

# 塑膠光學元件形變與質變 問題解析與對策

# 大綱

---

- > 何謂形變、質變
- > 形變、質變之檢測
- > 塑膠光學元件常見問題
  - 實際案例分享

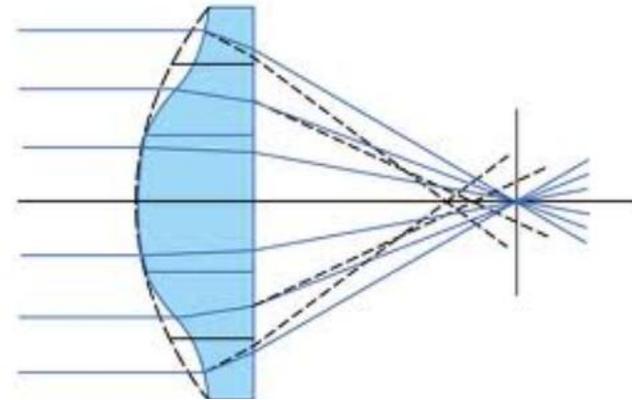
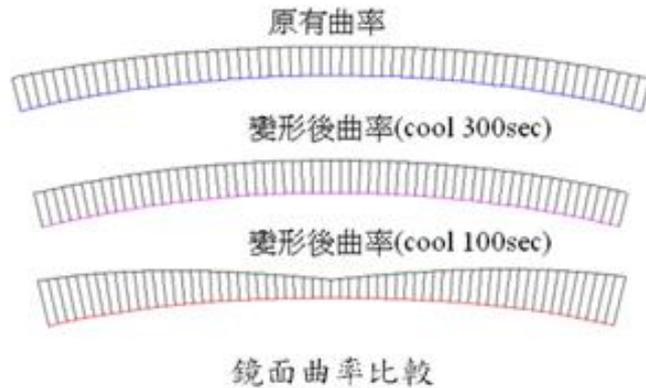
# 何謂形變、質變



形變容易被觀察被檢驗，質變不易被觀察被檢驗

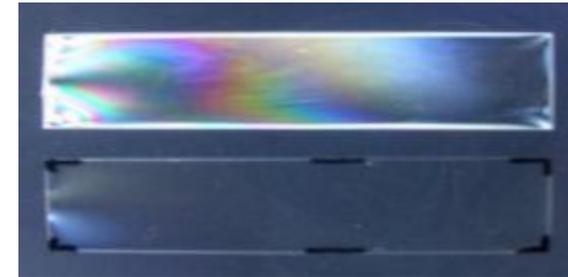
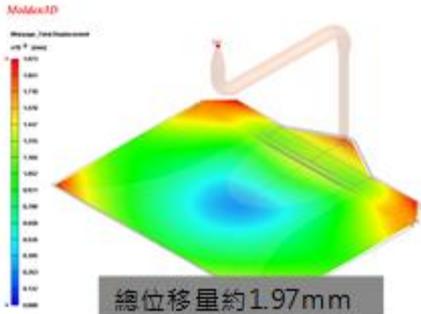
# 何謂形變、質變

> **形變**：幾何變形，容易被掌控，外在因素(曲率、尺度、轉寫性)



> **質變**：內在影響，不容易被掌控，內在因素(密度、應力、折射)

# 光學產品形變與質變解析



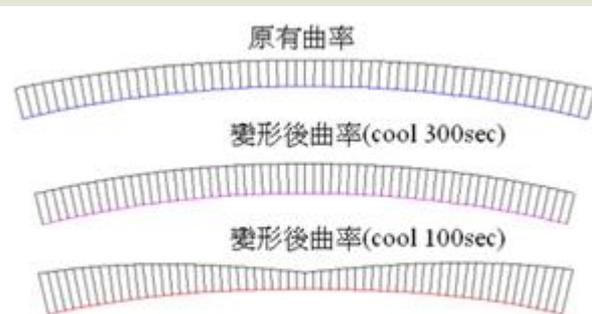
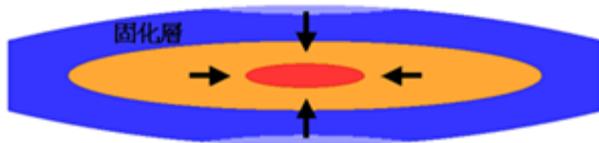
## 翹曲變形

- 體積收縮差異
  - 產品肉厚不均
- 熱收縮差異
  - 溫度分布不均
- 配向性差異
  - 玻纖配向等

## 殘留應力

- 雙折射
  - 光學特性變異
- 成型品不合格
  - 裂痕或斷裂
  - 應力過高
- 後變形
  - 應力釋放

## 形變與質變



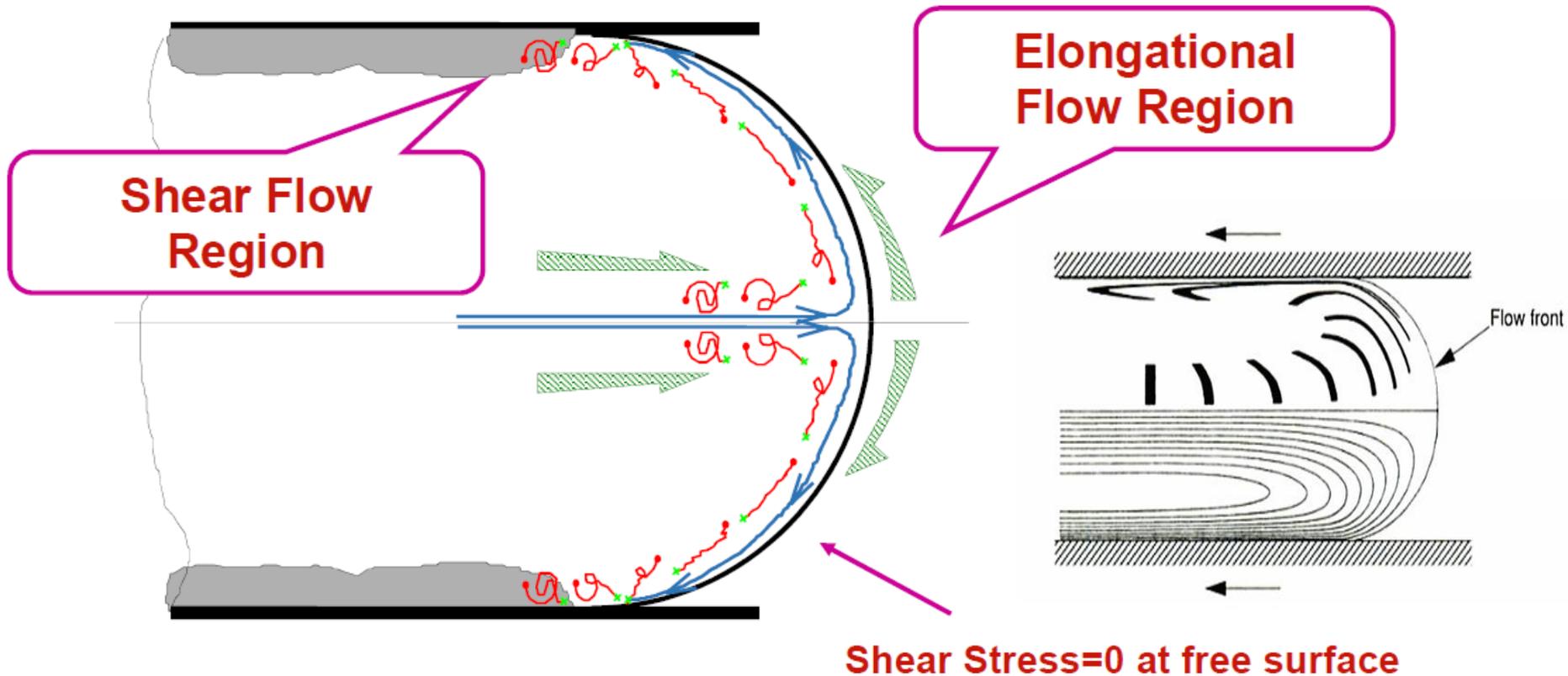
鏡面曲率比較



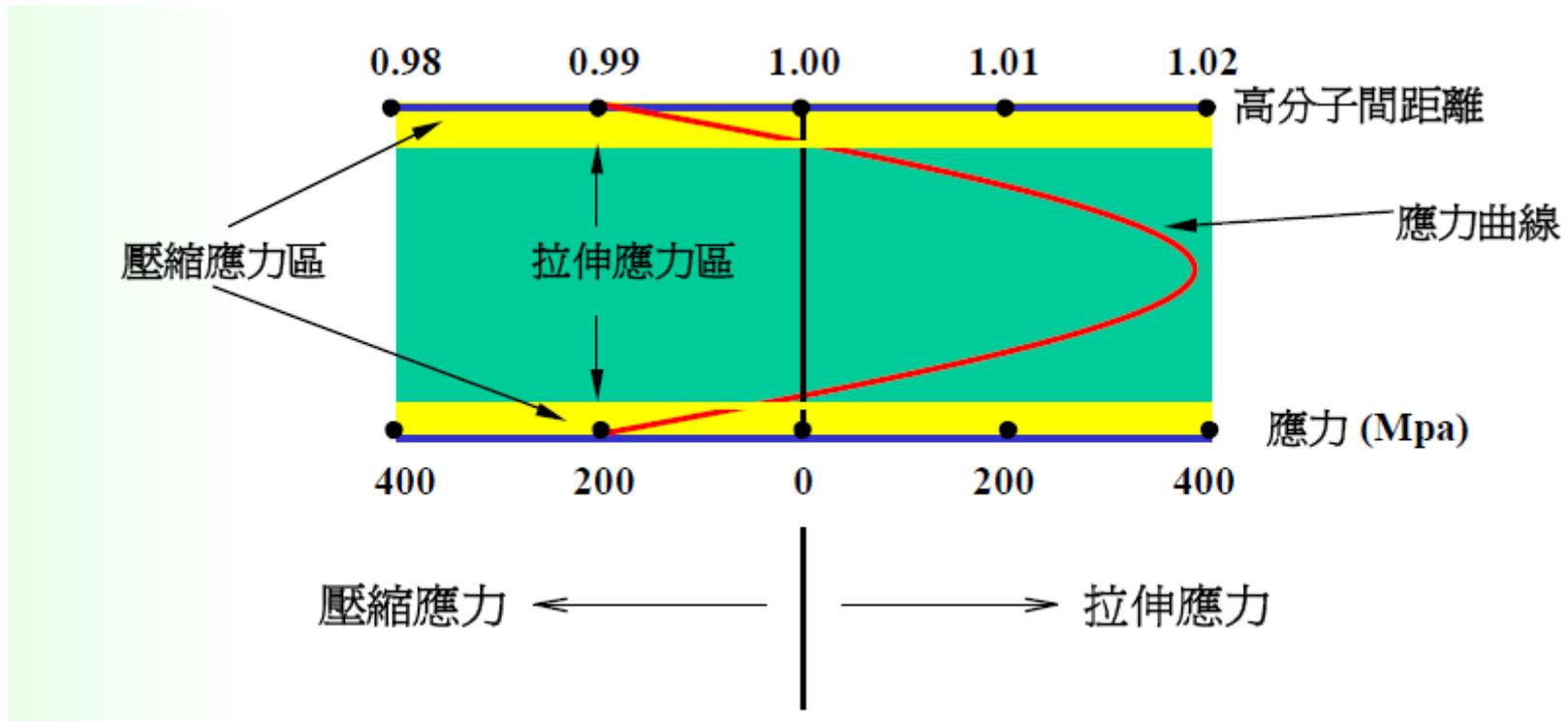
Moldex3D

# 噴泉流場-Fountain Flow

## > Fountain Flow region of Injection Molding



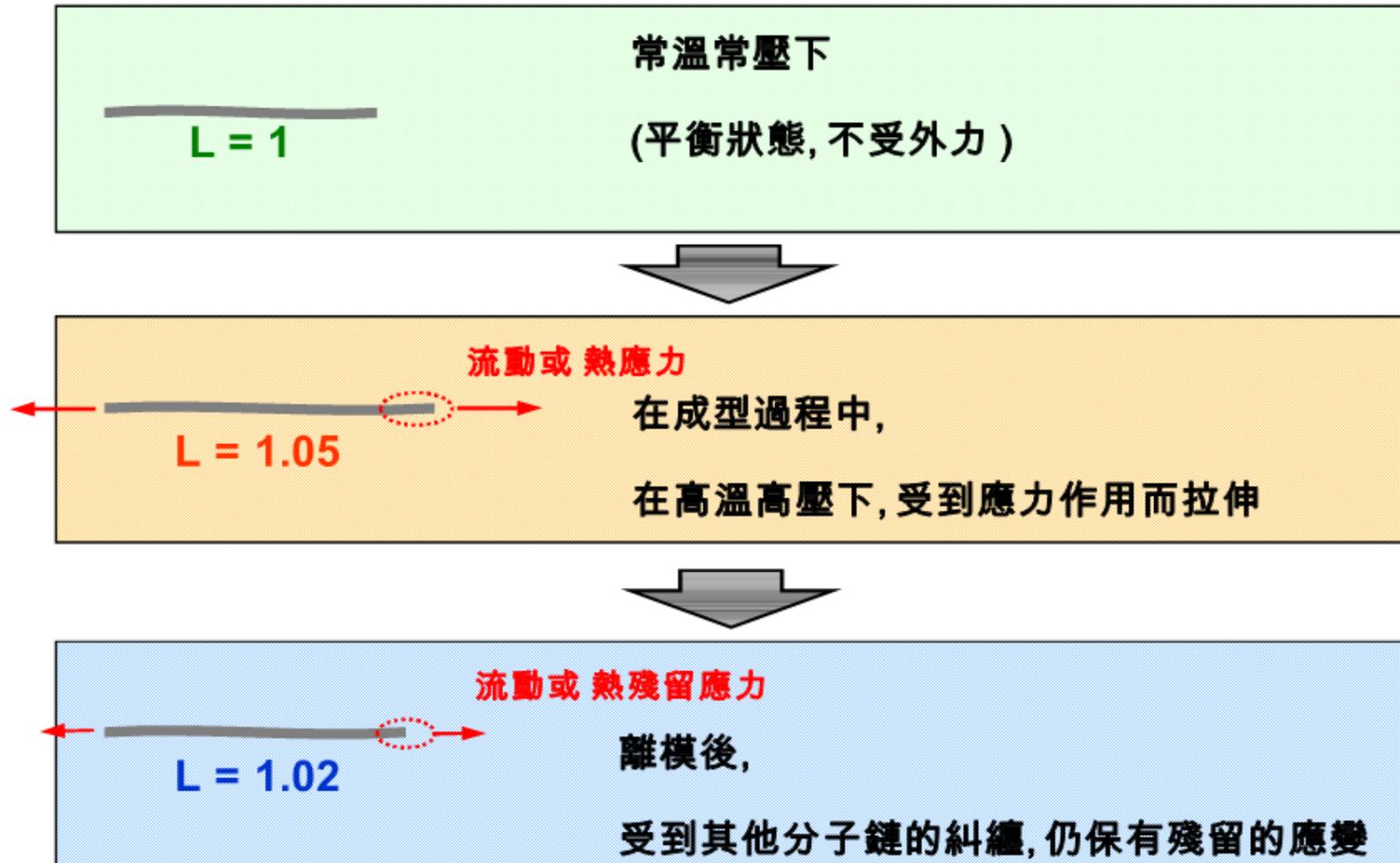
# 射出塑件厚度截面應力分布狀態



- 因為拉伸應力區域範圍遠大於壓縮應力區，所以塑件在冷卻固化後於各方向上尺寸均有收縮的趨向。

# 何謂殘留應力

> 關注於某一分子鏈



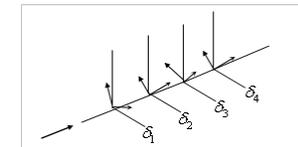
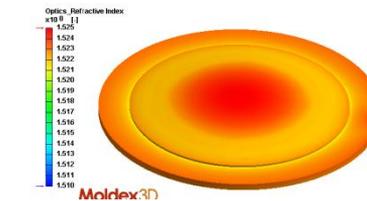
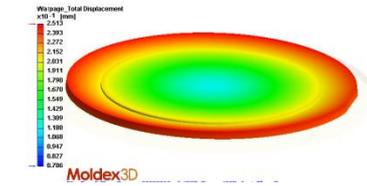
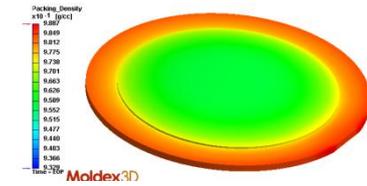
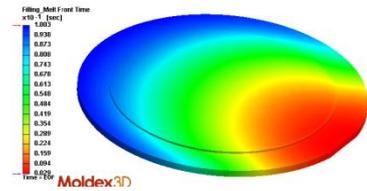
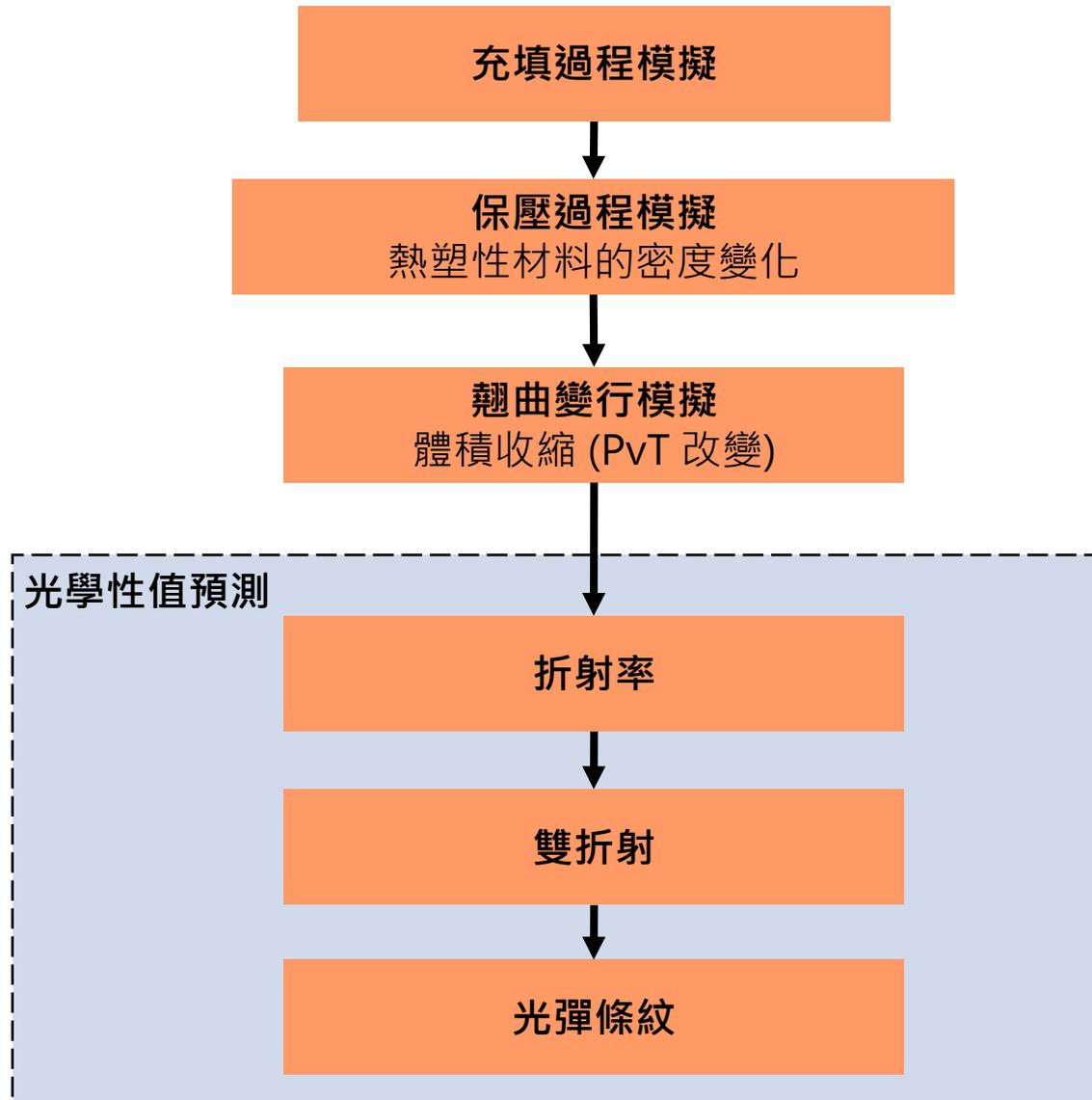
# 射出成型的殘留應力區分

---

- > 流動導致殘餘應力
  - 加工過程中受到剪切應力或拉伸應力而延展變形
  - 主要支配的溫度範圍： $>T_g$
  
- > 熱導致殘餘應力
  - 主要受到PvT影響 (如:溫度差導致收縮)
  - 主要支配的溫度範圍： $<T_g$

殘餘應力與高分子黏彈性高度的相關.

# Moldex3D 光學分析



Optics\_Thin Induced Fringed Pattern



# 形變、質變之檢測

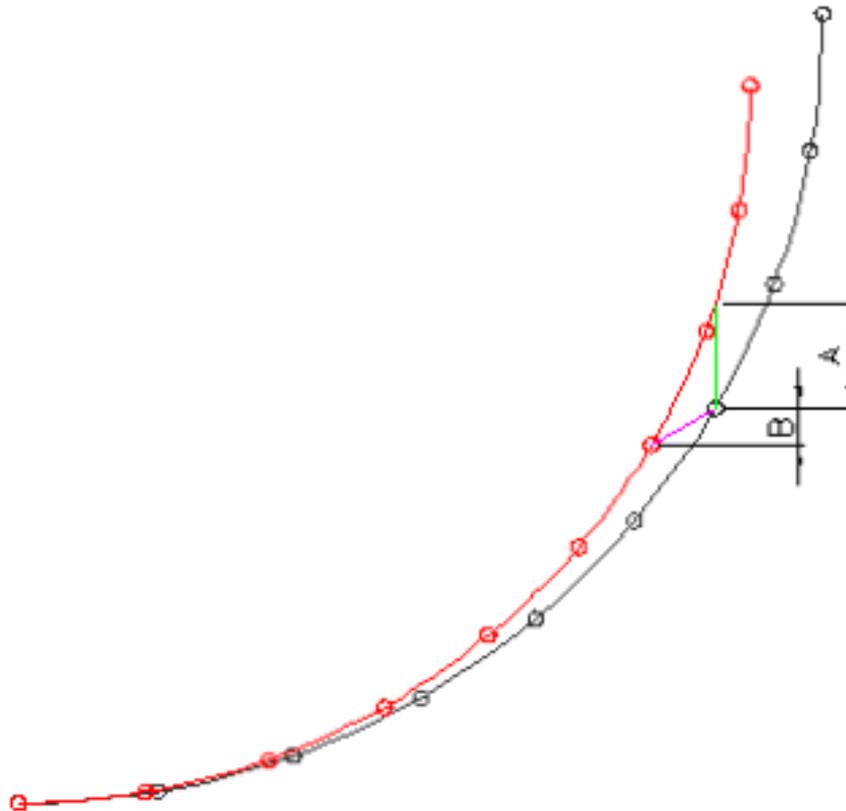
# Tactile Profiling

---

- > 接觸式量測 (Contact profiling) 可以量 Free form 與 非球面
  - 缺點是 量測速度慢, 且接觸式會留下足跡
    - 量鏡片無妨(射出量很大), 但量模仁可能要注意

# 如何僅量測真正的垂直位移？

- > 如下圖所示如果黑色是原始幾何，紅色是變形後的結果，如果讀取軟體計算出的垂直位移量(Z-displacement)，因為僅考慮節點的位移，會得到B段距離。但是光學儀器量測到的卻是綠色線段的距離。



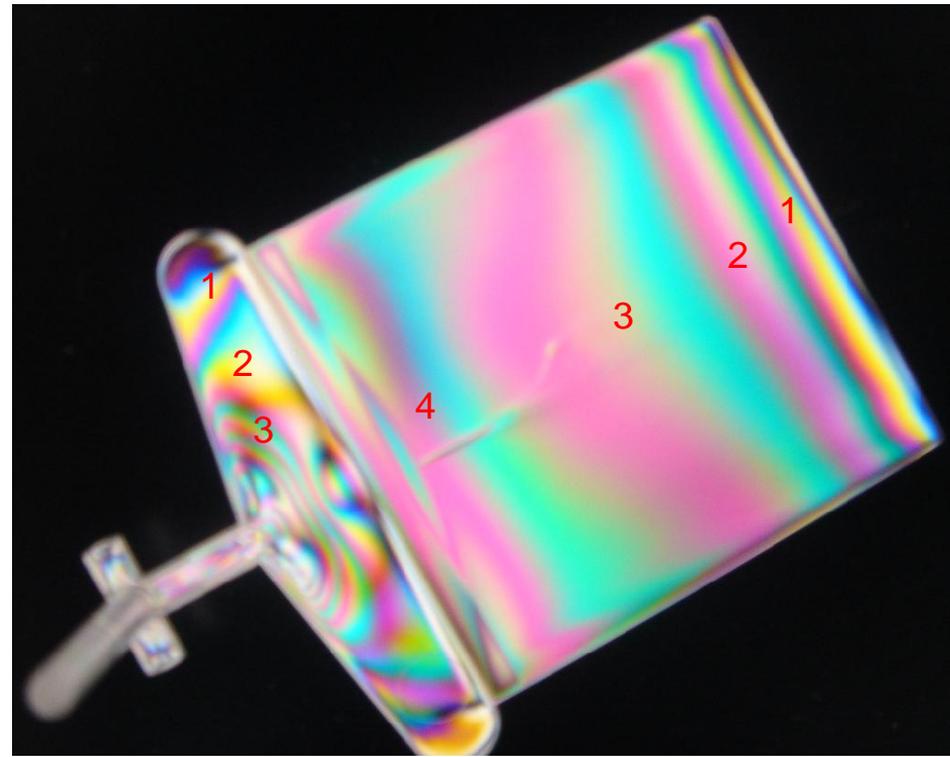
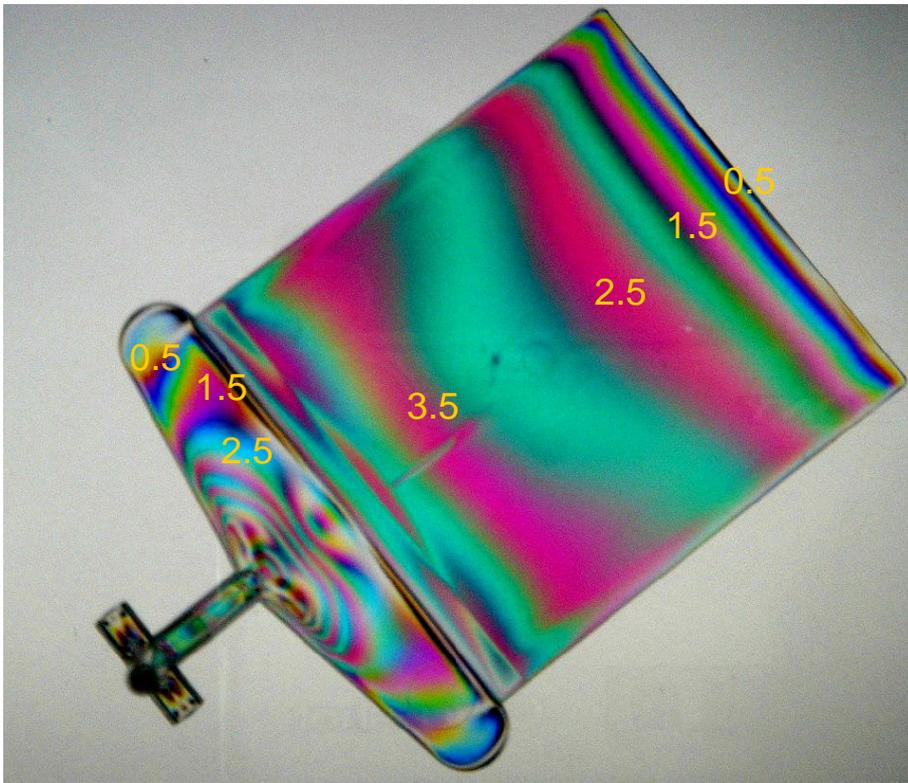
# 應力偏光儀觀察結果



科盛的應力偏光儀

# 應力偏光儀觀察結果 (continued)

- > 由流動末端或牆壁往流道入口數紅色幾條決定級數 (此法有時會誤判，可以搭配模擬結果判斷)
- > 亮場與暗場同樣紅色的級數差0.5



# 塑膠光學元件常見問題

# 塑膠光學元件關鍵問題

原有曲率

變形後曲率(cool 300sec)

變形後曲率(cool 100sec)

成型性  
轉寫性

結合線/包封  
真空泡

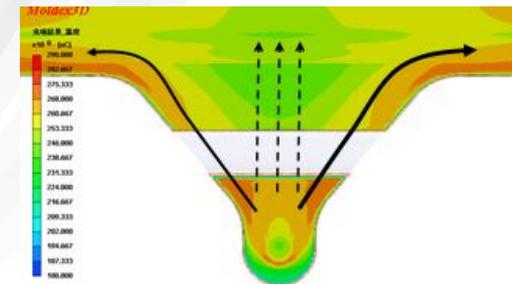
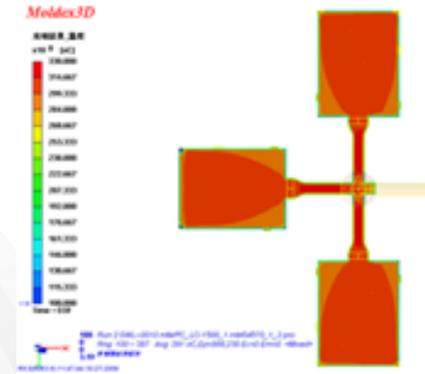
產品變形  
回火變形

成型週期  
模具強度

Moldex3D  
MOLDING INNOVATION

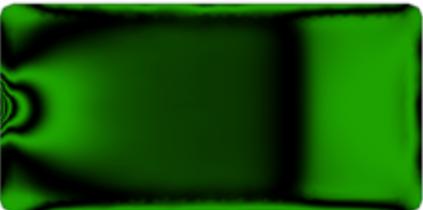
應力/光學

剪切升熱



Moldex3D

總光彈條紋



# 多模穴不平衡及競賽案例

# 光學件流道設計

## > 常見光學鏡片流道設計:

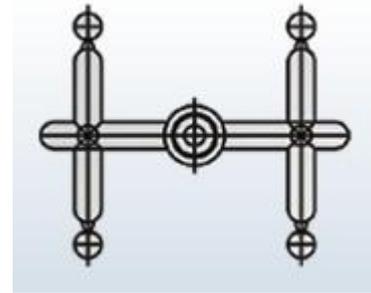
- H (工字)形: A設計
- 放射狀: B/C設計

右邊這幾種流道設計都是**平衡**的設計，  
也就是模穴間並不會有差異(但模穴內可能有)。

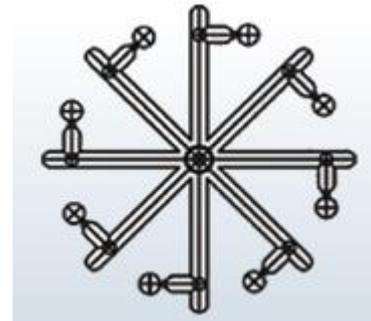
## > 常見模穴數設計:

- 1,2,4,8,16穴

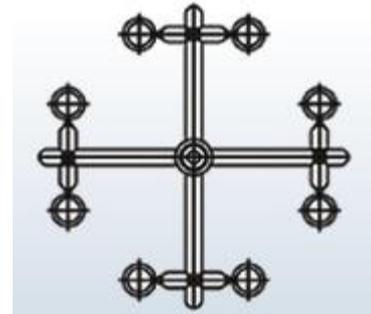
模穴數越多雖產量越高，但穴與穴間的差異可能會  
愈難控制，這與流道設計及材料、成型條件等有關。



A



B

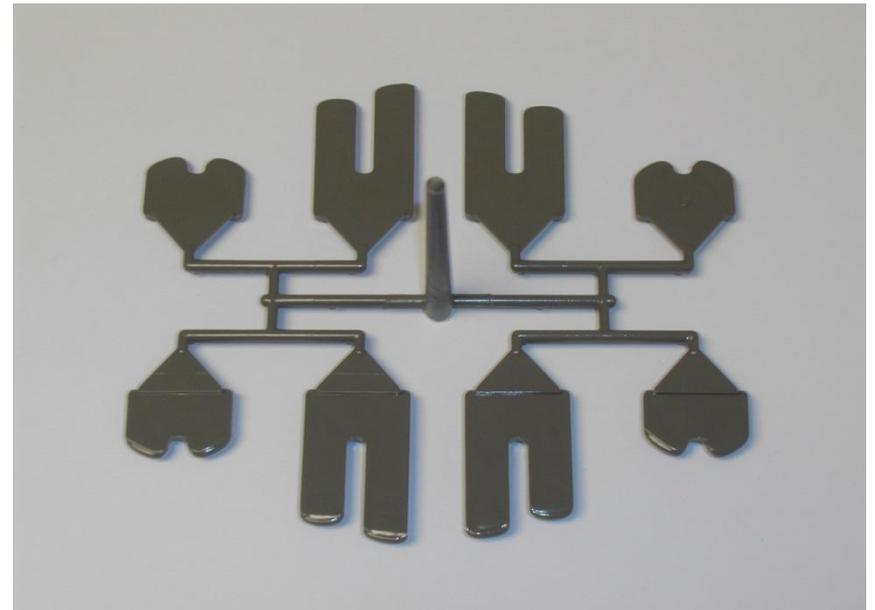
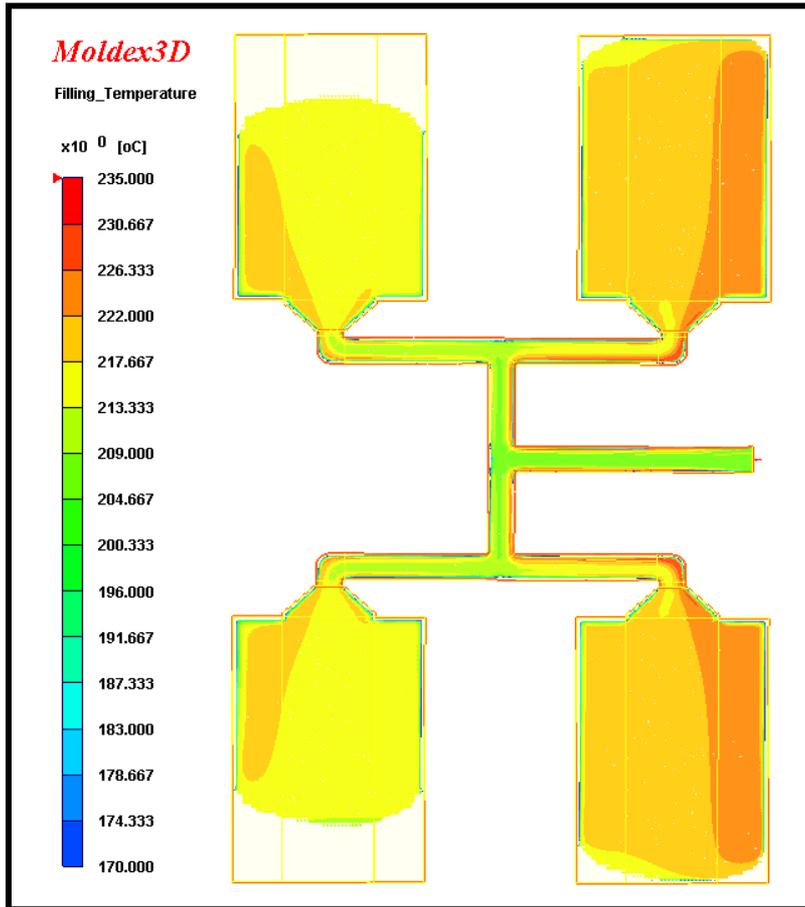


C

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

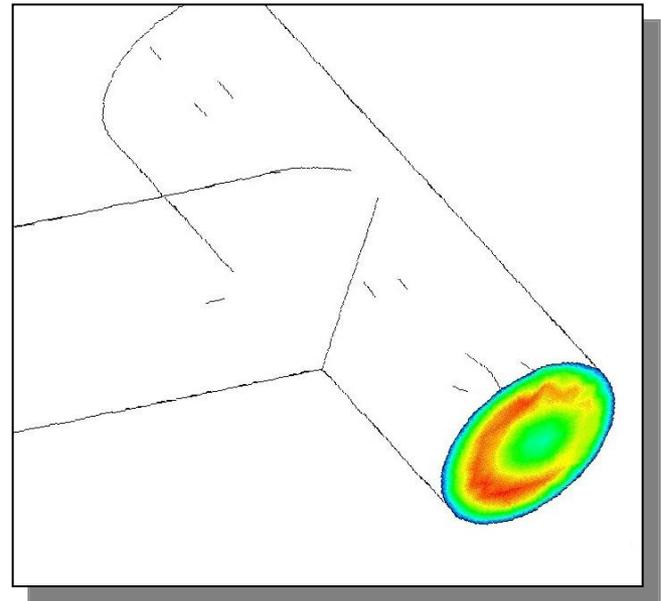
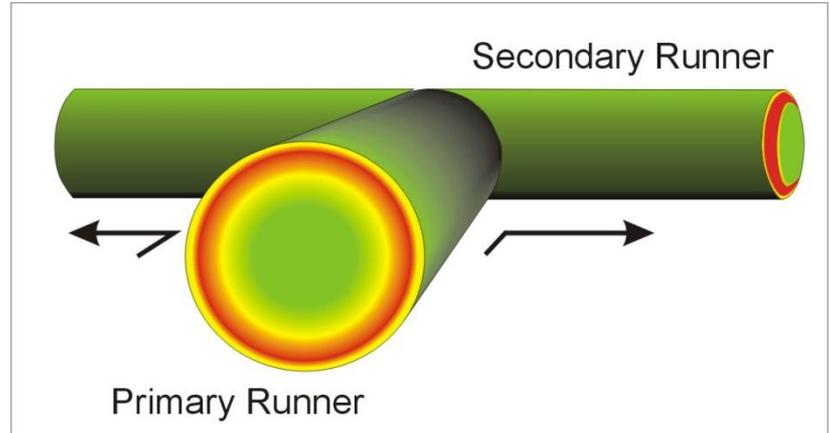
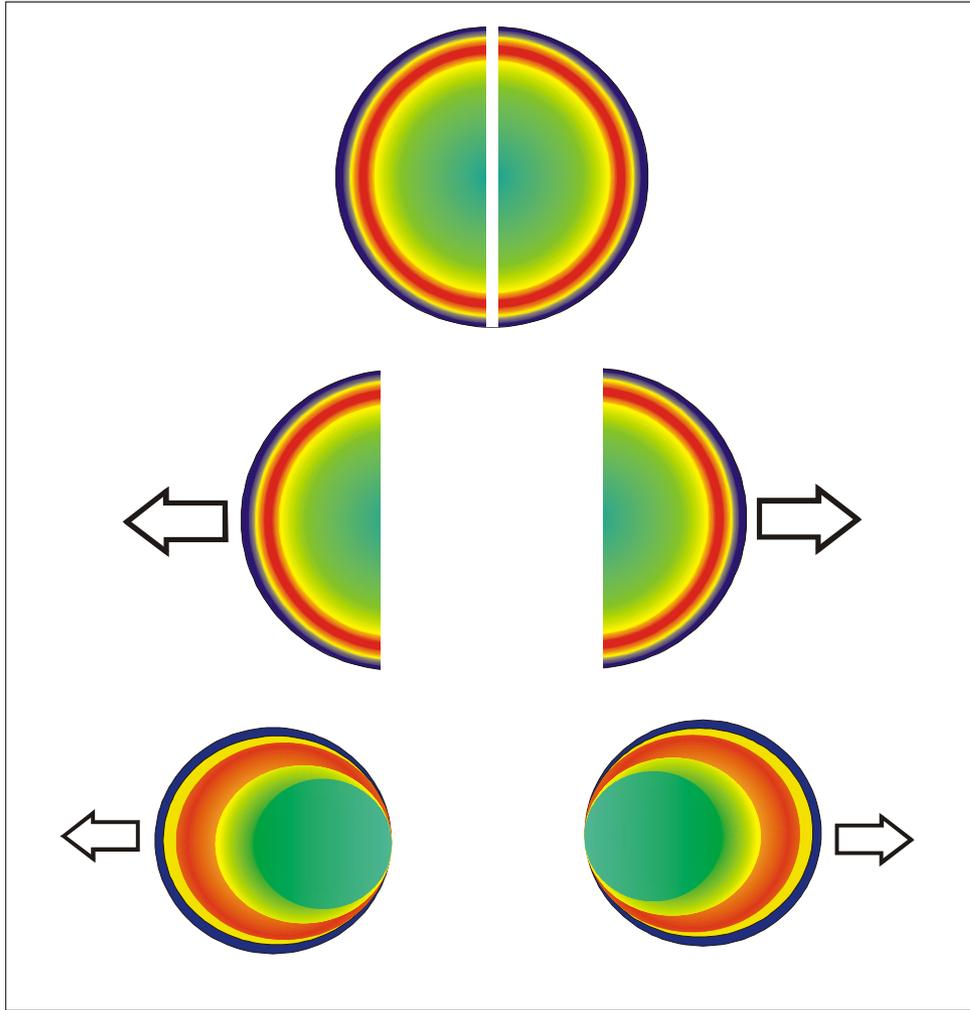
Moldex3D

# 在多模穴中的溫度分布



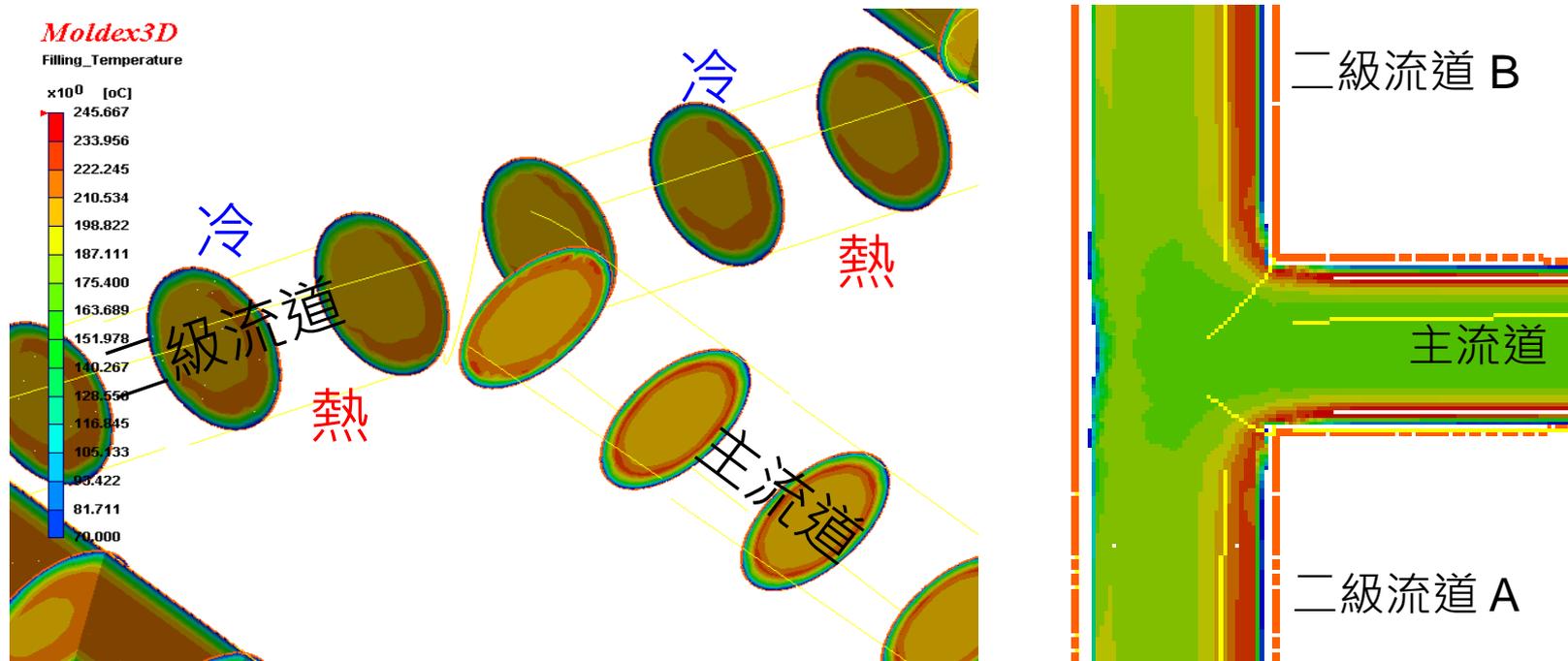
自然的“不平衡”

# 材料性能的非對稱性



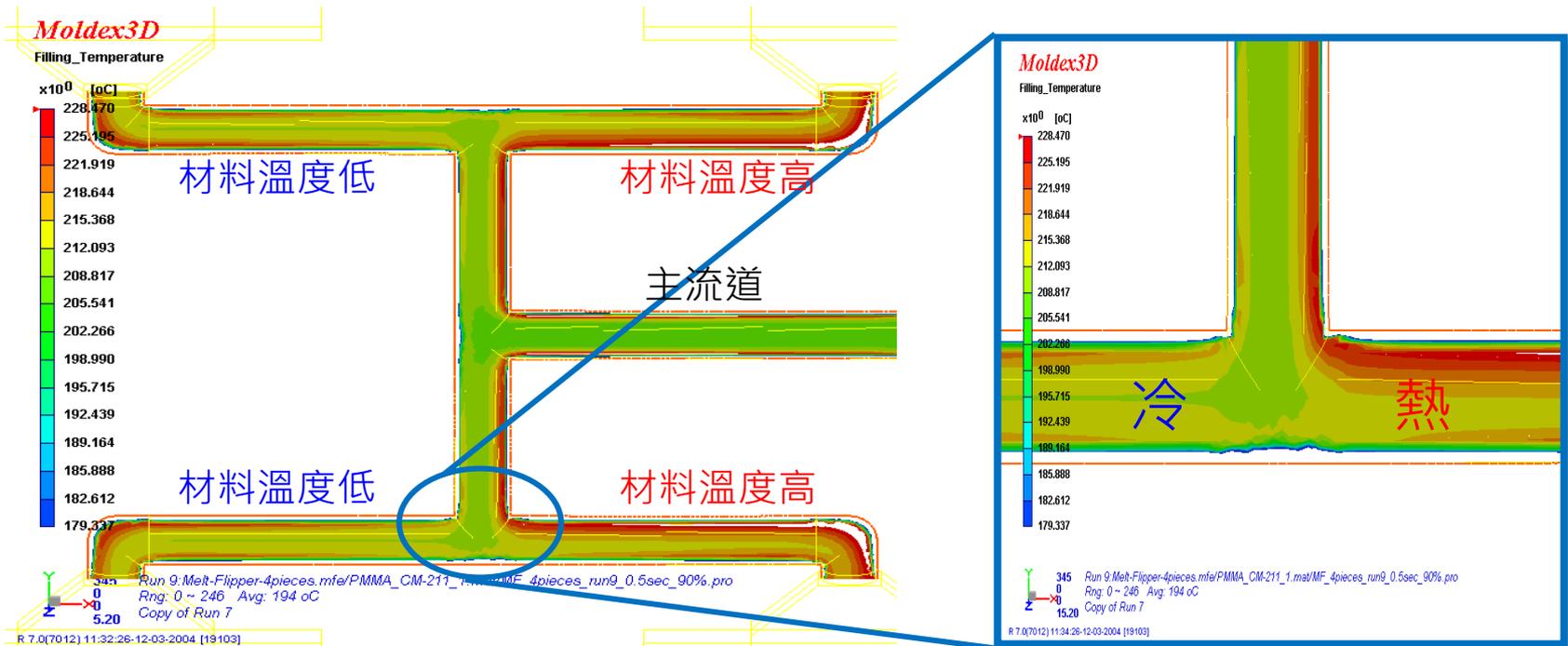
# 第一次轉彎時溫度分布

- > 在主流道中較熱的塑膠流進右側的二級流道
- > 主流道中的較冷的流動波前流動左側的二級流道



# 第二次轉彎時溫度分布

- > 在靠近主流道處的右邊的流道內材料溫度較高。
- > 相比較左側的流道，右側的流道內有著較低的黏度和流動阻力。



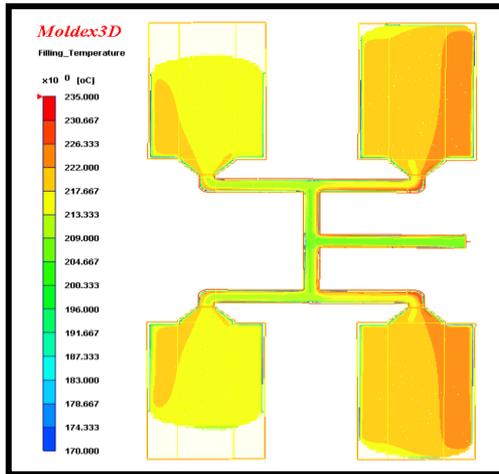
# Beaumont Technologies, Inc. ( BTI )



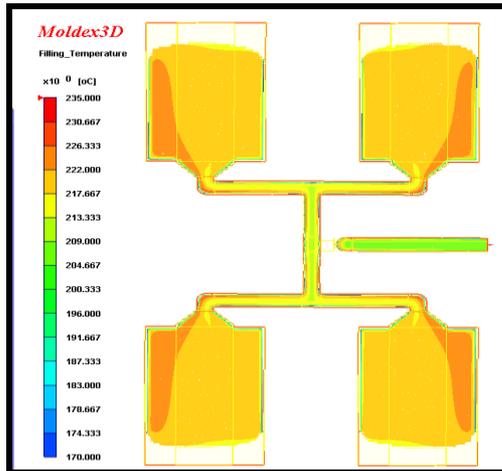
MeltFlipper® 熔膠翻轉  
專利技術發明人 - 美國  
賓州州立大學 Erie  
Behrend 學院 John  
Beaumont

- > 美國Beaumont Technologies, Inc. ( BTI ) 公司的 MeltFlipper®熔膠翻轉專利技術，藉由將因剪切作用產生溫度不均勻的熔膠，有效地進行流動翻轉再行分流，能將料溫內外側不對稱的情形翻轉為上下不對稱，使得熔膠溫度在流道分流後仍能保持左右對稱性，可以完全解決多模穴流動不平衡的問題。
- > “MeltFlipper®及MAX™熔膠管理與控制技術”是近年來在射出成型加工上，最受矚目的創新技術之一。此技術解決了多年來一直困擾著射出成型加工業者，經常遭遇的流動不平衡現場問題，也協助業者有效解決單模穴及多模穴模具的流動平衡問題及提升射出產品的品質與產量。
- > 科盛科技除了是BTI公司在熔膠管理與剪切生溫現象領域的研究夥伴外，也是BTI公司在大中華區唯一經銷商，負責宣揚與代理MeltFlipper®熔膠翻轉專利技術。

# 在多模穴中的溫度分布



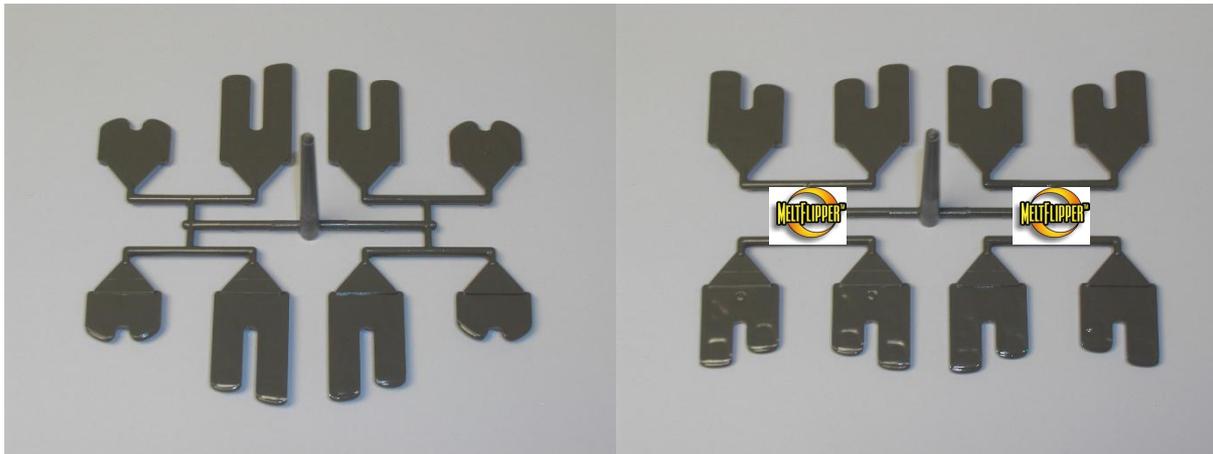
原始流道設計



使用流道翻轉



模穴內流動平衡



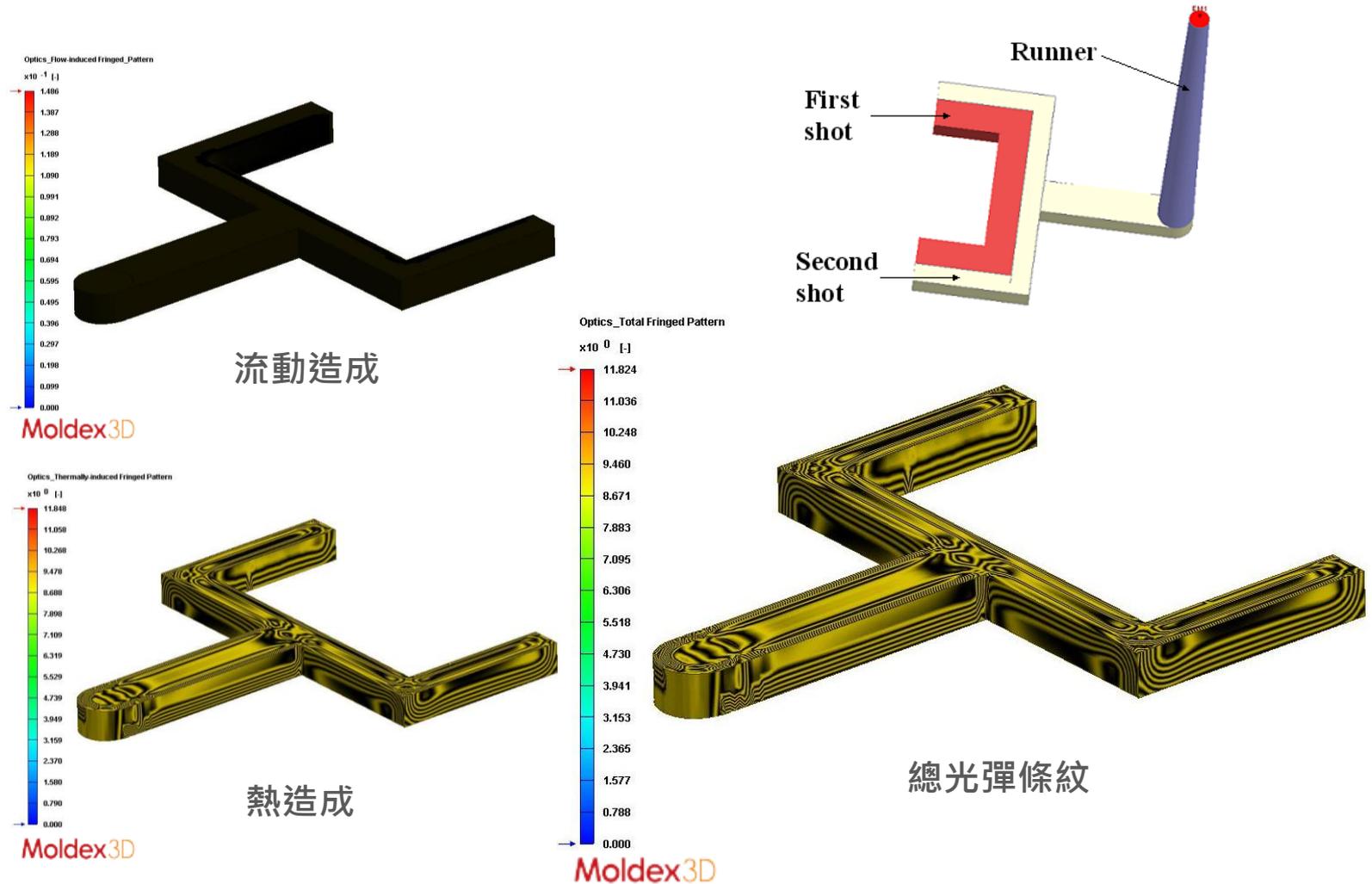
自然的“不平衡”

模穴間流動平衡

# 殘留應力與雙折射特性案例探討

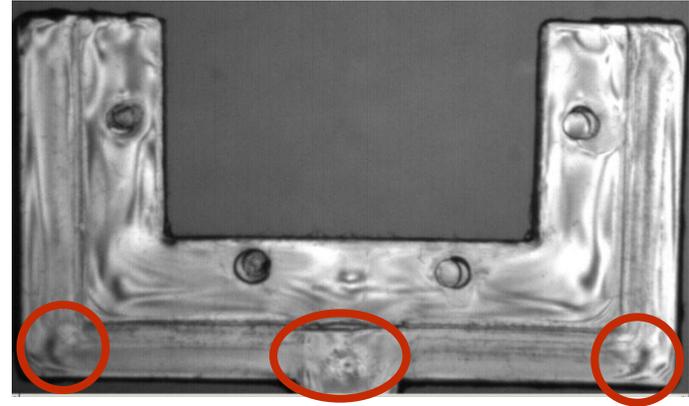
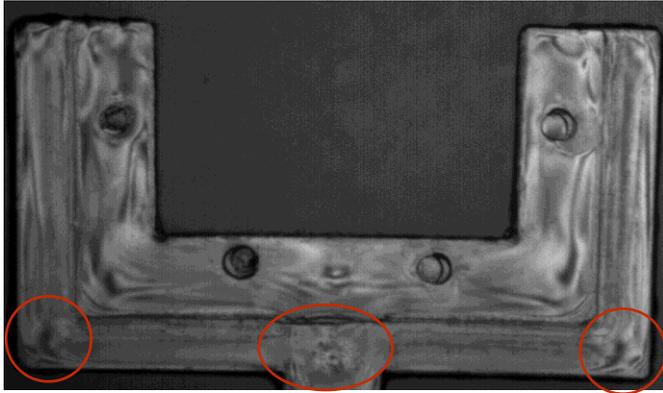
# 光彈條紋

> 厚件光彈條紋為熱應力主導、流動應力較不敏感

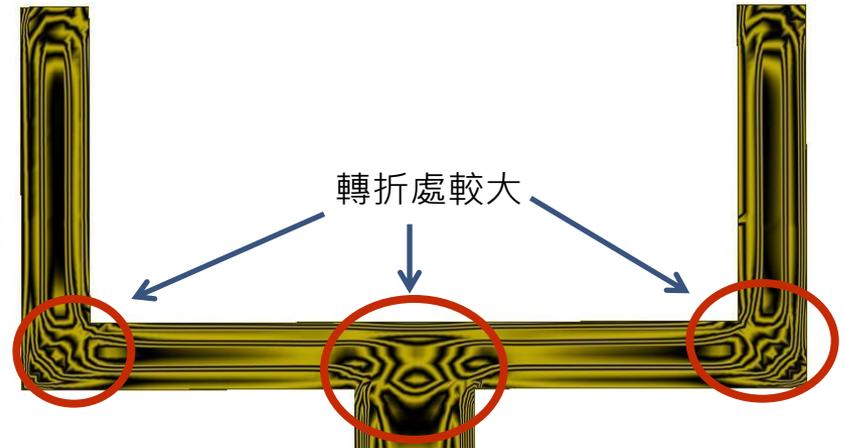
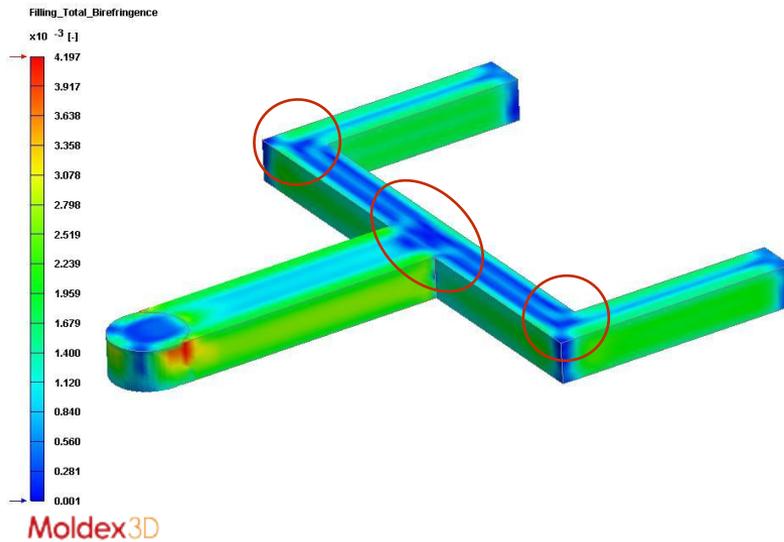


# 光彈條紋結果比對

實驗

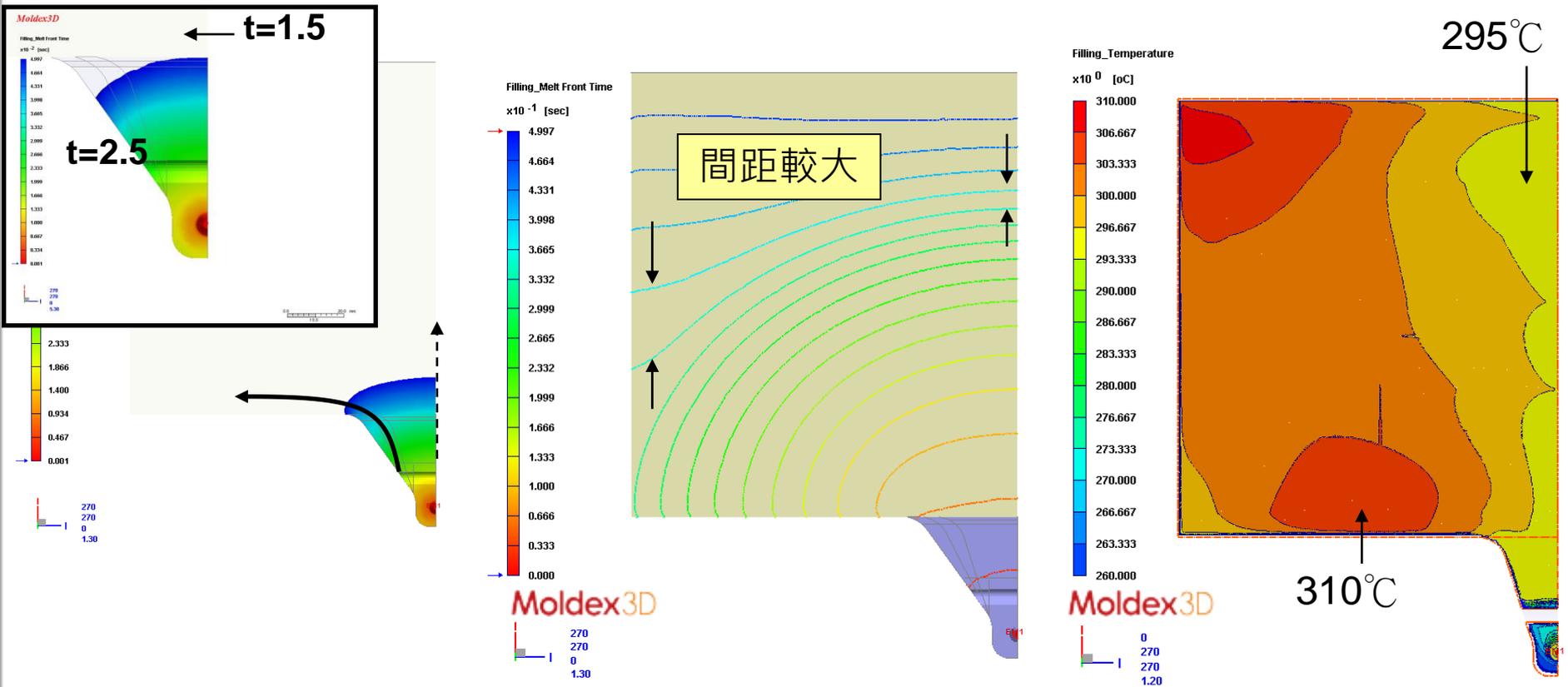


模擬



# 澆口對應力的影響解析

# 流動波前判讀



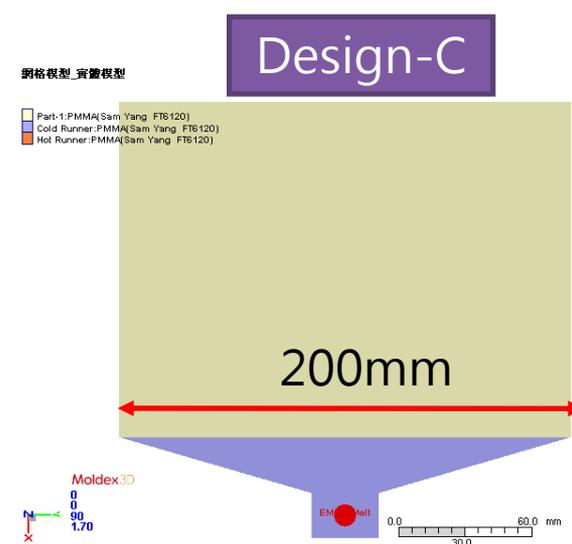
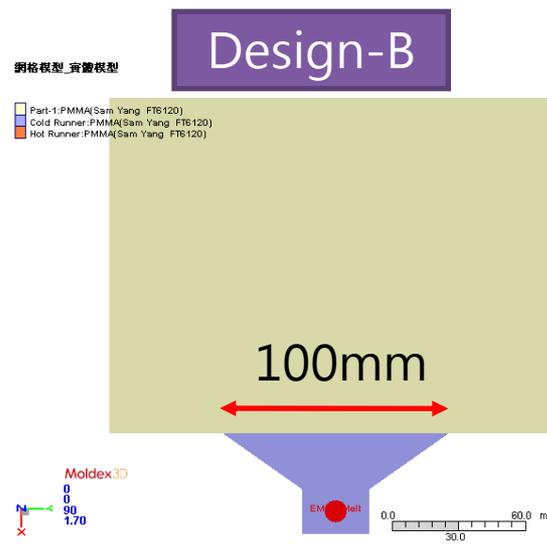
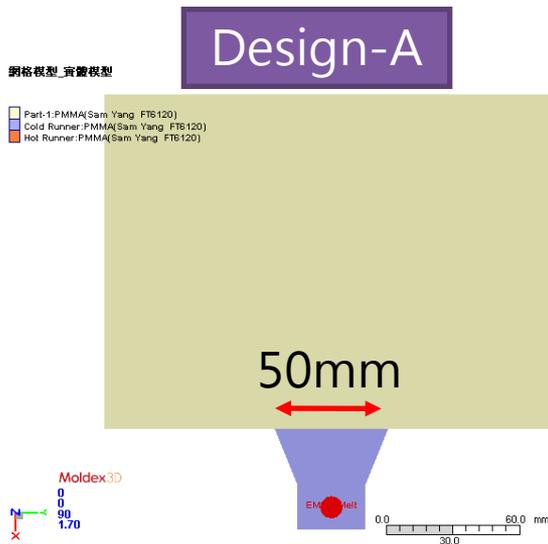
塑膠流經澆口區域時，中間區域波前因流動距離最短，因而較兩側波前快遇到較薄產品區域，中間區域的塑膠會因流動阻力增大而有減速的情形。在兩側區域的塑膠所受到的流動速度加快的情況下容易產生剪切升熱的現象，而兩側波前也可能因熔膠溫度上升後，導致黏度下降而使流動速度反而比中間速度快。

# 現場波前短射圖



# 導光板案例2\_設計方案

- > 產品模型：導光板
- > 產品體積：30(cc)
- > 產品尺寸：200×150×1(mm)
- > 材料：PMMA(FT6120)
- > 請試探討並比較三種澆口型式何者較佳

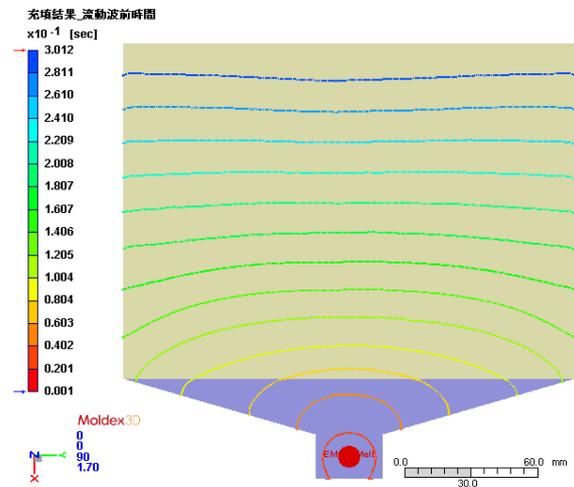
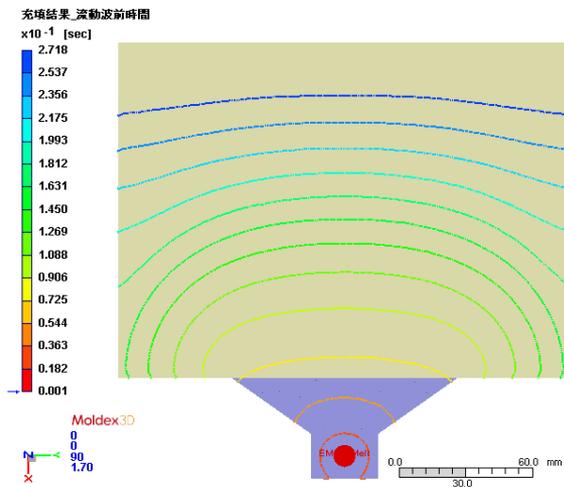
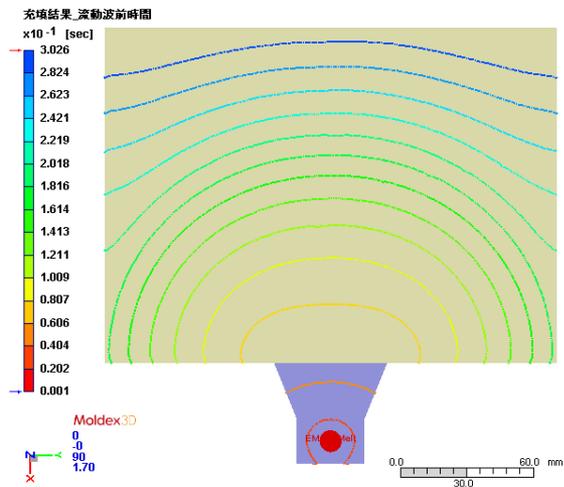
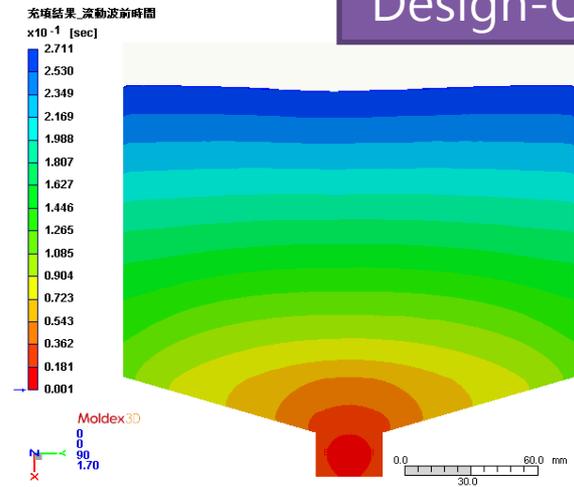
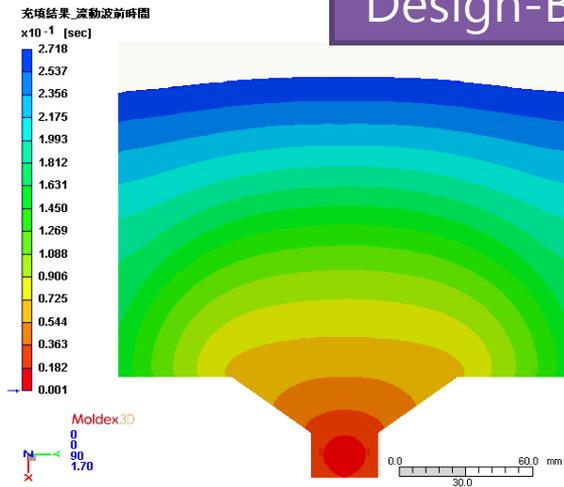
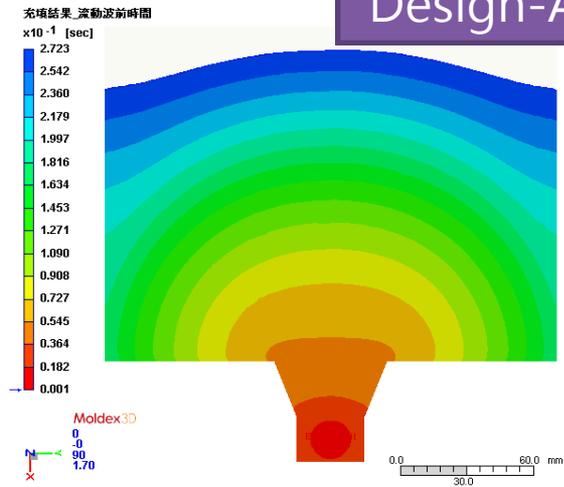


# 導光板案例2\_流動波前對比

Design-A

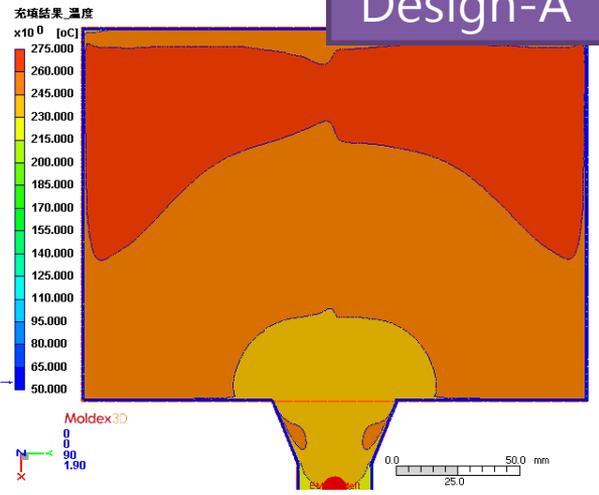
Design-B

Design-C

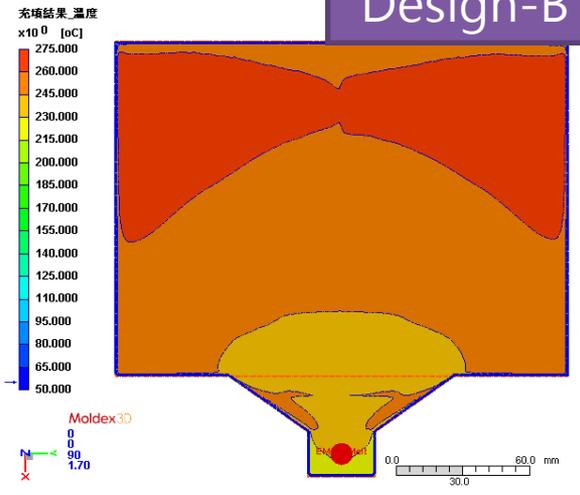


# 導光板案例2

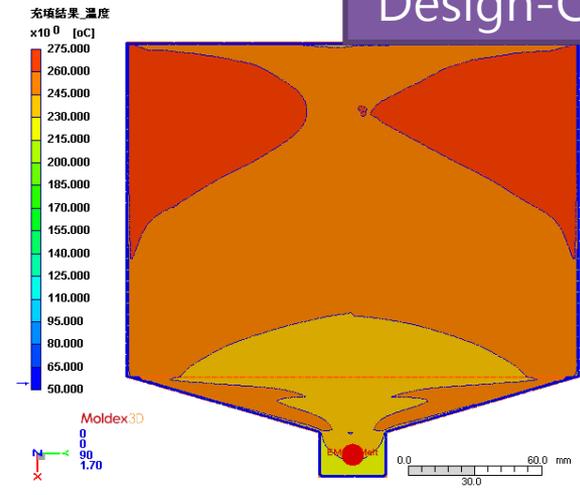
## Design-A



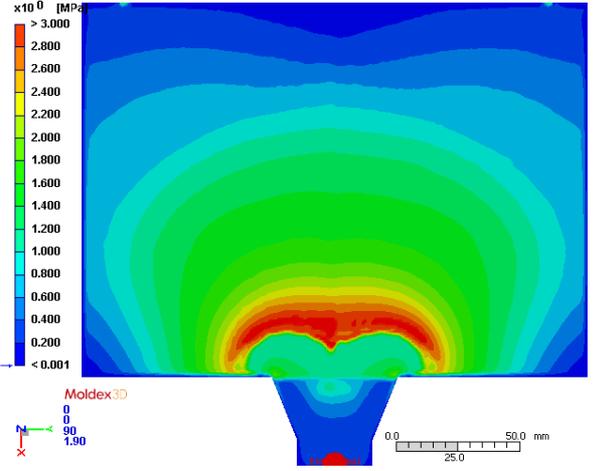
## Design-B



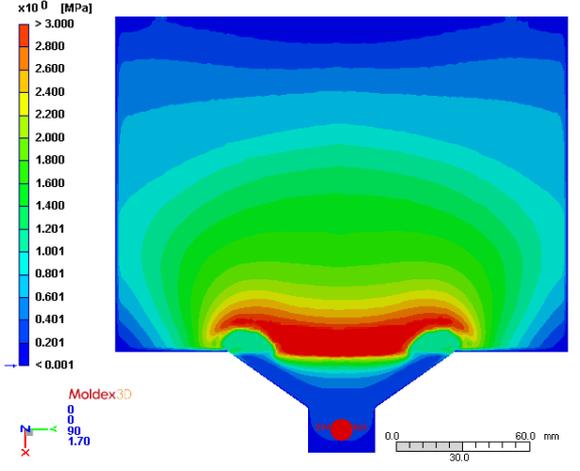
## Design-C



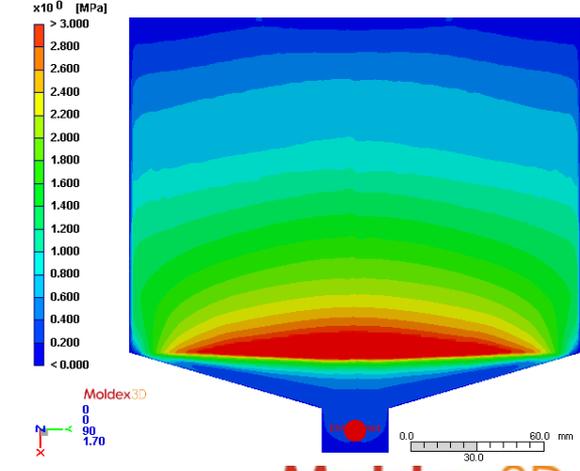
### 充填結果\_殘留應力 Von Mises應力



### 充填結果\_殘留應力 Von Mises應力

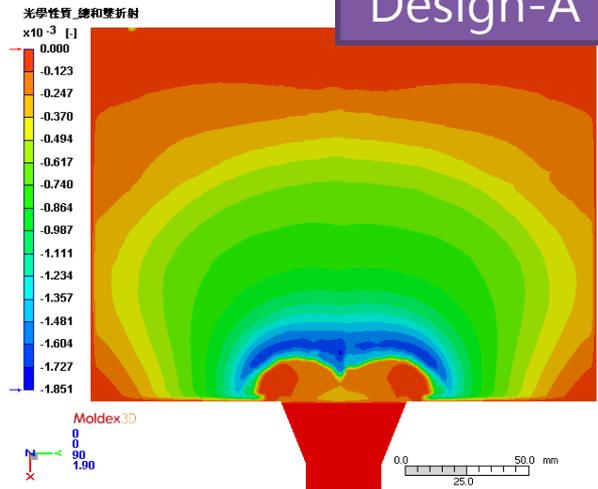


### 充填結果\_殘留應力 Von Mises應力

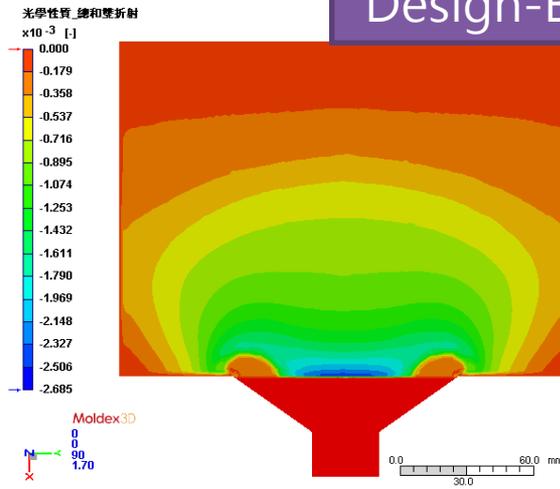


# 導光板案例2

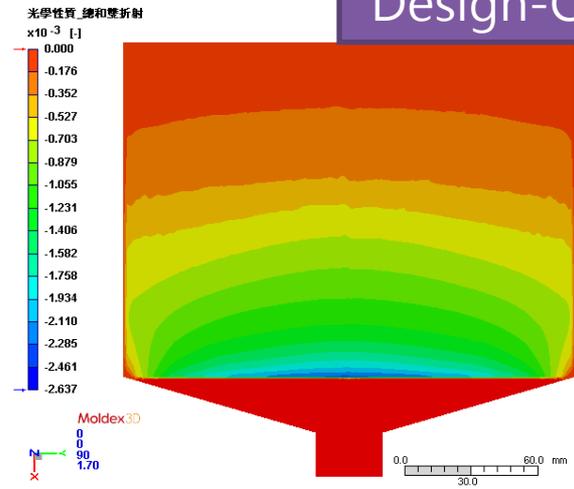
Design-A



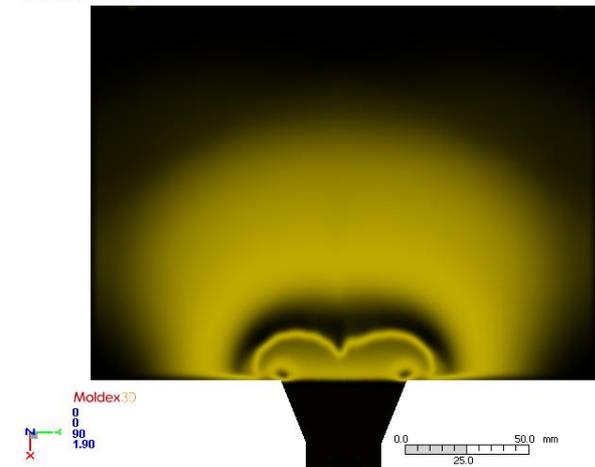
Design-B



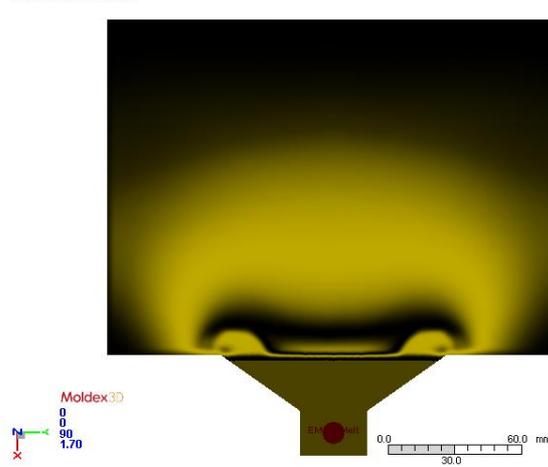
Design-C



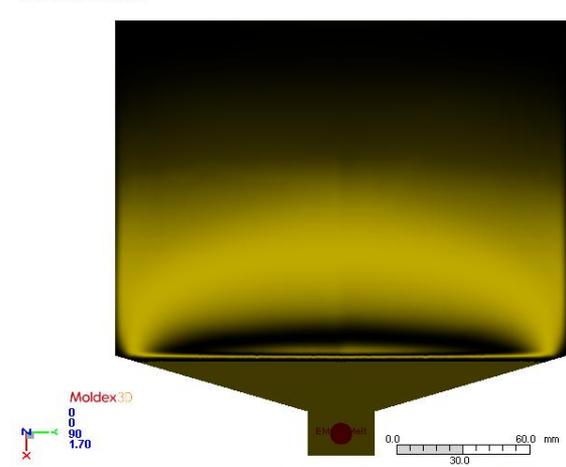
光學性質\_總和光澤條紋



光學性質\_總和光澤條紋

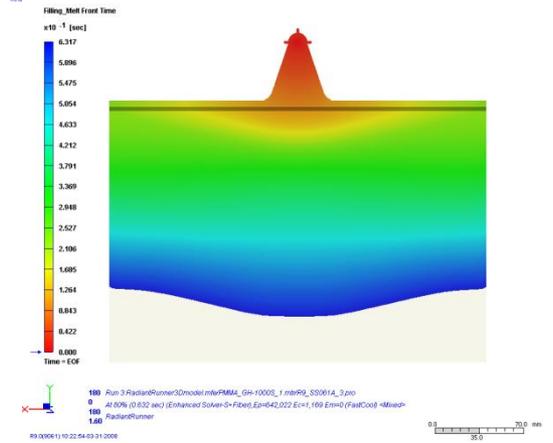
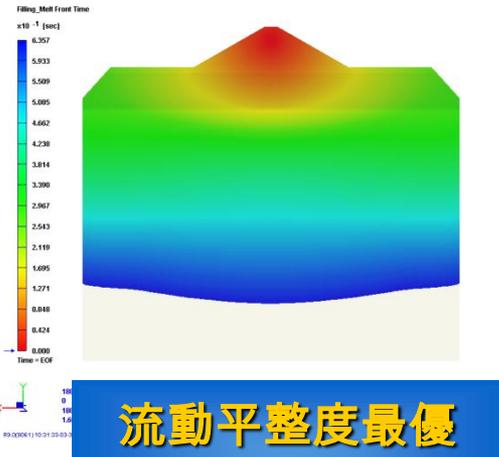
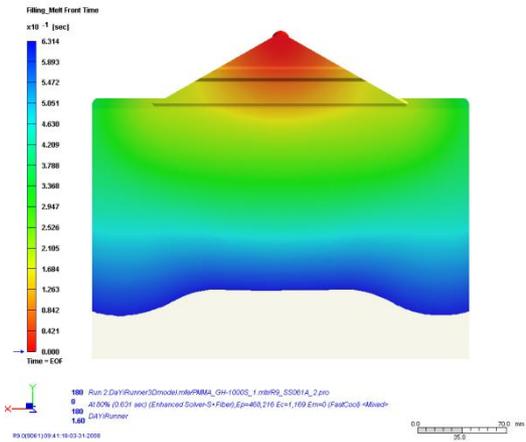
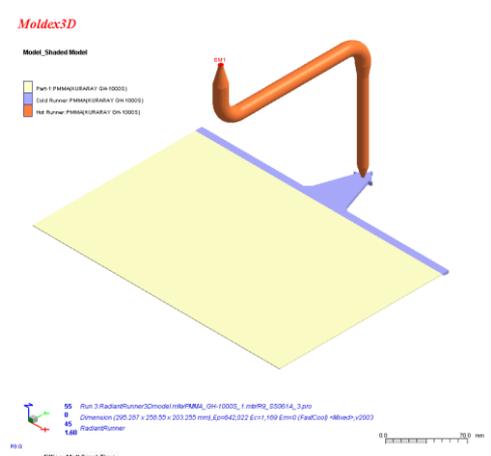
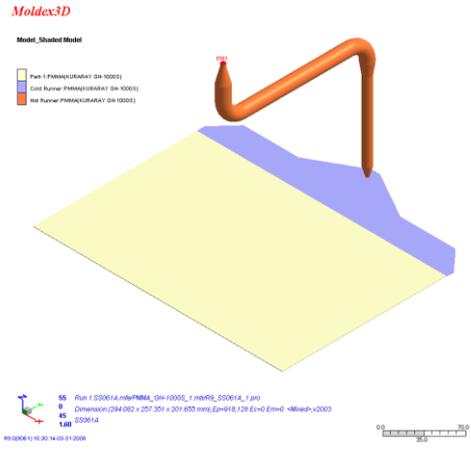
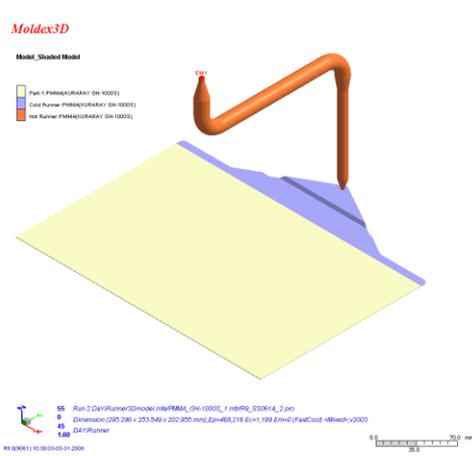


光學性質\_總和光澤條紋



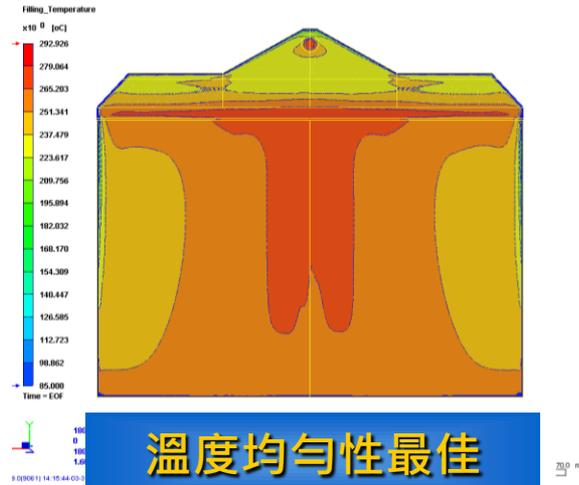
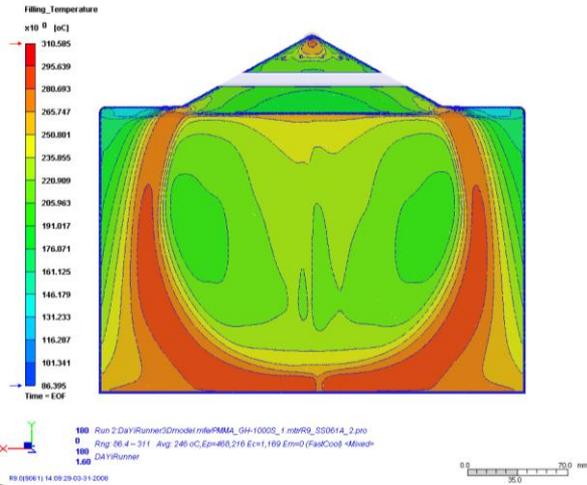
# 導光板案例3

> 最佳化流道澆口設計，降低變形，提昇品質。

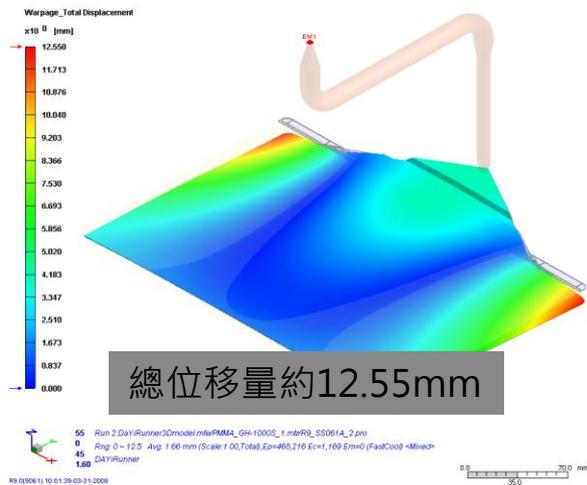
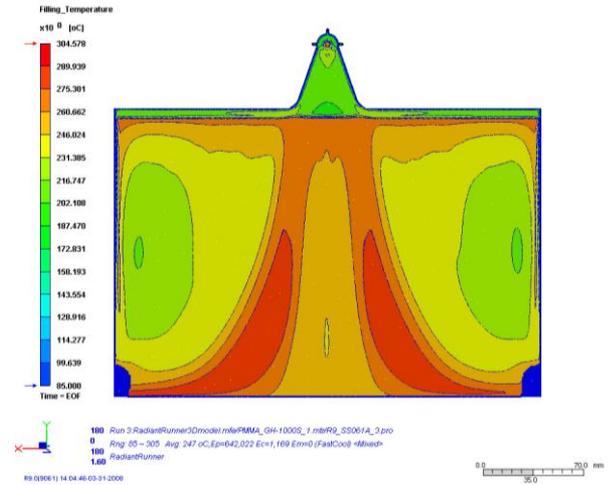


流動平整度最優  
平整度提昇 40%

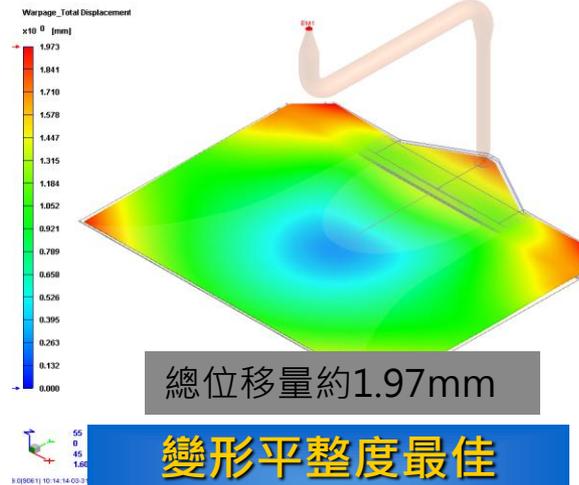
# 導光板案例3



溫度均勻性最佳

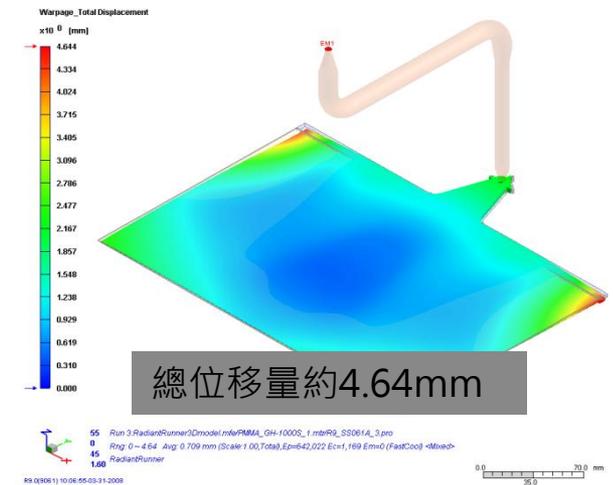


總位移量約12.55mm



總位移量約1.97mm

變形平整度最佳  
變形量降低80%

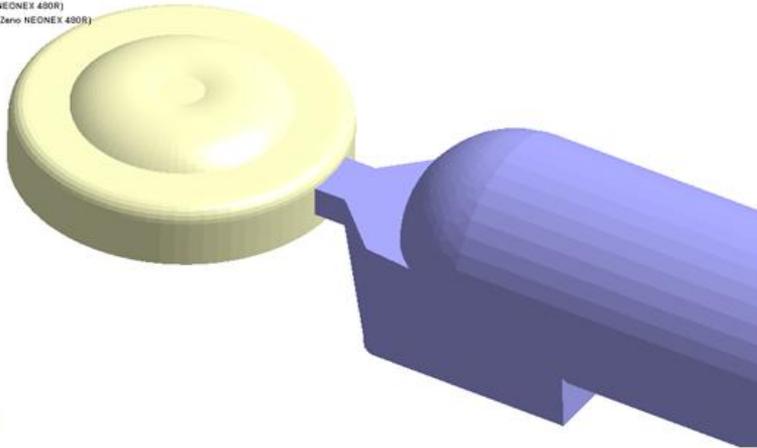


總位移量約4.64mm

# 鏡片面型不同澆口對應力的影響

網格模型\_實體模型

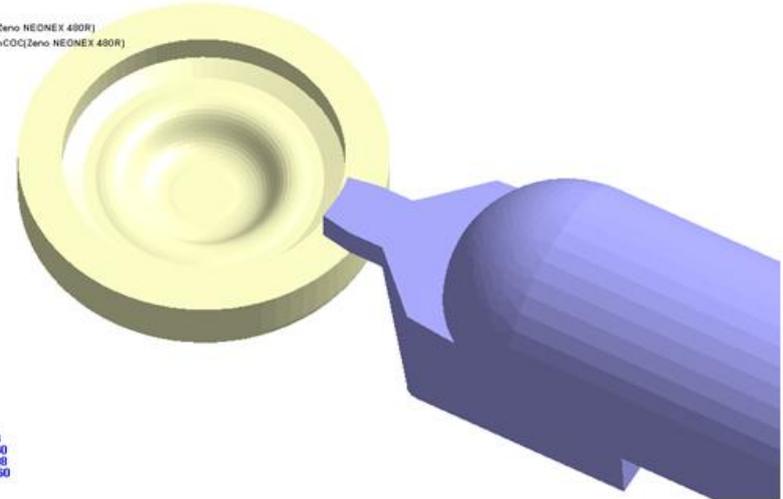
Part-1:mCOQ(Zeno NEONEX 480R)  
Cold Runner:mCOQ(Zeno NEONEX 480R)



52  
359  
210  
3.60

網格模型\_實體模型

Part-1:mCOQ(Zeno NEONEX 480R)  
Cold Runner:mCOQ(Zeno NEONEX 480R)



33  
360  
208  
3.60

澆口設計一

澆口設計二

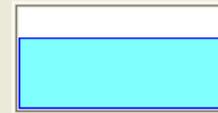
充填/保壓設定(E):

[充填]		
充填時間	0.6	sec
塑料溫度	280	oC
模具溫度	100	oC
最大射出壓力	150	MPa
[保壓]		
保壓時間	6	sec
最大保壓壓力	150	MPa
保壓切換	99.8	%

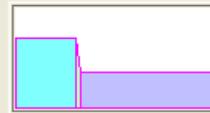
流率多段設定(I):



射壓多段設定(I):



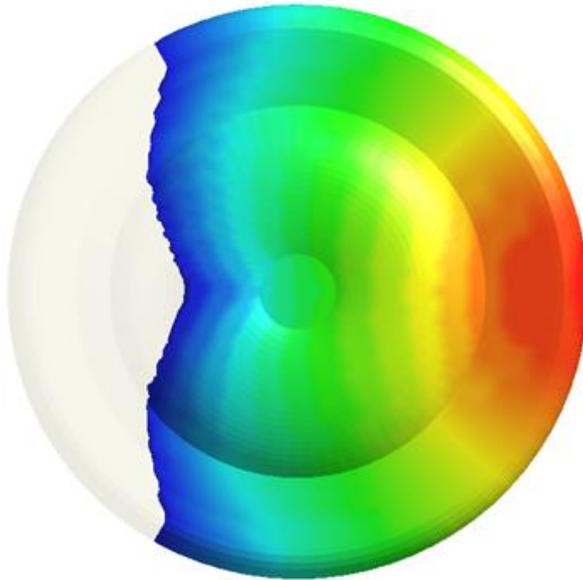
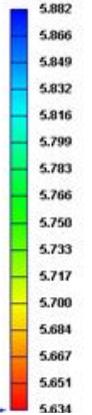
保壓多段設定(k):



# 鏡片面型不同澆口對應力的影響

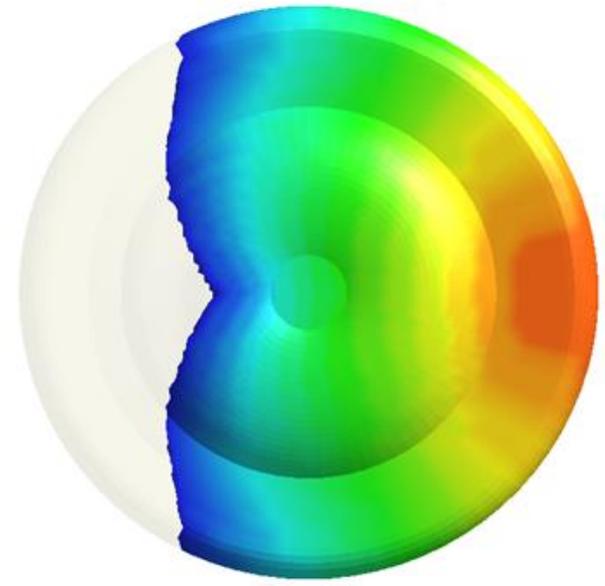
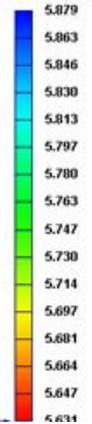
Moldex3D

充填結果\_流動波前時間  
x10<sup>-1</sup> [sec]



Moldex3D

充填結果\_流動波前時間  
x10<sup>-1</sup> [sec]



Moldex3D

Moldex3D

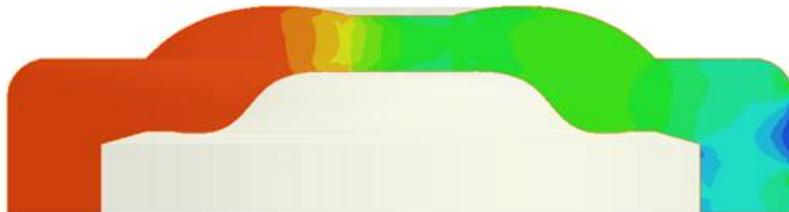
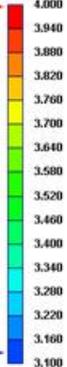
設計一流動波前 98%

設計二流動波前 98%

Mo

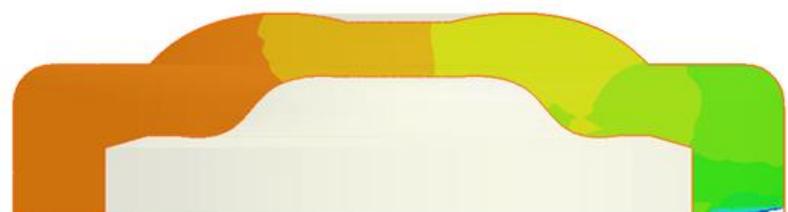
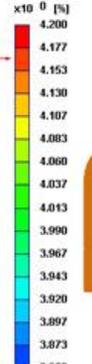
保壓

x10<sup>-4</sup> [%]



設計一體積收縮率

保壓結果\_體積收縮率



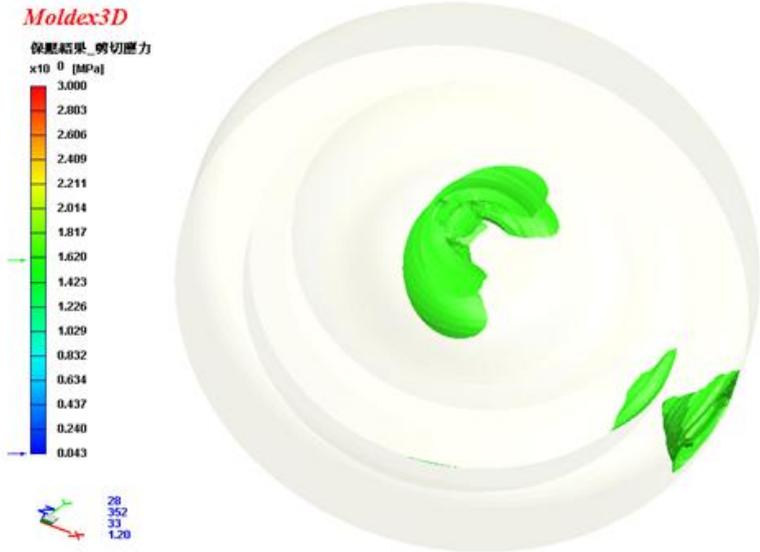
設計二體積收縮率

Moldex3D

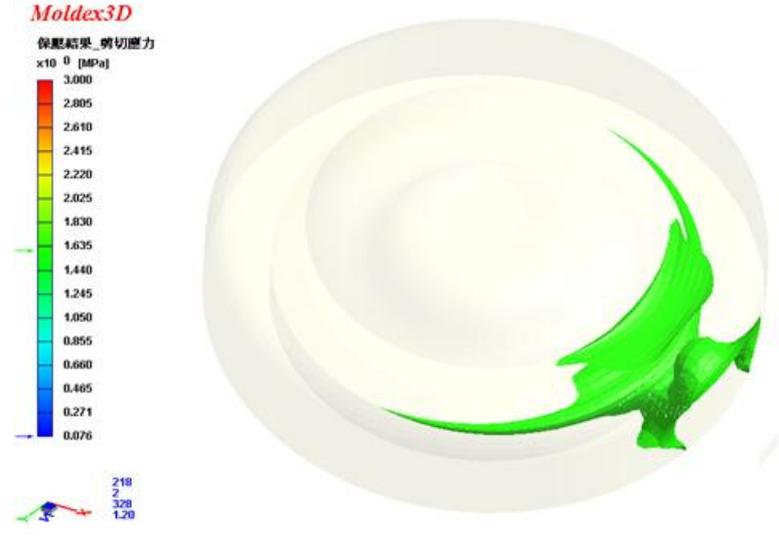
Moldex3D

Moldex3D

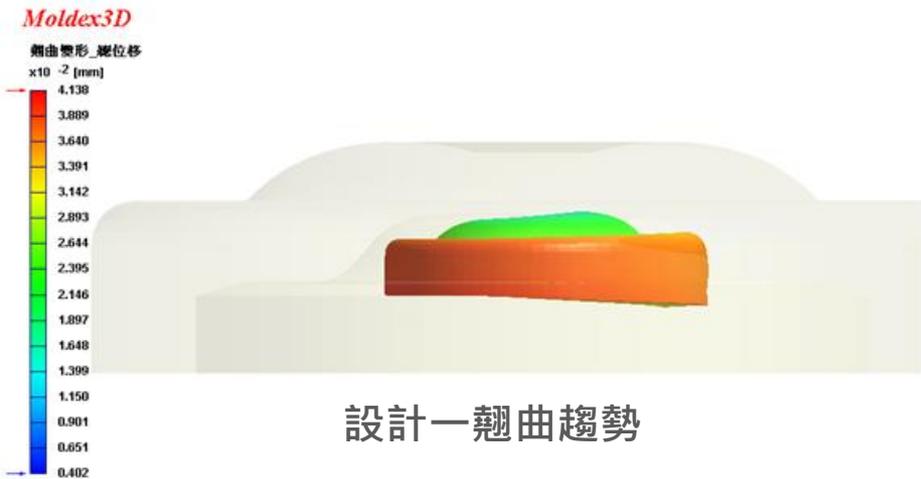
# 鏡片面型不同澆口對應力的影響



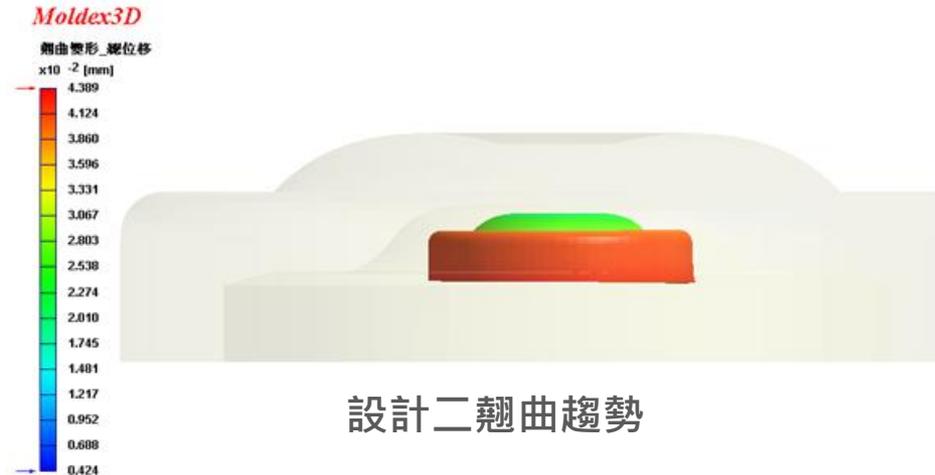
設計一剪切應力位置



設計二剪切應力位置



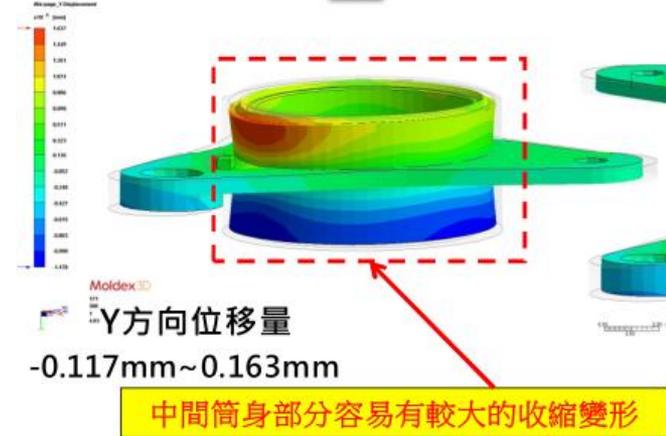
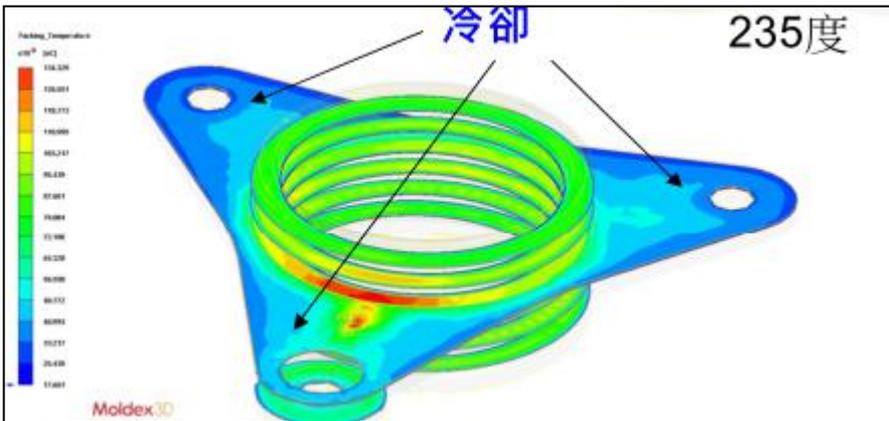
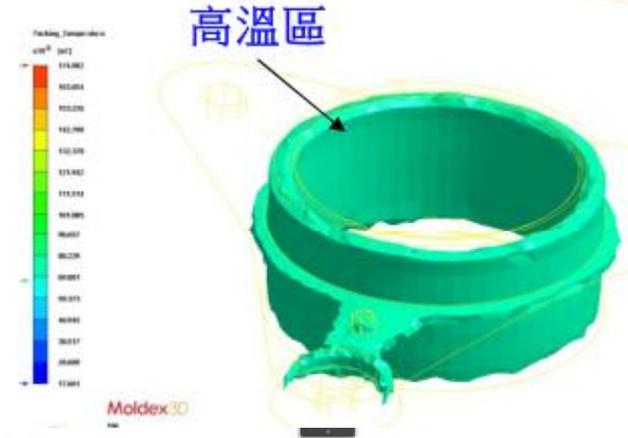
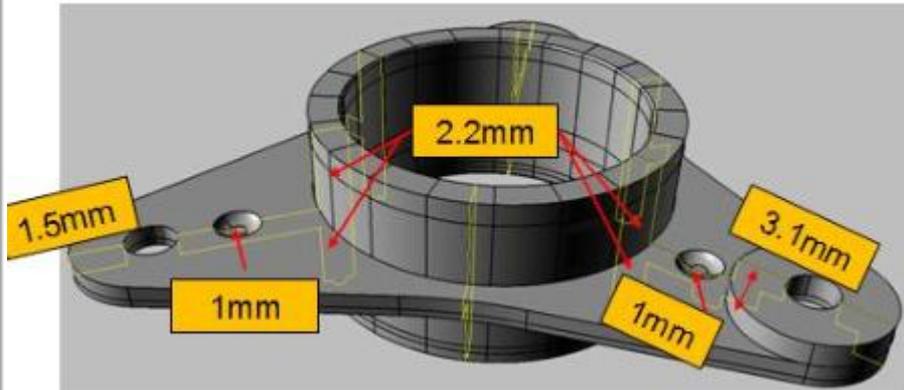
設計一翹曲趨勢



設計二翹曲趨勢

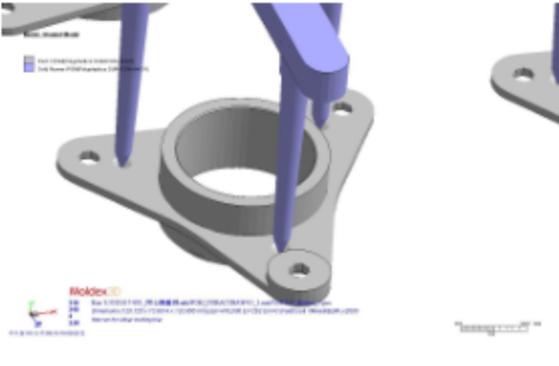
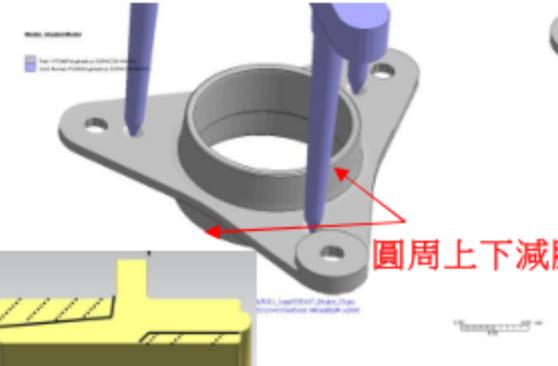
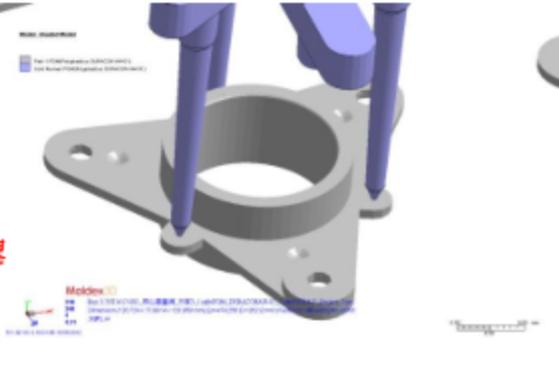
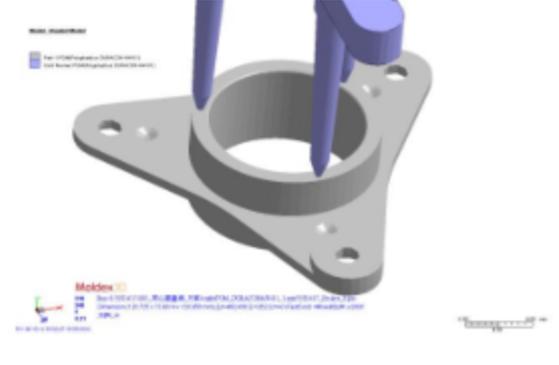
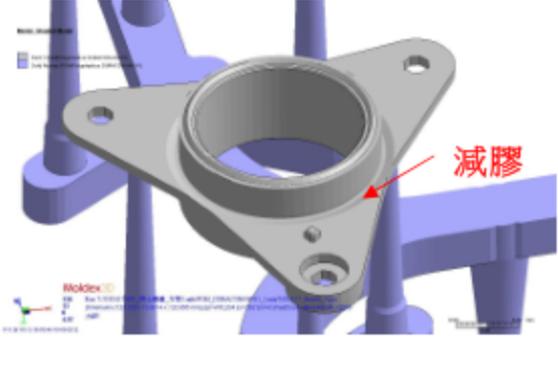
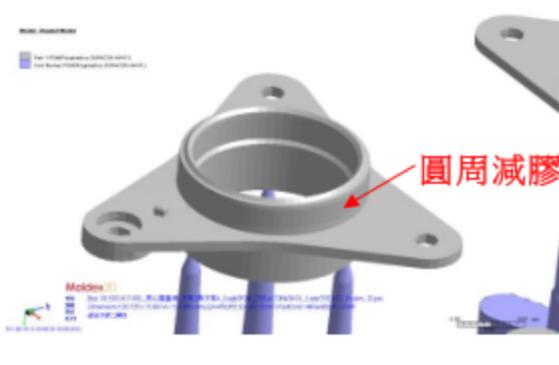
# 軸承襯套元件的真圓度案例解析

# 保壓分析\_內部溫度剖面 &等位面分布

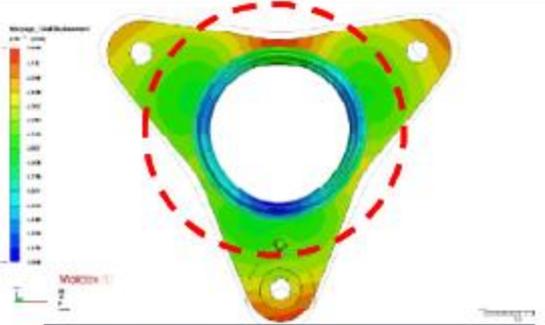
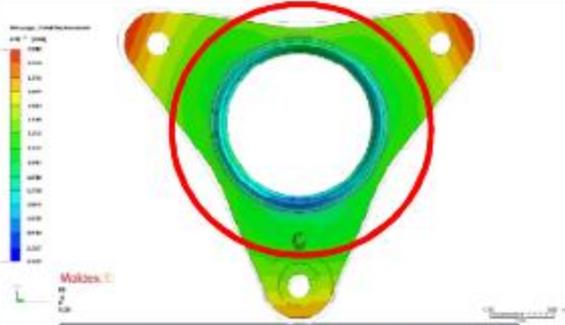
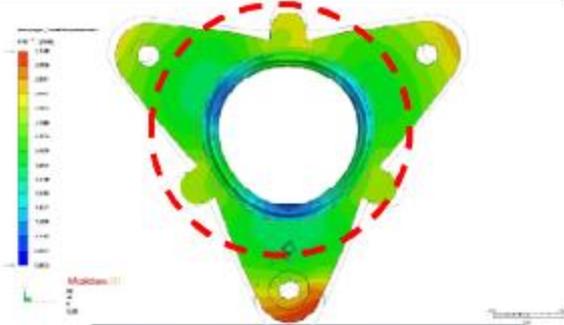
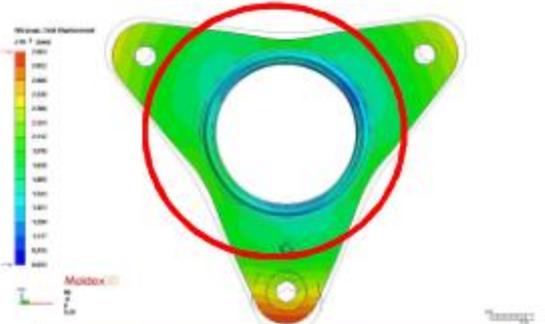
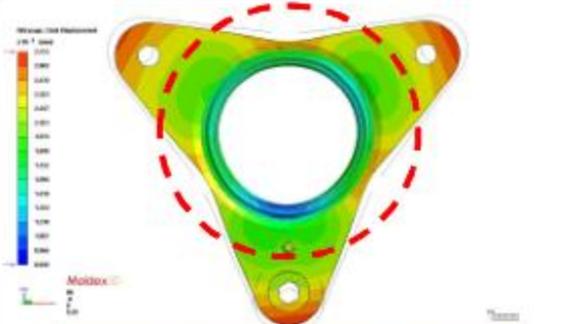
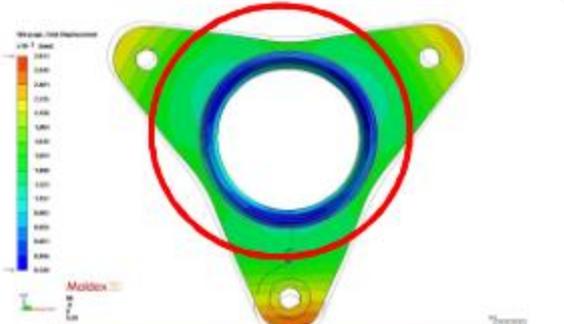


由分析可發現中間較厚(2.2mm)圓筒區在保壓結束後仍維持較高溫度，而進澆區與其餘區域因為厚度僅1mm&1.5mm，較薄，故保壓後皆已近乎冷卻，無法對末端圓筒區有良好的保壓作用，中間圓筒區後續容易有較高體積收縮拉扯變形，恐影響真圓度。

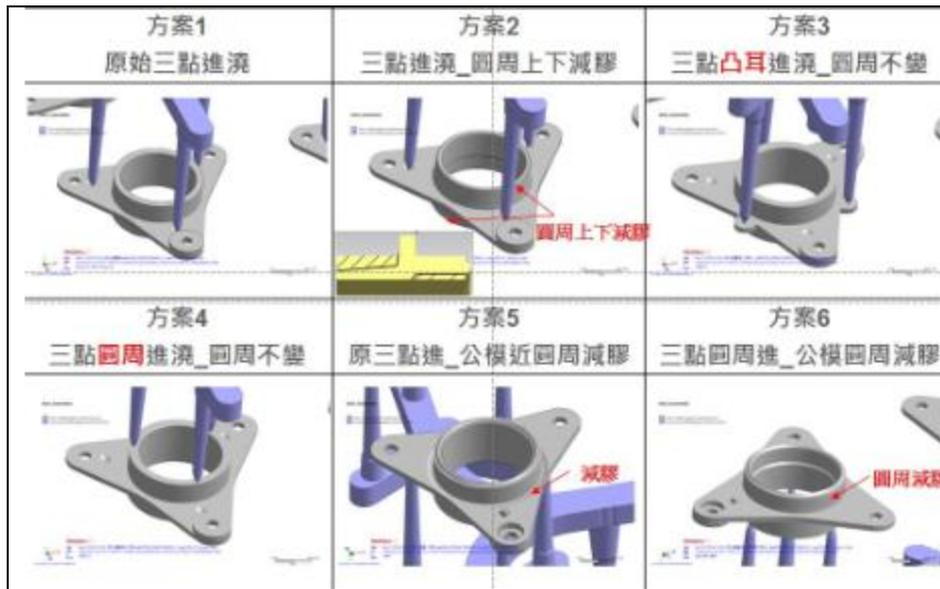
# 設計變更組別

<p>方案1 原始三點進澆</p>	<p>方案2 三點進澆_圓周上下減膠</p>	<p>方案3 三點凸耳進澆_圓周不變</p>
		
<p>方案4 三點圓周進澆_圓周不變</p>	<p>方案5 原三點進_公模近圓周減膠</p>	<p>方案6 三點圓周進_公模圓周減膠</p>
		

# 設計變更組別\_總位移量比較

<p>方案1 原始三點進澆</p>	<p>方案2 三點進澆_圓周上下減膠</p>	<p>方案3 三點凸耳進澆_圓周不變</p>
 <p>-0.106mm~0.283mm</p>	 <p>-0.016mm~0.204mm</p>	 <p>-0.08mm~0.312mm</p>
<p>方案4 三點圓周進澆_圓周不變</p>	<p>方案5 原三點進_公模近圓周減膠</p>	<p>方案6 三點圓周進_公模圓周減膠</p>
 <p>-0.083mm~0.296mm</p>	 <p>-0.084mm~0.273mm</p>	 <p>-0.033mm~0.281mm</p>

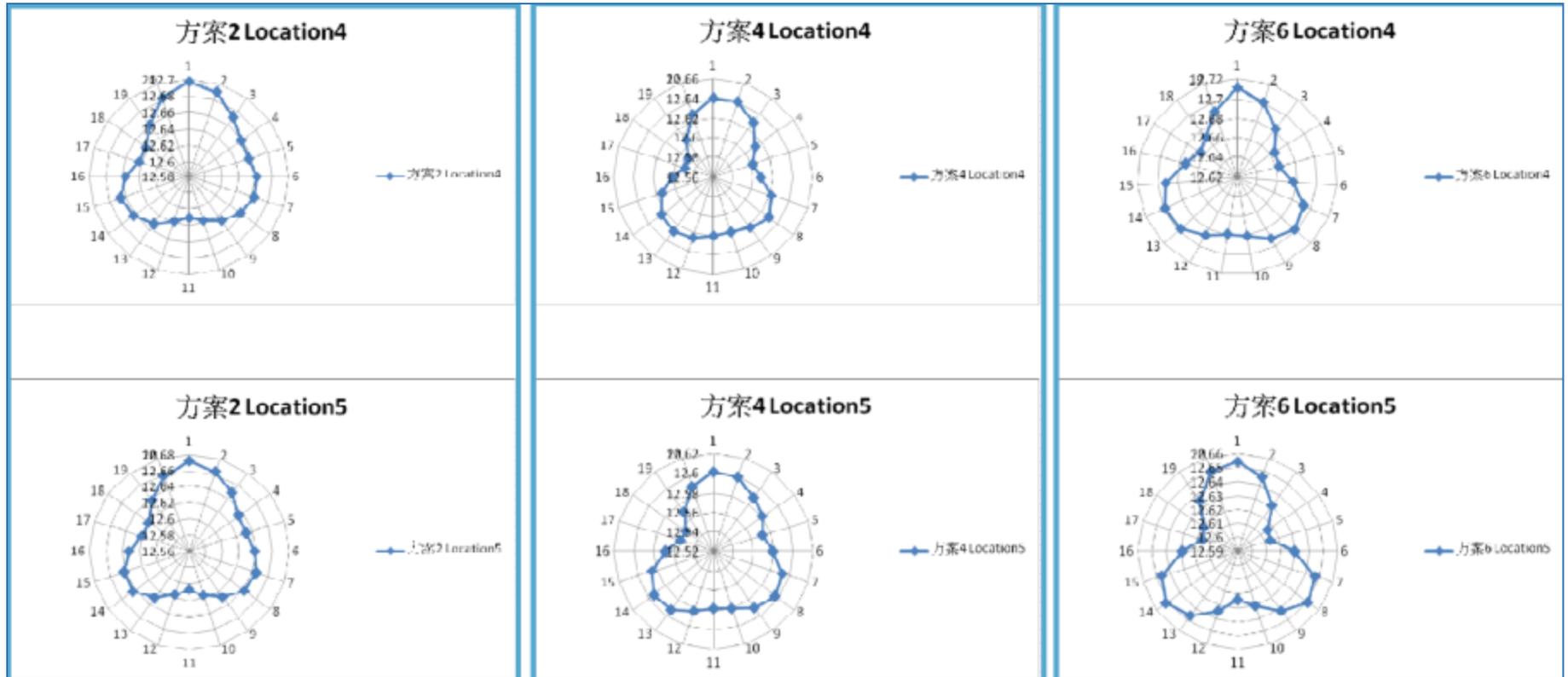
# 設計變更組別\_總位移量比較



單位mm	X方向位移量				Y方向位移量				Z方向位移量			
	min	max	total	改善率	min	max	total	改善率	min	max	total	改善率
方案1	-0.232	0.237	0.469		-0.129	0.12	0.249		-0.283	0.282	0.565	
方案2	-0.18	0.18	0.36	23.2%	-0.052	0.063	0.115	53.8%	-0.178	0.178	0.356	37.0%
方案3	-0.243	0.242	0.485	-34.7%	-0.138	0.121	0.259	-125.2%	-0.31	0.31	0.62	-74.2%
方案4	-0.208	0.208	0.416	14.2%	-0.121	0.122	0.243	6.2%	-0.295	0.294	0.589	5.0%
方案5	-0.247	0.242	0.489	-17.5%	-0.117	0.138	0.255	-4.9%	-0.262	0.26	0.522	11.4%
方案6	-0.174	0.173	0.347	29.0%	-0.126	0.149	0.275	-7.8%	-0.266	0.266	0.532	-1.9%

分析結果看來以方案2，方案4以及方案6的變形改善較佳，後續以此三組來比較

# 方案2 & 4 & 6\_Location4~5 CAE分析比較



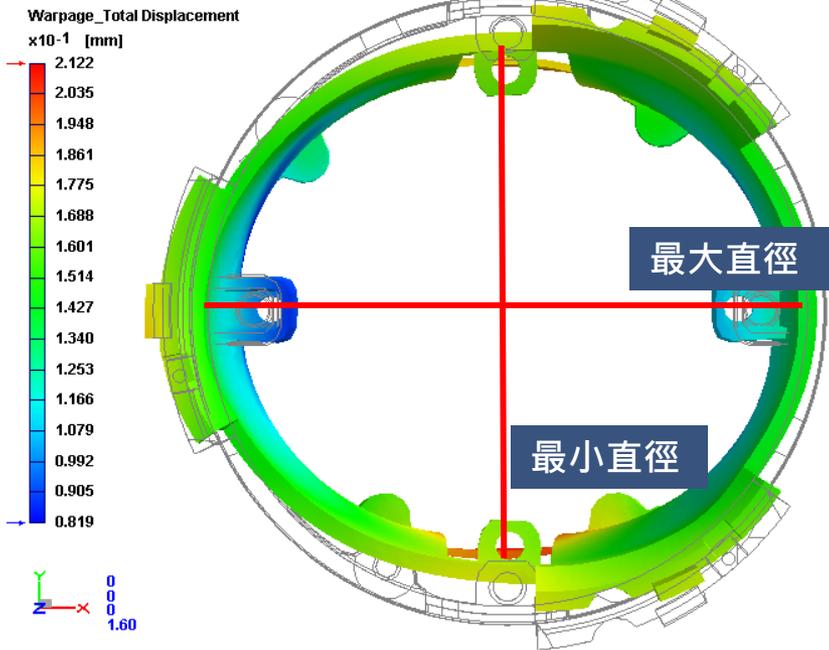
比較外圈Location4~Location5，可以發現，以方案2  
內外圈上下都減膠後，其真圓度較一致。

# 光學套筒元件案例解析

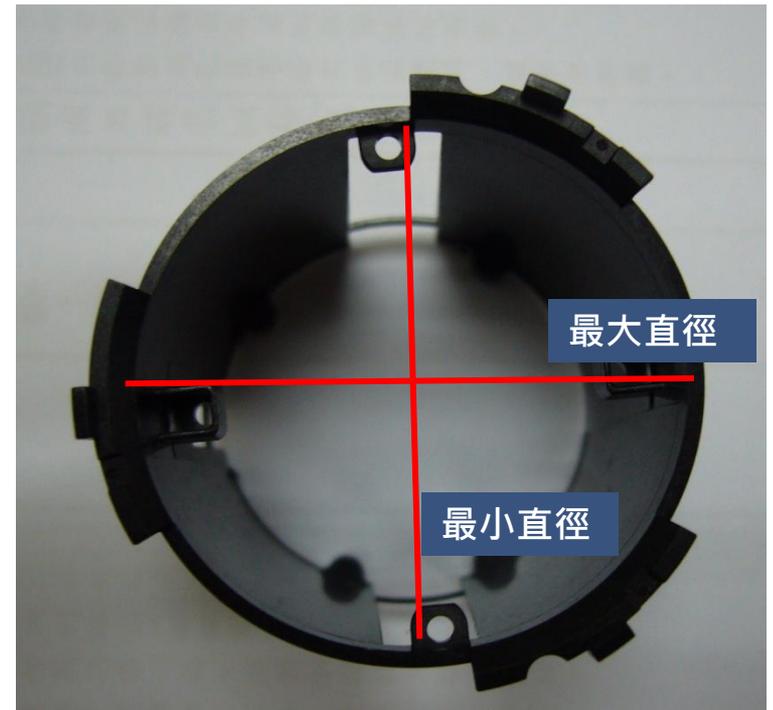
# 總位移-模擬與實際設出之比較

- > 由模擬與實際射出結果皆可看出兩者的變形形狀相似，都有略為呈現橢圓的變型結果，且趨勢一致。
- > 定義**真圓度**為：工件最大直徑與最小直徑的差值

Moldex3D



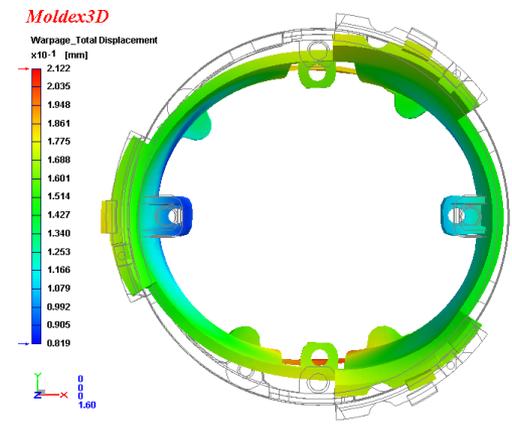
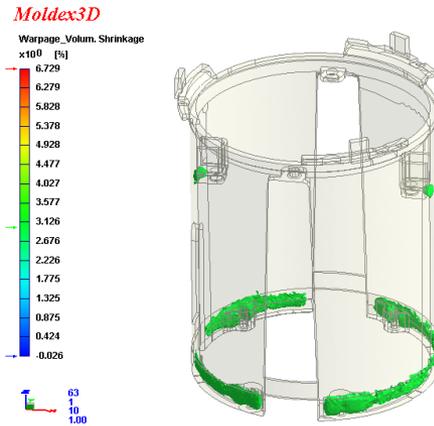
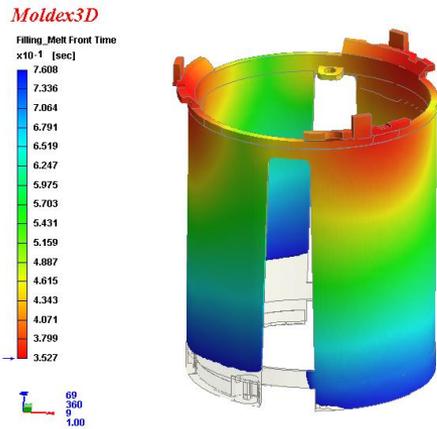
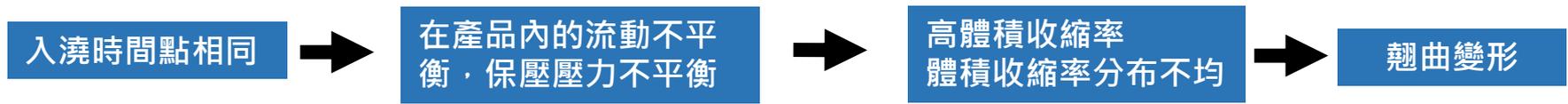
最大直徑: 38.60 mm  
最小直徑: 38.36 mm  
真圓度: 0.24mm



最大直徑: 38.68 mm  
最小直徑: 38.24 mm  
真圓度: 0.44mm

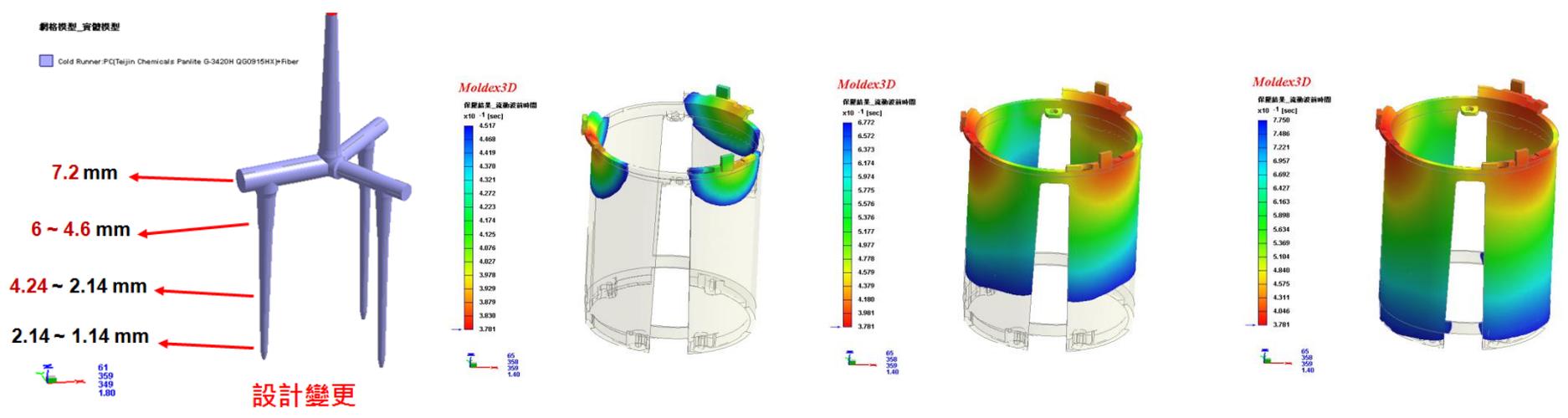
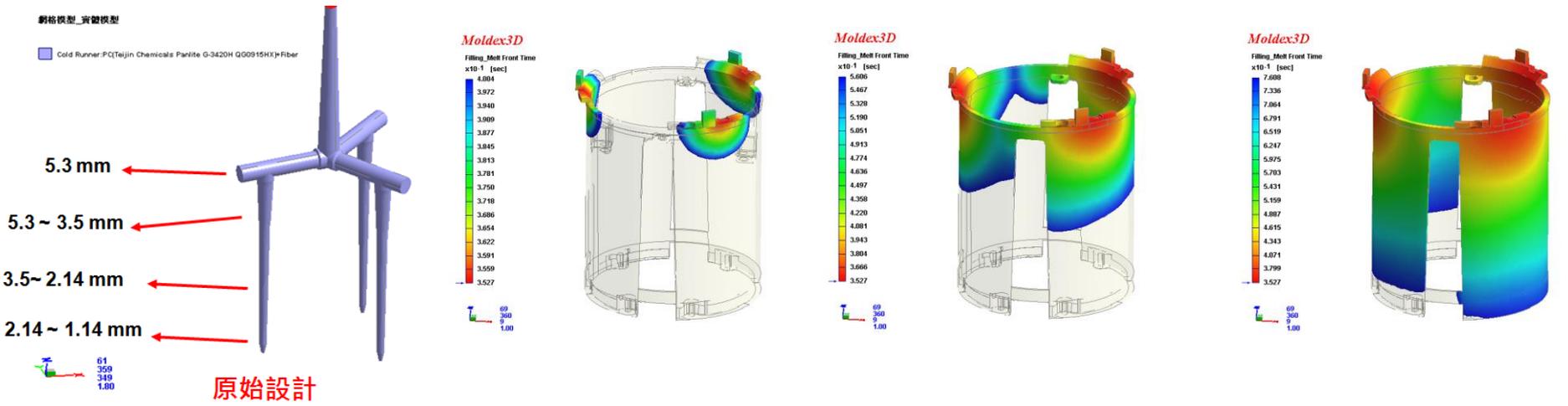
# 分析重點整理

- **Moldex3D for Know-Why:**從原始分析我們可看出造成產品變形的原因(保壓的分布不均)。



**Moldex3D可協助使用者找出Know-Why和Know-How，此為有效累積解決問題的實力以及建立技術團隊之極佳助器。**

# 設計變更比較

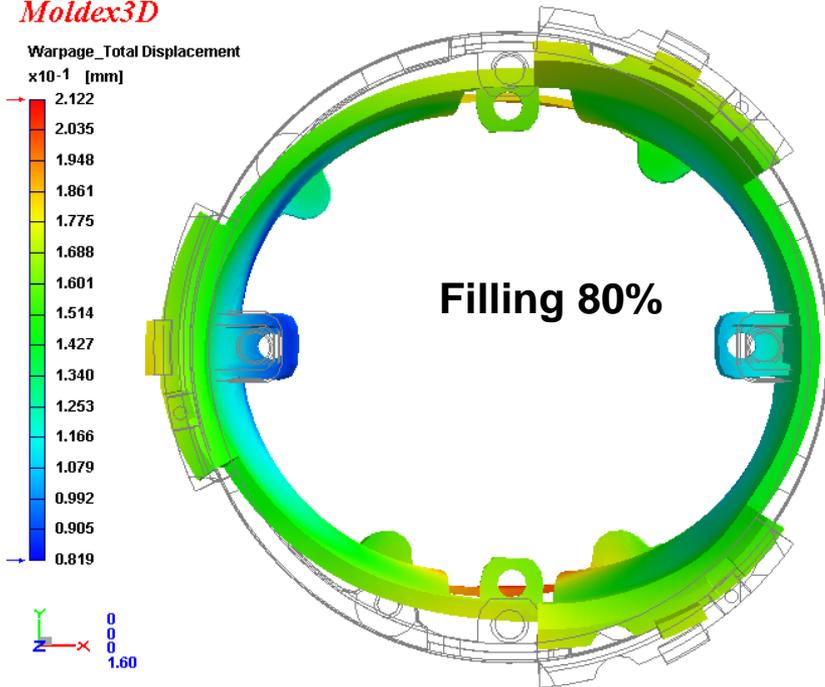
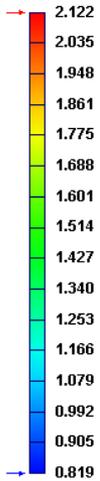


# 設變前後之比對：有較佳的真圓度

原始設計

Moldex3D

Warpage\_Total Displacement  
x10<sup>-1</sup> [mm]



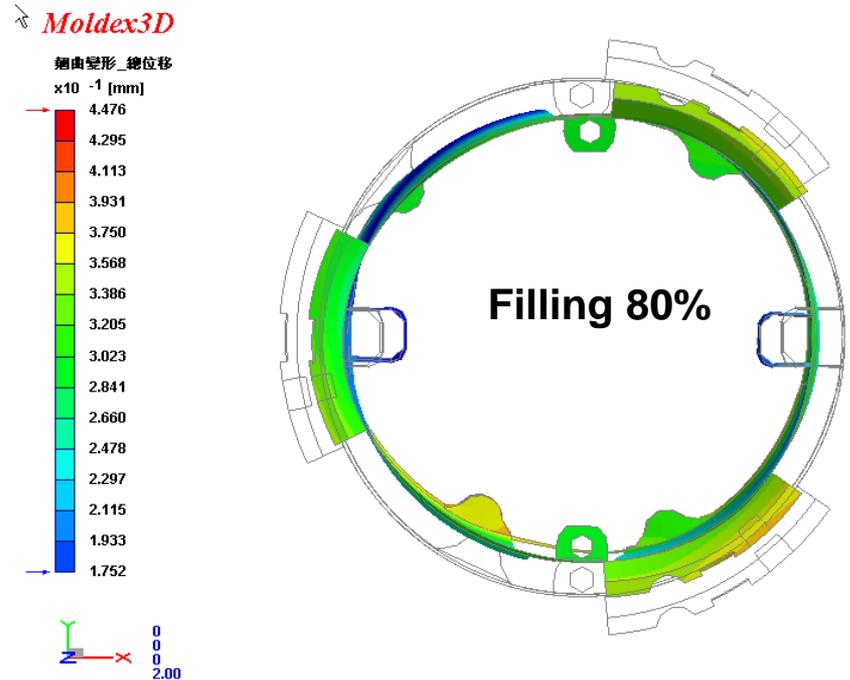
最大直徑: 38.60 mm  
最小直徑: 38.36 mm

真圓度: 0.24mm

設計變更

Moldex3D

總曲變形\_總位移  
x10<sup>-1</sup> [mm]



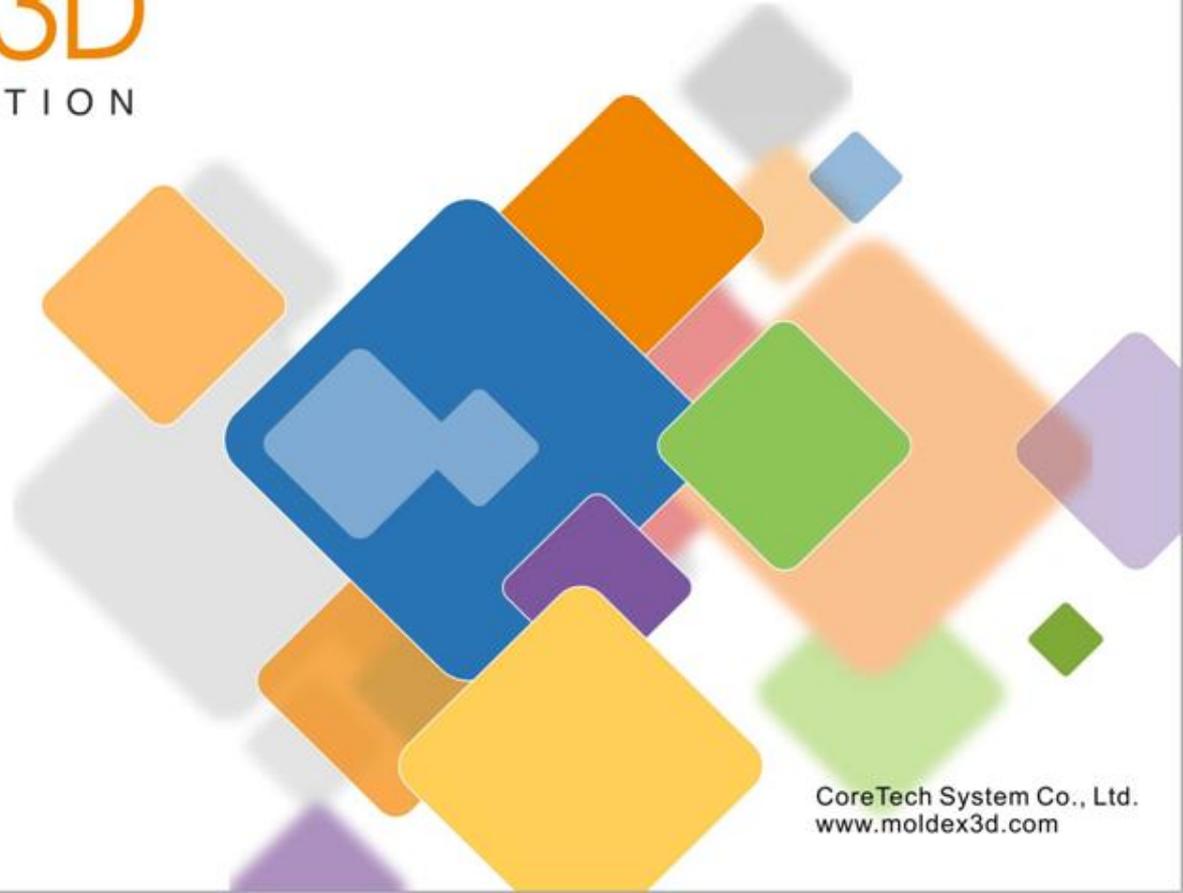
最大直徑: 38.74 mm  
最小直徑: 38.55 mm

真圓度: 0.19mm(-21%)



# Moldex3D

MOLDING INNOVATION



CoreTech System Co., Ltd.  
[www.moldex3d.com](http://www.moldex3d.com)