

# 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:

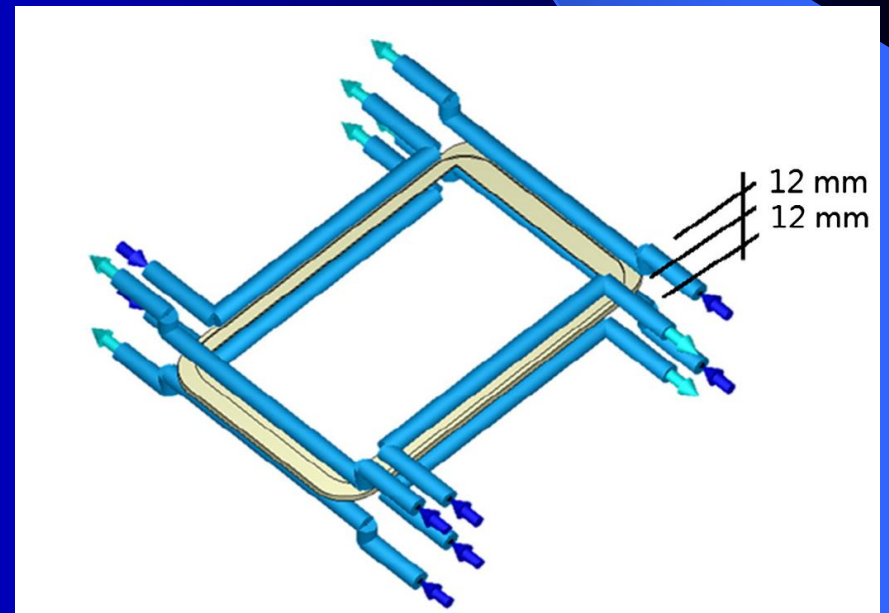
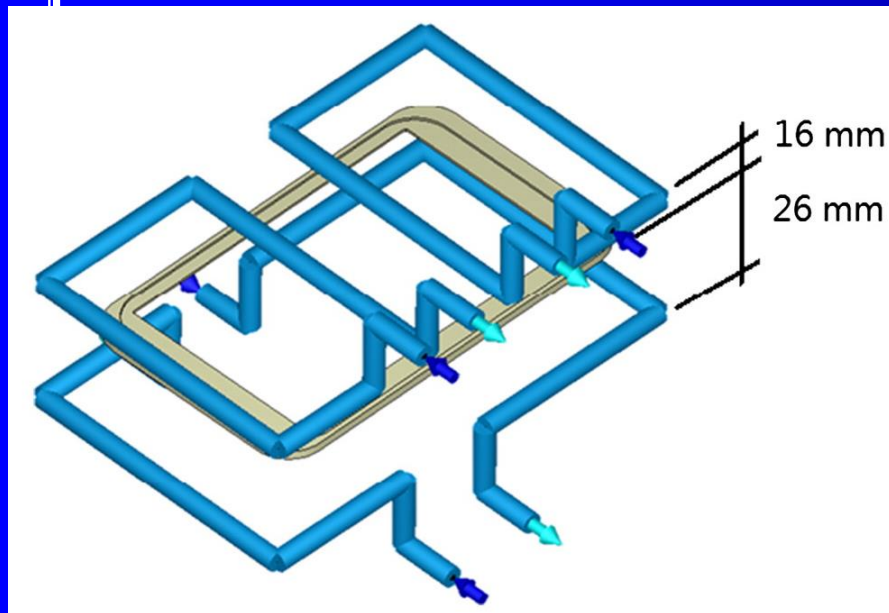
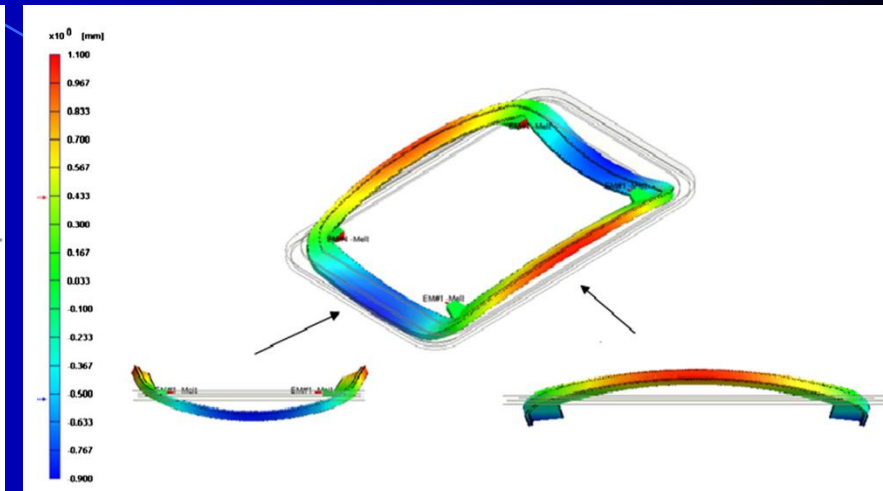
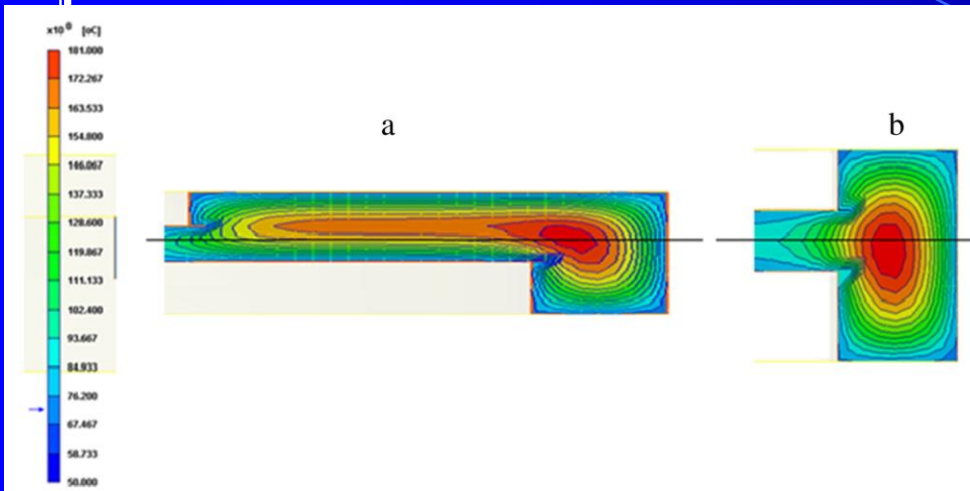
- ◆ 材料流動性質測試
- ◆ 短射實驗
- ◆ 射速分段
- ◆ 澆口凝固時間及保壓分段

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

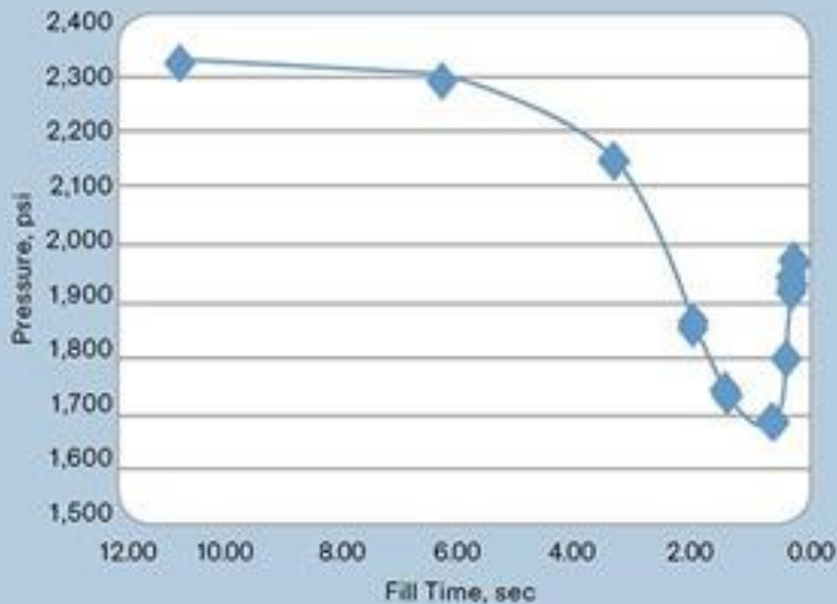
## ➤ 中立軸理論



# 最佳流速模擬 – Therma-flo

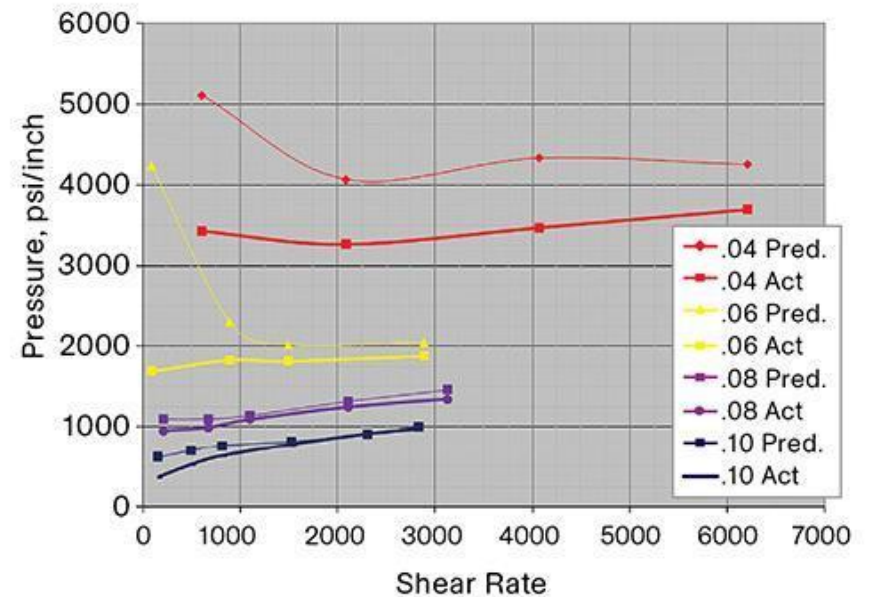
FIG. 10A

## FILL TIME VS. PRESSURE



## Predicted Vs. Actual Pressure

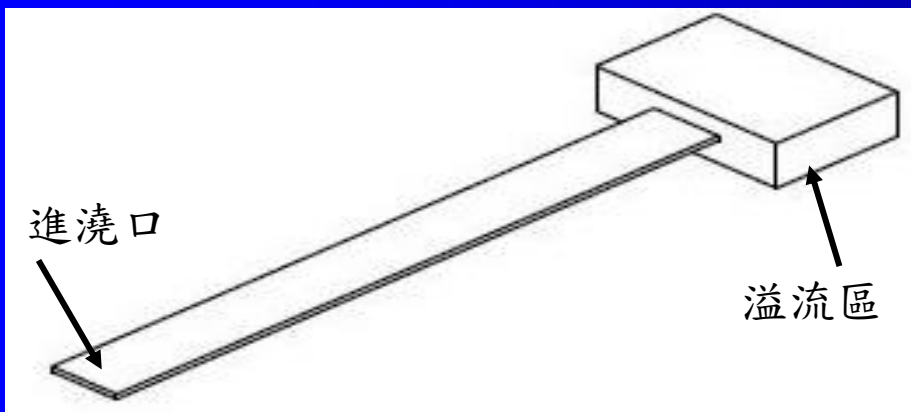
Sorted by Strip Thickness, inch



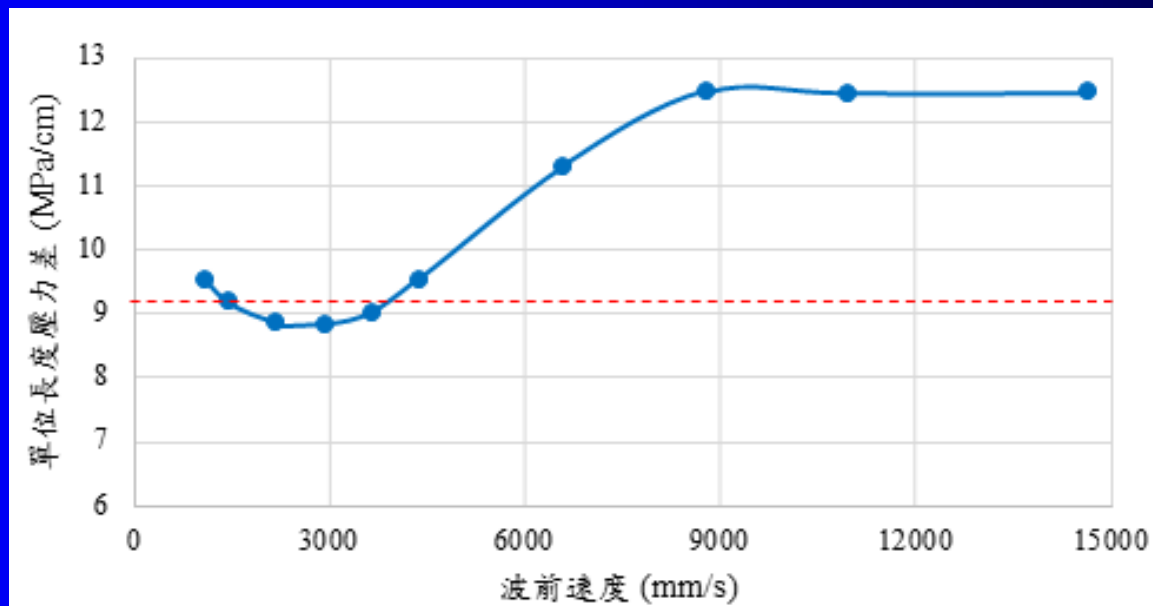
By: John Beaumont from Beaumont Technologies Inc.  
From: Plastics Technology  
Issue: June 2012

# 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%

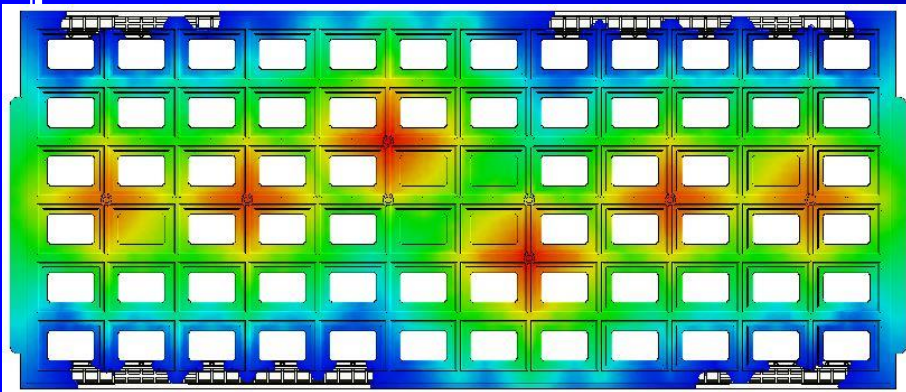
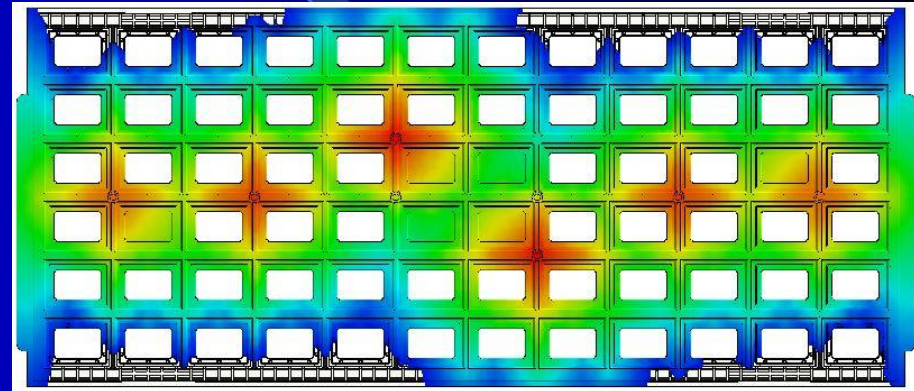
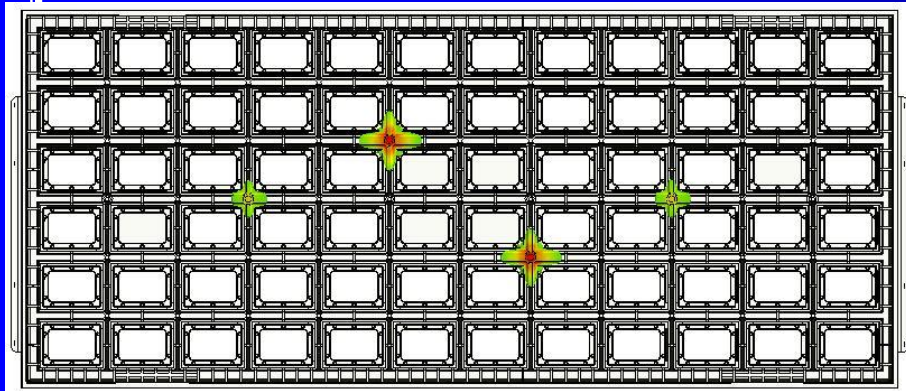




# 射出分段模擬試模

## ➤ 射出分段

■ 根據最佳流速，波前截面積進行射出分段。

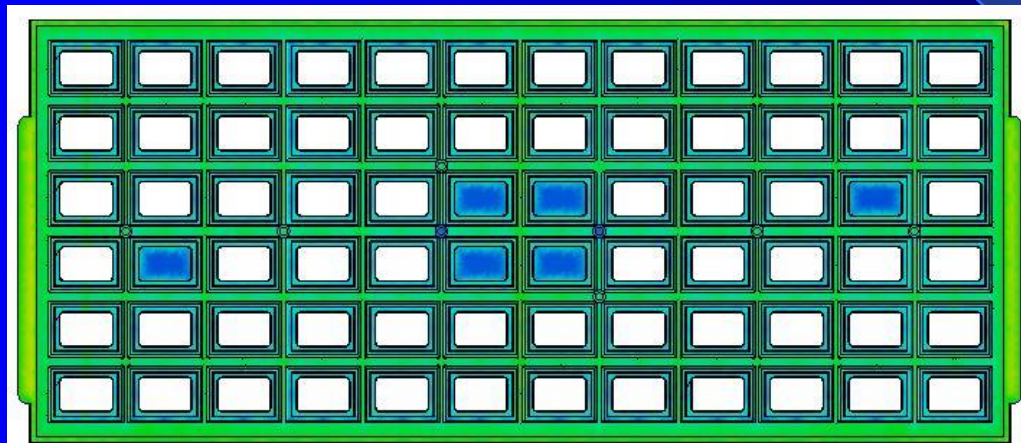
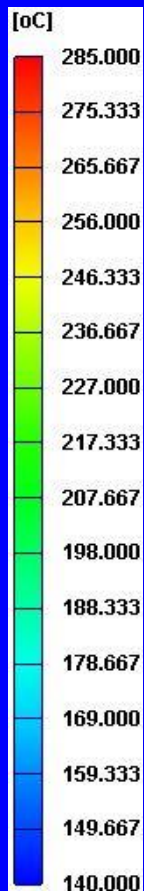


段數	螺桿位置 (mm)	波前流速 (mm/s)	波前截面積 (mm <sup>2</sup> )	螺桿速度 (mm/s)
1	120	1462	188	180
2	104		376	300
3	53.3		-	120
4	49.6		-	60

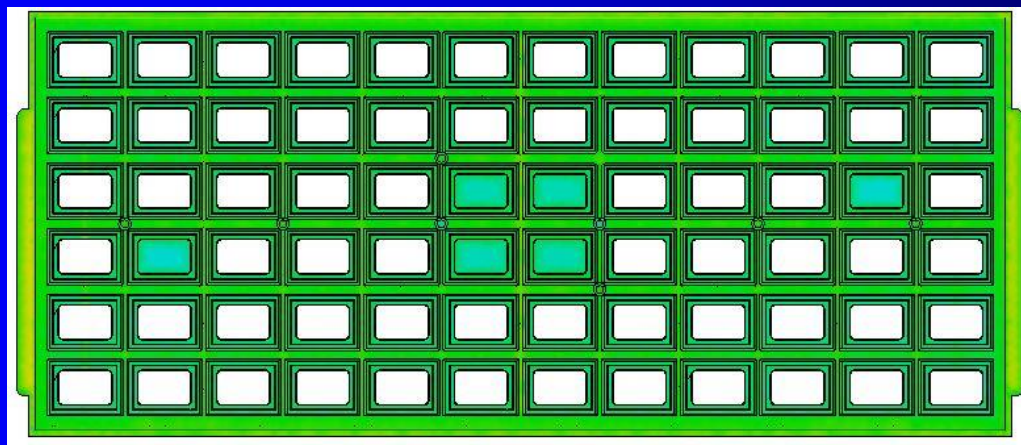
# 溫度場分布模擬

## ➤ 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

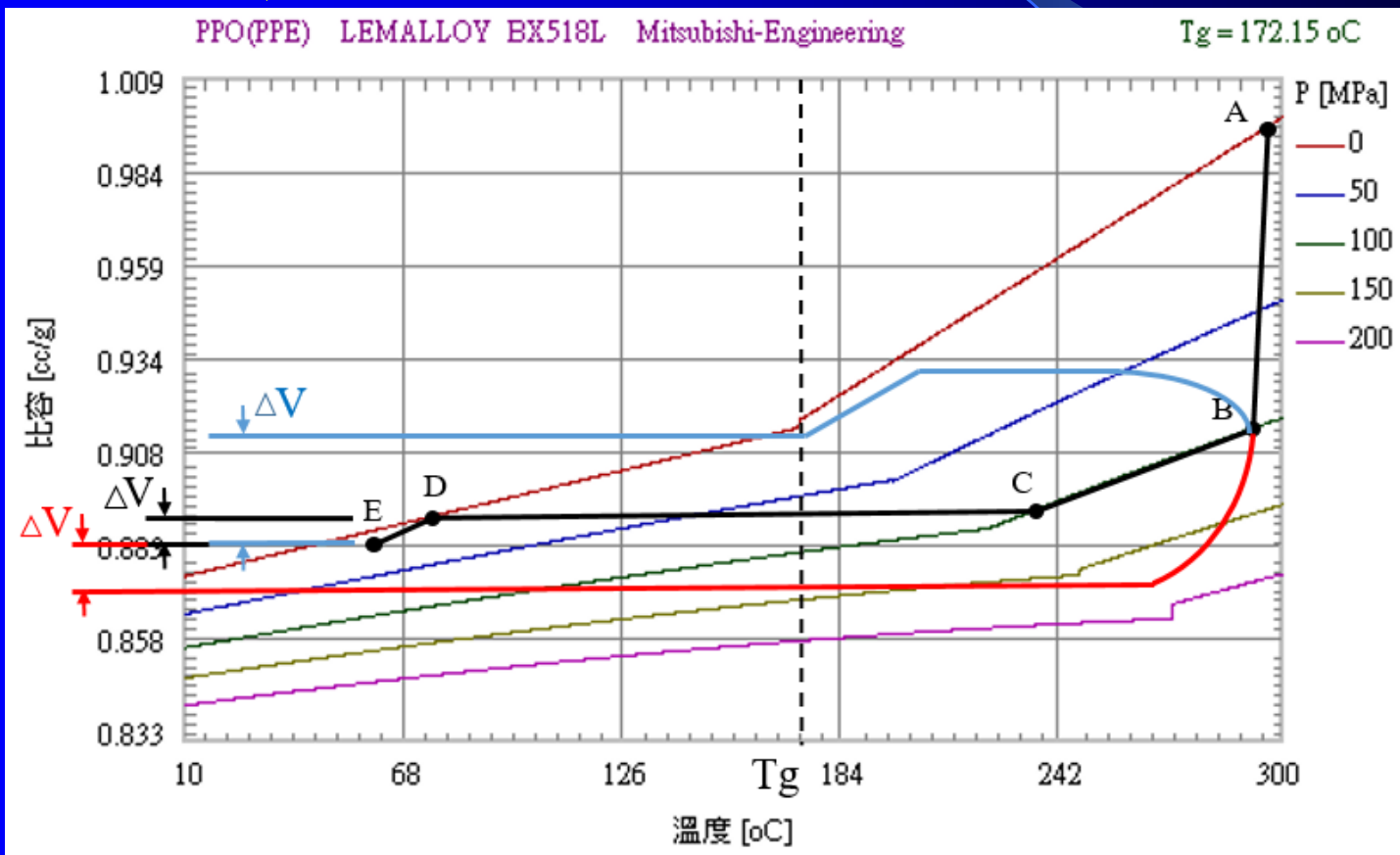


# PVT保壓理論

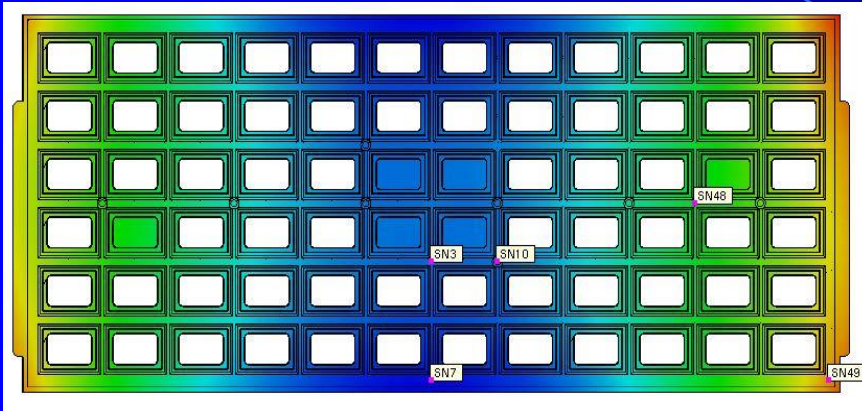
## ► 保壓分段

- 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。

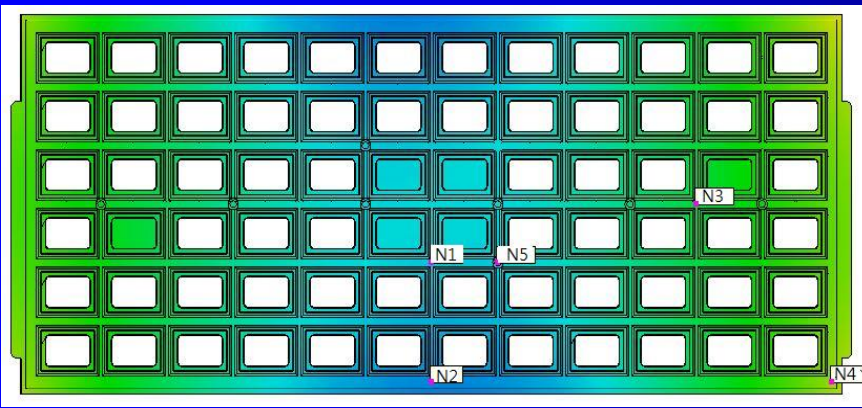
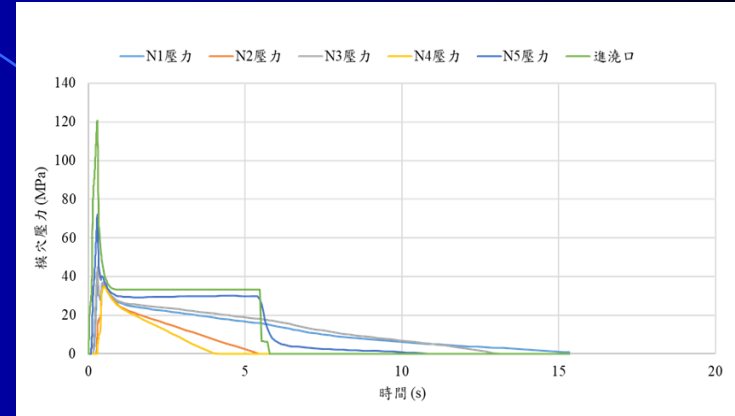
— 正常曲線    — 保壓壓力不足    — 保壓壓力過大



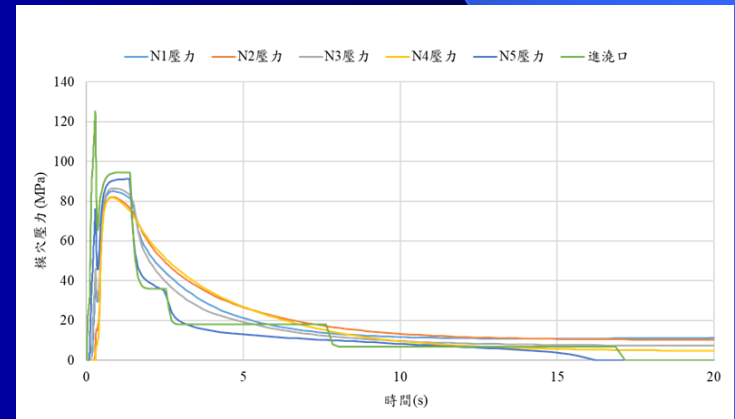
# 分段保壓模擬試模



單段保壓 (翹曲:-2.4~3.9 mm)



分段保壓 (翹曲:-1.6~2.5 mm)

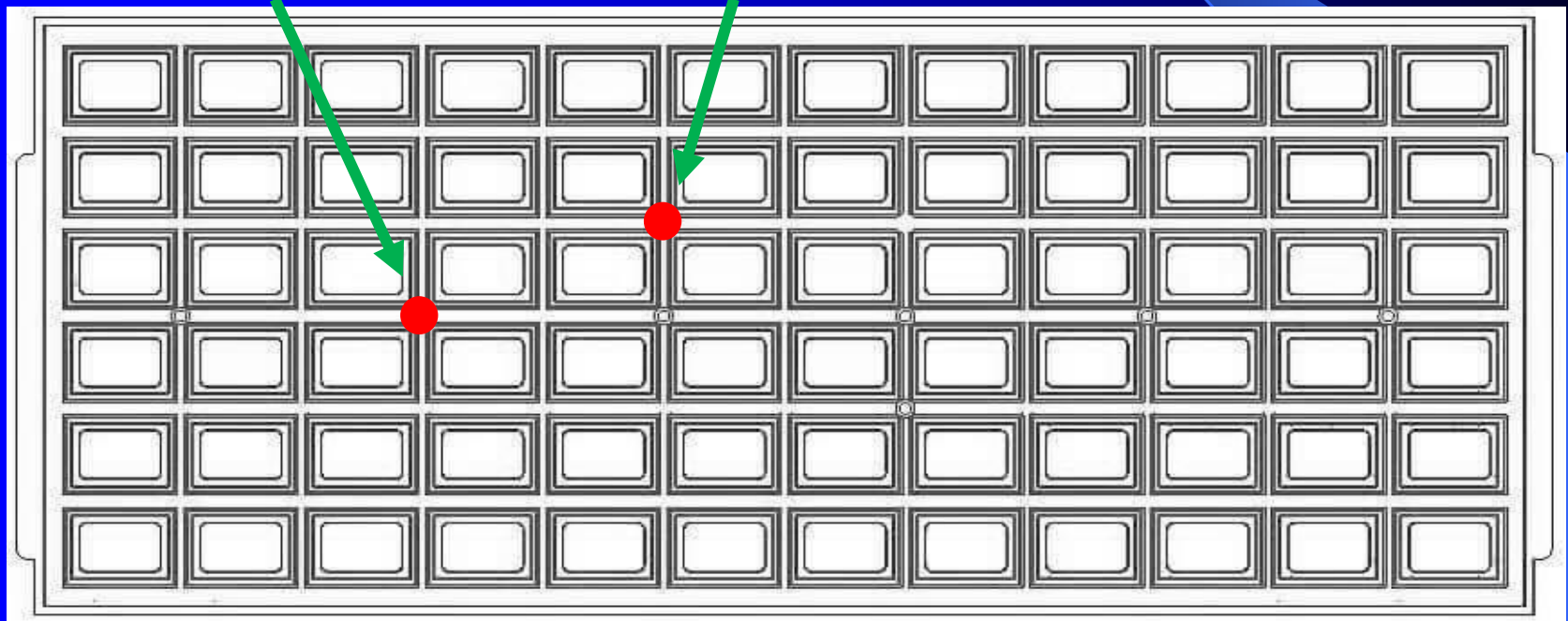


# 製程訊號擷取與法則推演

- 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)

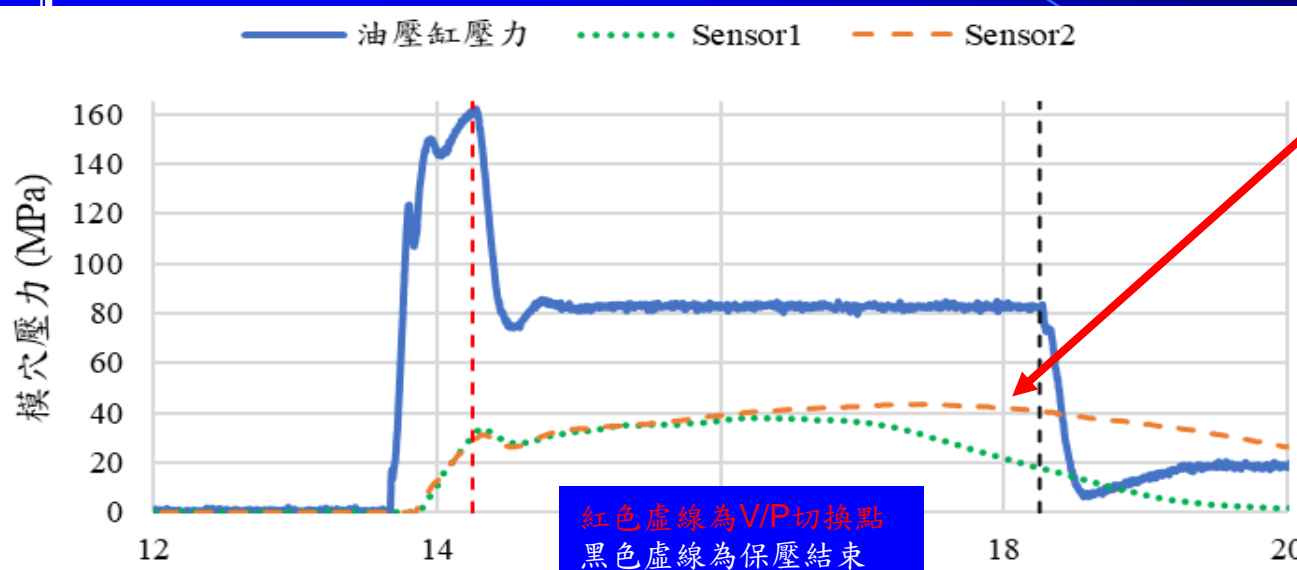
Sensor1(進澆口1)



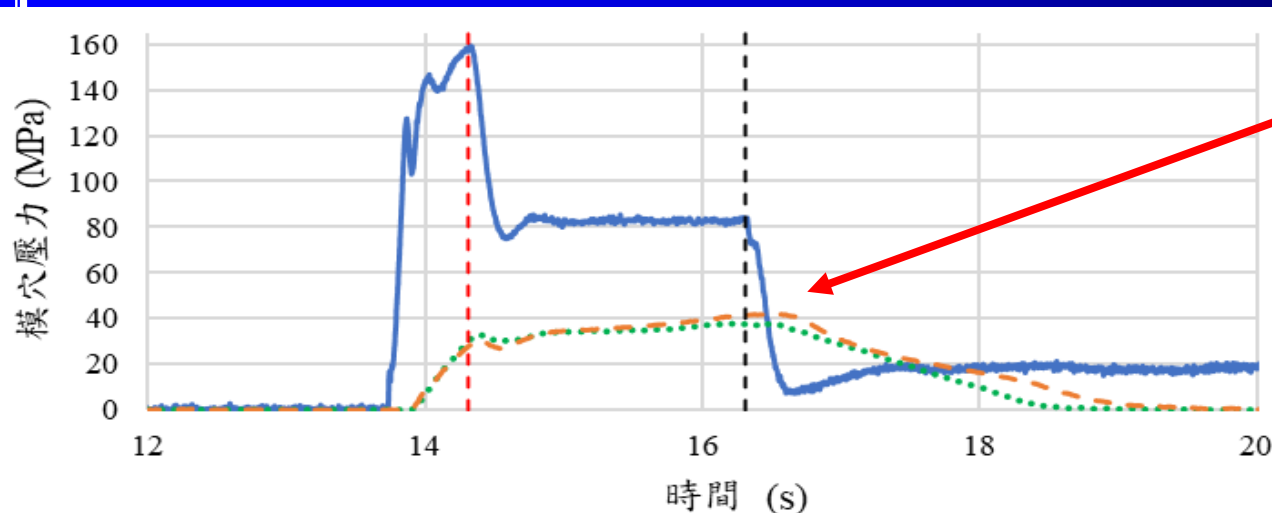
模穴壓力感測器擺放位置

# 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。

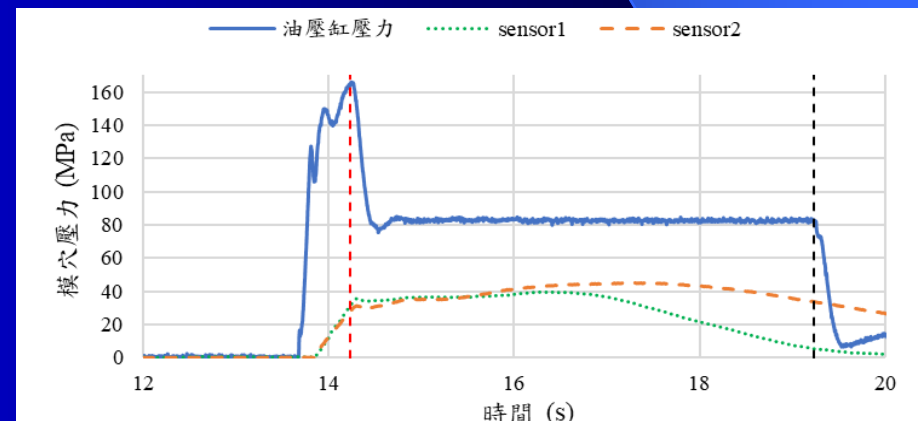
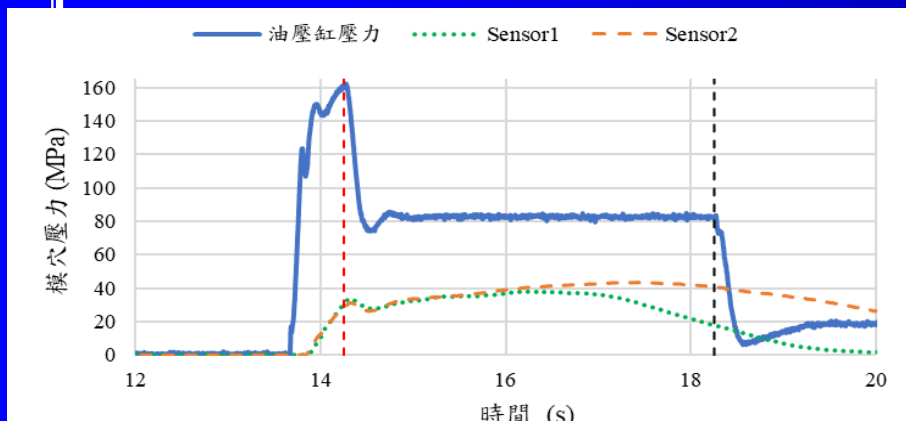
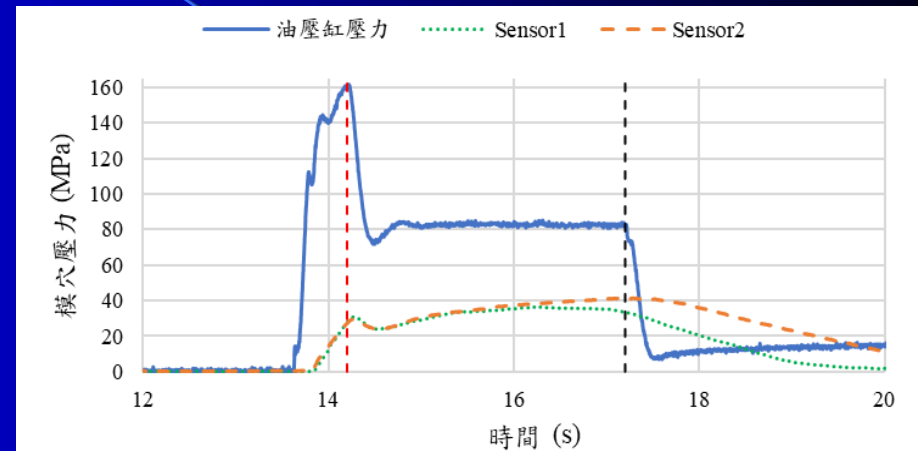
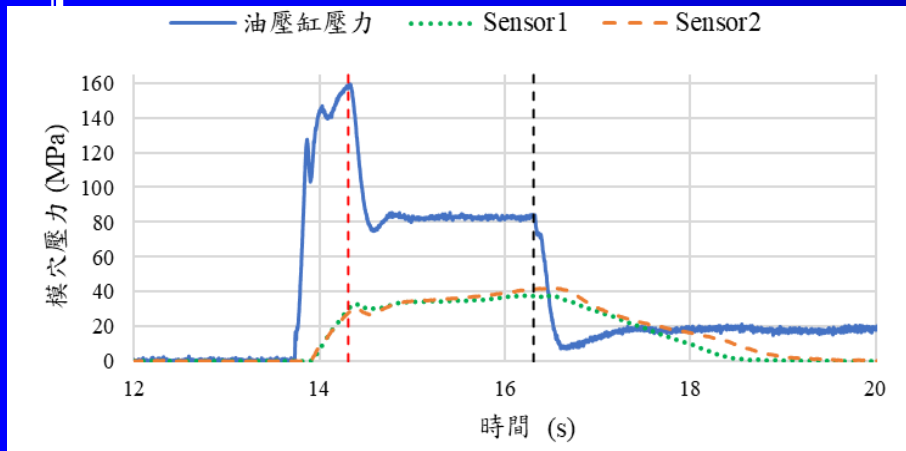


3. 保壓時間不足，保壓結束，曲線受影響而下降。

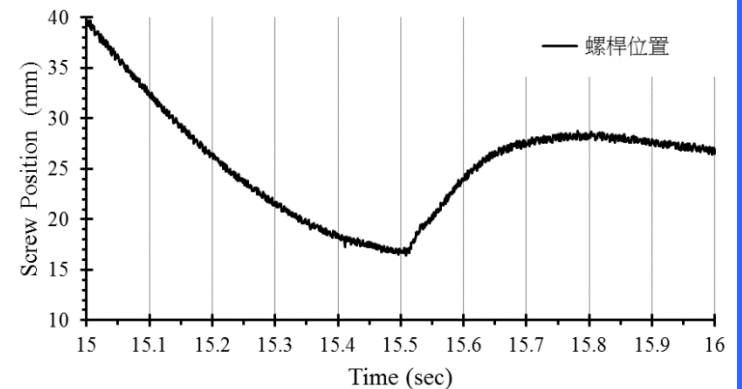
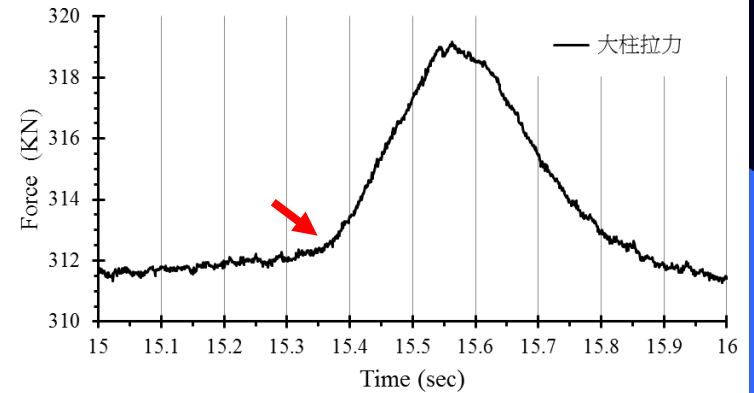
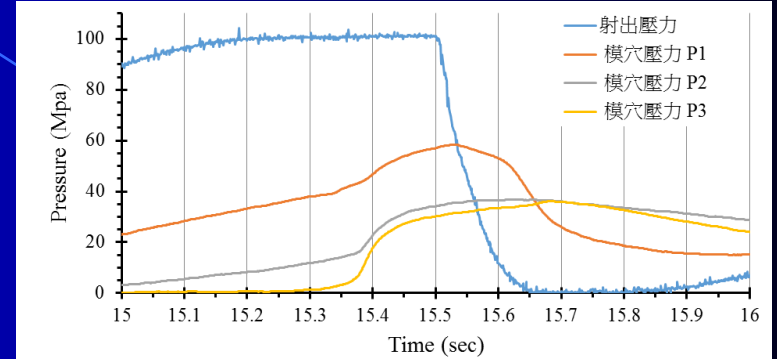
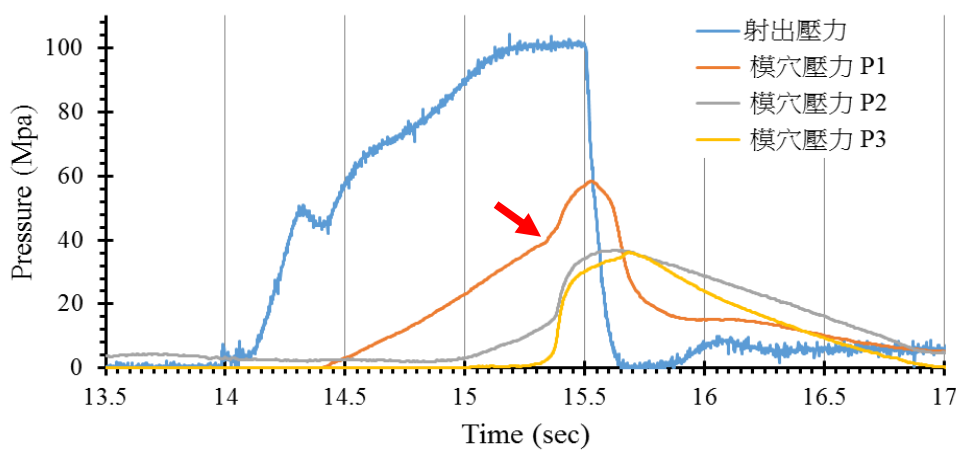
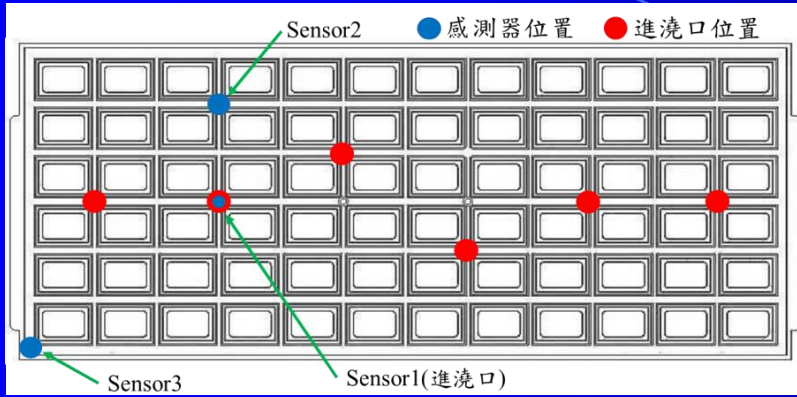


# 澆口凝固時間

➤ 澆口凝固時間：獲得保壓分段之時間區間



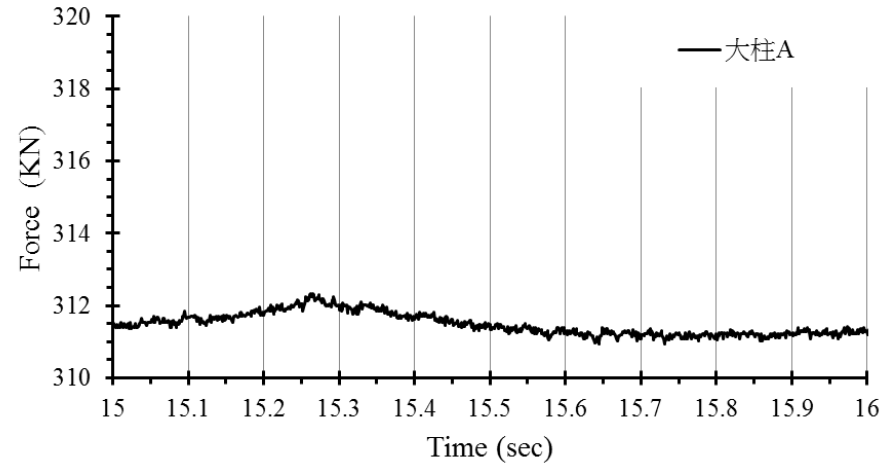
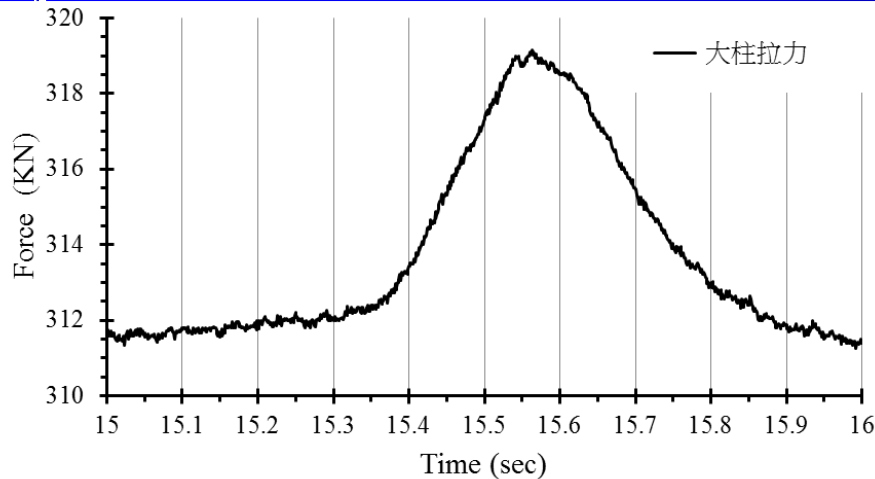
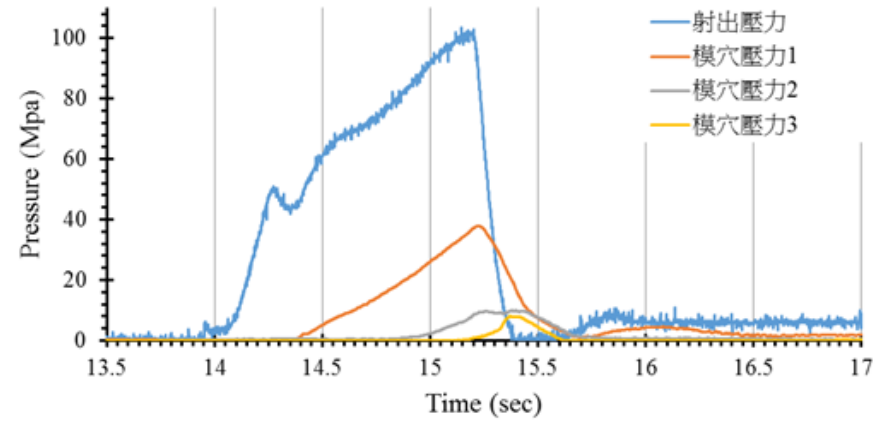
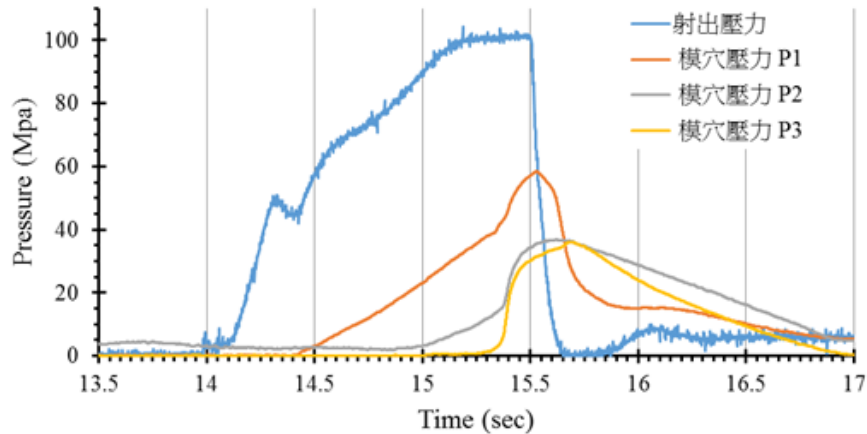
# V/P切換判斷法則



- 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。

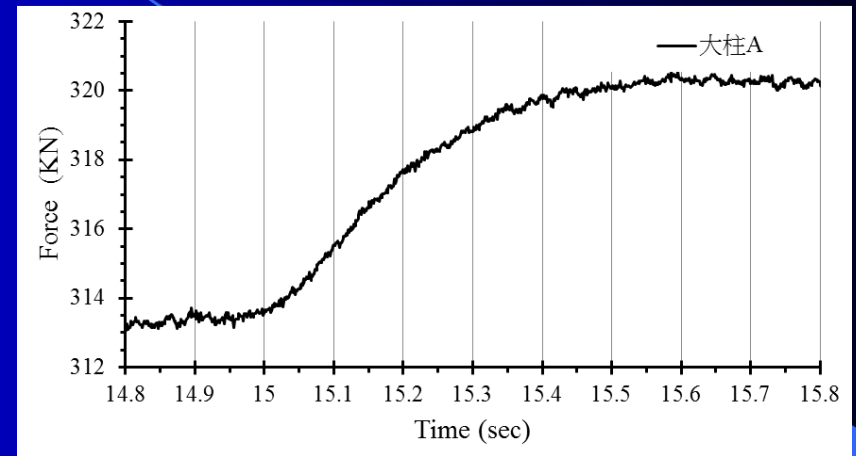
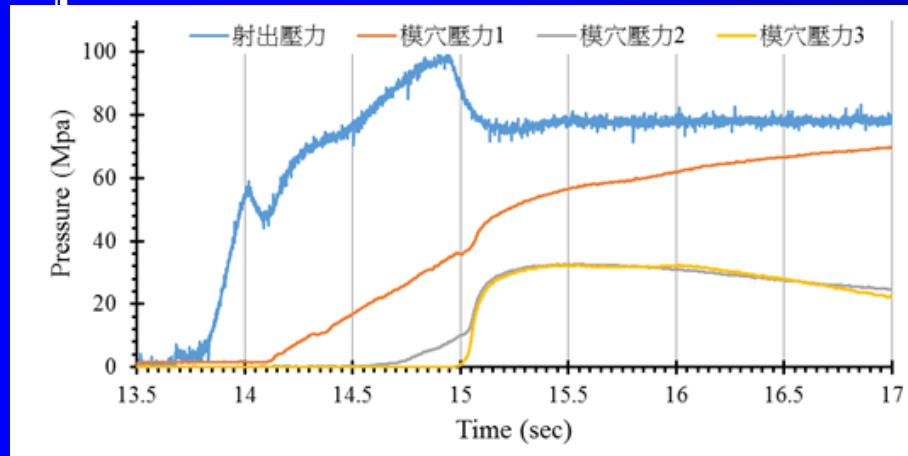
# 射切保時機優化

➤ 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。

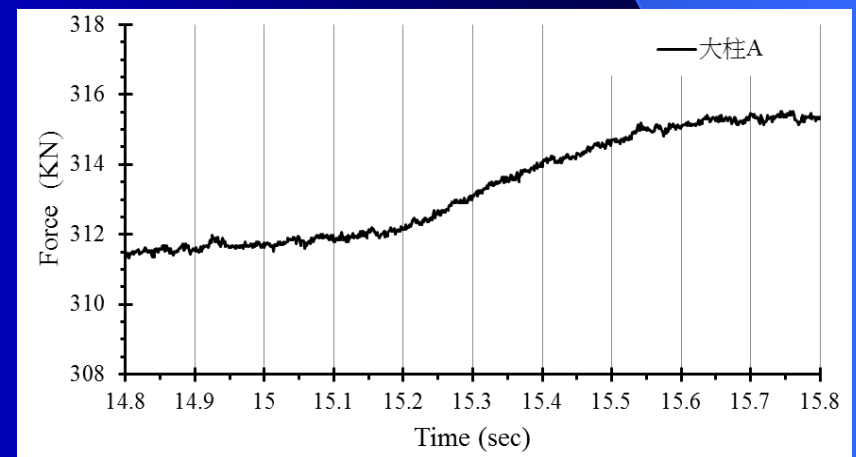
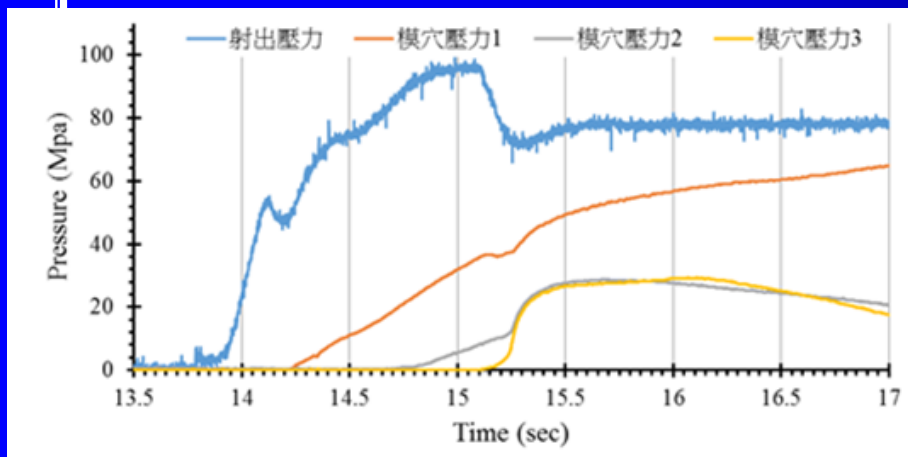


# 射切保時機優化

- 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%

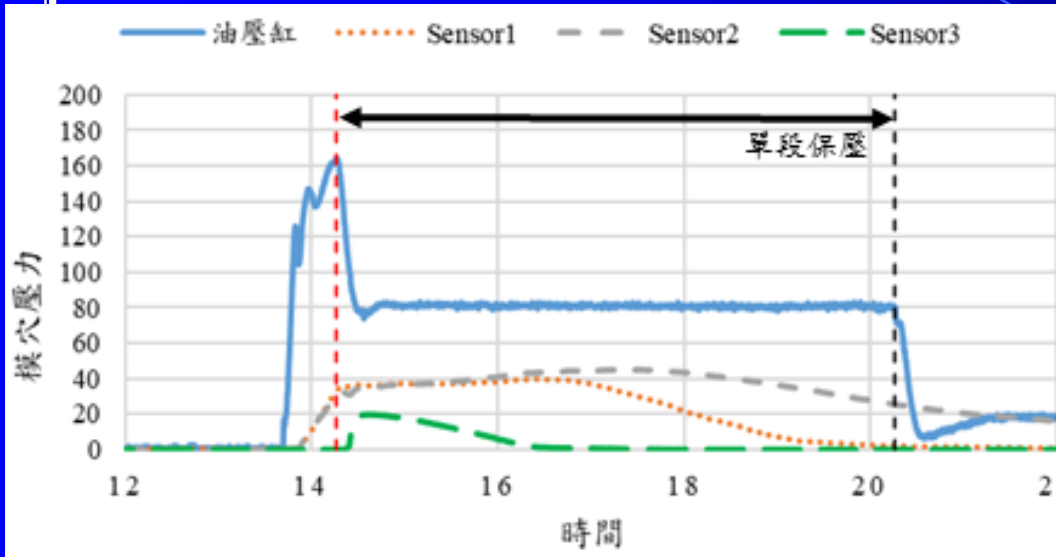


保壓速度 40%



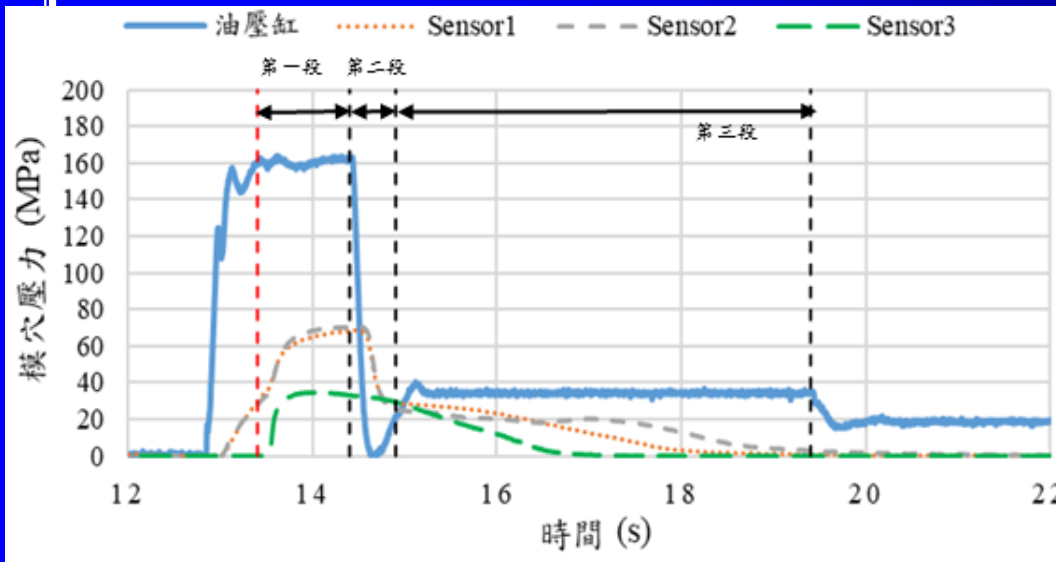
# PVT保壓分段

► 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

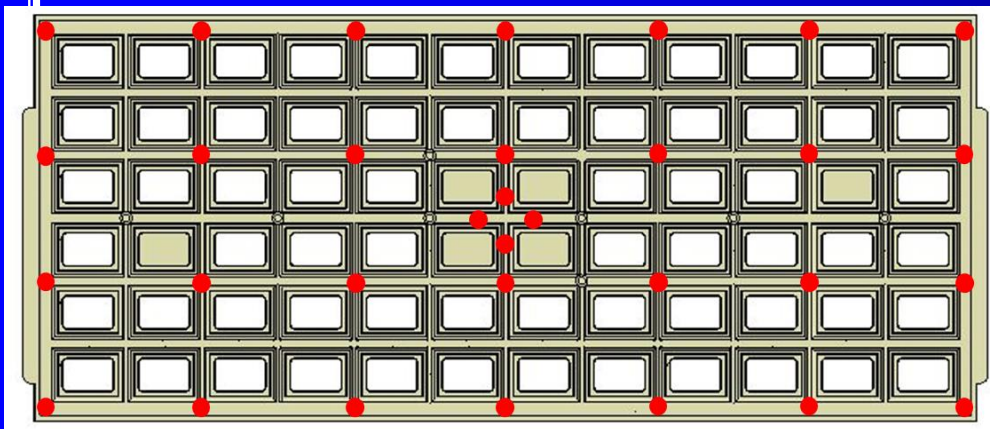
# 單段保壓之壓力、時間優化

## ➤ 單段保壓優化

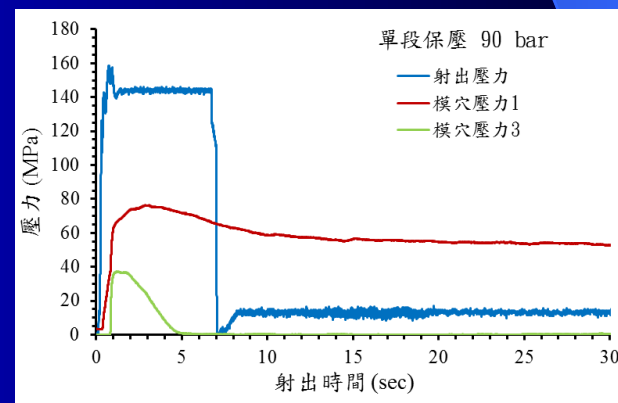
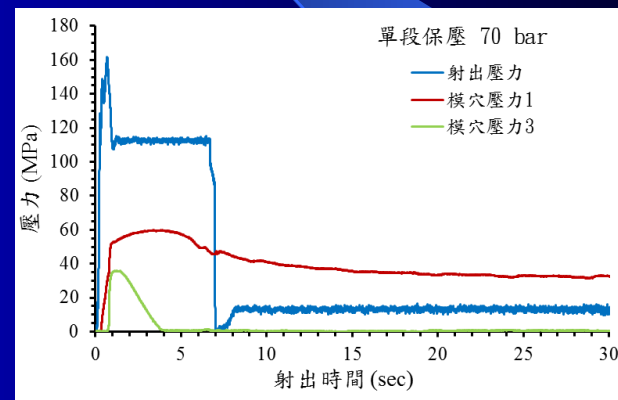
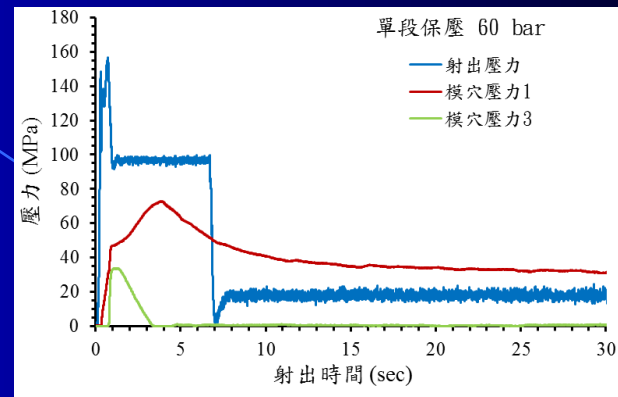
保壓單段未烘烤								
保壓壓力	30bar	50bar	60bar	70bar	80bar	90bar	100bar	110bar
平均翹曲(mm)		0.310	0.360	0.360	0.510	0.590	0.580	
標準差		0.007	0.020	0.022	0.023	0.038	0.042	
全距		0.025	0.070	0.077	0.084	0.114	0.114	
成品資訊	表面 凹陷	良好	良好	良好	良好	翹曲 超標	翹曲 超標	毛邊

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 凹陷	表面 凹陷	良好	良好			



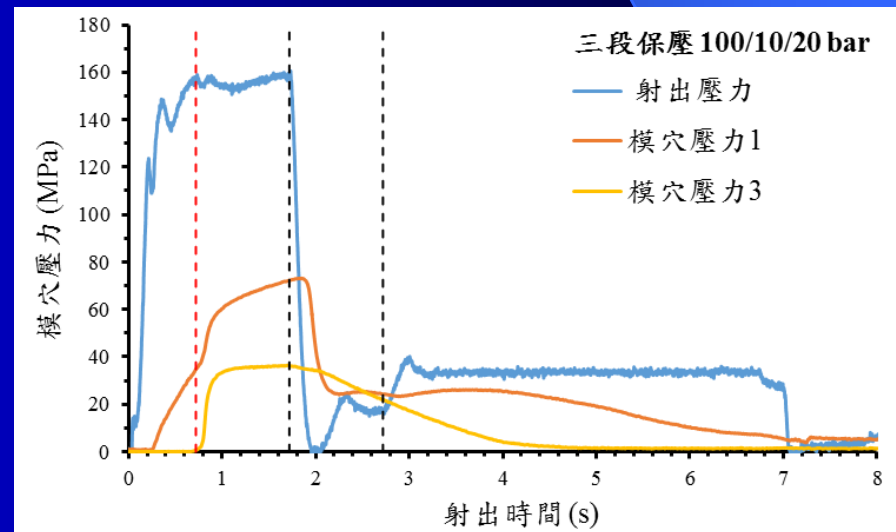
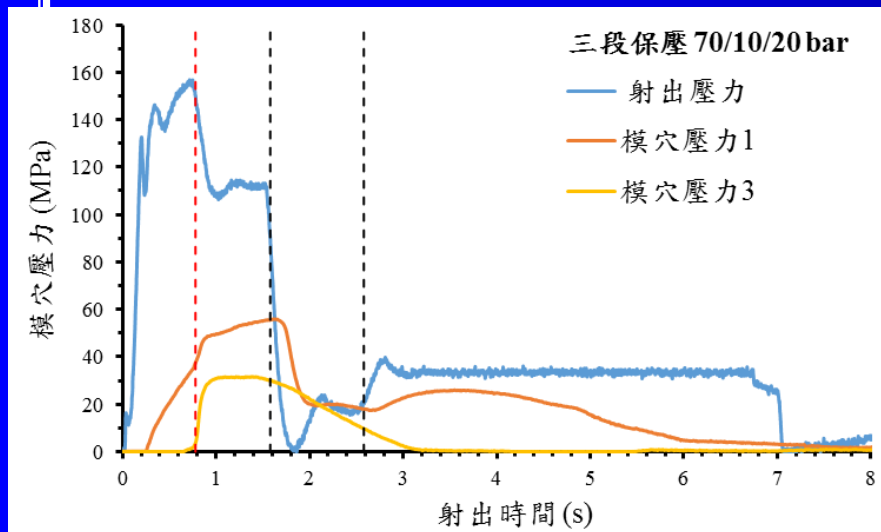
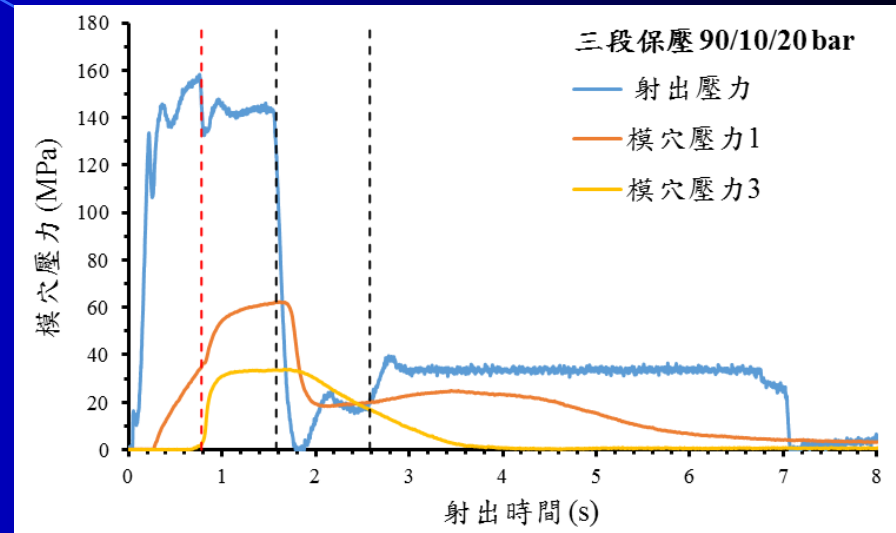
三次元量測點



# 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

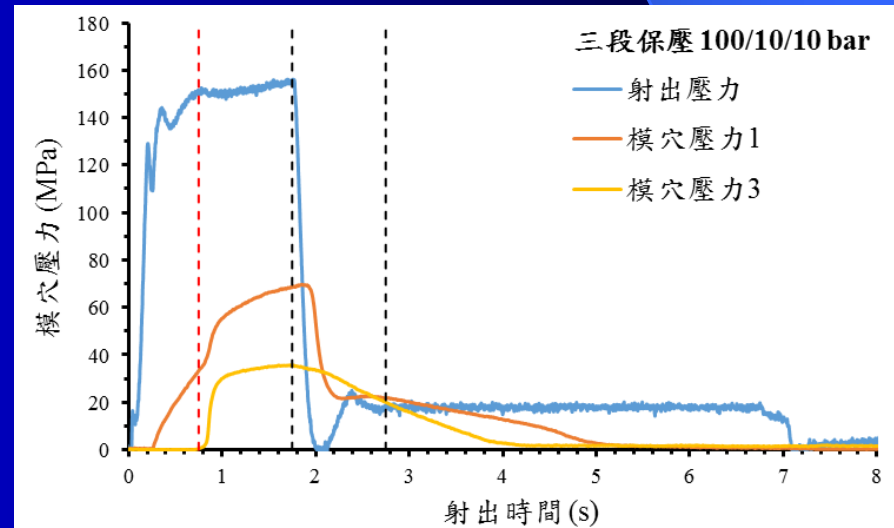
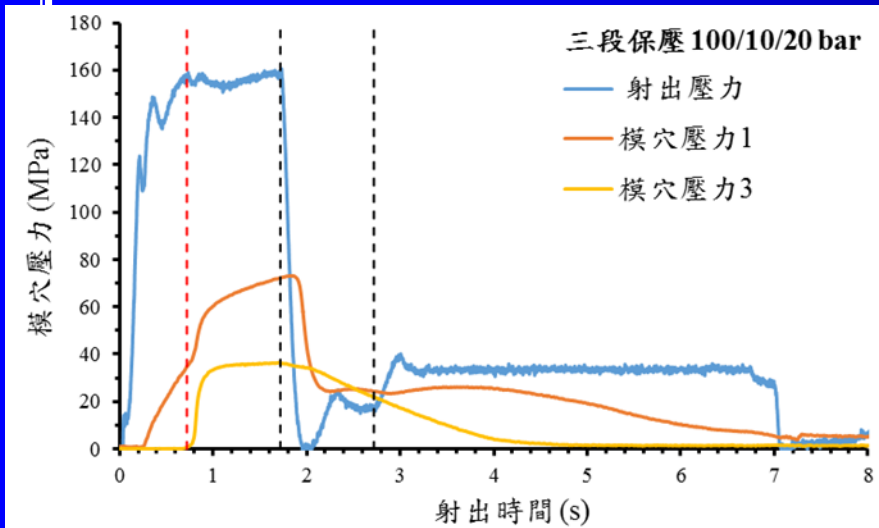
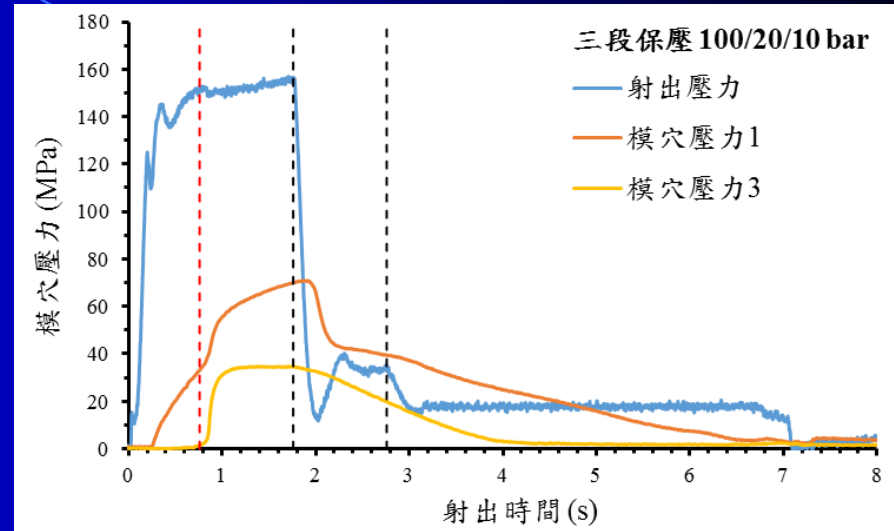


# 保壓階段之壓力、時間優化

## 分段保壓優化結果

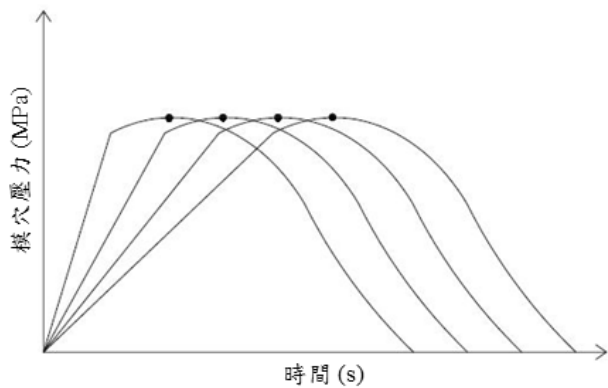
從D組更改第二、三段壓力 (第一段壓力 100 bar)

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

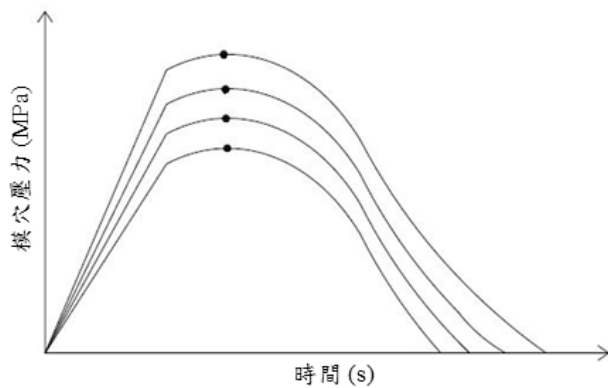




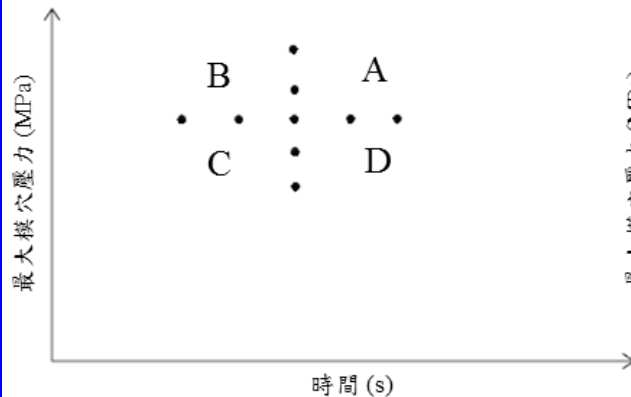
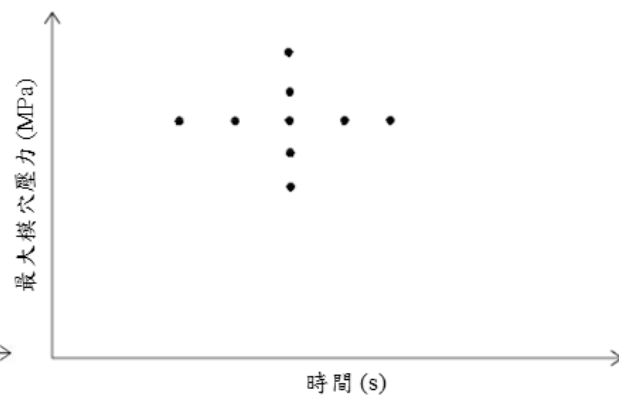
# 獲得強健參數



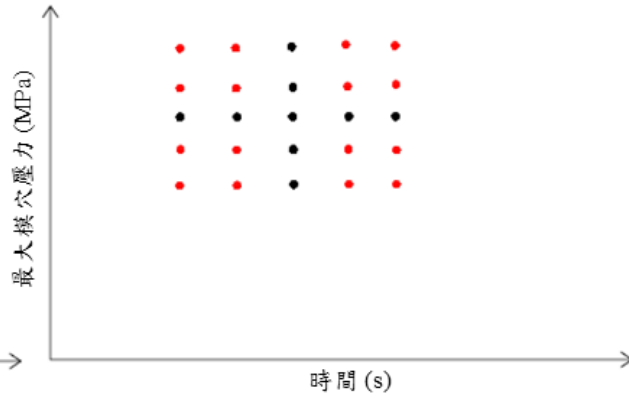
➔ 變更射出速度



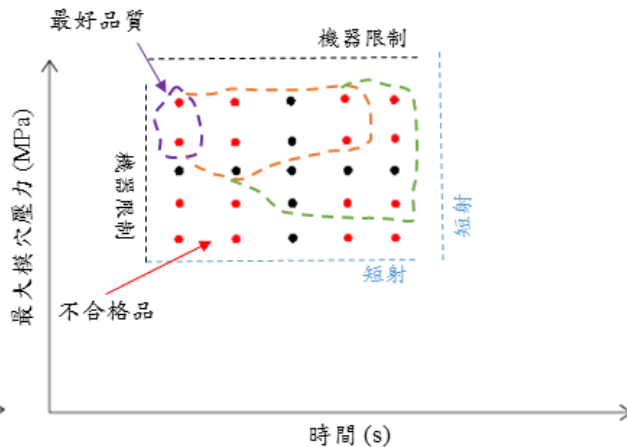
➔ 變更第一段保壓壓力



基準十字圖

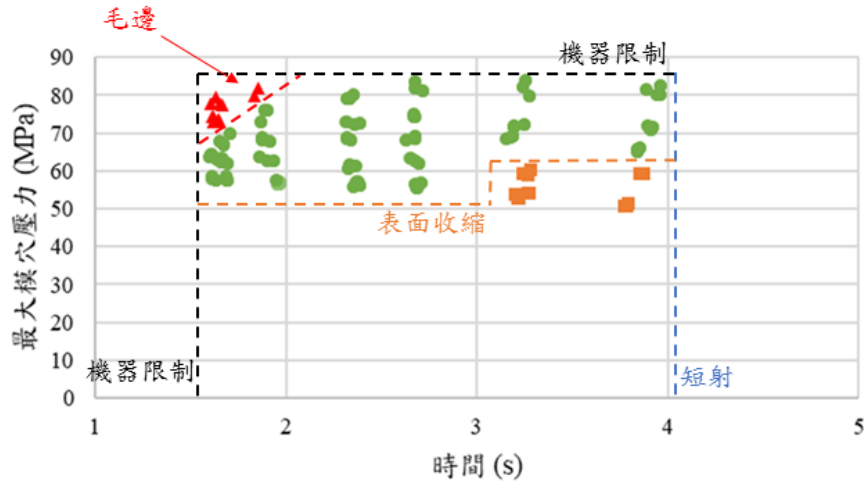


找出ABCD峰值點

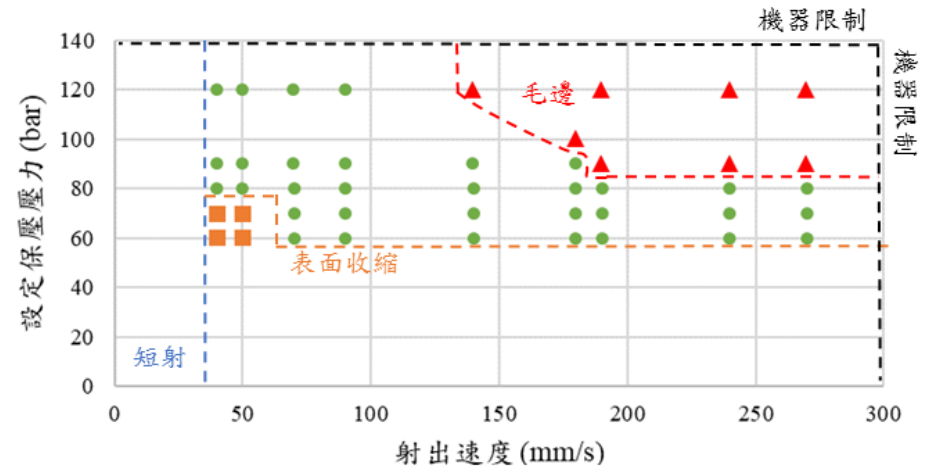


成品品質分布圖

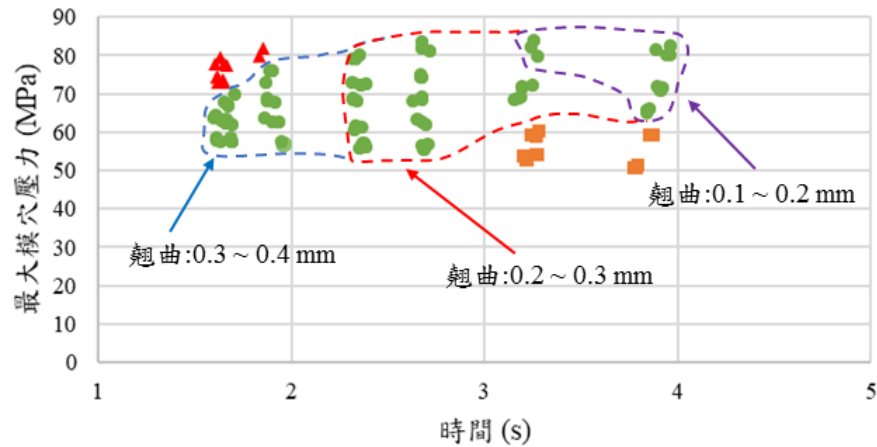
# 結論



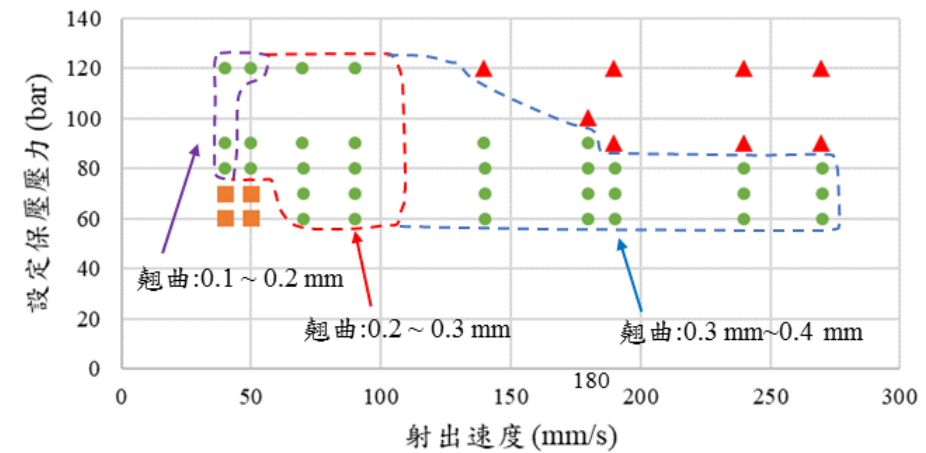
模穴壓力峰值操作窗



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