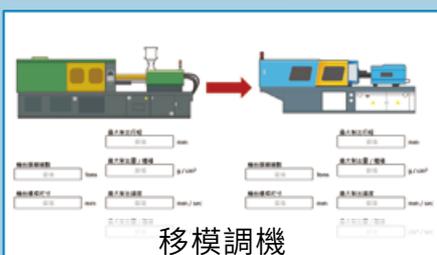
▶ IoM 生產管理(機台聯網)



▶ DoM 製程管理(數據管理)



▶ QoM 品質管理



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

廣告編號 2022-08-A02

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

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

+886-2-8258-9155 info@minnotec.com https://minnotec.com/iom



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

編輯部

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

行政部

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

技術部

技術支援 唐兆璋 Steve Tang 方文彥 Wayne Fang  
張仁安 Angus Chang 游子萱 Clara Yu  
楊崇邠 Benson Yang 陳品維 Ryan Chen  
李志豪 Terry Li 于翔 Bernard Yu  
張林林 Kelly Zhang 楊崇邠 Benson Yang  
羅子洪 Colin Luo 詹汶霖 William Zhan  
王海滔 Walk Wang 石明權 Henry Shih  
羅偉航 Robbin Luo 陳松筠 Rick Chen  
邵夢林 Liam Shao 唐若芸 Erica Tang  
黃煒翔 Peter Huang 李宜庭 Tina Lee  
劉家孜 Alice Liu  
彭楷傑 Eason Peng  
廖士賢 Leo liao  
邱薇臻 Vita Chiu

專題報導

專題主編 羅子洪  
特別感謝 青島維特信息科技、誠模精密科技、ENGEL、  
Sodick、科盛科技、可成生技、科思創、安鉑爾電器、林秀春、  
邱耀弘、林宜璟、李玉民

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

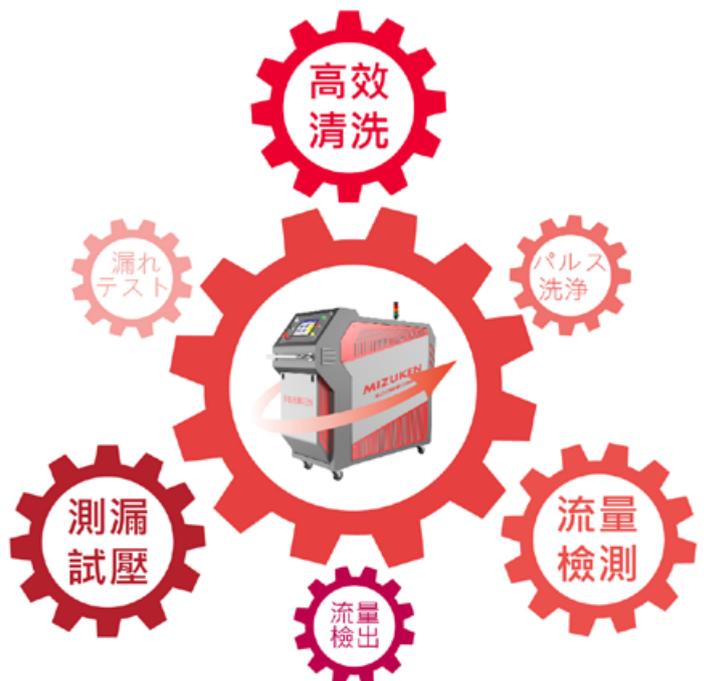
GUANGDONG MIZUKEN INTELLIGENT EQUIPMENT CO.,LTD

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 2022-08-A03

TEL +886-938009549

## 廣告索引



型創 AloM 智慧型射出機聯網方案 ---	P2(A01)
型創 AloM 智慧型射出機聯網方案 ---	P3(A02)
水研 -----	P5(A03)
ARBURG -----	P9(A04)
A+ 國際創新研發合作補助計畫 -----	P29(A05)
科盛科技 -----	P48(A06)
數位版雜誌宣傳 -----	P49(A07)
臺以創新研發成員補助計畫 -----	P65(A08)
ACMT/OPCUA+ -----	P79(A09)
映通——微射出成型解決方案 -----	P82(A10)

出版單位：台灣區電腦輔助成型技術交流協會

出版地址：台灣 220 新北市板橋區文化路一段 268 號 6 樓之 1

讀者專線：+886-2-8969-0409

傳真專線：+886-2-8969-0410

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



# 目錄 Contents

## 專題報導 In-depth Coverage

- 12 T 零量產的成功實踐
- 18 夯實模具標準化基礎，邁向智能化高效設計
- 22 運用 CAE 模流分析解決網孔毛邊之模具設計
- 30 ENGEL e-speed 協助 Greiner Packaging 突破生產瓶頸
- 34 金屬 3D 列印在模具製作上實現工時縮短的案例介紹

## 科技新知 Technology showcase

- 40 非線性翹曲分析 預測產品變形更真實
- 44 新一代高效能 FDM 專用 IPU 線材及其產業應用
- 46 科思創、SK geo centric 與耐思特攜手打造亞太低碳足跡 MDI 價值鏈

## 顧問專欄 What experts say

- 50 第 66 招、模流分析分子鏈配性與應力【應力與破裂篇】
- 54 耀德講堂專案翻譯——碳控制：金屬粉末注射成型上的重要判別

66 談判的七宗罪

## 產業訊息 Industry News

- 72 2022 台北國際模具暨模具製造設備展
- 74 免噴塗應用之路
- 80 匠心智造創未來，安鉞爾電器有限公司



新登場!

數位版雜誌上線中!  
隨時隨地都能閱讀!

功能強 能耗低  
經濟實惠且表現優異

# 全電動

品質卓越  
運轉快速  
經久耐用



WIR SIND DA.

歡迎您加入電動注塑的世界：黃金版電動機 GOLDEN ELECTRIC  
將我們液壓機 GOLDEN EDITION 無懈可擊的品質與電動機的高效率相結合。必使您的客戶滿意，亦能滿足您控制器的需求。

[www.arburg.com.tw](http://www.arburg.com.tw)

**ARBURG**

阿博格



## 羅子洪 型創科技 技術總監

### 現職

- 東莞開模注塑科技有限公司 - 技術總監

### 經歷

- 型創顧問有限公司華東區技術經理
- 科盛科技股份有限公司華東區技術經理
- Molde3D 培訓講師

### 專長

- 模流分析應用及技術轉移
- 多模穴不平衡解決方案
- CAD/CAE 整合應用
- 熱流道熱平衡仿真應用

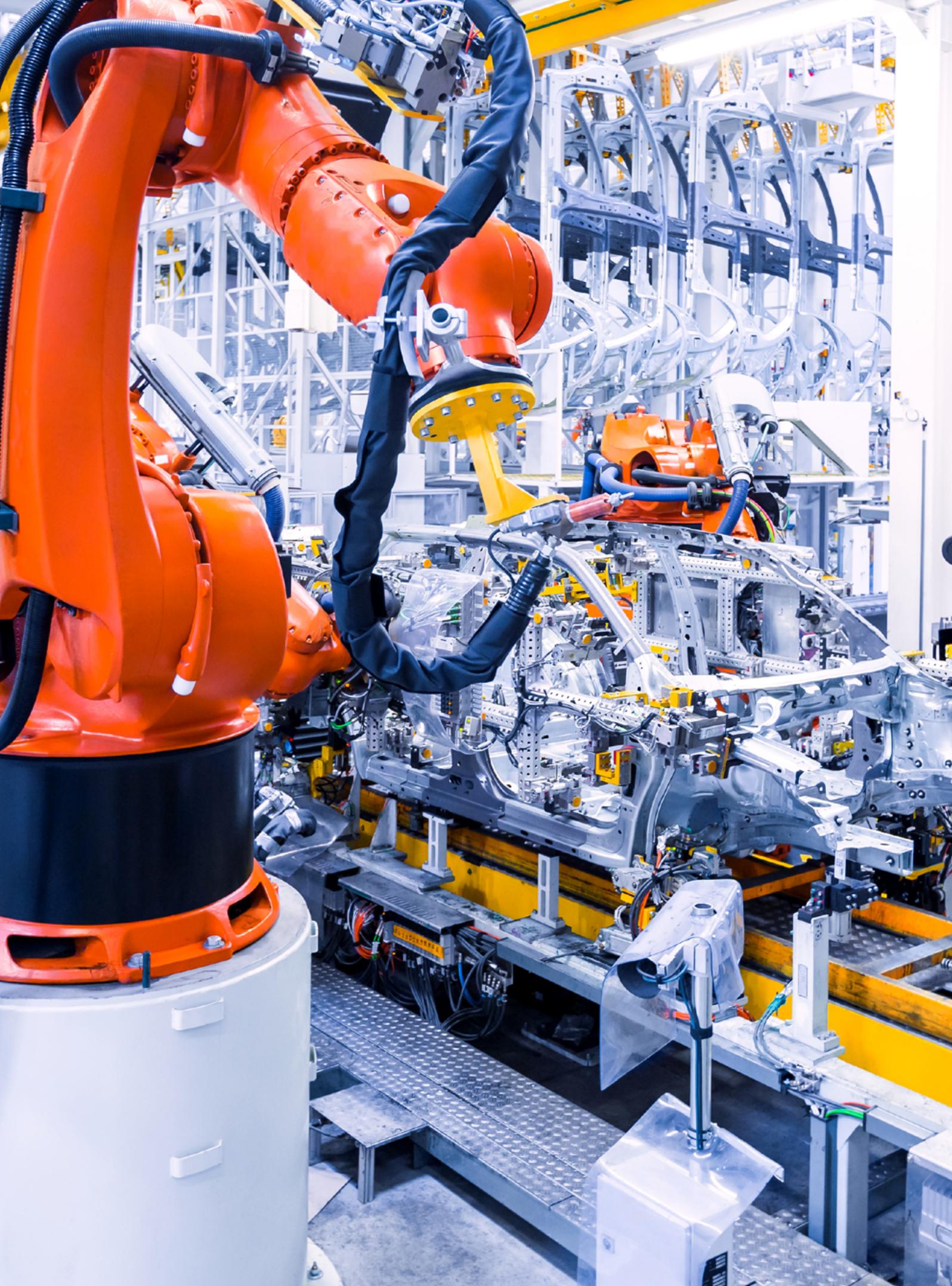
## 模具 T 零量產的規劃與實踐案例

過去的這兩年世界發生巨大的變化，疫情也帶來了巨大的挑戰，在這些不確定的事情中，有一件事情是確定無疑的，就是數位化的趨勢沒有改變。過去數位化能使企業過得更好，而今天企業活下去的關鍵。本來數位化需要三五十年才能完成，現在卻被大大的加速，可能會在二三十年就能完成。

未來企業的發展就看誰的數據更豐富，誰能夠真正的理解數據，利用好數據。過去我們看一家企業的規模，我們看他的用電量；未來我們看企業的數據使用量，看他動用了多少萬物互聯網的數據，看數據在多大程度上驅動了生產、驅動了管理、驅動了市場。過去製造業的技術投入是在設備上的投入，流水線上的投入；現在是在數位化流程的改造，數位技術和人才的投入，是在產品的數位化改造上進行投入。

模具工業是製造工業化的基礎，被人們稱為工業之母，已經成為衡量製造業水平的重要標誌。近年來，中國模具行業通過技術引進、消化吸收和再創新，實現了製造工藝快速提升，模具企業的專業化生產能力大幅增強，現代模具工業體系基本形成，行業得到了飛躍式發展。模具產品的製造技術達到或接近國際水平，質量更加可靠，國際競爭力顯著增強，中國模具在國際採購格局中佔據越來越重要的地位。但目前隨著中國人口紅利的消失，勞動成本的增加，越來越多的年輕人不願意從事模具行業，在這多重環境下，倒逼模具行業加速升級，向著信息化、自動化、智能化和互聯網化方向發展。

在《新世代模具與成型產業智慧工廠白皮書》中提到模具成型智慧工廠基本上是由【智慧設計】、【智慧製造】及【智慧射出】三部份組成，每個部份是個別深度知識與技術的組合，且彼此數據是互聯互通的。【T 零量產】的成功實現絕不是一種偶然，它是承載前輩與後進們多年積累下來的經驗，加上這時代賦予給它的能力與機會等種種所表現的成果。【T 零量產】也並不是我們所追求的最終結果，在【高品質生產】的價值觀下，將產品與生產效益最大化，創造企業的最高價值與建立持續化動能，才是我們真正的目標。■





## T 零量產的成功實踐

■ ACMT 模具成型智能製造技術委員會 / 陳震聰 主任委員

### 前言

T 零量產是模具成型行業多年追求的梦想，它是創新定義，同時也是模具射出行業一起努力的新高地！

- T 零量產的成功實踐不是偶然的運氣，它是在每套的模具開發的過程中，運用精細的流程管理、先進數位化技術與標準化系統工程之協同作業的結果。
- T 零量產的成功是高質量生產的堅實基礎，企業可以將產品設計階段到製造交付之效益最大化，實踐的過程可以建立企業與員工、企業與消費者之間共同價值與可持續發展的目標。

### T 零量產的成功概念

#### 數據是 T 零量產的關鍵元素

數據的掌握為 T 零量產成功奠定堅實基礎。T 零量產成功所必須的數據有三項，包含模具設計、射出裝備、聚合物材料等三項數據。這三項數據的取得與數據的互聯互通非常重要，同時也決定模流分析預測的準確性。模具企業以 T 零量產作為轉型升級的目標是充分

體現新世代智慧模具與射出成型工廠數位化與科學化的二個特徵，驅動模具製造「T 零量產的成功」。

#### 數位化系統互聯互通是成功的第一步

模具開發過程的設計、製造、組裝、試模等任務所涉及之數位化工具，運用工業互聯網與數位孿生技術將所有軟硬體系統整合與互聯互通，成為一體化的智能化平臺；同時建立顧問輔導的方法，幫助企業逐步實踐「T 零量產成功」的目標。THECO 目前所整合之數位化工具如圖 2。

### T 零量產的能力佈局

#### T 零量產模具工廠之能力建設

THECO 將模具射出成型工廠推進轉型升級過程可能面對複雜的問題，在「T 零量產成功」路徑指引下，建立企業能力數位化模型，透過軟體工具的引入與顧問專家團隊的協助，助企業達成 T 零量產的目標。模具射出成型企業透過以下三步驟，構建 T 零量產能力。

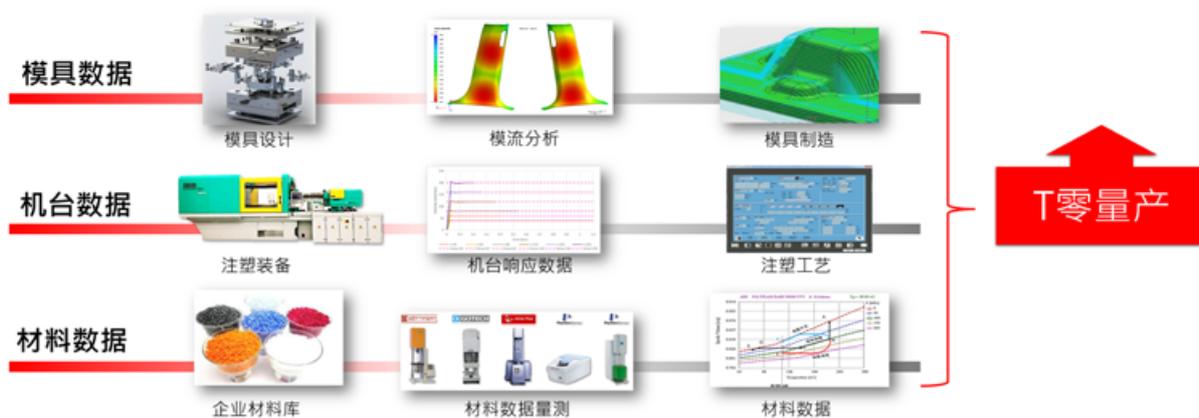


圖 1：數據是 T 零量產的關鍵元素



圖 2：THECO 目前所整合之數位化工具

- 1. 智慧設計能力：**模流分析與模具設計一體化改造，並且建立企業之材料數據庫與成型機臺數據庫；
- 2. 智慧射出能力：**運用先進的物聯技術將真實成型機、周邊裝備的工藝參數與模流分析、模具設計工具軟體形成數據循環，提供穩定生產質量的管控，同時為後續人工智能計算奠定基礎；
- 3. 模具智造能力：**運用數位化流程將模具設計、零件加工、模具組立、品質管理等任務的細節，在先進工業軟體的協助下，有序地進行作業。

### 「三合一」工程師之能力建設

全球人口少子化以及年輕人學歷提高的趨勢。企業運用「三合一工程師」能力建立方法，在先進數位化與

智能化系統的協助下，可以提高年輕人進入工廠的意願。透過老師傅的經驗與數位工具的同步學習，可以增強年輕工程師處理越來越複雜產品與模具之工程能力。THECO 已經將模具設計、模流分析及科學試模，運用工業互聯網的創新技術打通了系統間之數位化障礙，可以完全融入企業的運營管理之中，為企業員工創造優秀的工作環境。

「三合一工程師」能力建設是集模具設計、模流分析與科學試模等三項能力於一身的方程式。（如圖 4）

### T 零量產之顧問團隊輔導

T 零量產是一項系統工程，它是將模具企業的部門組

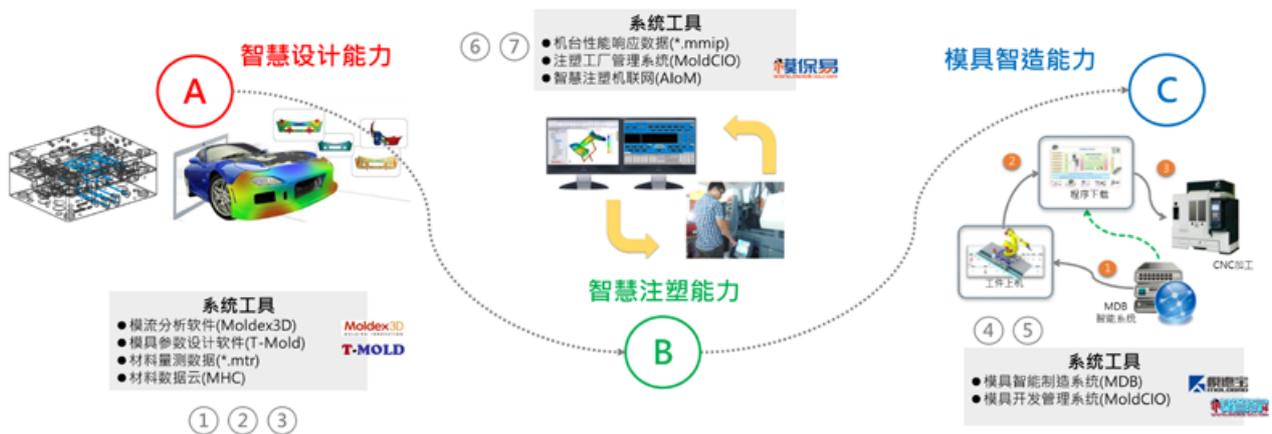


圖 3：構建 T 零量產能力的三步驟

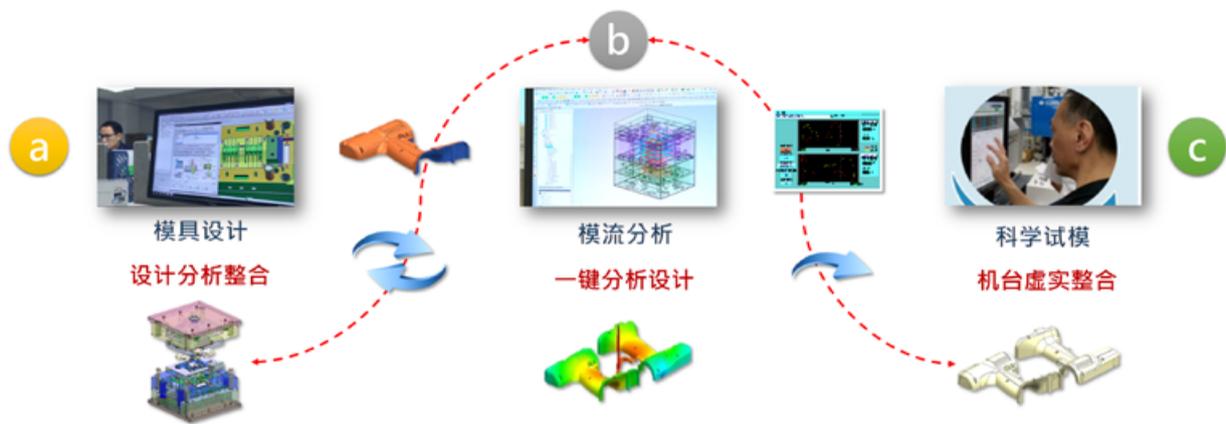


圖 4：「三合一」工程師之能力建設

織、工作流程細節、業務項目執行與交付，運用聚合物材料、模具設計、精密加工、試模量產等軟體工具整合為一數位化平臺，賦能給予模具射出成型企業，使模具製造企業有源源不斷的創新動能。我們運用整廠輸出的顧問諮詢 (BS-001)，協助企業「T 零量產」實現，包含了：

- **顧問諮詢：**成立企業數位化改革小組，推進「T 零量產」之學習與應用；
- **規劃與決策：**協助企業規劃與實踐；
- **聯合夥伴：**依企業能力構建需求，組建聯合夥伴；
- **執行與績效：**與企業各個功能部門協同，落實智能

設計、智能製造、智能注塑三個關鍵能力建設。協助企業建立 KPI 觀測廣告牌，瞭解” T 零量產” 效益呈現狀態。

我們與聯合夥伴在材料、設計、製造、試模量產的各項品類之服務已經有超過千家企業的成功實踐經驗。模具製造企業在「T 零量產的成功實踐」的幫助下，成果深受其客戶的尊重，彼此關係更加密切。

### 建立 T 零量產模具工廠——管理指標 (KPI)

模具工廠可以運用數位化工具建立 KPI 電子數據板，



我们运用整厂输出的顾问咨询 (BS-001) · 协助企业“T零量产”实现，包含了：

1. 顾问咨询：成立企业数字化改革小组，推进“T零量产”之学习与应用。
2. 规划与决策：协助企业规划与实践。
3. 联合伙伴：依企业能力构建需求，组建联合伙伴。
4. 执行与绩效：与企业各个职能部门协同，落实智能设计、智能制造、智能注塑三个关键能力建设，协助企业建立KPI观测广告牌，了解“T零量产”效益呈现状态。

圖 5：T 零量產之顧問團隊輔導

指标名称	说明	公式	权重	目标值	计分规则	数据源	实际值	得分
工单完成率	工单之准时率	订单	20	100%	.....	ERP / MES	98.8	
T零达成率	T0试模成功率	模具	20	100%	.....	MES 样品与成型报告比对	58.8	
品质达成率 (T1)%	T1尺寸合格率	工单	20	100%	.....	MES 品质系统	86	
设备稼动率 %	设备工单之有效工时/24小时	厂部	20	88.5%	.....	MES 物联网系统	92.8	
人均产值 (RMB)	每位员工所创造之营业额/月	厂部	20	10万/月	.....	ERP/MES 收款与财务核定	8.6	

表 1：建立 T 零量產模具工廠的管理指標 (KPI)

可以體現企業執行「T 零量產」戰略的成果效益，提供企業全體人員持續改善的依據。

## T 零量產之成功案例

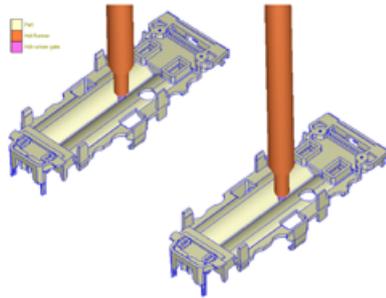
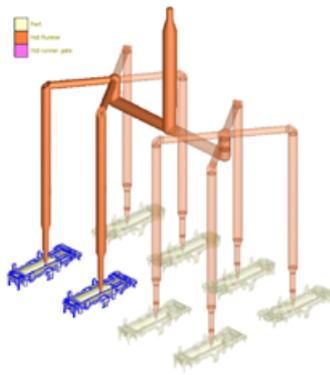
模具與射出成型之全生命週期過程會產生大量的工業數據，而這些數據有其先後次序及關聯性，善於應用工業數據的行為模型，對企業成員與企業會產生很大幫助。透過企業數位化平臺將軟硬體工具整合，包含模具設計、模流分析、模具智能製造平臺及射出成型系統，協助企業建設新世代智慧工廠，對於企業人才培育、業務發展、客戶關係有極大的意義價值。

## 啟動 T 零量產的決心

在 2018 策略會議中，朱總經理說：「我們試想著，即使有 1%『T 零量產』的成功，代表其他 99% 就有完全成功的機會。」並定訂了【全員邁向 T 零量產】的目標與決心。

## 成長軌跡 (~2021 年)

- 人均產值 / 年：2021 年產值 3.5 億。平均員工人數是 284 人 / 年，人均產值 125 萬人民幣 / 年；
- 工單達標率：100%。包含 652 套新模具開發以及超過 1000 多套舊模具的維護；



电动剃须刀精密机芯零件：

- 模具穴数：8穴
- 浇口形式：针阀式浇口
- 生产周期：16秒

圖 6：歐洲某著名品牌之電動剃鬚刀的精密機芯零件

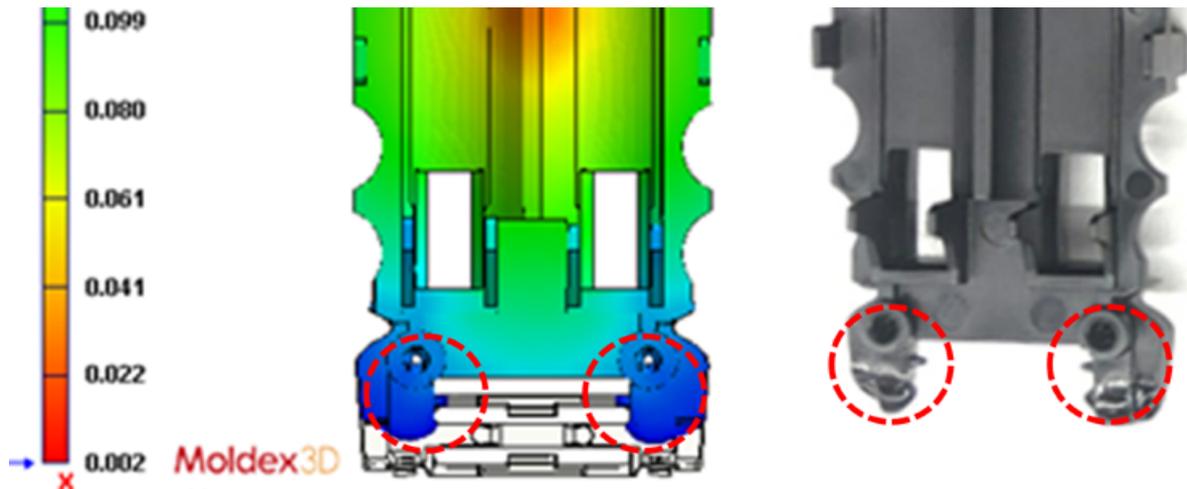


圖 7：流動波前對比，相似度達 95%

- **模具 T 零量產率**：58.8%。652 套模具，共 384 套模具 T 零量產；
- **設備稼動率**：平均 88.5%。每週設備工作 6 天，24 小時；
- **營收表現軌跡 (RMB)**：2016 年：3000 萬 2017 年：1.2 億 2018 年：2.5 億 2019 年：3 億 2020 年：2.5 億 2021 年：3.5 億。

成果案例

藉由「T 零量產」的能力建設與顧問輔導，OPPLE 集團公司的模具工廠脫胎換骨成一家卓越的模具與射出

成型企業，不僅將集團公司的產品高質量完成，也獲得外部高端客戶的信任，為其承擔更為挑戰的任務。

以下是以歐洲某著名品牌之電動剃鬚刀的精密機芯零件為案例，運用「T 零量產」的能力元素，以卓越的精度與速度，完成客戶的委託任務。透過下面簡要的重點說明，描述「T 零量產成功」的成果。

運用短射之流動波前對比是模流分析在模具試模的重要技巧。若相似度越高代表模具設計與實際試模的預測能力是越好。

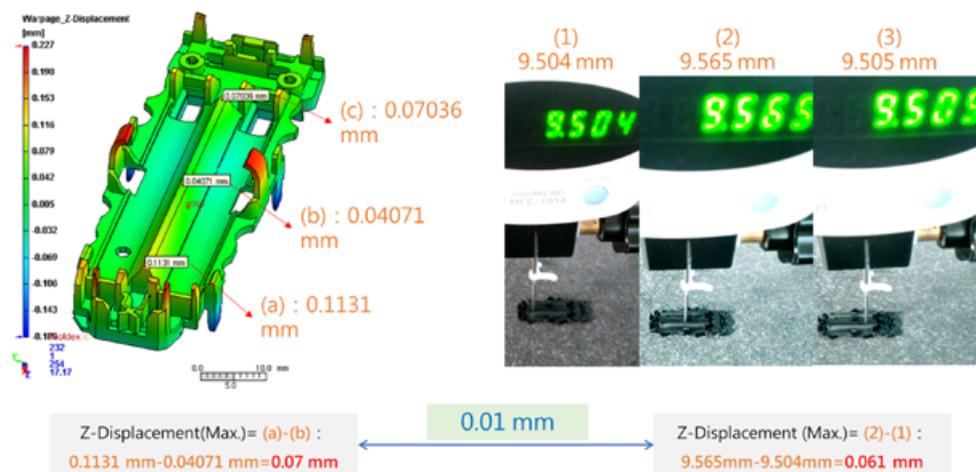


圖 8：平整度對比，相對誤差僅 0.01mm

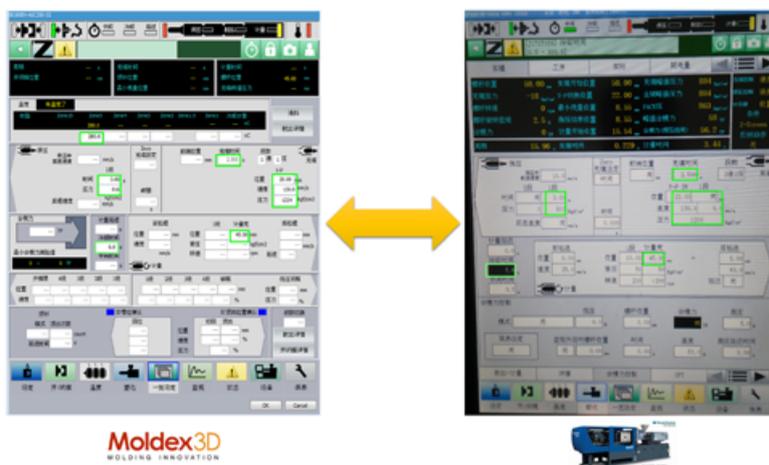


圖 9：成型參數對比，精確度達 90%

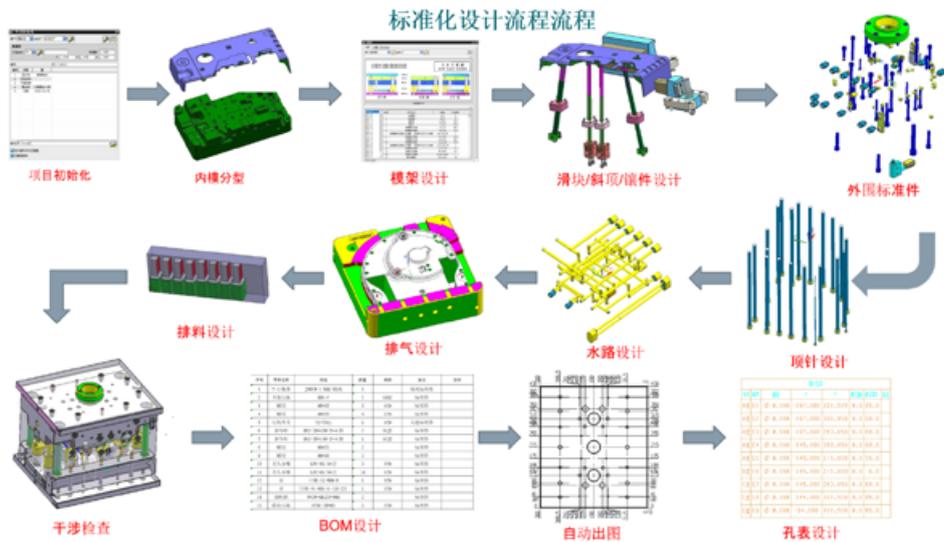
在此案例中，運用材料數據量測、模具設計、模流分析、射出機臺性能響應數據，加上模具製造過程的精準質量，我們可以看到模流分析流動波前與試模樣品流動波前的比對，二者的高度相似是令人驚訝。

在樣品的上部波前比對是相似之外，微察樣品的下半部波前的比對，可以看到有二個小小凸點，其外型幾乎是一模一樣。

運用數位孿生技術的支持，模流分析軟體——Moldex3D 可以產生相對應之射出射出成型機控

制器面板與工藝參數，協助工程師進行調機與試模。

在這實例中，工程師最後的微調工藝參數結果（圖 9 右）與虛擬控制面板（圖 9 左）之間的數據高達 90% 相似。這案例，在第一次試模（T 零）就得到客戶的認可，快速進入生產狀態。令客戶印象深刻！■



## 夯實模具標準化基礎，邁向智能化高效設計

■青島維特信息科技有限公司 / 張祥富 經理

### 前言

模具設計是模具整個製造過程的源頭，模具設計決定了模具製造的效率、品質、成本、加工工藝，同時也決定了射出生產的穩定性、效率和成本。所以模具設計非常關鍵，是模塑製造的核心技術，需要系統性規劃，為後續智能製造做好基礎。

為了提升模具設計的效率、準確性、降低設計失誤、降低模具設計對人員技術的要求，企業應當重點加強：

- 模具企業設計標準化和智能化設計理念，培訓、輔導落地、執行；
- 梳理標準化體系包括：標準化零件、設計規範標準化、作業模式標準化；
- 將企業標準化技術通過系統軟體的方式固化，人人按標準設計，保證標準化執行落地；
- 通過智能系統完成企業技術的積累和沉澱，避免人員流動造成對企業技術能力的影響；
- 通過建立大量的標準庫、標準模組並開發大量的快

捷集成設計方式，大幅提升設計效率；

- 通過智能化設計系統完成大部分重複和繁瑣的工作，解放設計師將主要精力用在模具和核心技術上如：分型、結構合理性、工藝優化等與產品相關的技術。

模具企業競爭激烈，交期、成本、品質壓力大，傳統模具設計已經不能滿足市場需要，需要全面系統性變革，利用先進軟體技術執行標準化並融入豐富的專家經驗變革模具設計模式：

- 平臺化智能設計，協同設計。
- 建立標準化專家技術庫、知識庫、標準化設計，降低設計人員技術要求。
- 系統規劃標準化零件庫、結構設計模組化，提升標準執行統一性和準確性。
- 通過標準快捷設計系統，大量減少工程師繁瑣、重複性的操作，釋放設計師時間和精力，專注於產品成型及核心技術工藝。

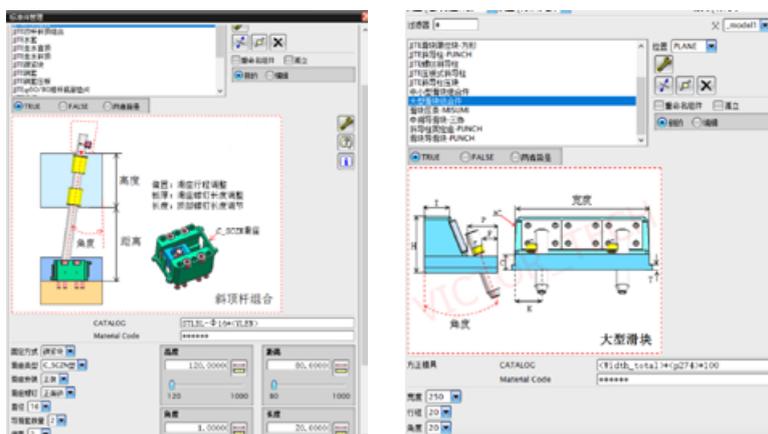


圖 1：3D 標準化設計平臺，將已制定標準建立 3D 庫平臺，實現標準統一



圖 2：模具設計面臨的瓶頸

## 標準化整體優勢

設計前期零件標準化的完善，採購成本降低，設計效率提升，模具週期縮短，不斷增強企業整體競爭力。同時設計標準化後，編程和製造部門也可以進行相應的加工標準化，實現更加高效統一的生成節拍。

## 模具行業標準化發展趨勢

隨著模具行業信息化、數據化、自動化、智能化、工業互聯網的發展模具設計向智能化轉型升級是必然趨勢。模具設計是模具製造的源頭，標準化、數據化、協同化、智能化模具設計必須要系統性規劃。

標準化也是企業管理和技術沉澱的最好方式，模具行

業的轉型升級設計是關鍵，是模具智能製造的源頭。標準化無疑是模具製造過程中推動信息化和自動化的源頭，一步跨不到信息化、自動化、智能化，很重要的基礎就是前端的標準化，決定了能否順利推動模具企業整體信息化、自動化、智能化成功的關鍵。

## 模具企業標準化搭建包括

管理流程、作業標準、工藝標準、技術標準、零件標準、公差標準、模組化、設計標準化等。

標準化的積累也是後續進行模具自動化技術和管理的基礎工作，積累到一定程度就很容易實現自動化和系統化升級。

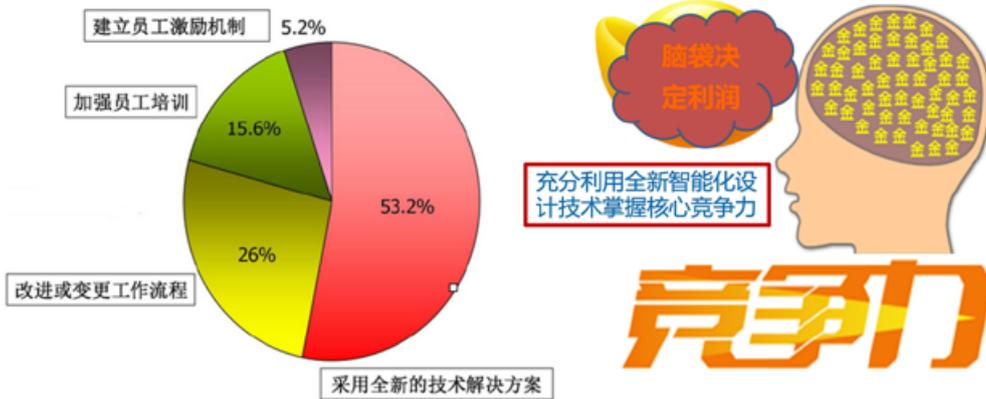


圖 3：如何保持模具企業的核心競爭力——創新

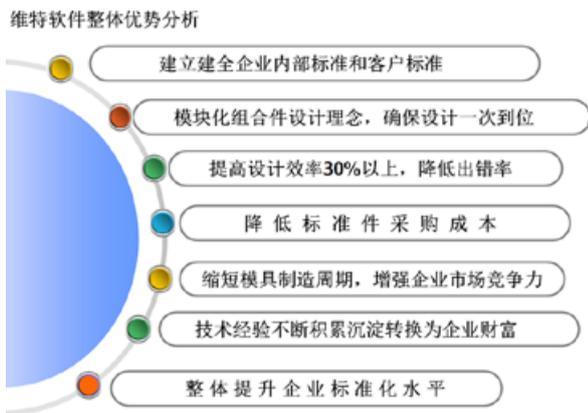


圖 4：標準化整體優勢

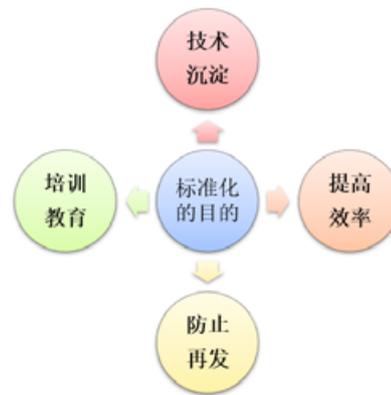


圖 5：標準化的目的在於提高效率、技術沉澱、培訓教育，以及防止再發

一流企業永遠是在做標準，能成為行業標準的制定者，一定是行業的引領者。優秀的模具企業都非常重視內部標準化體系建設。

標準化、信息化、自動化、智能化是行業發展方向和趨勢，而標準化是關鍵基礎，作為所有數據輸出的源頭，設計標準化的程度提升會大大縮短設計週期、降低採購成本，同時也可以帶動後續加工部門的標準化程度。

模具行業競爭越來越激烈，如何確保短週期、低成本，通過搭建起企業標準化設計平臺，實現信息技術與生

產管理高度融合，能夠顯著增強模具企業研發的設計能力進而縮短研發週期，降低研發成本，降低設計準入門檻；同時也是企業對外實力展示的一個窗口，可以站在更高的平臺與同行競爭，確保自身優勢。

#### 模具企業標準化帶來的好處

- 智能模具設計的源頭標準化，是後續加工工藝、編程、加工等標準化的基礎；
- 讓模具開發和製造有序進行；
- 誰做都一樣，降低人為因素影響；
- 模具開發效率提升，模具品質穩定有保障；
- 模具成本降低。

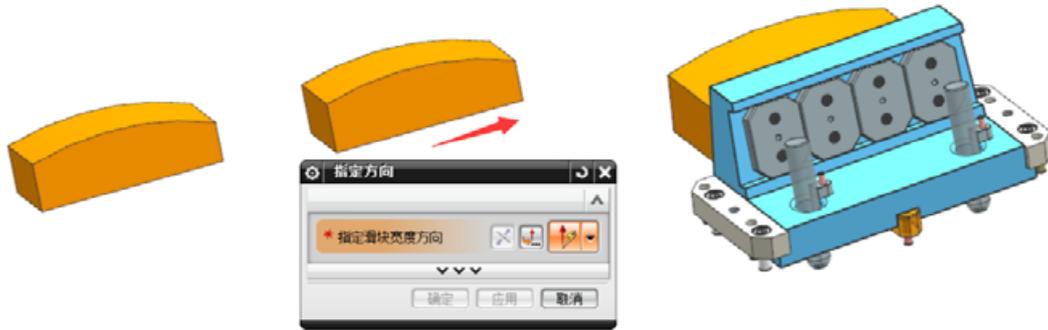


圖 6：應用案例——自動滑塊設計

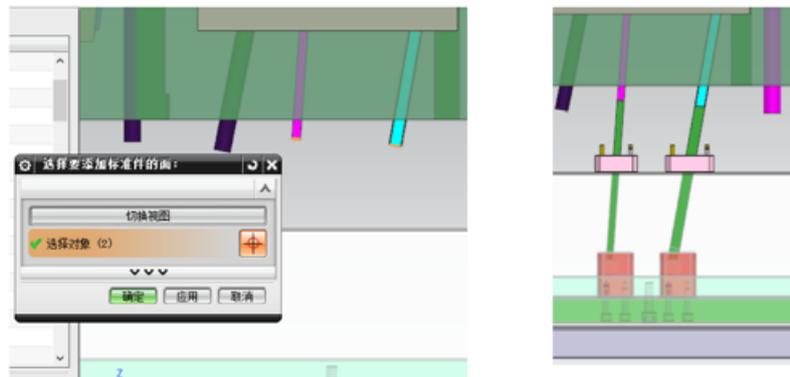


圖 7：應用案例——自動斜頂設計

## 模具企業標準化的未來

- 運用技術將標準固化；
- 利用大數據分析標準化，降低經驗的影響；
- 共享標準化，從而形成行業標準；
- 標準化會同精益製造相結合，大數據分析將充分發揮作用，讓標準更準。

## 應用案例

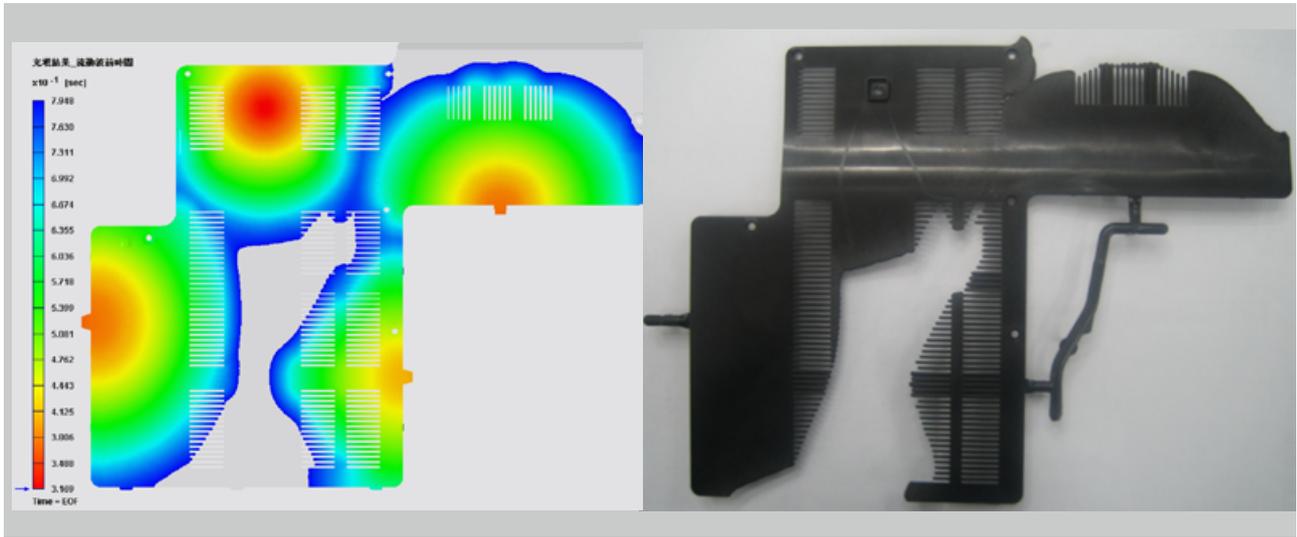
### 案例一：自動滑塊設計

設計人員把滑塊頭部設計完成後，後端自動匹配成組生成，組合標準件（耐磨板、壓條、斜導柱、導滑）全部匹配到公司標準，確保所有設計人員對於標準執行的統一，整個滑塊生成不到 1 分鐘，在標準化基礎

上極大提升了設計自動化效率。

### 案例二：自動斜頂設計

設計人員把斜頂頭部設計完成後，後端自動匹配成組生成，自動定位匹配到模架對應位置上，組合標準件（滑座、導滑塊）全部匹配到公司標準，包括假體符合要求，確保所有設計人員對於標準執行的統一，實現批量操作，批量生成，在標準化基礎上極大提升了設計自動化效率。■



## 運用 CAE 模流分析解決網孔毛邊之模具設計

■誠模精密科技 / 李海 模流分析高級工程師

### 前言

NB 上的網孔設計，其目的在於增強散熱或聲音的通透性。而在模具設計時，網孔區域應特別引起重視，因為其流動阻力大，壓力損失高，極容易形成充填短射，需要較高的充填壓力；但過高的充填壓力，也容易使其產生毛邊溢料，在模具加工時，此區域就要做相應的預留，使其能夠配合更緊密。無論是出現短射還是毛邊，模具的維修成本都比較高，所以在設計時，澆口位置和流道大小的選擇就相當重要。那麼，怎樣在多種方案中挑選最佳設計，使出現上述不良的幾率降至最低呢？

CAE 模流分析的產生，為我們的選擇提供更多參考。而模擬網孔流動的準確度能否保證，分析結果是否可信？在模擬網孔流動時，又該注意什麼？本文為網孔模擬分析提供一個實例。

### 案例簡介

#### 產品說明

此案例為 NB 下蓋（如圖 1），其尺寸為 261.27\*212.55\*12.5mm，肉厚為 1.2mm，使用的成型材料為 PC+20% Mineral、Mitsubishi / BCB992

#### 成型機臺與成型條件

使用的機臺為臺中精機 350T，其螺桿直徑 50mm，最大射速 172mm/s，最大射出壓力 187Mpa，最大射出量 372g。其中成型條件設定如表 1。

#### 問題點

因產品網孔較多，肉厚為 1.2mm，較薄。成型後，局部網孔易出現毛邊，調機無法解決；經過 3 次變更澆口流道設計，改善仍不明顯。經檢查，模具上網孔區域高度公差為正 0.03mm，屬緊密配合。需用 CAE 模擬流動分析，尋找解決對策。

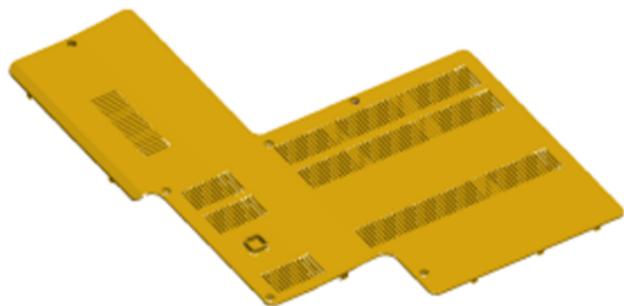


圖 1：產品模型

## 模流分析

### 原始設計

本產品採三板模四點進膠（一處針點、三處側澆口），橫流道尺寸為上 7\* 下 4.88\* 高 6mm，等同於  $\Phi 6.73\text{mm}$  圓形；針點進膠點尺寸為 a: $\Phi 1\text{mm}$ ；側澆口進膠點尺寸為 c:7\*1mm、b:8\*1mm、d:6\*1mm。

### 情景重現（依據成型短射，修正網格）

網孔區域影響流動原因在於模壁對塑膠流動產生的摩擦阻力，從而導致流動性下降；另外，網孔區域與模壁接觸面積增大，散熱加快，易產生冷料，降低料溫，黏度上升。

網孔處肉厚設定不能直接定義量測厚度，需要用到等效設定（如圖 3）；通過等效設定後的模擬分析結果（圖 4）與實際成型短射（圖 5）對比，相似度為 70%；在等效設定後，再將肉厚減少 0.15mm 模擬分析（圖 6）與實際樣品相似度為 90%，所以，肉厚修正是必要的。修正網格後，成型條件如表 2。

### 原因分析

產品（如圖 7）紅圈中網孔處是易產生毛邊的區域，其原因：

充填時間	0.9s	充填壓力	101.57Mpa
模具溫度	80°C	塑料溫度	280°C
保壓時間	2.5s	保壓壓力	91.41Mpa

表 1：原始設計成型條件

- **流動不平衡**：後充填處需要持續加壓，先充填處已進入保壓狀態；
- **壓力集中**：毛邊處為 a、c、d 三澆口結合交匯處，易產生壓力過剩現象（如圖 8）；
- **需求鎖模力過大**（如圖 9）。

### 修改對策

針對上述可能造成網孔毛邊的原因，制定相應對策：

- 變更澆口大小及位置，達到流動平衡；
- 移動澆口位置，解決壓力集中現象；
- 建議客戶更改網孔結構；

#### 方案一：

- b 處澆口向下移動 14mm，由 8mm 寬加大至 12mm；
- c 處澆口由 7mm 寬加大至 12mm；
- d 處澆口向右移動 35mm；

#### 方案二：

- 在方案一變更基礎上，將圖 12 紅圈中盲孔區域肉厚由 0.6mm 加膠至 0.9mm；

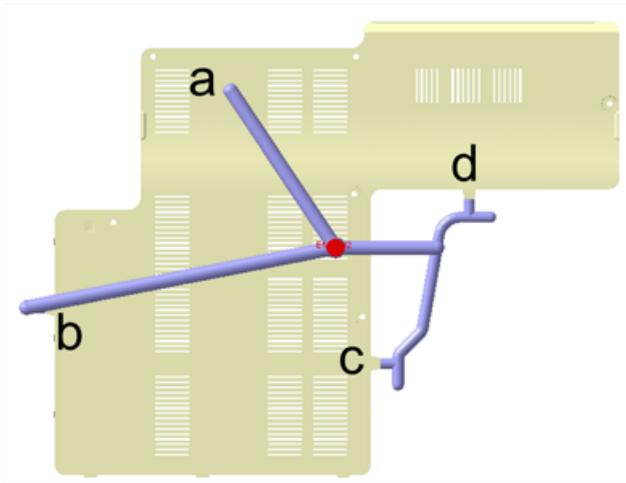


圖 2：原始設計

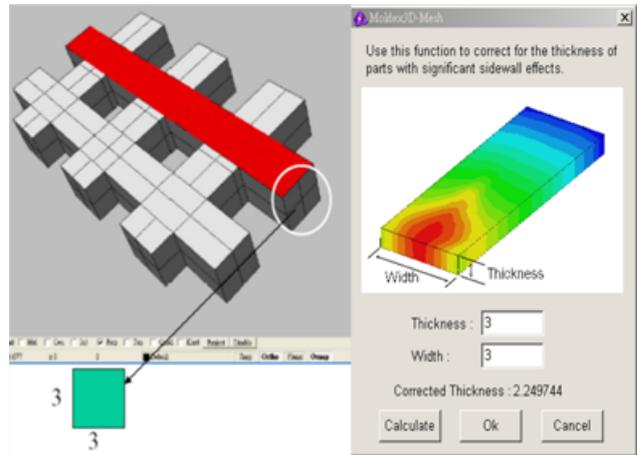


圖 3：等效肉厚設定

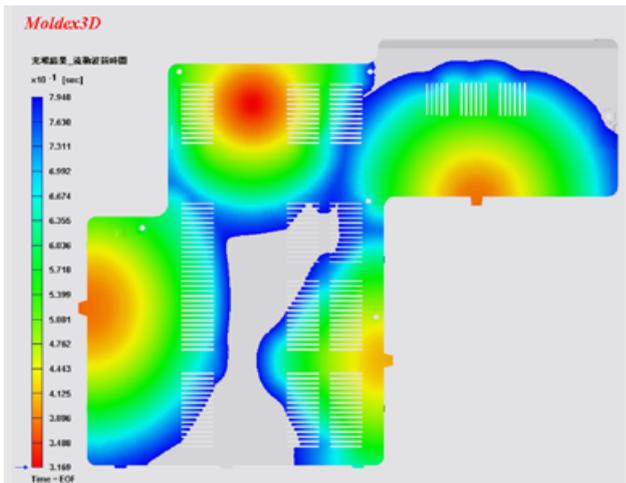


圖 4：原始模擬分析



圖 5：實際試模短射

### 結論

在運用 CAE 模擬網孔流動前，定義其肉厚非常關鍵，一般需要在等效肉厚基礎上再減少 15% 的厚度，以此表現出網孔充填困難的特徵：正確的輸入模型，不僅是 CAE 模擬的基礎，也是達到真實模擬效果的首要條件。

而 CAE 模流分析模型建構中，無法建構毛邊的模式，只能借助模擬分析流動波前、壓力、鎖模力等資料綜合研判，提前預測最可能出現毛邊的區域，並且通過模擬分析找到最行之有效的解決方案。

正確運用 CAE 模擬分析，能避免因重複修改和多次試模造成不必要的成本浪費。■

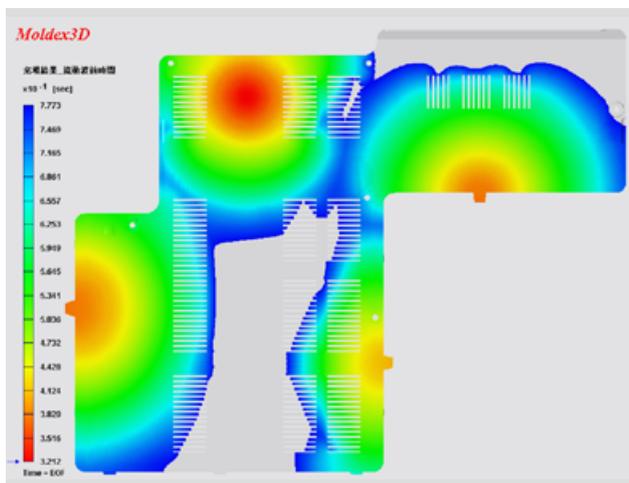


圖 6：網格修正分析

充填時間	0.9s	充填壓力	114.72Mpa
模具溫度	80°C	塑料溫度	280°C
保壓時間	2.5s	保壓壓力	86.57Mpa

表 2：網格修正成型條件

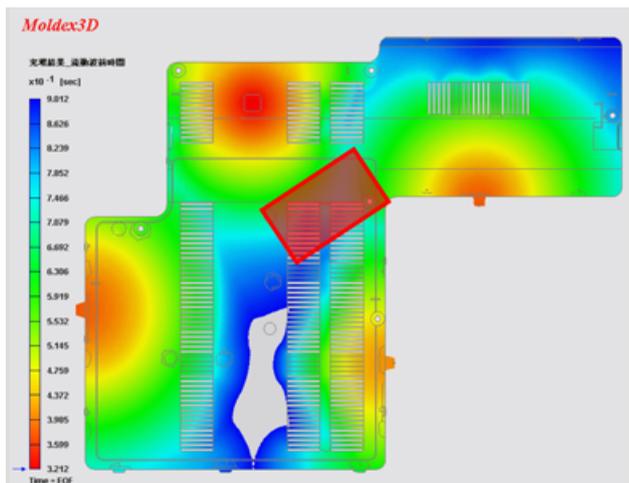


圖 7：流動波前 95%

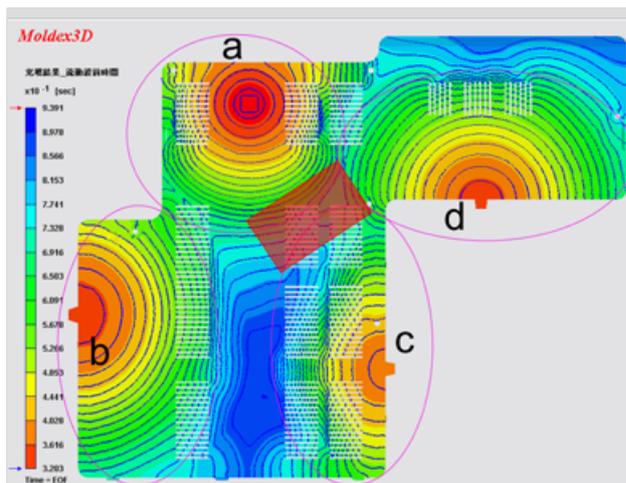


圖 8：澆口充填區域

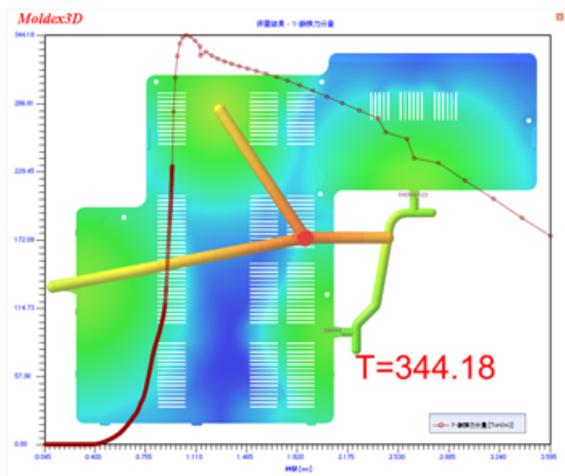


圖 9：原始設計鎖模力

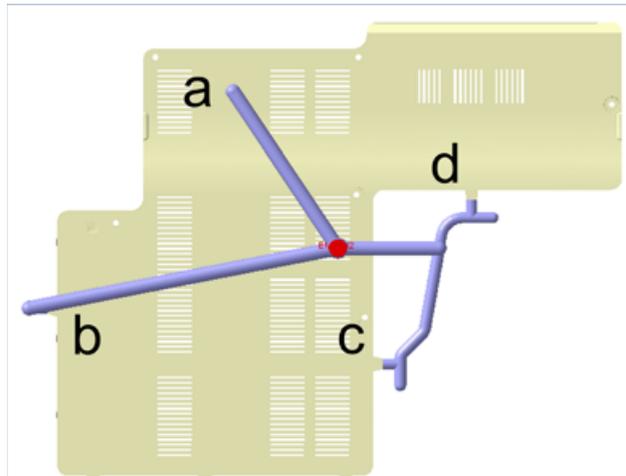


圖 10：原始設計

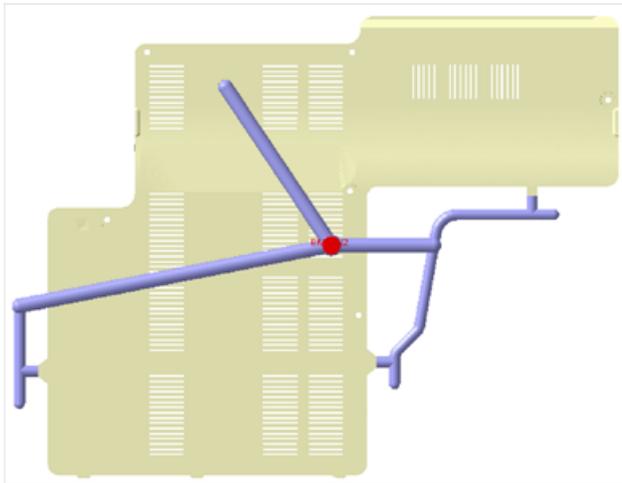


圖 11：方案一

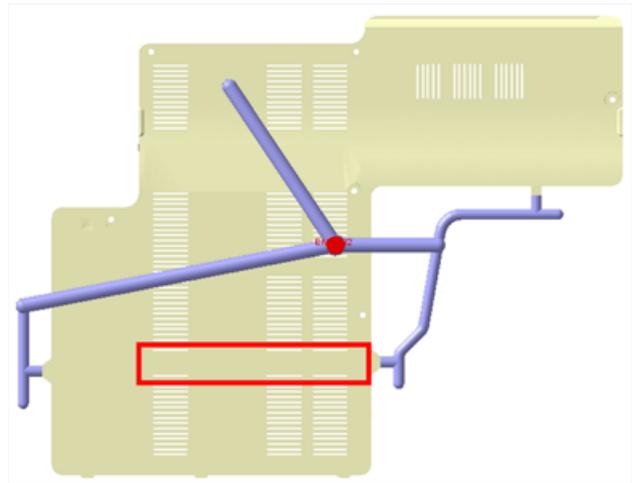


圖 12：方案二

充填時間	0.9s	充填壓力	107.20Mpa
模具溫度	80°C	塑料溫度	280°C
保壓時間	2.5s	保壓壓力	80.79Mpa

表 3：方案一成型條件

充填時間	0.9s	充填壓力	95.74Mpa
模具溫度	80°C	塑料溫度	280°C
保壓時間	2.5s	保壓壓力	77.45Mpa

表 4：方案二成型條件

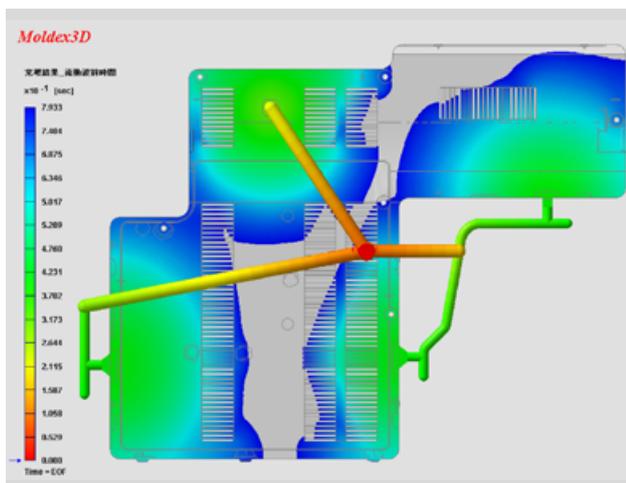


圖 13：方案一流動波前 85%

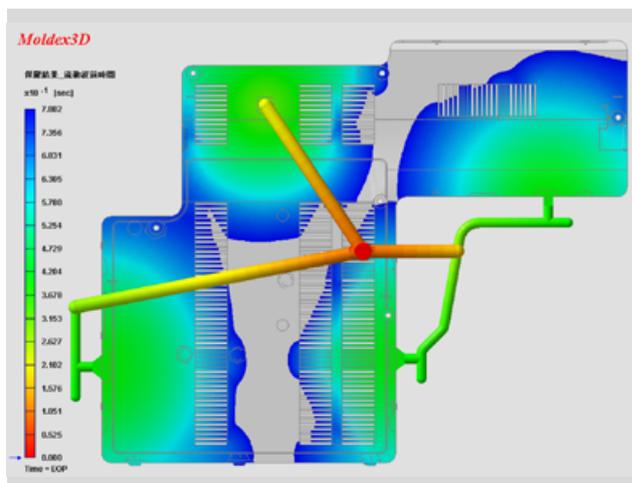


圖 14：方案二流動波前 85%

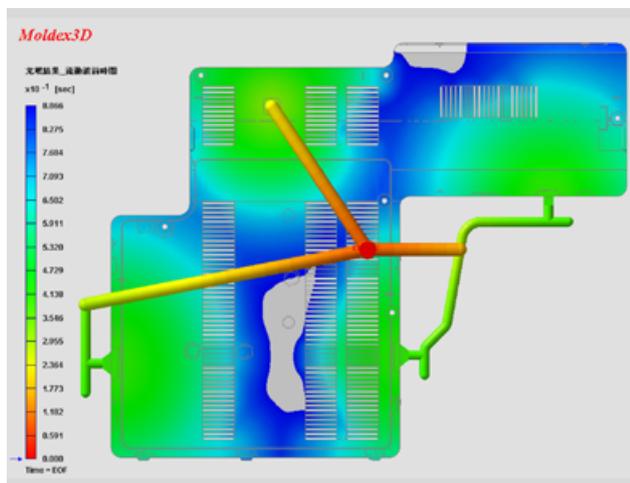


圖 15：方案一流動波前 95%

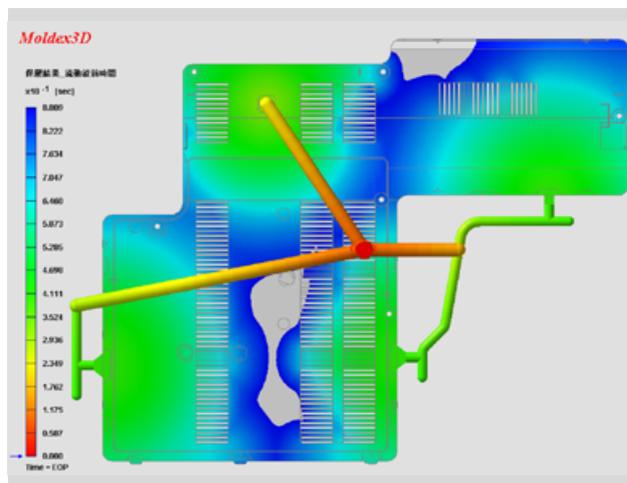


圖 16：方案二流動波前 95%

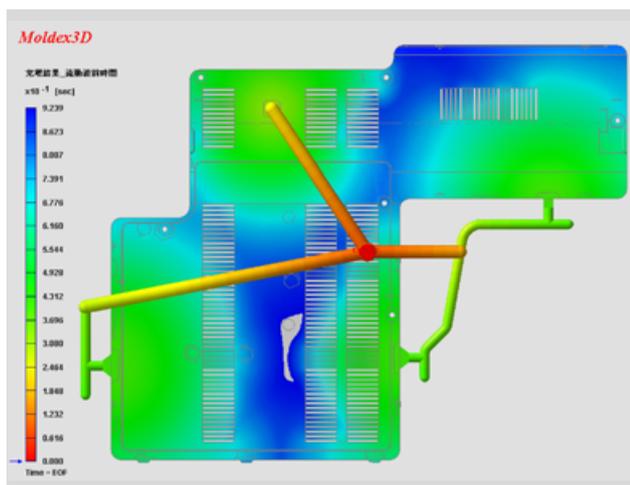


圖 17：方案一流動波前 99%

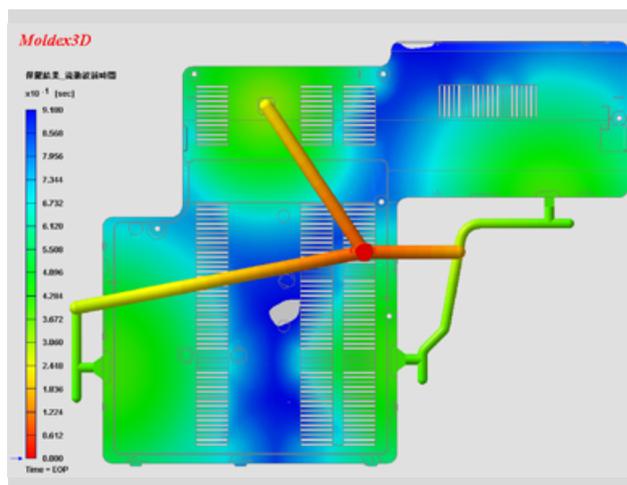


圖 18：方案二流動波前 99%

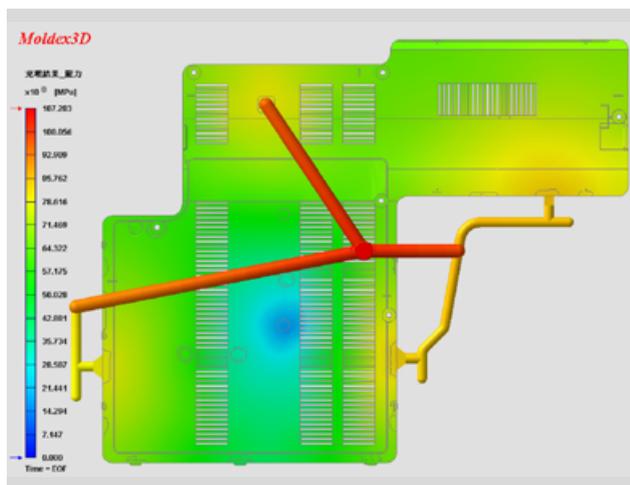


圖 19：方案一充填壓力

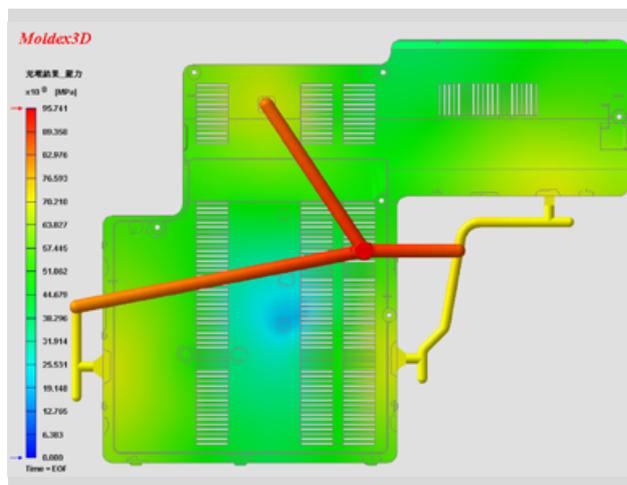


圖 20：方案二充填壓力

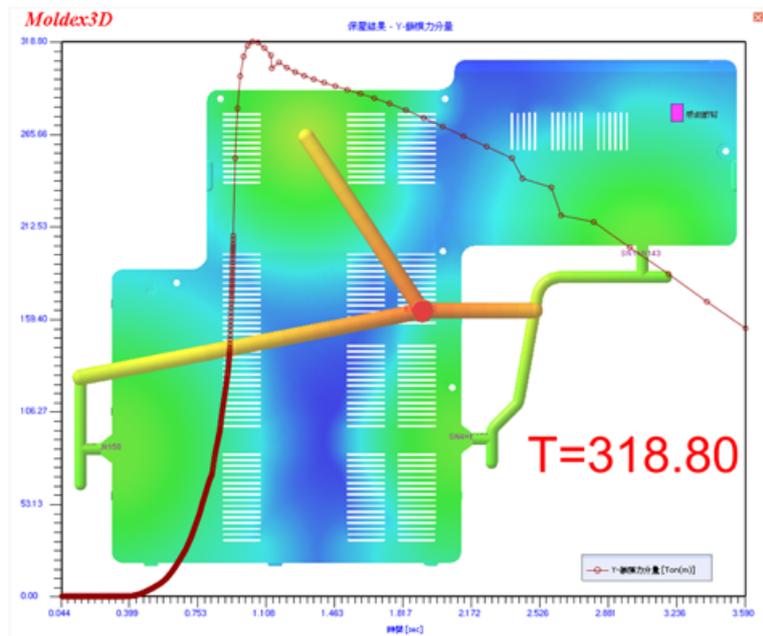


圖 21：方案一鎖模力

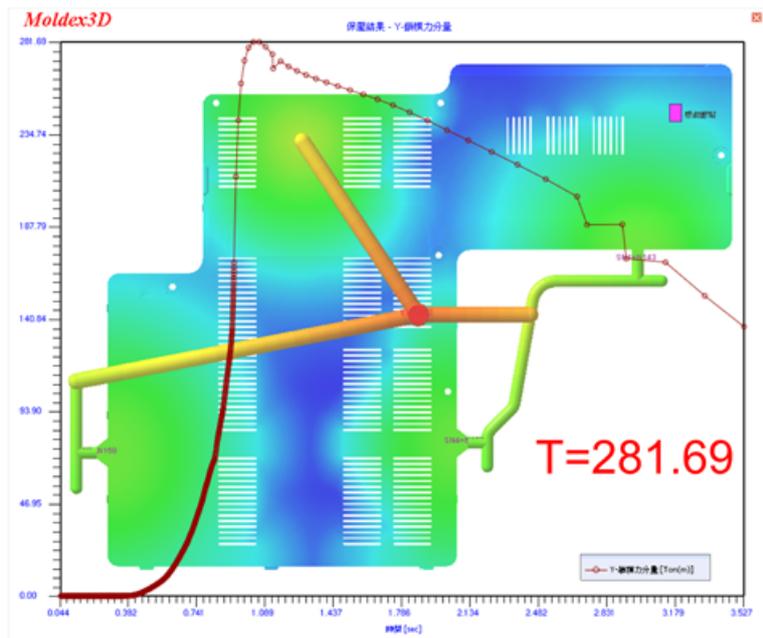


圖 22：方案二鎖模力

# A+ 國際創新研發 合作補助計畫



## 關於本計畫

為鼓勵我國廠商與國外機構進行研發合作，經濟部技術處於105年，將「歐盟多邊創新研發成員補助計畫」及「臺以創新研發成員補助計畫」納入「A+企業創新研發淬鍊計畫」「專案類計畫」項下，以協助國內廠商參與歐盟研發計畫及鏈結以色列創新研發能量；107年新增「臺德」及「臺西」創新研發成員補助計畫；108年更新增「臺捷」創新研發成員補助計畫，期進一步深化臺灣與歐洲及以色列的創新研發合作。

## 審查方式

- **歐盟多邊**：歐盟計畫通過歐盟端審查後，臺灣參與廠商方可提出本計畫申請，並俟本計畫審查通過後，始正式取得補助資格。
- **雙邊(臺以、臺德、臺西、臺捷)**：雙方各自審查及補助各自廠商，惟本計畫須雙方皆通過審查時，始正式取得補助資格。

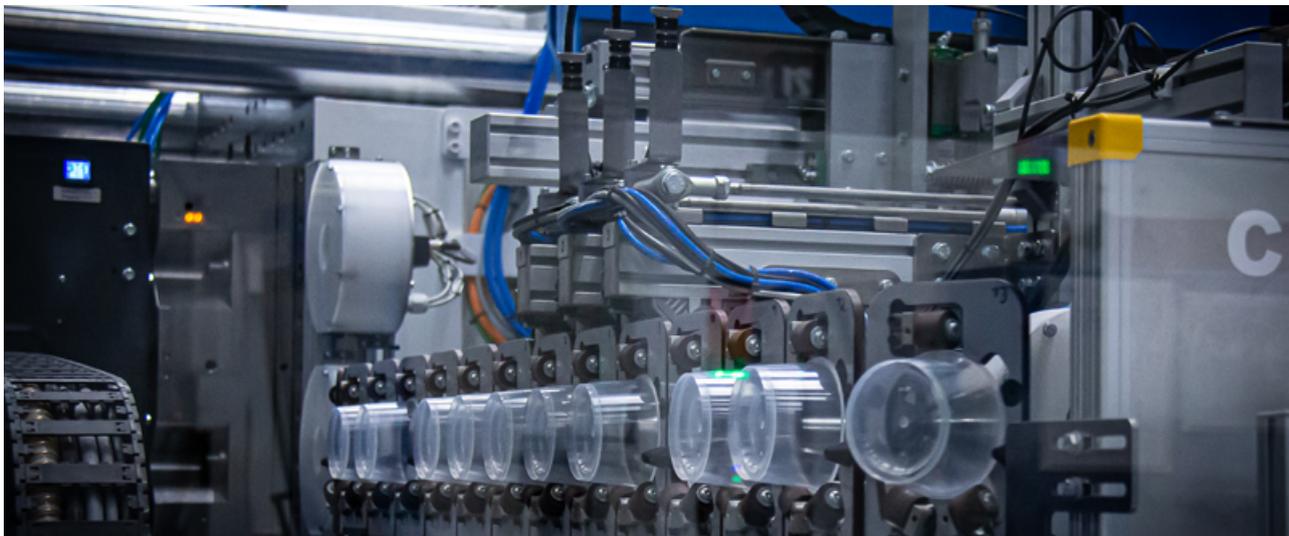
若您或貴公司對國際創新研發合作補助計畫或國際合作有興趣，請洽工研院產科國際所相關負責人

- 臺西：林軒宇 03-5913596 / LinHY@itri.org.tw
- 歐盟：薛家涵 03-5914911 / Cleo.hsueh@itri.org.tw
- 臺捷：呂俞穎 03-5916528 / wayne.lu@itri.org.tw
- 臺德：郭正義 03-5914877 / kuovincent@itri.org.tw
- 臺以：胡曉 03-5913425 / XiaoHu@itri.org.tw

合作國別	合作型態	合作對象	補助條件	計畫年限	補助上限
歐盟	多邊	產官學研	計畫通過歐盟審查	2~5年	不超過臺方計畫總經費之50%
以色列	雙邊	企業	兩國對各自企業的審查皆為通過	最長3年	
西班牙		企業			
德國		中小企業			
捷克	企業				



Contact Us



## ENGEL e-speed 協助 Greiner Packaging 突破生產瓶頸

■ ENGEL

### 客戶案例

Greiner Packaging 總部位於上奧地利州的 Kremsmünster，生產塑料包裝已有 60 多年的歷史。它充滿熱情和持續進步的動力。一個重要的驅動因素：「可持續發展」。包裝變得越來越輕，需要的原材料越來越少，這給製造工藝帶來了新的挑戰。借助 ENGEL 的 e-speed 射出機，Greiner Packaging 降低了食品容器的壁厚，同時提高了效率。

「我們客戶的要求是：重量更輕，二氧化碳排放量更低，同時保持容器穩定性，可回收性得到提高，」最近完成的一個項目的 Greiner Packaging 應用工程師 Andreas Ecker 如此表示。客戶是奧地利乳製品企業 Ennstal Milch，該公司採用 IML 工藝製成的聚丙烯單一材料薄壁杯盛放希臘酸奶，走上了高度可持續發展的道路。但這家乳製品製造商希望變得更好，於是求助於 Kremsmünster 的 Greiner。後者現在負責生產這些杯子，使用的材料比以前少 20%。

「我們成功地將容器厚度減少了 0.1 毫米，現在壁厚為 0.3 毫米，杯底為 0.35 毫米。模內貼標——IML 為輕量化趨勢提供了支持，」Ecker 如此說道。標籤提供了額外的穩定性，即使它本身只有不到 50 微米的厚度。詳盡的產品測試沒有發現任何缺點，無論是在灌裝、物流方面還是對消費者而言。新設計的酸奶杯在已灌裝情況下也可安全堆疊，在舀食時可以舒適地放在手中，沒有明顯差異。此外，它們不僅適用於冷灌裝，還適用於高達 85 攝氏度的熱灌裝。這對 Greiner 來說很重要，因為並非 Ennstal Milch 和希臘酸奶才受益於新的薄壁組合。不同形狀的新型 IML 輕質杯針對許多其他產品生產。

「射出技術可實現特別大的形狀變化和非常嚴格的製造公差，」Kremsmünster 工廠負責人 Engelbert Pranzl 說。無論是封邊還是底部，圓形還是方形——每家食品生產商都有自己獨特的包裝設計，Greiner 必須靈活地適應。這家專業包裝製造商從



圖 1：Greiner Packaging 開發了一種由 PP 製成的酸奶杯，節省材料達 20%

Kremsmünster 向全球市場供貨。重點是歐洲，因為在美國和亞洲有面向當地客戶的其他生產基地。

### 優化利用液壓優勢

生產過程的調整使降低食品杯壁厚得以實現。Greiner 投資了其長期機械製造合作夥伴 ENGEL 的一臺新型 e-speed 380 射出機。「我們利用混合動力機器的液壓動力優勢，」Andreas Ecker 說。「在射出時需要極高的動態性能，使用電動射出單元將達到負載極限。對於酸奶杯，我們的壁厚流道比為 1：240。」

考慮到高機械應力，ENGEL 設計了 e-speed 射出機，它將電動鎖模單元與混合射出單元相結合，專門用於高速薄壁應用。曲杆為封裝設計，從而確保了食品工業所需的清潔度。

隨著去年該系列的擴展，所有鎖模力尺寸的性能都得到進一步提高。採用電動配料驅動裝置的液壓內聯射出單元現在可達到更高的射出性能。它針對最高每秒 1200mm 的射出速度設計。機床床身和模具模板也根據薄壁包裝的要求和多腔模具的使用（無論是否包含 IML）進行定制。這與穩固性相關，但最重要的是機器運動的精度。可重複性對模內貼標尤為重要。

### 包含最高能效

Ennstal Milch 酸奶杯在 6 腔模具中以全自動方式生產。3800 千牛頓的射出機配備了荷蘭 IML 專家 Brink 的高速自動化系統。機械手從料庫中拾取 IML 條帶並將其放入模具中。射出後，它將經過裝飾並準備灌裝的杯子脫模，送至質量控制環節，並將其堆疊在輸出帶上。從那裡，堆疊的杯子同樣以自動化方式包裝在紙箱中。攝像頭進行外觀質量檢查。此外還將檢查標籤是否正確貼合等，以便灌裝產品以後不會漏出並在杯子中得到可靠的保護。零缺陷——這是 Greiner 客戶的要求。

射出機、自動化和質量控制旨在實現靈活性，以較短的轉換時間更換容器和標籤模具。在整個產品和模具範圍內追求非常高的能效是不變的要求。

為了在快速運行中以極高的節能性工作，e-speed 380 配備了能量回收系統。該系統吸收運動中的模具模板的制動能量並將儲存的能量傳回電機以再次加速模板。「機器的能效對我們來說是一個重要的決策標準，」Engelbert Pranzl 強調道。「儘管我們不斷提高生產設備的性能，也致力於每年降低能耗。」Greiner Packaging 聘請了自己的能效經理，在駐地嚴



圖 2：食品容器變得越來越輕，需要的原材料越來越少，這給製造工藝（無論是否含有 IML）帶來了新的挑戰

格監控所有能效項目，其中特別關注的是生產過程。工廠內較舊的液壓射出機逐漸由混合動力或全電動射出機取代。

## 共同推動發展

大約 20 年前，ENGEL 首次向 Greiner 交付了一臺全電動射出機。ENGEL 電驅動技術的發展與 Greiner 密切相關。兩家公司在許多項目上都是開發合作夥伴。「我們從用戶的角度提供了大量的知識和經驗，」Pranzl 說。「我們對 ENGEL 的讚賞之處在於，我們作為用戶的意見得到了傾聽，並且來自用戶的建議確實融入了機器的進一步開發中。例如在 e-speed 射出機模具模板的支架上，我們再次找到了我們的想法。」

另一個例子是 ENGEL 在 Fakuma 2017 展出的 ENGEL Viper 線性機械手 Speed 版。這原本是針對 Greiner Packaging 的一項特殊開發。在 Greiner 的許多不包含模內貼標的應用中，viper 機械手將產品從射出模具中取出。「在 Speed 版本中，viper 機械手保證了非常短的干預時間。因此我們可以進一步縮短整體週期時間，」Pranzl 說。

「這種充滿讚賞但又非常苛刻的要求形成了我們的合作，」ENGEL 奧地利中部地區銷售負責人 Klaus Mittmannsgruber 強調說。合作夥伴將彼此之間的距離視為一種優勢——Kremsmünster 距離 Schwertberg 的 ENGEL 總部僅 45 分鐘車程——並且都希望疫情進展能夠再次允許更為頻繁的面對面會議。儘管線上展會和 ENGEL 的線上研討會對 Greiner 團隊來說是令人興奮的經歷。「創新以高效的形式呈現了出來。我們能夠提出有針對性的問題，並在一個較小的群體中探討具體的要求，」Pranzl 說。「如果無法進行面對面的會議，ENGEL 開發的虛擬形式提供了一個非常好的替代方案。」

## 對新材料開放

對於提高可持續性和循環經濟的發展，包裝製造商、機器製造商和食品行業齊心協力。Greiner Packaging 和 ENGEL 都是「面向未來的包裝」的創始成員。該計劃聚合了包裝價值鏈上企業的專業知識、經驗和努力，旨在實現以節約資源的方式使用包裝。

Greiner Packaging 的首要議程是在未來節省更多的材料、減少二氧化碳，使所有包裝百分之百可重複使用、



圖 3：借助 ENGEL 的 e-speed 射出機，Greiner Packaging 的 Engelbert Pranzl（左）和 Andreas Ecker（右）降低了食品容器的壁厚，同時提高了效率



圖 4：「機器的能效對我們來說是一個重要的決策標準。我們致力於每年降低能耗，」 Engelbert Pranzl 說

可回收或可堆肥，並更多地利用回收材料。rPET 是第一種獲得歐洲食品安全局積極評價並被批准用於生產食品包裝的回收材料。Engelbert Pranzl 確信 rPP 也將緊隨其後。此外，致力於 PET 耐熱性的工作正在進行中，以便 rPET 很快也能適用於乳製品的包裝。如今，Greiner Packaging 已在加工生物塑料，其比例也將繼續上升。「我們希望到 2030 年成為一家氣候中立型企業，」 Pranzl 說。機械製造合作夥伴 ENGEL 有能力在此過程中為其客戶提供支持。■



圖 5：「我們客戶的要求是：重量更輕，二氧化碳排放量更低，同時保持容器穩定性，可回收性得到提高，」 Andreas Ecker 表示（圖片來源：Greiner Packaging）



## 金屬 3D 列印在模具製作上實現工時縮短的案例介紹

■ Sodick / 張翼 副部長

### 前言

近年，金屬 3D 列印工藝隨著工藝的日趨成熟，在模具中特別是塑料模具和射出模具上的應用已經越來越多。目前很多人已經認識到了通過金屬 3D 列印製作模具時能夠在模具的內部作出冷卻用的 3D 水路，從而能大幅度的提升塑料模具、壓鑄模具的冷卻效率，進而縮短冷卻時間和提升產品的品質。

金屬 3D 列印工藝雖然可以提升傳統模具的冷卻效率，但是由於受目前列印速度的制約，在模具製作時相對於傳統製作來說仍然有時會存在工時偏多的現象，這也往往成為人們對金屬 3D 列印應用產生猶豫的原因。

然而，金屬 3D 列印與傳統加工相比，工時增加還是減少這個其實要根據工件（模具模仁）的形狀特徵去綜合判斷的。有些模具形狀特徵比較簡單，傳統加工容易，這樣使用傳統加工時的工時就會比使用金屬 3D 列印時少；有些模具形狀特徵比較複雜，傳統加工工

序多，這種情況使用金屬 3D 列印 + 部分傳統加工所使用的工時就很可能會比使用傳統加工少。

下面就給大家介紹一個我司近期金屬 3D 列印製作模具實現較傳統加工工時縮短的一個事例。

### 3D 列印方法與傳統加工方法對比實例

本案例產品存在需要放電加工的細節特徵（圖 1 中紅色箭頭所指的鋸齒樣細節特徵），3D 列印加工可以實現均勻的餘量，減少電極的數量和放電的工時。

- **零件：**凹模型腔（射出成型）；
- **尺寸：**φ54 x L34mm；
- **水管：**隨形水管；
- **材質：**STAVAX (SUS420J2)；
- **硬度：**HRC52±2；
- **數量：**16 個。

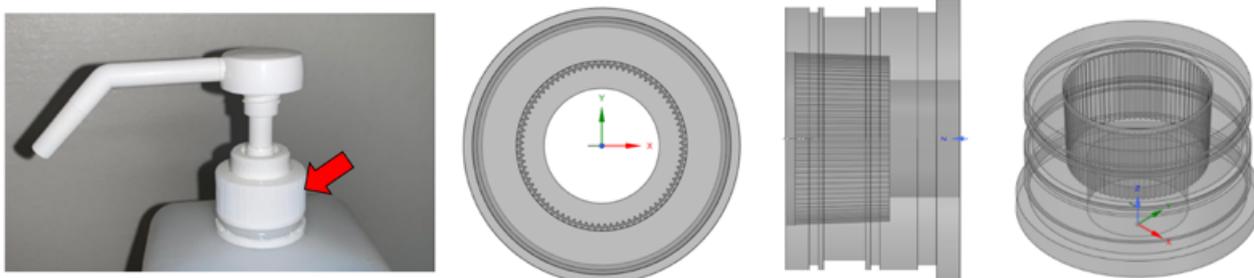


圖 1：產品應用案例，透過 3D 列印加工方式實現均勻地餘量，減少電極的數量和放電的工時

### 加工流程的比較

#### · 傳統方法

下單備料→材料到達→熱處理前粗加工（車床加工）→熱處理（淬火·回火）→車床精加工 / 電極加工→放電加工。

#### · 3D 列印方法

3D 列印→線割→熱處理（淬火·回火）→車床加工→放電加工。

### 放電加工時間縮減的理由

#### · 傳統方法

- 車床粗加工後，鋸齒部分還只是個圓形，鋸齒處餘量不均勻。
- 放電加工是從鋸齒細節頂部開始，因此放電加工時間較慢。

#### · 3D 列印方法

- 加工完成的零件，鋸齒細節餘量均勻（單邊預留 0.3 ~ 0.4mm 的加工餘量）。

※ 注：消除了不必要的加工部位，減少了電極的使用數量。

- 放電加工是從鋸齒細節中間部位開始。因此放電加工時間更快。

### 電極數量和放電加工時間比較

3D 列印因為不需要放電開粗，電極數量削減 32 個！（如圖 6）此外，3D 列印可削減放電時間 96 小時！（如圖 7）

### 3D 列印所具備的強力優勢：隨形水路

#### · 傳統水路樣式

- 水路設計限制較多，要考慮傳統加工工藝的可行性（可加工性和可裝配性），水路很難達到充分均勻的佈局，模具溫差較大。
- 零件側面需要進行水槽加工及密封槽加工。
- 側面要套入 O 形圈，存在裝配風險（漏水、腐蝕等）。
- 水路冷卻效率較弱。冷卻水從一個地方進入，在兩個方向分支，然後在一個地方匯合，一條水路要流經很多個零件，因此降低了冷卻效率（溫差大，流速低，換熱慢）。

#### · 隨形水路樣式

- 水路設計不受傳統加工工藝的限制，水路加工簡單。
- 可進行理想化設計，面面俱到，模溫控制能力很

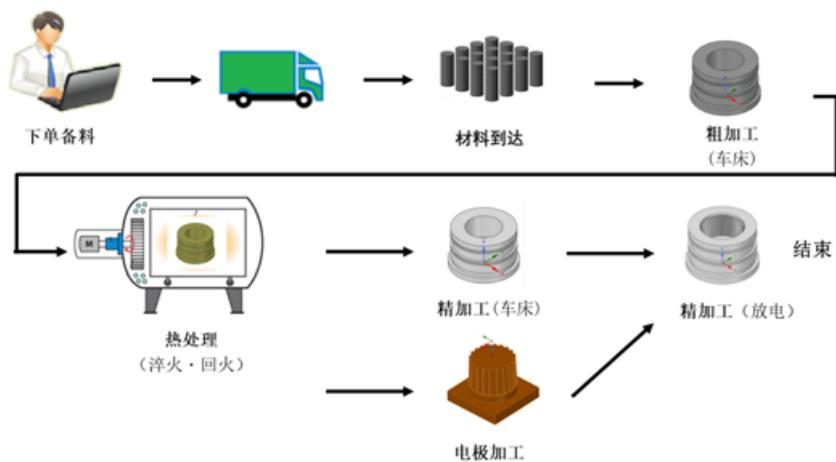


圖 2：傳統加工流程

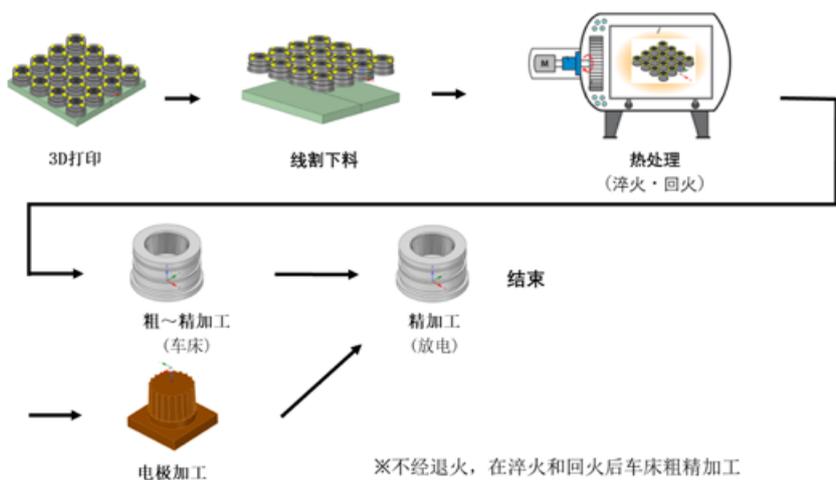


圖 3：3D 列印流程

強，模溫溫差小。

- 零件水路一次列印成型，加工簡單。
- 零件水路無需組裝，沒有裝配風險。
- 水路冷卻效率高，可每個零件配備一條單獨的冷卻水路，流程短、流速快、換熱快。

另外，3D 列印的隨形水路優勢，可以幫客戶達到提高產品成型質量，提高產能，降本增效的目的。■

## 總結

總體看，3D 列印加工方法相較傳統加工方法，工時減少了 7 天，費用減少了 2790 元。由此可見，3D 列印方法可以實現削減成本和縮短工時的效果。

## 传统方法

传统方法	材料	WEDM	淬火/回火	车床精加工	电极	放电	合计
天数	2	6	1	3	6	12	30
小时		48		24	130	288	490
成本	1750	9600		4800	26000	57600	99750

工时单价 ¥ 200

## 3D打印方法 (LPM325)

传统方法	材料	WEDM	淬火/回火	车床精加工	电极	放电	合计
天数	3	6	1	6	4	8	23
小时	73	8		48	98	192	419
成本	29200	160		9600	19600	38400	96960

打印工时单价按 ¥ 400

其它的工时单价按 ¥ 200 计算

圖 4：流程比較

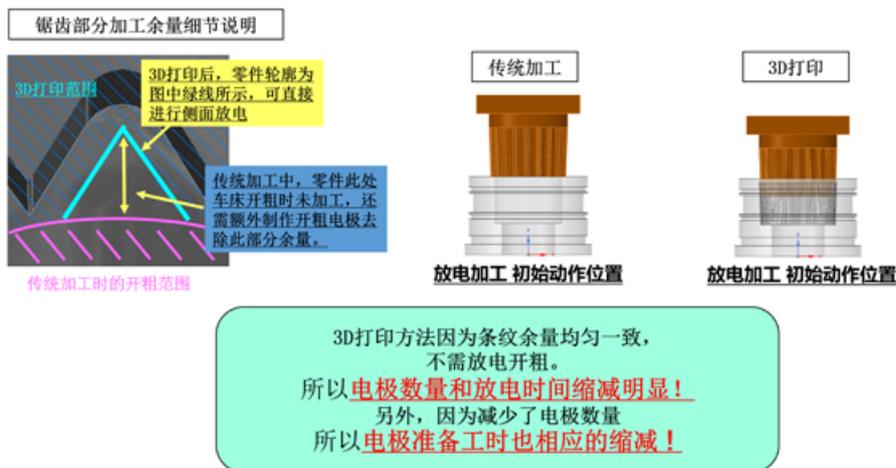


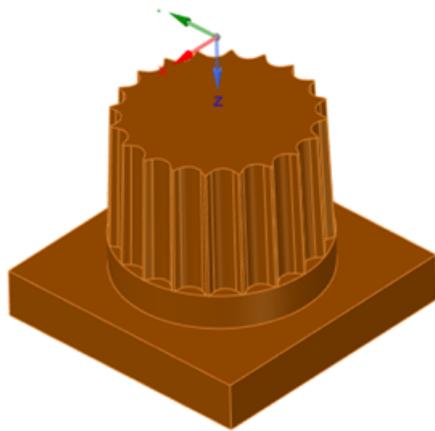
圖 5：放電加工時間縮減的理由

电极数量	合计
传统加工	130个
3D打印	98个

圖 6：電極數量的比較

放电时间	合计
传统加工	288小时
3D打印	192小时

圖 7：放電加工時間的比較



**电极图示**

· 为了可以切削，（刀具可以进入）使其成为跳过3个缝隙的形状。

圖 8：電極圖示

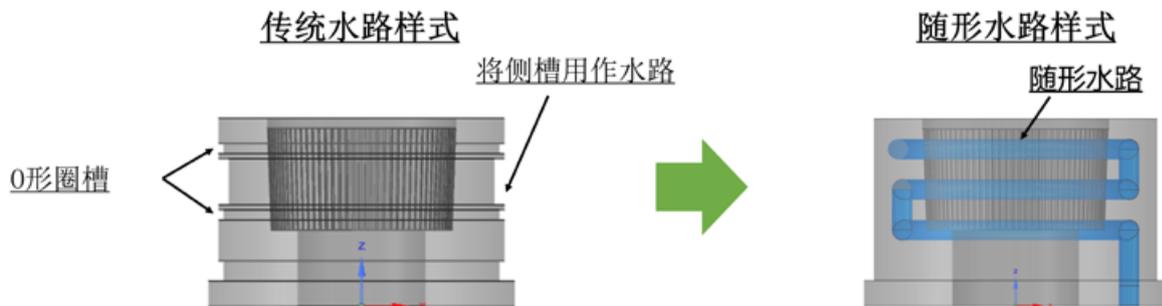


圖 9：傳統水路樣式與隨形水路樣式之對比

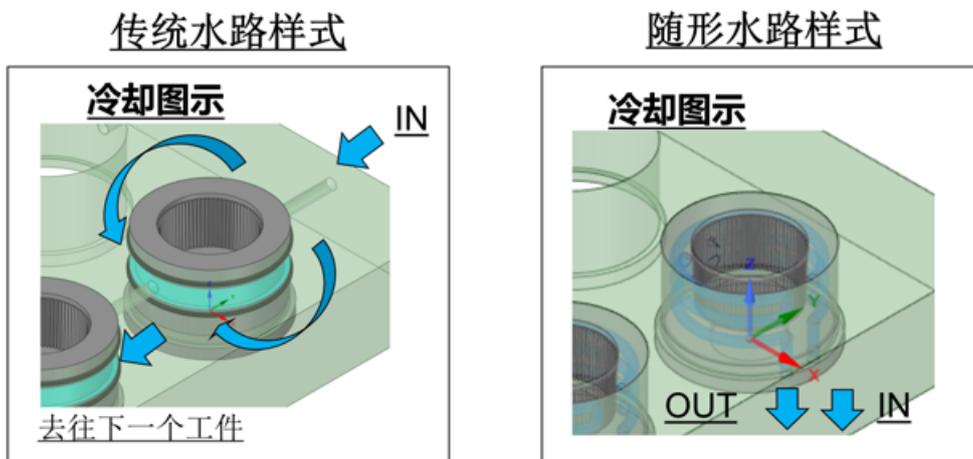


圖 10：傳統水路冷卻圖示與隨形水路冷卻圖示之對比

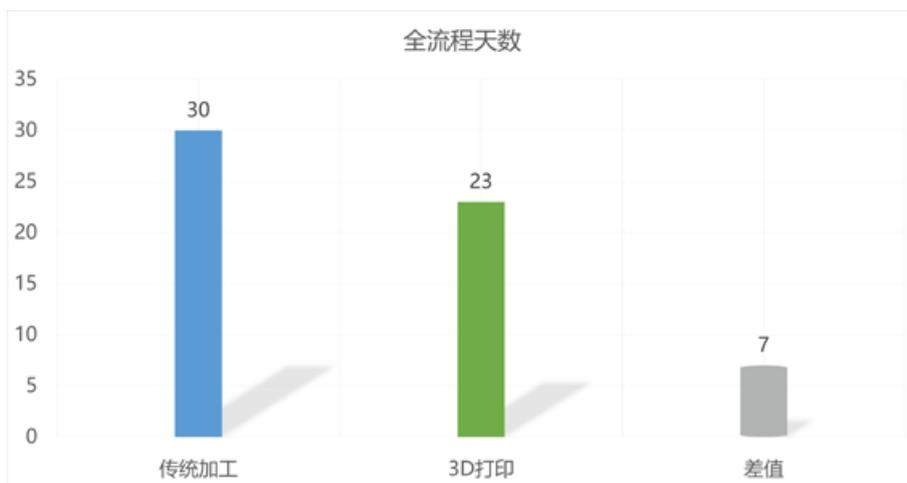


圖 11：3D 列印加工方法相較傳統加工方法，工時減少了 7 較

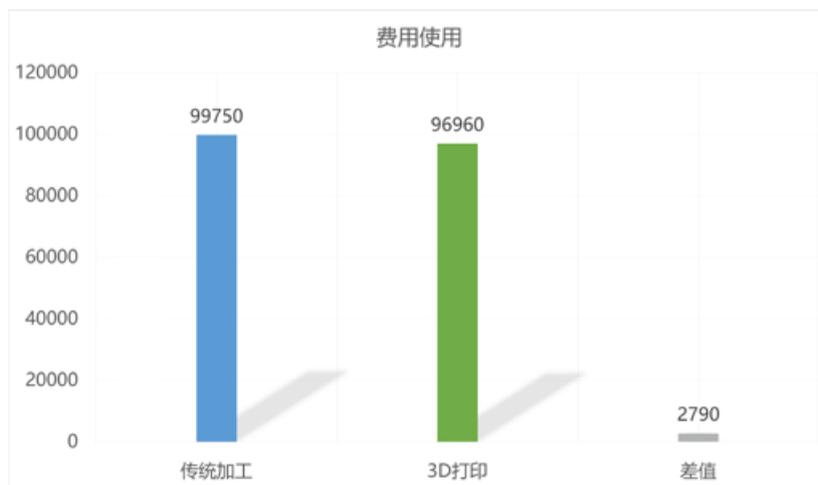


圖 12：3D 列印加工方法相較傳統加工方法，費用減少了 2790 元



### 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。



## 非線性翹曲分析 預測產品變形更真實

■科盛科技研究發展部 / 林享樑 工程師

### 前言

翹曲預測是射出成型模擬中的一個關鍵環節，而大多數翹曲分析都採用線性彈性法。一般情況下，模型適用線性分析，而不用考慮幾何、材料或邊界條件非線性的影響。然而有時會造成模擬結果與實驗結果不一致，尤其是對軟薄構造模型，例如汽車產品和光學元件等。而為了改善數值模擬與實驗的差異，我們在計算中引入幾何非線性效應，詳細說明如下。

### 非線性結構分析

在數值結構分析中，線性彈性分析是計算在外力施加下結構變形最簡單的方法。然而在真實的實驗案例中，幾何或材料的非線性特性會顯著影響變形狀況。這些效應可能導致力和位移的非線性關係。圖 1 顯示線性彈性和非線性彈性分析之平衡關係差異。

本文聚焦於幾何變化引起的非線性效應。這種非線性通常發生在厚度較小的殼狀產品，或是厚度分佈明顯不均勻的產品中。因此，若要考慮幾何非線性效應，就必須先考量有限元變形理論。

### 有限元變形理論

有限元變形理論考慮了原始和變形配置之間的位置變化。因此在非線性分析中，結構剛性和邊界條件在計

算過程中可能由於幾何形狀的變化而改變（不同於線性彈性分析中，剛性矩陣會維持不變）。故結構系統可看作是位移的函數，可以表示為：

$$[K(u)]\{\Delta u\} = f(u)$$

此函數中， $K(u)$  是結構剛性， $\Delta u$  是位移量， $f(u)$  則是外力。

上述為非線性等式，我們須將其正切剛性線性化，並迭代求解。線性化後的平衡系統可以以下公式表示：

$$[K_t]\{\Delta u\} = f_{res}$$

為了進行迭代計算，我們採用牛頓 - 拉弗森方法——解決非線性數學問題的最著名的方法。此分析會持續收斂，直到殘餘力小於收斂標準時即完成解答。

### 幾何擾動 (Imperfection) 模型應用

有時在數值分析過程中，結構分析中不容易出現非線性情況。但由於真實通常不如理想考量，模型中可能會存在製造過程產生的不完美，而這些不完美處可能會觸發非線性平衡路徑。故舉例來說，大多數數值軟體會應用微小的擾動來呈現不完美特性。我們的非線性翹曲分析中也將導入挫屈分析的特徵向量，作為觸發非線性特性的缺陷。

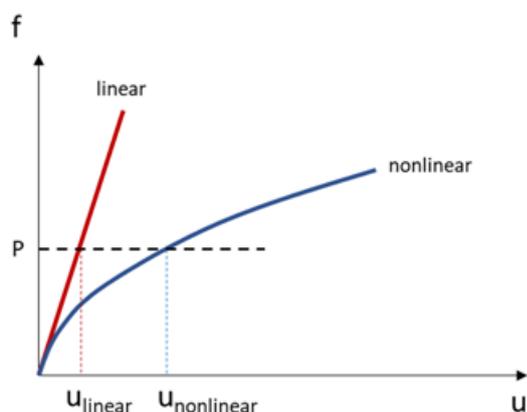


圖 1：線性彈性和非線性彈性分析之平衡路徑差異

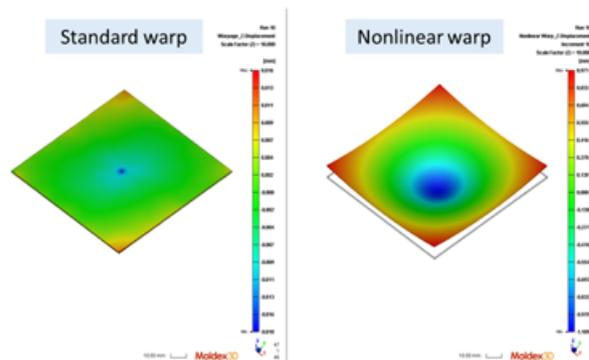


圖 2：非線性翹曲分析（右）與線性翹曲分析（左）

### 以「非線性翹曲分析」進行翹曲預測

Moldex3D 針對使用者的翹曲分析需求，推出新的求解器「非線性翹曲分析」。在此求解器中，使用者只須選擇「非線性翹曲功能」項目，軟體進行分析時即會自動考慮非線性幾何效應。

以下先用一個簡單的例子來說明考慮幾何非線性的影響。圖2為比較「標準翹曲」和「非線性翹曲」的結果，兩個結果的變形形狀明顯不同。透過這些結果的平衡路徑，我們可以輕易觀察到該模型的幾何非線性在分析中起著重要的作用。因此若要獲得準確的分析，此類殼狀產品勢必要考慮幾何非線性的影響。

此外，非線性翹曲分析也提供應力分布結果，供使用者檢視應力值最大或應力集中的區域在何處。

### 汽車零件應用案例

汽車零件的製造通常是以薄件或輕量化為目標，因此其幾何效應可能會導致幾何非線性及其他物理性質分布差異等問題。

以下以一個汽車零件案例來呈現幾何非線性的影響。如圖 5 所示，線性和非線性翹曲分析存在明顯的變形

差異。圖 6 紅圈區域的體積收縮結果顯示，由於該區厚度較薄，使其收縮值高於其他區域。由此案例可看出，在考慮幾何非線性的情況下，顯示由模型幾何、加工條件或纖維等因素導致的不同收縮分佈看來，對變形的影響很大。因此，對於類殼狀產品，我們通常會建議使用者選擇「非線性翹曲」分析進行變形預測。

### 簡化網格應用

迭代過程中，非線性分析非常耗時且計算成本相當高；此外，用於流動分析的網格元素數量龐大、元素形狀也較大，與結構分析的需求不同。以圖 7 為例，左側是原始建構的流動分析網格，但由於邊界層網格在外力施加下，網格元素可能會變形，因此有時不太適合結構分析。因此，我們通常建議使用者建構如圖 7 中右圖的網格，使網格元素均勻分佈。

Moldex3D 在此也提供了一個介面，讓使用者可輸入元素數量和品質更適合進行結構分析的網格。透過此映射工具進一步延續射出模擬的資訊，可顯著降低計算成本，並妥善保存重要的物理量值。

### 結論

除了標準和強化版翹曲分析外，Moldex3D 還提供了

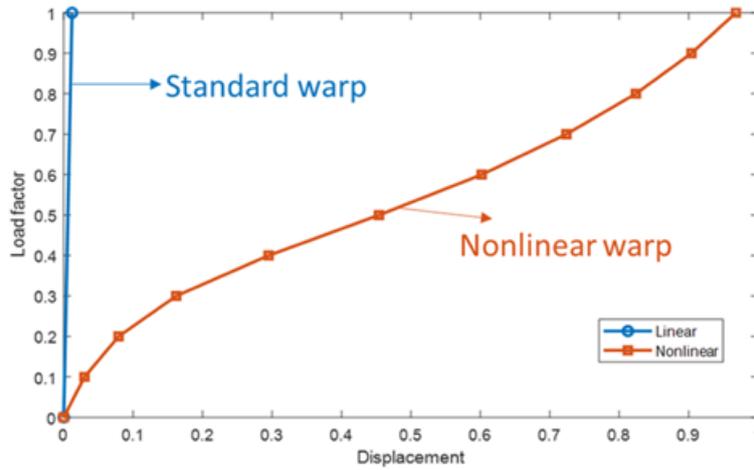


圖 3：負載 - 位移曲線

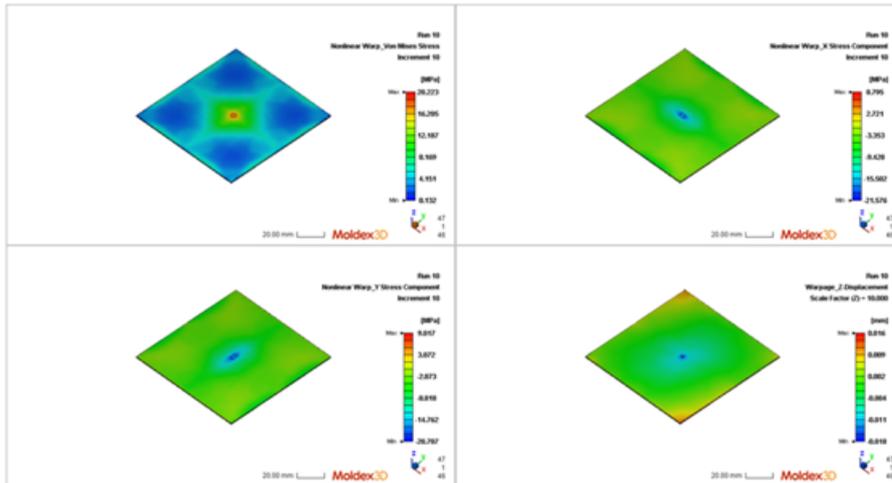


圖 4：不同元件的應力分布

考慮幾何非線性的翹曲求解器。我們強烈建議使用者選擇此求解器來進行殼件產品，如汽車零件和光學元件的翹曲分析。此外，我們還提供了一個界面供用戶使用元素量較少的模型進行分析，以降低分析的總計算成本。■

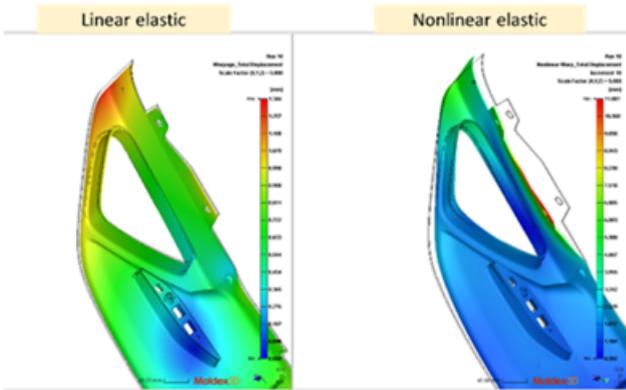


圖 5：線性分析（左）與非線性分析（右）結果比較

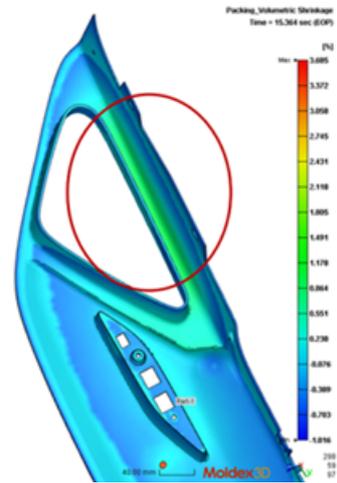


圖 6：充填 / 保壓階段的體積收縮

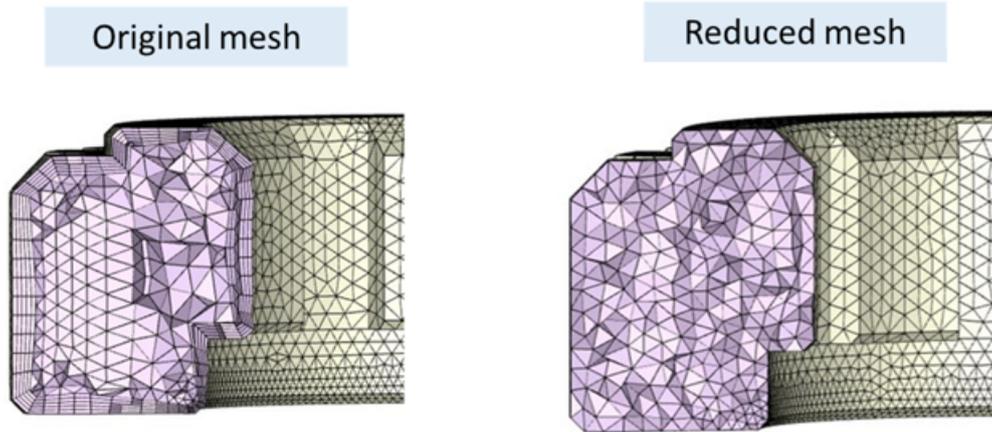


圖 7：原始網格與簡化網格比較



## 可成生技

創立於 2016 年路竹的南部科學園區高雄園區，擁有符合醫療級 QMS 金屬積層製造工廠。由 3D 列印積層製造起家並擁有調整彈性結構技術專利，藉由能控制金屬彈性模數的特性將人體減震的生醫概念轉移到各式產業應用上，2021 年榮獲素有科技產業奧斯卡之稱的全球百大科技研發獎 R&D 100 Awards，目前擁有自行研發材料、控制彈性模數的 3D 微結構設計等技術能力。主力產品有舒緩康肢體裝具，鈦因骨頸椎椎間融合器等醫材以及市面罕見的 IPU 線材。

# 新一代高效能 FDM 專用 IPU 線材及其產業應用

■可成生技 / 黃曉穎 經理

## 前言

可成生技由 3D 列印積層製造起家，擅長 3D 結構設計及表面處理等後製程服務，2020 年已發表植入級醫療器材藉由彈性模數的調整來達到接近人體皮質骨的楊氏係數，以結構的彈性減震避免斷裂而達到較佳的術後效果，同樣的道理亦可應用於機器設備的震動抵銷及醫療護具保護四肢的需求。在 2022 年自行研發一款特殊的機能彈性線材 -INGROWS PU 簡稱 IPU，作為醫療護具及工業的應用材料。

## IPU 為新一代 FDM 線材，提供使用者更好的選擇

FDM 為一般價格親民入手門檻低的機種，材料由原先一開始的 ABS PLA 進化到材質略有彈性的 TPU 材質，由於使用者對於材質的要求愈來愈高，又要顧及能符合測試的耐久度及機能性，可成生技自行研發線材，從塑膠粒原型到抽絲生產，製造出更優於市面競品的線材，目前已應用在護具及多功能減震墊上。

- **IPU 相關數據分析：**同時將 TPU 與 IPU 實驗樣品，分別浸泡於相同溶劑中，溶劑採用水油比 95：5 液壓支架乳化劑，浸泡 3、7、15 天實驗溫度 (23±2)°C，相對濕度為 (50±10)%，兩者數據對比如圖 1。

由圖 1 的數據可以得知 IPU 和一般的 TPU 材質相較起來，有更好的延展性及抗拉強度，在彈性材樣品的需求端來說，不單只是列印出來看外型而已，耐用的機能材料可以穿戴或變成真實可使用的產品，可帶來更高的客戶滿意度，且保存的環境更為經濟簡便，不需擔心受潮，輕鬆放置在一般的儲物櫃中即可。

## IPU 實際應用

目前 IPU 材質已應用在腕部扭傷的護具產品及工業減震墊上，護具的設計需軟硬適中，才能兼顧舒適度及固定效果，臺灣既有的腕部護具多為布製材質，較無防水及透氣的特點，導致病患若有皮膚過敏體質怕悶熱或是有碰水的需求時，往往諸多不便，「可成舒緩康肢體裝具」除了具有「無虎口設計專利」可維持較高手指自由度仍可進行電腦文書或滑手機等細微動作，整體外型按照解剖鋼板概念設計，符合人體工學穿戴滑順舒適，亦可媲美石膏固定效果，更可長時間配戴，主要用於減輕媽媽手的疼痛，目前已在骨科及復健中心銷售中（歡迎來信洽詢地區服務經銷商）。

西格恩減震墊是透過特殊的專利結構設計搭配 IPU 材料特性，對機器設備的震波進行消能，從根本上解決設備震波傳出地面，解決樓面震動問題，由於 IPU 本身具有足夠支撐力且耐酸鹼等優點，承重能力可達噸

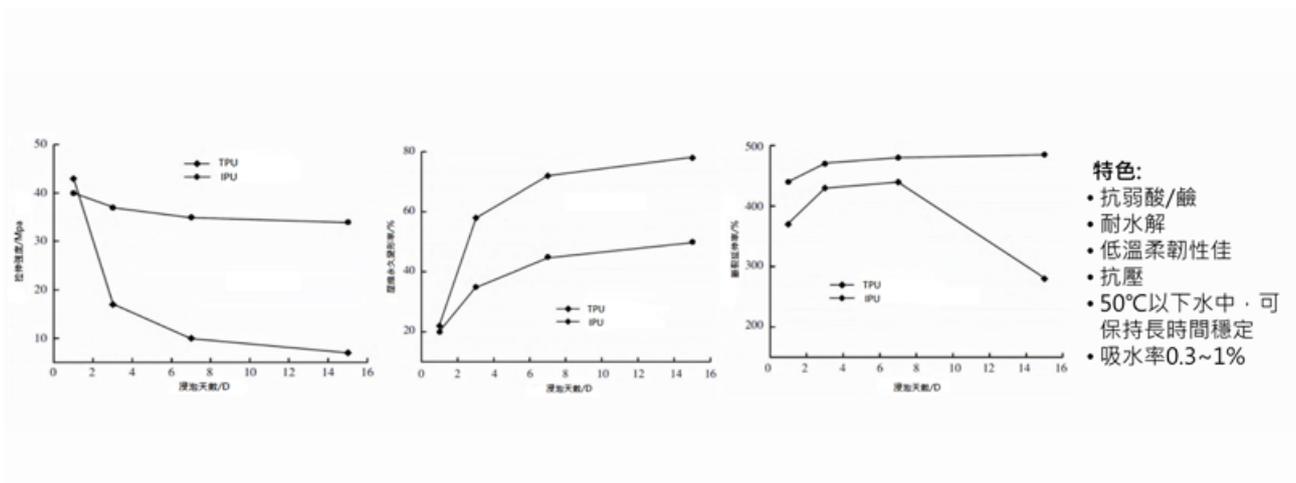


圖 1：同時將 TPU 與 IPU 實驗樣品，分別浸泡於相同溶劑中，溶劑採用水油比 95：5 液壓支架乳化劑，浸泡 3、7、15 天實驗溫度 (23±2)°C，相對濕度為 (50±10)%，兩者數據對比如上圖



圖 2：舒護康肢體裝具



圖 3：西格恩減震墊

級以上，相較於一般橡膠墊有更耐用耐潮濕的特色，在因應不同環境之下，給了客戶更好的選擇，均可量身訂作設備專屬地腳減震墊。

更多產品問題，歡迎洽詢可成生技 [khuang@ingrows.com](mailto:khuang@ingrows.com)

## 結語

3D 列印製程彌補了其他製程的限制，使各種想法更有可能實現商品化，可成生技專注於解決人類生命延續的各種問題，使用仿生科技並且結合各種跨領域技術，研發各種新創產品，使人類過更美好的生活。■



### 科思創

科思創是全球領先的高品質聚合物及其組分的生產商之一。藉由創新的產品、技術和方法，公司在眾多領域幫助促進永續發展和提高生活品質。科思創在全球範圍為交通、建築、生活以及電子電器等重要行業的客戶提供服務。此外，科思創聚合物還應用於運動休閒、化妝品和健康等領域，以及化工行業本身。科思創致力於實現全面循環，目標於 2035 年實現氣候中和（範圍 1 和 2）。2021 財年，科思創銷售額達到約 159 億歐元。截至 2021 年底，科思創在全球擁有 50 家生產基地，約 17,900 名員工（按全職員工計算）。欲瞭解更多資訊，請瀏覽 [www.covestro.com](http://www.covestro.com)

## 科思創、SK geo centric 與耐思特攜手打造亞太 低碳足跡 MDI 價值鏈

■科思創

科思創、韓國石化公司 SK geo centric 以及耐思特 (Neste) 正攜手透過品質平衡方法，利用再生原料生產一款重要的聚氨酯原材料。在該合作中，耐思特為 SK geo centric 提供再生的 Neste RETM，這是一種經 ISCC（國際永續發展和碳認證）體系認證的聚合物和化學品原料，其 100% 由再生原料（如：廢物和油脂廢渣）製成。

SK geo centric 在其韓國工廠將該原料加工成苯之後，供應給科思創上海一體化基地，用於生產二苯基甲烷二異氰酸酯 (MDI)。MDI 是生產聚氨酯硬泡的重要原材料，作為一款成熟的保溫隔熱材料，MDI 廣泛應用於建築行業和冷鏈設備。透過這種方式，將有助於在產品生命週期內減少二氧化碳排放和能源消耗。

此次攜手標誌著三家公司未來可能的更多合作的開始，目標是在亞太以及更多地區使用更永續的原料替代化石原料，進行聚合物和化學品的生產。

耐思特再生聚合物與化學品業務執行副總裁 Mercedes Alonso 表示：「隨著再生解決方案的推出，我們正進入在化工行業中擴大使用規模的階段；對於取代行業目前依賴的大量化石資源，這至關重要。要成功實現擴大規模，我們需要在價值鏈上建立合作——此次三

個具有永續發展意識的夥伴之間的合作為行業樹立了典範。」

用 Neste RE 替代傳統的石油基化石原料可顯著減少溫室氣體排放，從而改善科思創生產的聚氨酯原材料和下游行業的碳足跡。Neste RE 由廢物或油脂廢渣等再生原料製成。

「我很高興透過這次合作，我們得以繼續擴大永續替代性材料的市場。我們藉此能夠為亞太地區的客戶提供基於品質平衡原料生產的永續的 MDI 產品。」科思創商業長蘇智雅 (Sucheta Govil) 表示：「對客戶而言，使用此類材料將幫助他們實現各自的氣候目標，因此很有吸引力。該系列產品的另一個核心優勢是它是一種技術上可直接應用的解決方案，我們的客戶可以立即使用，無需對其工廠進行重大改建。」

SK geo centric 芳烴事業部副總裁崔祐赫表示：「我們很高興完成了首單根據耐思特 100% 再生原料 Neste RE 的再生苯的出口交付。這是我們三方首次在亞太地區進行此類合作。SK geo centric 將繼續與科思創和耐思特積極合作，我們致力於擴大這種合作。」

在其「綠色創造美好生活」策略指引下，SK geo



圖 1：第一批可再生苯離開韓國蔚山港

centric 已宣佈到 2050 年前實現淨零排放的宏偉目標。為了履行企業責任，該公司將透過擴大高品質再生產品組合來推動業務轉型。SK geo centric 將利用三個合作夥伴之間的強大協同效應來應對日益增長的全球市場需求

## 關於耐思特

耐思特 (NESTE, Nasdaq Helsinki) 為應對氣候變化和加速向循環經濟轉型創造解決方案。我們將廢物、殘渣和創新原材料提煉成可再生燃料，以及用於塑膠和其他材料生產的可持續原料。我們是全球領先的可持續航空燃料和可再生柴油生產商，並開發化學回收技術以應對塑膠廢棄物挑戰。我們的目標是到 2030 年，透過我們的可再生和循環解決方案說明客戶每年減少至少 2000 萬噸的溫室氣體排放。我們還立志到 2030 年將位於芬蘭鮑渥的煉油廠打造成為歐洲最可持續的煉油廠。我們正在引入可再生和回收的原料，例如液態廢塑膠作為煉油廠的原料。我們承諾到 2035 年實現碳中和生產，到 2040 年將銷售產品的碳排放強度

降低 50%。我們還在生物多樣性、人權和供應鏈方面制定了高標準。我們連續多年入選道瓊斯永續發展世界指數和全球最具可持續性企業 100 強。2021 年，耐思特銷售額為 151 億歐元。更多資訊請訪問：[neste.com](http://neste.com)

## 關於 SK geo centric

1972 年，SK geo centric 開始運營韓國首個石腦油裂解裝置，為其石化工業的發展奠定了基礎。SK geo centric 提供客戶和市場所需的各種汽車和包裝產品和解決方案。此外，透過持續的研發努力和全球擴張，SK geo centric 正在成長為一家以技術為基礎的全球化學公司。SK geo centric 將透過與合作夥伴和利益相關者合作，建立以塑膠為基礎的循環經濟，從而實現其「綠色創造美好生活」的願景。SK geo centric 將擴大其環保產品組合，並不斷回收超過其生產的塑膠數量，以實現和透過永續發展，使我們的地球獲益。

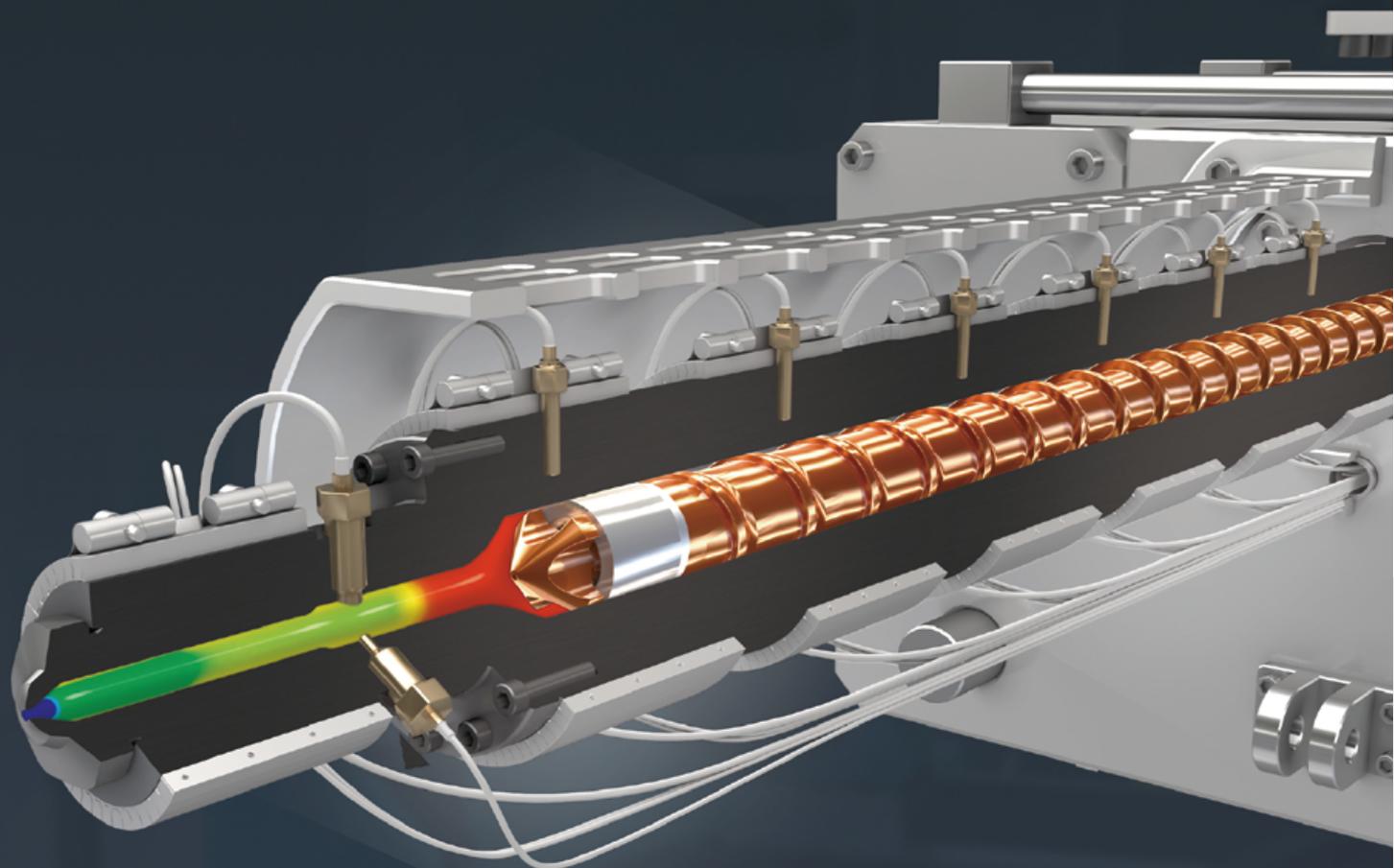
■

# 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。



ACMT

SMART  
Molding  
Magazine

www.smartmolding.com

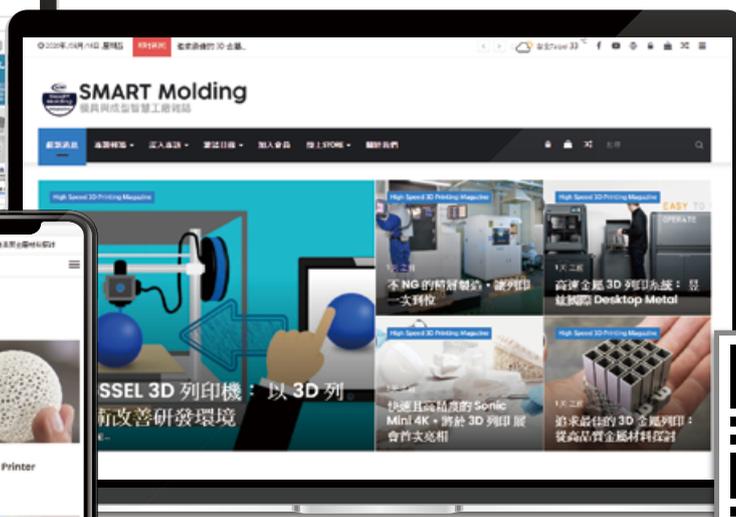
【SMART Molding】數位版雜誌

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66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 2022-08-A07



### 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 66 招、模流分析分子鏈配性與應力 【應力與破裂篇】

■ Moldex3D/ 林秀春 協理

### 【內容說明】

在射出成型的充填過程中，熔膠前進流動會對高分子鏈產生排向拉伸的作用，塑料充填時緊貼兩側模壁，瞬間冷卻固化的高分子鏈定向層，塑件最表面層的高分子鏈定向區域，分子鏈被擠壓，因流動波前噴泉流動效應與剪切行為所造成，塑料還在充填時，此高分子定向層已經固化；圖 1 與圖 2 塑膠射出成型分子鏈配向程度，在肉厚中心因速度差異為零，所以分子配向很低，接近混亂狀態，高分子鏈無排向性，但在表皮層塑料高分子會有速度差異造成高分子鏈拉伸排向。

塑膠射出成型分子鏈定向現象，塑件不同厚度層在不同之溫度、壓力條件下（依據不同 P-V-T 路徑）進行冷卻固化：

- 塑件進行不均勻冷卻作用；
- 塑件不同厚度層產生不同量之收縮，造成殘留應力影響。

### 殘留應力容易引發的問題

#### 應力的釋放容易造成產品發生翹曲變形現象

射出件在射出加工時產生過大的殘留應力，成品離模後越容易發生應力釋放的現象。有些射出件成型後靜置一段時間，會因為吸濕或吸收 UV 光而促進產品發

生應力釋放現象，使得產品除了翹曲變形外，也會伴隨著較大的後收縮現象。應力釋放造成產品變形，對於成品有後加工或組裝上要求時，就會發生嚴重問題。

另外，如果射出件有升溫退火的後加工處理需求或是在使用上接觸到升溫手續（如蒸氣消毒、熱物質充填）等。殘留應力釋放所造成的收縮變形都需要仔細考慮與控制。

#### 殘留應力會造成射出件容易發生破裂問題

殘留應力會降低材料可抵抗的外部應力值，所以有外力作用時殘留應力過高的成品也容易發生破裂。另外，當有溶劑作用時，也會加速破裂情況發生，或是在應力釋放時產品被限制無法去進行尺寸收縮或調整時也會發生破裂情況。適當的退火處理 (annealing) 可以減少殘留應力，且可避免產品發生破裂現象。

圖 3 為自來水錶的上蓋，在正常的使用環境下會發生凸起的地區龜裂，造成產品不良，使用應力偏光儀拍照發現突起地區裂開的區域應力顏色條紋特別劇烈，同時經模流軟體 Moldex3D-Flow/Pack 分析得到無論是充填結果或保壓結果都有應力集中在突起地區並且

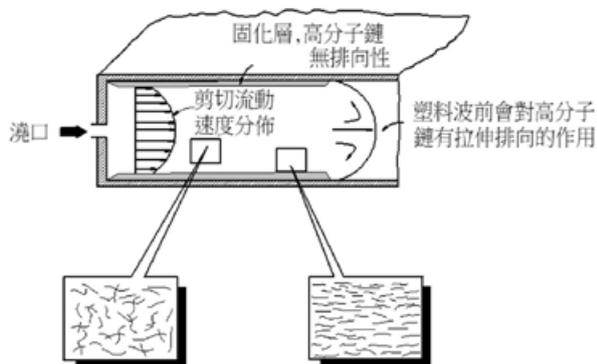


圖 1：塑膠射出成型分子鏈配向程度

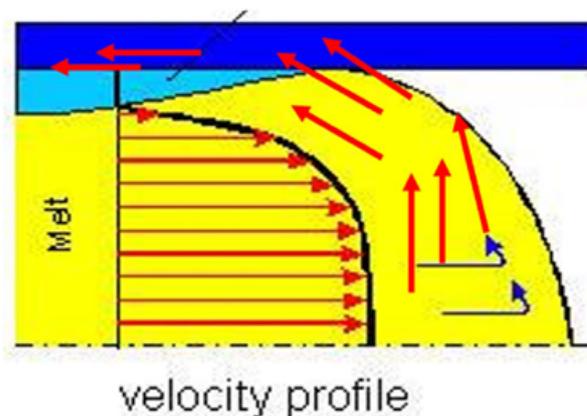


圖 2：分子鏈速度場配向性



圖 3：自來水錶上蓋

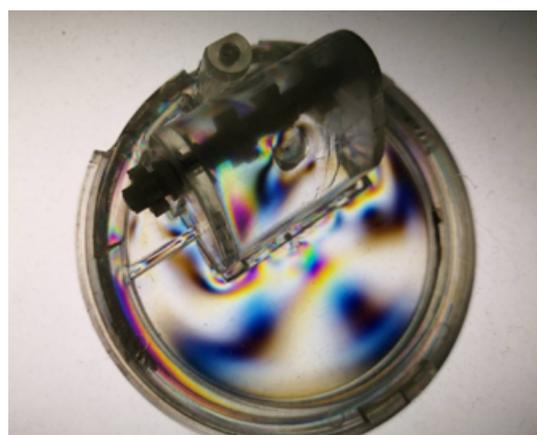


圖 4：自來水錶上蓋應力分佈

數據過大，大於 1MPa 約 10KGs 受力狀態，所以可以判斷此產品龜裂問題的主因。軟體 [ 結果 ] 顯示功能顯示充填結束瞬間各種變量的分布情形以及塑料熔膠波前隨時間變化的動態。同時利用感測節點 (Sensor Node) 的設置可以得知該點變量 (溫度、流速、壓力、剪切率、剪切應力等) 隨時間的變化歷程曲線，提供設計及參數變更的有用數據。圖 13 Moldex3D-Flow 所得的流動波前動態及模穴中感測節點的壓力變化歷程。

另外，Moldex3D FEA 介面模組會將這些非等向性的特性自動轉接到結構破壞分析軟體。詳細軟體介面與操作都可以找原廠諮詢與介紹，因此運用 CAE 軟體一

條龍的模擬技術可以有效率地以數值方法求解預測強度、壽命，並可以提前掌握相關的品質與良好設計，是一個相當有效益的分析工具。■

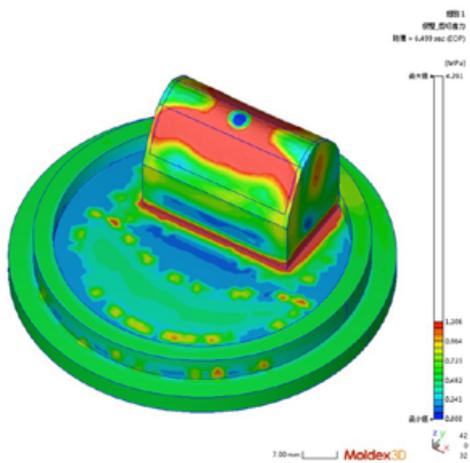


圖 5：保壓分析的應力分佈

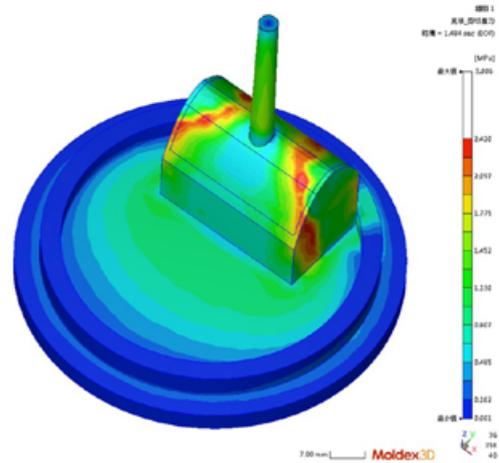


圖 6：充填的應力分佈

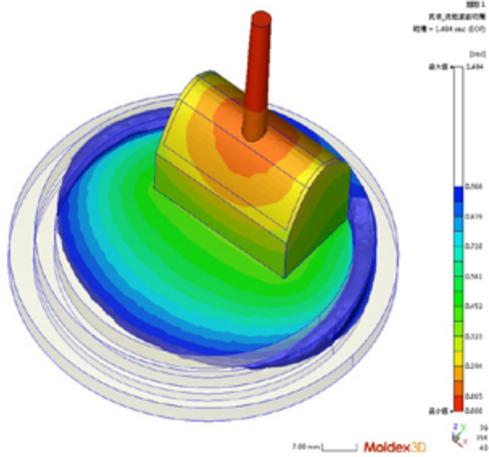


圖 7：流動波前充填結果

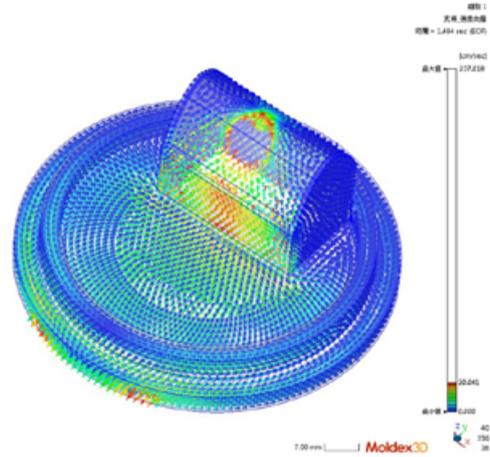


圖 8：流動波前速度場結果

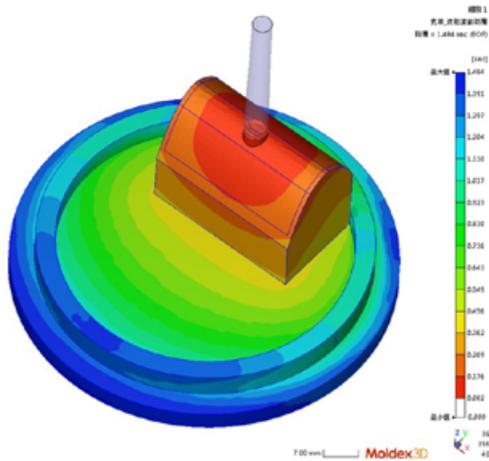


圖 9：流動波前充填結果



圖 10：應力偏光儀可用來檢測透明塑件的應力分佈

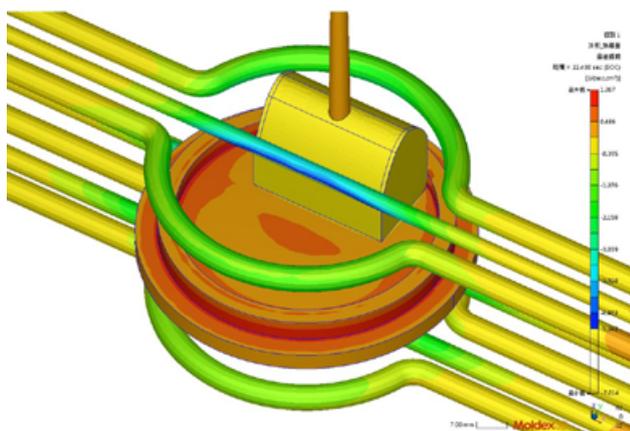


圖 11：冷卻分析熱通量結果

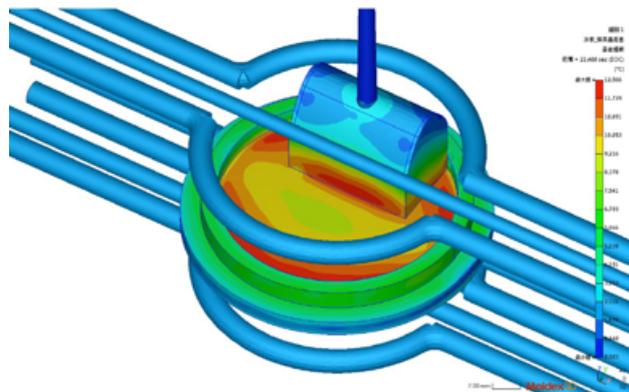


圖 12：冷卻分析模面溫差結果

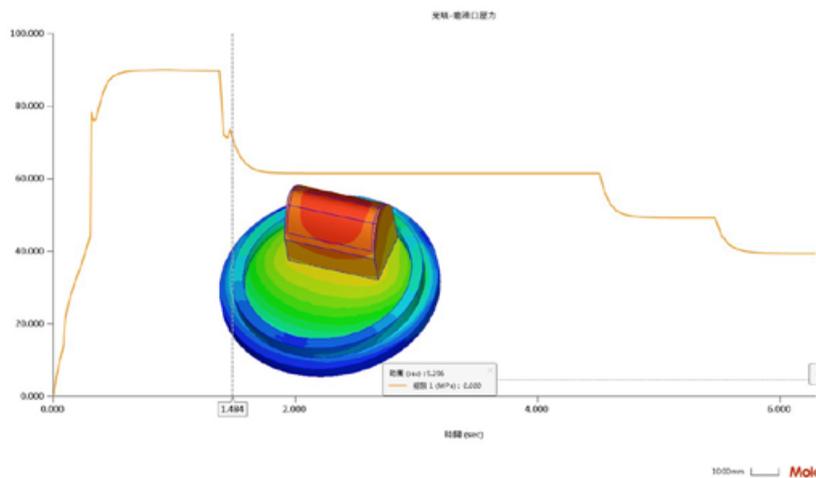


圖 13：充填分析壓力曲線變化結果



## 邱耀弘 (Dr.Q)

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

### 專長：

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

## 耀德講堂專案翻譯——碳控制：金屬粉末注射成型上的重要判別

■譯者：耀德講堂 / 邱耀弘 博士

- 資料來源：P31~41, March 2015 Powder Injection Molding International , Vol. 9 No. 1 of 2015 Inovar Communications Ltd.
- 注意翻譯按照有關英式英文內容以更改為美式英文，請對照 PDF 原文檔案，有錯誤與不懂之處，歡迎討論！藍色字體為譯者補充說明 / 紅字為譯者畫重點。

### 作者

R.M. German 教授，專業於有關粉末注射成型的原料發展，並關注未來的新材料和應用方面的國際級專家。

German 教授當時也是美國密西西比州立大學的研究中心主任教授，以及該校 CAVS 機械工程與先進的車載系統中心的主席。教授也是受聘於粉末注射成型刊物的國際顧問編輯者。他已撰寫了 800 多篇研究報告和論文、著作 14 部、和 22 項專利，許多著作和發明都涉及了 PIM 技術。他參加了一些商業企劃，他的書在粉末注射成型涵蓋的科學原理粉末注射成型生產技術、金屬和陶瓷的射出、和設計原則，他的聯繫郵件地址為 [german@cavs.msstate.edu](mailto:german@cavs.msstate.edu)。

### 前言

碳控制的挑戰對於 MIM 技術的發展產生了很大的影響，最明顯的關係在於早期選材的時候。即使到了今天，合適的碳控制，仍被公認為影響最終零件品質的基本因素。美國聖地牙哥州立大學 R.M. German 教授，在本文對 MIM 碳控制的歷史回顧中，認為燒結氣氛和黏合劑系統是兩大重要影響因素，以及檢討在 MIM 加工週期中發生與碳的相關反應。

在粉末注射成型 (PIM) 的演化出現了兩個重要指標使產品精密達標——尺寸和碳的控制。對於尺寸控制，陶瓷注射成型 (CIM) 鑄芯設置基準可控制在 0.02% 的變化，相較於陶瓷往往都是在空氣中就可以燒好，碳的控制對金屬而言更不只是一個問題。對於金屬，碳控制的挑戰往往被引導聚焦在零碳含量的合金上。今天，碳控制的層級取決於要獲得的最終產品，小於 300 ppm 碳含量的奧氏體不鏽鋼和超過 5~6% 碳含量的硬質合金。在各種各樣的鋼材和碳工具鋼從 0.4% 到 2% 的碳含量的目標水準。碳的控制策略需要注意粉末，黏合劑和整個製程處理過程的環境。

### 碳基鐵粉

金屬注射成型 (MIM) 早期的「生坯」定義為注射成型

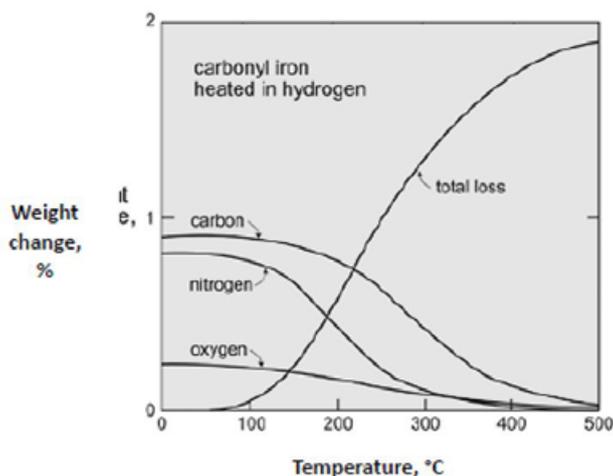


圖 1：為 CIP 粉末的熱重分析曲線，在加熱過程以氫氣作為保護，所繪製的紀錄包含碳 / 氧 / 氮的重量損失和比例改變

後的部件，「棕坯」則是生坯經過脫脂後的稱謂，和「銀坯」是用來識別燒結後的部件<sup>\*1</sup>。Ray Wiech 先生想出這種配色方案作為他早期研究 CIP 用於 MIM 部件在製程上區分的描述，早期的商業應用上這種 5 $\mu$ m 的金屬微粉末是稀缺的，就如同其它用輾碎法獲得的金屬細粉<sup>\*2</sup>。在 CIP 出現之早期，各種檔次的 CIP 用於 MIM 便開始成型試驗，CIP 還應用食品添加劑和各種等級的電子 / 磁元件和雷達中的應用。

粉末的雜質污染範圍可以高達 2wt%，這取決於合成後處理的技術，常見的雜質包括氮 (N)/ 氫 (H)/ 氧 (O)/ 碳 (C)/ 矽 (Si)；從用於形成五羰基鐵和一氧化碳反應的碳和氧，氫和氮來自氨分解氣體和催化劑，矽則來自二氧化矽的未分散團塊。

化學反應在加熱過程中產生的揮發性物質如圖 1 所示。這些資料記錄包含重量損失，元素則有碳 / 氧 / 氮含量，峰值溫度加熱過程中以氫作保護氣體。在加熱過程中的 2wt % 總重量損失通常是一氧化碳 / 二氧化碳 / 水蒸氣和甲烷的組成。

\*1. 英文採用「綠件」稱號，因為粉末冶金早期燒銅

件的銅粉發綠；在產品的前驅物 (Precursor) 稱呼上中文讀者請注意「坯」(Billet or green body) 是土字偏旁指的是無生命體，而「胚」(Embryo) 是肉字偏旁指的是有生命體。

\*2. 在西元 2000 年之前，金屬霧化法的技術要獲得低於 40 $\mu$ m 是困難且代價很高，當時都是使用機械破碎法。

利用氣相色譜法測定精確解析在氣氛保護下所釋放的物質，當加熱 CIP 在氫氣中到達 350 $^{\circ}$ C 附近產生水，甲烷產生在近 425 $^{\circ}$ C。加熱 CIP 如果用氮氣而不是氫氣保護，結果大多是一氧化碳與氫的混合物在近 550 $^{\circ}$ C 釋放。如果使用兩種氣體混合作為保護氣氛，則出現上述兩種混合結果。

還原羰基等級必須是高純度，且更昂貴的。添加石墨可作為燒結鋼材增碳的一種手段。然而，MIM 早期發展是在氧化空氣中緩慢分解黏結劑稱為熱脫脂法來實現脫脂功能。在開始的時候，當黏結劑存在時，在生坯的總碳含量的測定約為 8wt%。要將之降低到 0.6wt% 或 0.4wt% 形成鋼材是一項艱巨的任務。相反，以幾乎是天計算週期的熱脫脂方式以氧化鐵顆粒

使氧化物代替黏合劑，其結果是「棕色或鏽色」的成分使坯體具有良好的強度，然後燒結條件再加以還原，氧化顆粒還原後產生更小尺寸「銀色」的結構。

## 利用先氧化後還原的優點使 MIM 零件成功的導入在需要電-磁轉換的衝擊特性之軟磁矩陣印表機頭的應用。

加熱脫脂過程的化學反應轉換碳成為揮發性的一氧化碳或二氧化碳，隨著鐵氧化物一起形成。由氧化物替代黏結劑對金屬顆粒之間的黏結作用，這種方法的優點包含在理想的還原氣氛中的進行燒結，產品強度好且零碳量。不幸的是，在空氣的加熱脫脂週期長，需要非常緩慢的加熱和持續了五天。時間流逝從成型到最終產品的評價（尺寸 / 密度 / 組成）是一個障礙，因為製造業正學到恰當工時 (Just in Time) 而無法接受這樣的作法。

對於 CIP 製作的金屬元件，如殘留碳是必須的，就要在熱處理對鋼進行滲碳，然後添加的碳變形成碳化物保留下來。舉例，在低溫度下，雪明碳體 ( $Fe_3C$ ) 不會釋放碳，但只要燒結溫度超過  $727^{\circ}C$ ，碳就很容易溶入奧氏體。事實上，大多數燒結工具鋼本質上是依賴於這種機制將難溶的碳化物保留在燒結溫度到達時。

## 背景

現在更多豐富的文獻可以檢索到金屬注射成型中的碳控制技術，在 2014 年底已經有超過 230 篇出版物可用。最近的重點已從鐵合金轉向到更多的反應系統，如鈦 / 鈮 / 鉬。這些前人的努力都在控制碳含量包含燒結碳化物 / 鎢合金 / 鋁 / 工具鋼 / 不鏽鋼與低合金鋼。多數與鐵合金相關的問題都在上世紀 90 年代解決，使 MIM 迅速的經歷了商業應用的快速發展。附參考文獻特意引用重要貢獻者，從早期的基礎工作者 (Darken and Gurry) 到最近的一項調查 (hryha 等人)。

如前所述，有兩個指標以評估不同的 MIM 技術——尺寸控制和碳含量控制。在 MIM 的尺寸控制方面，採用變異係數衡量的平均標準差的大小，一般報價採用為 0.2% 為最小變化，但不幸的是，有時候發現 MIM 生產比較像是尺寸在 0.5% 的變化。在 MIM 中碳的控制方面，低碳合金鋼往往更強調上限為 300ppm 要求，然而在 20 世紀的 80 年代中期，高碳成分如碳化矽 (SiC) 和碳化鎢硬質合金 (WC-Co) 則必須達到規格上的要求，必須有高含碳量。這些材料用於槍支 / 工業零件和汽車行業。MIM 燒結件後熱處理成為新的方法，對粉末體 / 黏合劑 / 脫脂 / 燒結的概念更為關注，避免在 MIM 過程中脫碳。

也許最重要的進展是在轉移到溶劑脫脂，它是相對於熱一氧化結合有更快的效率，它提供了更好的尺寸和碳含量的控制。一個成功的溶劑脫脂成份，蠟是主要的被溶劑萃取（今天有以水萃取聚乙二醇是常見的環保水性脫脂法）和第二黏結劑但不溶於溶劑的聚合物作為骨幹，主鏈提供生坯在溶劑浸泡和燒結過程的強度維持，隨後在燒結週期開始的熱加以裂解移除這主幹材料。此方法避免金屬粉體的氧化，協助脫碳，使燒結羰基鐵粉產品的碳含量是可控制。圖 2 顯示了一個例子，燒結後的珠光體組織，在  $1300^{\circ}C$  氫氣氛下燒結後，最終碳含量控制在 0.77wt%。

脫脂方式轉移到溶劑脫脂使最終碳含量可操控。同樣，催化脫脂方式也提供相同的能耐。現在對碳成分調整來補償在燒結過程中的脫碳，多數自粉末的含氧量。實驗測定發現粉末含氧的重量百分比幾乎相同於等同重量百分比的碳損失；脫碳形成大致相等的原因在於氧結合成  $CO$  和  $CO_2$ 。例如，要獲得 0.6wt% 最終碳含量而使用粉末含有 0.2wt% 氧氣並混合 0.2wt% 的石墨，作為脫碳補償所需，所以粉末的起始碳含量

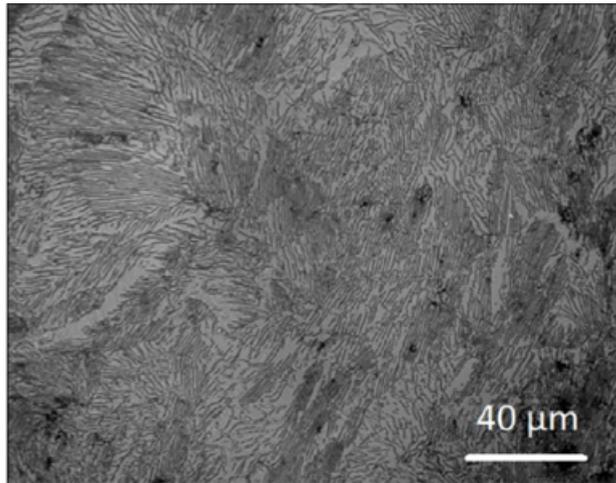


圖 2：為光學顯微鏡照片，顯示一個 0.77wt% 碳含量的羰基鐵粉，保留近乎完美的珠光體組織（Pearlite，台灣稱之微波來鐵相）。注射成型的喂料採用簡單的石蠟 - 聚乙烯黏結劑，以溶劑去除黏結劑，並在氬氣保護下以 1300° C 燒結

大約是 0.8wt%。困難會在此出現，原料粉末有不同的碳 / 氧比時，需要添加石墨來調整以獲得最終的碳含量控制。每個公司都會採用不同氧含量的粉末，如氣體霧化或水霧化粉，這種方式就可對控制粉末中的氧和碳。

直到這些結果是已知的之前，最早的 MIM 零件製造商為了躲避碳控制問題，重點都關注在把碳排除在合金之外，也就是不去碰觸維持碳含量的作法。因此，早期的 MIM 產品大多是低碳的變體合金如 Fe-2Ni, Fe-8Ni, 3XX 系列不鏽鋼 (304L 和 316L) 和 6XX 系列不鏽鋼 (17-4PH/15-5 PH)/ 銅 / 鎳 / 鎢合金 (W-Ni-Fe/W-Ni-Cu)/ 鎢銅和鎢銅鈷 (W-Cu-Co)/ 因瓦合金等系列合金。早期的原料手冊顯示二十個或更多的合金，但值得注意的是，這些都是含碳量低於 0.05wt% 以下的鋼，才列在裡面。

## 基本氣氛

瞭解 MIM 零件最終含碳水準需要由起始粉末 / 燒結爐的操作 / 黏結劑的組成以及，燒結氣氛。燒結氣氛相當重要，因為氣氛扮演多重角色，最關鍵的是要保護

粉體在高溫下避免氧化。此外，氣氛必須能夠移除產品中殘留的反應物。在燒結過程中，碳含量的操作也可能通過氣氛控制而獲得。

在燒結過程中的氣氛反應包括氧化（由二氧化碳或氧主導）/ 還原（由氫或一氧化碳主導）/ 氮化（由氮或氨主導）/ 滲碳（通常是甲烷）/ 脫碳（由二氧化碳或蒸汽）。組合氣氛如甲烷摻雜氫，可在同一時間滲碳並還原。當燒結鐵基 MIM 元件典型大氣選擇真空 / 氬 / 氮氫，或其他組合使用，例如氮氫，**但由於氬氣是惰性的，它只會引起填充孔隙和延緩燒結緻密化。**對於高密度 MIM 零件，氣氛必須在燒結溫度在金屬中是可溶的。當毛孔關閉，像一個氬氣球，毛孔失去氣壓可以縮小進而消滅。在惰性氬氣燒結是不能消除的氬氣氣孔，它阻礙最終緻密化，MIM 燒結件燒出高密度是可能的，但不能做到全密度。

## 氬氣環境和氣氛

純氬作為燒結氣氛對鐵系合金是最棒的，卻也是一個昂貴的選擇。液態氬是高純度的有助於控制低於 1 ppm 的氧氣和 8 ppm 的水。在燒結溫度下，氬微溶

於鐵系合金。此外，那些不鏽鋼具有 12~20wt% 的鉻，使用氫可還原包附在粉末表面的氧化鉻膜。

另一個好處是，**氫氣燒結可以改進 MIM 件的耐腐蝕性，氫氣燒結採用正壓而在燒結時可抑制鉻的蒸發，因為鉻在真空燒結環境下比鎳和鐵有較高的蒸氣蒸發量。**因此，零件表面的鉻耗盡會造成腐蝕，氫能降低表面氧化物，使顆粒之間的冶金結合更好，同時抑制鉻的蒸發使鉻保留而提高抗腐蝕性。

當不鏽鋼暴露於空氣中，表面的鉻會氧化，雖然氧化物極薄且透明而看不到，但頑強的性質是足以防止腐蝕繼續發生。然而，在起始粉末進行燒結時如有氧化會使燒結困難，在燒結不鏽鋼時，鉻的氧化物 ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) 會要求提高燒結溫度才能使之熔入不鏽鋼中。燒結過程被要求要還原氧化物時，氫 - 氧反應形成水蒸氣。水蒸氣反應產物在爐中被氣體沖走，純氫氣氛燒結是不鏽鋼的首選，**儘管在使用氫氣有過度反應（造成氫脆），可燃性和成本的風險。**

## 氮氣氣氛

氮對於鐵系合金燒結是中性的甚至是有益的。在鋼中，氮是一種插入物與碳相同，可增加強度。MIM 在燒結後進行滲碳與滲氮可以獲得 3000MPa/3% 延伸率的高強度。事實上，燒結氣氛的氮也可加入甲烷或氫氣，通常用 80% 和 97% 的氮，高氮比例降可低成本和減少易燃性。因為所有的空氣中有 80% 是氮氣，廉價的現場氮氣產生機通過低溫或分子篩技術可提供幾乎無限的氮供應。**但是氮氣過高將會導致氮化物的生成，如氮化鉻 ( $\text{Cr}_3\text{N}$ ，金黃色到暗黃色)，也會導致晶界貧鉻發生生鏽的問題。**

## 真空環境和氣氛

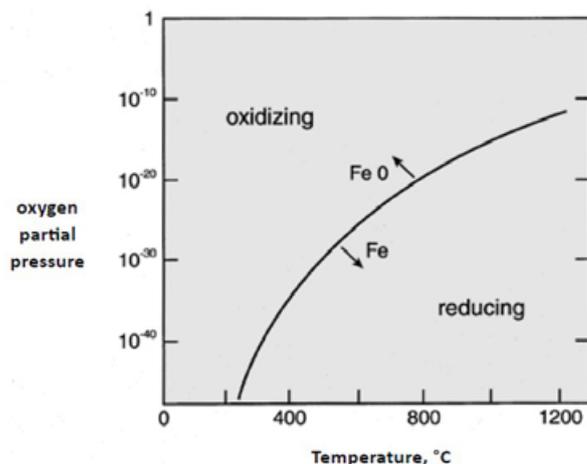
真空燒結意味著減少壓力，但它不是完全沒有氣氛

的，在燒結室的壓力降為一萬分之一至一百萬分之一大氣壓力。繪製在圖 3 中，低的氧分壓是在典型的燒結溫度下讓鐵可還原。在所有的金屬爐製都使用真空擴散泵造成低壓，許多真空爐還使用石墨加熱器。在這種情況下從 MIM 元件的殘餘氧與碳形成低壓一氧化碳而成為還原氣氛的反應。在控制條件下，真空燒結提供清潔 / 可再生和非反應性的環境，既不滲也不脫碳。在真空中燒結工具鋼是非常成功的案例。

## 黏結劑

加熱 MIM 零件到燒結溫度前必須確認黏結劑中的聚合物完全分解以避免殘碳，要注意到幾個新的黏結劑配方是失敗的，因為這些主幹聚合物是很難被移除導致最終碳含量失去控制。**如果主幹聚合物被加熱到高溫仍不蒸發，它們將分解後與石墨的氣氛凝結在一起導致較高的殘碳量，**在這方面，線性分子是相當容易移除，但聚合物如瓊脂 / 纖維素 / 聚苯乙烯或其他芳香族聚合物則會增加碳含量。這些黏結劑可以利用暴露於氧化條件下移除，在燒結過程中在把合金因脫脂造成的氧化物加以還原。但這樣的作法，對鈦合金等活性金屬是不可行的。

大多數聚合物加熱過程中分解形成揮發性分子如：甲烷 / 乙烷 / 丁烷 / 丙烷 / 一氧化碳 / 二氧化碳和水。分解的過程開始於起始溫度  $\sim 450^\circ\text{C}$  附近到達最高峰，並完成於  $550^\circ\text{C}$  左右。對於活潑金屬，如鈦，要故意讓短分子的分解轉移到更低的溫度下進行以避免碳污染（形成碳化鈦）。氣氛的作用是提供熱氣流流動以促進聚合物的分解。例如，氧氣 / 二氧化碳或水可以除去來自主幹聚合物分解後殘餘的碳，流動的氣氛可以清掃產品 / 防止高溫滲碳反應。不幸的是，在高溫脫碳下的氧化伴隨而來，所以氧化的氣氛限制使用在較低的溫度。



**圖 3：顯示鐵和鐵的氧化物間的分離與氧分壓和溫度的關係，氧化線上 / 線下代表氧化 / 還原的條件。在 1200° C 溫度下真空燒結通常發生於還原條件下**

當聚合物的燒除開始加速，燻黑現象會發生並在生坯表面形成瑕疵。只有少數情況，缺陷是來自原料的組成成份本身。燻黑現象的出現是當生坯加熱速率太快，卻沒有足夠的氧化劑（氧氣或水）。聚合物形成石墨煙霧然後落在生坯表面和附近。更多的現象是與爐子的高負荷（產品放太多）/ 加熱速率過高 / 過低的氣氛流量 / 大型部件等有關。

最好的做法是當要去除主黏結劑時改用緩慢加熱的方式，尤其是在燒結週期的初期。流動的氣流可以消除燃燒出來的副產物，這意味著調節爐內氣流的負荷變化是重要的。典型的 MIM 黏結劑的去除經過試驗，發現可以找到最佳的聚合物萃取是由氫氣或氮氣 / 氫氣混合的氣氛來帶走。氫含量高，提高了甲烷的形成，這意味著更少的黏結劑碳殘留。事實上，最佳的方法是使用純氫或氫和水蒸氣 200° C 脫脂，然後逐步升在高溫以接近純氮方式來燒結。經過證明這是難以管理的程式，所以作為默認的基本程式是以純氮來籠罩於整個燒結週期。

不當的排除黏結劑會造成瞬間氣爆，產品低強度，且

含碳量高 / 起泡 / 性質變異或尺寸變化。大多數情況下，脫脂應該是緩慢加熱，氣氛中有更多的氧化劑，和更快的氣氛流動發生在產品表面。現的數值模擬燒結爐性能是可類比的，能記錄聚合物燒除過程的氣氛 / 幫助發現問題，但這些似乎在 MIM 近年來越來越不受重視。現代的解決方案依賴於燒結爐的閉環控制系統，偵測爐內的現狀和不斷調整氣流來改善黏結劑燒除的情形。

## 重要的冶金反應

鐵系金屬冶金的掌握度在傳統煉鋼業比 MIM 產業要更早更久，MIM 產品的關鍵依賴控制氧化 / 還原和滲碳 / 脫碳是要領。以 MIM 製作汽車零部件更需要掌握熱處理用於提供性能上所需的硬度 / 耐磨性和強度。甚至在今天，所有的汽車都要考慮到推行燃油的節省，但是典型車輛的 2/3 結構和零件仍然是鋼材，但是 MIM 只佔有那些鋼材的一小部分。下面是一些重要的冶金反應，學習他們來鞏固碳的控制。

## 氧化與還原

對 MIM 製程中的鋼而言，熱化學反應是其碳控制的基

礎，這占主導地位的反應即為：氧化 / 還原和滲碳 / 脫碳。此反應包含鐵 (Fe) 的反應依賴於氧和氧化物之間的平衡，如 FeO，可以寫成如下式：



化學元素 / 化合物後的字體代表其狀態，即鐵 (Fe) 和氧化鐵 (FeO) 是固體，氧氣 (O<sub>2</sub>) 是氣體，雙向的箭頭代表可逆的反應，往方程式的右邊走是代表氧化，左邊走代表還原。高濃度的氧氣導引鐵氧化發生，但高溫對高氧化的氧化鐵又造成氧化物分解成氧和純鐵，例如在真空中的燒結。就像一個遊樂場中的蹺蹺板，按下一側則另一側上升，增加氧氣則在鐵旁產生更多的氧化物。

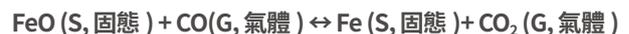
如前所述，圖 3 繪製了氧分壓對應氧化還原，該圖顯示了氧化（氧加鐵變成氧化鐵）和還原（氧化鐵變成鐵和氧）的平衡氧分壓和溫度之間的對應。在一個典型的燒結溫度，大氣壓力需要小於 10-13 避免鐵與氧氣發生氧化反應，這在大多數的真空系統是可以實現的。另外，燒結氣氛中氧分壓如高於此氧化 / 還原線，氧化便會發生。注意更高的燒結溫度，還原是更容易的，特別是加入氫。同樣，在真空的緊湊型或石墨箱爐會由碳來控制還原的條件。氧化鐵被氫還原如下式：



氫的分壓比決定了反應是否生成水的發展，在燒結溫度接近 1200° C 時是還原氣氛，氫氣傾向與氧結合成水。如果鐵 (Fe) 是被與蒸汽（水蒸氣或水）存在一起加熱，而氧化鐵 (FeO) 和氫氣 (H<sub>2</sub>) 會形成。此外，如果鐵的氧化物和氫一起被加熱，此反應會生成鐵和水蒸氣。新鮮的氫持續供應會使總體的氧化物還原，意思是 MIM 零件中氧化物的氧會與氫結合成水蒸氣不斷的被沖走。

注意水蒸氣和氫氣含量出現在反應的兩側。這意味著反應的方向取決於水和氫的濃度比，一個參數可被量測——露點。露點告訴在何種溫度，水蒸氣會凝結在燒結氣氛中，是氣體水分含量的測定有效方式。一個 7° C 露點對應 1vol% 的水蒸氣可氧化大多數的金屬，而露點 -42° C 對應 0.01vol% 的水蒸氣，就可還原大多數金屬的還原。金 / 銀 / 銅和鎳都很容易被還原，而鈦 / 矽 / 鈦 / 鈦氧化物的抗還原性相當好。和鐵的氧化物相比，鉻的氧化物 (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 更易還原。因此，大氣條件的在還原鐵時仍可氧化鉻。適當的燒結過程總希望在到達高溫以前還原所有的金屬氧化物。

燒結鐵合金的兩個有效可還原劑為一氧化碳 (CO) 和氫 (H<sub>2</sub>)。一氧化碳對鐵的氧化 / 還原機制相似於氫對氧化鐵的氧化 / 還原反應：



在這種情況下，CO 和 CO<sub>2</sub> 分壓比便很重要的。一邊二氧化碳的壓力大導致鐵氧化（反應化學式左邊的反應）和一氧化碳的壓力大導致鐵的還原，因為它推向正確的反應。再次強調，鐵還原燒結時，氣氛中的 CO 分壓是超過 CO<sub>2</sub> 分壓。

### 滲碳與脫碳

碳元素是鋼有效且必要的增強劑。精確的控制 MIM 燒結零件最終碳含量是要完全理解滲碳和脫碳的狀況，由於與碳 / 氫 / 氧三者之間的反應，可以藉由加或減特定氣氛來使基底的碳改變。重要的氣氛是一氧化碳 / 甲烷 / 二氧化碳三種氣氛。

第一個例子，鐵 (Fe) 和其碳化物 - 雪明碳 (Fe<sub>3</sub>C) 對照的一氧化碳 (CO) 或是甲烷 (CH<sub>4</sub>) 反應出現：

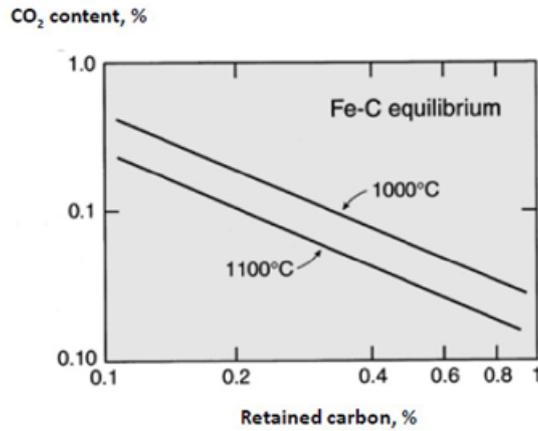
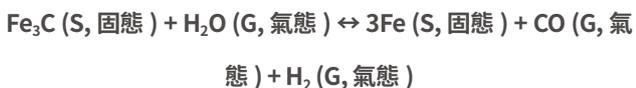


圖 4：兩個溫度的條件下，燒結氣氛中二氧化碳含量對應殘碳量函數，注意兩個軸都是對數



雖然在這裡顯示雪明碳  $\text{Fe}_3\text{C}$  形成滲碳體，在碳的濃度低時它會溶解。這之間的關係如圖 4，繪製了保持碳和二氧化碳含量在兩個溫度的條件，當殘餘碳含量有較高的要求時，二氧化碳就必須減少。另外，高二氧化碳含量驅使脫碳由於一氧化碳產生。在石墨加熱爐的真空燒結條件下結導致殘氧與石墨之間產生一氧化碳，由於有一氧化碳超過  $800^\circ\text{C}$  使鐵還原。另一方面的反應，鐵的還原過程使氧化鉻不發生直到約  $1250^\circ\text{C}$ 。當 MIM 燒結工具鋼過程時，石墨加熱元件將提供了一個有用的滲碳環境。

除了石墨發熱元件（包含石墨箱體和石墨承燒板），碳還可以從分解的聚合物中或有意添加的石墨粉得到。粉末的來源包括石墨和雪明碳體 ( $\text{Fe}_3\text{C}$ )，但從熱力學穩定的碳化物如碳化鉻來獲得碳的是禁忌的。雪明碳體的增加，在  $727$  到  $900^\circ\text{C}$  間加溫，碳會溶解在鐵中（固溶）。考慮到此反應涉及雪明碳鐵相與水（蒸汽）在鋼中的燒結過程反應：



增加水（蒸汽）壓力的是一個手段，可以造成鋼脫碳，所以低水蒸氣的氣氛（乾燥或低露點）可以避免在燒結過程中脫碳。理論上，由於甲烷的產生，使用乾氫燒結過程的脫碳是可行的做法。然而，這是一個緩慢的反應往往被忽略。因此，以高純氫氣氛燒結對 MIM 鋼的含碳量保留一個最理想的選擇；氫將氧化物還原和並使碳保留。

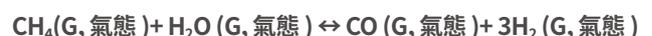
在上述反應式中， $\text{FeO}$  和  $\text{Fe}_3\text{C}$  用來說明氧和大氣中碳-鐵反應的作用。實際上，氧和碳不形成化合物；相反的，氧和碳溶解在鋼參與這些反應。在  $1250^\circ\text{C}$  相圖表明氧在鐵的溶解度極限是約  $0.2\text{wt}\%$ ，而碳在鐵的溶解度極限是  $1.5\text{wt}\%$ 。在這個溫度和濃度的  $\text{FeO}$  和  $\text{Fe}_3\text{C}$  化合物會溶解到鐵中，只有在冷卻時才會析出。

## 反應的控制

MIM 燒結鋼控制碳含量時我們看到的一些反應行為。考慮的五個主要的氣體種類包含  $\text{CO}/\text{CO}_2/\text{H}_2/\text{H}_2\text{O}/\text{CH}_4$ （即一氧化碳 / 二氧化碳 / 氫氣 / 甲烷 / 水蒸汽）。兩個關鍵的氣體反應如下：



以及



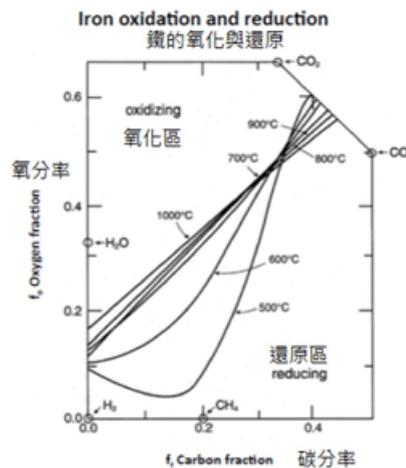


圖 5：顯示幾個溫度範圍下爐內氣氛之碳含量和氧含量造成鐵的氧化或還原之邊界，各溫度下的氧化和還原分離線是不同的。氫，一氧化碳和甲烷在所有溫度都會形成還原效果

碳的反應完全控制圍繞在測量和調節這些氣氛和物質，碳勢的定量測量是由這兩種氣體的比例可確定。

在 MIM 的鋼材燒結過程中，如果氧氣存在，那麼必須採用緊湊型（添加石墨於原料中）或氣氛摻雜的碳（甲烷）方能補償脫碳，最終期望獲得氧化物還原和控制碳含量的目標。鐵和鋼的重要分界取決於氧的原子分數（ $F_O$  = 氧原子的分數在氣氛中的總量）和碳的原子分數（ $F_C$  = 碳原子的分數在氣氛中的總量），碳氧佔有率顯示氧化還原的平衡。圖 5 是在不同溫度下的氣氛組合，水準軸是碳的原子分數（例如純甲烷  $CH_4$  碳佔有 20%，因為有五個原子中有一個碳），而垂直軸是氧的原子分數（水  $H_2O$ ，氧佔有 33%，三個原子有一個氧原子）。注意到氮並不是這圖面裡的演員，但卻是不容忽視的角色，和氫一樣，其原子的量總是必須降低。每一溫度線顯示出氧化還原平的衡。還原氣氛處理是通過位於平衡線，對應的氧含量要低。

圖 6 使用相同於圖 5 的圖面，但改為標出滲碳和脫碳的溫度分佈。氮是不再此圖中的一個中性氣氛。氫會造成輕微的脫碳在較低溫度範圍，且脫碳的很緩慢，

而在高溫下它對於碳是中性的氣氛，但是濕氫可脫碳，因為有水蒸氣的關係。此外，當溫度條件的改變，導致如在圖 7 的突顯問題。那照片是一個 MIM 槍械元件，在表面附近有脫碳現象，最可能是由於燒結氣氛含有水分造成。

現代已由儀錶協助對爐內氣氛品質的檢測和控制來調整爐的燒結氣氛條件，氧化物被還原而且避免脫碳或滲碳。自 1991 年起這些理念被引入，MIM 工廠亦採電腦控制系統，初期較高的設備費用和無法接受令人接受的碳控制結果仍不理想。今天，電腦控制的燒結爐閉環回饋控制系統已可做到  $\pm 0.05\%$  的碳控制。

### 最終濃度

有幾個因素影響的產品最終碳含量。兩個主導因素可由 MIM 原料構成，即原料本身的氧 / 碳含量。在粉末碳損失由於氧化造成的偏移時，添加鐵碳化合物或石墨粉末是一種手段。用於加熱氣氛的主導因素，參考鐵的氧化還原和滲碳脫碳的溫度對照曲線圖，它可以定制所需的最終組成氣氛成分 - 希望可維持碳含量，且鐵可完全還原。在這方面，三種氣氛是最成功的應

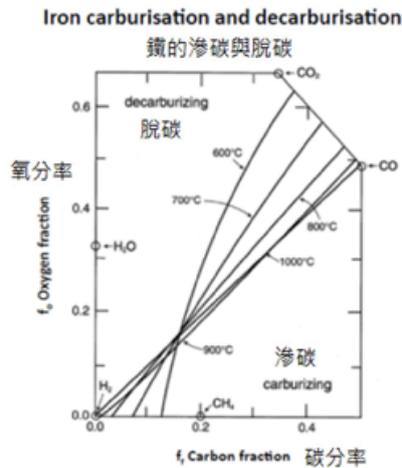


圖 6：顯示滲碳與脫碳區域對應幾個溫度範圍，以及氧氣和碳的原子分率。水（蒸汽）和二氧化碳則是造成脫碳的現象，但甲烷會造成滲碳

用在 MIM 工藝上：氫 / 氮氫混合氣 / 真空。

任何其他氣氛組合面臨的困難，結合電腦控制來調整燒結過程的氣氛以滿足最終碳含量控制。對於需要低碳含量時，脫碳是比滲碳更容易來達成性能控制；如果是要求中碳的水準，就必須正確的時時監控氣氛品質。最後，對高碳含量的要求時，碳應該被「綁入」一個穩定的碳化物（SiC/TiC/WC/Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub> 等），以對抗脫碳發生。

數個可反應的氣氛 (CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O 和 CH<sub>4</sub>) 實際上涉及到三個元素（碳 / 氫 / 氧）和兩個獨立的氣相反應。最終，MIM 零件碳控制必須跟蹤監測和幾個大氣成分的控制，以及起始粉末碳和氧含量。利用傳感器獲取資料並以演算法對爐內氣氛控制，精確的碳控制使 MIM 工藝可以進入汽車 / 手工具 / 軍火器及工業零件的大批量應用。■

### 重要文獻

[1].E. C. Bain and H. W. Paxton, Alloying Elements in Steel, American Society for Metals, Metals Park, OH, 1966.

[2].D. R. Bankovic and R. M. German, Optimization of Debinding Cycles in Powder Injection Molding, Advances in Powder Metallurgy, vol. 3, Metal Powder Industries Federation, Princeton, NJ, 1990, pp. 223-232.

[3].S. Darken and R. N. Gurry, Physical Chemistry of Metals, McGraw-Hill, New York, NY, 1953.

[4].J. Ebenhoech and H. Wohlfromm, Control of Composition and Microstructure of Injection Molded Steel Parts Using Elemental Powders, Advances in Powder Metallurgy and Particulate Materials - 1995, Metal Powder Industries Federation, Princeton, NJ, 1995, pp. 6.95-6.102.

[5].R. Fagan (ed.), Vacuum Technology, Practical Heat Treating and Brazing, ASM International, Materials Park, OH, 1993.

[6].R. M. German, Sintering Theory and Practice, Wiley, New York, NY, 1996.

[7].R. M. German and A. Bose, Injection Molding of Metals and Ceramics, Metal Powder Industries Federation, Princeton, NJ, 1997.

[8].Y. L. Ho and S. T. Lin, Debinding Variables Affecting the Residual Carbon Content of Injection Molded Fe-2 pct. Ni Steels, Metallurgical and Materials Transactions, 1995, vol. 26A, pp. 133-142. (台灣科技大學林舜天教授 S. T. Lin)

[9].E. Hryha, L. Nyborg, A. Malas, S. Wiberg, and S. Berg, Carbon Control in PM Sintering: Industrial Applications and Experience, Powder Metallurgy, 2013, vol. 56, pp. 5-10.

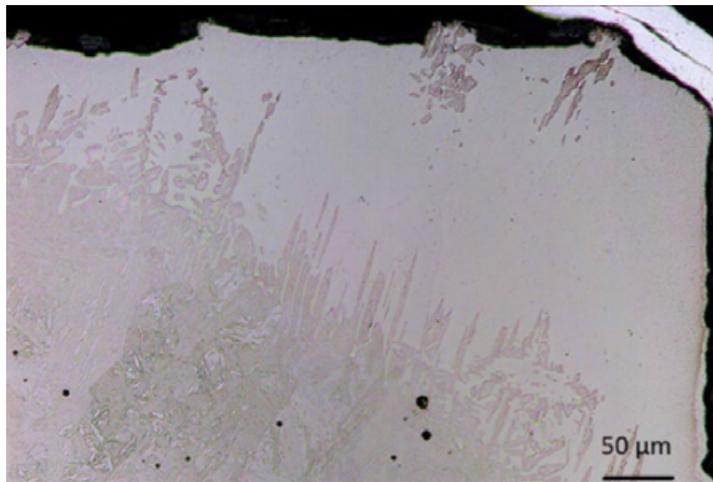


圖 7：燒結 MIM 槍械零件的橫截面顯微照片，右上角可以清楚看到接近表面越趨於脫碳現象（片葉狀的雪明鐵消失了），這是由於不正確的氣氛控制

- [10].S. Igarashi, M. Achikita, and S. Matsuda, Evolution of Gases and Sintering Behavior in Carbonyl Iron Powder for Metal Injection Molding, Powder Injection Molding Symposium 1992, P. H. Booker, J. Gaspervich and R. M. German (eds.), Metal Powder Industries Federation, Princeton, NJ, 1992, pp. 393-407.
- [11].M. Kearns, K. Murray, and T. Tingskog, Effects of Particle Size and Alloy Chemistry on Processing and Properties of MIM Powders, Advances in Powder Metallurgy and Particulate Materials - 2009, Metal Powder Industries Federation, Princeton, NJ, 2009, pp. 4.1-4.8.
- [12].S. Krug and S. Zachmann, Influence of Sintering Conditions and Furnace Technology on Chemical and Mechanical Properties of Injection Moulded 316L, Powder Injection Moulding International, 2009, vol. 3, no. 4, pp. 66-71.
- [13].V M Kryachek, Injection Moulding (Review), Powder Metallurgy and Metal Ceramics, 2004, vol. 43, pp. 336-348.
- [14].C. Lall, Principles and Applications of High Temperature Sintering, Reviews in Particulate Materials, 1993, vol. 1, pp. 75-107.
- [15].B. Levenfeld, A Varez, and J. M. Torralba, A Modified Injection Process of Metal Powders Using a Thermosetting Binder, Proceedings of the 2000 Powder Metallurgy World Congress, Part 1, K. Kosuge and H Nagai (eds.), Japan Society of Powder and Powder Metallurgy, Kyoto, Japan, 2000, pp. 274-277.
- [16].H. Miura and T. Honda, Establishment of Metal Injection Molding (MIM) Process and Its Application, Journal of the Japan Society of Powder and Powder Metallurgy, 1996, vol. 43, pp. 829-839.
- [17].H. Miura, T. Honda, K. F Hens, and R. M. German, High Performance 4600 Steels by Injection Molding, Powder Injection Molding Symposium 1992, P H Booker, J. Gaspervich and R. M. German (eds.), Metal Powder Industries Federation, Princeton, NJ, 1992, pp. 203-217.
- [18].P. Quadbeck, B. Schreyer, A. Strauss, T. Weissgarber, and B. Kieback, In Situ Monitoring of Gas Atmospheres During Debinding and Sintering of PM Components, Proceedings PM 2010 World Congress, Florence Italy October 2010, European Powder Metallurgy Association, Shrewsbury, UK, on CD.
- [19].E. Streicher and R. M. German, Process for Controlling Carbon Content of Injection Molding Steels During Debinding, U. S. Patent 5,334,341, issued 2 August 1994.
- [20].M. W. Wu, K. S. Hwang, and K. H. Chuang, Improved Distribution of Nickel and Carbon in Sintered Steels through Addition of Chromium and Molybdenum, Powder Metallurgy, 2008, vol. 51, pp. 160-165.

# 臺以創新研發 成員補助計劃

**Taiwan: Israel**  
Industrial R&D Cooperation Program

以色列以高度創新科技研發能力著稱於世，而臺灣高科技產業以高效率全球製造供應鏈聞名。為整合以色列創新研發及新創與台灣製造業產業聚落優勢，提升台灣產業研發能量與核心競爭力，於104年與以色列簽署「工業研究及發展雙邊合作協定」以來，經濟部技術處在A+淬煉計畫中，以「臺以創新研發成員補助計畫」專案類計畫，支持雙邊產業研發合作。

## 申請期程：

採批次收件、批次審查，111年徵案日期為

- 第一次2月10日-5月25日（研發類）
- 第二次3月1日-6月29日（場域驗證類）
- 第三次5月1日-9月19日（研發類）

## 應備申請資料：

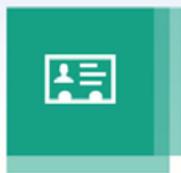
- 申請表及申請公司基本資料表。
- 計畫書。
- 臺以雙方廠商合作證明文件，含智財權分享與規劃（申請時可先以LOI或MOU審查，但需在提出正式合約後，始進行簽約事宜）。
- 臺以雙邊合作表（**BILATERAL COOPERATION FORM: BCF**）。
- 主導公司最近3年之會計師簽證之查核報告書及所有聯合申請單位最近1年之會計師簽證之查核報告書。

### 申請資格



與以色列廠商進行創新研發合作之臺灣廠商

### 計畫範疇



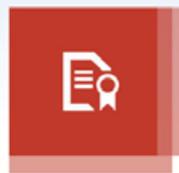
- 不限領域均可提出申請
- 四個重點補助領域\*

### 計畫期程



上限為3年

### 補助金額



最高不超過臺方計畫總經費之50%

### 申請時程



採批次收件、批次審查

\*四個重點補助領域為「資訊安全」、「智慧製造」、「高階醫材」及「下世代通訊與IoT創新應用」

## 聯絡資訊：

胡曉 工研院產業科技國際策略發展所 Tel: +886-3-591-3425 Email: XiaoHu@itri.org.tw

A+淬煉計畫網址：<http://aiip.tdp.org.tw>

廣告編號 2022-08-A08



## 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

## 談判的七宗罪

■宇一企管 / 林宜璟 總經理

### 前言

基督教有所謂的七宗罪，分別是：傲慢、貪婪、色慾、嫉妒、暴食、憤怒以及怠惰。之所以特別強調這七項，是因為這七種罪惡能夠直接形成其他不道德的行為或習慣。

談判中也有七個最基本的錯誤，犯了這七個錯誤中的任何一個，就會使得談判這個可以讓彼此生活變得更美好的神奇工具，不能發揮它美好的效果。

以下說明這七個談判中最常犯的錯誤，作為這幾期談判系列文章的總結。

### 該談而沒談

#### — 不管打擊率高低，不揮棒什麼都沒有

不管一個打擊手的打擊率高或低，但確定的是他不揮棒一定沒有機會打出安打，甚至全壘打。

我同意關於判斷「何時該談判，何時又不該談」這件事本身需要極大的智慧。

但是因為你現在看的是中文，所以我合理推論你也是有意無意間在儒家文化薰陶下成長大。所以依照矯枉

過正的原理，我強烈建議這樣的你以「去談」為預設值。以上這幾句話有三個關鍵詞，「儒家文化」、「矯枉過正」，「預設值」。分別說明如下：

### 儒家文化

我家孩子還在國小低年級的時候，學校有熱心的媽媽去學校教孩子讀經。讀的其中一篇叫做弟子規。讀經媽媽教得很認真，還要求孩子要能背誦。弟子規這個名字我聽過，但是從來沒有仔細看它的內容。既然孩子在學校被要求背誦，所以我也就找來看一看。看完之後我直接跟老師說我們家的孩子上課可以，但是不背弟子規。為什麼呢？因為弟子規的內容，我認為其實總結只有兩個字，聽話。

聽話沒有不好，但我的觀念裡，講道理比聽話更重要。

弟子規當然不等於儒家文化，但畢竟有相承的脈絡。依我的觀察，包含日、韓等這些曾受中文影響的「儒家文化圈」，即使到了現在，重視「聽話」的價值觀還是圍繞在這些社會中。

### 矯枉過正

什麼是矯枉過正？矯枉過正乍看是一個負面的意思。但是從另一個角度解讀，矯枉過正既是金屬加工的常



(圖片來源：Freepik.com)

見程序，也是改變行為的必要作為。

我大學讀的是機械，所以對於金屬加工略懂略懂。不過如果你對機械沒有一點興趣也沒關係。我保證以下說的你一定聽得懂。

請問你要讓一根鋼條產生 10 度的曲折，你要把他拉到幾度？具體要幾度不知道，但是絕對不會只有 10 度。因為鋼條有彈性，你如果只拉到 10 度的話它一定會彈回去一點，所以最後角度就在 0 跟 10 度之間。一定要拉超過 10 度，再讓鋼條彈回去，最後才有機會剛好是 10 度。

所以矯枉過正的意思就是如果要改變自己，就要先了解自己的本性。改變時要給超過想要調整幅度更大的力道，然後你的本性會抗拒，會彈回來一點，最後的結果才叫做剛剛好。

所以延續前面說的儒家文化圈，如果你是在這樣社會成長的人，你的本性就是比較傾向於聽話。也就是，你的本性是傾向於接受，而不是去談。這就是我們的「出廠預設值」。

## 預設值

因此對於很多人來說，面對衝突時本能的反應是聽話、接受、不要去談。

基於以上的分析及矯枉過正的原理，我建議讀者各位，遇到可能需要談判的狀況時，參考以下原則：

- 想談就去談；
- 有點猶豫該不該談，還是去談；
- 你覺得這個場情境非常非常不適合談，那才別談。

最後，還有些人不談的原因是因為認為即使談了也不見得能夠得到想要的。關於這點，我的提醒是：

- 只要可能更好，不用一定最好，就值得談；
- 用對方法好好談。至於何謂對的方法，希望你能在這幾期的系列文章中找到。

## 談之前沒有明確的目的

### —比怎麼追更重要的是為什麼要追

我有個朋友從高中時候開始苦追一個女生。追了 10 多年，那個女生換了幾任男友之後，最後終於跟我這個朋友在一起了。

但是有趣的是當他們兩個真的結婚之後，有一次跟這



(圖片來源：Freepik.com)

朋友聚會的時候，卻發現他講起他的婚姻生活乏善可陳。不禁讓人家納悶啊你當時追得那麼辛苦幹嘛？

然後這時候有另外一個說話刻薄的朋友就開口了。他說：「你這就是狗追公車。狗看到公車來就追，但是追到了也不知道要幹嘛！」

這位嘴賤的朋友既不相信愛情，口業又重，我們不要管他。但我要說的是，很多人開始談判，也可能只是為了某種情緒、某種衝動，就像看到公車的狗。

本書中一直強調「為達目的，慎選手段」。要先想清楚目的是什麼，再思考什麼是合適的手段。比怎麼樣追到女神更重要的是，這個女神究竟值不值得你追？還花了十多年追？

談判時先想清楚，而且多想幾次，實質的利益、加強的關係、快速的時效，到底哪一個對你最重要呢？

有人說家庭不是講理的地方，是講愛的地方。這句話從談判的觀點來說，就是在處理家裡的事情時，關係的重要性遠高於其他兩者。

所以談判前一定要先想清楚你到底要的是什麼。否則就是另外一隻追公車的狗。

不過在這裡還要強調一點，就是「你要的是什麼」這件事可以，也應該隨著客觀局勢的變化而調整。否則就是固執，而不是堅持了。

## 你只想到你自己

**一談判是為自己，但是不能只靠自己，更不能只想到自己**

談判是透過溝通跟交換，讓彼此生活變得更美好。溝通跟交換是談判的關鍵，而溝通跟交換這兩個動詞，都必然涉及到另外一個對象。在近期的系列文章中強調不管對方再強，你一定有談判籌碼，否則談判根本不會發生。但是對於很多人而言，他們需要的卻是反面的提醒，不管你再強，你一定需要對方，否則你根本不用跟他談。你直接用搶的就好了。

談判時既然不是要去搶，就永遠要去思考對方想要什麼，對方有什麼；我又要什麼，我又有什麼。然後可以怎麼交換。

美好的交換前提還是價值認知的差異。這也是為什麼



(圖片來源：Freepik.com)

迴紋針能夠換到房子的原因。

## 太早開始談判

### —除非意外，否則做好準備再談

談判有時候像愛情，說來就來。比方在拉麵店吃了半碗麵，才發現湯裡有一隻煮得軟爛的蒼蠅，這時跟老闆好好談一下是必須的。

這種天上掉下來的談判發生時，當然只能夠靠平常的修煉了。但是還有很多其它談判，特別是商務上的談判，我卻發現常犯的錯誤是太早發起談判。

換句話說，明明有時間作好準備，偏偏卻不去做準備（不要問我明明是誰？也不要問我偏偏是誰？）

多年擔任業務主管的經驗，讓我觀察到有些鬥志高昂的業務特別享受跟客戶的廝殺，也就是特別愛跟客戶談判。不幸的是這些人的成績通常不好。相反的，傑出的業務，通常談判的時間短、次數少。

為什麼？因為以銷售過程來說，成功的銷售談判建立在幾件事情上：

- 客戶對你的信任；

- 你對客戶需求的了解；
- 你對客戶組織內部權力結構的掌握；
- 你的提案是否符合客戶的需求。

事實上，如果 1、2、3 這三個步驟都做得踏實，客戶就應該很能接受你的提案。而你的提案一旦符合客戶的需要，談判只是在一些小細節上調整，花不了什麼時間。

即使你面對的不是銷售談判，但上述這談判前的四個步驟一樣重要。因為談判的本質就是銷售，只是你賣的是你的想法，而不是產品而已。

## 把變數當作常數

### —輕易認定某些限制不可變，甚至根本沒有意識到限制的存在

這個問題跟談判五大變數裡面的規則，rule，有特別的關係。

談判時一定會有意識無意識的遵循一些規則。如果遵循這個規則，談判的結果就會被限制在某些範圍；如果打破這個規則，就可能有完全不同的結果。規則就是談判時不可變的常數，能夠改變結果的，則是談判



(圖片來源：Freepik.com)

裡的變數。

這事跟前面談過的「聽話」的態度有關。當一顆習慣聽話的腦袋面對談判情境時，基本的預設值就是別人告訴你不能變的事情就是不能變。這時候如果再配合溫良恭儉讓的美德，就完全不會去質疑，進而改變這些規則了。

一個好的談判者，通常要有一點創新、叛逆的精神。因為唯有這樣的態度才能打破習得性無能，開創新的局面。

## 贏得戰役，輸了戰爭

### —計較眼前小局勢，忽略長遠大格局

當把談判當成無限賽局時，那麼爭的就不是眼前的小利，而是長期的大義。至於哪一種談判應該被當成無限賽局呢？複習一下，人重要的談判基本上都是無限賽局。

我為企業進行談判策略工作坊時，發現許多學員談判時不管在積極度、溝通技巧、臨場反應都相當出色。但是唯一的問題是，他談出來的結果不是主管要的，特別不是高階主管要的。

所以兩個提醒：

- 生活中喬事情的談判，請認真思考：「你跟眼前的這位談判對手，比方說你的家人、你的朋友，或其它人，長期來看到底想要建立怎麼樣的關係？」這才是真正重要的事情。在這個前提之下，眼前的得失，還有微不足道的口舌之快，都是可以放掉的。
- 工作上的話，我建議你拍拍自己的腦袋，跟自己說，這是一顆執行長的腦袋。想想看如果你是這家公司的執行長的話，你真正在乎的會是什麼？還記得前面章節裡提過的，我在花蓮一泊二食養的那隻狗嗎？請確定咬回來的東西，真的是主人想要的。

## 把談判對手當敵人

### —談判對手是解決問題的夥伴，真正的敵人是困擾你們的共同問題

真正的敵人是困擾你的問題。談判對手其實是幫你解決這個問題的夥伴，不管你喜不喜歡他。

有衝突，就代表彼此需要；有談判，就代表彼此一定有籌碼。當雙方人真的「田無溝，水無流」的時候，不會有談判。



(圖片來源：Freepik.com)

不管你再怎麼討厭跟你談判的人，他們都是你解決問題的夥伴。因為你的問題需要他來一起解決，所以你才會出現在他的面前。

永遠不要把談判對手當成你的敵人，不管你多討厭他。當你將問題當成真正的敵人，而不是對方的時候，會有兩個美好的副作用發生

- 你跟他的關係變好了，因為人類有共同敵人的時候就會是盟友；
- 問盟友這個問題有什麼想法？他想怎麼做？這是再自然不過的事情了吧？而當你提出這樣的請求的時候，你似乎在示弱，但同時也開始強化雙方的信任。

說了這麼多，讓我們回到故事開始的地方：「談判，就是透過溝通跟交換，讓彼此生活變得更美好。」

祝福大家有更美好的生活！感謝大家看了這一系列的文章，感謝這一路我們彼此的分享跟成長。

## 本章重點整理

談判最常犯的七個錯誤：

1. 該談而沒談——不管打擊率高低，不揮棒什麼都沒有；

2. 談之前沒有明確的目的——比怎麼追更重要的是為什麼要追；
3. 你只想到你自己——談判是為自己，但是不能只靠自己，更不能只想到自己；
4. 太早開始談判——除非意外，否則做好準備再談；
5. 把變數當作常數——輕易認定某些限制不可變，甚至根本沒有意識到限制的存在；
6. 贏得戰役，輸了戰爭——計較眼前小局勢，忽略長遠大格局；
7. 把談判對手當敵人——談判對手是解決問題的夥伴，真正的敵人是困擾你們的共同問題。■

# 2022 台北國際模具暨模具製造設備展



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

舉辦日期：2022/8/24(三) - 8/27(六)

展覽地點：台北南港展覽館 2 館 4F

活動網站：<https://www.chanchao.com.tw/TAIMOLD/>

## 展覽介紹

隨著近期台灣的 COVID-19 疫情逐漸趨緩，雖然仍須做好防疫措施，但不論是在生活抑或是經濟方面，人們都在秉持著防疫原則的情況下逐漸恢復以往的生活模式。

隨著疫情的逐漸緩解，歷史悠久的「台北國際模具暨智慧成型設備展」也將在今年的 8/24(三) 至 8/27(六) 期間如期舉辦。「台北國際模具暨智慧成型設備展」舉辦至今已成功舉辦 20 屆，期望與主辦單位及各位參展商共同努力經營，積極深耕這場工業之母的展會，邁向下一個二十年。

## 展出項目

### 塑橡膠及金屬模具：

射出成型機、沖壓模具、塑料模具、壓鑄模具、粉末冶金模具、鑄造模具、鍛造模具等。

### 模具加工設備：

各式加工機、線切割機、車床、銑床、磨床、沖床、鑽床、合模機、雕刻機、攻牙機、鋸床、帶鋸機、沖孔機、研磨機、磨刀機、拋光機、噴砂機、仿削機、專用機、鑄鍛造機械等。

### 模具檢測及設計：

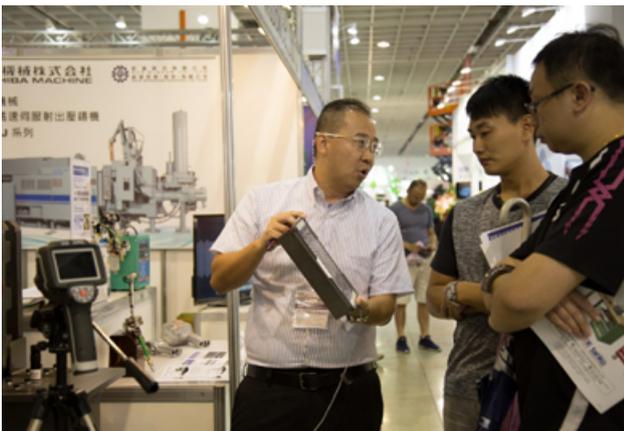
EPDM、ERP、SCM、CAD / CAM / CAE 輔助設計系統、設計製造轉包代工、產品設計、工業設計、產品機構設計、快速成型、逆向工程、自動化、原型製作、產品策略規畫、生產管理。

### 刀夾具及測量工具：

刀具、工具、夾具、量具、刀具櫃等。

### 材料暨處理技術：

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



圖：歷屆展會精彩集錦

## 周邊設備配備暨零組件：

檢測儀器、電腦 CNC 控制器、FMS / FMC、可程式控制器、步進 / 伺服馬達、送料系統、模溫機、冰水機、烘料機、溫度控制系統等。

眾多精彩內容都在「台北國際模具暨智慧成型設備展」，相信一定能夠讓您滿載而歸的。■

# 免噴塗應用之路

免噴塗專家 李玉民 老師



## 前言

免噴塗技術的實際應用是個涉及到模流分析、產品設計、材料組成、色彩處理、模具結構，以及成型工藝等多因素的複雜工程問題。基於免噴塗技術的產業化應用一直都是學術界和工業界關注的重點。本文主要通過對免噴塗材料的發展歷程、材料特點、各產業界應用的情況，以及實際應用過程中存在的主要問題進行綜述，並對免噴塗材料的未來發展趨勢進行展望。

## 免噴塗工藝介紹

無需噴塗工序，直接一次射出成型，吹塑成型，擠塑成型，模壓成型即可達到「靚麗」的外觀效果，包括金屬漆效果、玉石效果、陶瓷效果、大理石效果等。

免噴塗的價值

- **一次成型**：無需後加工製程，無需周轉，生產效率及良率大幅度提高；
- **重複利用**：可回收利用；

- **成本優勢**：10%~50% 降本空間；
- **環保價值**：近年來，隨著環境問題的日益白熱化，「環保」成為各大行業不可忽視的要求，政府對噴漆廠及電鍍廠越來越重的環保要求、地域要求，也使得免噴塗材料將是一個大趨勢。

## 免噴塗工藝這些年快速發展的原因

國家對於噴塗行業許可實行的逐年遞減，有些國家及地區直接禁止，導致有些行業或產品因成本壓力、供應鏈穩定的壓力、環保趨勢壓力，呈現出快速、全面的應用免噴塗材料的現象。免噴塗的效果相較於 5~10 年前已有了一個大臺階的上升，與噴塗效果已經非常接近，已能被眾多品牌及產品所接受。

## 如何實現免噴塗工藝

要實現免噴塗工藝可透過擠塑工藝、吹塑工藝、吸塑工藝、「雙色」射出工藝（兩個螺桿，一個射嘴），

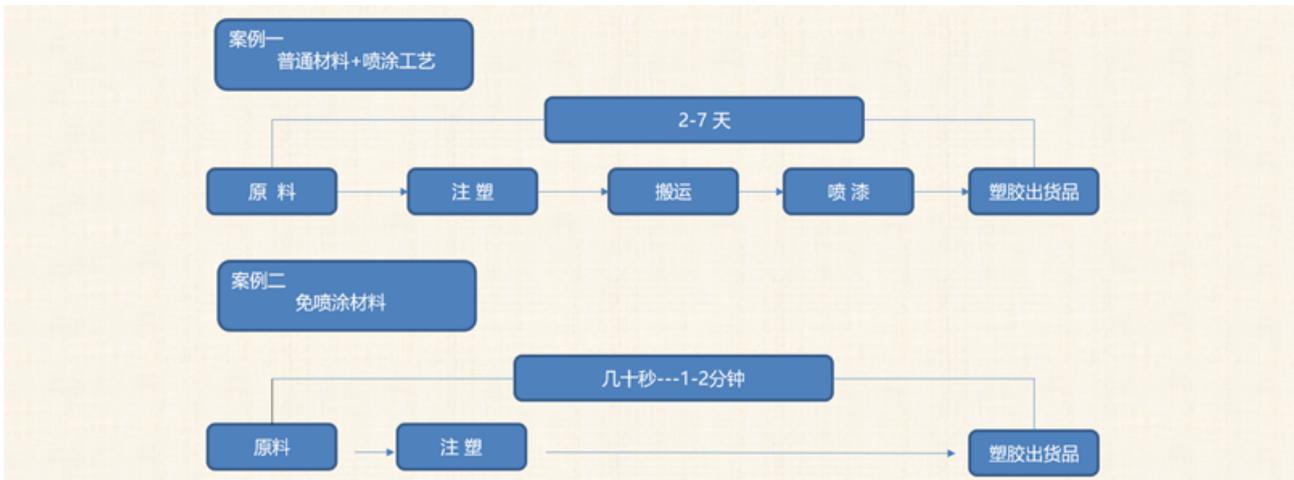


圖 1：免噴塗件的生產效率

以及射出工藝等。目前大部份的免噴應用還是在射出領域，射出件相對而言，產品 - 模具結構更複雜，對於高金屬質感的產品，流痕就是一個比較頭痛的事。

### 免噴塗應用的難點及原因分析

- **流痕（深色的夾水痕）**：讓我們舉例說明其形成的機理，當混有金屬粉（珠光粉）的熔融塑料在模腔內的流向發生突變時，導致片狀金屬粉（珠光粉）在排列方向上發生變化，破壞了原有的平行排列，相對較冷的模壁又迅速固化了這種變化，進而形成了產品表面的夾水痕或流痕症狀。
- **螺絲柱搭橋結構**，更薄的骨位設計也是個不錯的改善方法；
- **射出參數的優化。**
- **金屬質感難以達到電鍍效果**：近年來，免噴塗的金屬質感能與噴塗接近，但主要在白度與亮度方面仍是難以達到電鍍效果。

### 免噴塗的應用注意事項

- 若產品 ID 允許，盡可能選擇低流痕甚至 無流痕效

果的免噴款式，項目落地無憂；

- 有流痕或夾水痕的地方，採取美工線條，或拉絲紋，以淡化夾水痕的表現程度；
- 模內切，後工序的整體沖切或鑼切也是可以考慮的一個方向；
- 螺絲柱搭橋結構，更薄的骨位設計也是個不錯的改善方法；
- 射出參數的優化。

### 免噴塗應用案例

如今免噴塗工藝已走入尋常百姓家，隨處可見其應用案例，諸如按壓式瓶蓋（洗髮水、沐浴露等產品）、食品包裝行業（奶粉、食用油、醬油等產品）家電行業（電鍋、電風扇、空調等）。

### 免噴塗的未來展望

#### 與紋理的搭配

能夠有效地提高產品的外觀顏值，增加耐刮度，在一定程度上對流痕有幫助。

#### 免噴塗材料技術的持續改善

隨著金屬粉材料技術、表面包覆技術、樹脂改性技術

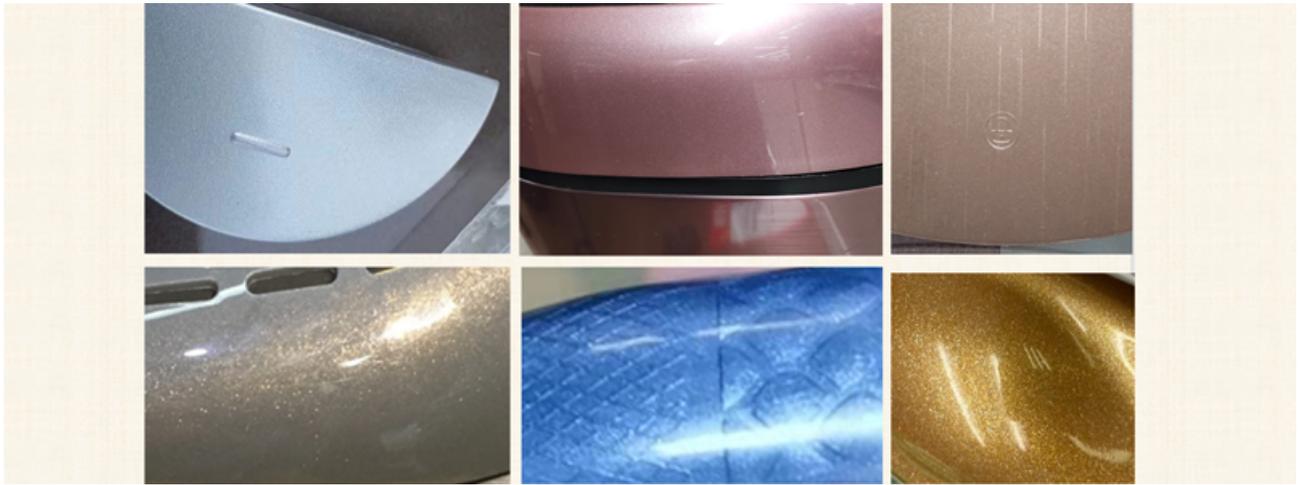


圖 2：免噴塗的款式之一，金屬類



圖 3：免噴塗的款式之一，玻璃珠類

的發展，終有一天免噴塗材料技術的使用會變得容易上手。■



圖 4：免噴塗的款式之一，雜點或彩點類

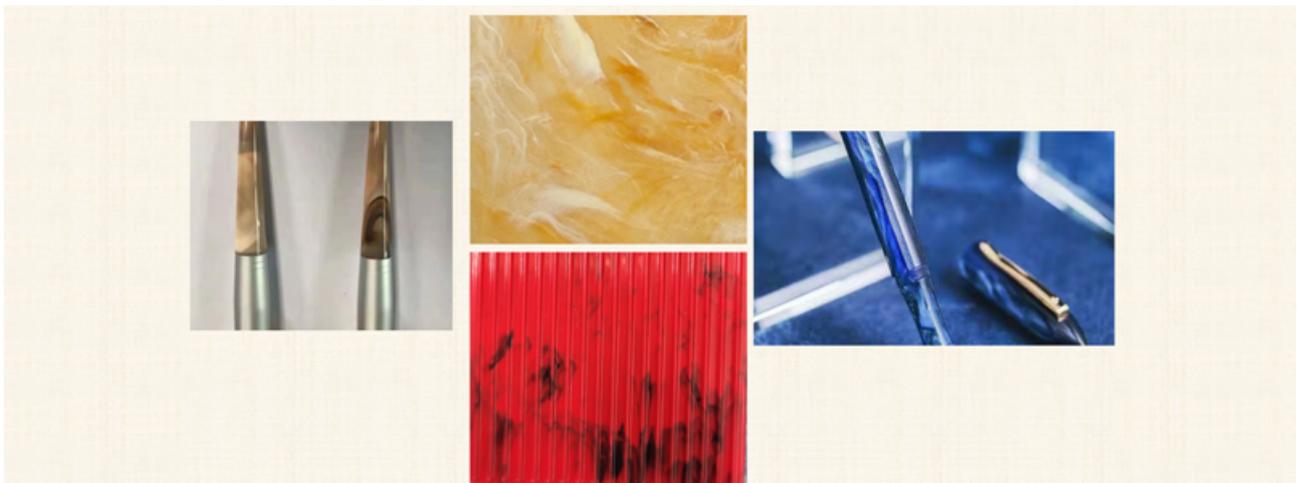


圖 5：免噴塗的款式之一：大理石流紋類

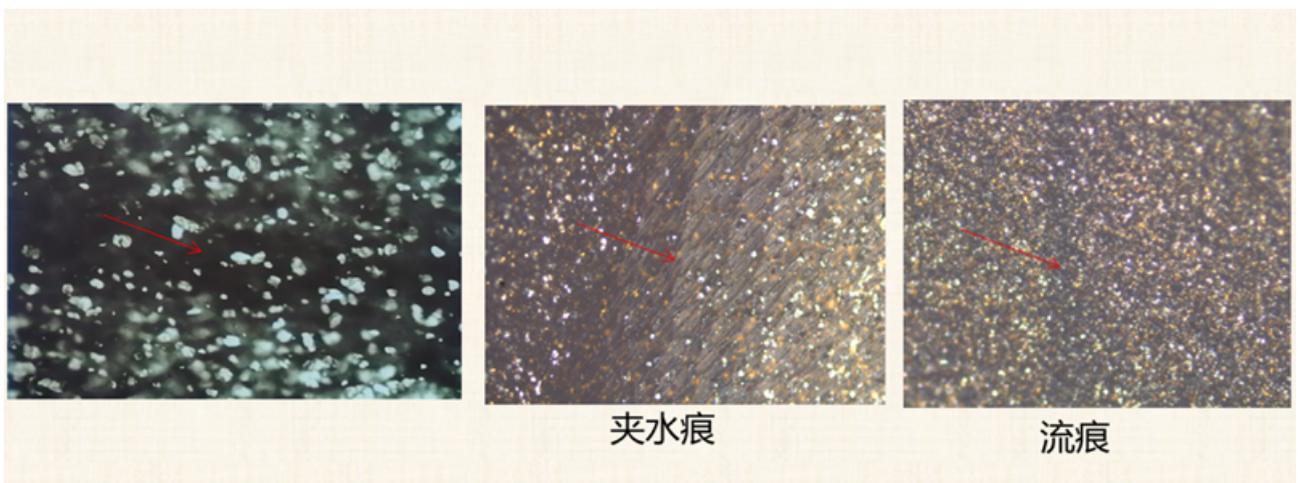


圖 6：流痕的表症



圖 7：免噴塗產品已走進千家萬戶

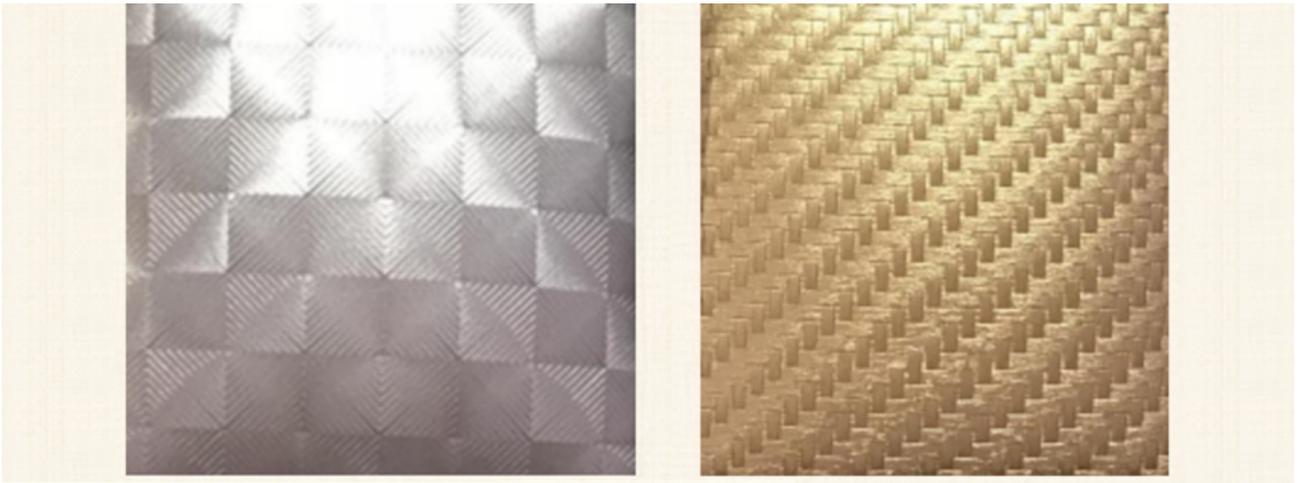


圖 8：部份紋理款式能有效的解決一定程度的流痕問題，在這方面的實際應用天津岐塑科技走在前列

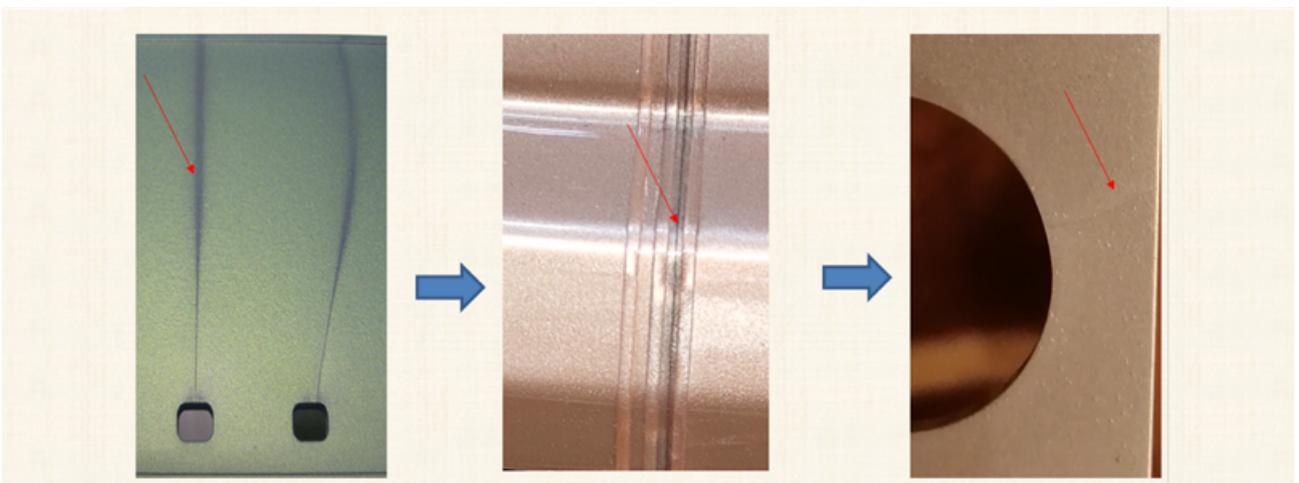


圖 9：免噴塗材料技術的持續改善



# ACMT 射出機聯網 相容性計劃

解決不同廠牌設備通訊問題

實現統一整合應用平台

落實工業轉型數位升級



## Level 0 數位化

建立規格及定義，確保OT系統與IT系統的資料一致性。



## Level 1 機台聯線

建立即時看板，產出平均故障／修復時間等管理報表。



## Level 2 可視化

遠端監控參數，確保生產過程符合規範，保存修改記錄。



## Level 3 透明化

監控過程各項實際值，追溯生產歷程，確保塑膠製品品質。



## Level 4 可預測

取得機台歷程數據，建立預測性維護；虛擬製品品質預測。



## Level 5 自適化

提高射出穩定性，即時全自動智慧射出塑膠製品。

### 創始會員

- ACMT
- 盟立自動化
- 型創科技
- 工研院微系統中心
- 台中精機
- 工研院巨資中心



廣告編號 2022-08-A09

ACMT 射出機聯網相容性計劃聯盟



+886-2-8969-0409

新北市板橋區文化路一段268號6樓之1

nina.fan@caemolding.org

<https://www.caemolding.org/opcuplus/>



# 匠心智造創未來，安鉞爾電器有限公司

安鉞爾電器 / 張秀生 廠長



## 品牌介紹

安鉞爾一直以來是高端生活家電領域的主力軍。近 21 年秉承著「精益求精、專業品質」的經營理念，被國內外眾多知名品牌、行業人士經銷商以及終端消費市場所認可和青睞。多次榮獲「騰訊家居生活電器十大影響力品牌」、「全國消費者放心滿意品牌」、「中國產品質量放心品牌」、「全國生活家電行業十大名優品牌」等業內多項殊榮。

## 企業簡介

中山安鉞爾電器有限公司，創建於 2001 年。位於「全國文明城市」——廣東省中山市。公司占地面積 150 餘畝，現有員工 2000 多人，是一家以經營小家電為主，集研發、生產、銷售為一體的港資企業，是電水壺、養生壺、上水壺、咖啡壺、茶吧機、加濕器、電煮鍋、多士爐等家電專業製造廠家。請專利 100 多項。公司擁有模具、五金、發熱盤、射出、電子、矽

膠、玻璃、噴油、電鍍、總裝製造車間，自我配套生產能力強，年生產能力超 1500 萬臺。公司專注於產品的研發及生產製造技術的持續革新，嚴格貫徹執行 ISO9001 質量管理體系，確保以精細的產優良的品質高效服務上下游企業。

## 案例分享

在製作我司國外一客戶產品模具時，由於產品是菱線型造型，上端小，下端大錐形，凸凹相間，菱線由大逐漸變小，傳統加工工藝是三軸 CNC 加工鋼料，做銅公，再電火花加工，然後省模拋光，很難保證輪廓線不變形，同時不同零件裝配時菱線之間也沒法保證一致性。運用德國 DMG 五軸機加工，直接一次把模具模腔菱線輪廓線加工成型，產品外觀菱線輪廓線得以很好保證。



圖 1：現場觀摩五軸機



圖 2：機加工現場

## 價值意義

五軸機可實現以下應用價值：

- 減少銅公的使用（減少 CNC 加工銅公與電火花時間），從而降低模具製造成本與縮短模具製造週期，同時保證了模具的精度與各零件的配合，使產品外觀造型更符合開發工程設計理念與要求；
- 本公司有 23 條生產線，每月可生產 120 多萬套水壺、多士爐、茶吧機等類型產品；
- 每年新開發 50 款新產品。

## 能力展示

本公司擁有 80~700 噸海天射出機 138 臺，五金自動沖床 360 臺。五金、射出廠有 380 多臺機器人。公司出口產品取得了 GS/CE/CME/ROHS 認證，已經與美國、加拿大、德國、澳洲、日本、韓國等全球 45 個以上國家和地區的企業合作，並與眾多知名品牌如：SEB、Dretec、Cloer、Graef、ALESSI、Sunbeam 等建立了友好戰略合作關係，並以優良的品質控制，獨特的設計風格以及快速高效的專業服務深受國外客戶及世界品牌的好評。

公司秉承誠信經營，精益生產原則，以優良的品質服務全國各大經銷商和大品牌公司，榮獲「中國質量信



圖 3：機器人加工現場

用 5A 級企業」、「中國 3·15 誠信企業」，並連續多年獲得廣東省「守合同重信用企業」。中國銷售產品取得了強制性 CCC 認證，水壺溫控器採用德國萊茵 TUV 認證等。公司在全國的銷售網絡遍佈 31 個省區直轄市，長期合作的經銷商已經逾萬家，並與中國國內多家知名一線小家電品牌建立友好戰略合作關係。

公司始終堅持向消費者提供高品質的產品和服務，為世界創造美好生活！努力踐行「成就員工，客戶滿意，企業強盛，承擔社會責任」的信念，並為此不懈努力，營造積極、和諧的生態圈，共同實現夢想！安鉑爾電器有限公司竭誠期待與您雙贏合作，共創輝煌。■



映通股份有限公司  
ANNTONG IND. CO., LTD.



# 微射出成型 解決方案



ISO13485 認證



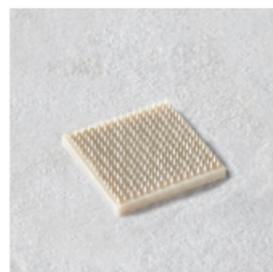
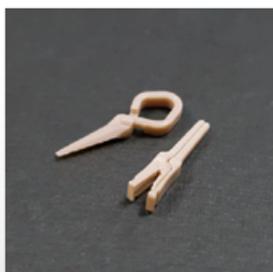
無塵室設備，符合Fed 209E  
( U.S. Federal Specification )  
100,000等級

廣告編號 2022-08-A10

# Micro Injection Molding

- 微射出成型
- 微射出成型機
- 微射出模具製造

映通 讓尖端科技成真



精微塑件代工



植入物醫療塑件代工



專業醫療級塑膠射出代工

映通擁有專業開發工程團隊

完整提供客戶從

**開發設計、打樣、開模、試製作、  
試量產、量產**

提供全方位解決方案

# 訂閱SMART MOLDING MAGAZINE

## 掌握每月最新射出成型產業技術報導

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

