

成型條件的預估與優化技巧

大綱

- > 射出現場要懂得線圖
- > 條件預估與優化
 - 科學化電腦試模
 - 實驗設計法(DOE)

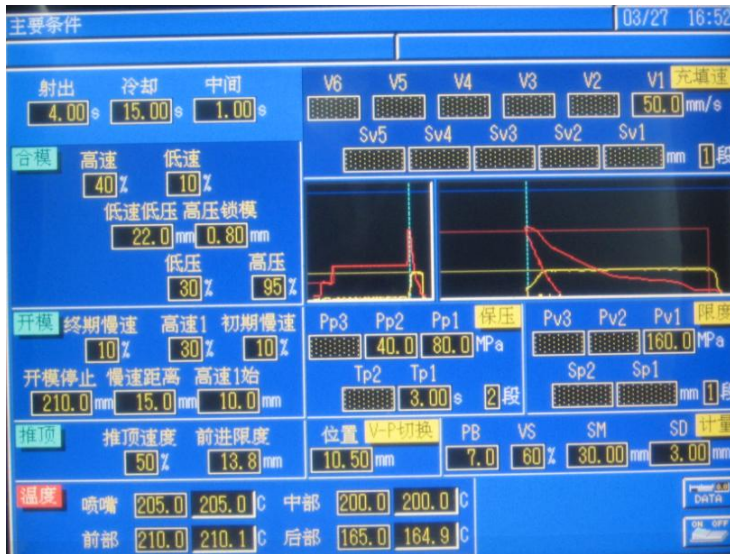
射出現場要懂得線圖

射出成型製程

- > 您對射出成型製程與加工參數瞭解嗎？
 - 何謂充填時間(filling time)?
 - 何謂射出速度(injection speed)?
 - 何謂射出速率(injection rate)?
 - 何謂射出壓力(injection pressure)?
 - 何謂保壓壓力(packing pressure)?
 - 何謂背壓(back pressure)?
 - VP切換點的具體意義為何?
 - 如何選擇適當的射出機台?射出量、鎖模力
 - 如何進行新模具的射出試模?
 - 如何設定最佳化的射出成型參數?多段切換
 -??

射出機台控制系統

控制單元(輸入面板)



驅動單元(油壓缸/電動馬達)

- 螺桿行程
 - ✓ 塑化計量穩定性
 - ✓ 射出線速度
 - ✓ VP切換...

射出單元(料管、螺桿、噴嘴...)

- 噴嘴料溫

模具單元(公母模、頂出、水路...)

- 模具溫度
- 模內感測...

鎖模單元(直壓/曲肘式)

- 開關模行程
- 鎖模力...

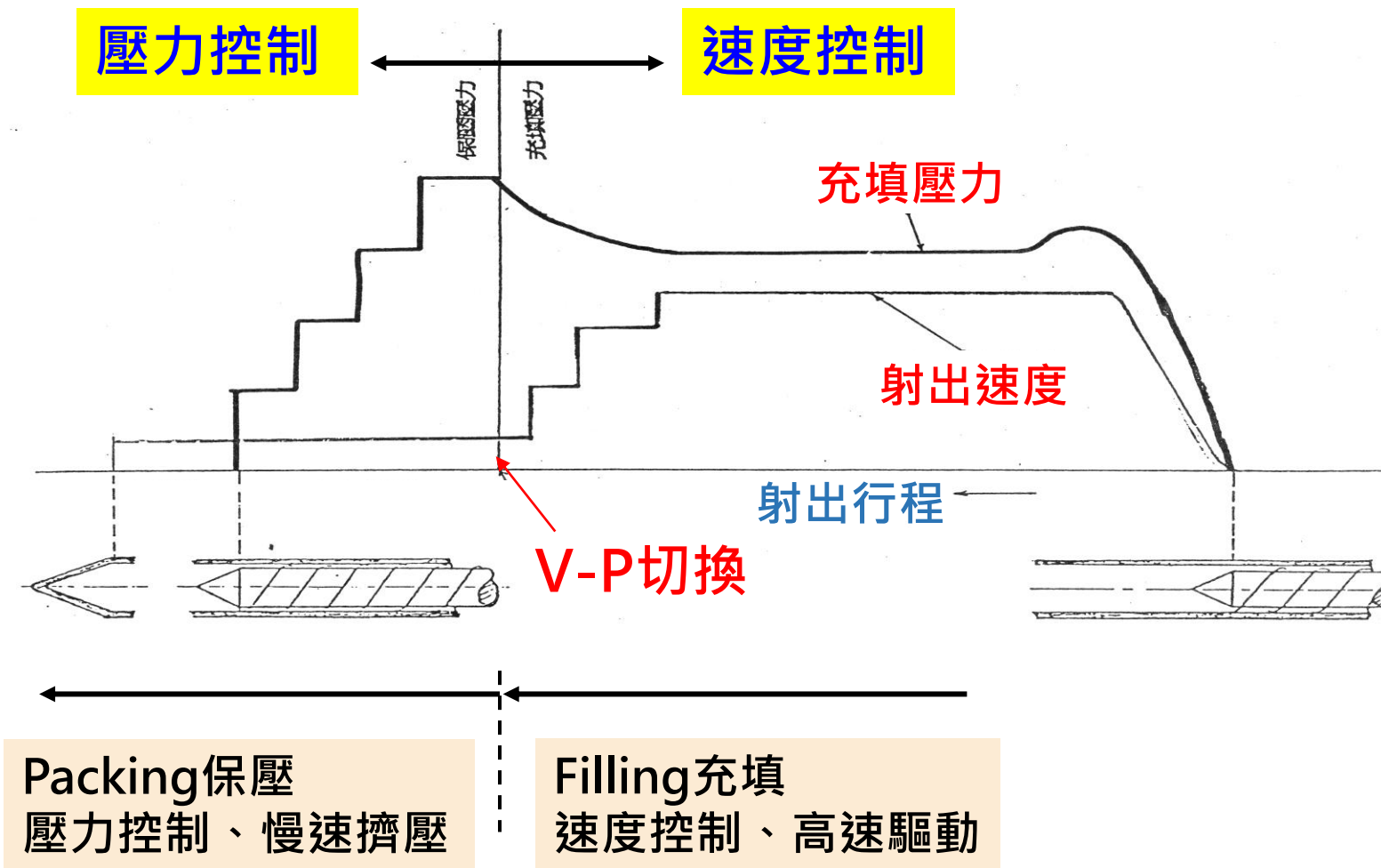
進料單元(料斗、烘料...)

- 含水率
- 黃化、脆化、結塊...

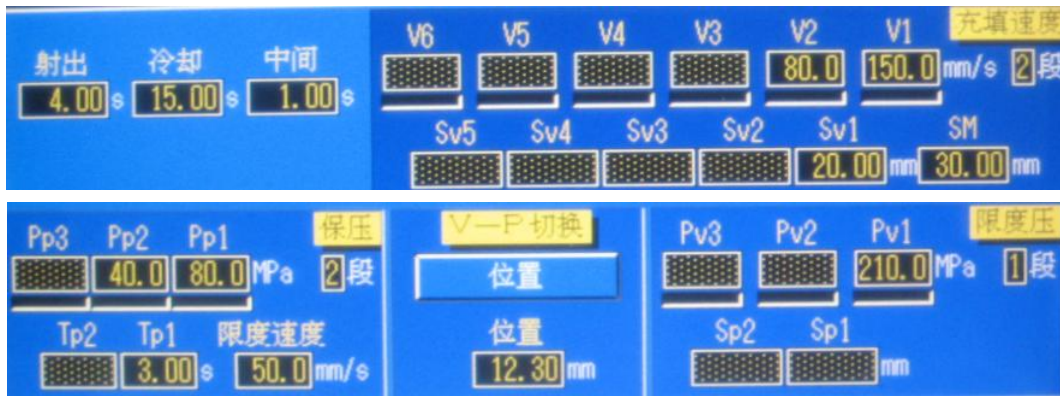
問題釐清

- > 在進入細節之前，必須釐清以下問題：
- > 如何設定加工條件以達到穩定的加工過程以及良好的產品品質？
 - 塑膠溫度？
 - 模具溫度？
 - 充填時間，流率，射出壓力？
 - 保壓壓力以及保壓時間？
 - 冷卻時間？

射速vs.射壓



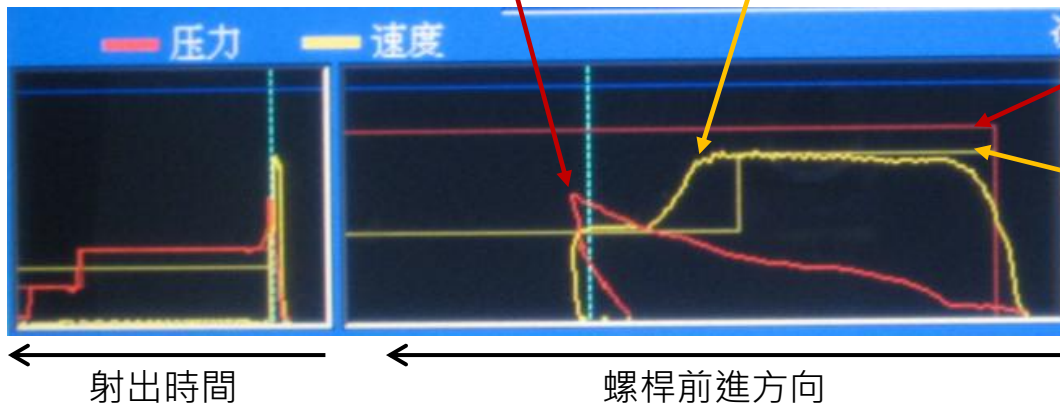
射速與射壓關係



1 模	最新值	
0.19	0.19 s	射出充填时间
34.47	34.47 mm	射出开始位置
12.28	12.29 mm	V-P 切换位置
129.6	130.5 MPa	射出充填峰压
132.1	134.6 MPa	射出最前进压
11.52	11.53 mm	射出最前进位置
13.07	13.10 mm	射出終了位置
28.64	28.68 s	周期时间

實際充填壓力，
峰壓約130 MPa

實際充填速度



射出壓力上限設定值Pv1: 210 MPa

充填速度設定值V1: 150 mm/s

科學化電腦試模

科學化電腦試模

> 運用科學化電腦試模方法，以理論基礎訂定成型條件初始值。

1. 產品資訊

產品尺寸	355.01x251.5x14.49 mm	產品肉厚	2.0 mm (0.5~2.5 mm)
產品體積	82.26 cc	冷流道體積	14.19 cc
材料	PC+ABS	材料型號	C6200 (SABIC)
料溫範圍	245~275℃	模溫範圍	60~80℃

2. 機台規格

製造商	FSC	鎖模力	280 Ton	螺桿直徑	44 mm
型號	HD-280QSV-44	射出量	314 g	最大螺桿行程	247 mm
最大射速	302 cc/s	最大射速	198 mm/s	最大射出壓力	218 MPa

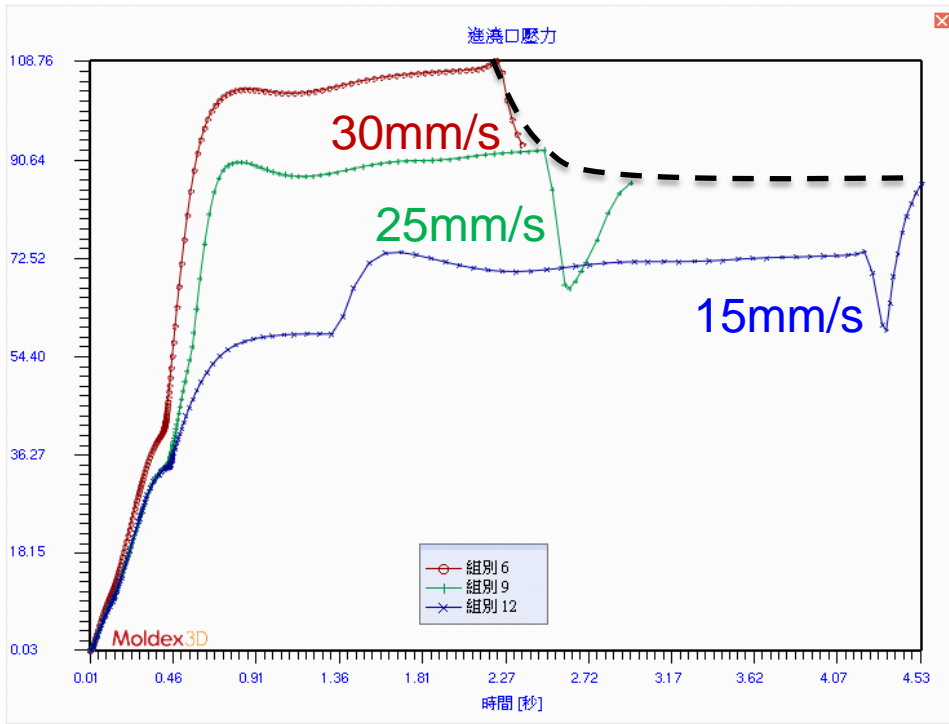
3. 加工條件

射出設定					
充填時間	Sec	註：充填時間以射出螺桿實際前進時間為準，不包括保壓時間			
段數	I	II	III	IV	V
速度					
壓力					
位置(mm)					(VP)
保壓設定					
保壓時間	Sec	保壓切換(VP)位置百分比			%
段數	I	II	III	IV	V
壓力(MPa)					
時間(Sec)					
射嘴					
塑料溫度(℃)		1	2	3	
模具溫度	<input type="checkbox"/> 公模 ℃ <input type="checkbox"/> 母模 ℃	冷卻時間		Sec	
冷卻液種類	<input type="checkbox"/> 水 <input type="checkbox"/> 油	成型週期		Sec	

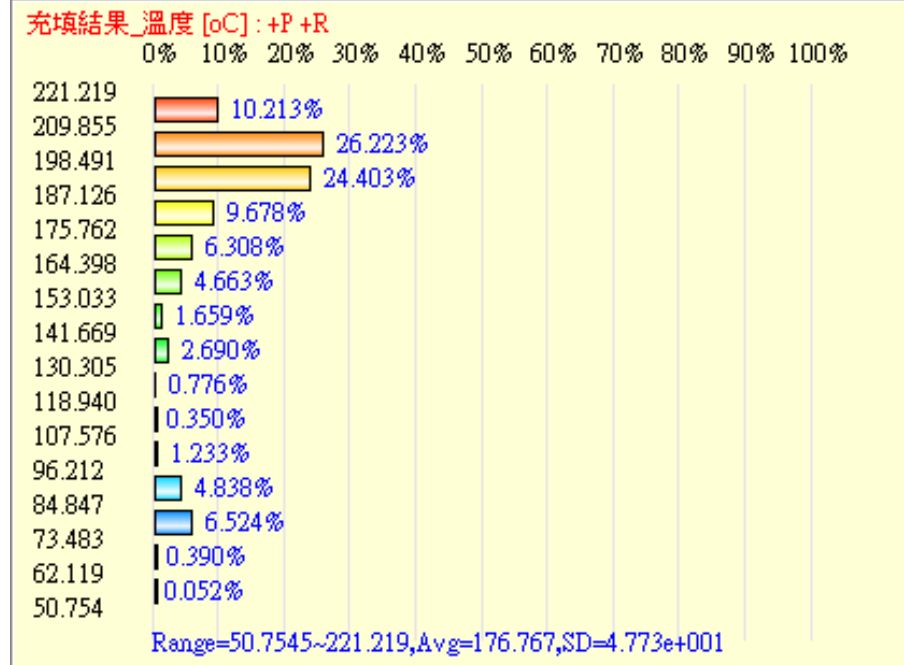
	參數
體積	產品體積,CC 冷流道體積,CC 熱流道體積,CC 塑化體積,CC
機台	螺桿直徑,mm 螺桿截面積,cm ² 最大射壓,MPa
產品設計	澆口肉厚,mm 產品平均肉厚, mm 產品最大肉厚, mm
成型條件	射速...
材料	密度...

充填時間 U型曲線

進澆口壓力曲線比較



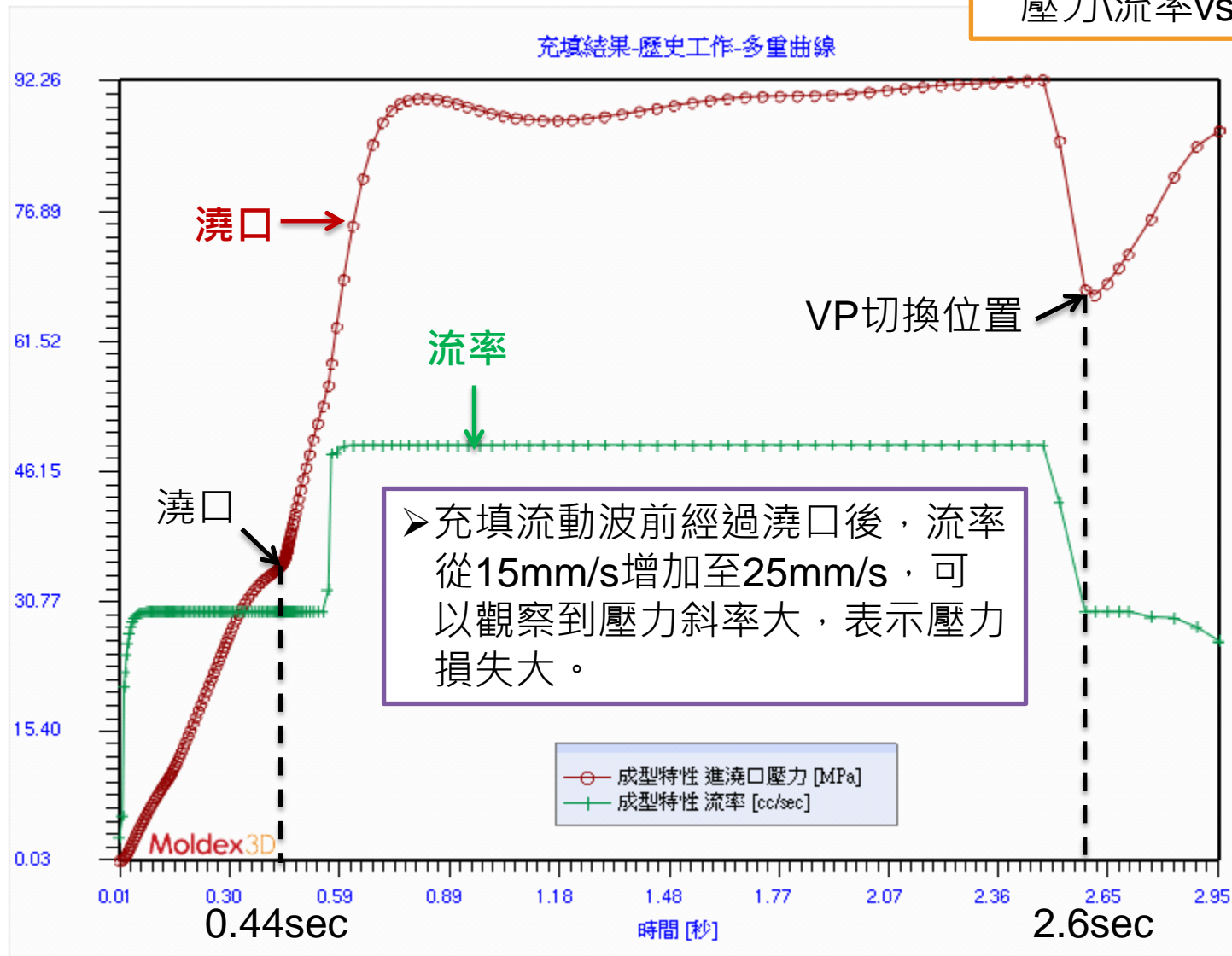
射速15mm/s充填溫度分布



- 速度越慢，壓損越低，在射速15mm/s射出壓力最小。
- 充填溫度分布50~221°C，設定的料溫190°C，塑料溫度未達材料加工溫度上限230°C。
- 因此最終速度選擇15mm/s，充填時間約2.6sec。

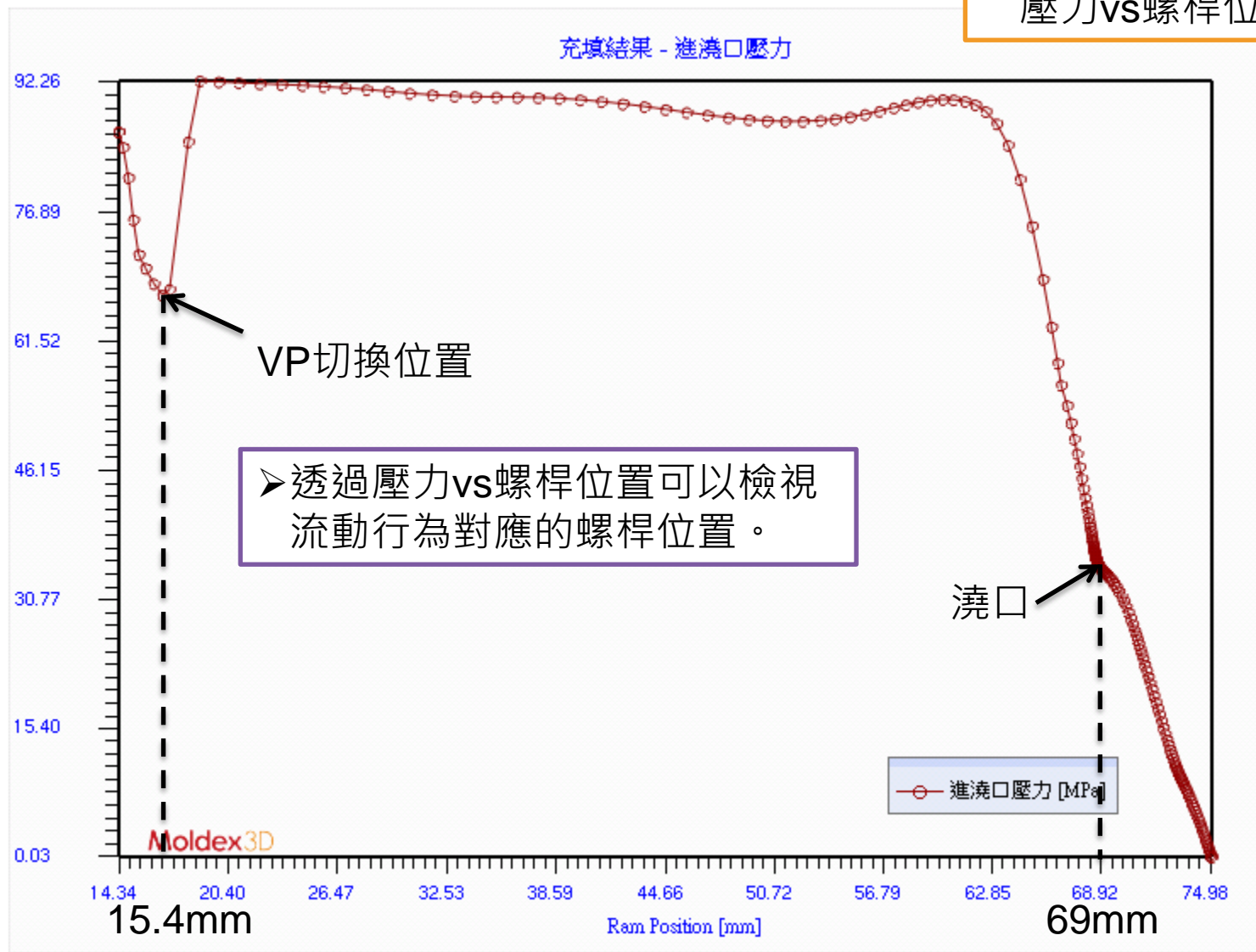
充填結果 進澆口壓力\流率曲線

壓力\流率vs時間



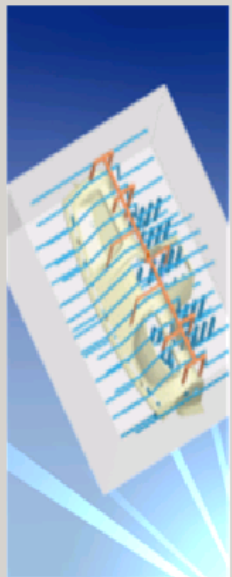
充填結果 進澆口壓力曲線

壓力vs螺桿位置



最終成型條件

Project Settings | **Filling/Packing Settings** | Cooling Settings | Summary



Filling setting
 Stroke time : 4.17069 sec
 Flow rate profile (4)...
 Injection pressure profile (1)...

VP switch-over
 By volume(%) filled as 98 %

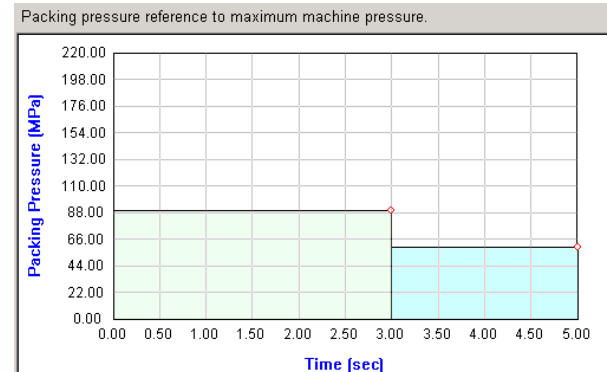
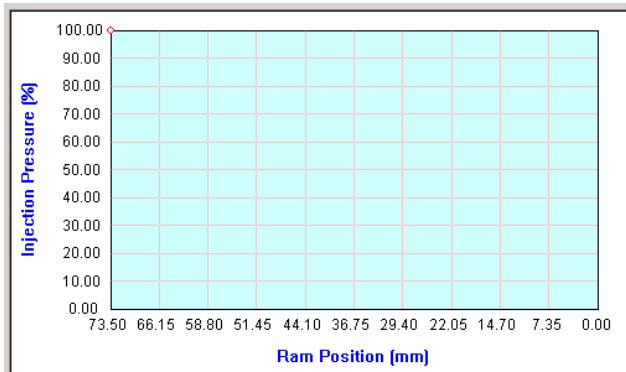
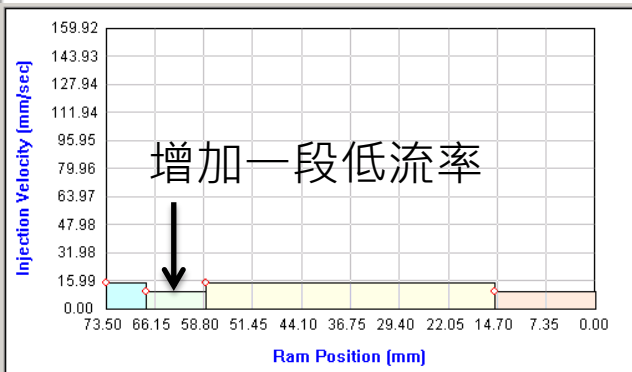
Packing setting
 Packing time : 5 sec
 Packing pressure refers to machine pressure
 Packing pressure profile (2)...

Melt Temperature	200	oC
Mold Temperature	60	oC

Advanced Setting...

- 多段流率：三段流率→**四段流率**。
- 在進入澆口前降低流率，避免在澆口處較大的壓力損失及剪切現象。
- 緩衝區抓螺桿直徑1/4為12.5mm，螺桿前進距離約**61mm**，計量位置為**73.5**，再抓流道、澆口每段距離。

Air Temperature	25	oC
Eject Temperature	89.85	oC
Cooling Time	10	sec
Mold-Open Time	5	sec



Section	Section-1	Section-2	Section-3	Section-4	
Ram Position (mm)	73.5	67.5	58.5	15	0
Injection Velocity (mm/sec)	15	10	15	10	10

Max. pressure = 220.00 MPa, Max. flow rate = 314.00 cm³/sec

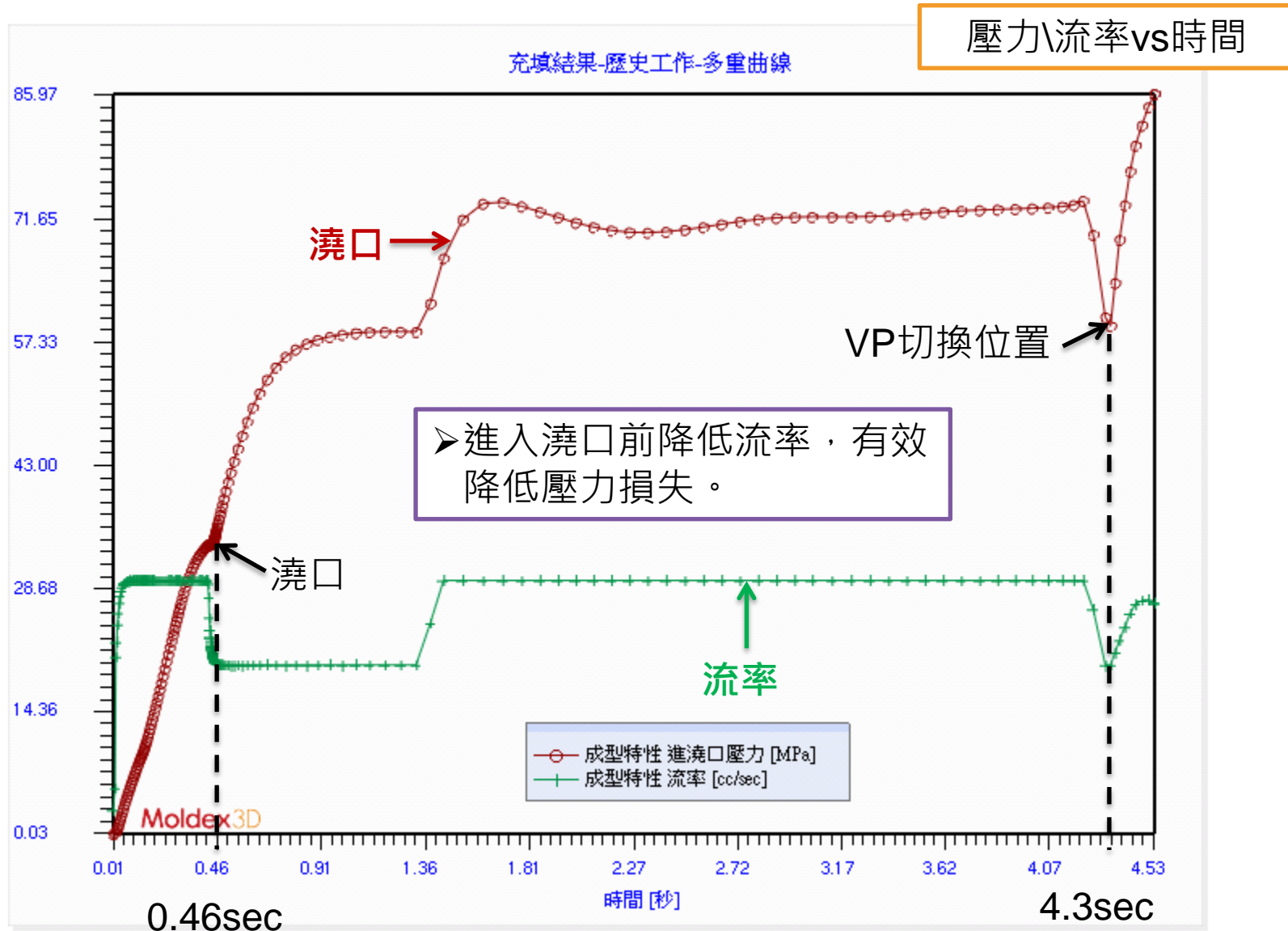
Section	Section-1	
Ram Position (mm)	73.5	0
Injection Pressure (%)	100	100

Max. pressure = 220.00 MPa, Max. flow rate = 314.00 cm³/sec

Section	Section-1	Section-2
Time (sec)	3	5
Packing Pressure (MPa)	90	60

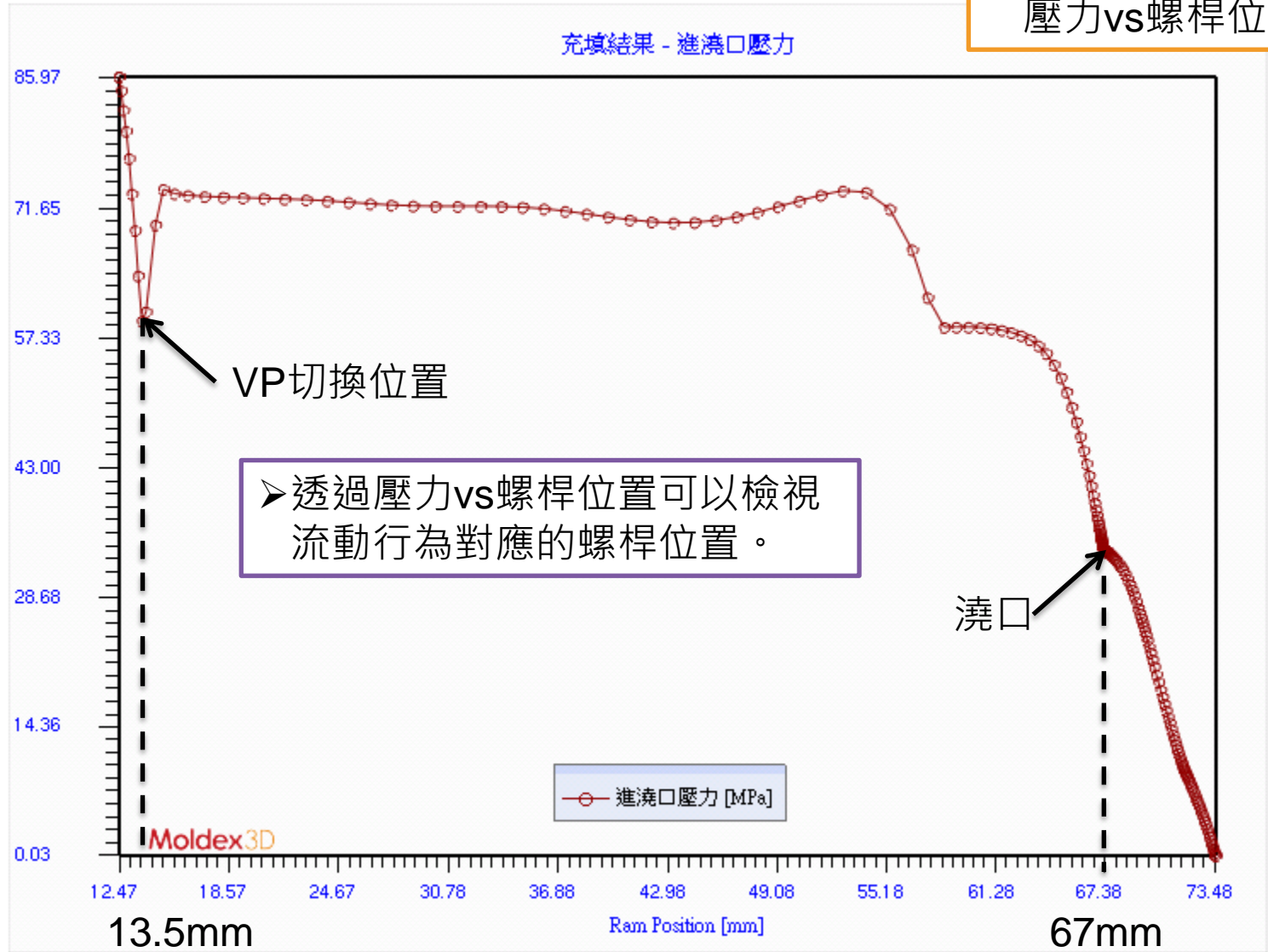
Max. pressure = 220.00 MPa

充填結果 進澆口壓力\流率曲線

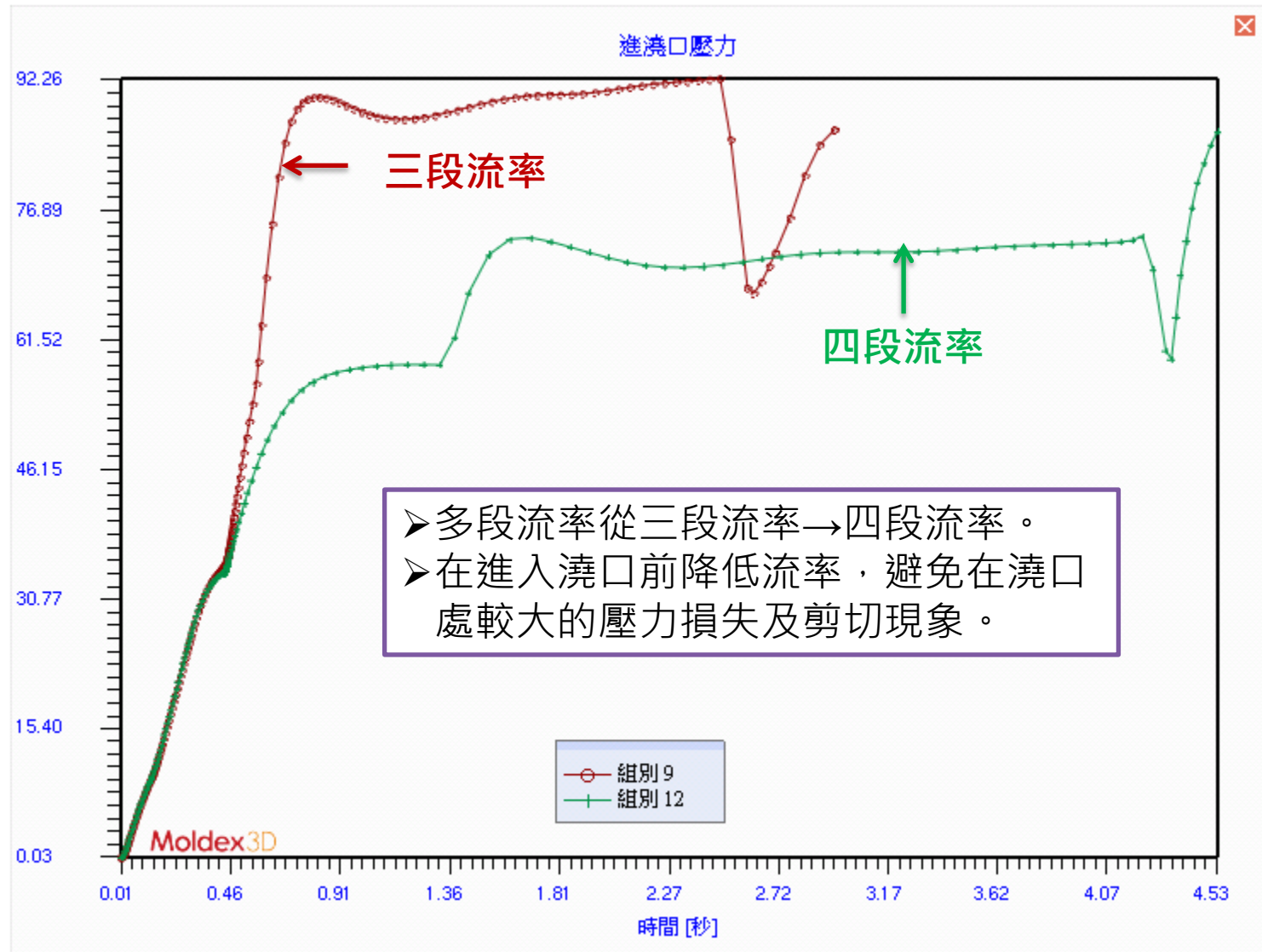


充填結果 進澆口壓力曲線

壓力vs螺桿位置



充填結果 進澆口壓力曲線



科學化電腦試模

> 充填設定邏輯

- 依據科學化電腦試模方式，設定充填速度為**64mm/s**為初始值。
- 充填速度
分析從高速**64mm/s**到低速**15mm/s**發現，速度越慢，壓損越低，且較小剪切升熱，因此**最終速度選擇15mm/s**，**充填時間約4.17sec**。
- 螺桿位置
緩衝區抓螺桿直徑1/4為**12.5mm**，**螺桿前進距離約61mm**，**計量位置為73.5**，再抓流道、澆口每段距離。
- 充填壓力
充填主產品射壓約**70MPa**，充填結束末端射壓約**85MPa**，因此**現場設定射壓大於70及85MPa**即可。

科學化電腦試模

- > VP切換位置
 - VP切換位置為產品**充填體積至98%**時為**13.5 mm**。
- > 保壓設定邏輯
 - 保壓時間
澆口固化時間約**5sec**，為有效保壓時間。
 - 保壓壓力
參考充填結束壓力**85MPa**。
- > 冷卻設定邏輯
 - 冷卻時間
整體體積**99%**所需的冷卻時間為**19sec**，扣除充填時間及保壓時間，**冷卻時間為10sec**。
- > **週期時間**為充填時間**4sec**+保壓時間**9sec**+冷卻時間**10sec**，共**19sec**，不含開關模時間。

模流分析建議之成型條件參數輸入

- > 按照模流分析建議之成型條件參數輸入現場控制界面。
- > 保壓條件：1st段高壓900 kgf/c、2nd段600 kgf/c。
- > 高保壓壓力快速推擠料進入模穴，因此殘料=0，產品有毛邊。

The screenshot displays a control panel with several data tables and input fields:

實時表示		位置實績		壓力、力實績		時間實績	
螺桿位置	78.50 mm	射出前位置	78.50 mm	充填最高壓	617 kgf/c	周期時間	95.2 sec
射出壓	- 19 kgf/c	VP切換位置	13.50 mm	全域最高壓	901 kgf/c	射出時間	4.67 sec
螺桿回轉	0 rpm	殘量位置	0.00 mm	PACK壓	510 kgf/c	計量時間	9.43 sec
計量力	- 0.5 %	保壓完位置	0.00 mm	鎖模力最高	156 tf	射出制御 [速度] 保壓制御	
鎖模力	0 tf	計量前位置	1.84 mm	保壓完鎖模	142 tf	VP實際 [位置] 條件 Z-Sc	
						反轉動作 [切] 省電	

速度	30.0 mm/s	瞬速方式	前端切	時間	13.00 sec	5速4壓
4th						
3rd						
2nd	5.00	標準	位置	13.50	15.00	58.50
1st	3.00	瞬速方式	速度	10.0	15.0	10.0
時間切	切	標準	壓力	1500	1500	1500
壓力	0		1st stg			
			2nd			
後退速度切	切		計量			
			位置	40.00	60.00	73.50
			背壓	20	20	20
			回轉	90	90	70
			除壓			20.0
			用			延遲 切

Item	Value	Unit
Cooling method	General	-
Initial mold temperature	60	oC
Air Temperature	25	oC
Eject Temperature	89.85	oC
Cooling Time	10	sec
Mold-Open Time	5	sec
Mold preheat	Setting	

Section	Section-1	Section-2	Section-3	Section-4	
Ram Position (mm)	73.5	67.5	58.5	15	0
Injection Velocity (mm/sec)	15	10	15	10	10

Section		Section-1	Section-2
Time (sec)	0	3	5
Packing Pressure (MPa)	90	90	60

Max. pressure = 220.00 MPa

The screenshot shows a temperature profile for the molding process:

- 運轉方式: 成形
- 昇溫完了
- 區段: 5, 4, 3, 2, 1, 0
- 實際值 (°C): 200.0, 200.0, 189.9, 185.0, 180.2, 180.6
- 下料口: 41.8
- 主設定 (°C): 200.0, 200.0, 190.0, 185.0, 180.0, 180.0, 40.0

現場試模比較

現場調整前



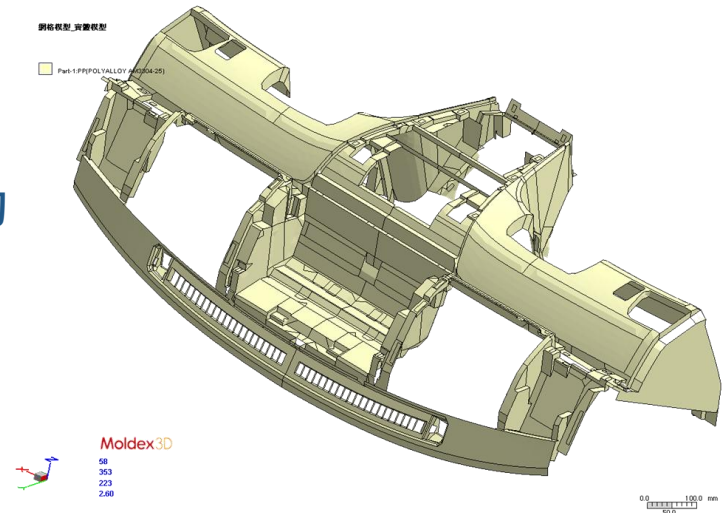
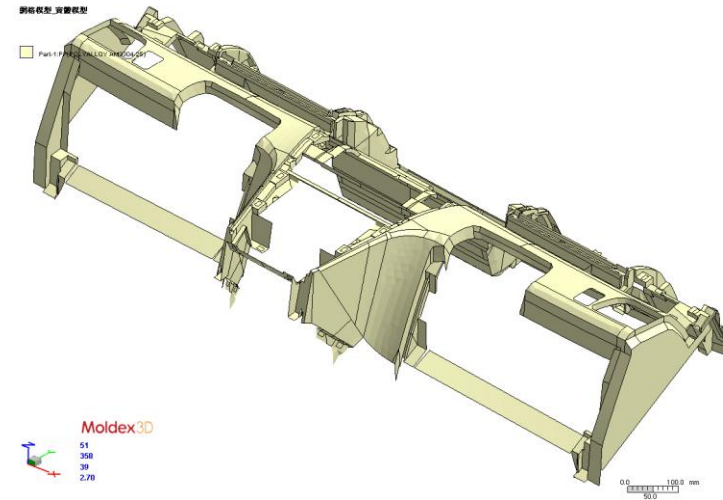
現場調整後



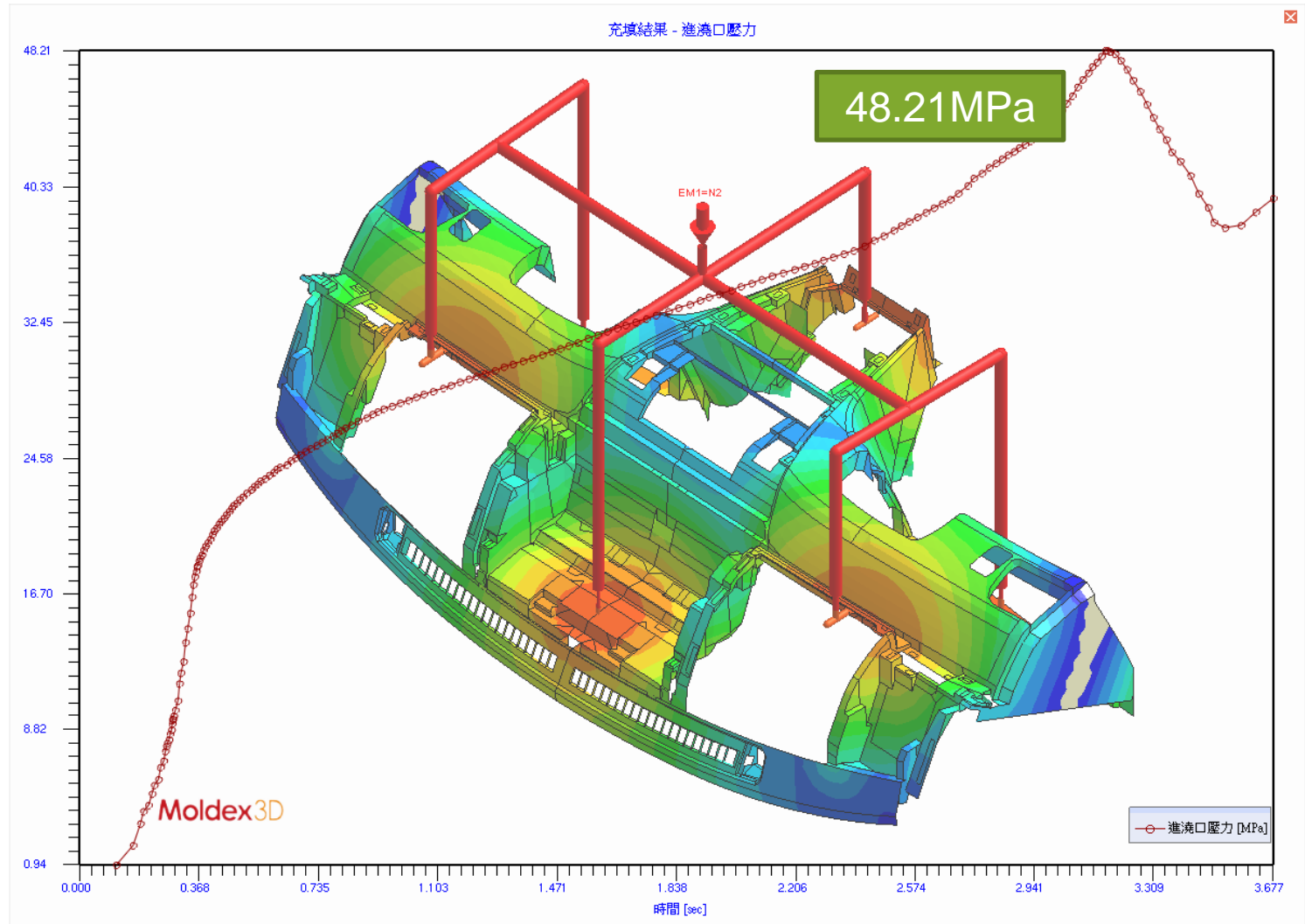
實驗計劃法 (Design of Experiment, DOE)

模型資訊

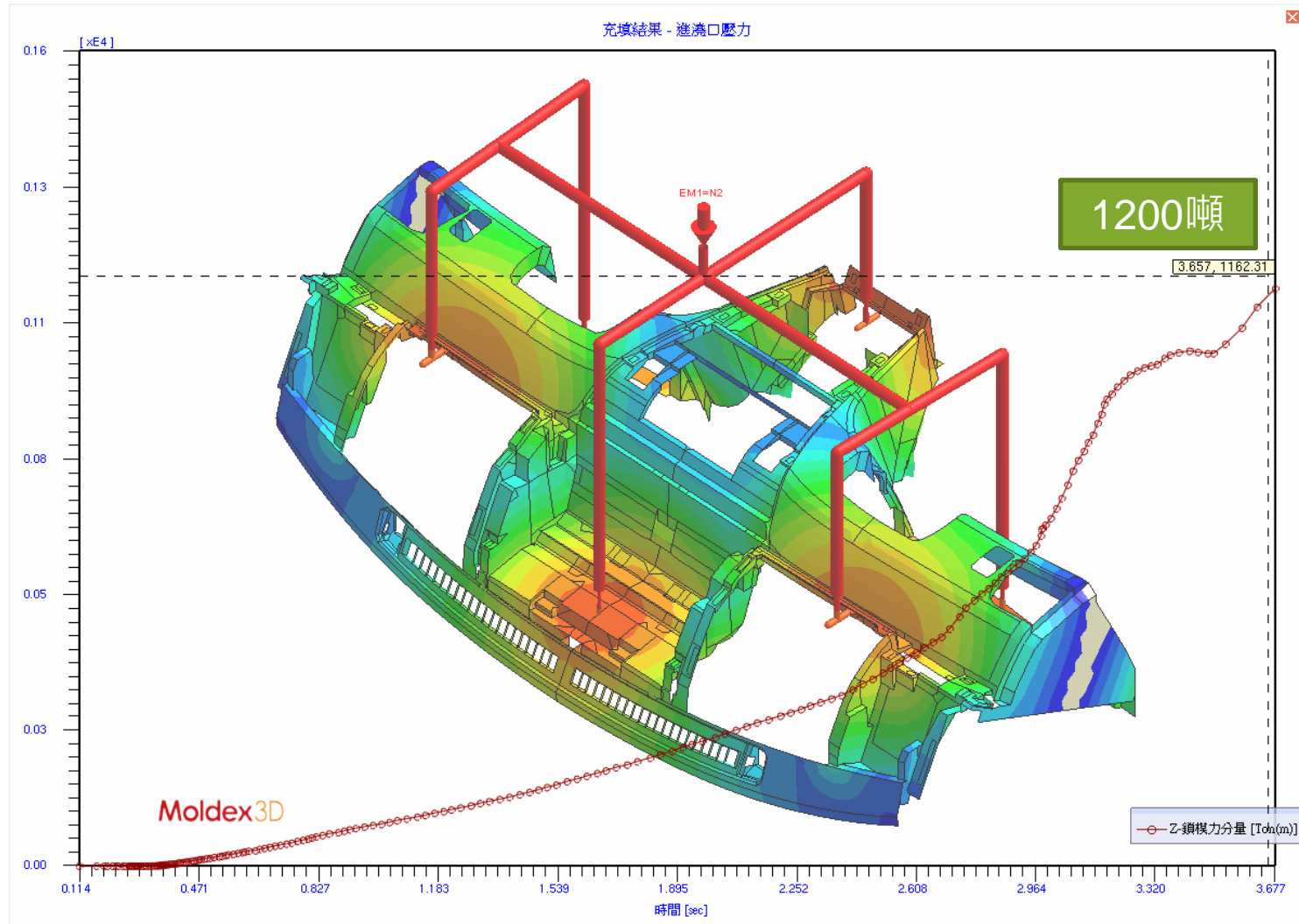
- > 產品模型：車用儀錶板
- > 產品體積：3530 (cc)
- > 產品尺寸：1423×721×397 (mm)
- > 材料：PP(POLYALLOY AM3304-25)
- > 成型參數
 - 射出時間：3.5 (sec)
 - 熔膠溫度：225 (°C)
 - 模具溫度：60 (°C)
- > 問題敘述：
 - 一模一穴設計
 - 成型時所需成型壓力過大，導致鎖模力需求超過1200噸
- > 品質因子：進澆口壓力值



進澆口壓力歷程曲線分布

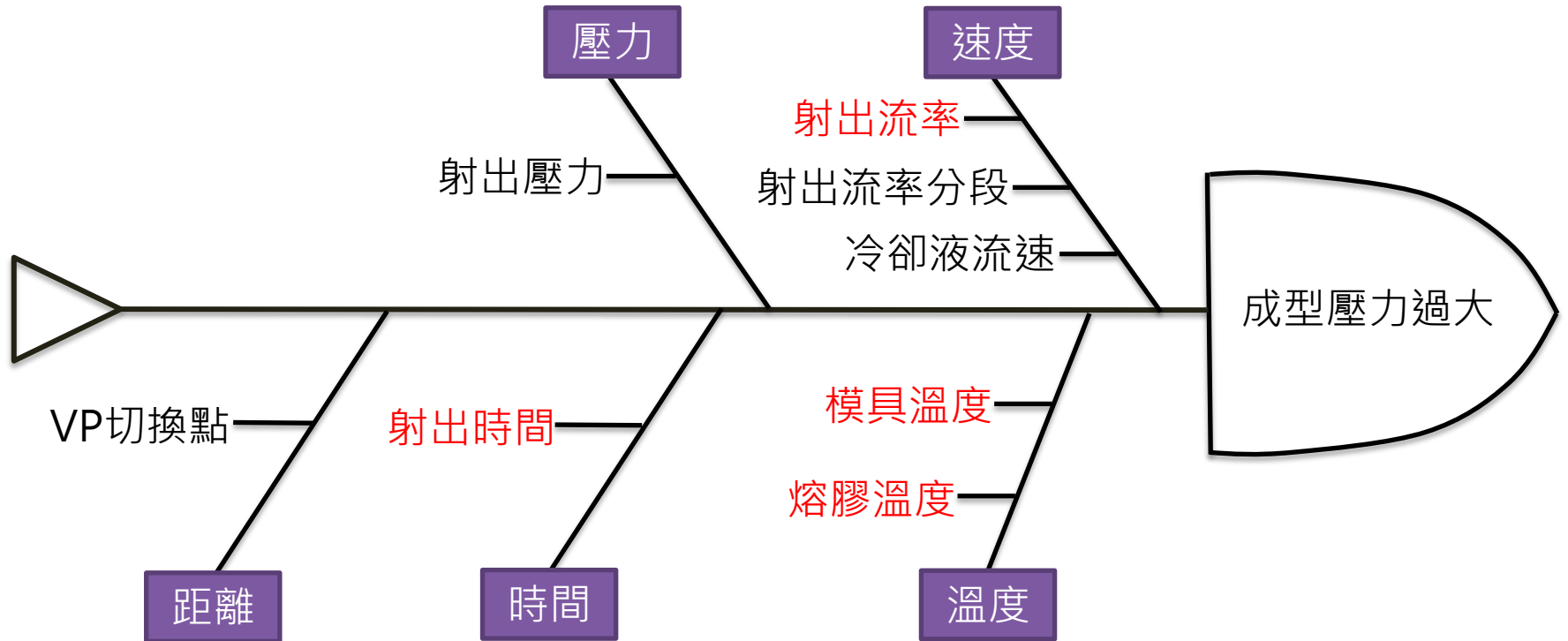


鎖模力歷程曲線分布



選擇因子和水準

> 魚骨圖解析(製程參數-可控制)



成型所需壓力值會與塑料的黏度成正比，而黏度為溫度與剪切率的函數，因此選擇溫度與速度相關的控制因子較為恰當。

選擇因子和水準

控制因子 \ 水準值	水準一 (LV1)	水準二 (LV2)	水準三 (LV3)
射出時間 (sec)	2.5	3.5	4.5
熔膠溫度 (°C)	200	225	250
模具溫度 (°C)	40	60	80
最大射出速率 (%)	50	75	100

- 成型機台選擇上期望落在1000噸可以成型，因此射出時間的水準範圍選擇上需考量合適的射出速度。
- 而熔膠溫度與模具溫度水準選定上期望取得較大的視窗空間，因此以塑料的溫度建議範圍為選擇依據。
- 共有四個控制因子以及各三個水準值，因此在直交表選擇上選擇L9為所使用的直交表

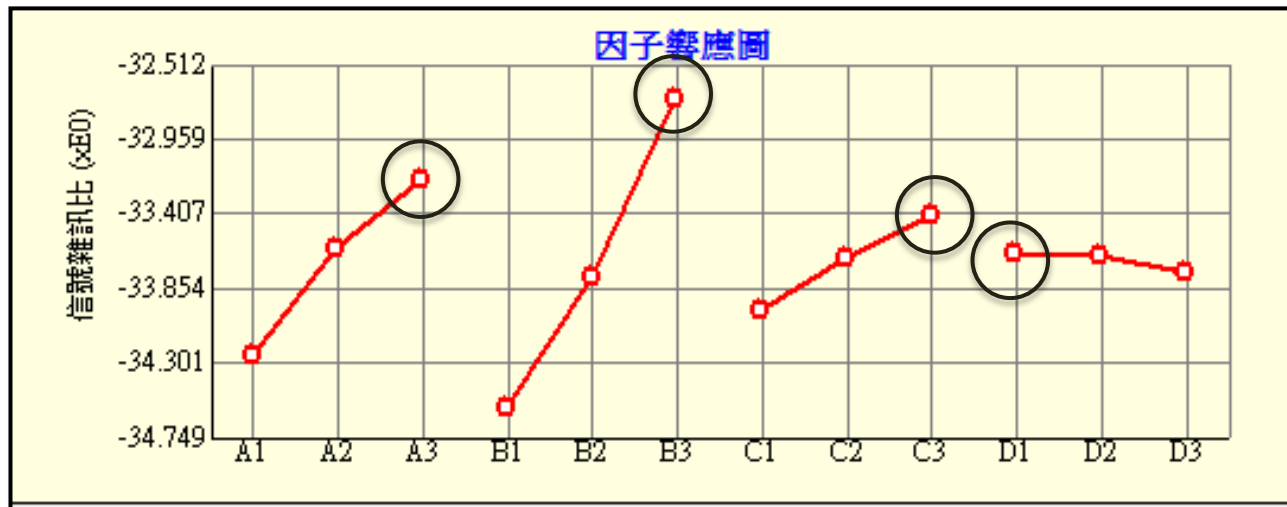
組別分析數據

組別	A 射出時間 (sec)	B 熔膠溫度 (°C)	C 模具溫度 (°C)	D 最大射出速率 (%)	進澆口壓力值 (MPa)
1	2.5	200	40	50	58.69
2	2.5	225	60	75	51.79
3	2.5	250	80	100	44.99
4	3.5	200	60	100	53.34
5	3.5	225	80	50	46.64
6	3.5	250	40	75	44.06
7	4.5	200	80	75	48.84
8	4.5	225	40	100	48.13
9	4.5	250	60	50	40.51

信號雜訊比響應 因子效應與響應圖

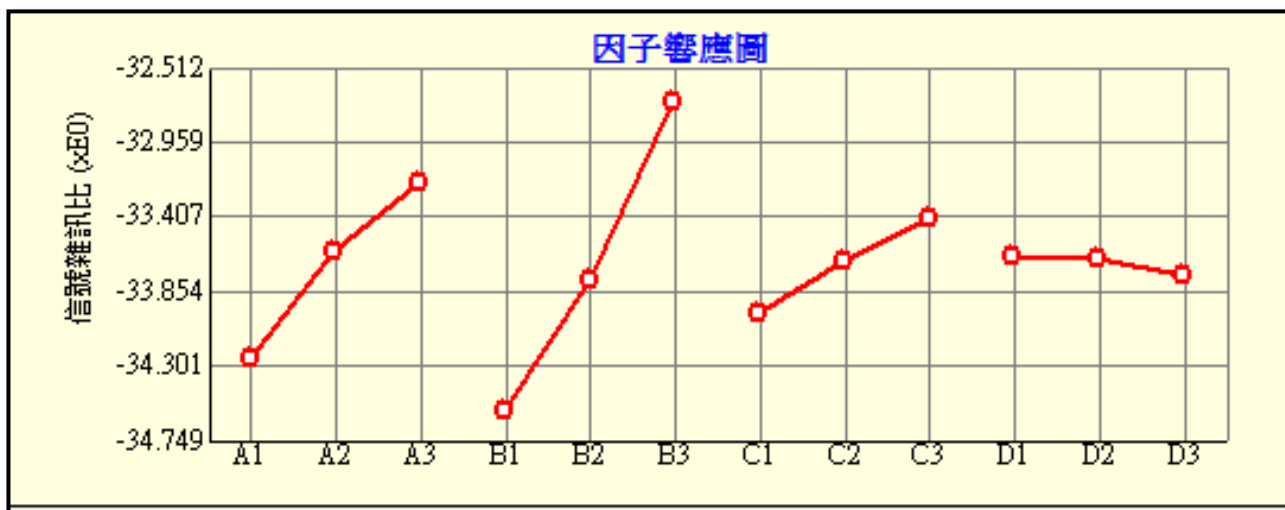
水準值	A 射出時間 (sec)	B 熔膠溫度 (°C)	C 模具溫度 (°C)	D 最大射出速率 (%)
1	-34.24	-34.56	-33.97	-33.63
2	-33.60	-33.77	-33.66	-33.65
3	-33.19	-32.70	-33.40	-33.75
Effect	1.05	1.86	0.56	0.11
Best LV	3	3	3	1

最佳組別：A₃B₃C₃D₁



信號雜訊比響應 因子效應與響應圖(ANOVA)

水準值	SS(Sum of Squares)	DOF	Variance	Contribution (%)
1	1.68	2	0.84	22.55
2	5.25	2	2.63	70.69
3	0.48	2	0.24	6.43
4	0.02	2	0.01	0.33
Error	0	0	0	0
Total	7.43	8		



最佳化組別

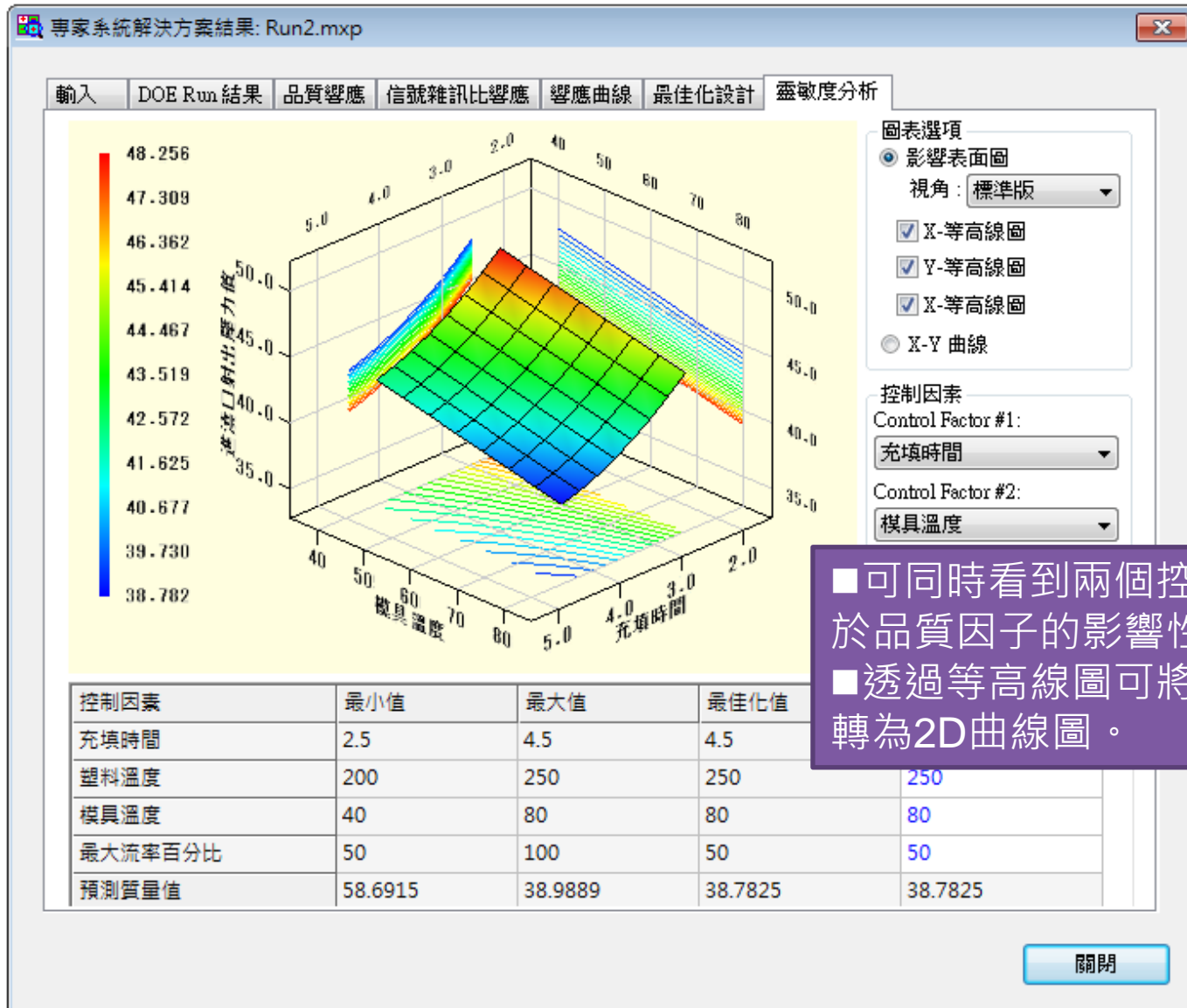
組別	A 射出時間 (sec)	B 熔膠溫度 (°C)	C 模具溫度 (°C)	D 最大射出速率 (%)	進澆口壓力值 (MPa)
1	2.5	200	40	50	58.69
2	2.5	225	60	75	51.79
3	2.5	250	80	100	44.99
4	3.5	200	60	100	53.34
5	3.5	225	80	50	46.64
6	3.5	250	40	75	44.06
7	4.5	200	80	75	48.84
8	4.5	225	40	100	48.13
9	4.5	250	60	50	40.51
Best	4.5	250	80	50	39.28

組別比較

組別	A 射出時間 (sec)	B 熔膠溫度 (°C)	C 模具溫度 (°C)	D 最大射出速率 (%)	進澆口壓力值 (MPa)
原始組別	3.5	225	60	100	48.21
最佳組別	4.5	250	80	50	39.28

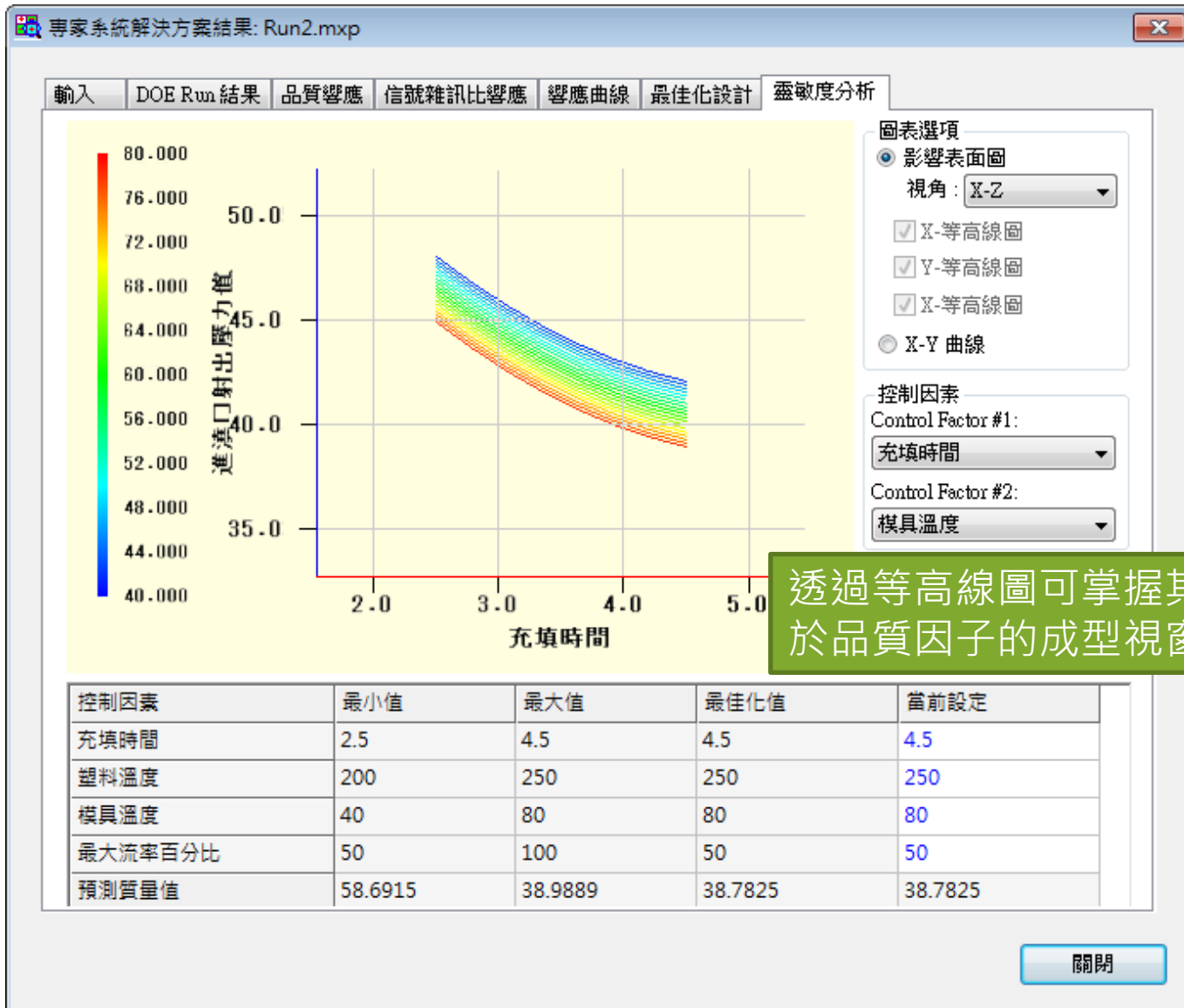
改善18.5%!!

靈敏度分析



- 可同時看到兩個控制因子對於品質因子的影響性。
- 透過等高線圖可將響應曲面轉為2D曲線圖。

靈敏度分析



靈敏度分析

控制因素	最小值	最大值	最佳化值	當前設定
充填時間	2.5	4.5	4.5	3.2
塑料溫度	200	250	250	235
模具溫度	40	80	80	75
最大流率百分比	50	100	50	75
預測質量值	58.6915	38.9889	38.7825	45.4974

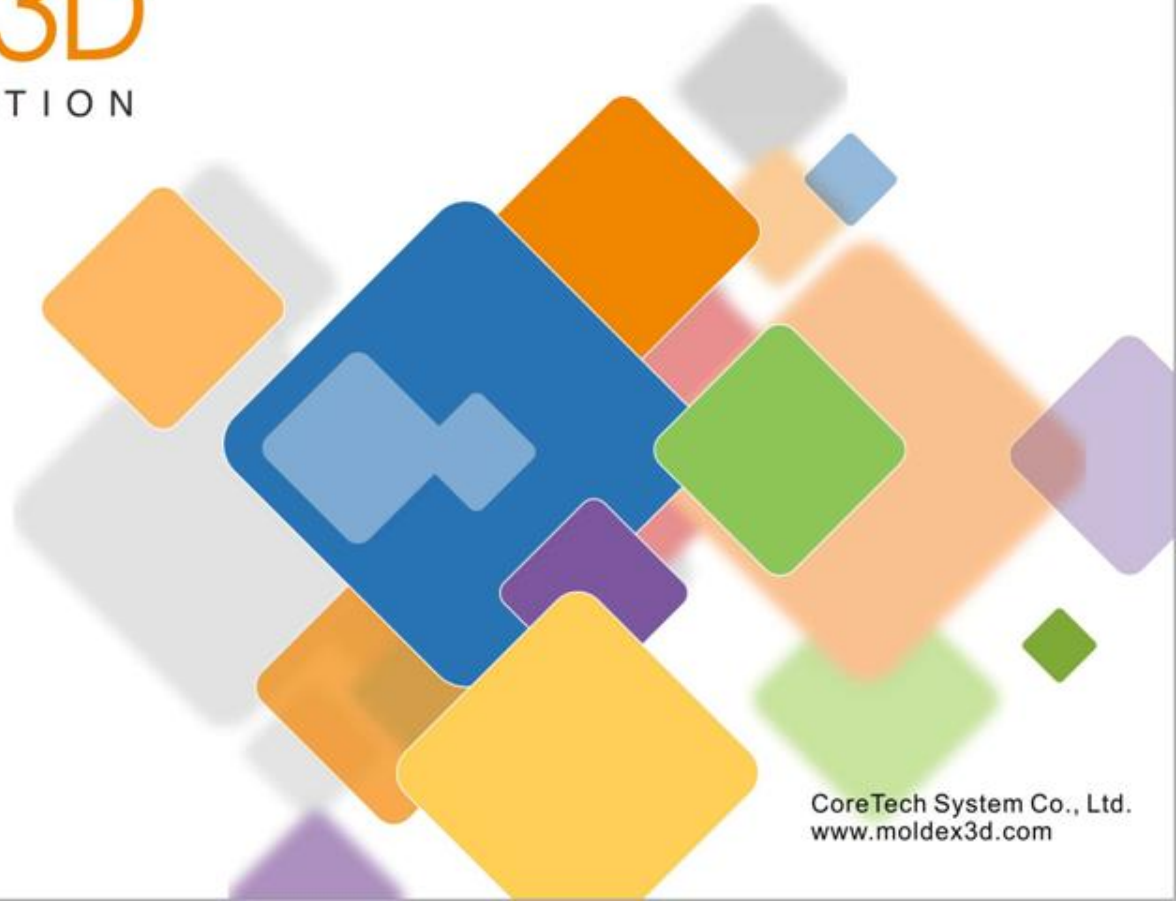
修改當前參數設定可預測出該設定下的預測品質結果

控制因素	最小值	最大值	最佳化值	當前設定
充填時間	2.5	4.5	4.5	3.8
塑料溫度	200	250	250	245
模具溫度	40	80	80	65
最大流率百分比	50	100	50	50
預測質量值	58.6915	38.9889	38.7825	42.6413



Moldex3D

MOLDING INNOVATION



CoreTech System Co., Ltd.
www.moldex3d.com