



## 全方位體積收縮補償法於模具設計之優化

科盛科技

# 大綱

## > 案例背景

- 塑膠翹曲品質控制因素
- 成型製品問題與挑戰
- 本專題目的

## > 分析結果與討論

- 3種控制產品翹曲變形的的方法
  - 經驗式試誤法
  - 產業常見之整體收縮補償
  - **3D全方位體積收所補償法 (3DVSCM)**

## > 總結

# 塑膠產業應用領域



汽車產業



電子3C



航太/航空



電腦



Plastic Applications



消費性產品



醫療



光學



IC 封裝

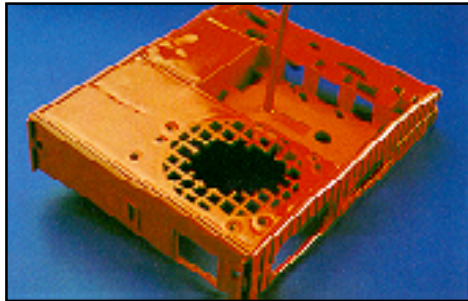
# 塑膠射出成型常見問題與挑戰

外觀表面

強度

尺寸精度

● 短射/欠注



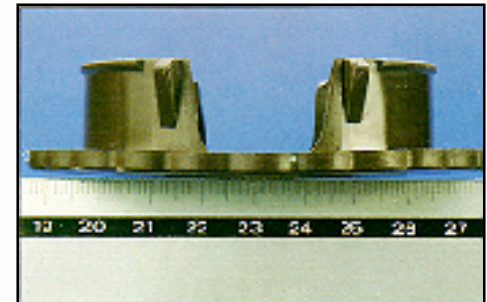
● 表面縮痕



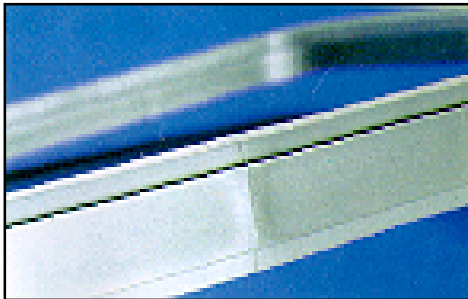
● 燒焦



● 翹曲



● 縫合線



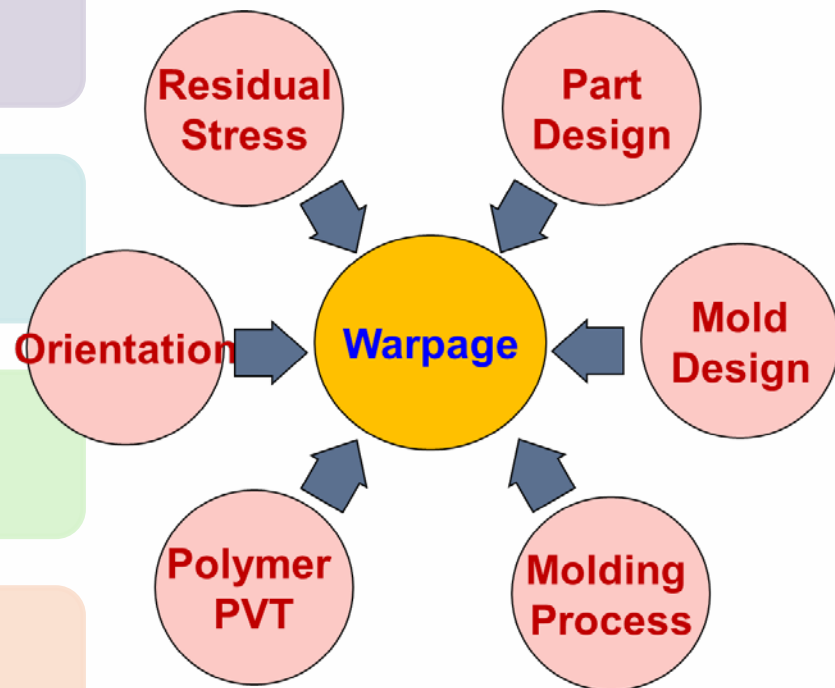
● 毛邊



# 影響成型品收縮與翹曲的因素

設計者可藉由調整以下參數來控制翹曲

- 產品幾何**
  - 產品尺寸與厚度分布
  - 流動配向
- 模具設計**
  - 流道與進澆設計
  - 冷卻水路配置
- 成型條件**
  - 熔膠溫度
  - 模具溫度
  - 射出/保壓
- 塑膠材料**
  - PVT
  - 結晶度
  - 複合填充材



# 射出成型必面對的議題

## Moldex3D扮演的角色

1. 包風/困氣
2. 縫合線
3. 縮痕位移

1. 剪切率
2. 剪切應力
3. 縫合線角度
4. 縫合線溫度

外觀表面

強度

**Moldex3D**  
MOLDING INNOVATION

尺寸精度/變形

1. 模面溫度差
2. 體積收縮率
3. 位移變形量

# Moldex3D 如何 實現可製造性設計提升開模成功率



- > 塑膠射出成型品品質優劣與成敗，加總以下眾多複合因素，並在一個週期中相互影響
  - 產品設計，模具設計，材料特性，製程參數
  - 在產業界的產品開發中，常常需要同時達到多項的尺寸規格
- > 往往想要一步到位是何等困難!!
- > 如何應用Moldex3D達成可製造性設計提升開模成功率!!

全方位體積收  
縮補償法  
(3DVSCM)



實驗設計優化法  
(DOE)

# 塑膠製品翹曲質量控制

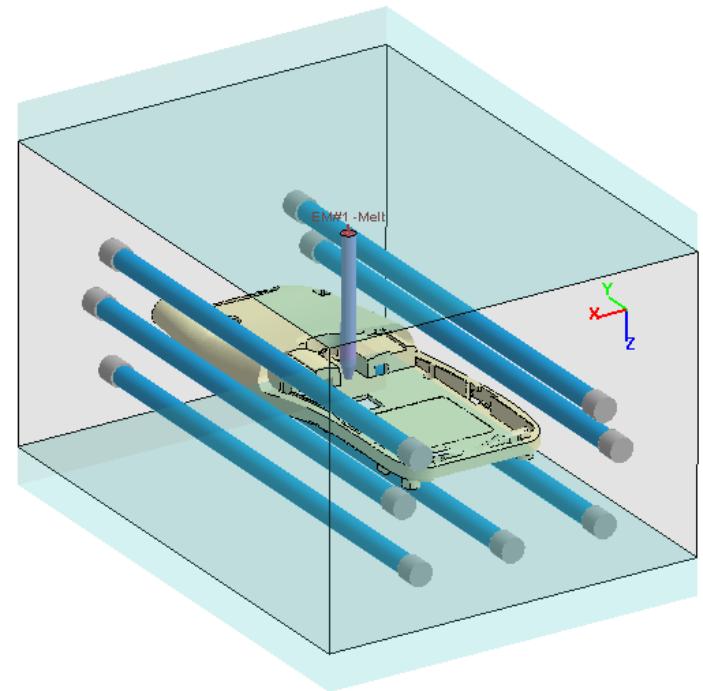
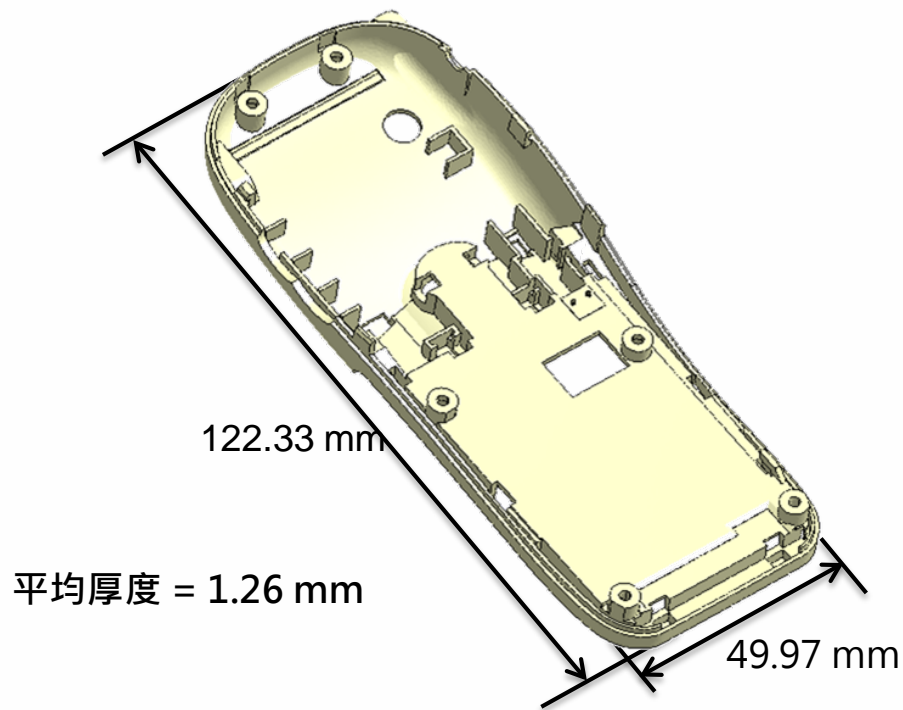


# 產品翹曲變形品質控制手法

- > 此案例使用3種方法來相互應用比較，達到最佳化產品變形品質之控制：
  - 經驗式試誤法
    - 根據各射出成型師傅的經驗與習慣
  - 產業常見之整體收縮補償
    - 參考材料之熱膨脹係數與料商提供之成型收縮率
  - **3D 全方位體積收縮補償法 (3DVSCM)**
    - **本專題重點**

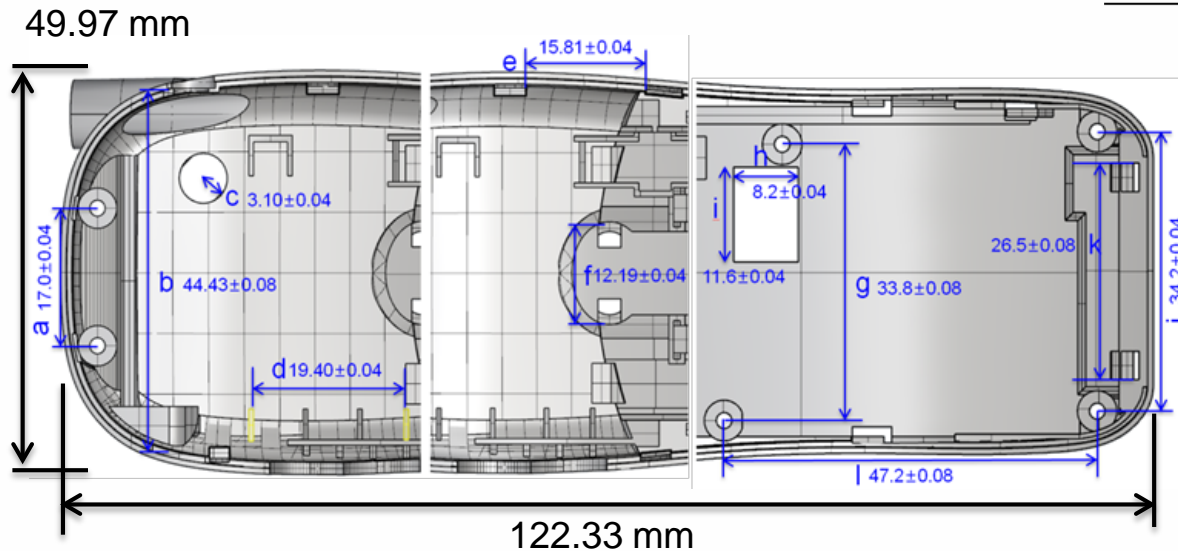
# 案例模型：手機背蓋

- > 網格種類: **Solid**
- > 網格數量: **878,732**



# 問題與挑戰

- > 本產品具有12項尺寸規格，各有不同公差；為了組裝的需求、要求一次到位。
- > 思考？用什麼方法可在最少的試模成本達到合乎規格的產品尺寸!!



平均厚度= **1.26 mm**  
 塑膠材料: **ABS**

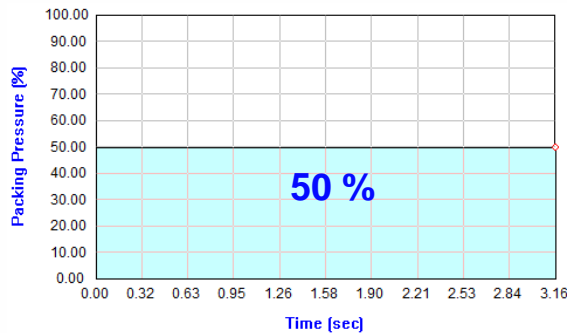
| Specification | TD*        |
|---------------|------------|
| a             | 17.0±0.04  |
| b             | 44.43±0.08 |
| c             | 3.1±0.04   |
| d             | 19.4±0.04  |
| e             | 15.81±0.04 |
| f             | 12.19±0.04 |
| g             | 33.8±0.08  |
| h             | 8.2±0.04   |
| i             | 11.6±0.04  |
| J             | 34.2±0.04  |
| K             | 26.5±0.08  |
| l             | 47.2±0.08  |

# 經驗式的試誤法

- > 一般而言, 成型工藝現場師傅如欲降低製品收縮與變形量, 會使用以下手法:
  - 提高的保壓壓力
  - 增加的保壓時間

## 原始設計 (T1)

保壓時間: 3 s

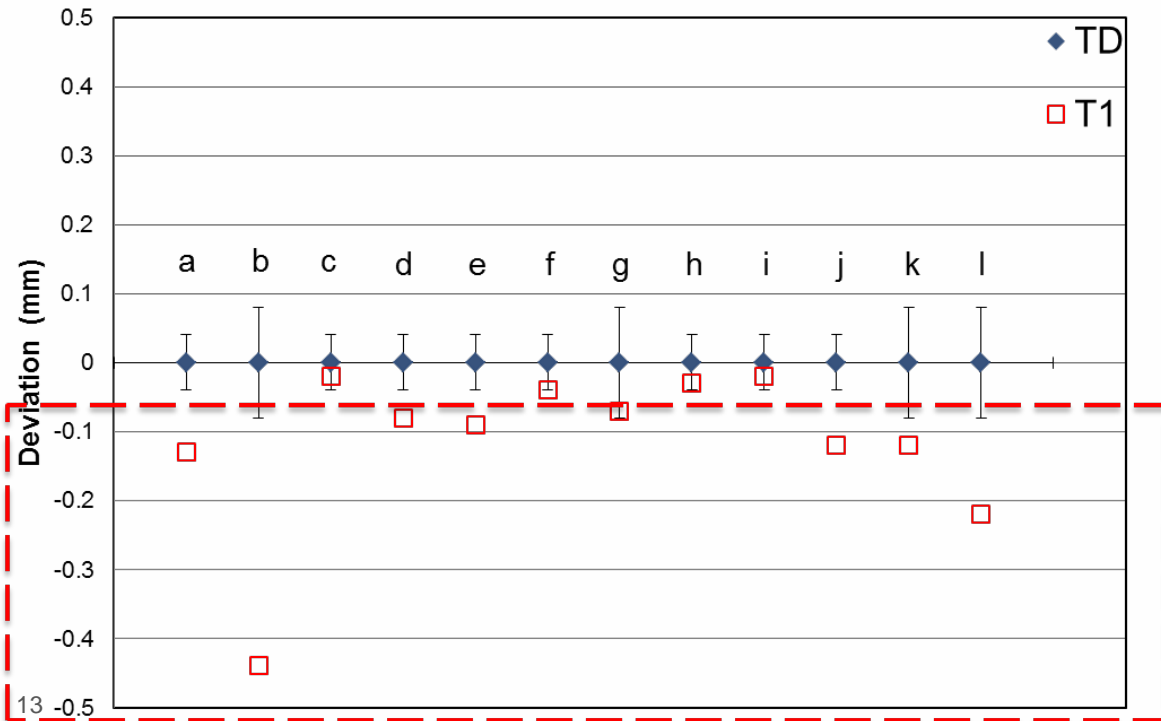
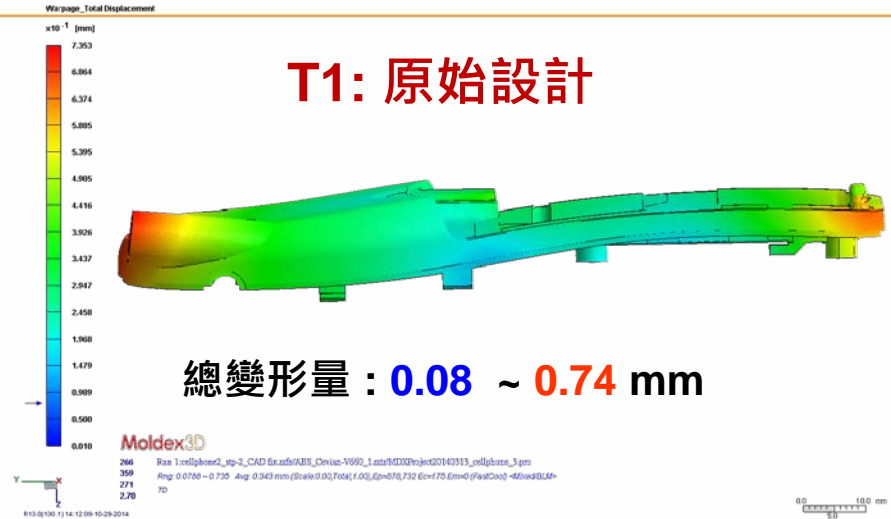


|      | 成型組別                  |                       |           |
|------|-----------------------|-----------------------|-----------|
| 項目   | T1 (原始)               | T2                    | T3        |
| 保壓時間 | 3 s                   | 4 s                   | 3 s       |
| 保壓壓力 | $\frac{1}{2} P_{EOF}$ | $\frac{1}{2} P_{EOF}$ | $P_{EOF}$ |

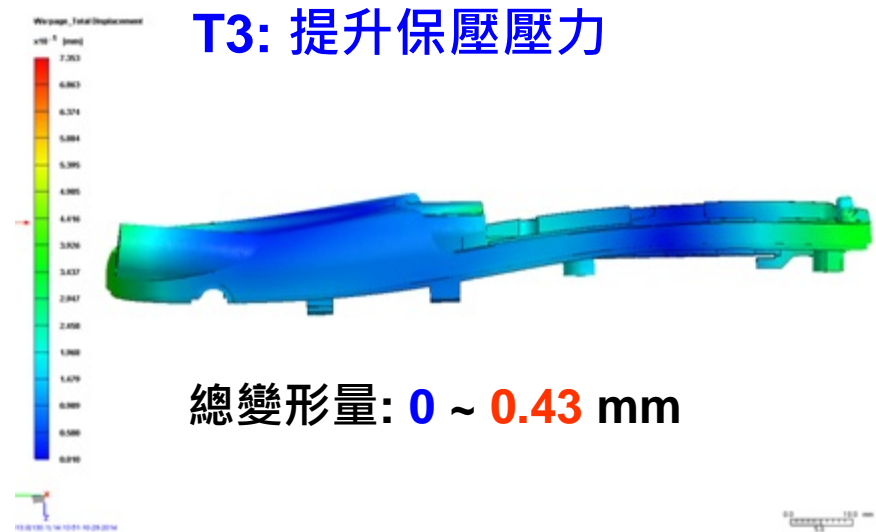
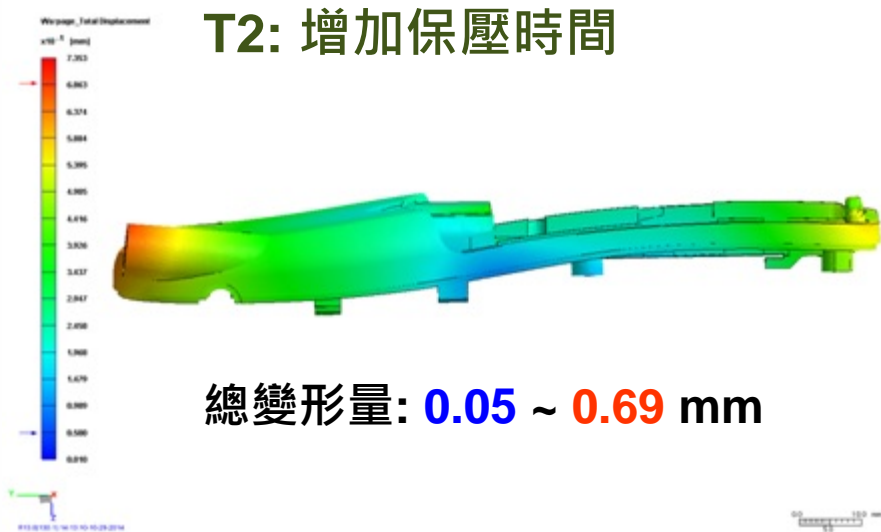
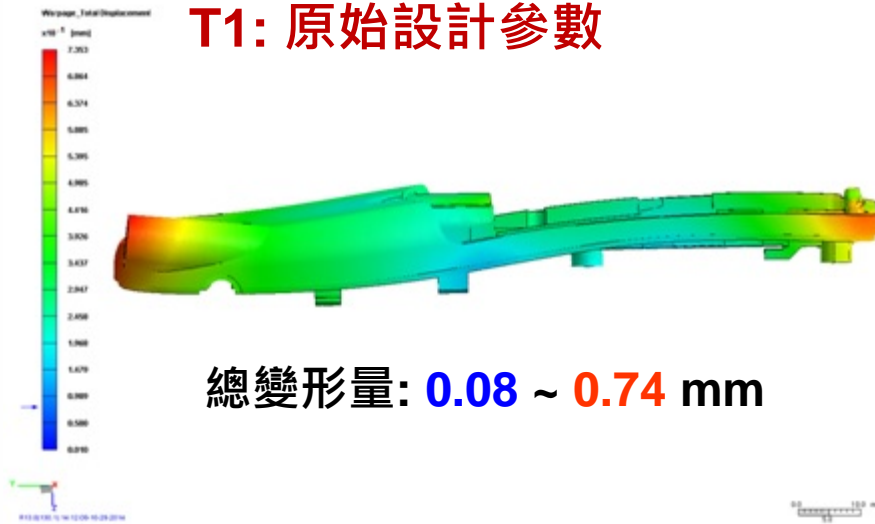
# 翹曲\_原始設計變形量值

## > 原始設計 (T1)

- 共有7項品質因子無法合乎變形量的品質規格



# 翹曲\_試誤法變形量值比較



# 產業常見之整體收縮補償

# 產業常見之整體收縮補償

- > 進一步克服收縮, 產業界常用的手法-整體補償法
  - 使用材料之熱膨脹係數與料商提供之成型收縮率
  - 在此我們參照原始設計結果進行以下工序:
    - 分析後紀錄12位置尺寸之收縮值
    - 採用整體平均的收縮率當基準來放大
    - 分析結果細節如下頁

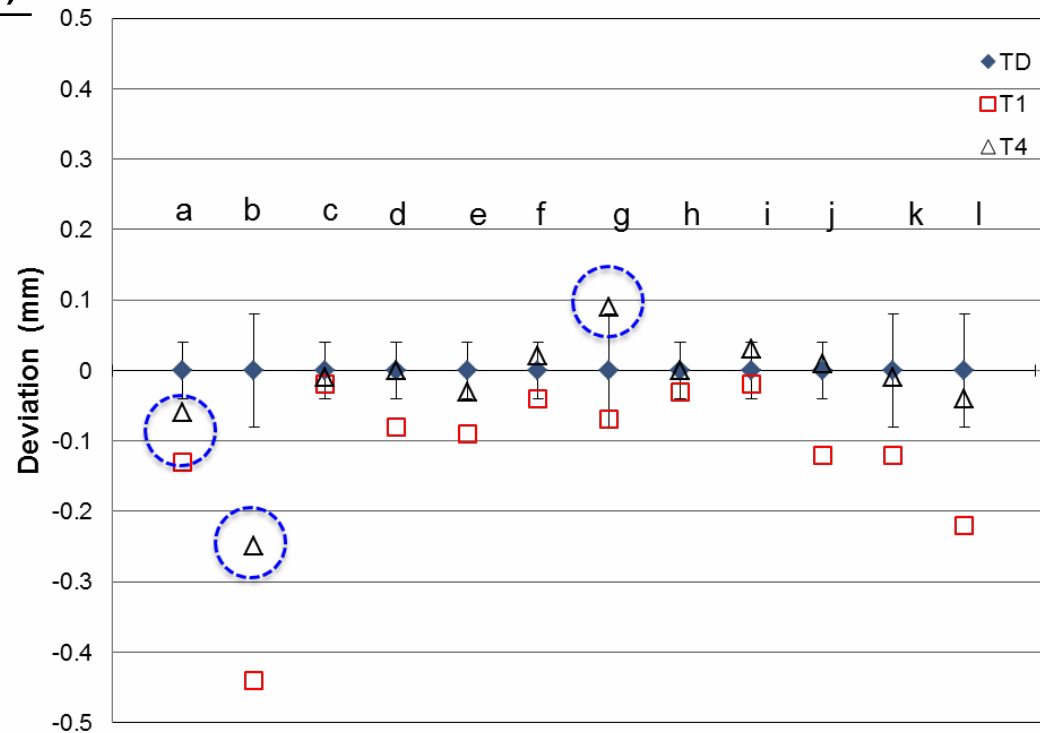
| 項目    | 成型組別                  |                       |
|-------|-----------------------|-----------------------|
|       | T1 (原始)               | T4<br>(整體收縮補償)        |
| 保壓時間  | 3 s                   | 3 s                   |
| 保壓壓力  | $\frac{1}{2} P_{EOF}$ | $\frac{1}{2} P_{EOF}$ |
| 整體補償法 | ---                   | 0.48%                 |



# 產業常見之整體收縮補償

- > 在第一次分析試模成型後，取12項結果與標準的偏差值後，進行平均的縮放，本案例如下表經計算後可得**0.48%**
- > 在整體放大**0.48%**之預收縮平均值後，仍有**3項規格**超標

| Specs. | TD             | STD-T1 | Shrinkage (%) |
|--------|----------------|--------|---------------|
| a      | 17.0±0.04      | 16.87  | 0.77          |
| b      | 44.43±0.08     | 43.99  | 1.00          |
| c      | 3.1±0.04       | 3.08   | 0.65          |
| d      | 19.4±0.04      | 19.32  | 0.41          |
| e      | 15.81±0.04     | 15.72  | 0.58          |
| f      | 12.19±0.04     | 12.15  | 0.33          |
| g      | 33.8±0.08      | 33.73  | 0.21          |
| h      | 8.2±0.04       | 8.17   | 0.37          |
| i      | 11.6±0.04      | 11.58  | 0.17          |
| j      | 34.2±0.04      | 34.08  | 0.35          |
| k      | 26.5±0.08      | 26.38  | 0.46          |
| l      | 47.2±0.08      | 46.98  | 0.47          |
|        | <b>Average</b> |        | <b>0.48</b>   |

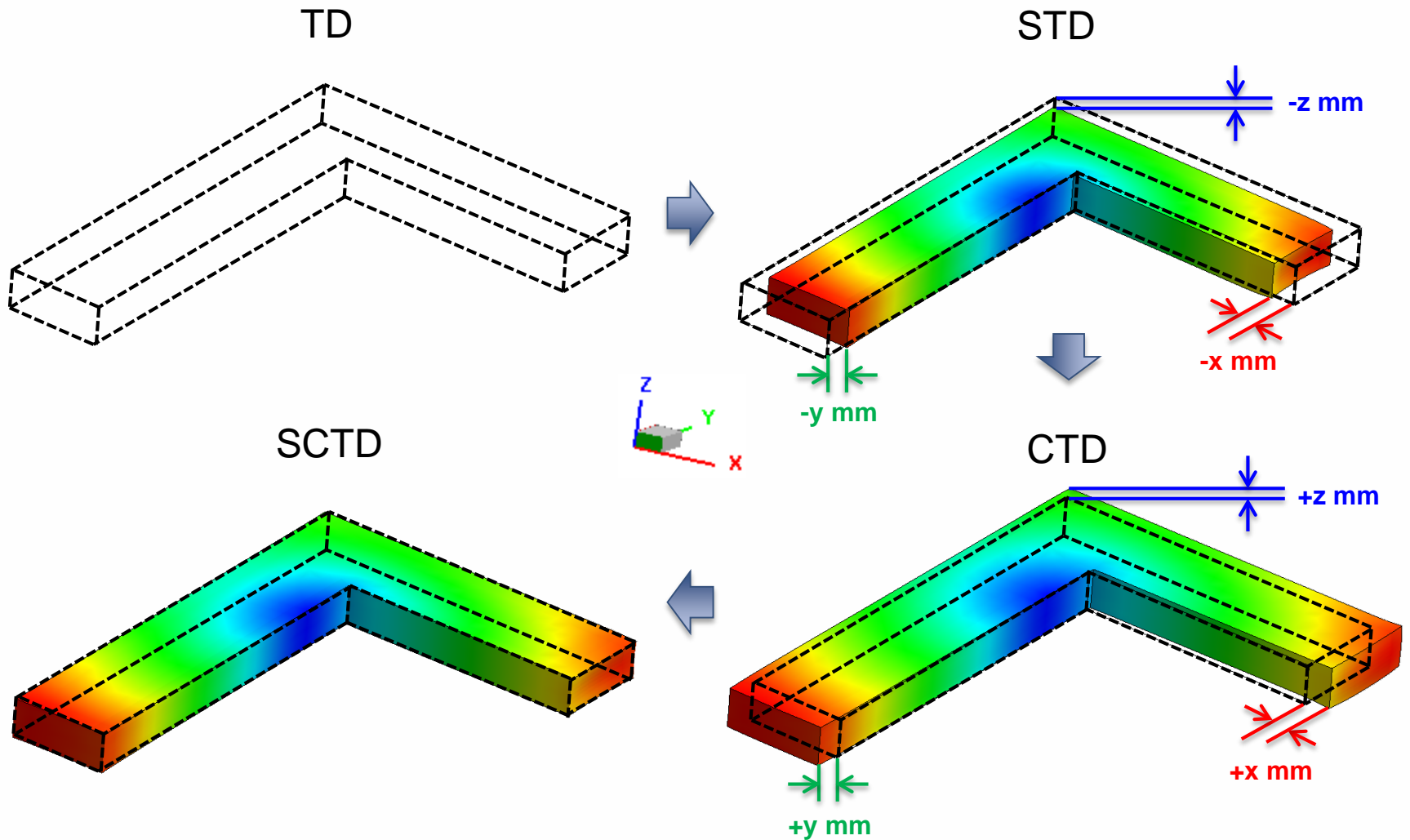


TD: 目標設計尺寸  
 STD-T: 模擬目標設計尺寸  
 •T1: 原始設計

$$\text{收縮率 (\%)} = \left( \frac{\text{TD}}{\text{STD-T1}} - 1 \right) \times 100\%$$

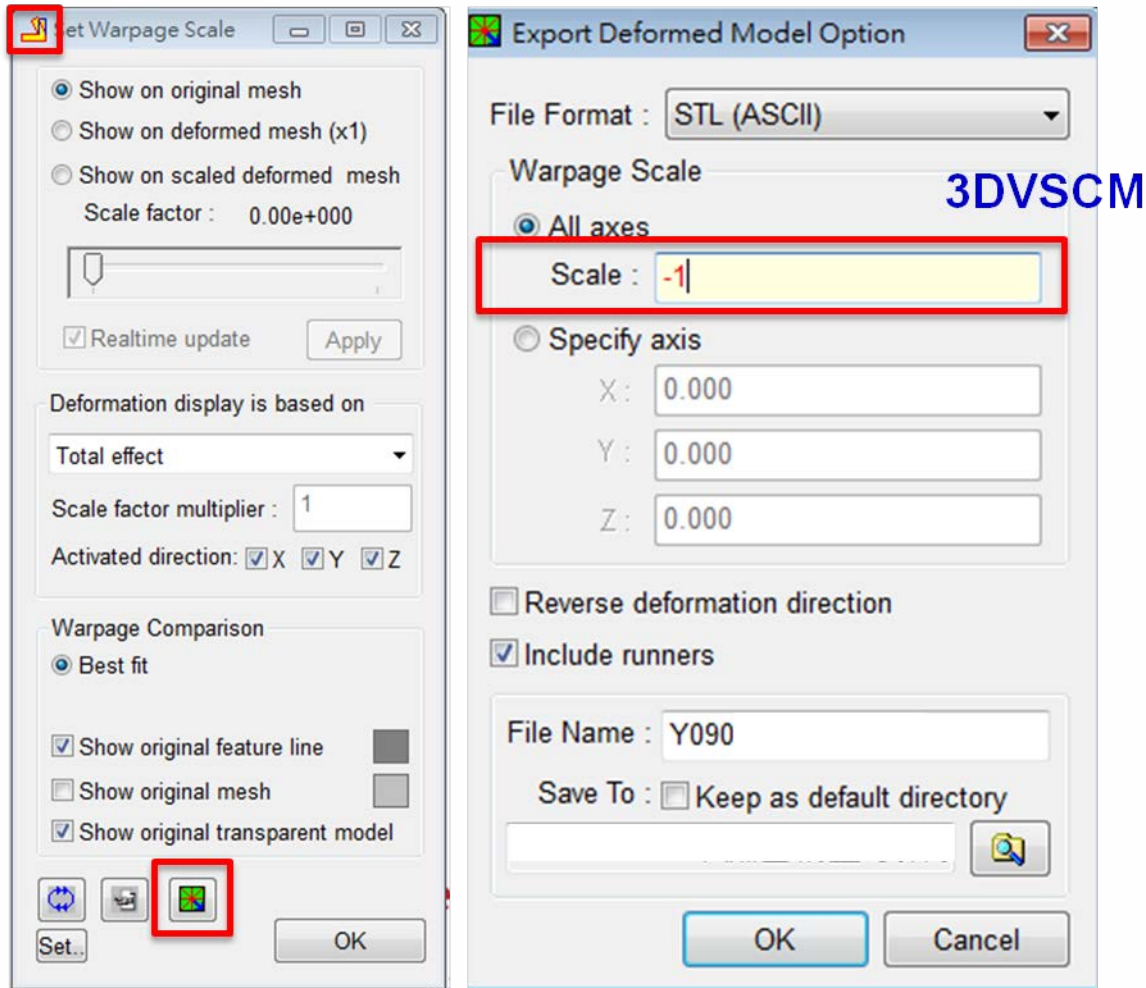
# 3D 全方位體積收縮補償法 (3DVSCM)

# 全方位體積收縮補償法應用原理說明

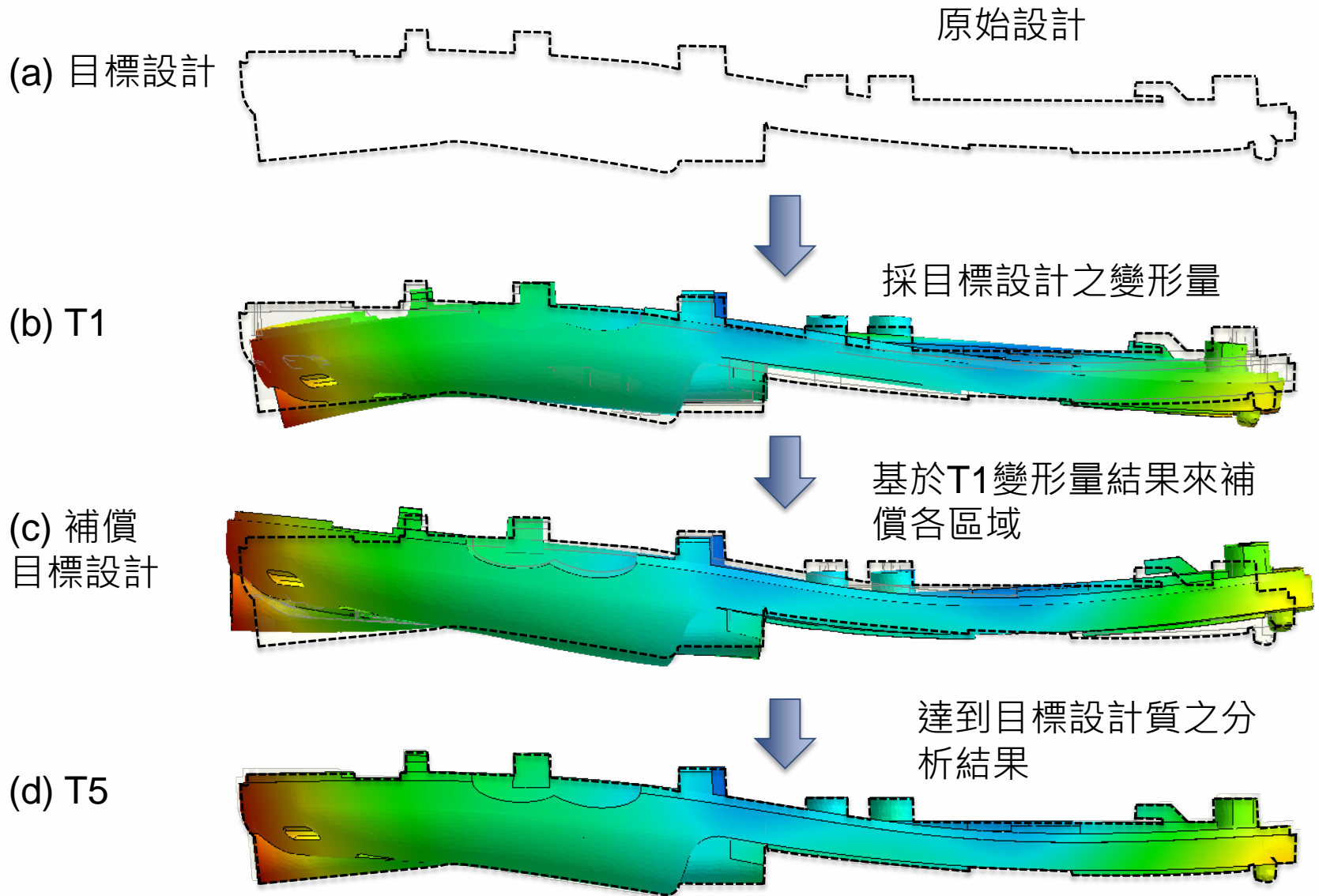


# 整體收縮補償 & 全方位體積收縮補償法

> 輸出變形後的網格作為新的產品尺寸



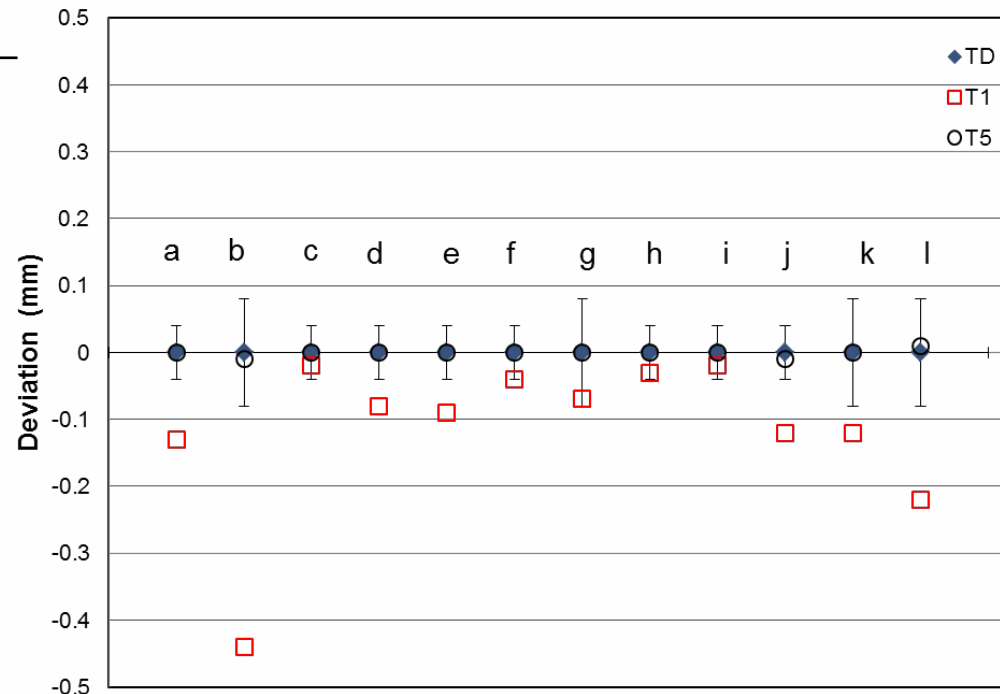
# 全方位體積收縮補償法應用流程



# 全方位體積收縮補償法 (3DVSCM)

- > 如何克服收縮, 建議如下
  - 建立各區域的差異收縮補償, 縮多少就補多少
  - 方式就如同左下表呈現
- > 再補償所有區域的收縮值後, 12項規格都達標!

| Specs. | TD         | STD-T1 | Specs. | Compensate (mm) |
|--------|------------|--------|--------|-----------------|
| a      | 17.0±0.04  | 16.87  | 0.13   | -0.13           |
| b      | 44.43±0.08 | 43.99  | 0.44   | -0.44           |
| c      | 3.1±0.04   | 3.08   | 0.02   | -0.02           |
| d      | 19.4±0.04  | 19.32  | 0.08   | -0.08           |
| e      | 15.81±0.04 | 15.72  | 0.09   | -0.09           |
| f      | 12.19±0.04 | 12.15  | 0.04   | -0.04           |
| g      | 33.8±0.08  | 33.73  | 0.07   | -0.07           |
| h      | 8.2±0.04   | 8.17   | 0.03   | -0.03           |
| i      | 11.6±0.04  | 11.58  | 0.02   | -0.02           |
| j      | 34.2±0.04  | 34.08  | 0.12   | -0.12           |
| k      | 26.5±0.08  | 26.38  | 0.12   | -0.12           |
| l      | 47.2±0.08  | 46.98  | 0.22   | -0.22           |



# 小結

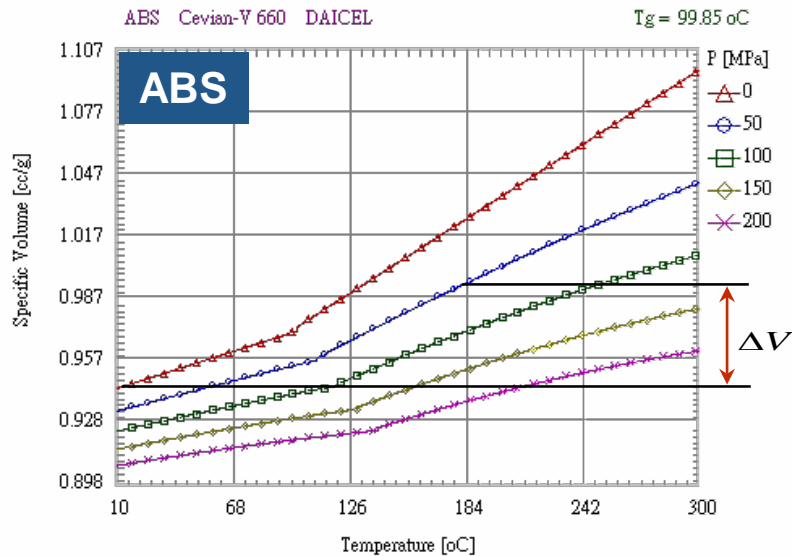
- > 經驗式試誤法
  - 往往可使用經驗法則可程度上改善產品品質；但要一次符合**12**區域的規格，則是極困難的目標
- > 產業常見之整體收縮補償法
  - 利用平均收縮率的概念，方法會比試誤法來的有系統些，但以此複雜的規格案例來說，要同時間達到**12**項規格都達標，仍難成功
- > 全方位體積收縮補償法 (3DVSCM)
  - 在搭配應用**CAE** 的操作之下, 可獲得每個區域的收縮量值.
  - 將所有區域都預補償回變形到目標設計值後，**12**項規格即可較簡易的符合標準規格

# 全方位體積收縮補償法 (3DVSCM) 應用在不同材料的說明



# 材料PVT性質影響效應

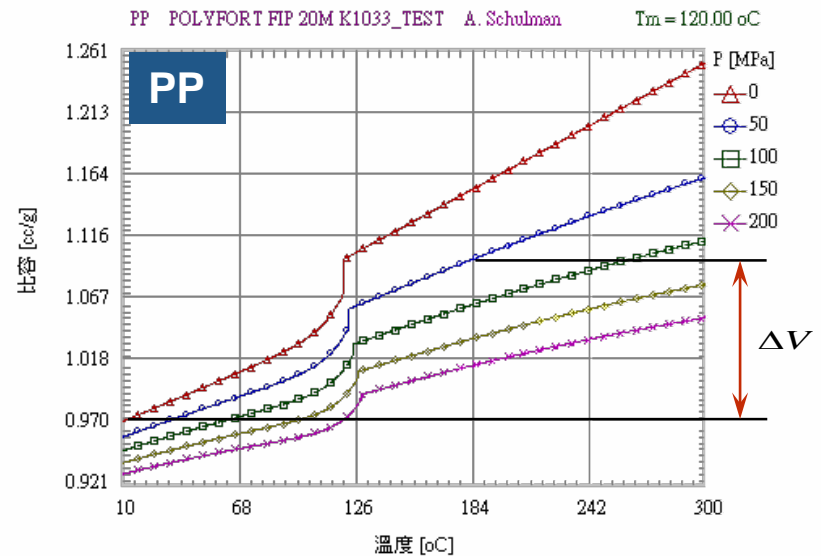
- > PVT行值對於收縮的影響性
- > 為了克服與改善收縮，有以下之建議
  - 應用在原始設計的改善
    - 利用Moldex3D確認收縮後各重點規格
    - 採用“全方法體積收縮補償法”



非結晶

線性收縮率:0.5%~0.8%

體積收縮率: 0.4~0.6%



半結晶

線性收縮率:1%~3%

體積收縮率: 0.5~3%

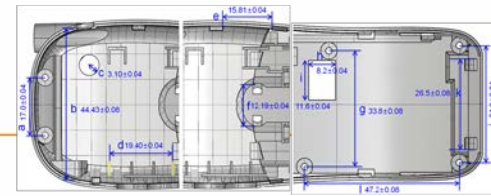
# 全方位體積收縮補償法 (3DVSCM)



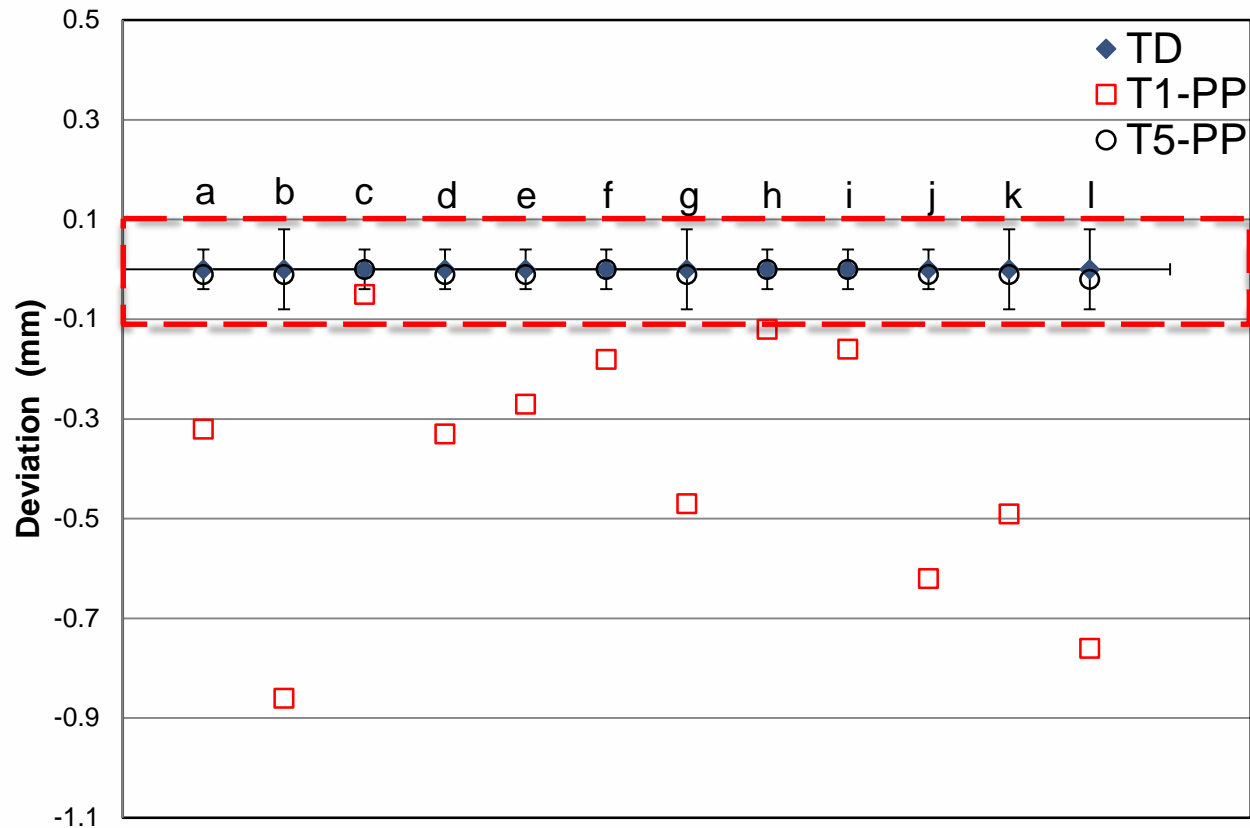
- > 全方位體積收縮補償法 (3DVSCM) 應用在高收縮率的PP
  - 建立各區域的差異收縮補償，縮多少就補多少
  - 方式就如同左下表呈現

| Specification | TD         | STD-T1 <sub>PP</sub> | Shrinkage (mm) | Compensate (mm) |
|---------------|------------|----------------------|----------------|-----------------|
| a             | 17.0±0.04  | 16.68                | -0.32          | 0.32            |
| b             | 44.43±0.08 | 43.57                | -0.86          | 0.86            |
| c             | 3.1±0.04   | 3.05                 | -0.05          | 0.05            |
| d             | 19.4±0.04  | 19.07                | -0.33          | 0.33            |
| e             | 15.81±0.04 | 15.54                | -0.27          | 0.27            |
| f             | 12.19±0.04 | 12.01                | -0.18          | 0.18            |
| g             | 33.8±0.08  | 33.33                | -0.47          | 0.47            |
| h             | 8.2±0.04   | 8.08                 | -0.12          | 0.12            |
| i             | 11.6±0.04  | 11.44                | -0.16          | 0.16            |
| j             | 34.2±0.04  | 33.58                | -0.62          | 0.62            |
| k             | 26.5±0.08  | 26.01                | -0.49          | 0.49            |
| l             | 47.2±0.08  | 46.44                | -0.76          | 0.76            |

# 全方位體積收縮補償法 (3DVSCM)



- > 使用3DVSCM於高收縮率的半結晶材料(PP), 所有區域的收縮值後，12項規格都達標!



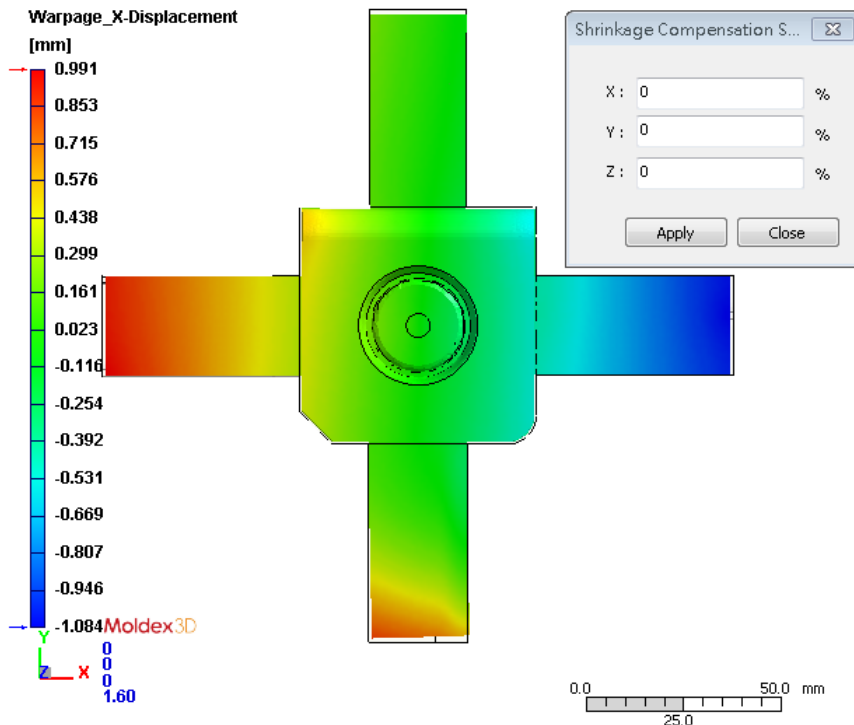
## 總結

- > 在選用高收縮率的半結晶材料(PP)配合全方位體積收縮補償法，可達到相同的效果；說明此方法不受限於材料的種類，預料具**不同比例含量的填充料**亦有近似效益。
- > 從本專案報告呈現出，使用全方位體積收縮補償法**3DVSCM**是一個有效起具體可優化產品翹曲變形的工藝。從結果顯示出**Moldex3D**協同模具設計階段，可一步達到有效的成型視窗、配合**實驗設計法(DOE)**來得到具體的高精度產品。

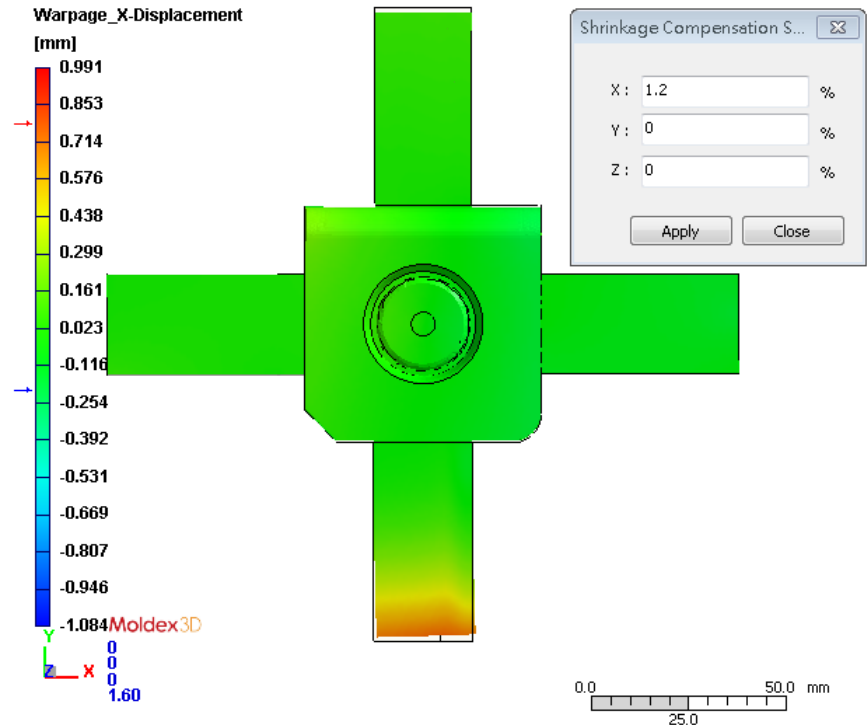
M O L D I N G   I N N O V A T I O N

# Shrinkage Compensation Function

- By clicking “Apply”, Moldex3D will show 1x deformed mesh after shrinkage compensation.



1x deformed mesh with 0% shrinkage compensation.



1x deformed mesh with 1.2% shrinkage compensation on X direction.