

# 射出成型智慧試模應用技術

粘世智<sup>1</sup>、黃明賢<sup>2</sup>、方詠智<sup>3</sup>

<sup>1</sup>國立台東專科學校 動力機械科 副教授

<sup>2</sup>國立高雄科技大學 機械與自動化工程系 教授

<sup>3</sup>國立高雄科技大學 機械與自動化工程系 研究生

報告人:粘世智 副教授

# 智慧試模應用技術

➤ 傳統試模 → 科學試模 → 智慧試模

- 科學試模(scientific molding)第一步即是打破傳統試模的「機械觀點」進入科學化成型的「塑料觀點」，將對機械的控制進步到對熔膠狀態的控制。
- 智慧試模將建立在科學試模的基礎上，將射出成型過程之模穴熔膠狀態進行感測數據之擷取、儲存與分析。結合品質量測及學習歷程後產出之強健參數將由傳統機械操作參數，進化為成型歷程之品質特徵曲線(函數)。
- 智慧試模獲得之強健曲線及品質特徵(函數)將作為後續成型監控(甚或即時控制)之基礎，以監控成型過程中是否產生變異，以確保射出件之品質。

# 智慧試模應用技術內容

## CAE模擬試模

產品設計階段:

- ◆ 幾何形狀
- ◆ 肉厚分布
- ◆ 靠破及嵌件

模具開發階段:

- ◆ 澆口位置(流場分布)
- ◆ 模溫系統(溫度分布)

## 實機試模

參數設定:

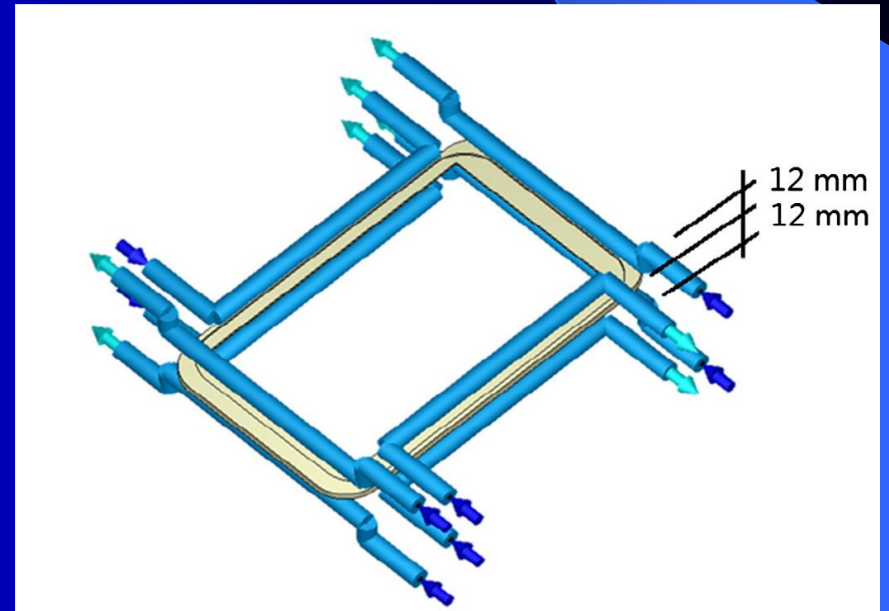
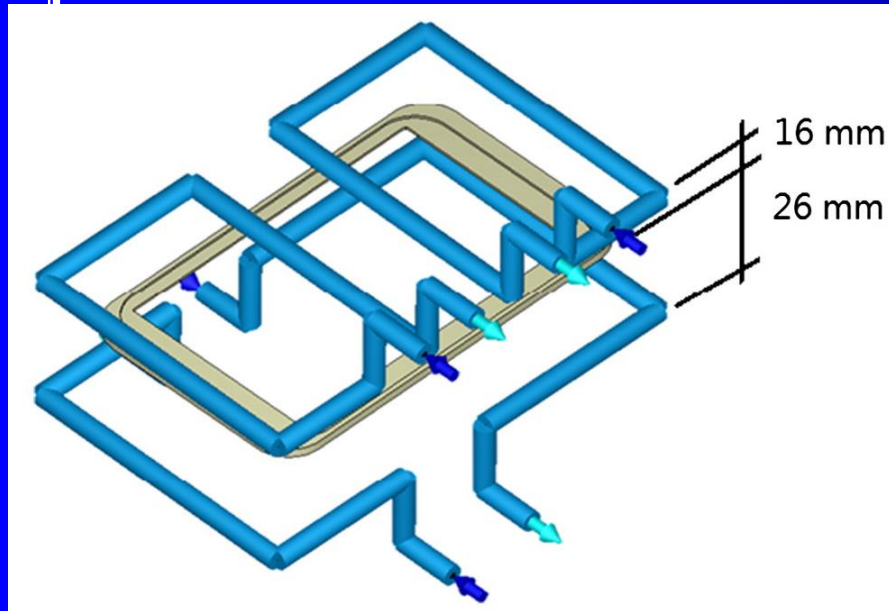
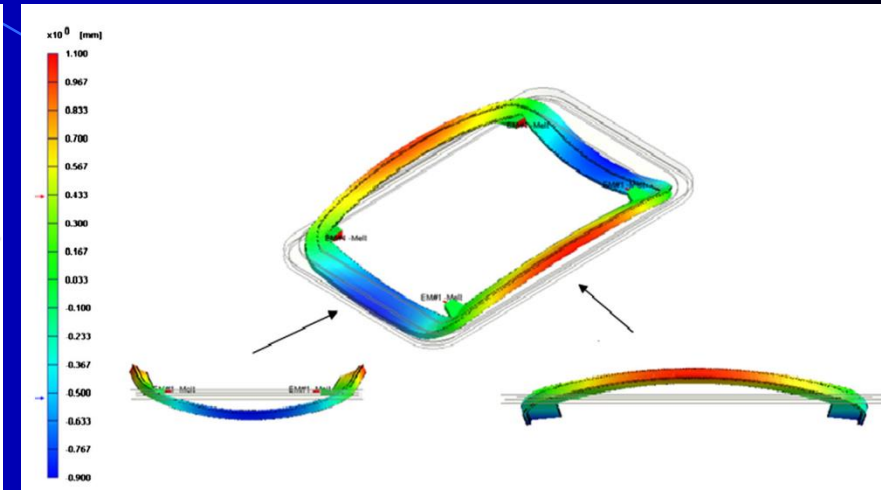
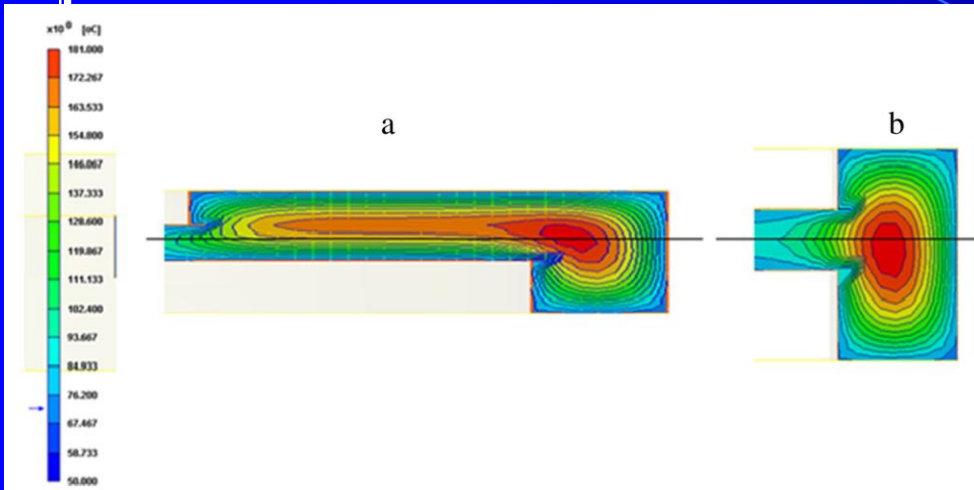
- ◆ 材料流動性質測試
- ◆ 短射實驗
- ◆ 射速分段
- ◆ 澆口凝固時間及保壓分段

獲得強健成形曲線:

- ◆ 射出及保壓感測曲線
- ◆ 成形曲線歷程與品質對應
- ◆ 曲線學習歷程

# CAE模擬 – 肉厚分布

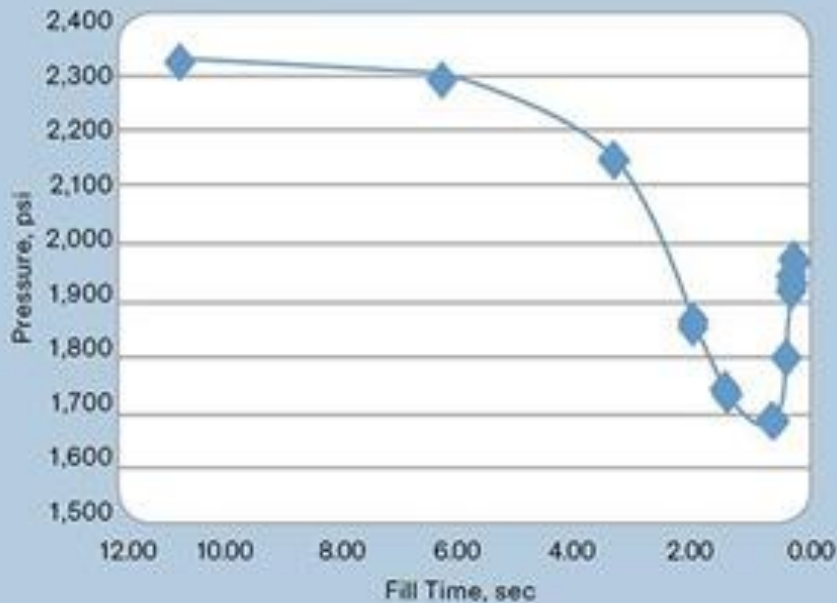
## ➤ 中立軸理論



# 最佳流速模擬 – Therma-flo

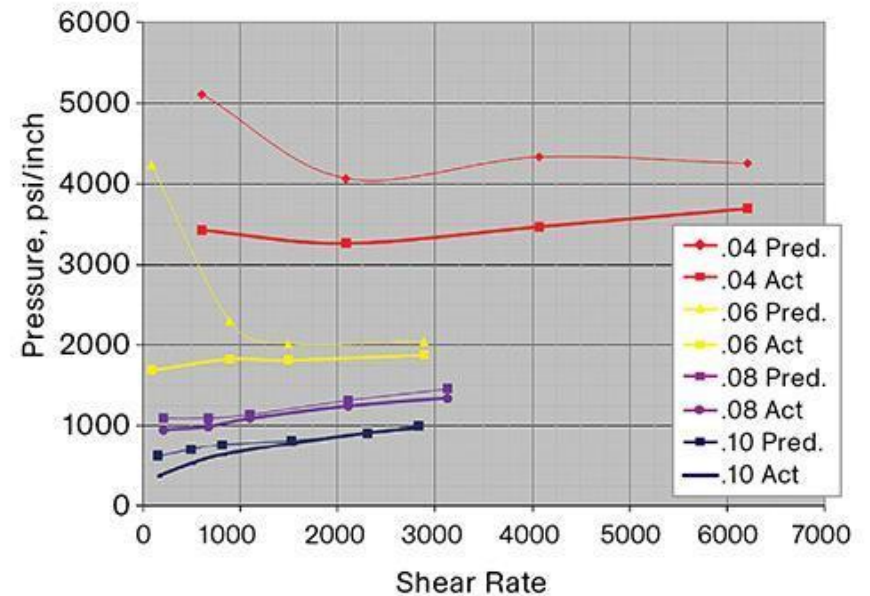
FIG. 10A

## FILL TIME VS. PRESSURE



## Predicted Vs. Actual Pressure

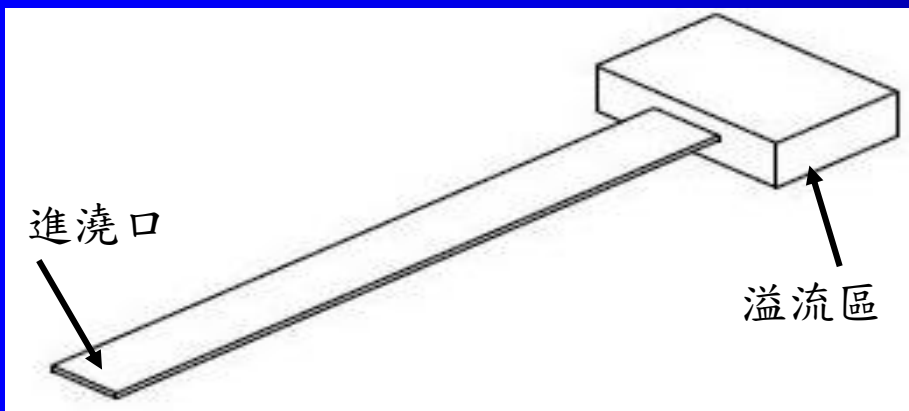
Sorted by Strip Thickness, inch



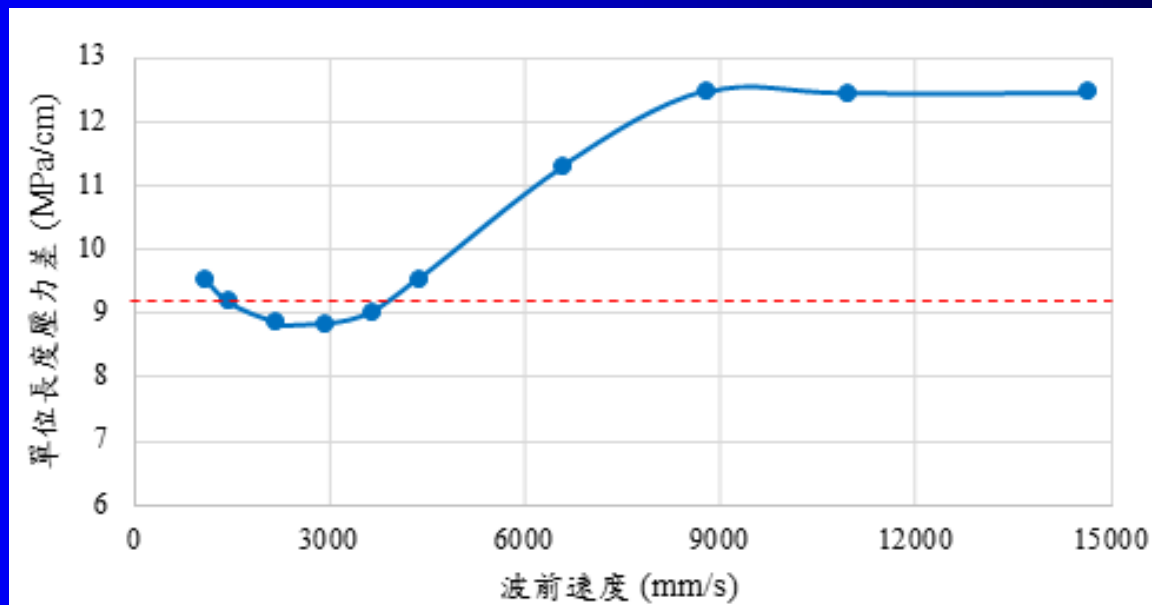
By: John Beaumont from Beaumont Technologies Inc.  
From: Plastics Technology  
Issue: June 2012

# 最佳流速模擬

▶ 不同射速下單位長度壓力差，取得材料在設定模溫、料溫及厚度下之最佳流速。



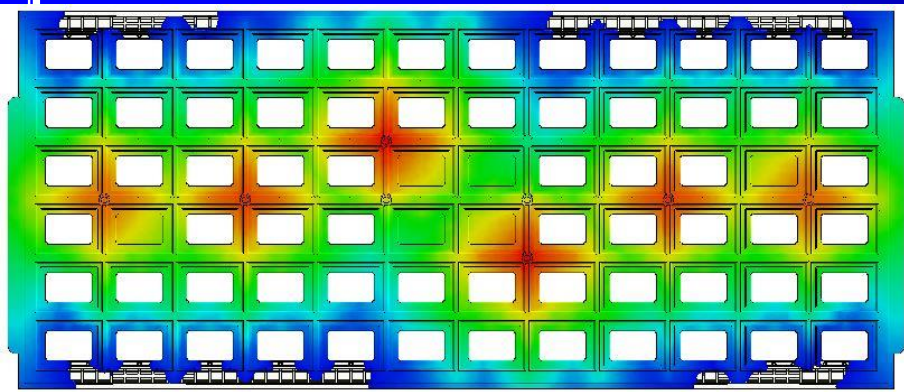
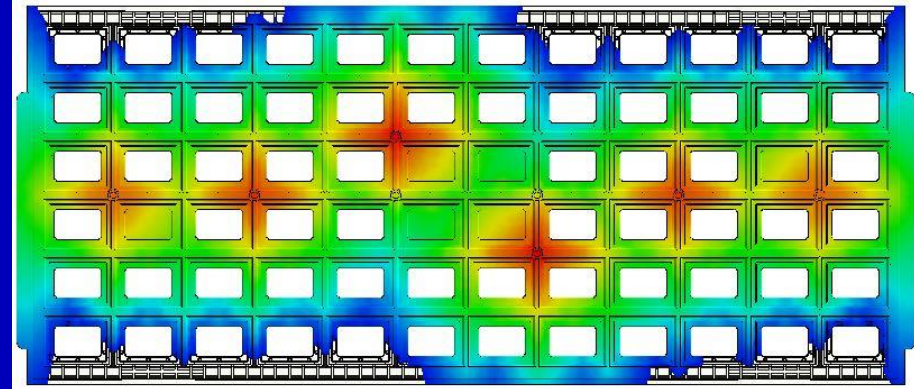
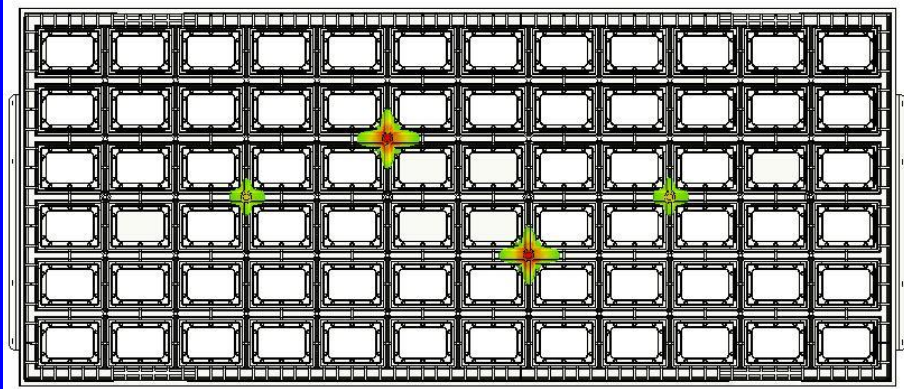
- 材料：Mitsubishi-Engineering PPE BX518
- 厚度：1.3 mm
- 料溫：300°C
- 模溫：135°C
- 玻纖含量：35%



# 射出分段模擬試模

## ➤ 射出分段

■ 根據最佳流速，波前截面積進行射出分段。

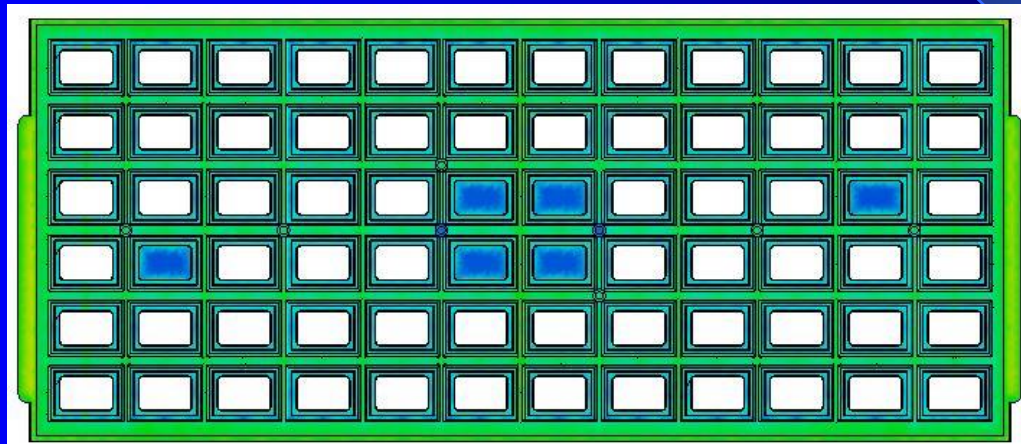
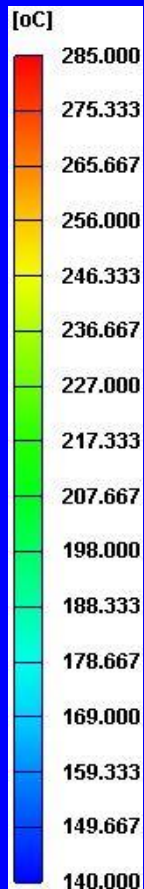


| 段數 | 螺桿位置 (mm) | 波前流速 (mm/s) | 波前截面積 (mm <sup>2</sup> ) | 螺桿速度 (mm/s) |
|----|-----------|-------------|--------------------------|-------------|
| 1  | 120       | 1462        | 188                      | 180         |
| 2  | 104       |             | 376                      | 300         |
| 3  | 53.3      |             | -                        | 120         |
| 4  | 49.6      |             | -                        | 60          |

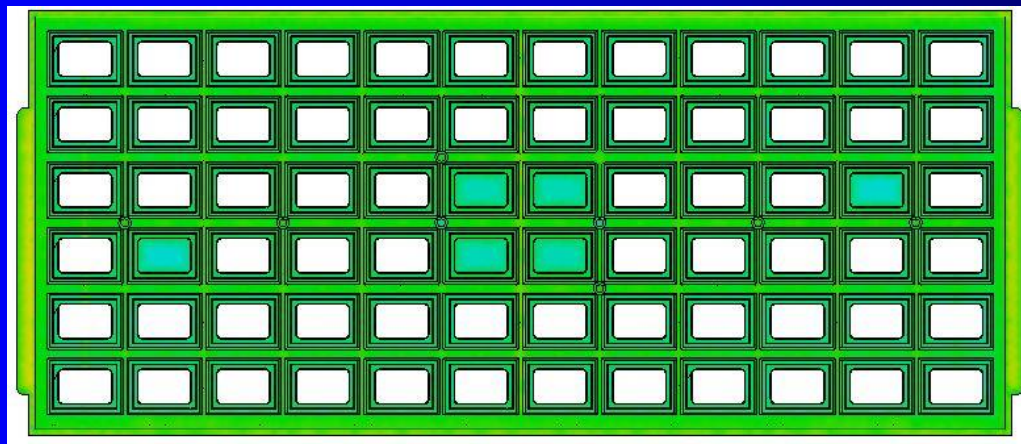
# 溫度場分布模擬

## ➤ 溫度場分布

- 模溫系統在開模後就難以進行更改。
- 模溫系統依據以下三個重點做出調變：流動平衡模擬獲致之溫度場變化、成品肉厚、保壓之熔膠填補路徑。



原始設計



變更設計

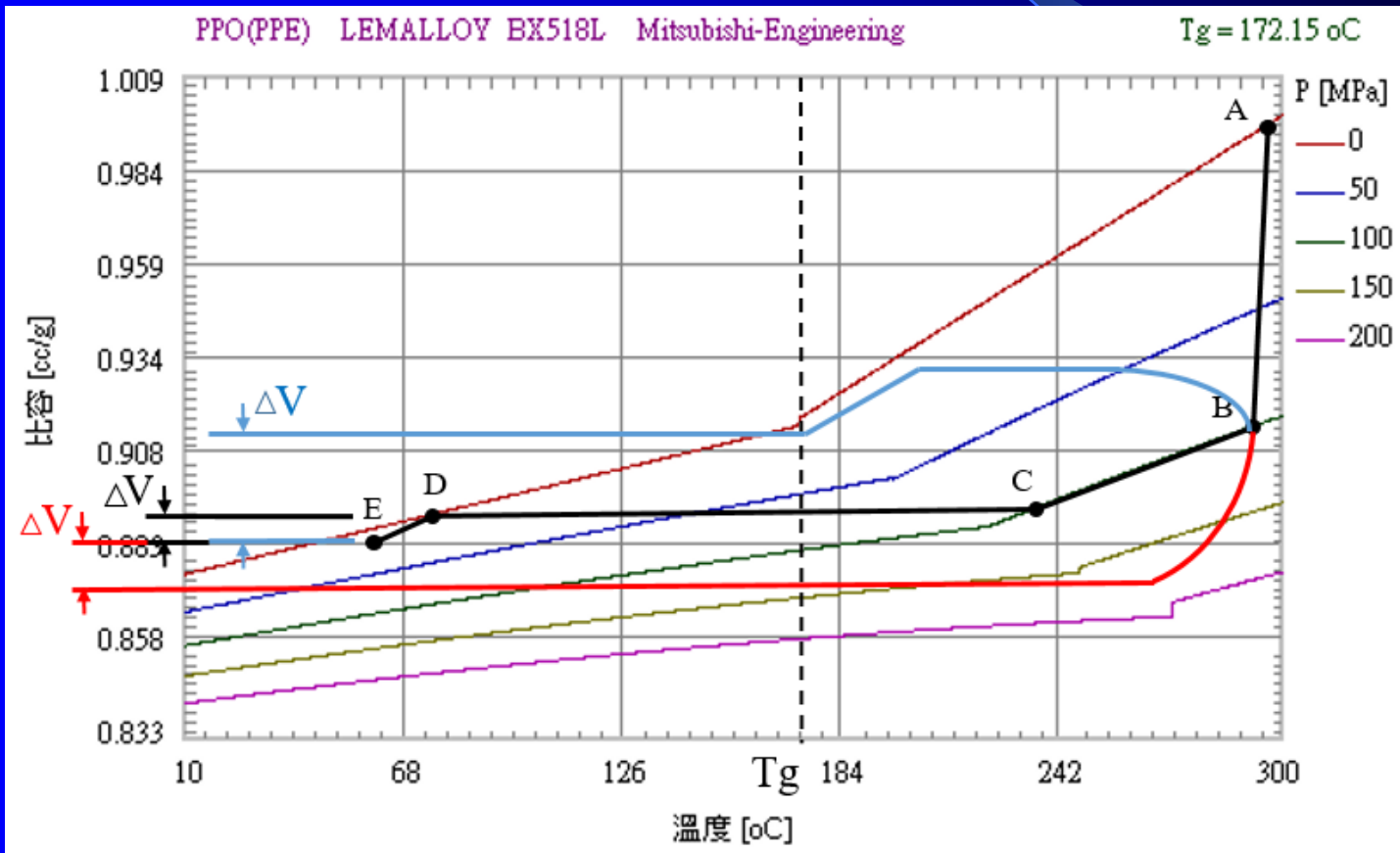


# PVT保壓理論

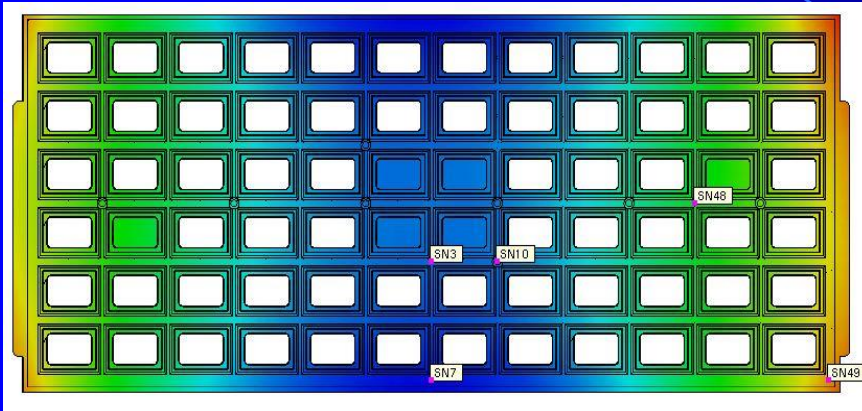
## ► 保壓分段

- 依PVT保壓理論進行保壓分段。
- 理想目標：開模時同時到達開模溫度，且模穴壓力正好降為零。

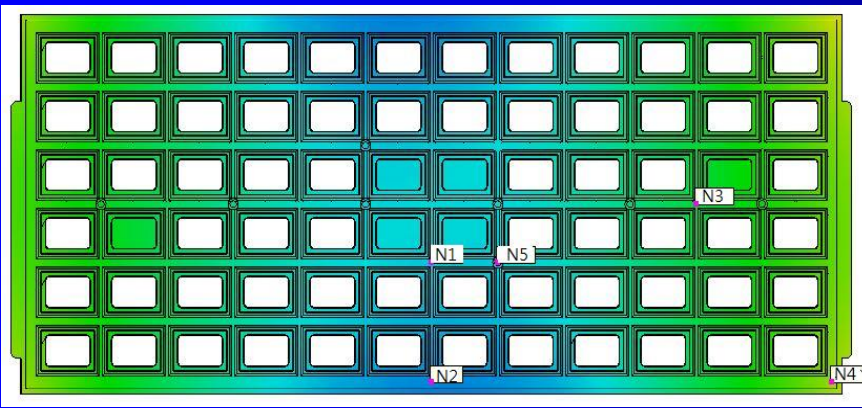
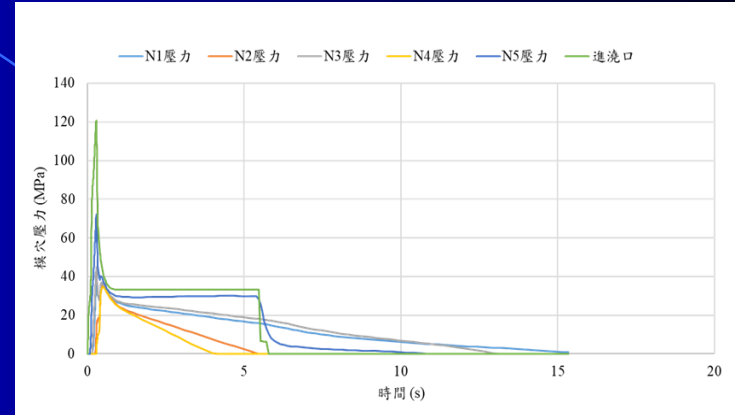
— 正常曲線    — 保壓壓力不足    — 保壓壓力過大



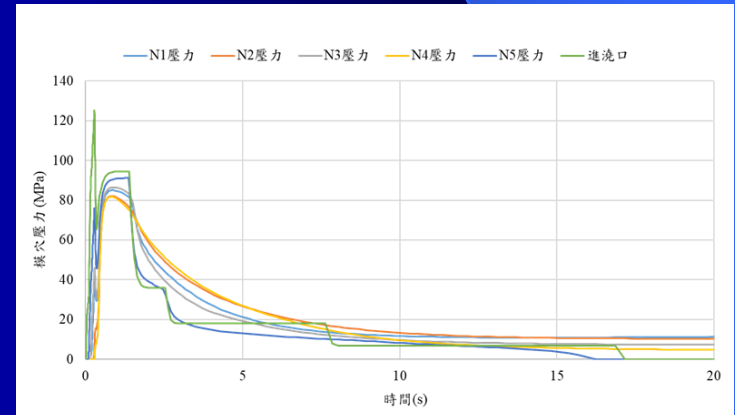
# 分段保壓模擬試模



單段保壓 (翹曲:-2.4~3.9 mm)



分段保壓 (翹曲:-1.6~2.5 mm)

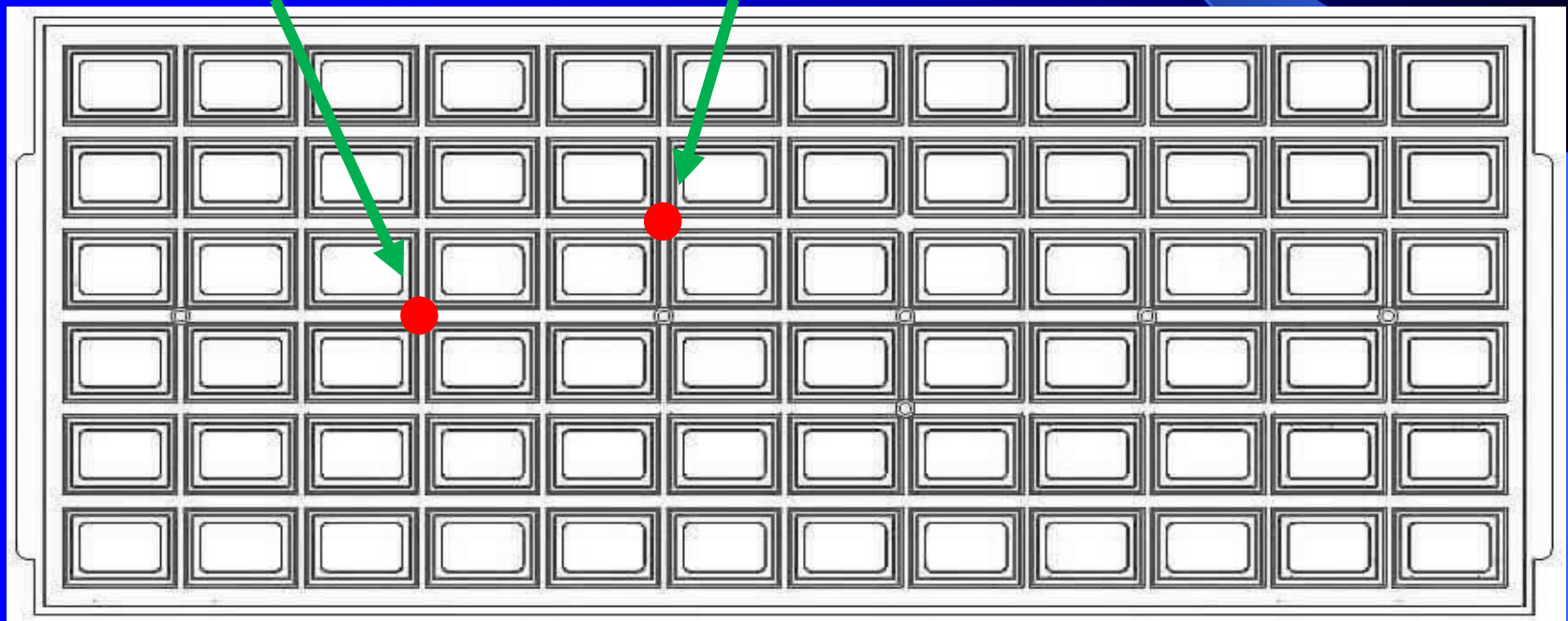


# 製程訊號擷取與法則推演

- 澆口凝固判斷法則：壓力曲線推估澆口凝固時間，作為保壓分段之參考。

Sensor2(進澆口2)

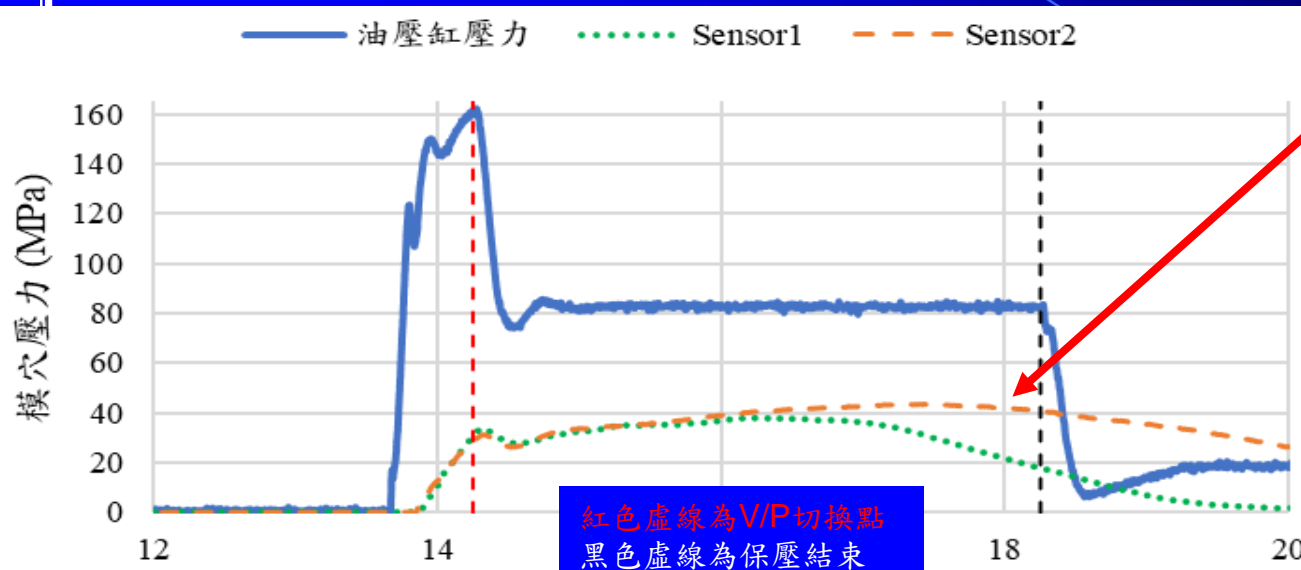
Sensor1(進澆口1)



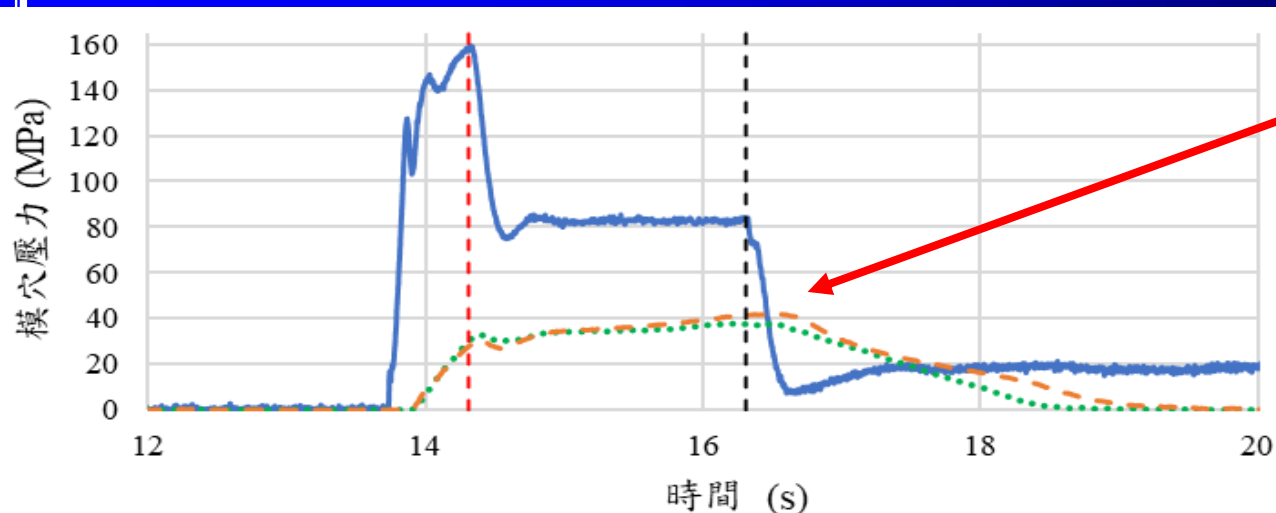
模穴壓力感測器擺放位置

# 澆口凝固時間判斷法則

➤ 保壓段壓力極值(斜率為0)之時間點



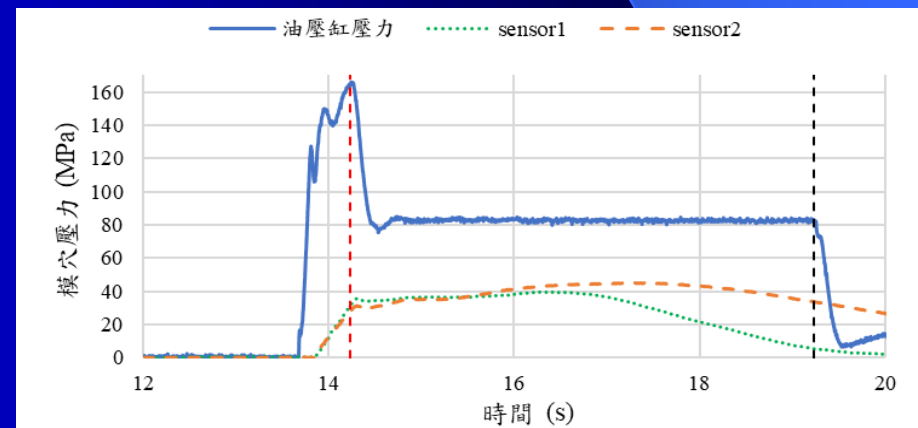
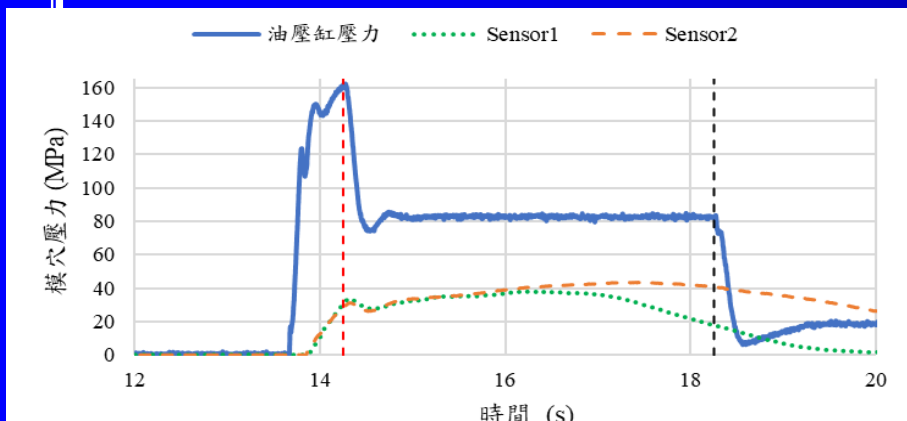
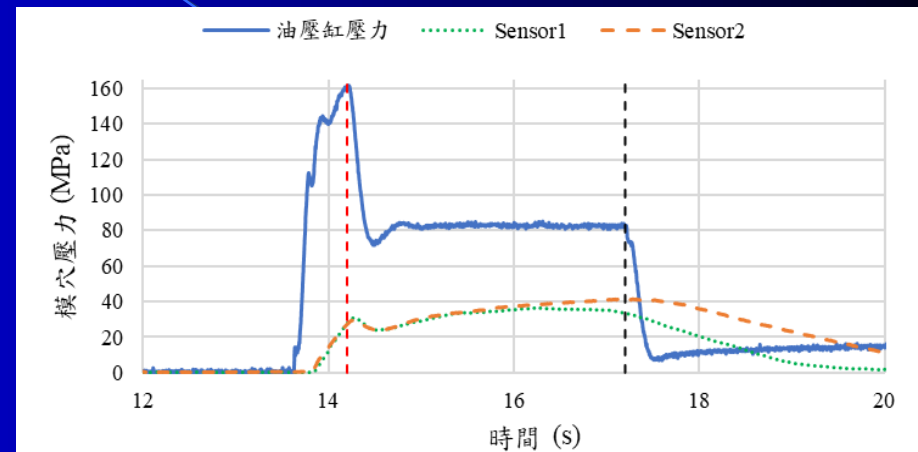
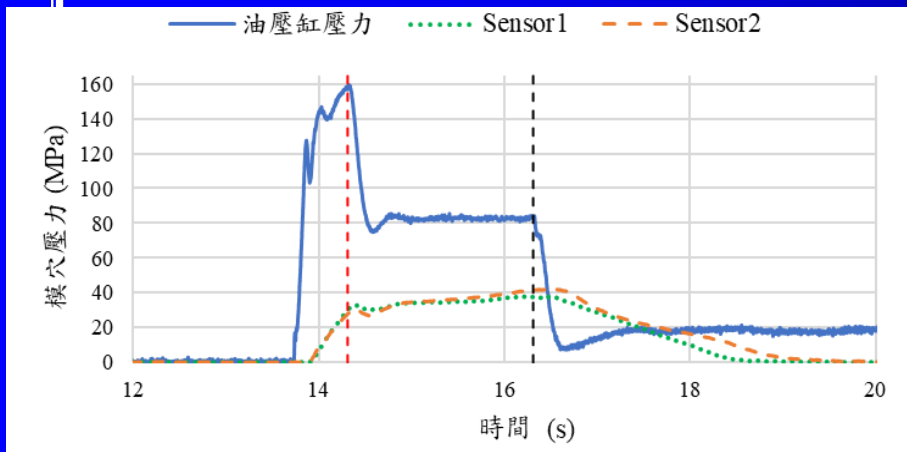
1. 長保壓時間下，澆口壓力下降，斜率開始轉負之時間點。
2. 保壓時間結束，曲線不受影響。



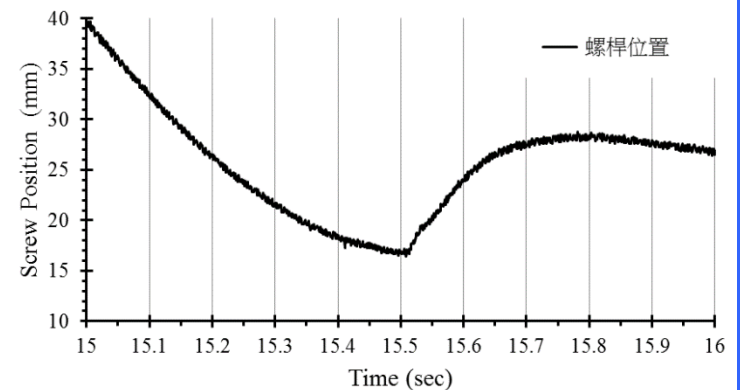
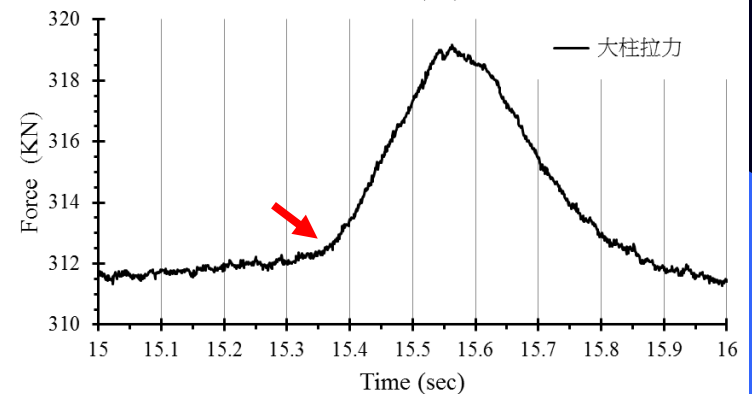
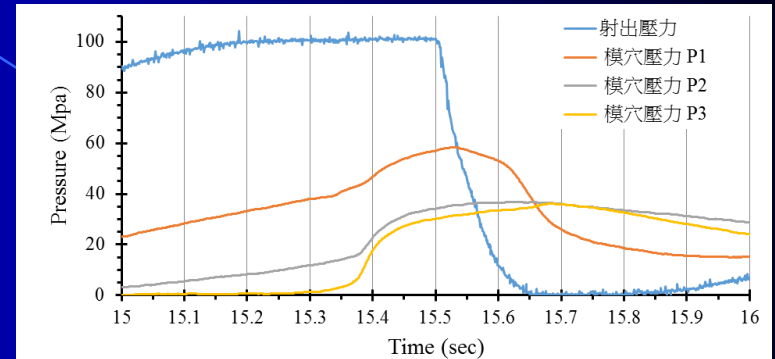
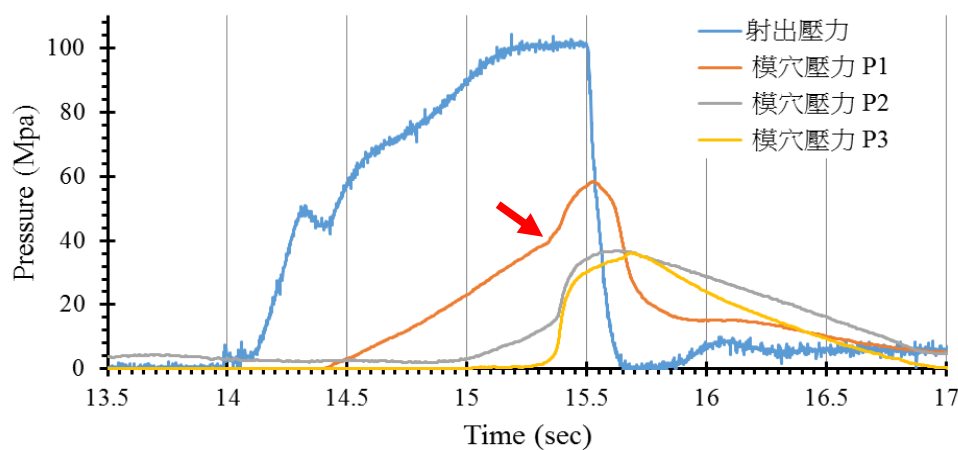
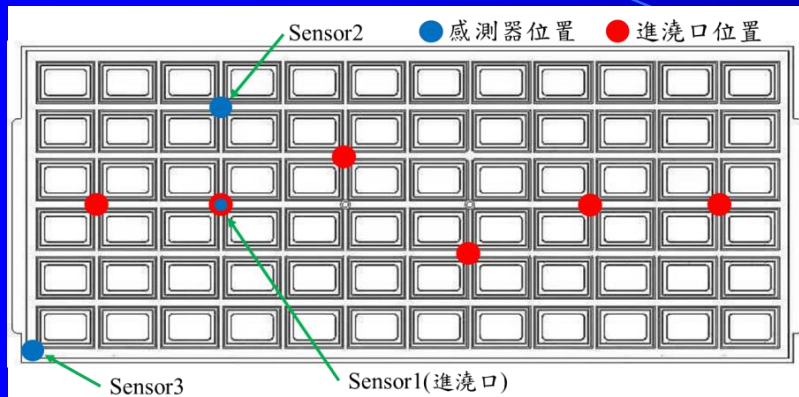
3. 保壓時間不足，保壓結束，曲線受影響而下降。

# 澆口凝固時間

➤ 澆口凝固時間：獲得保壓分段之時間區間



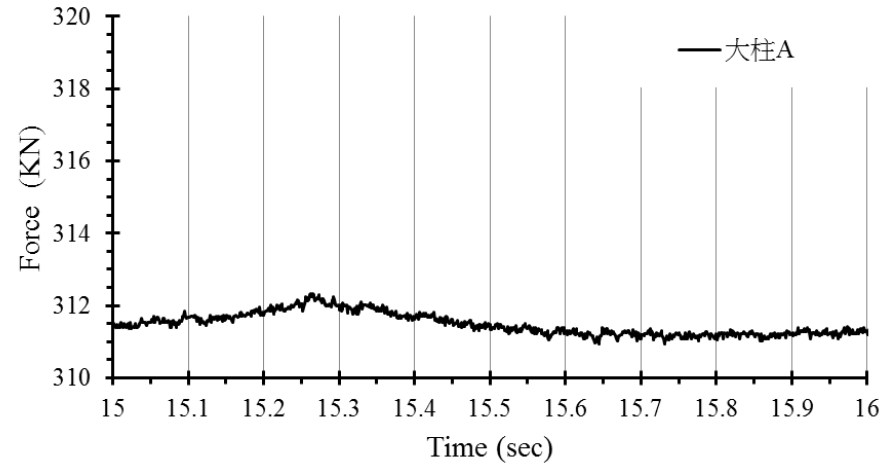
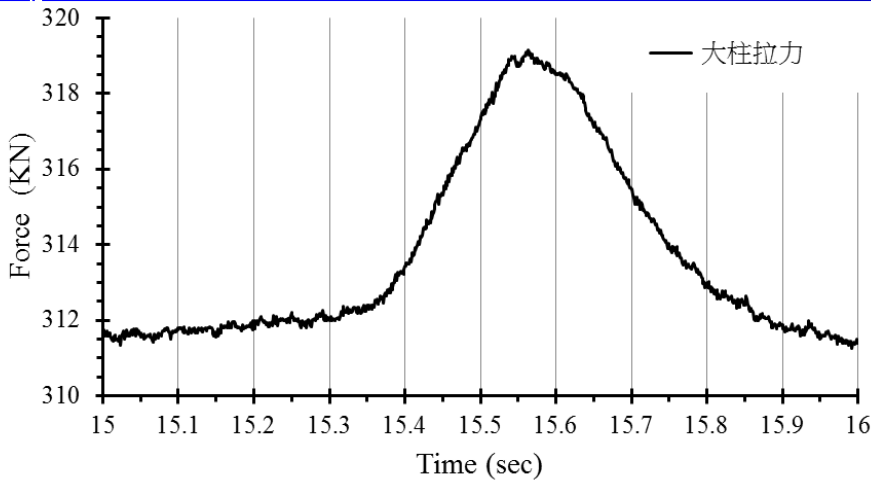
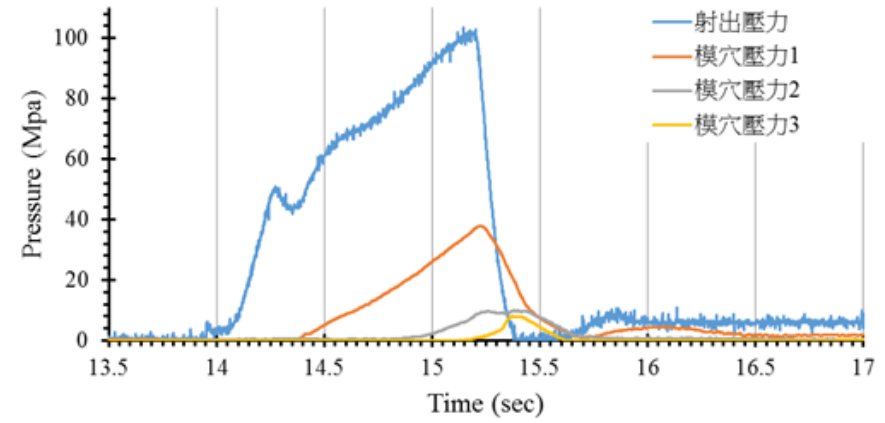
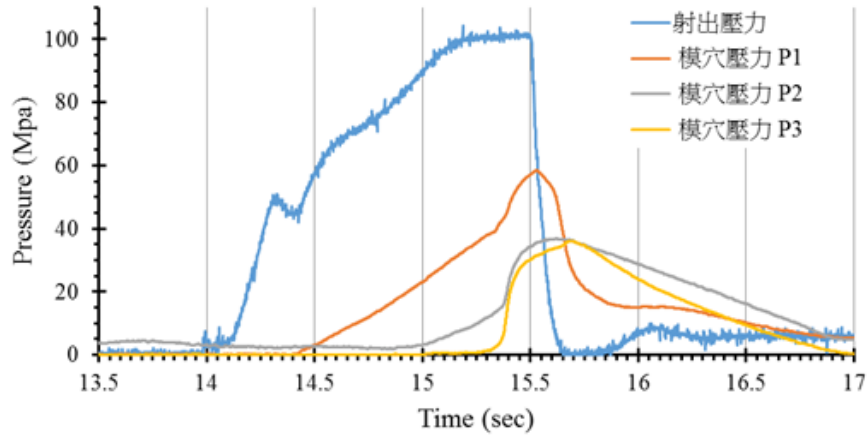
# V/P 切換判斷法則



- 使用高速低壓過行程射出。
- 進膠口模穴壓力起始點至陡升點時間對照螺桿位置，即為滿模射出行程。
- 依百分比設定VP切換點。
- 大柱拉力陡升點極為接近滿模時間點。
- 離澆口位置越遠之壓力陡升越明顯。

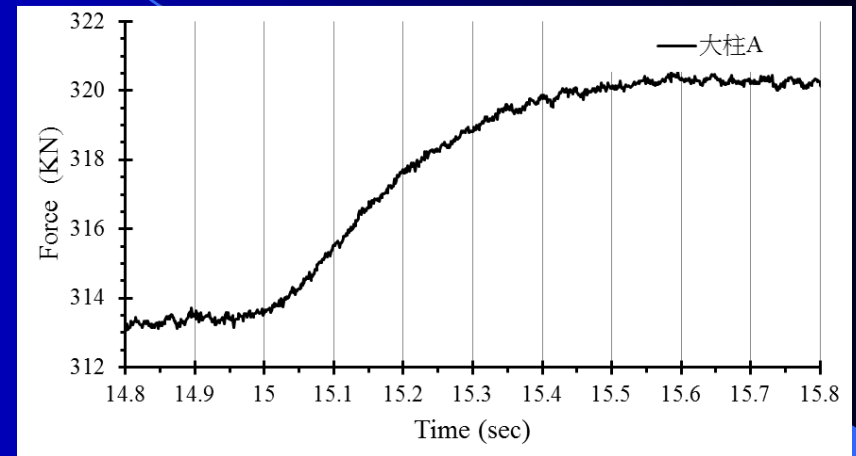
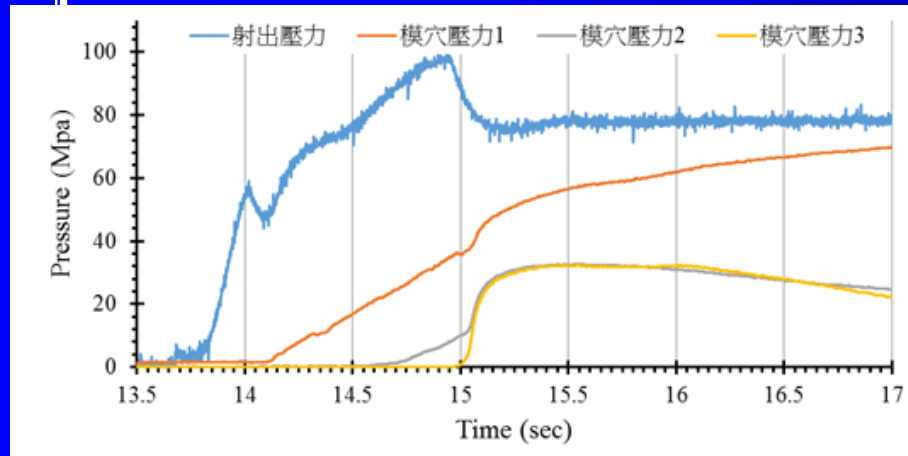
# 射切保時機優化

➤ 切換時機太早、太晚或切換時機適當可由螺桿位置與壓力曲線判定。

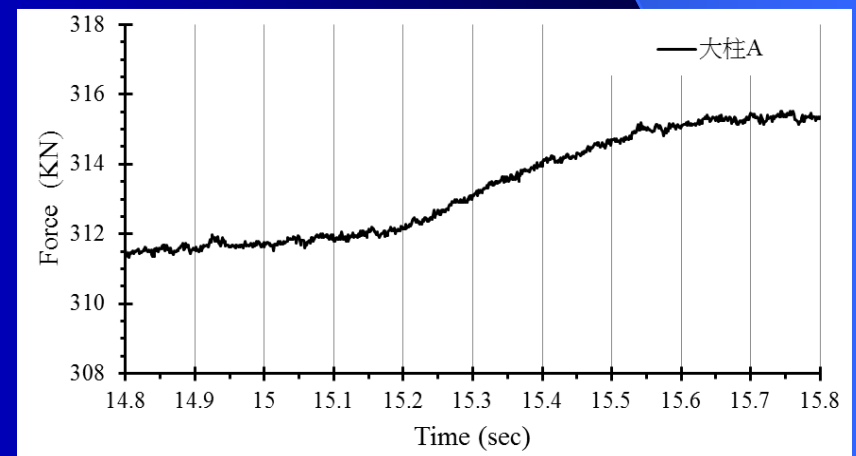
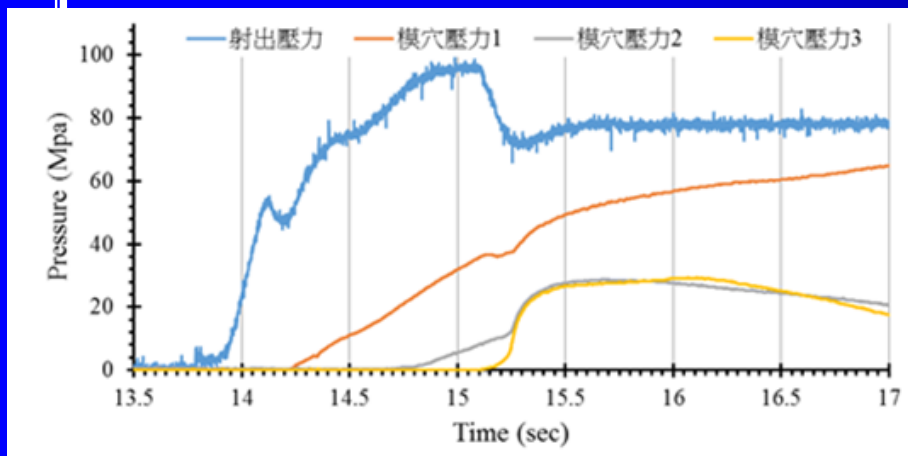


# 射切保時機優化

- 良好的射切保時機設定，以及良好的射出末段與保壓初段之參數搭配，將獲致相對平順之壓力曲線。



保壓速度 10%

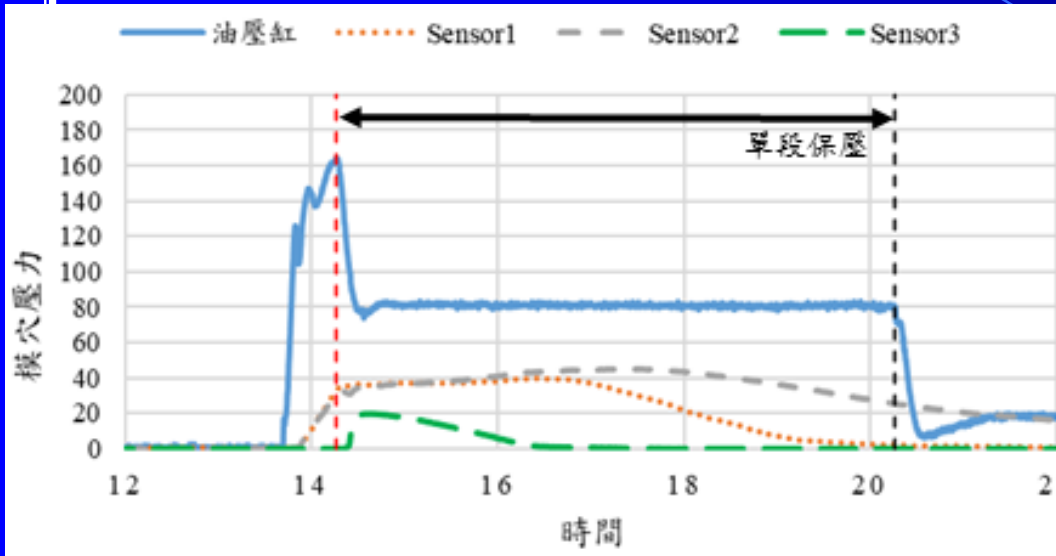


保壓速度 40%



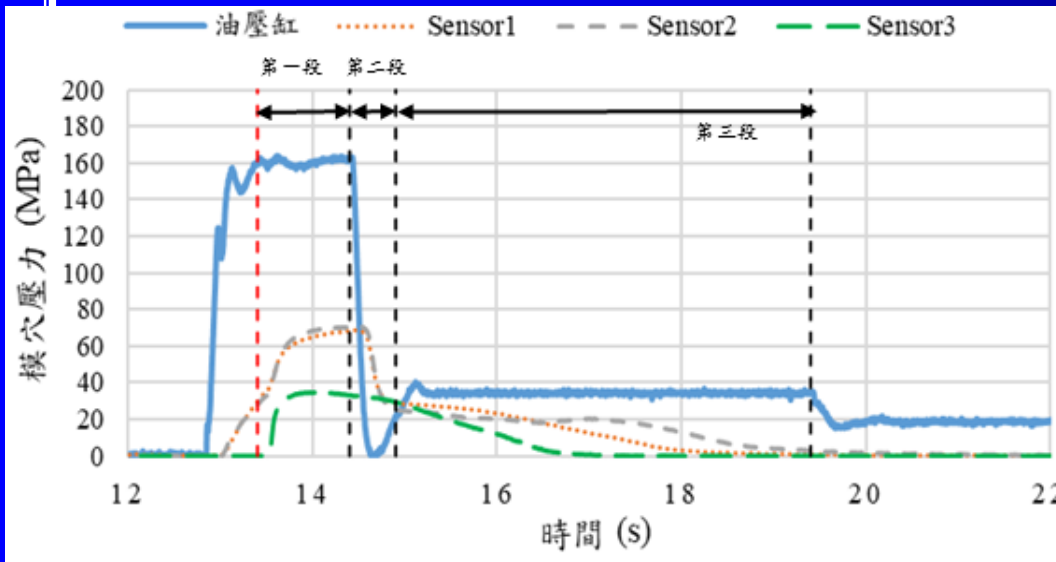
# PVT保壓分段

► 保壓實驗：獲得試模之成型曲線



T vs t

單段保壓  
翹曲量：0.6 mm



三段保壓  
翹曲量：0.41 mm

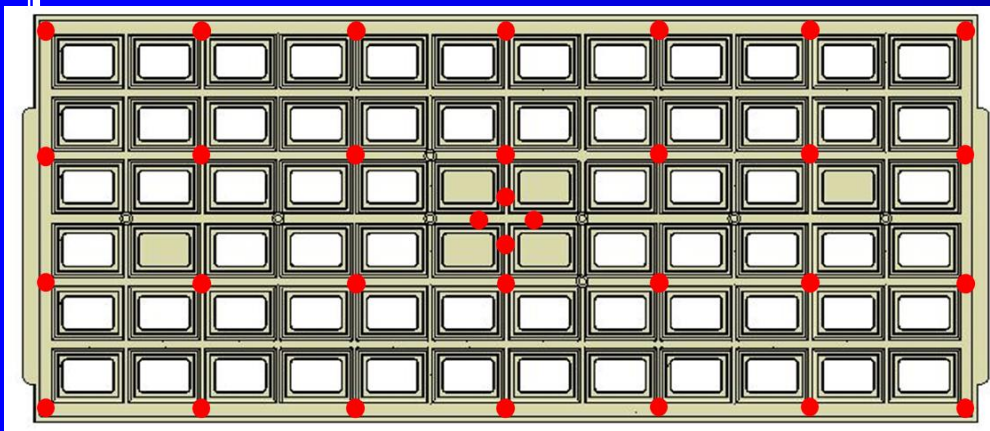
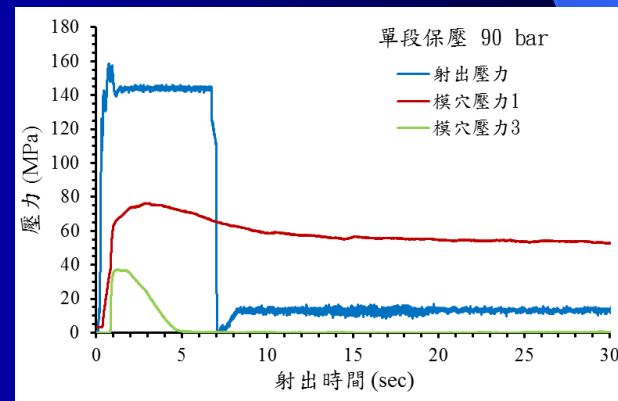
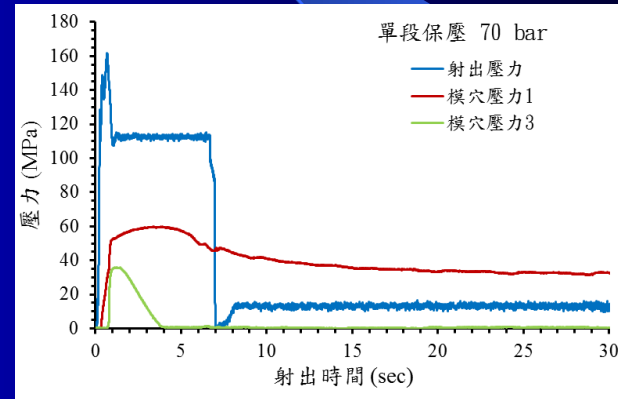
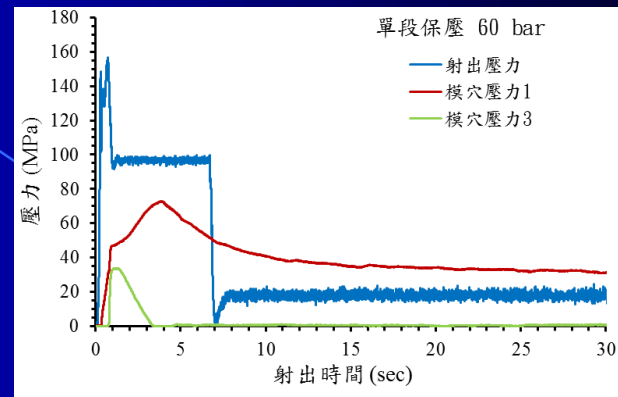
# 單段保壓之壓力、時間優化

## ➤ 單段保壓優化

| 保壓單段未烘烤  |          |       |       |       |       |          |          |        |
|----------|----------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|--------|
| 保壓壓力     | 30bar    | 50bar | 60bar | 70bar | 80bar | 90bar    | 100bar   | 110bar |
| 平均翹曲(mm) |          | 0.310 | 0.360 | 0.360 | 0.510 | 0.590    | 0.580    |        |
| 標準差      |          | 0.007 | 0.020 | 0.022 | 0.023 | 0.038    | 0.042    |        |
| 全距       |          | 0.025 | 0.070 | 0.077 | 0.084 | 0.114    | 0.114    |        |
| 成品資訊     | 表面<br>凹陷 | 良好    | 良好    | 良好    | 良好    | 翹曲<br>超標 | 翹曲<br>超標 | 毛邊     |

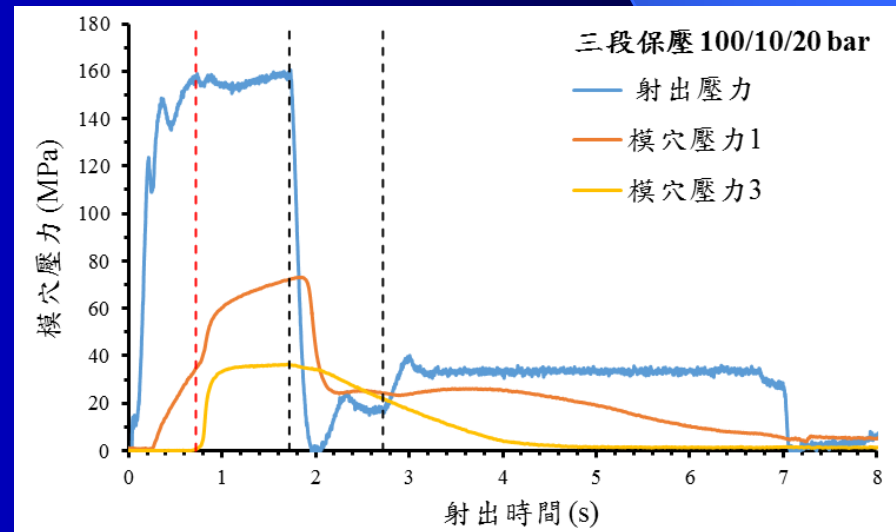
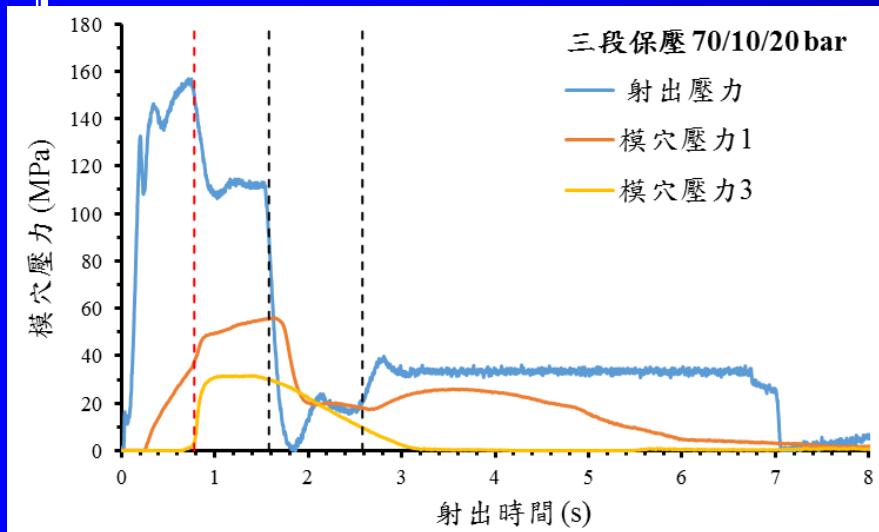
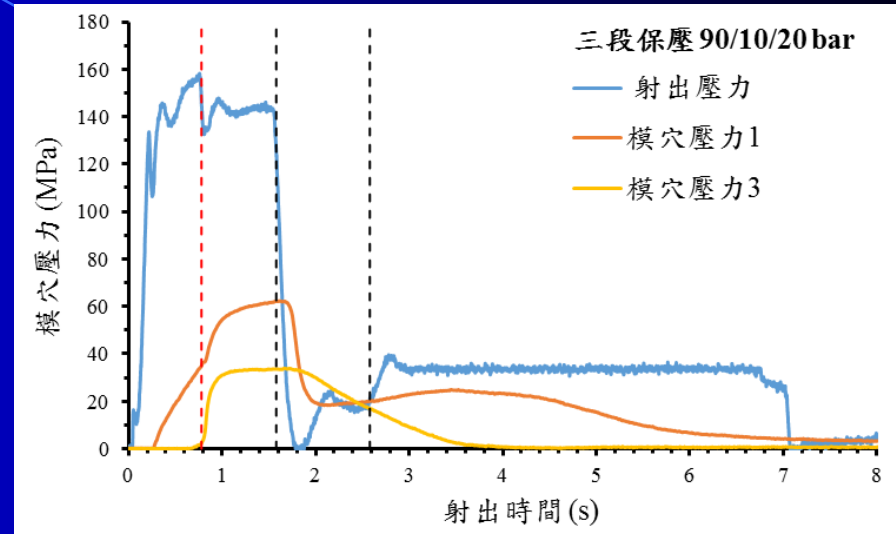
| 保壓單段烘烤125°C 10 hr |       |          |          |       |       |       |        |        |
|-------------------|-------|----------|----------|-------|-------|-------|--------|--------|
|                   | 30bar | 50bar    | 60bar    | 70bar | 80bar | 90bar | 100bar | 110bar |
| 平均翹曲(mm)          |       |          |          | 0.180 | 0.100 |       |        |        |
| 標準差               |       |          |          | 0.019 | 0.028 |       |        |        |
| 全距                |       |          |          | 0.041 | 0.071 |       |        |        |
| 成品資訊              |       | 表面<br>凹陷 | 表面<br>凹陷 | 良好    | 良好    |       |        |        |



# 保壓階段之壓力、時間優化

## ➤ 分段保壓優化結果

| 更改第一段壓力 (第二、三段壓力 10、20 bar) |          |          |          |           |
|-----------------------------|----------|----------|----------|-----------|
| 三段保壓壓力                      | A (bar)  | B (bar)  | C (bar)  | D (bar)   |
|                             | 70/10/20 | 80/10/20 | 90/10/20 | 100/10/20 |
| 未烘烤                         |          |          |          |           |
| 翹曲平均 (mm)                   | 0.370    | 0.370    | 0.360    | 0.330     |
| 標準差                         | 0.015    | 0.014    | 0.015    | 0.022     |
| 全距 (mm)                     | 0.040    | 0.040    | 0.048    | 0.052     |
| 第一次烘烤                       |          |          |          |           |
| 翹曲平均 (mm)                   | 0.340    | 0.254    | 0.234    | 0.141     |
| 標準差                         | 0.011    | 0.021    | 0.003    | 0.017     |
| 全距 (mm)                     | 0.021    | 0.042    | 0.005    | 0.036     |

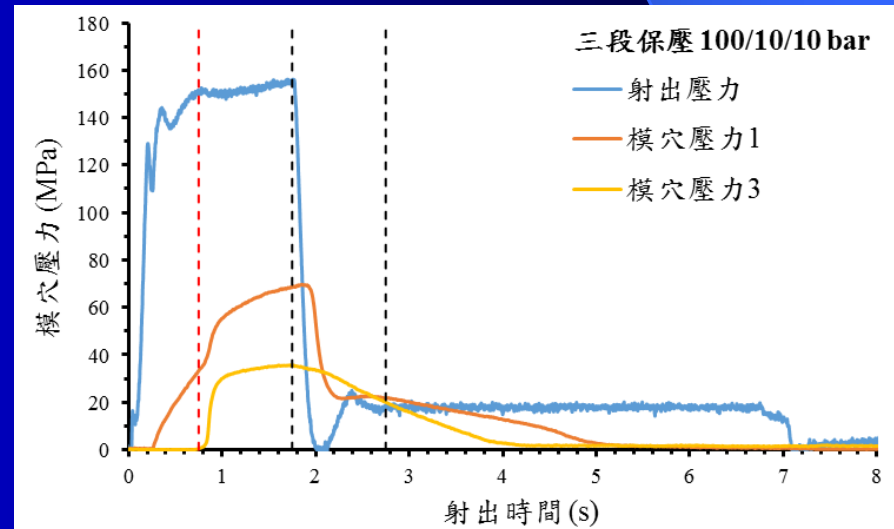
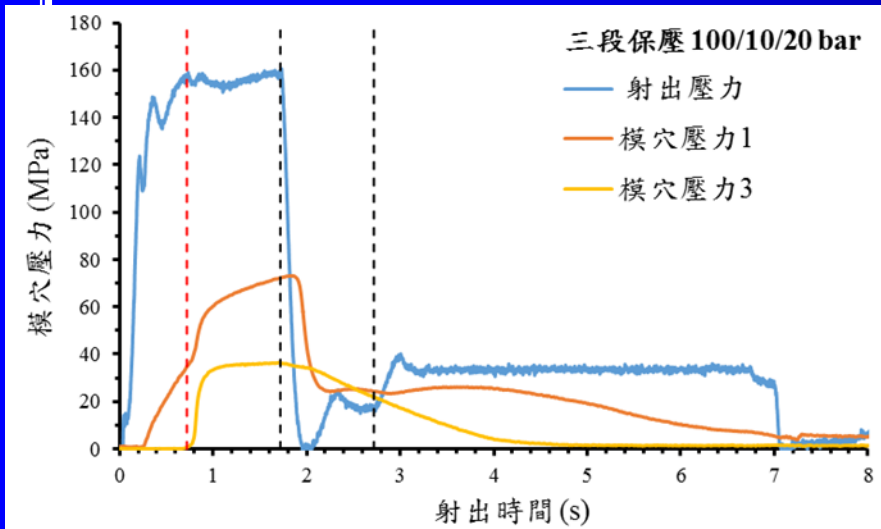
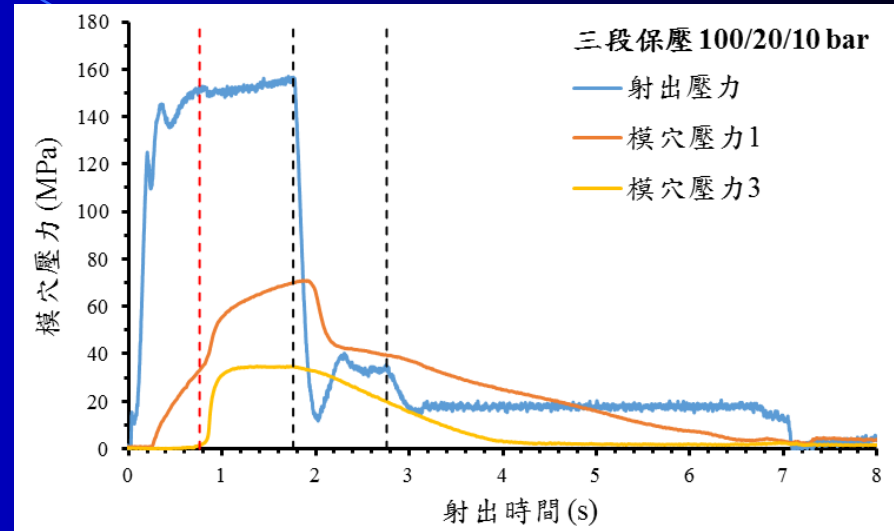


# 保壓階段之壓力、時間優化

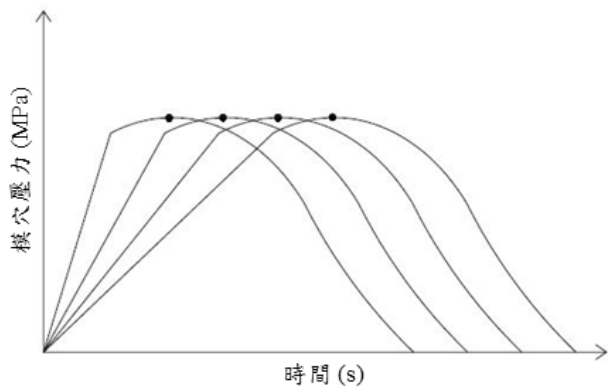
## 分段保壓優化結果

從D組更改第二、三段壓力 (第一段壓力 100 bar)

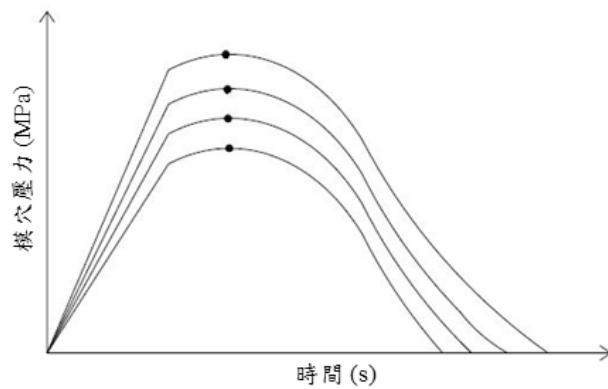
| 三段保壓壓力    | D (bar)   | D1 (bar)  | D2 (bar)  | D3 (bar)  |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 100/10/20 | 100/10/20 | 100/20/10 | 100/10/10 | 100/10/15 |
| 未烘烤       |           |           |           |           |
| 翹曲平均 (mm) | 0.37      | 0.37      | 0.36      | 0.33      |
| 標準差       | 0.015     | 0.014     | 0.015     | 0.022     |
| 全距(mm)    | 0.04      | 0.04      | 0.05      | 0.05      |
| 第一次烘烤     |           |           |           |           |
| 翹曲平均 (mm) | 0.141     | 0.123     | 0.146     | 0.152     |
| 標準差       | 0.017     | 0.013     | 0.025     | 0.050     |
| 全距 (mm)   | 0.036     | 0.025     | 0.044     | 0.099     |



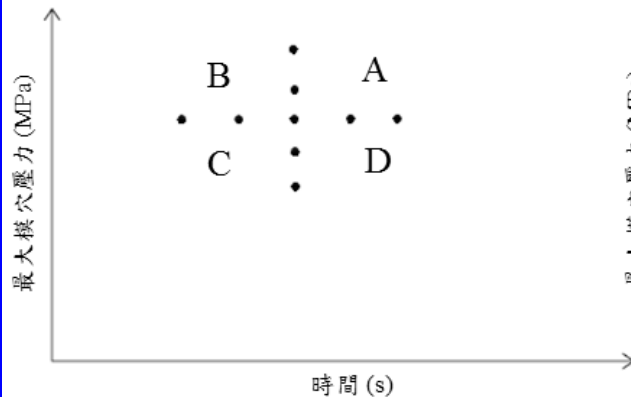
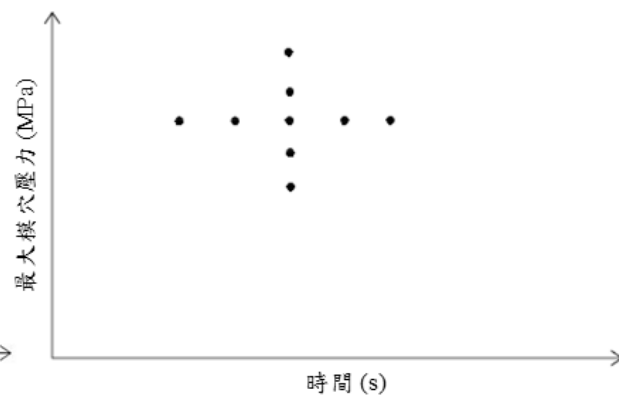
# 獲得強健參數



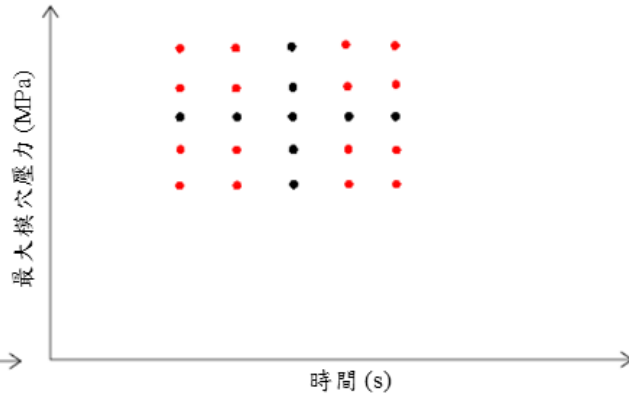
➔ 變更射出速度



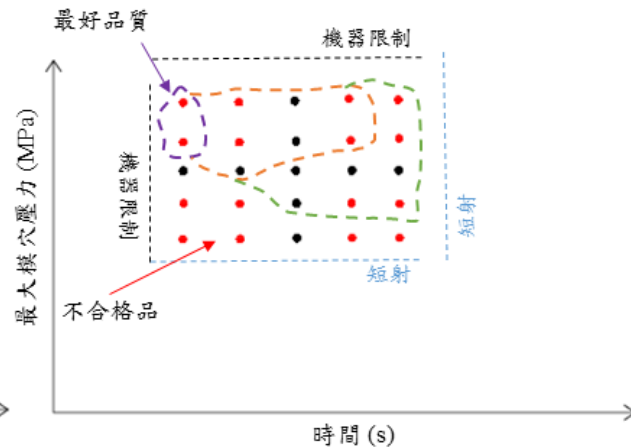
➔ 變更第一段保壓壓力



基準十字圖

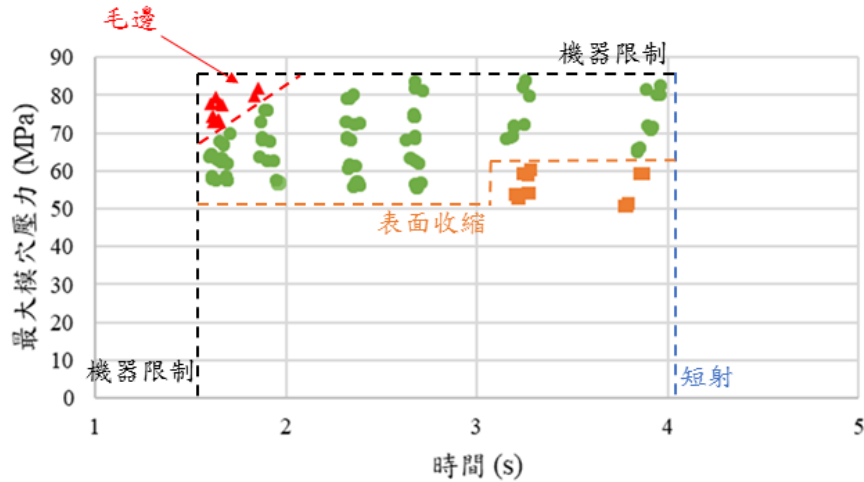


找出ABCD峰值點

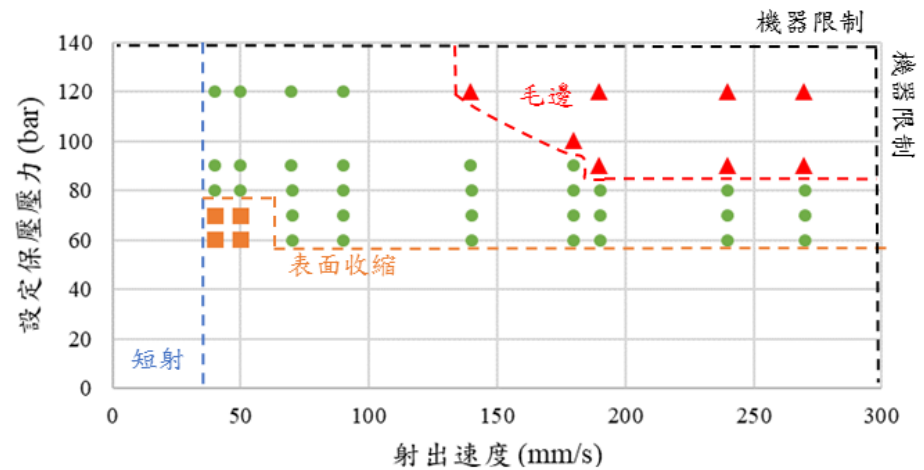


成品品質分布圖

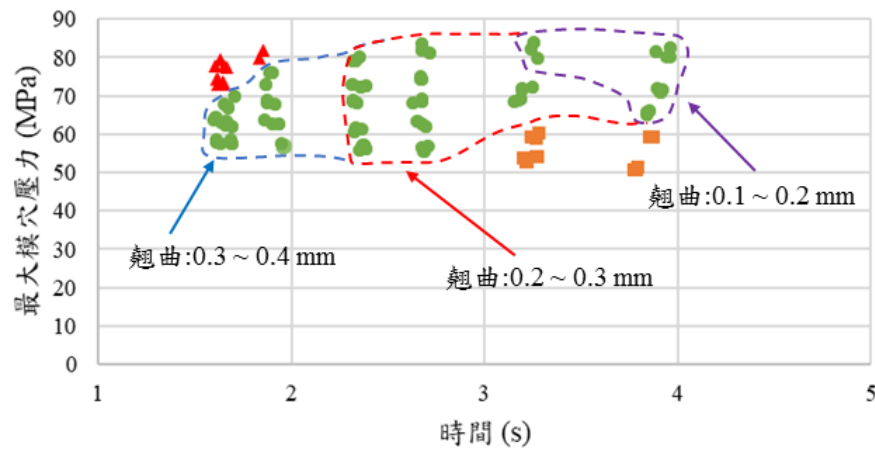
# 結論



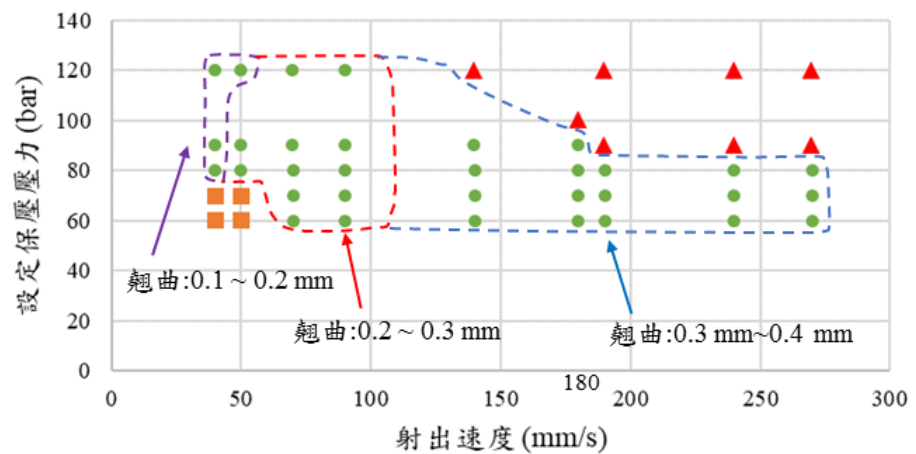
模穴壓力峰值操作窗



傳統機械參數操作窗



模穴壓力峰值操作窗\_翹曲分布



傳統機械參數操作窗\_翹曲分布

模具溫度? 冷卻時間?

# 謝謝各位的指導

國立高雄科技大學  
機械與自動化工程系  
教授 黃明賢

E-mail: [shuang@nkfust.edu.tw](mailto:shuang@nkfust.edu.tw)

Mobile Phone: 0915-591950

國立臺東專科學校  
動力機械科  
副教授 粘世智

E-mail: [lawrence@ntc.edu.tw](mailto:lawrence@ntc.edu.tw)

Mobile Phone: 0910-522646