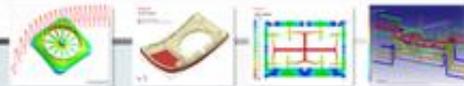




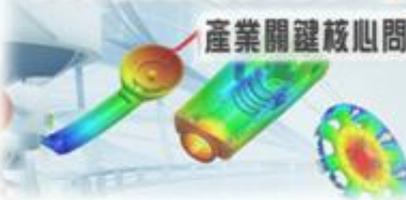
Moldex3D
MOLDING INNOVATION

ACMT Moldex3D



Moldex3D 實戰應用解析課程
產業關鍵核心問題剖析, 全面提升模具開發競爭力

全建構式核心問題剖析能力
有效全提升模具開發設計
全面提升模具開發設計品質



MAC-005

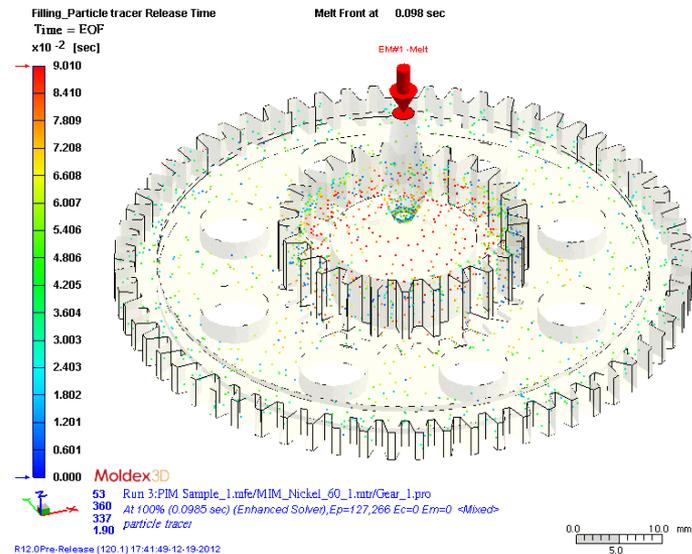
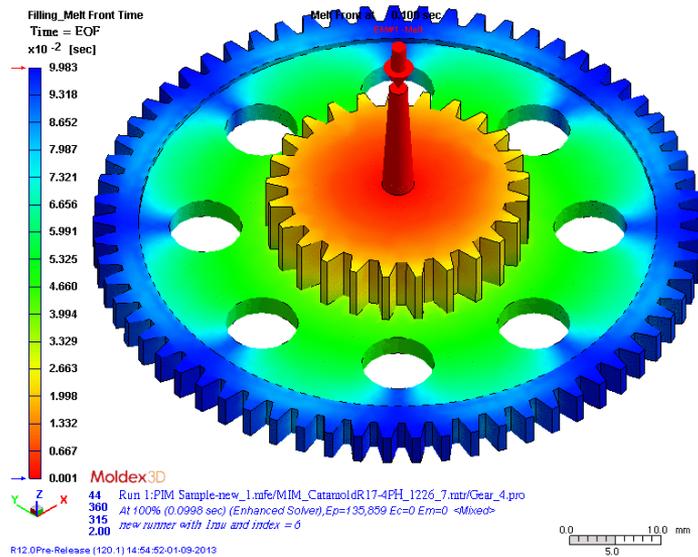
Moldex3D在 【粉末射出成型黑線問題解析】之應用

Version : 2.0

成型常見問題 黑線位置預測(Black Lines)

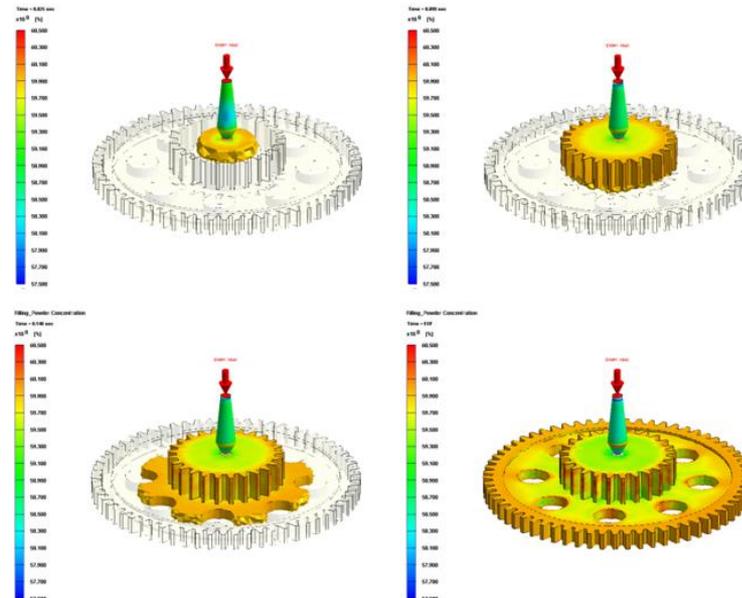
粒子追蹤分析 (Particle Tracer Analysis)

- > 觀察流動過程中的相分離現象。
- > Moldex3D粉末射出成型模組支援粒子追蹤分析，提供流動波前顯示，讓使用者精確了解相分離行為與粉末濃度的分布關係。



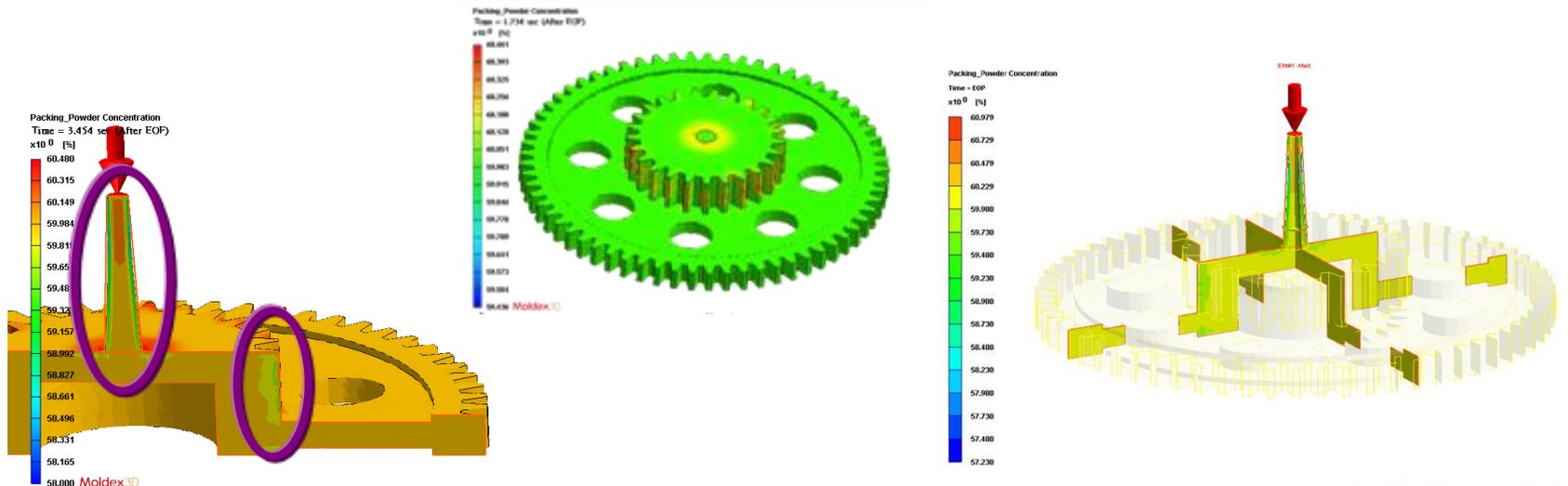
Moldex3D粉末濃度分析

- > 粉末濃度在粉末射出成型上是一項非常關鍵的問題。
- > 藉由精確的流動結果，Moldex3D可以預測在生胚的射出成型過程中粉末濃度的分布變化。
- > 提供有效的模擬結果，預測黑線的潛在問題，優化高精度且複雜的金屬射出成型產品。



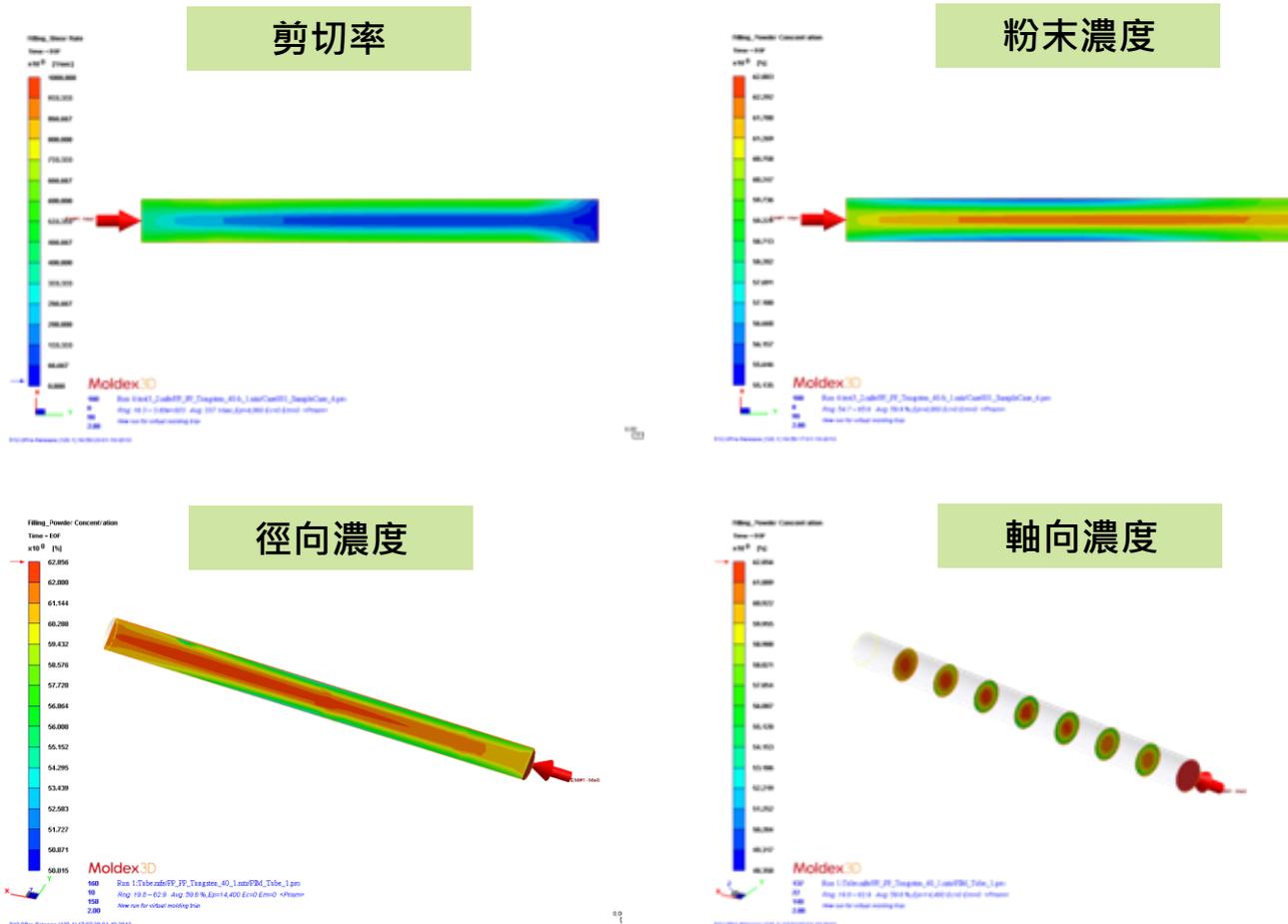
Moldex3D粉末濃度分析

- > Moldex3D可以提供不同厚度方向的粉末濃度分布。
- > 可以看出壁緣處因為高剪切率關係，粉末濃度較低，而相對內部中心的低剪切率，則有較高的粉末濃度分布。
- > 透過粉末濃度的分布結果，可以進而評估黑線的潛在位置及內部的相分離現象。



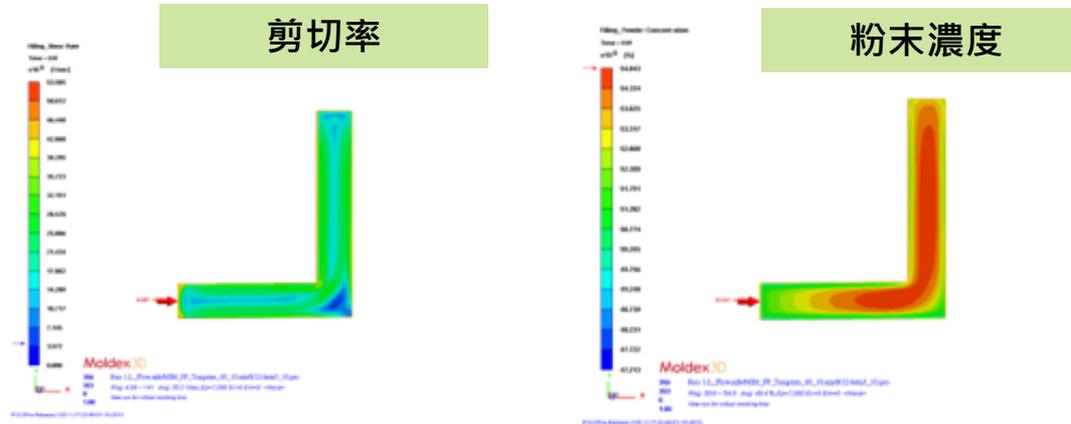
Moldex3D粉末濃度分析

- 在簡單的幾何模擬上，驗證了中心區域的低剪切率有較高的粉末濃度分布。

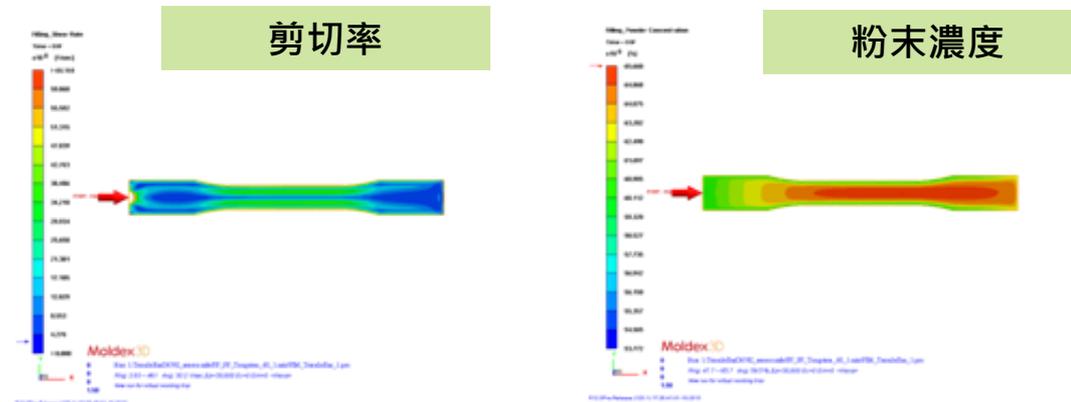


Moldex3D粉末濃度分析

> 轉角處的高剪切率相對於低的粉末濃度。

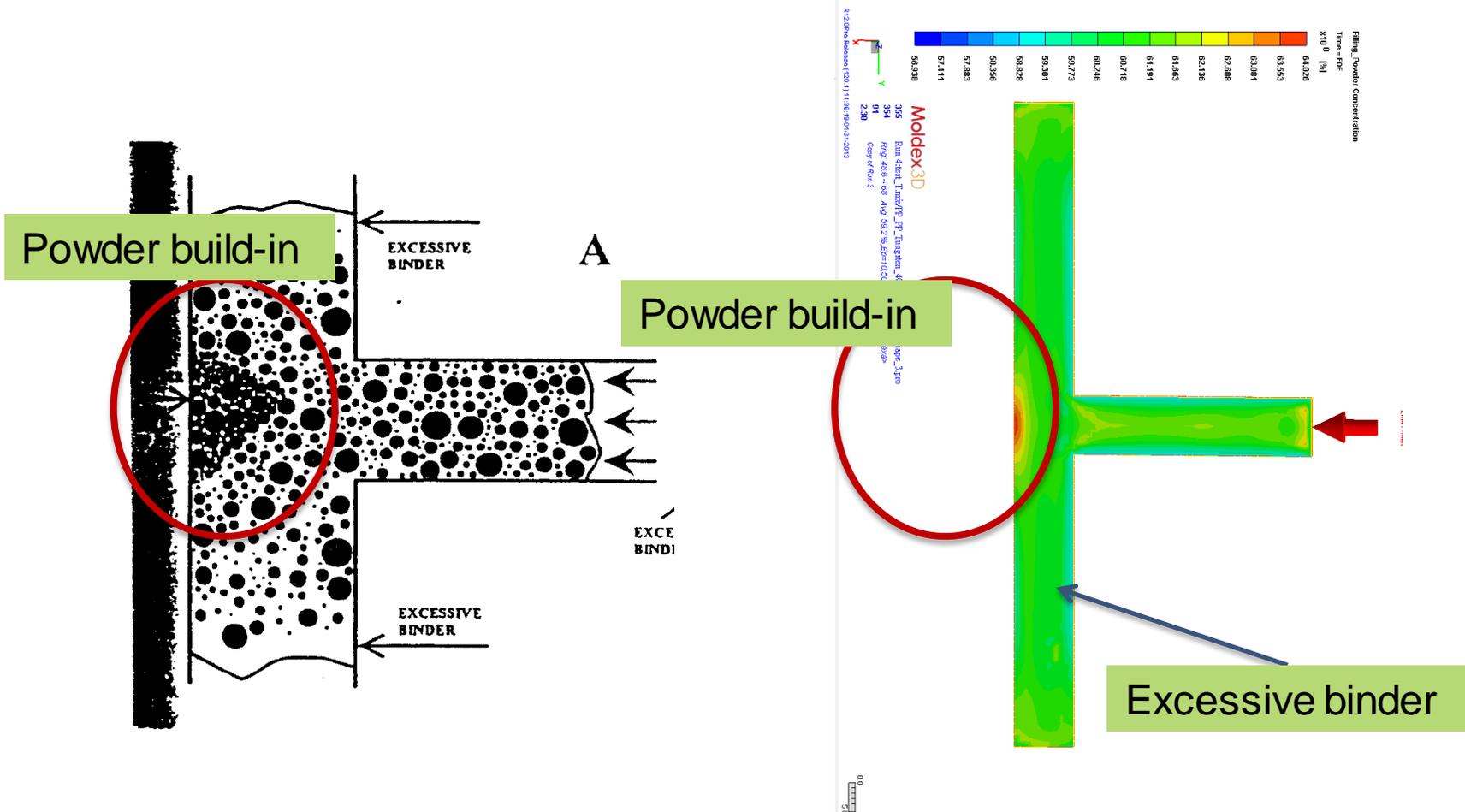


> 收縮管徑的低剪切率相對於高的粉末濃度。



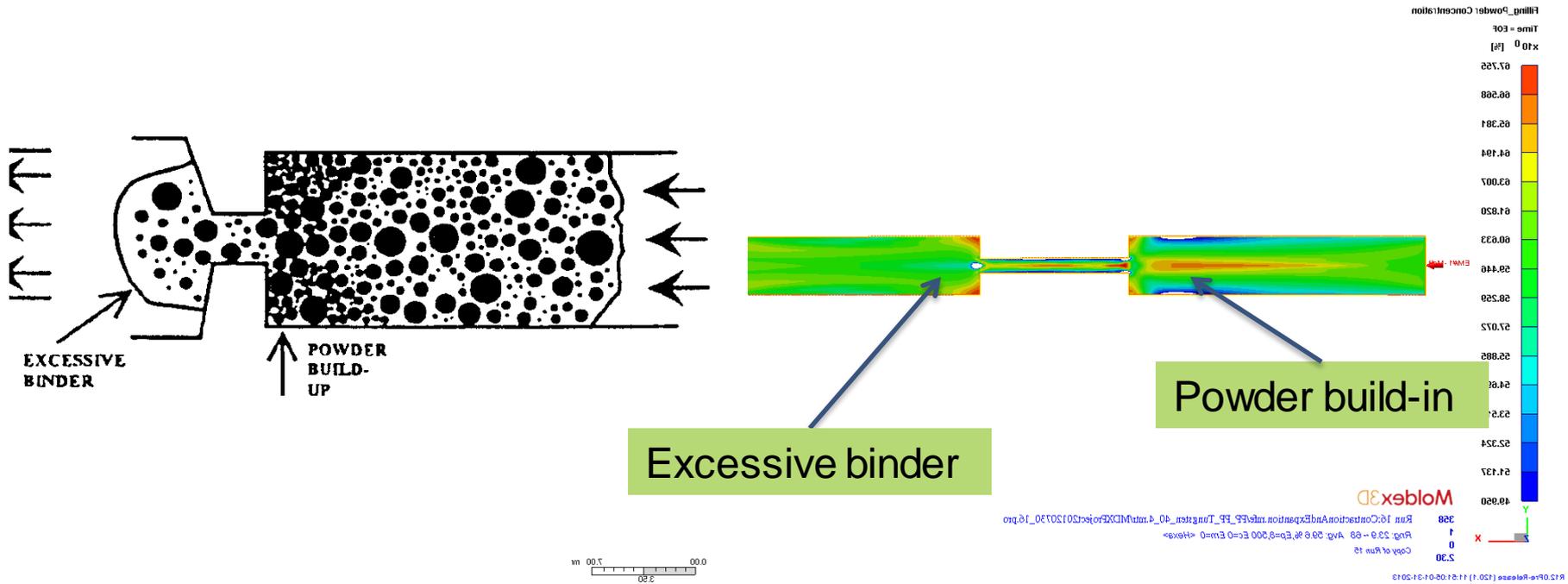
T-Shape Channel

> 在分流處會有粉末推疊產生

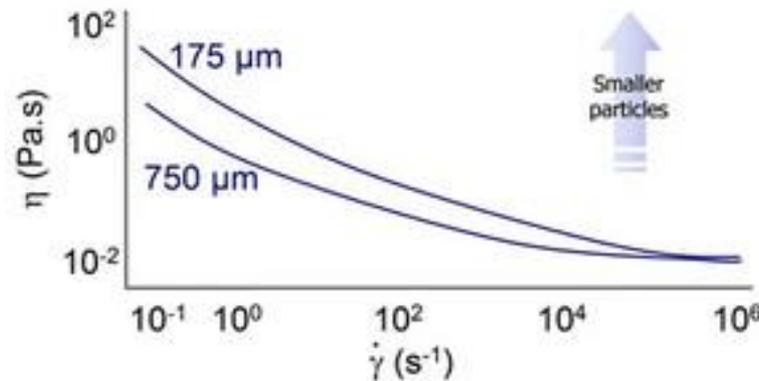
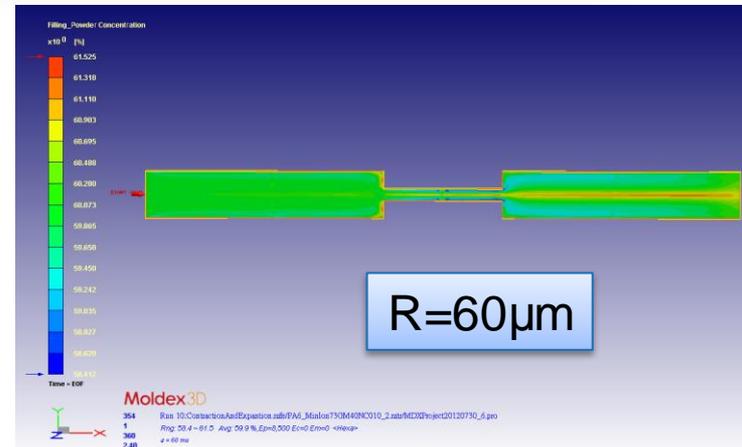
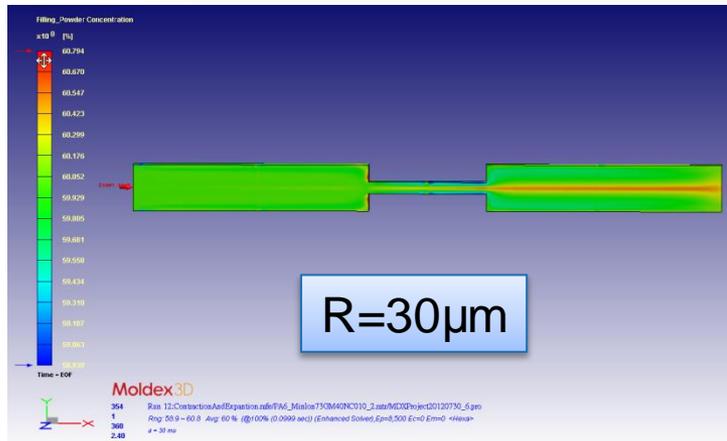
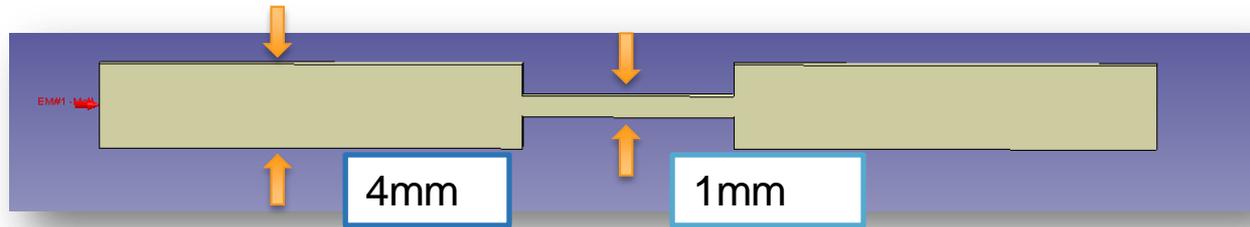


Contraction-Expansion Flow

- > 進入收縮區域前的**角落**會有powder累積，出了收縮處後binder會過多



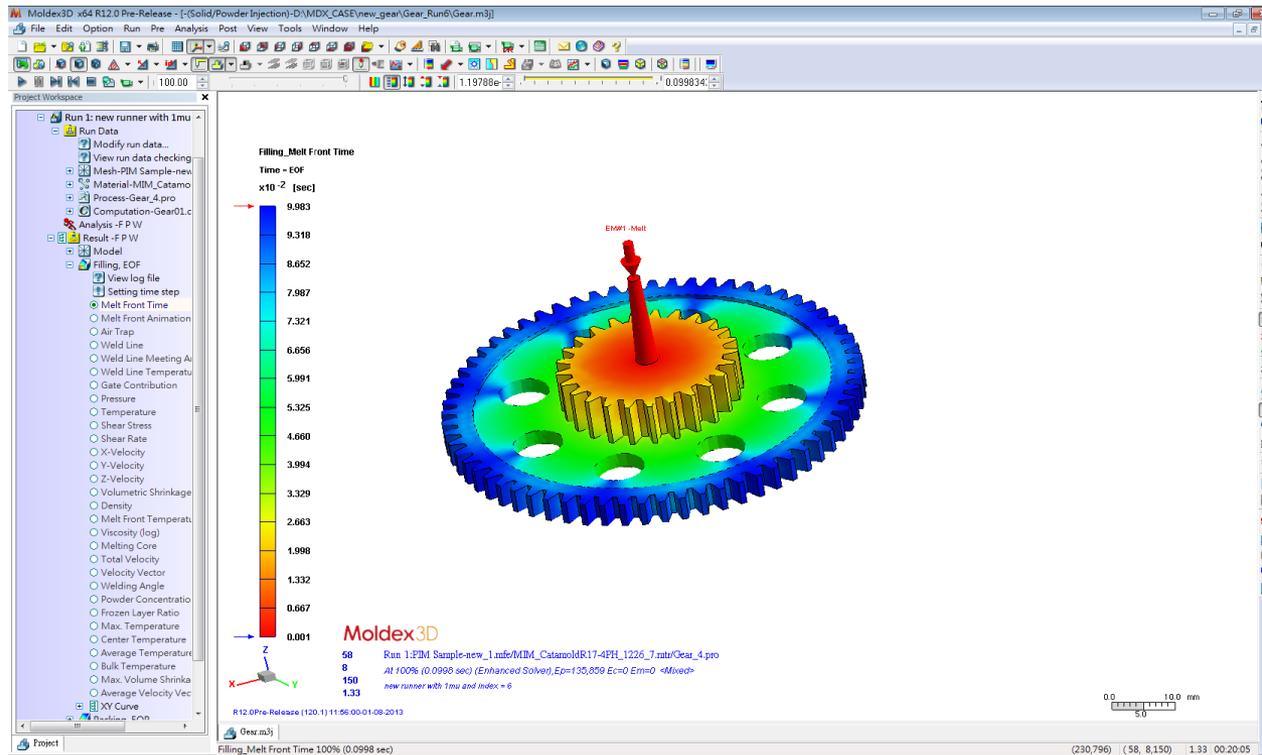
Effect of Particle Size on PIM



Moldex3D eDesign操作流程影片

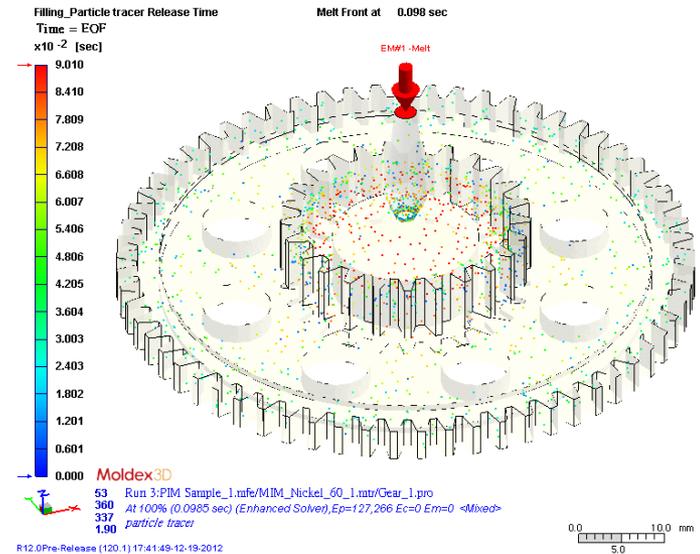
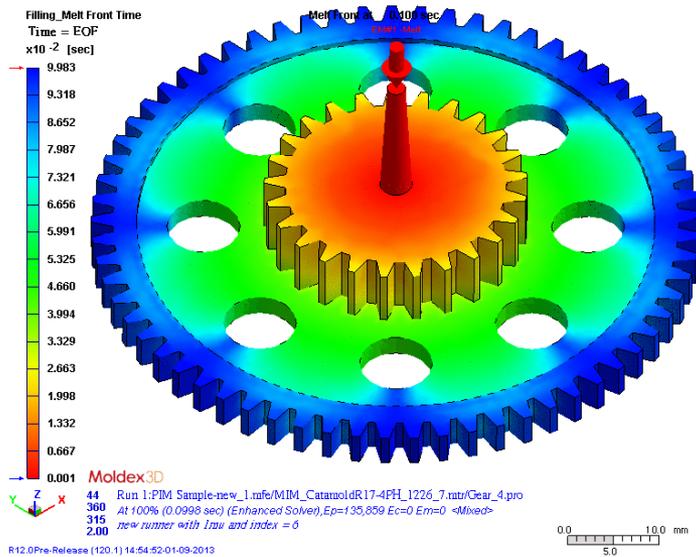
4. 分析結果

1. 計算完成後，使用者可以透過**Moldex3D Project**了解射出成型模擬結果。



4. 分析結果

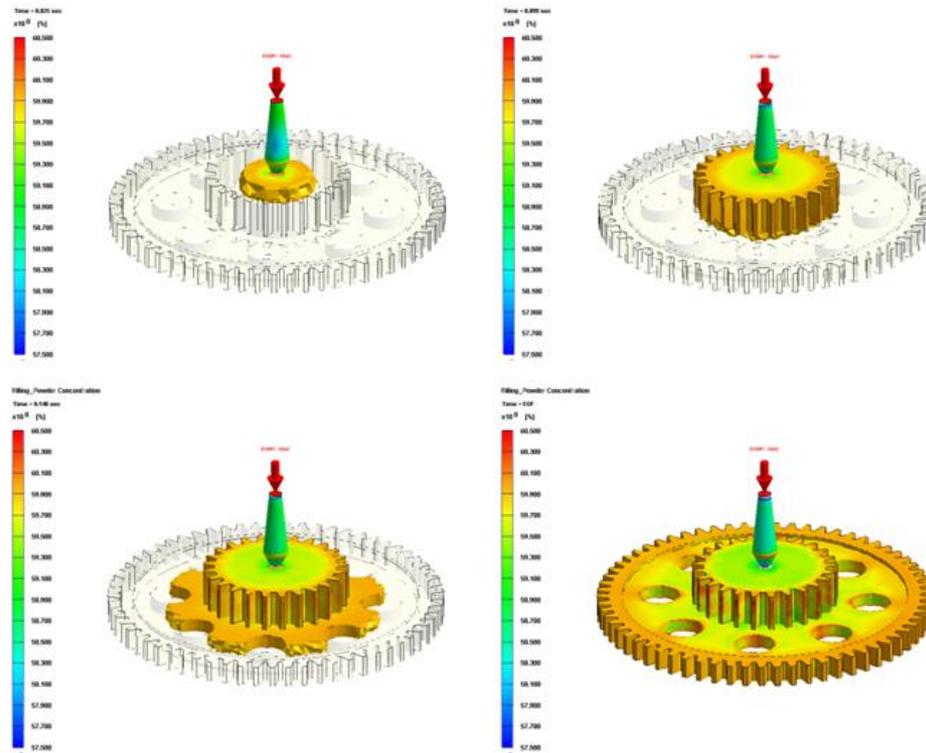
2. 選擇所需的項目顯示結果，如波前時間，粉末濃度，體積收縮等等.....。



4-1. 充填結果

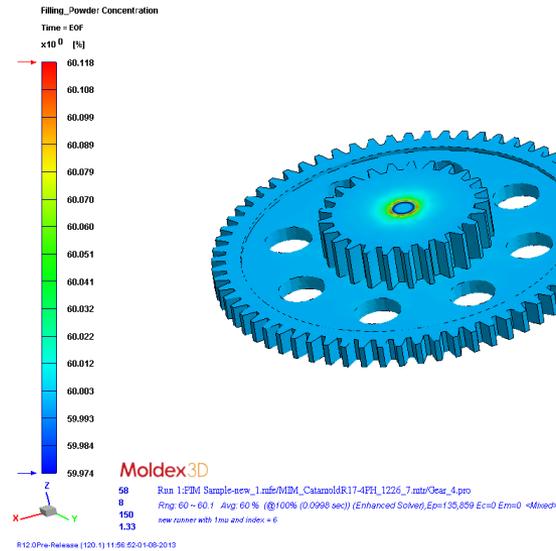
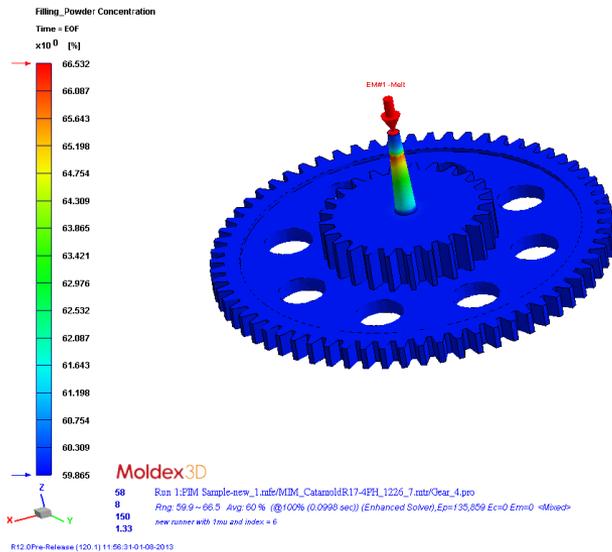
3. 透過充填結果，了解粉末濃度的分布變化。

4. 不同時間下的填充結果，可以幫助預測潛在的表面缺陷問題。



4-2. 充填結果：粉末濃度

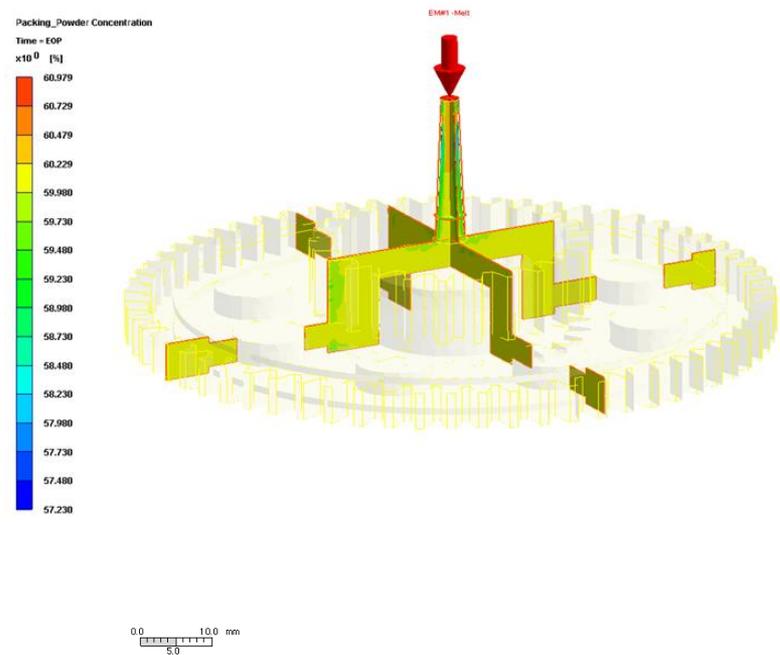
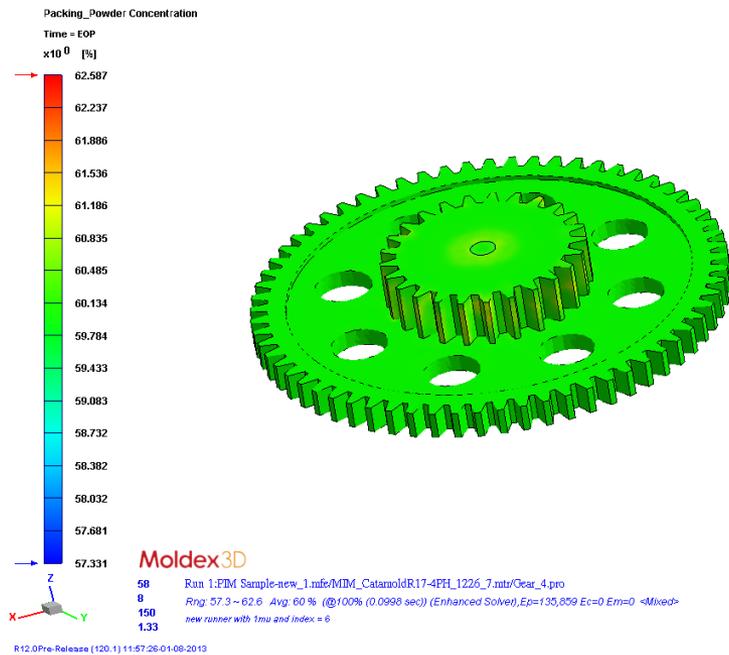
5. 比較有流道及無流道的粉末濃度結果。



0.0 10.0 mm
5.0

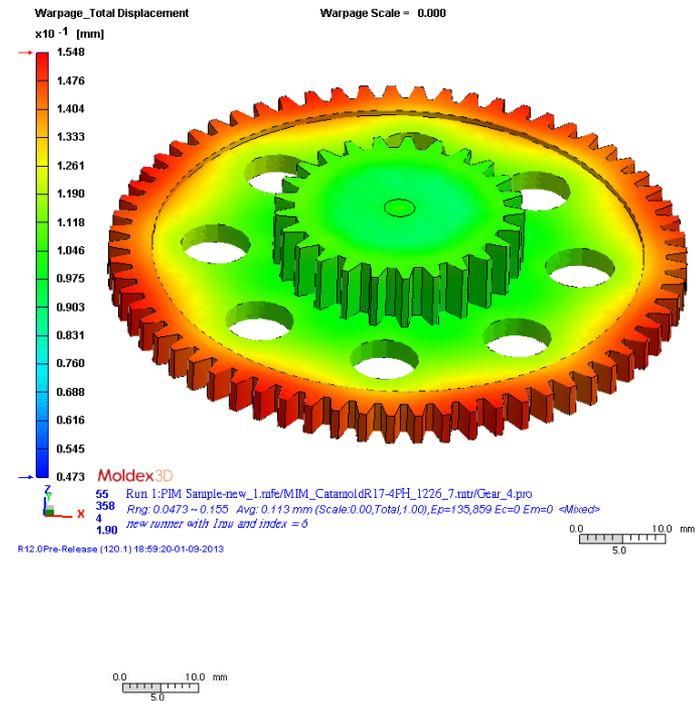
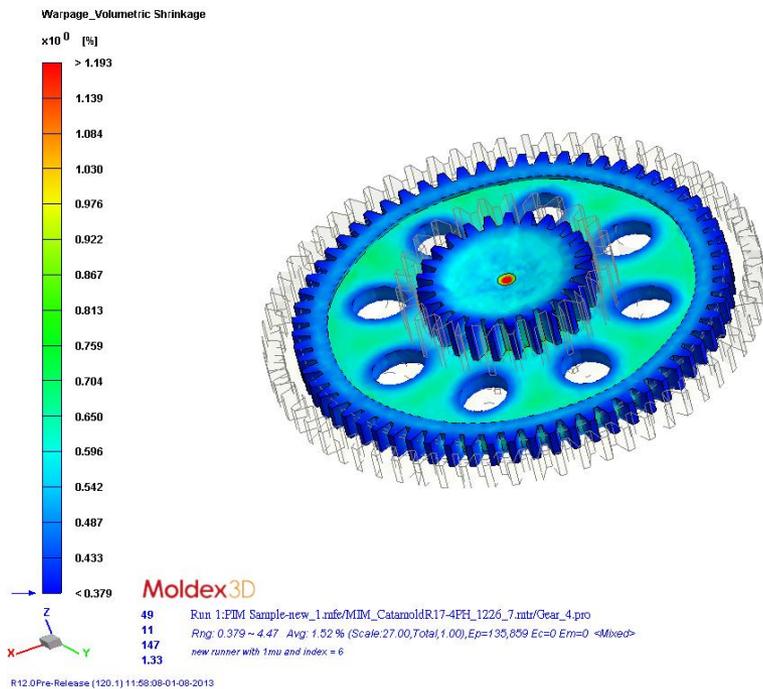
4-3. 保壓結果：粉末濃度

6. 檢查表面與內部的粉末濃度。



4-4. 翹曲

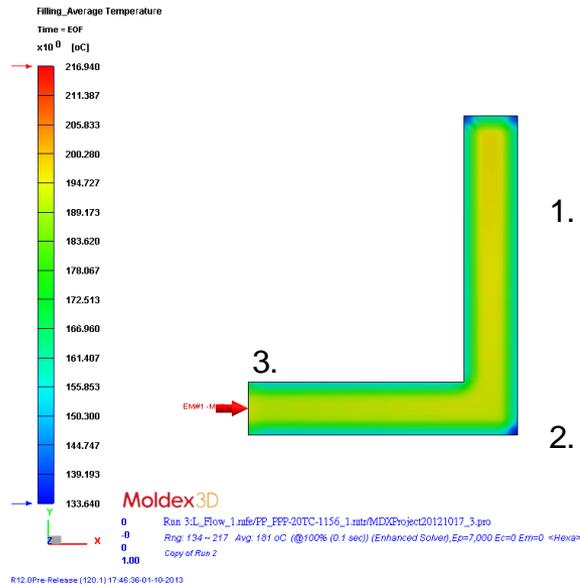
7. 透過粉末濃度的分布，可進而評估體積收縮與翹曲變形效應。



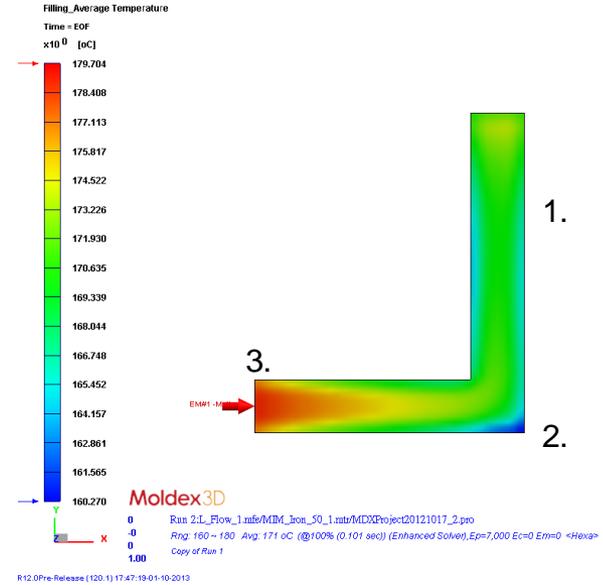
典型射出成型 v.s 粉末射出成型

平均溫度

典型射出成型



粉末射出成型

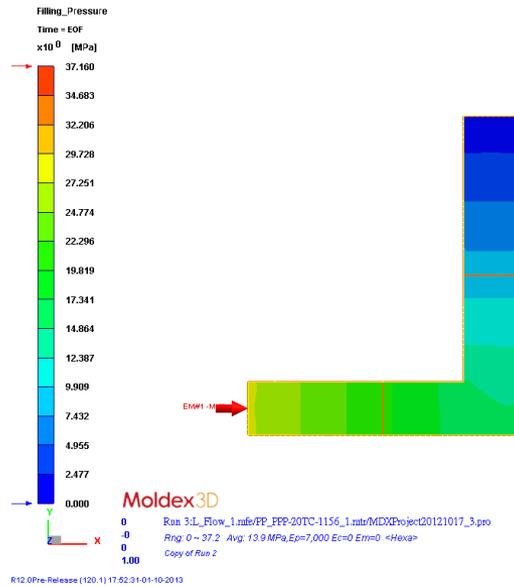


1. 初期粉末射出有較高的溫度，是因為金屬粉末關係。
2. 通過轉角處溫度會減少。
3. 最後，粉末射出溫度分布較典型射出來的均勻。

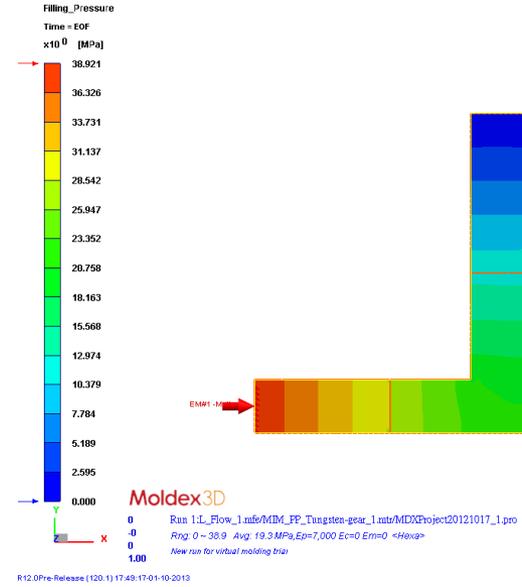
粉末射出成型有較均勻的溫度分布，可減少翹曲變形問題。

壓力

典型射出成型



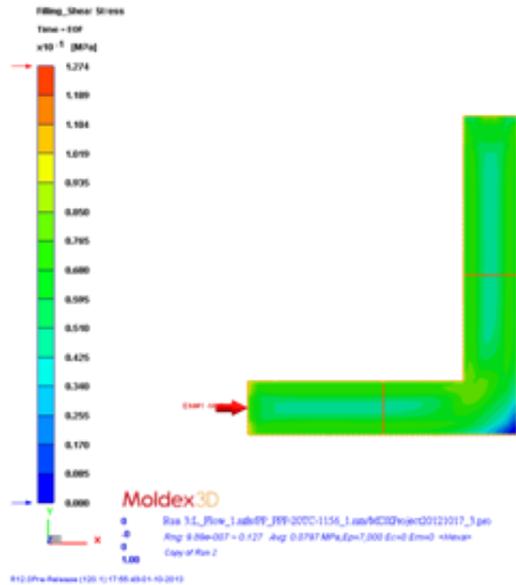
粉末射出成型



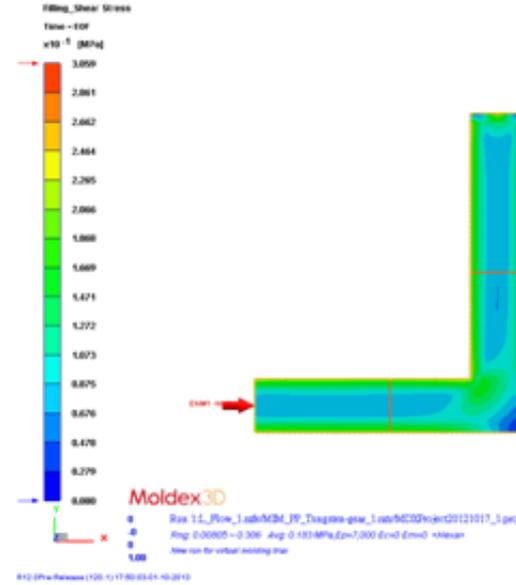
除了初期階段，兩者的壓力分布極為相似。

剪切應力

典型射出成型



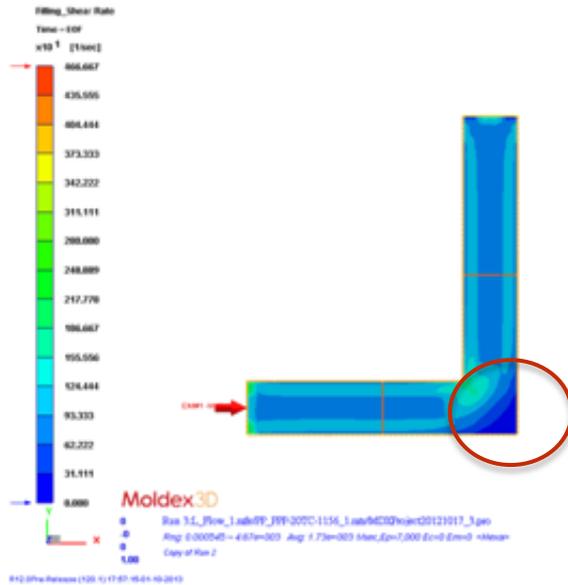
粉末射出成型



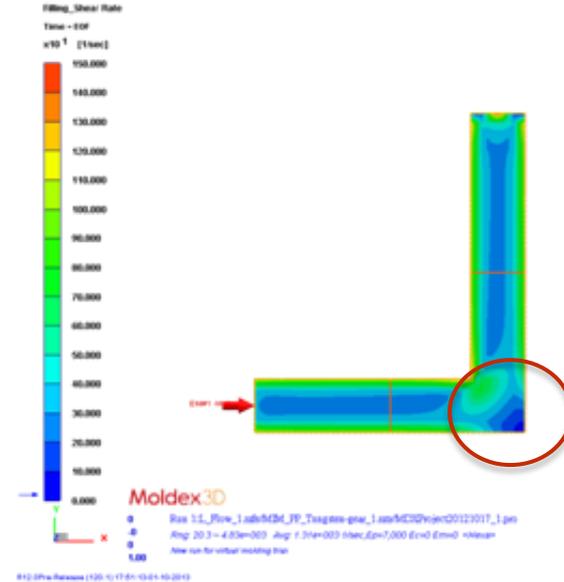
相較於典型射出，在充填過程中，粉末射出的中心與壁緣之間會有很顯著的剪切應力分布。

剪切率

典型射出成型



粉末射出成型



相較於典型射出，在粉末射出中，剪切率是造成濃度分布的重要因素，特別在轉角處，可以看出非常顯著的分佈。

實際案例分享

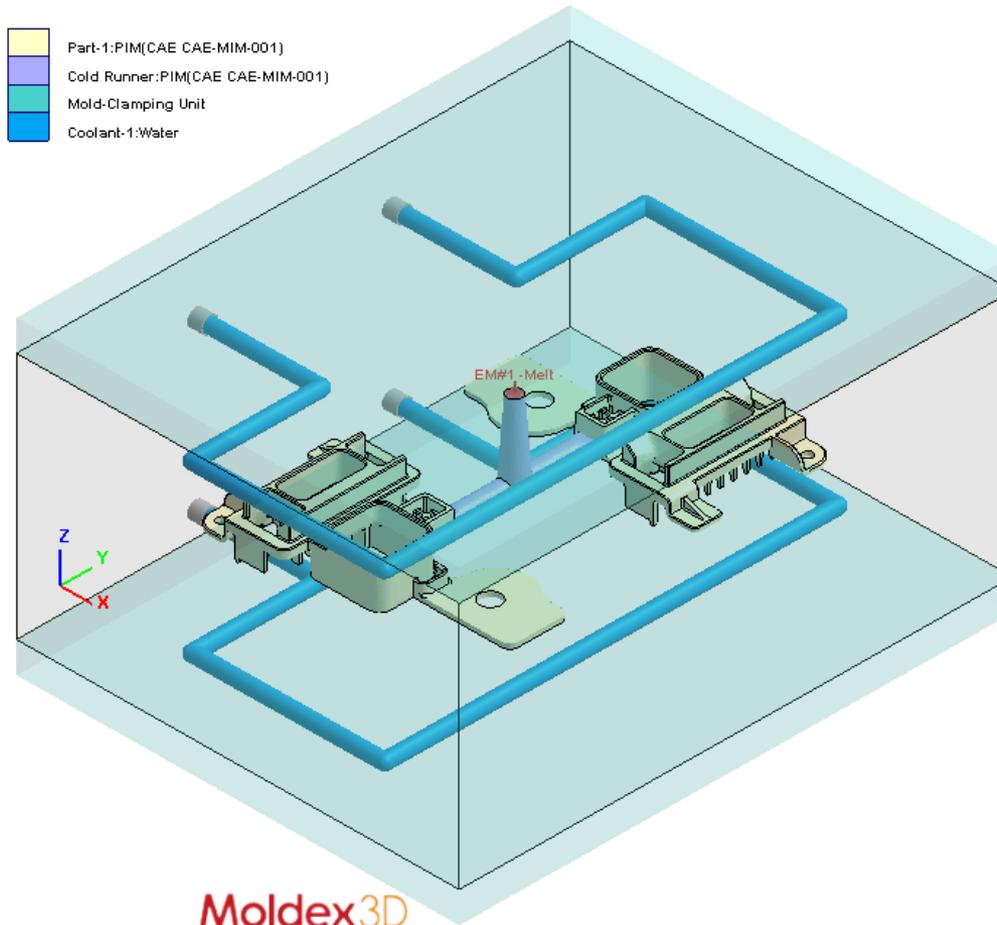
實際案例分享1

實際案例分享1

> 產品為一個工業用PDA的內部連結器

Model_Shaded Model

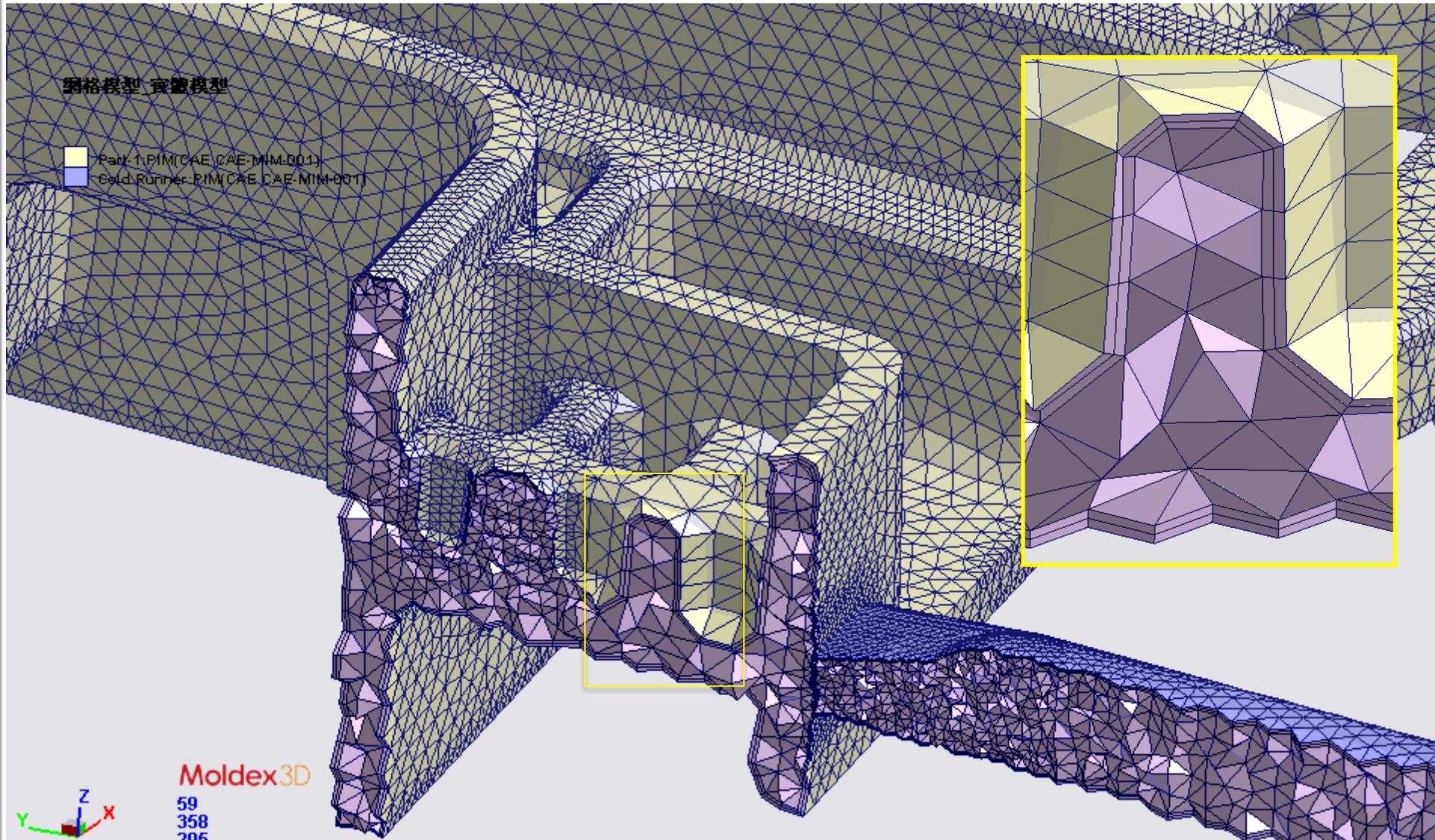
- Part-1:PIM(CAE CAE-MIM-001)
- Cold Runner:PIM(CAE CAE-MIM-001)
- Mold-Clamping Unit
- Coolant-1:Water



網格

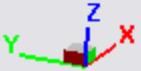
網格模型 實體模型

■ Part:1:PIM(CAE CAE-MIM-001)
■ Gold.Runner:PIM(CAE CAE-MIM-001)



Moldex3D

59
358
206



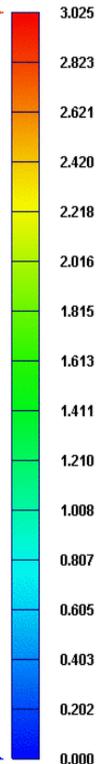
Moldex3D

Filling Animation

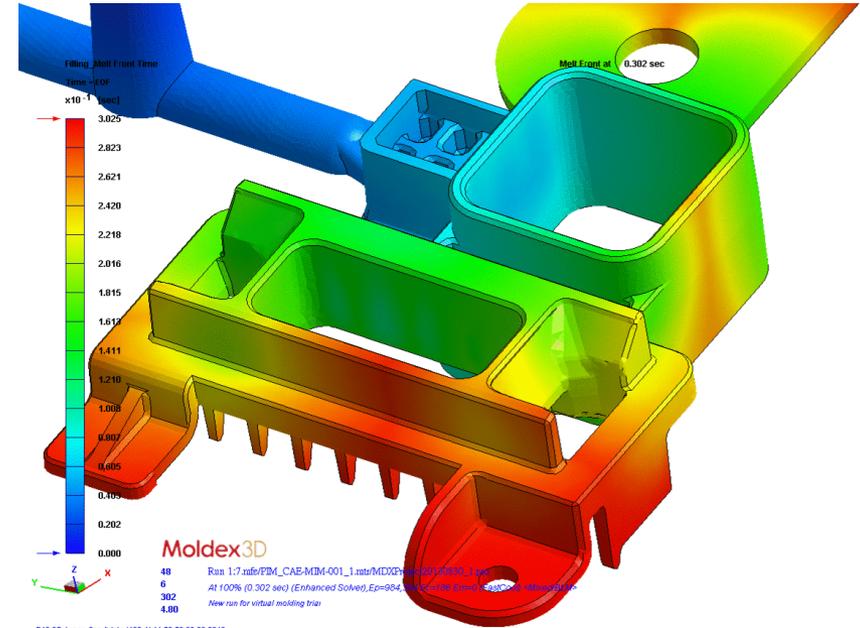
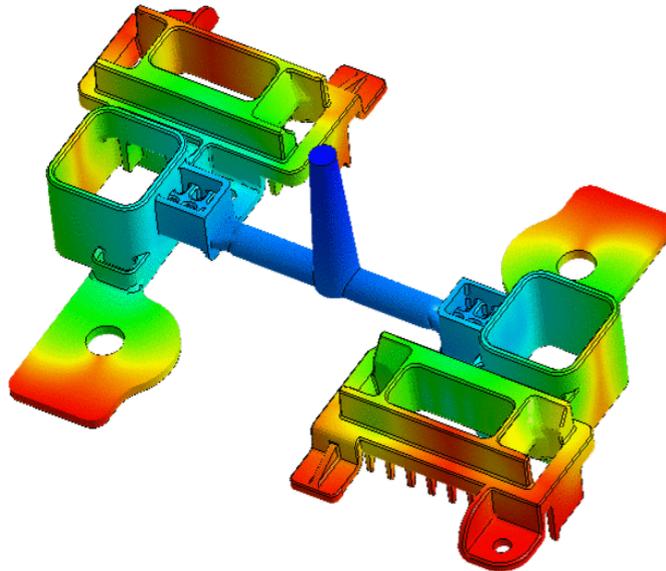
Filling_Melt Front Time

Time = EOF

$\times 10^{-1}$ [sec]

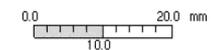


Melt Front at 0.302 sec

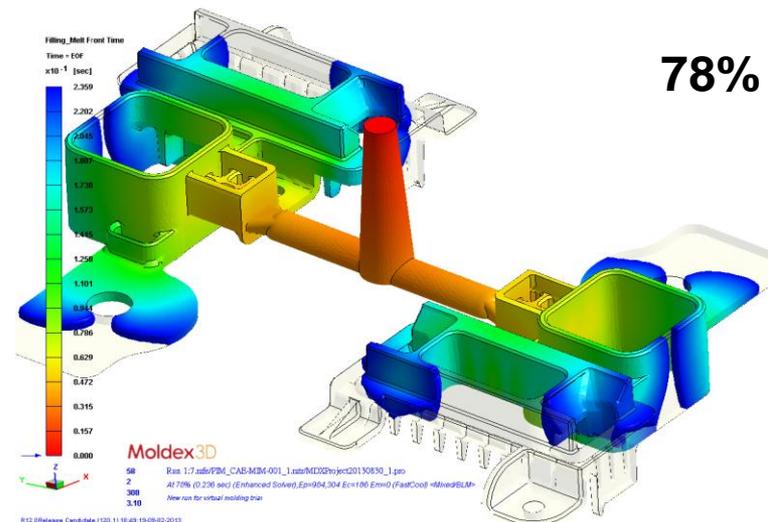
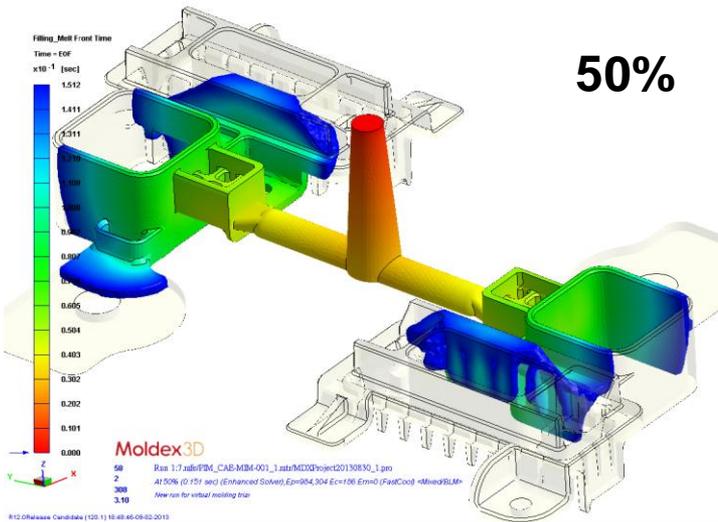
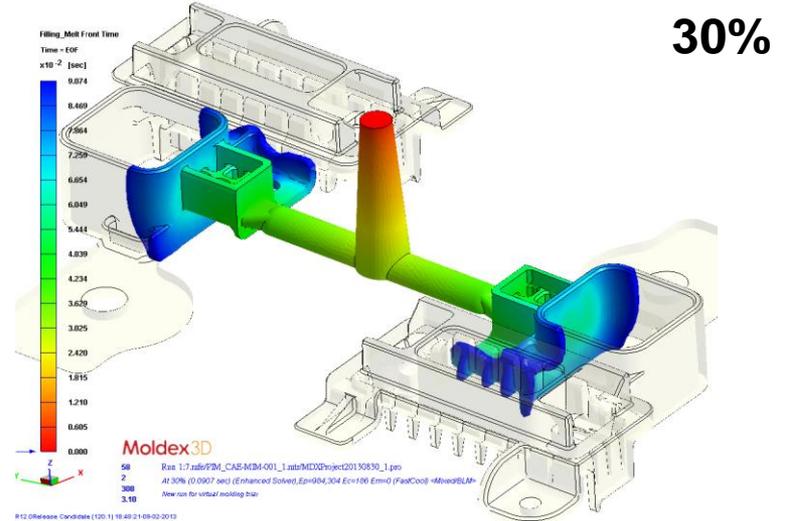
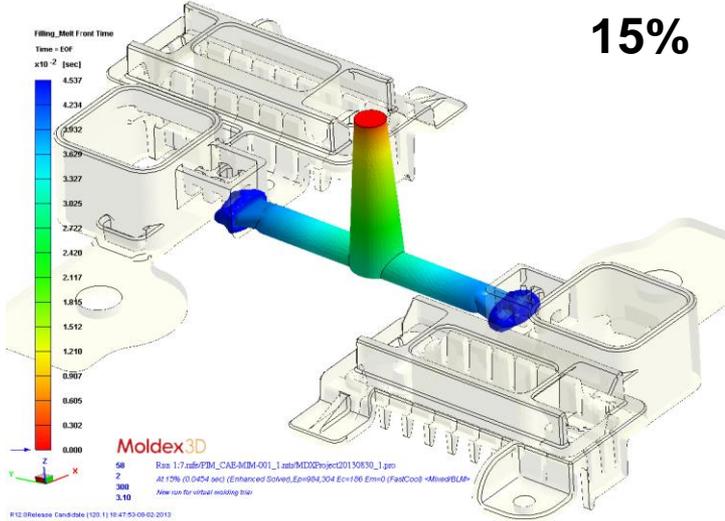


Moldex3D

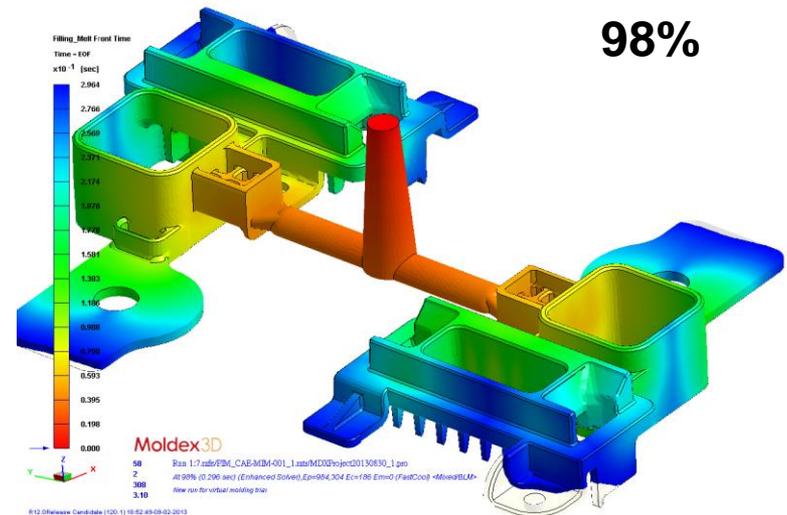
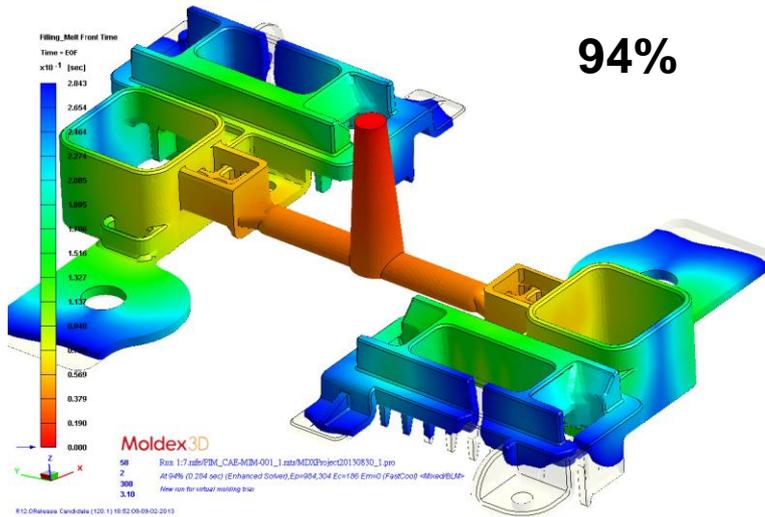
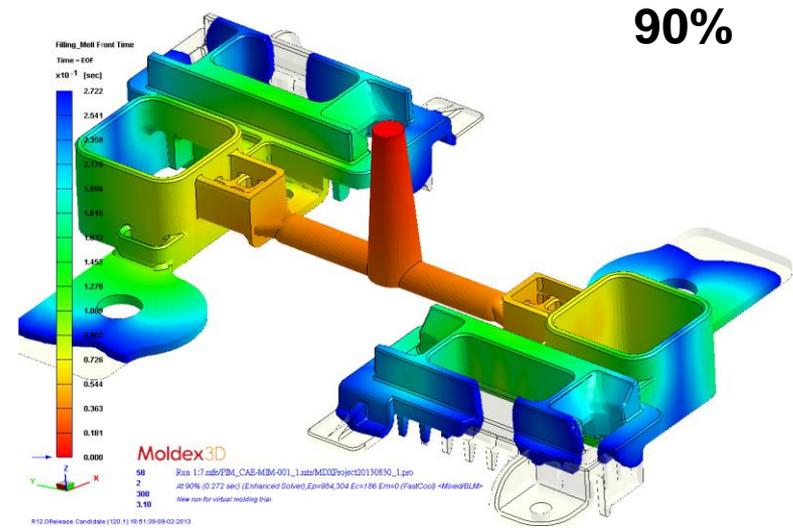
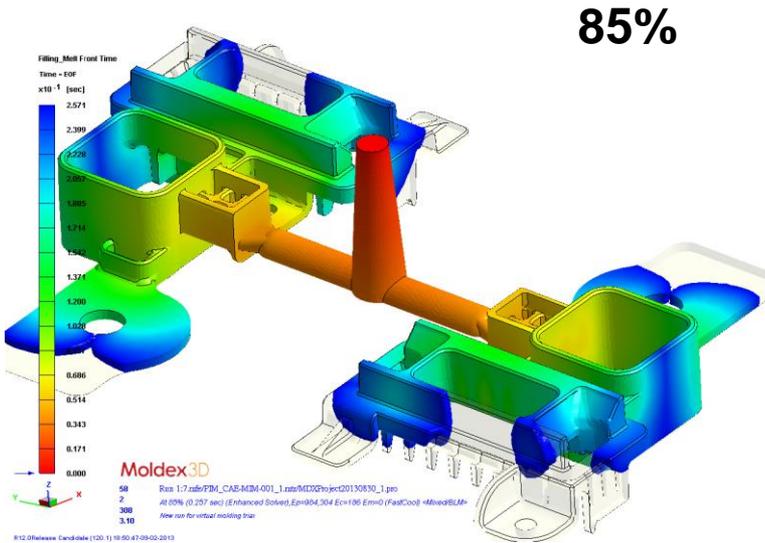
48 Run 1:7.mfe/PIM_CAE-MIM-001_1.mtr/MDXProject20130830_1.pro
6 At 100% (0.302 sec) (Enhanced Solver), Ep=984,304 Ec=186 Em=0 (FastCool) <Mixed/BLM>
302 New run for virtual molding trial
1.50



Filling Melt Front (I)



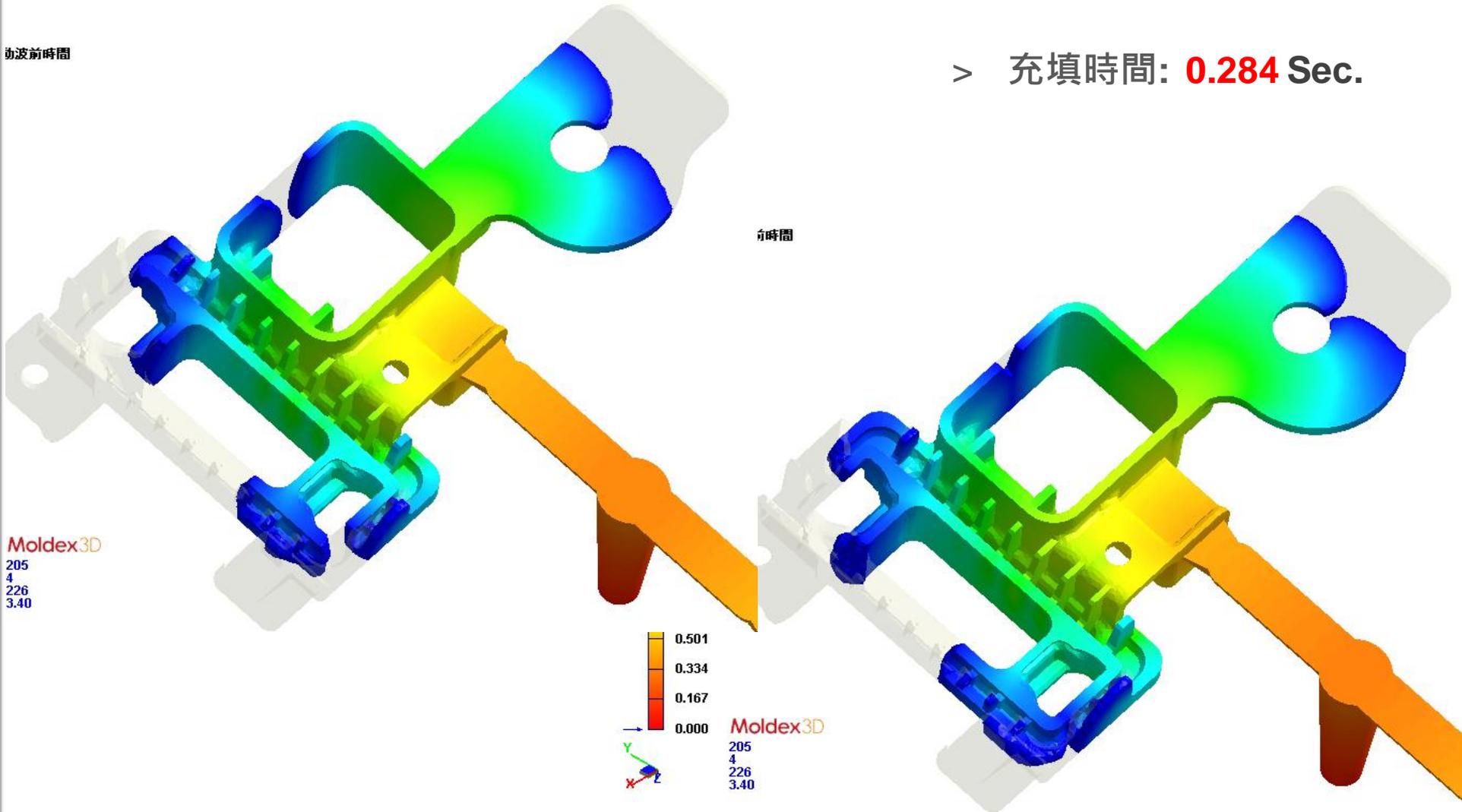
Filling Melt Front (II)



充填_流動波前

波前時間

> 充填時間: **0.284 Sec.**

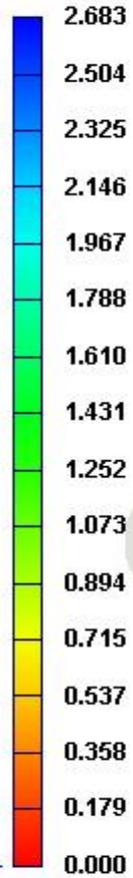


Moldex3D

充填_流動波前

充填結果_流動波前時間

$\times 10^{-1}$ [sec]



Moldex3D

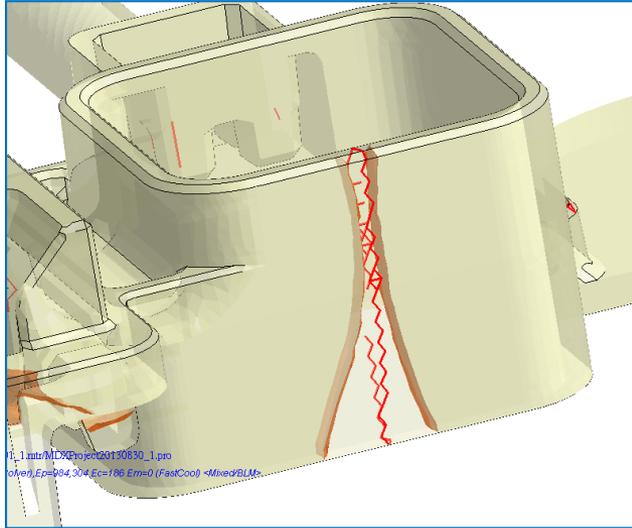
230
1
231
3.70

> 充填時間: **0.268s**

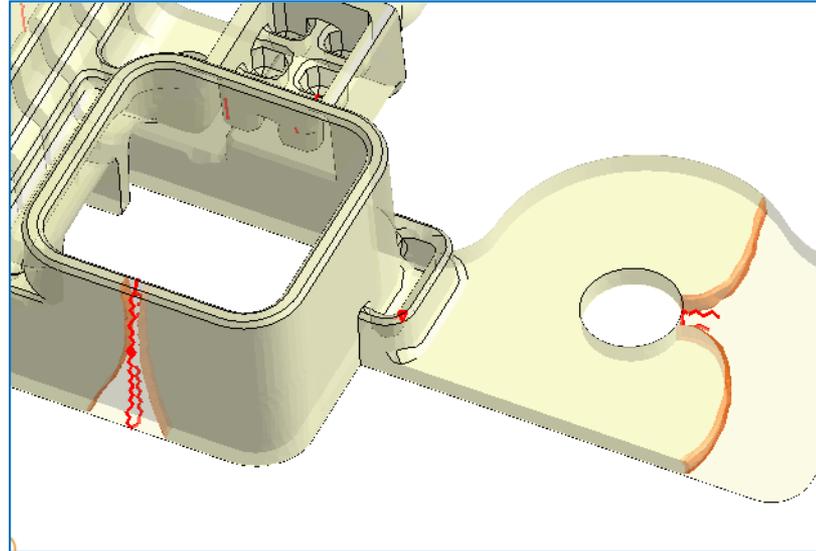
Moldex3D

縫合線位置

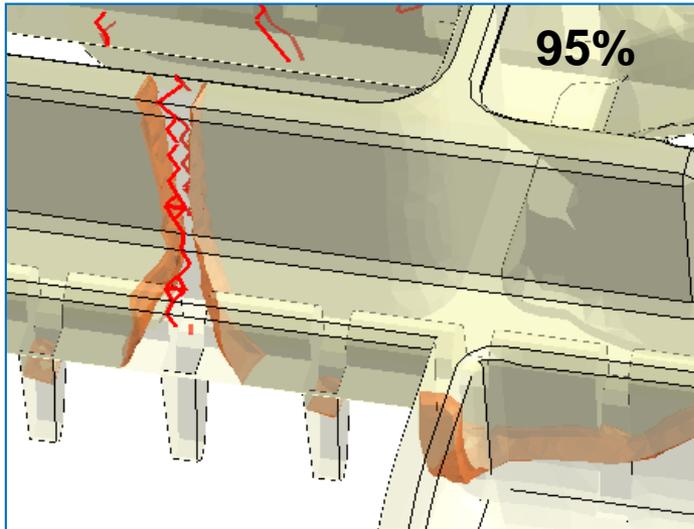
80%



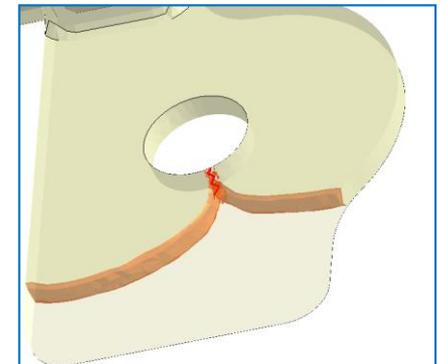
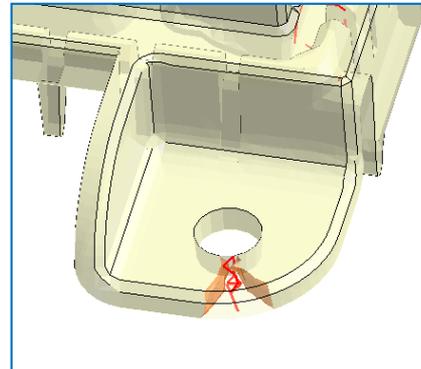
82%



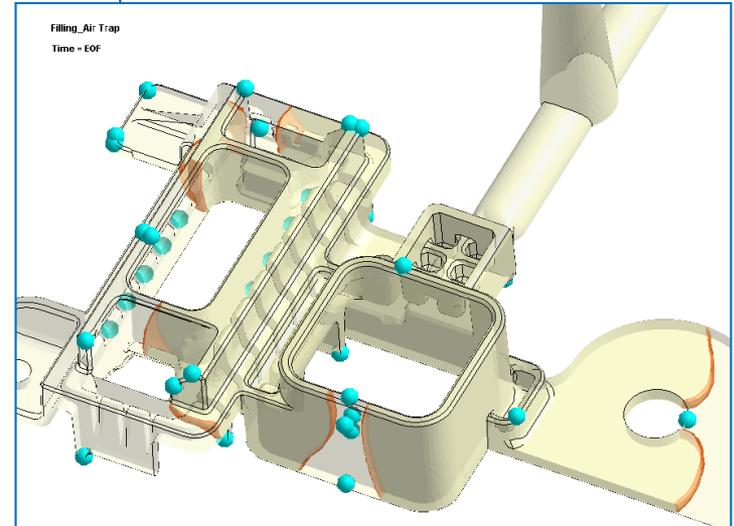
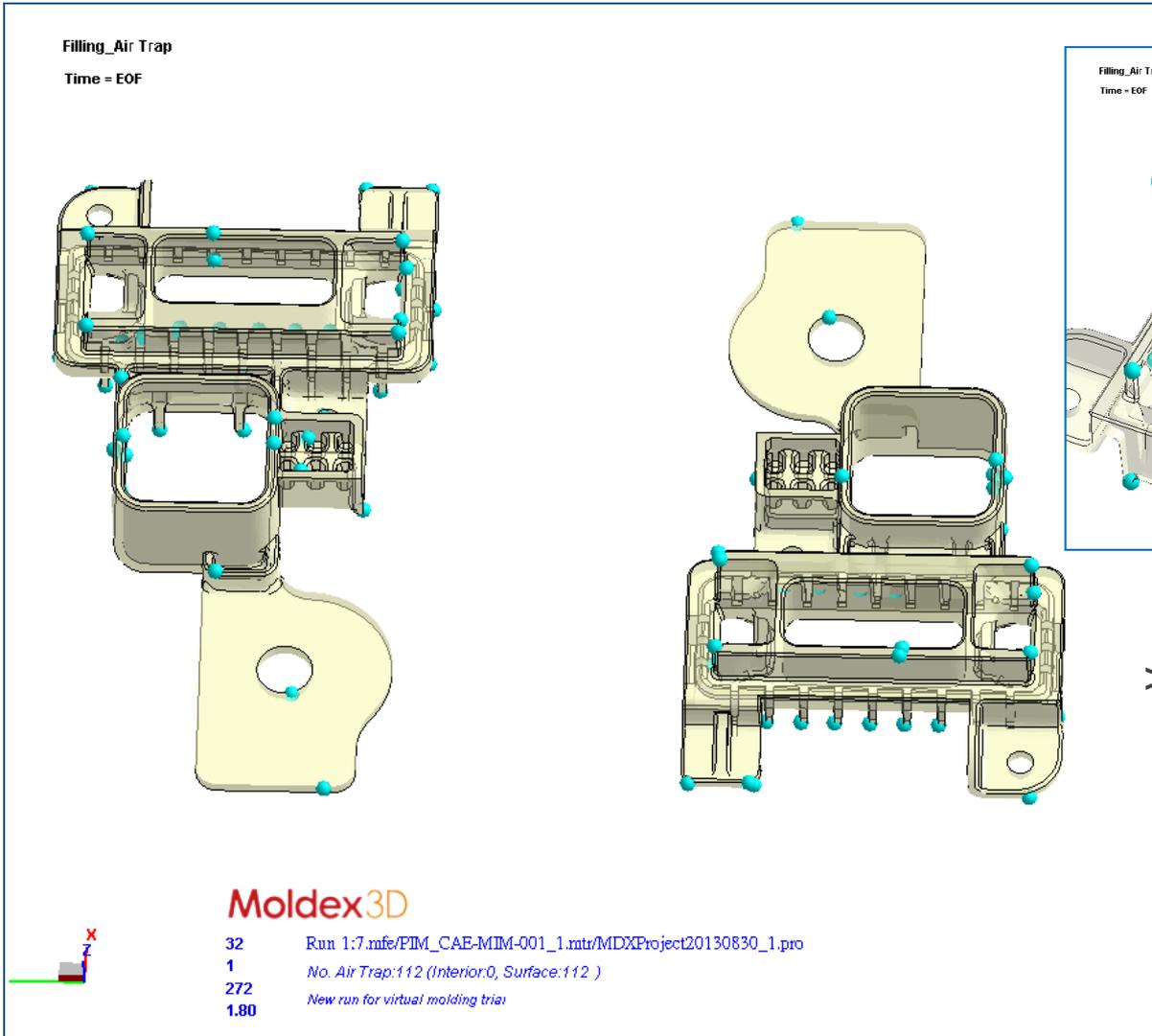
95%



99.9%



排氣位置

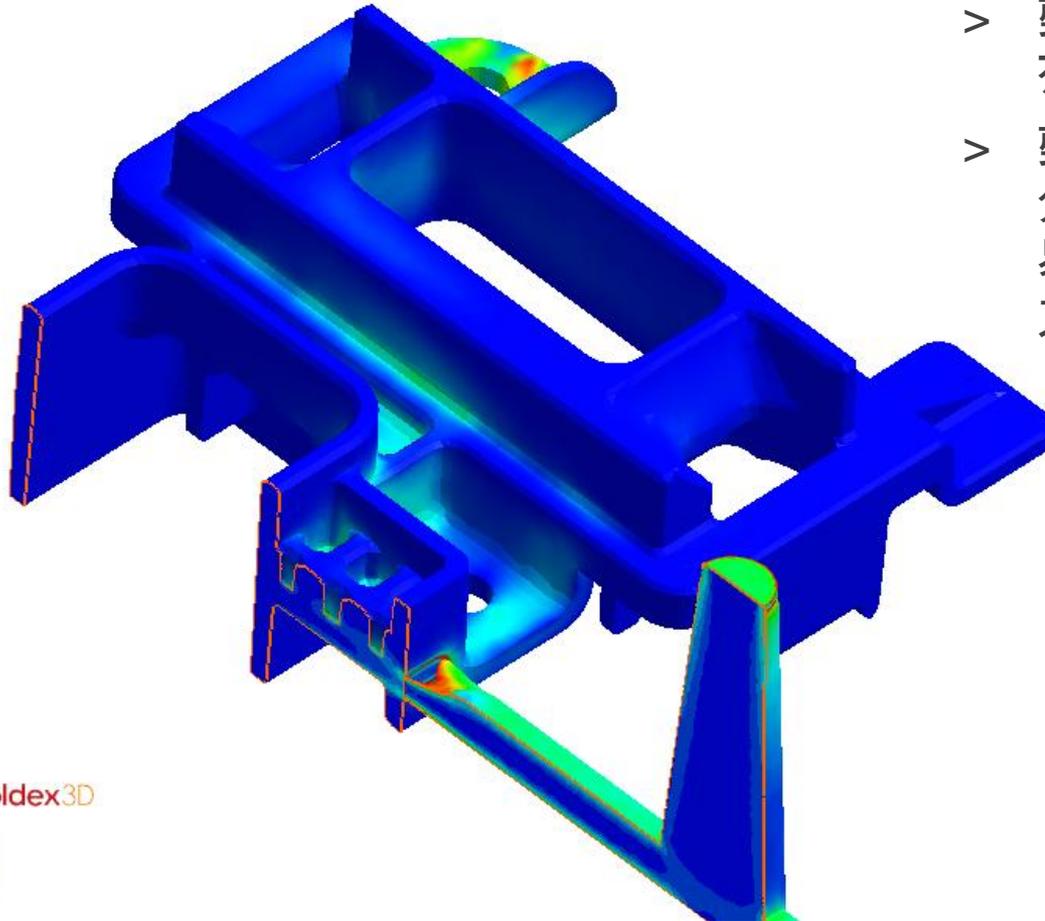


> 於流動波前交會處以及流動末端，容易產生包封

剪切速率

充填結果_剪切率

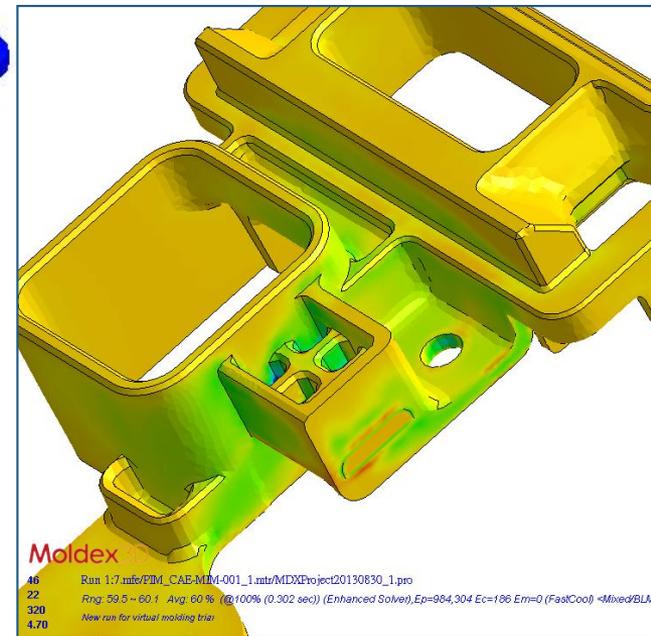
$\times 10^2$ [1/sec]



Moldex3D

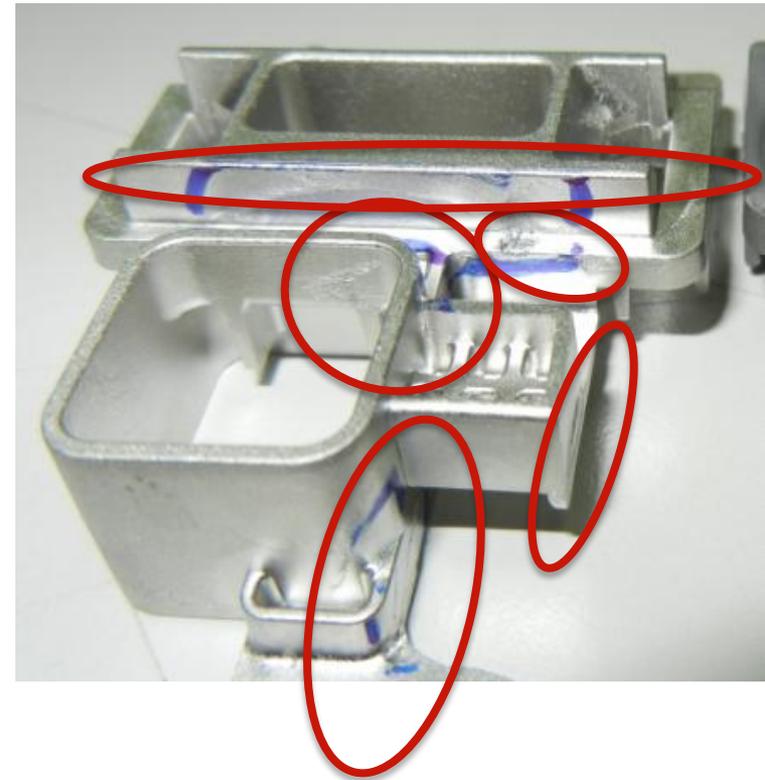
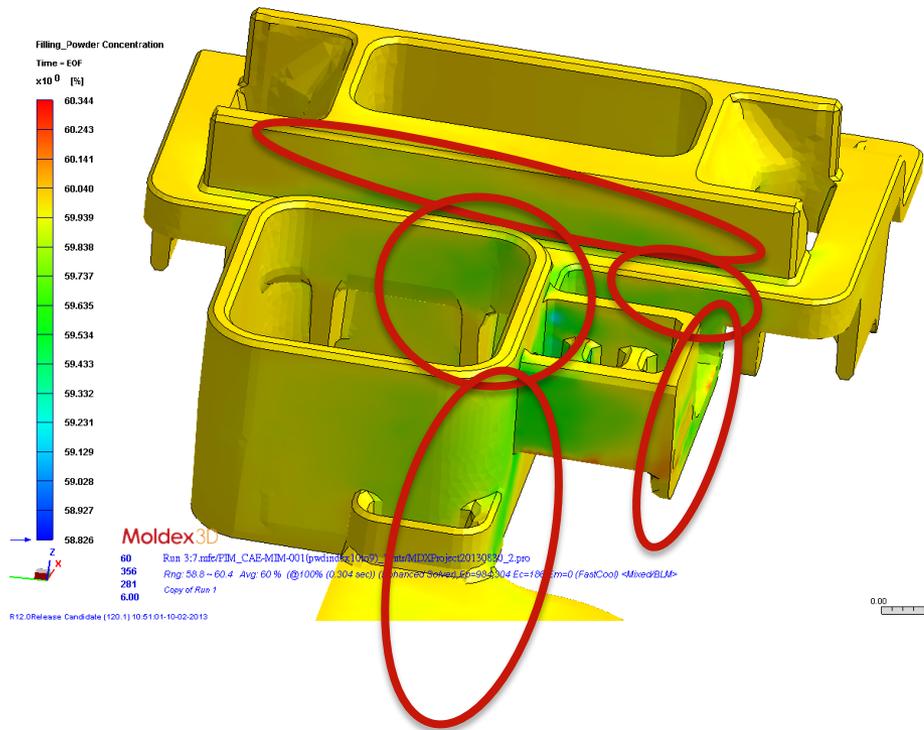
47
357
316
3.81

- > 剪切速率顯示與粉末濃度具有負相關。
- > 剪切速率越高的地方，塑料分布越不均勻，粉末越不容易堆積，造成粉末濃度較低之結果。



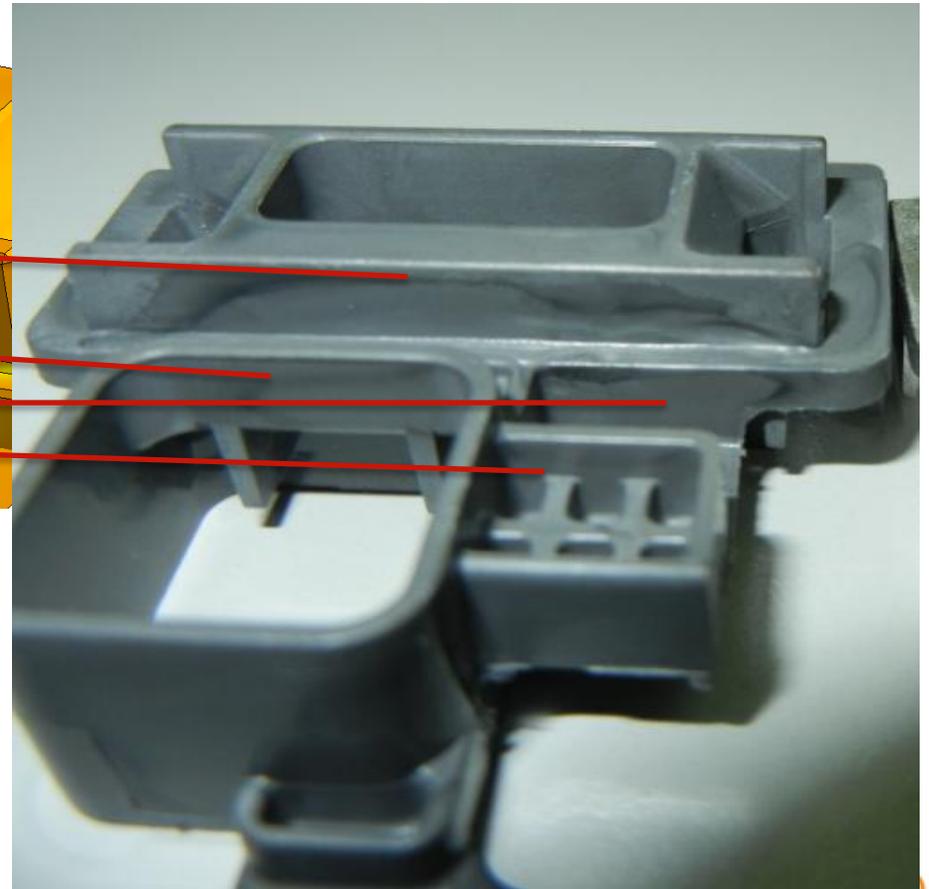
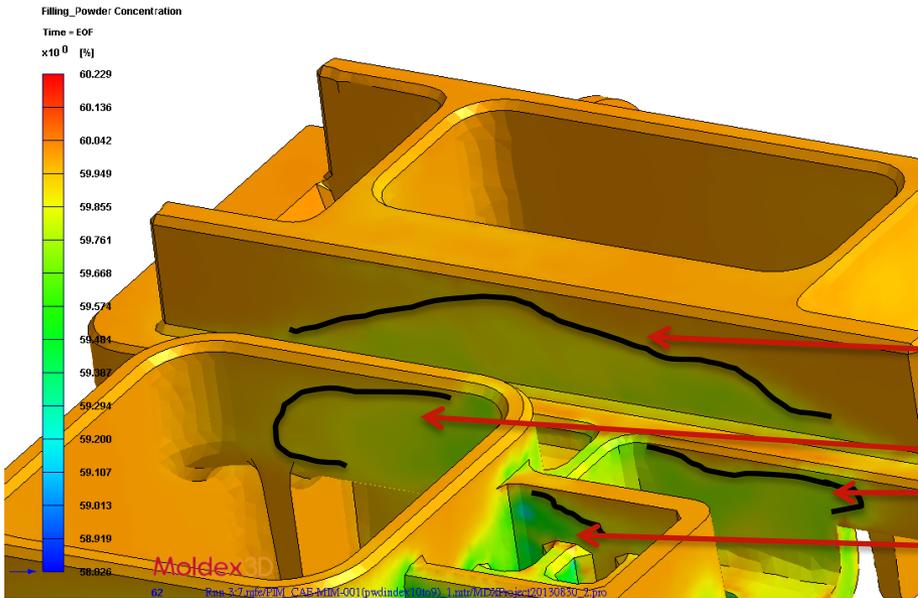
A Comparison with practical MIM part

- > Low powder concentration is most possible to be black lines .



A Comparison with practical MIM part

- > Low powder concentration is most possible to be black lines .



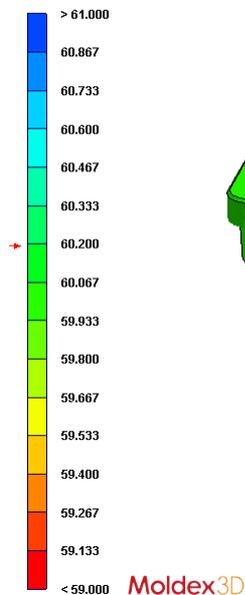
Cause: Effect of Viscosity

- > 可以觀察出濃度過低的紅色區域，相對應出示黏度分布的綠色到紅色區域，可視為高黏度區域。因此，如果可以降低這些區域的黏度狀況，是有可能改善表面瑕疵的機會。

Packing_Powder Concentration

Time = EOF

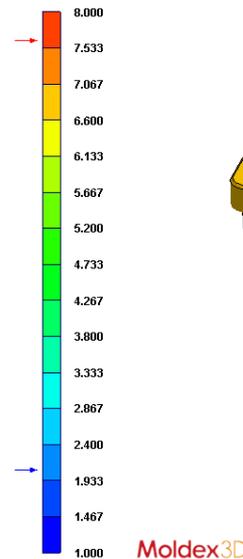
[%]



Filling_Viscosity (log)

Time = EOF

[Poise]

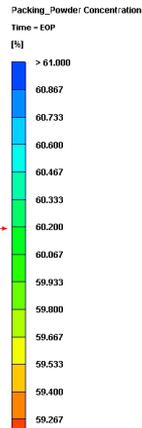


Cause: Effect of Viscosity

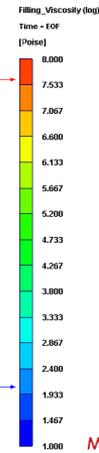
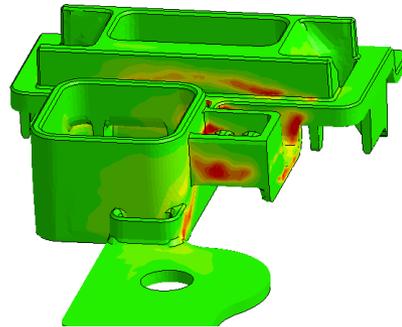
> 改善表面瑕疵

- 以上黏度分布與粉末濃度的分析，表面瑕疵區域的特徵是低濃度對應低黏度區域，因此利用增加一倍填充速度，成功地改善了粉末濃度分布。

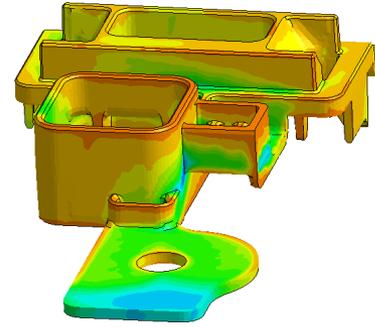
原始組



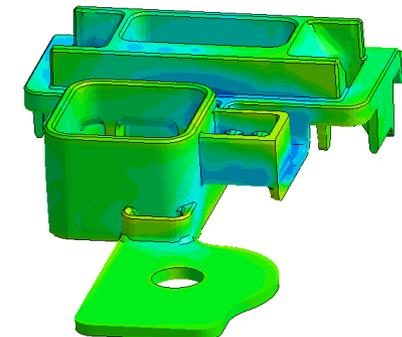
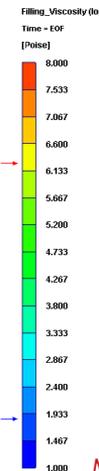
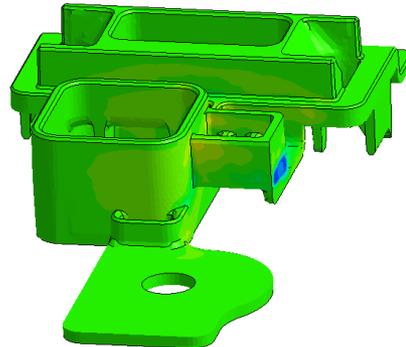
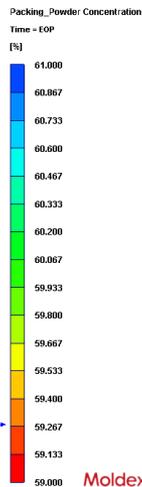
濃度分布



黏度分布

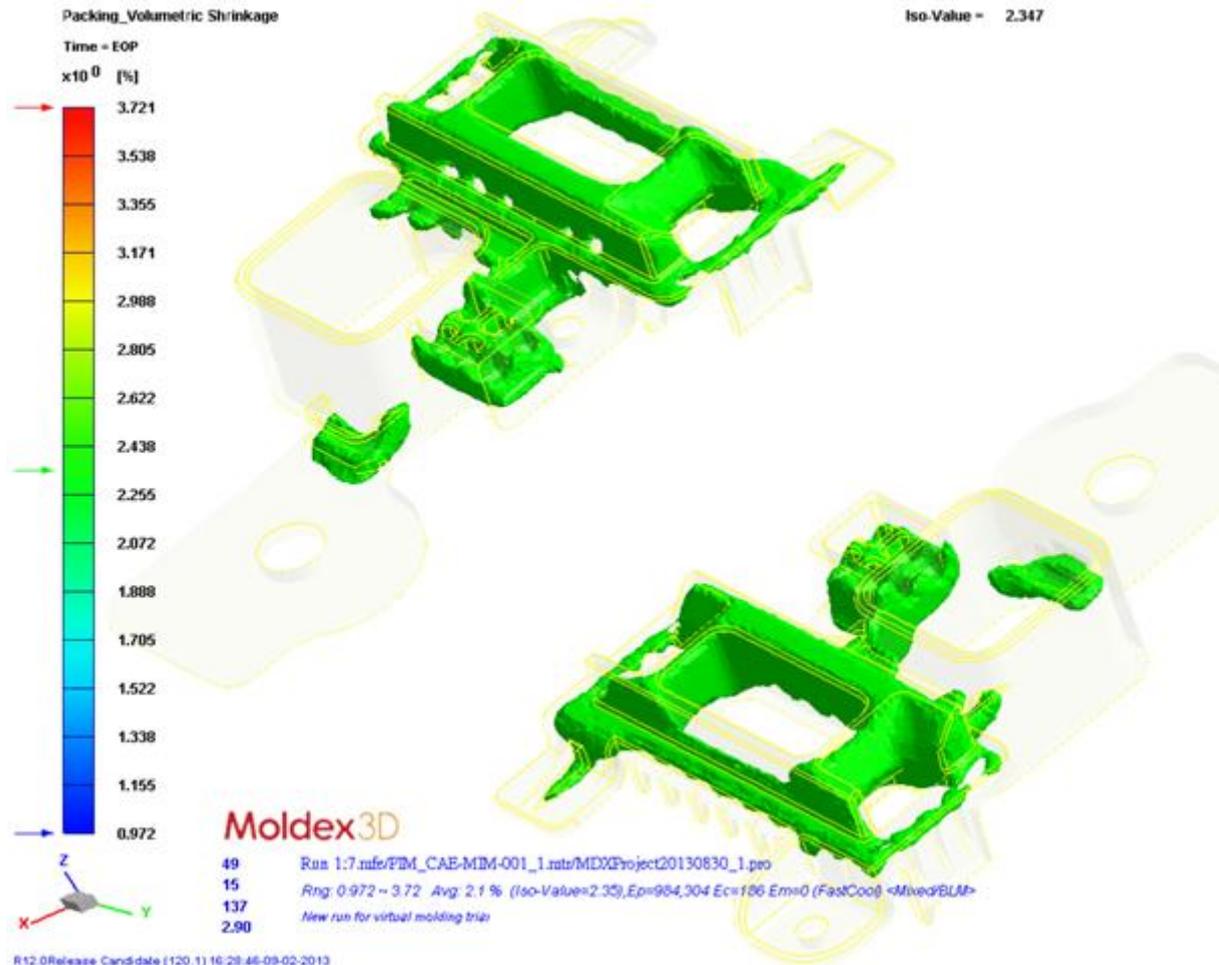


設變組



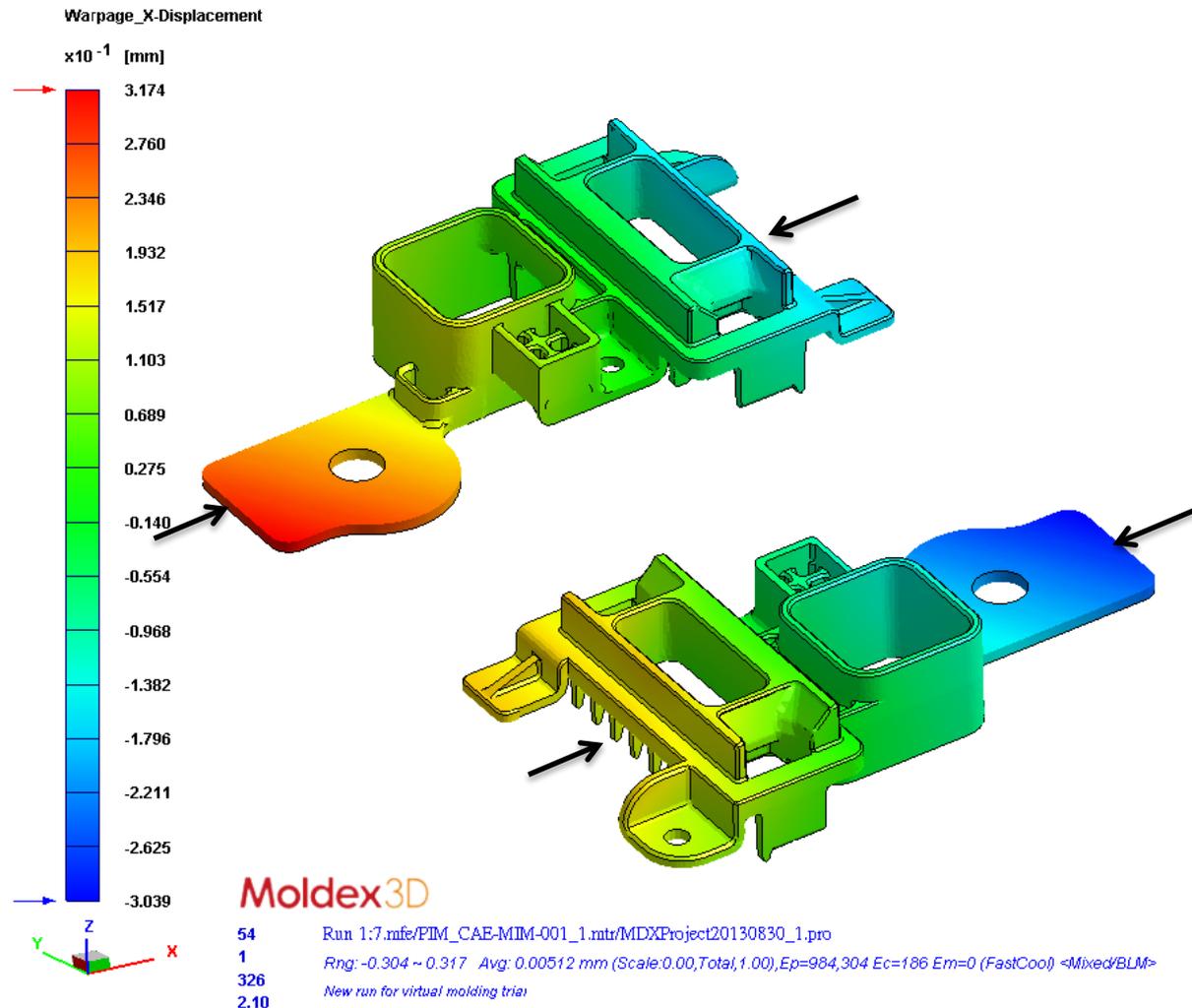
體積收縮率分布

- > 體積收縮率在幾何結構較厚的部分因溫度較高，造成體積收縮率也有較高趨勢。



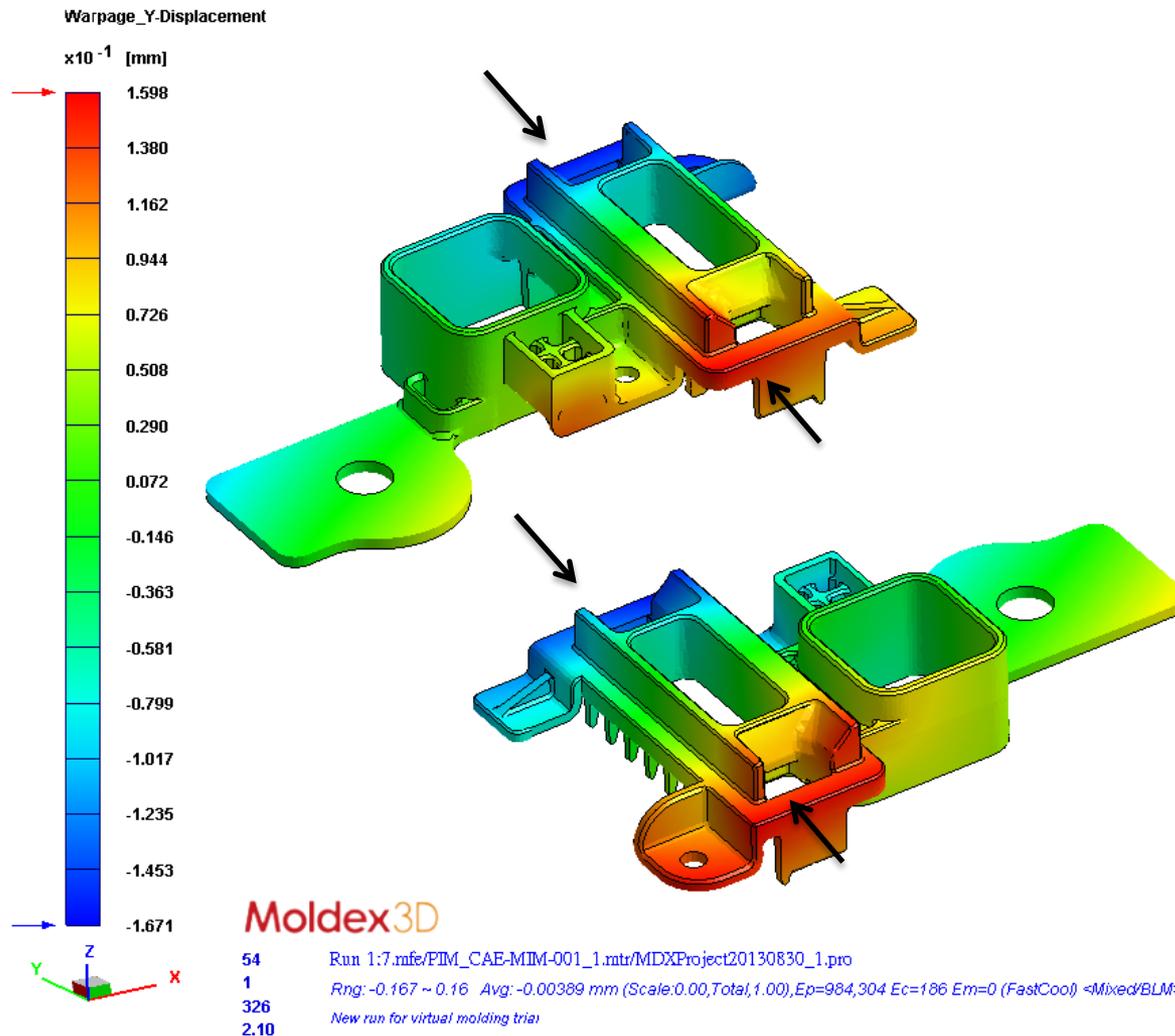
翹曲變形 X位移

> 翹曲變形X位移量值為: -0.304 ~ 0.317 mm



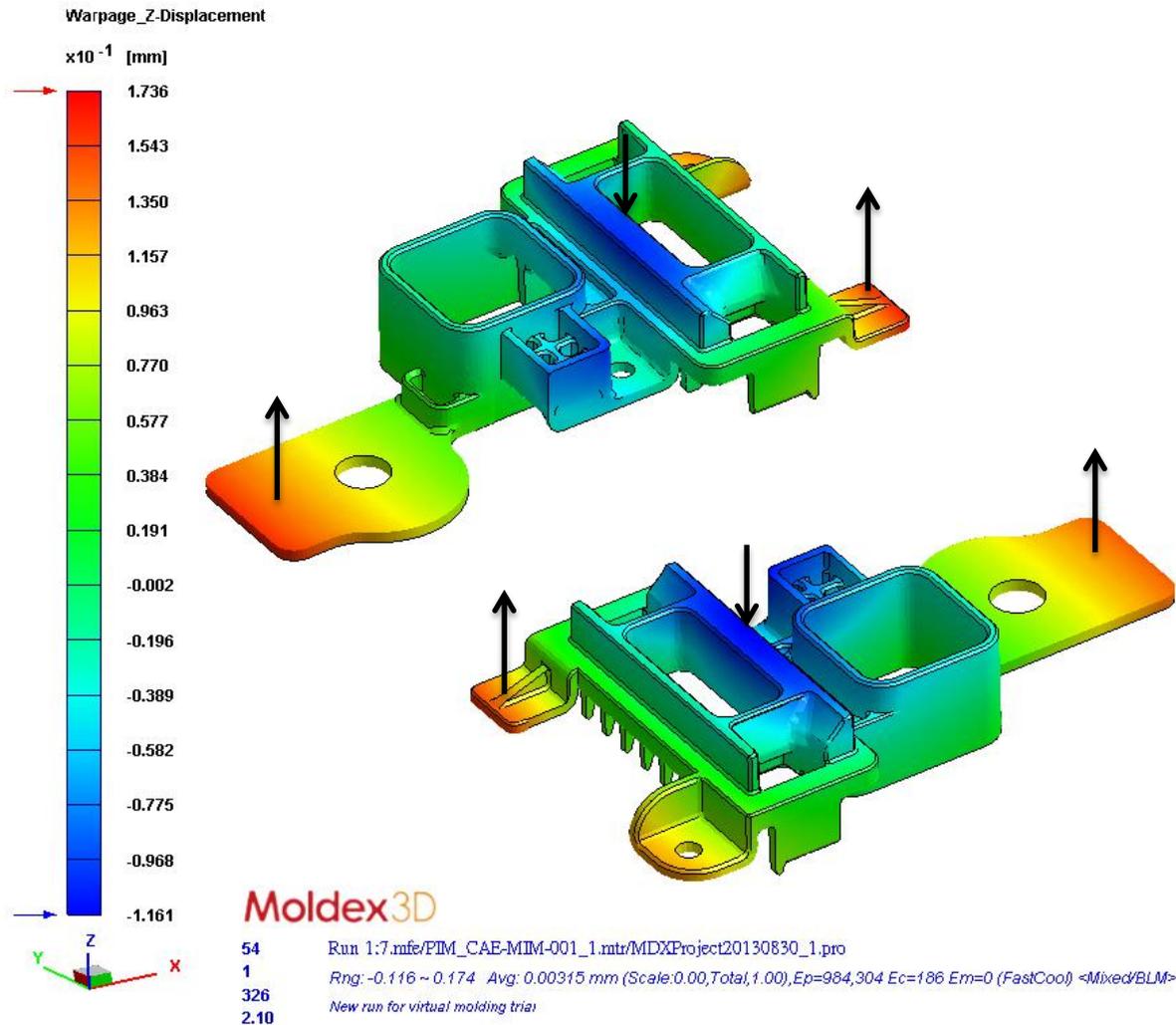
翹曲變形 Y位移

> 翹曲變形Y位移量值為: -0.167 ~ 0.160 mm



翹曲變形 Z位移

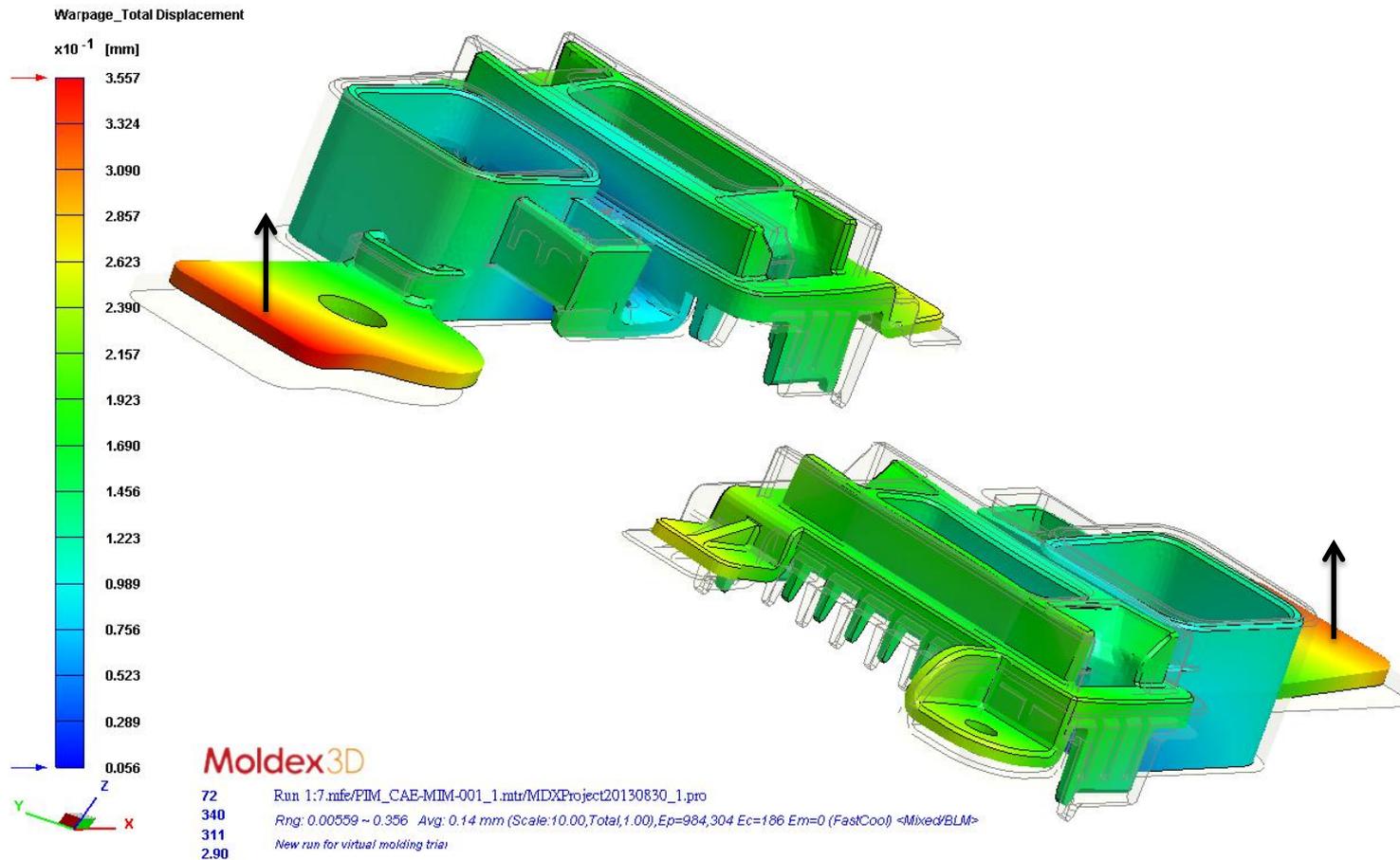
> 翹曲變形Z位移量值為: -0.116~ 0.174 mm



翹曲變形 總位移

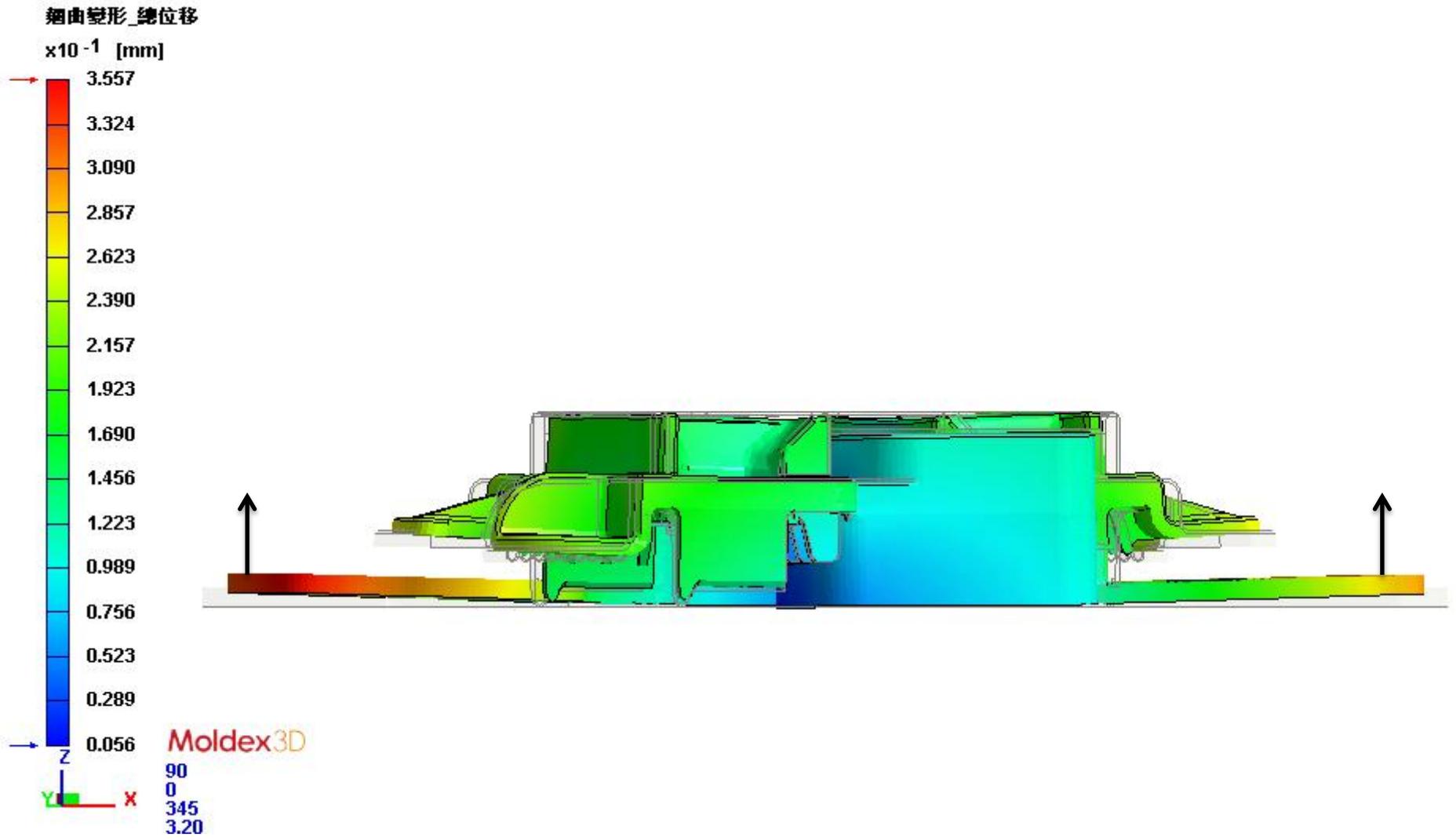
放大倍率10

- > 翹曲變形主要發生在末端較薄處，如箭頭所示往上翹曲。



翹曲變形 總位移

放大倍率10



黑線位置預測



Green part

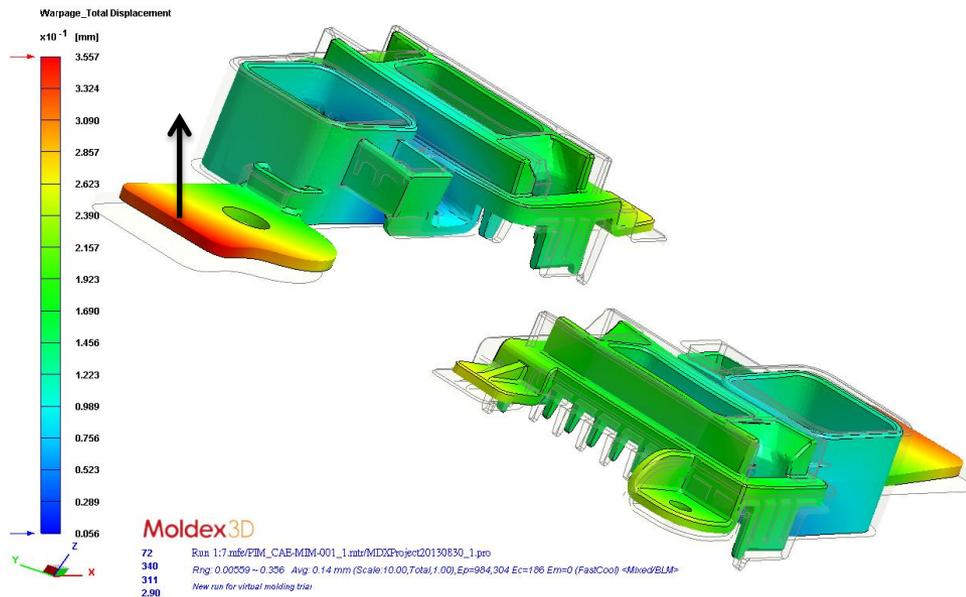


After sinter



黑線位置預測

- > 在翹曲結果上，分析結果與實際狀況吻合度相當高。
- > 實品在薄末端的翹曲方向與分析結果一致，肉眼可見，其他地方則與分析結果相同沒有太大的翹曲產生。



總結

- > 本研究係以一個工業界的實際MIM產品為載具，使用Moldex3D-PIM軟體預測黑線的可能區域，與實際發生位置幾乎是一致的，更進一步，以縮短射出時間的方式，改善了此載具的黑線問題。最後，依模流分析的結果，歸納以下三點：
 - 1) 表面粉末濃度大部分都是均勻的，出現濃度過低的區域，即表示黑線的可能區域。
 - 2) 濃度過低區域附近，是相對應是中高黏度區域，即表示因流動阻力大造成。
 - 3) 黏度分布的高低落差太大，是造成粉末濃度不均的主要原因之一。

實際案例分享2

目錄

> 案例背景資料

- 長度：50 mm
- 寬度：20 mm
- 高度：4.6 mm
- 產品體積：1.5 cc
- 流道體積：0.66 cc

> 原始塑膠材料

- 塑膠名稱：PIM
- 塑膠型號：PIM_CAE-MIM-001_1
- 粉末濃度：60%
- 生產廠商：CAE
- 加工溫度：180-220 °C

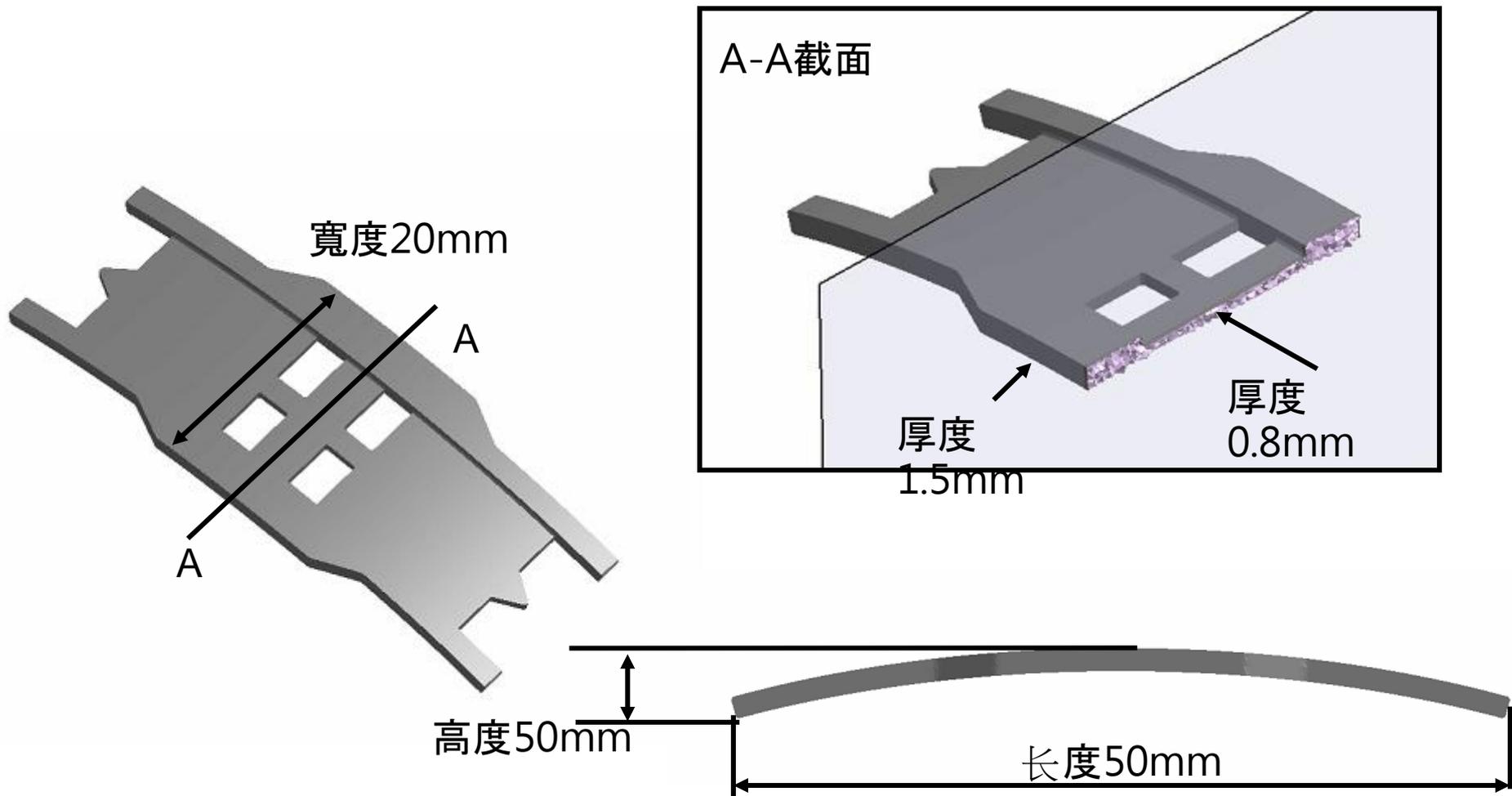
> 原始成型條件

- 充填時間：0.8 Sec
- 塑膠溫度：265 °C
- 模具溫度：70 °C

> 模流分析結果

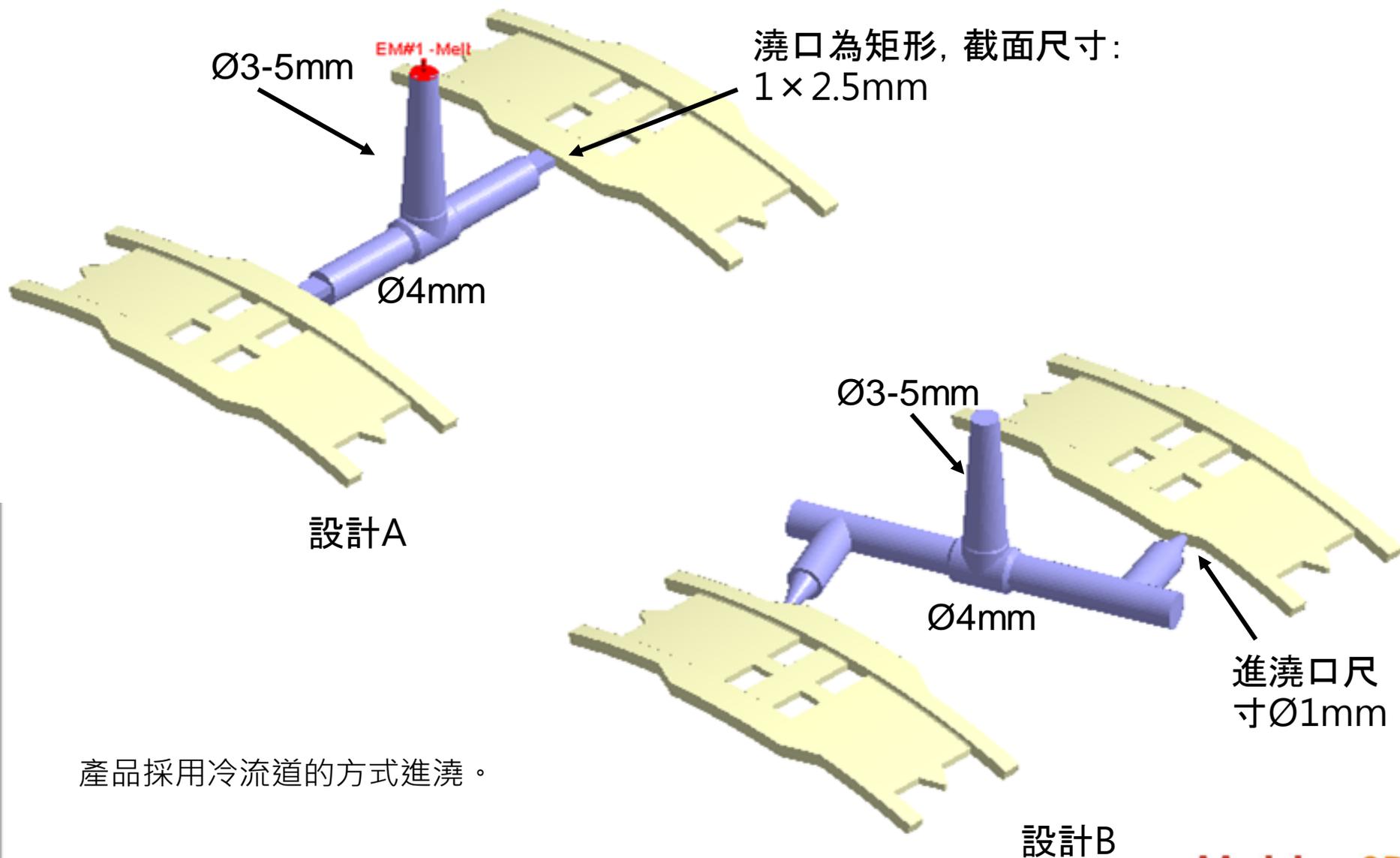
- 充填分析
 - 流動波前分布
 - 縫合線位置
 - 包封位置
 - 充填壓力
 - 流動波前溫度分布
 - 剪切率分布
 - 剪切應力分布
 - 粉末濃度
 - 粒子追蹤
- 保壓分析
 - 保壓溫度
 - 體積收縮率
- 翹曲位移量
- 總結

產品結構



產品厚度中間區域為0.8mm，兩側的厚度為1.5mm，差異為0.7mm。

產品流道設計

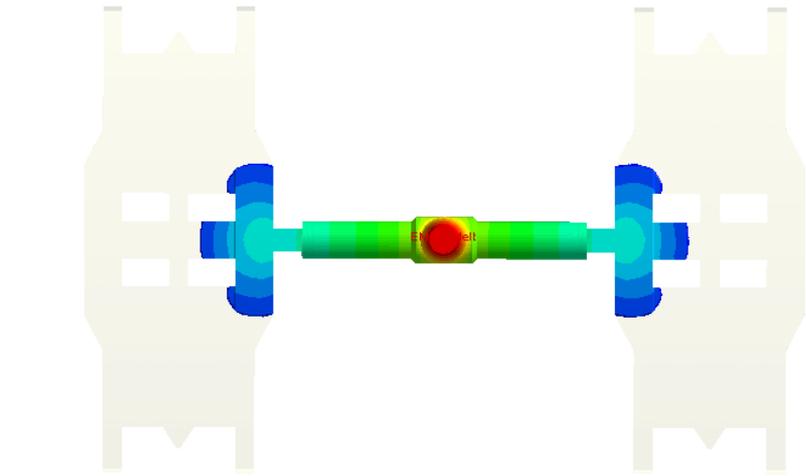


產品採用冷流道的方式進澆。

流動波前40%

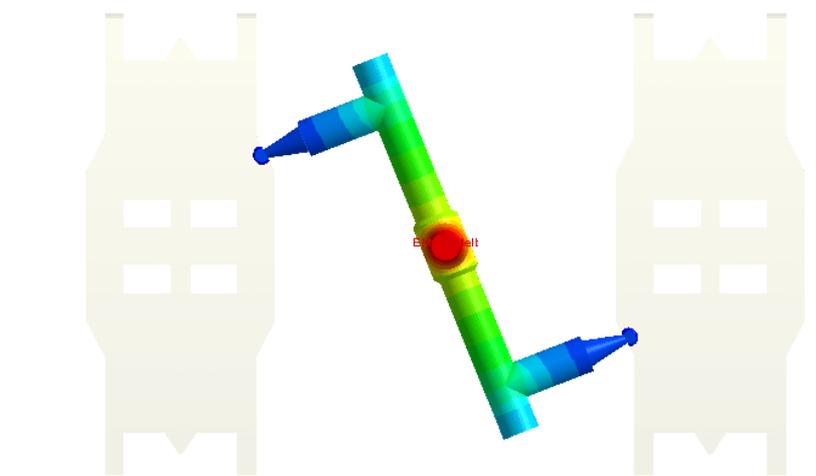
藉由不同範圍的流動波前圖或是流動波前動畫，可看塑膠在模穴中各時刻的充填情形，可預測縫合線及包封位置，且可判斷是否會有短射現象發生，提供排氣孔位置安排等參考。

充填分析_流动波前时间



設計A

充填分析_流动波前时间



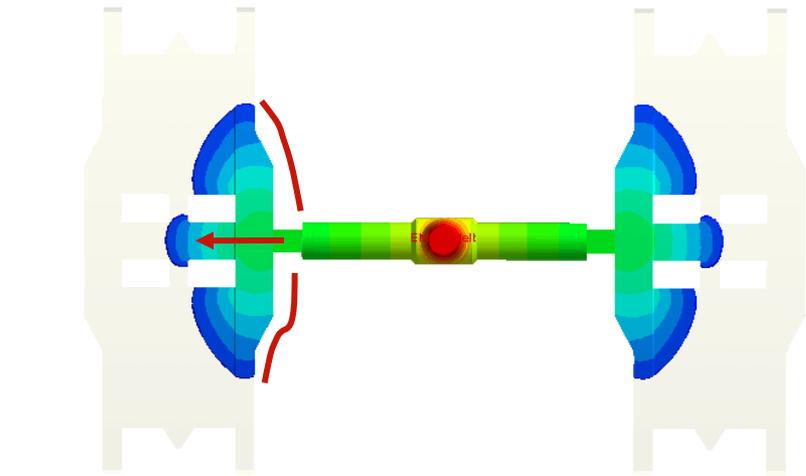
設計B

- 設計A流道長度短，熔膠已經充填模穴區域；
- 設計B流道較長，熔膠剛通過澆口區域。

流動波前50%

藉由不同範圍的流動波前圖或是流動波前動畫，可看塑膠在模穴中各時刻的充填情形，可預測縫合線及包封位置，且可判斷是否會有短射現象發生，提供排氣孔位置安排等參考。

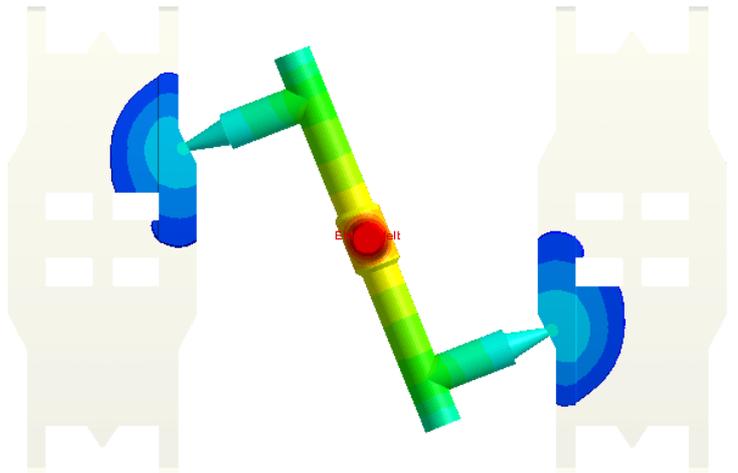
充填分析_流动波前时间



Moldex3D
0
0
90
2.00
Z
Y
X

設計A

充填分析_流动波前时间



Moldex3D
0
0
90
2.00
Z
Y
X

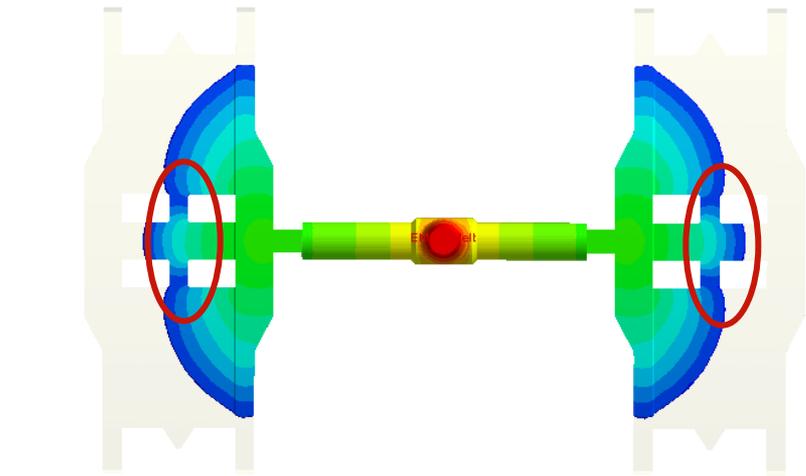
設計B

- 設計A，熔膠充填遇到靠破孔區域，熔膠分為3股由於肉厚的關係，中間的熔膠充填較慢；
- 設計B，熔膠在澆口附近充填，流動平穩。

流動波前60%

藉由不同範圍的流動波前圖或是流動波前動畫，可看塑膠在模穴中各時刻的充填情形，可預測縫合線及包封位置，且可判斷是否會有短射現象發生，提供排氣孔位置安排等參考。

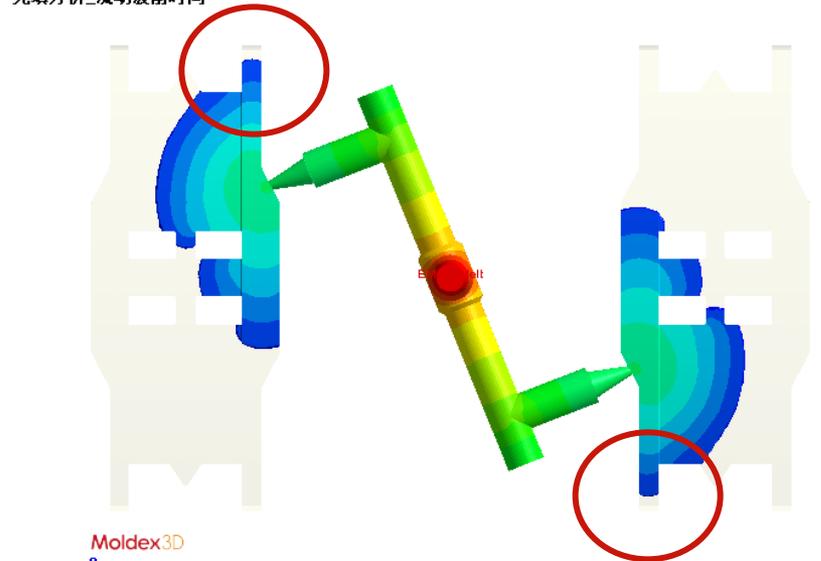
充填分析_流动波前时间



Moldex3D
0
0
90
2.00

設計A

充填分析_流动波前时间



Moldex3D
0
0
90
2.00

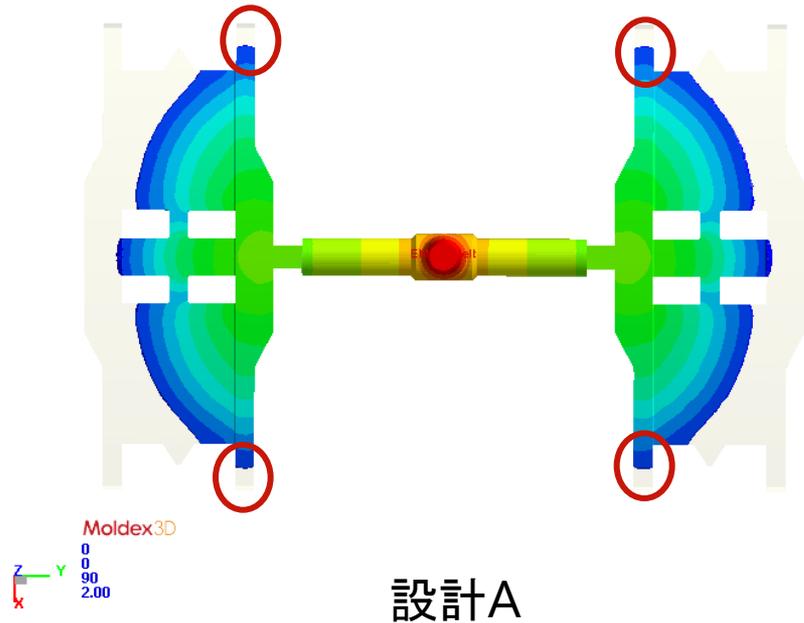
設計B

- 設計A, 熔膠兩兩匯合, 產生縫合線;
- 設計B, 離澆口近的角落即將充填完成。

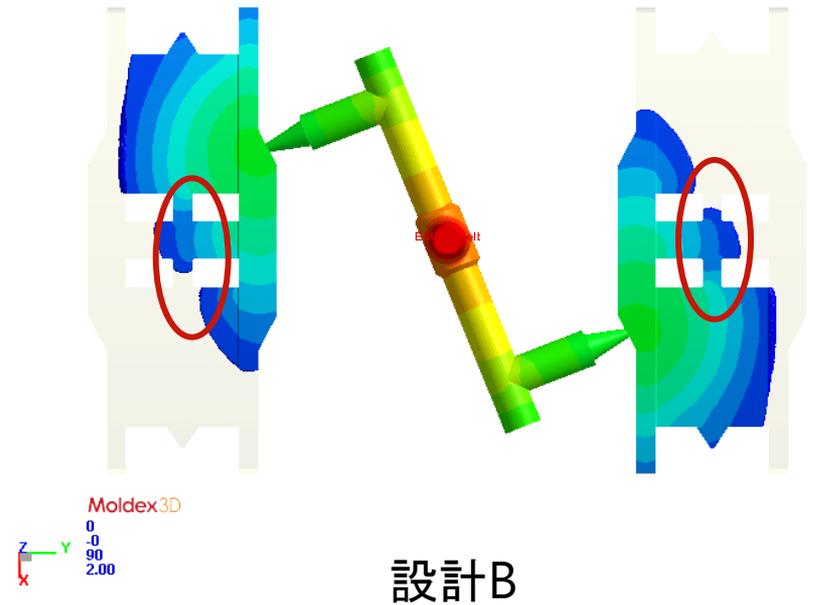
流動波前70%

藉由不同範圍的流動波前圖或是流動波前動畫，可看塑膠在模穴中各時刻的充填情形，可預測縫合線及包封位置，且可判斷是否會有短射現象發生，提供排氣孔位置安排等參考。

充填分析_流动波前时间



充填分析_流动波前时间

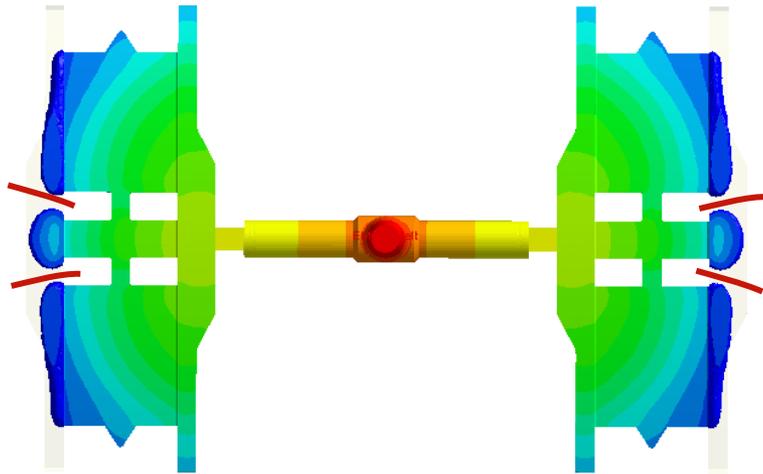


- 設計A, 靠近澆口側, 角落即將充填完成;
- 設計B, 熔膠匯合, 產生縫合線。

流動波前90%

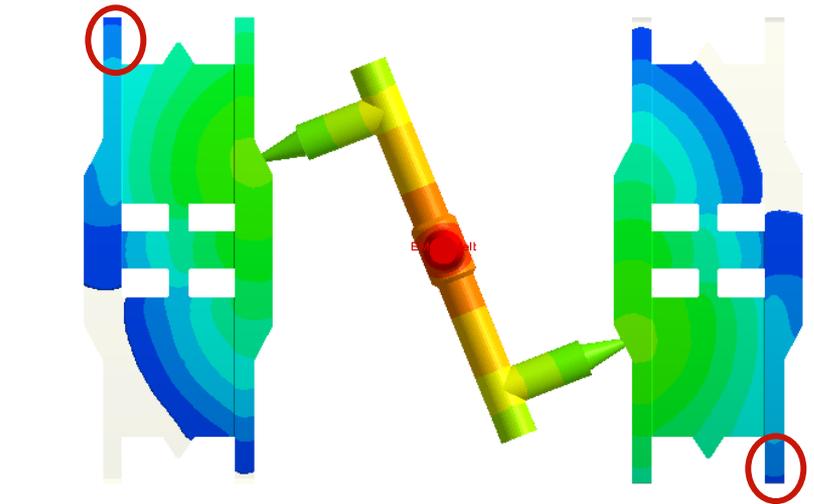
藉由不同範圍的流動波前圖或是流動波前動畫，可看塑膠在模穴中各時刻的充填情形，可預測縫合線及包封位置，且可判斷是否會有短射現象發生，提供排氣孔位置安排等參考。

充填分析_流动波前时间



設計A

充填分析_流动波前时间



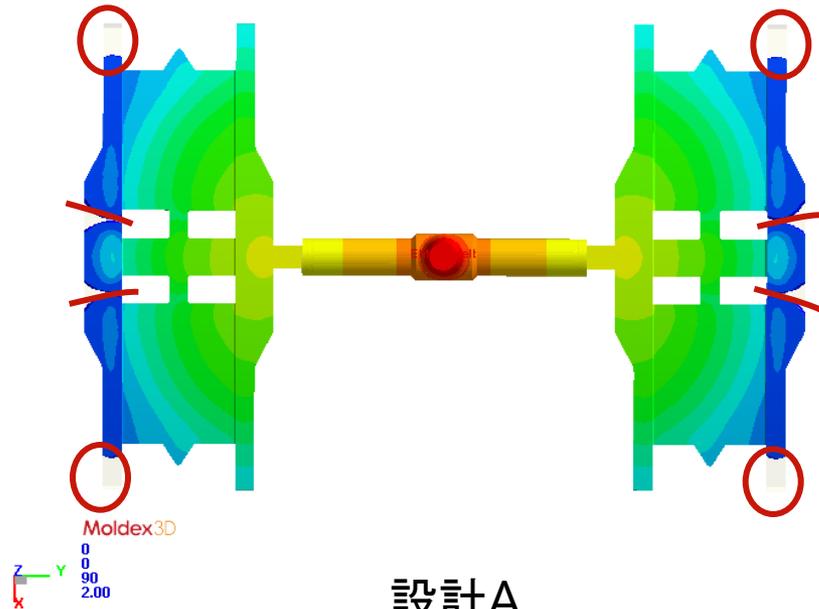
設計B

- 設計A, 熔膠匯合處有縫合線生成;
- 設計B, 紅線框選角落充填完成。

流動波前95%

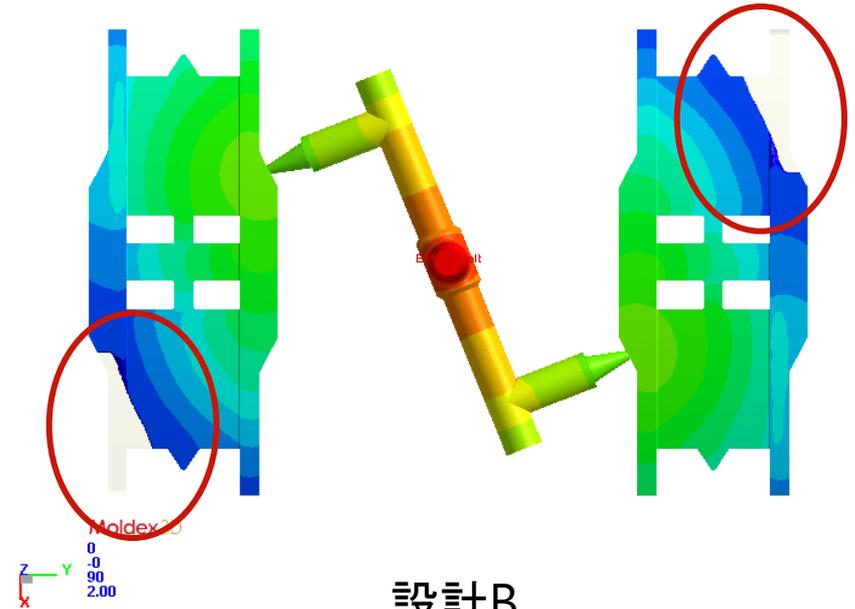
藉由不同範圍的流動波前圖或是流動波前動畫，可看塑膠在模穴中各時刻的充填情形，可預測縫合線及包封位置，且可判斷是否會有短射現象發生，提供排氣孔位置安排等參考。

充填分析_流动波前时间



設計A

充填分析_流动波前时间



設計B

- 設計A, 熔膠匯合處有縫合線生成, 流動末端區域;
- 設計B, 流動末端區域。

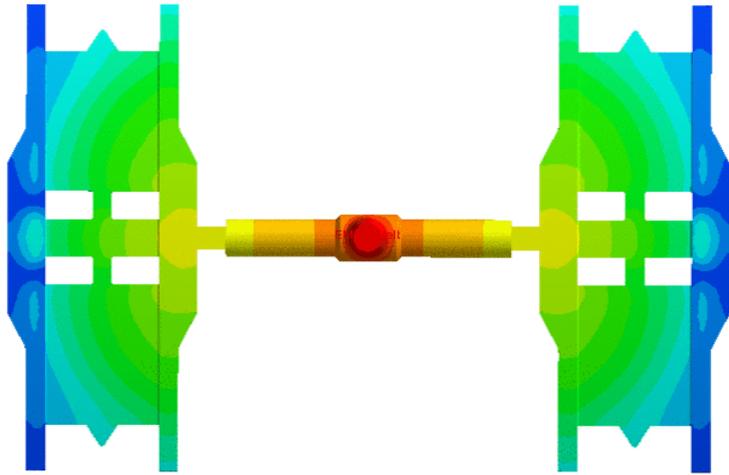
流動波前動畫

按F5+Shift 可播放動畫

藉由不同範圍的流動波前圖或是流動波前動畫，可看塑膠在模穴中各時刻的充填情形，可預測縫合線及包封位置，且可判斷是否會有短射現象發生，提供排氣孔位置安排等參考。

充填分析_流动波前时间

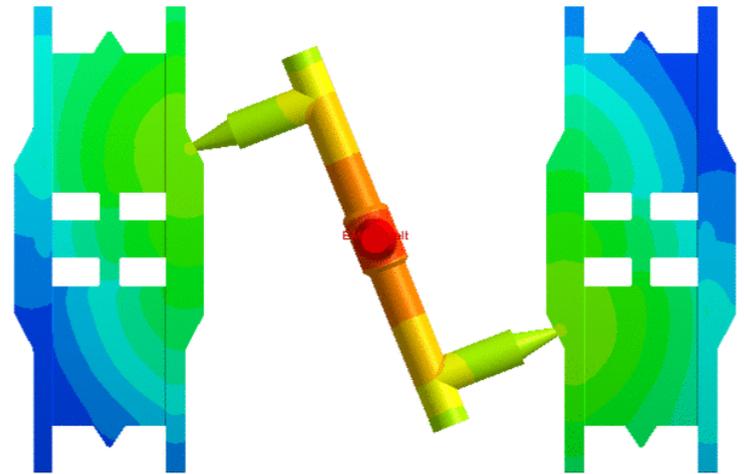
Melt Front at 0.256 sec



設計A

充填分析_流动波前时间

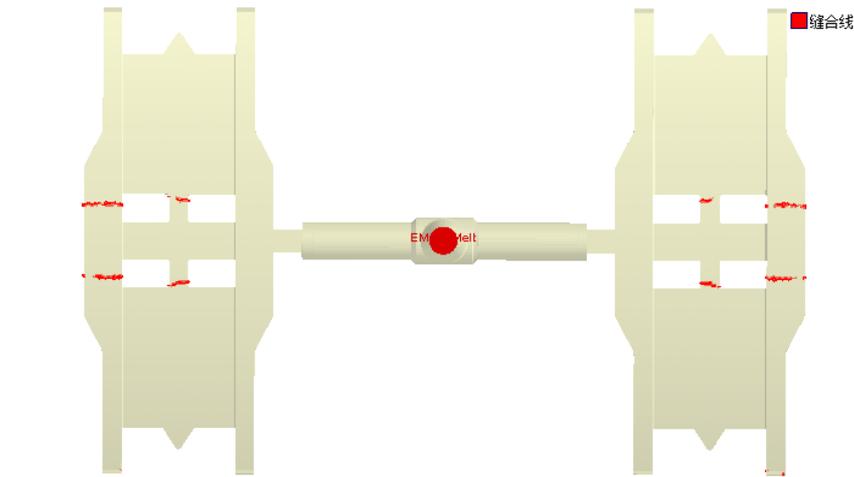
Melt Front at 0.254 sec



設計B

縫合線位置

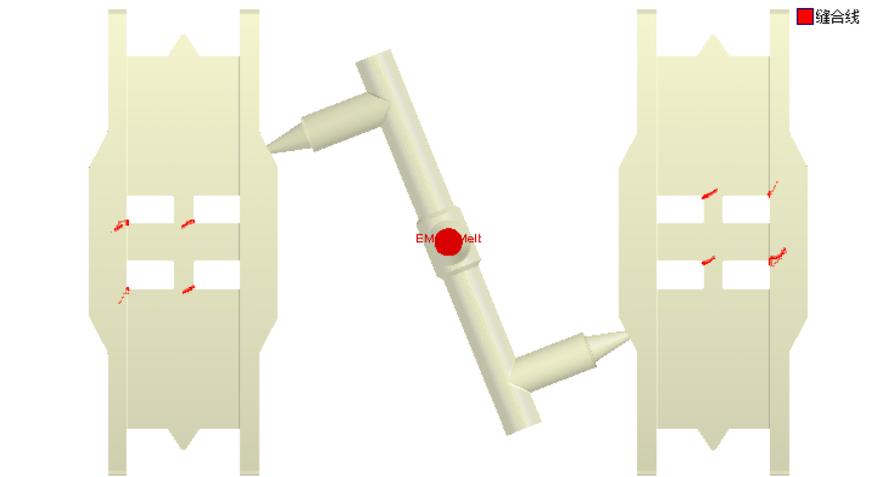
充填分析_縫合線



Moldex3D
0
0
90
2.00

設計A

充填分析_縫合線



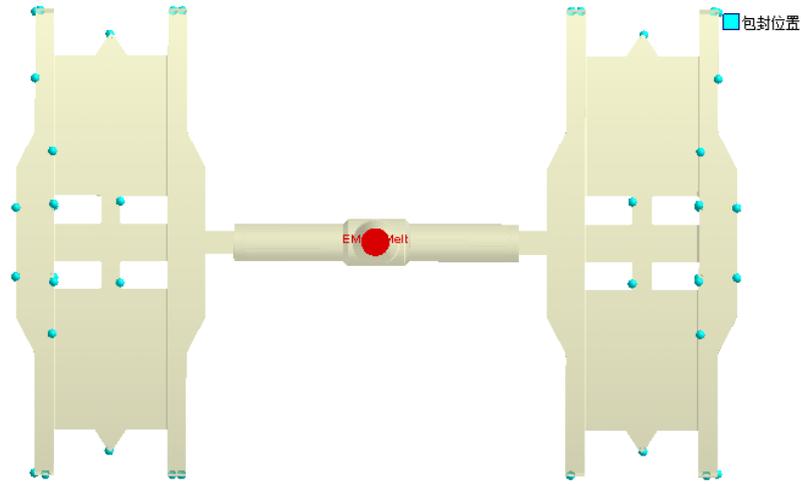
Moldex3D
0
0
90
2.00

設計B

- 設計A, 縫合線呈一條直線分布在靠破孔中間區域, 容易對產品強度造成影響。
- 設計B, 縫合線比設計A短, 且與孔區域呈角度分布, 產品強度較好。

包封位置

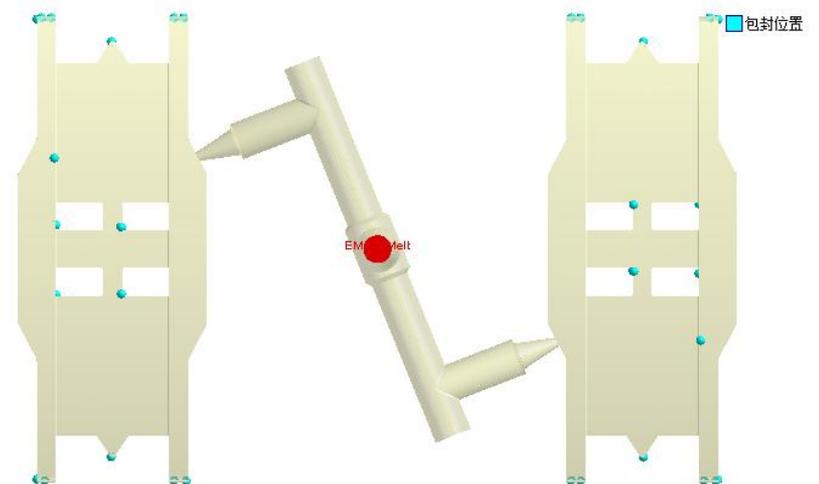
充填分析_包封位置



設計A

Moldex3D
0
0
90
2.00
Z
Y
X

充填分析_包封位置

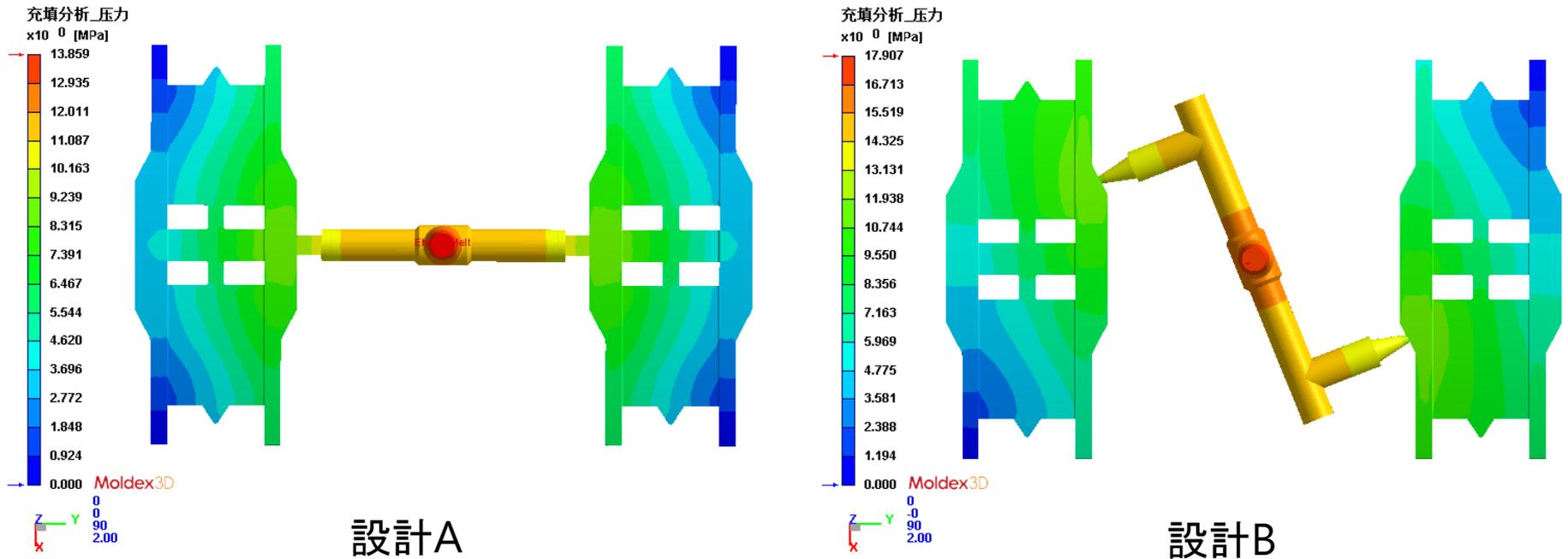


設計B

Moldex3D
0
0
90
2.00
Z
Y
X

充填壓力分布

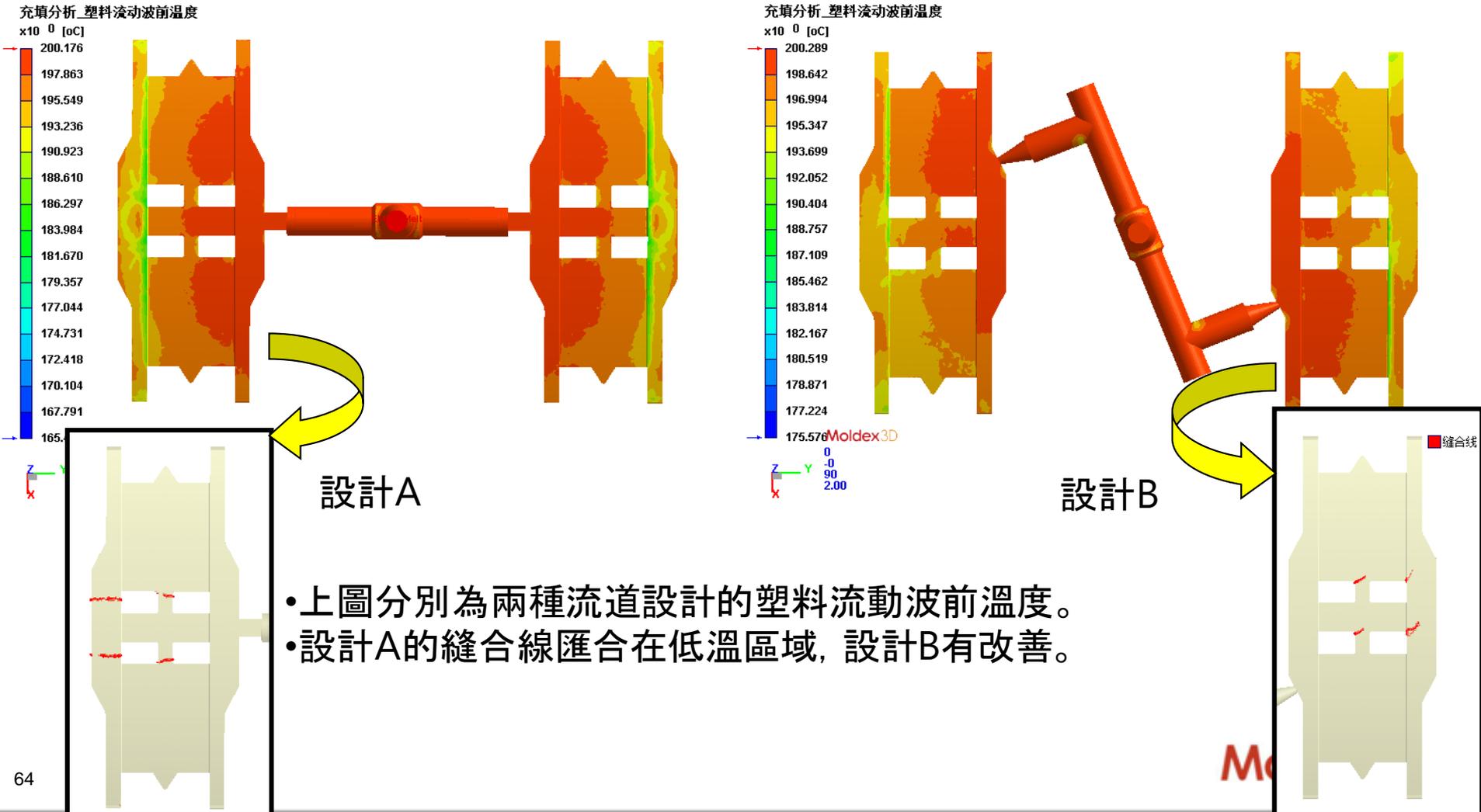
由壓降與壓力分布信息輔助使用者進行模具設計之變更：檢視壓力傳遞情形，檢視流道系統壓降，檢視設計流動是否平衡，避免熔膠過度保壓或出毛邊，檢視保壓程度。



• 充填結束時，壓力從進澆口傳遞，流動末端最小。上圖分別為兩種流道設計的充填壓力分布。

塑料流動波前溫度

流動波前溫度指塑料熔膠波前抵達該點時當下的波前溫度值。此值顯示成型過程中熱量如何被熔膠所傳遞以及散逸的情形。

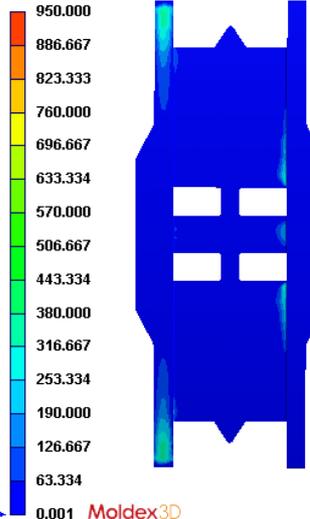


剪切率

以不同顏色顯示當下的剪切率分布情形。剪切率指塑料成型加工過程中的特征形變速率。剪切率分布與速度梯度的變化量及分子鏈配向性有關。剪切率過高會破壞高分子鏈造成成型塑件局部劣化，同時高剪切率也有可能導致過量黏滯加熱造成塑件燒焦。一般而言在成型過程中此值應保持在 $10,000 \text{ sec}^{-1}$ 以下

充填分析_剪切率

$\times 10^{-1} [1/\text{sec}]$



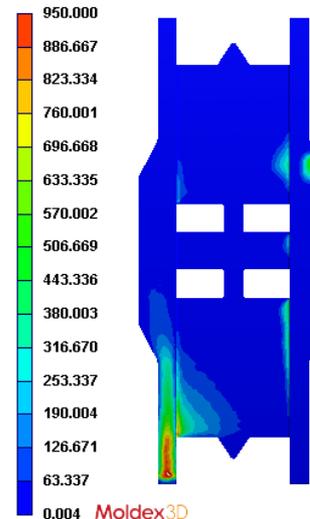
Moldex3D

0
0
90
2.00
x y z

設計A

充填分析_剪切率

$\times 10^{-1} [1/\text{sec}]$



Moldex3D

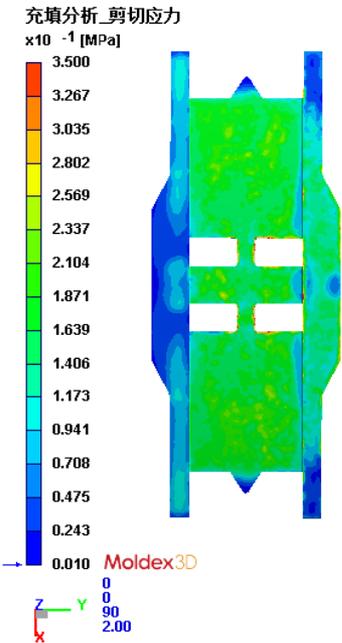
0
0
90
2.00
x y z

設計B

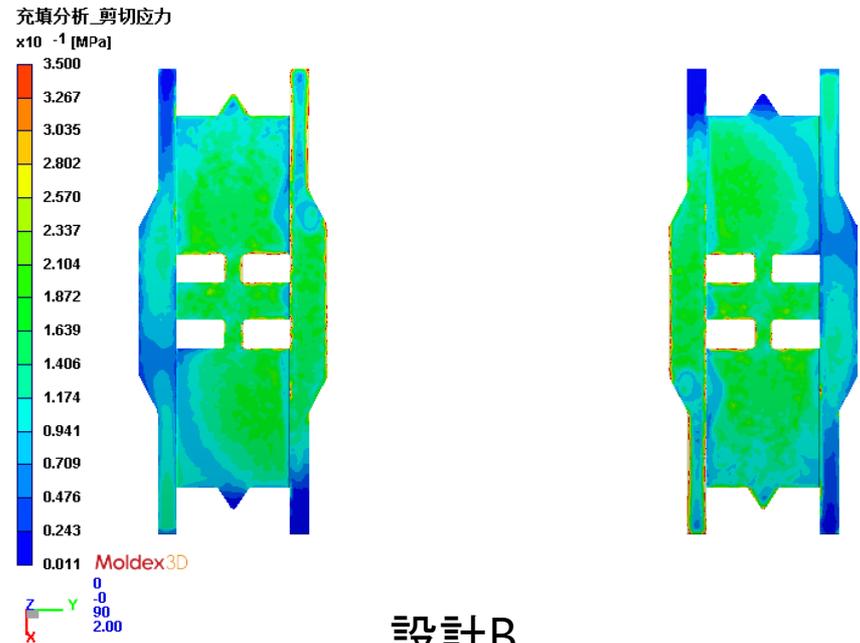
- 上圖分別為兩種流道設計的剪切率分布。
- 設計B的剪切率大。

剪切應力

以不同顏色顯示當下的剪切應力分布。流動剪切應力是成型塑件內應力的來源之一，若分布不均，易造成成型塑件尺寸安定性問題。剪切應力值過高亦可能導致塑件殘留應力問題。



設計A



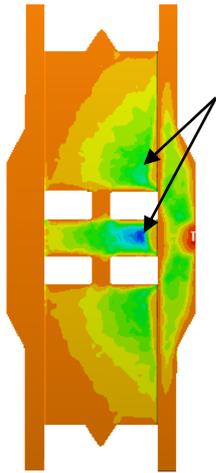
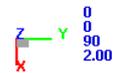
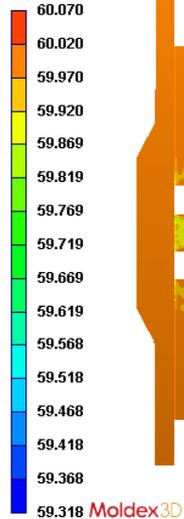
設計B

- 上圖分別為兩種流道設計的剪切應力力分布。
- 設計B的分布較為均勻。

粉末濃度

充填分析_粉末濃度

$\times 10^0$ [%]

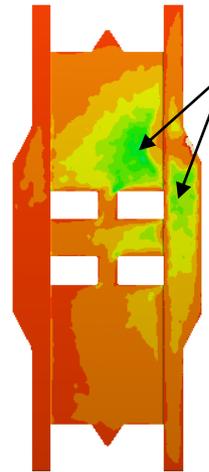
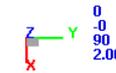
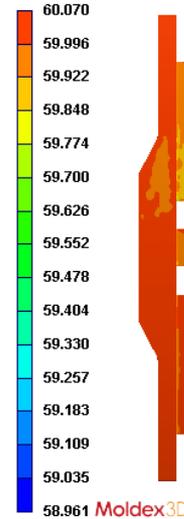


綠色區域為
粉末濃度較
低

設計A

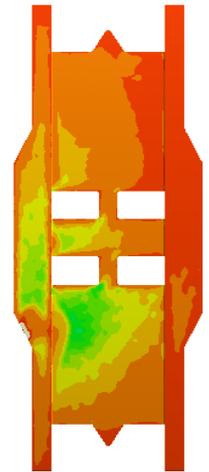
充填分析_粉末濃度

$\times 10^0$ [%]



綠色區域為
粉末濃度較
低

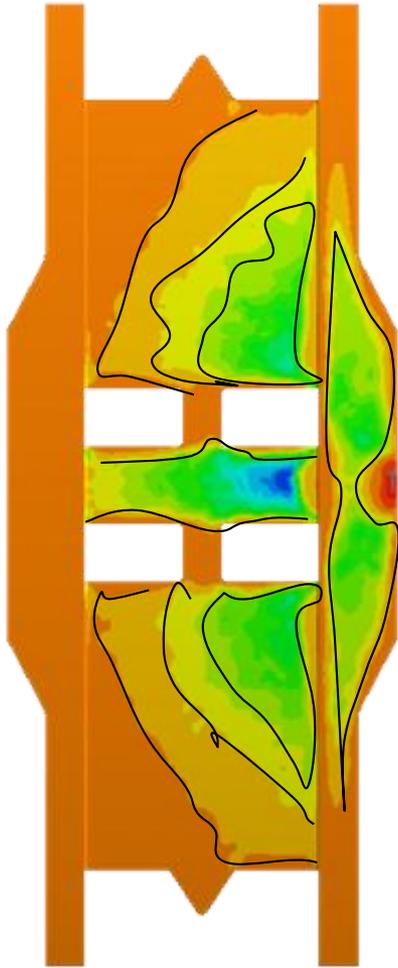
設計B



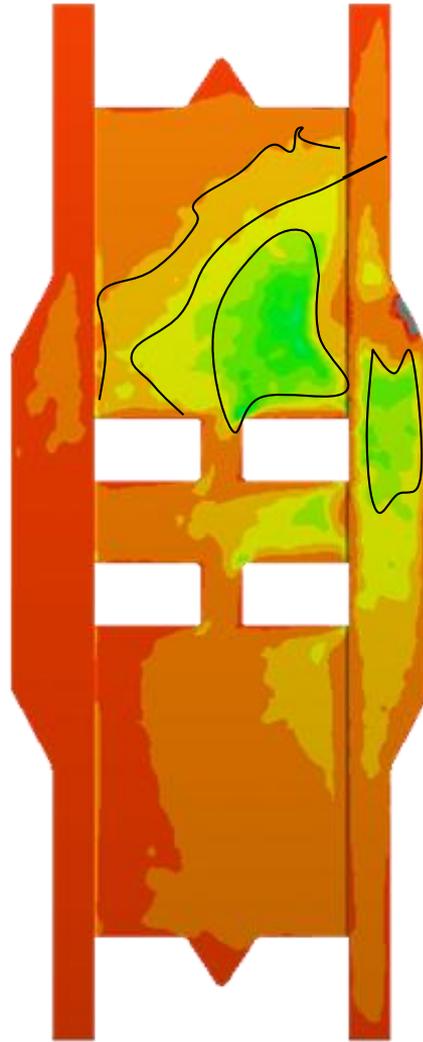
- 上圖分別為兩種流道設計的金屬粉末濃度分布。
- 粉末濃度的分布受剪切應力與剪切率的影響。
- 粉末濃度有差異的區域會有黑線產生。

粉末濃度

設計A



設計B



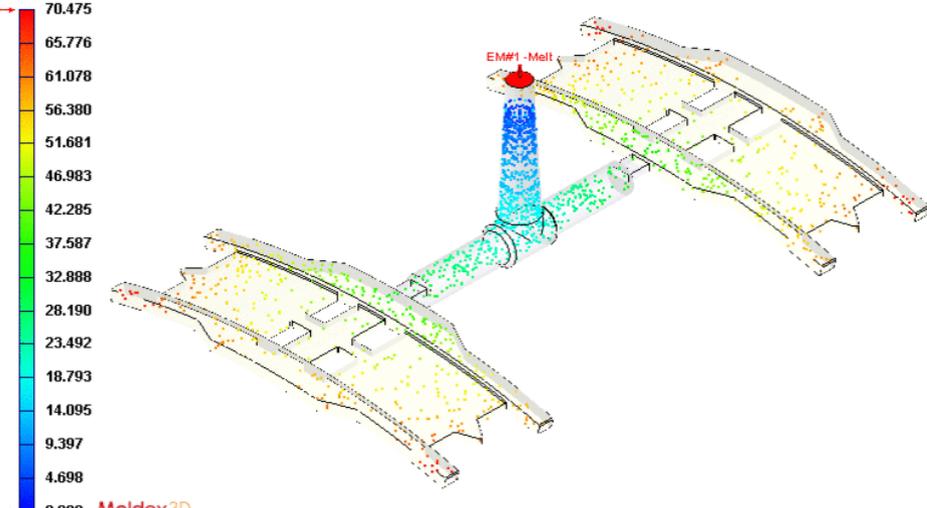
設計A的粉末濃度有差異的比較多，會有比較多的黑線生成，設計B較佳。

粒子追蹤

按F5+Shift 可播放動畫

充填分析_粒子追蹤 流动长度
x10⁰ [mm]

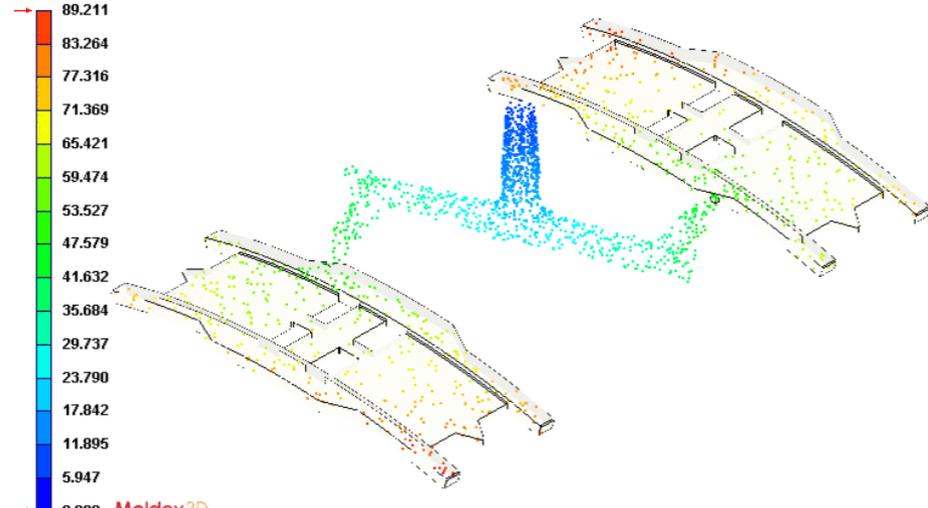
Melt Front at 0.256 sec



設計A

充填分析_粒子追蹤 流动长度
x10⁰ [mm]

Melt Front at 0.254 sec



設計B

粒子追蹤-流線顯示

按F5+Shift 可播放動畫

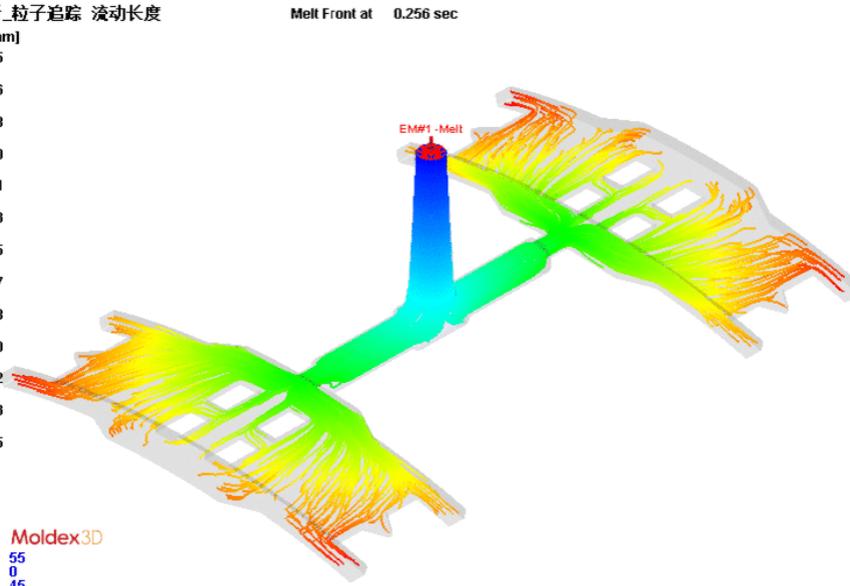
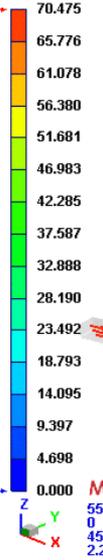
充填分析_粒子追蹤 滾動長度

Melt Front at 89.211 sec

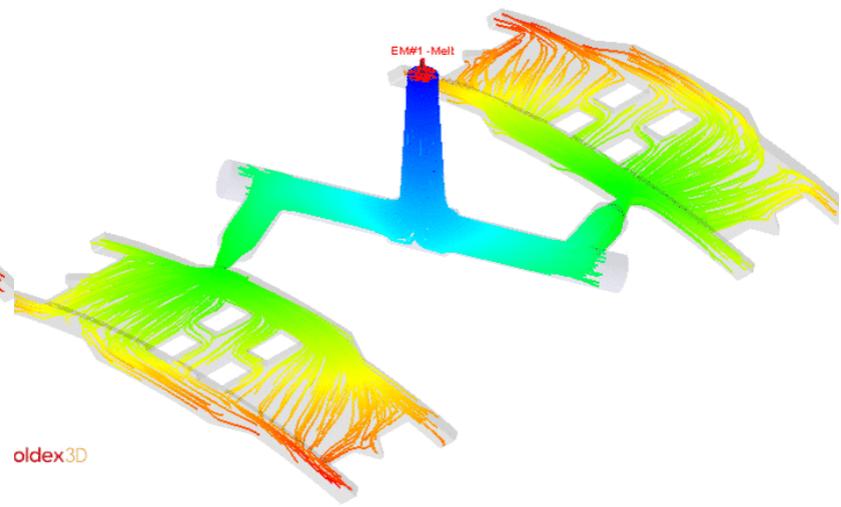
充填分析_粒子追蹤 滾動長度

Melt Front at 0.256 sec

$\times 10^0$ [mm]



設計A

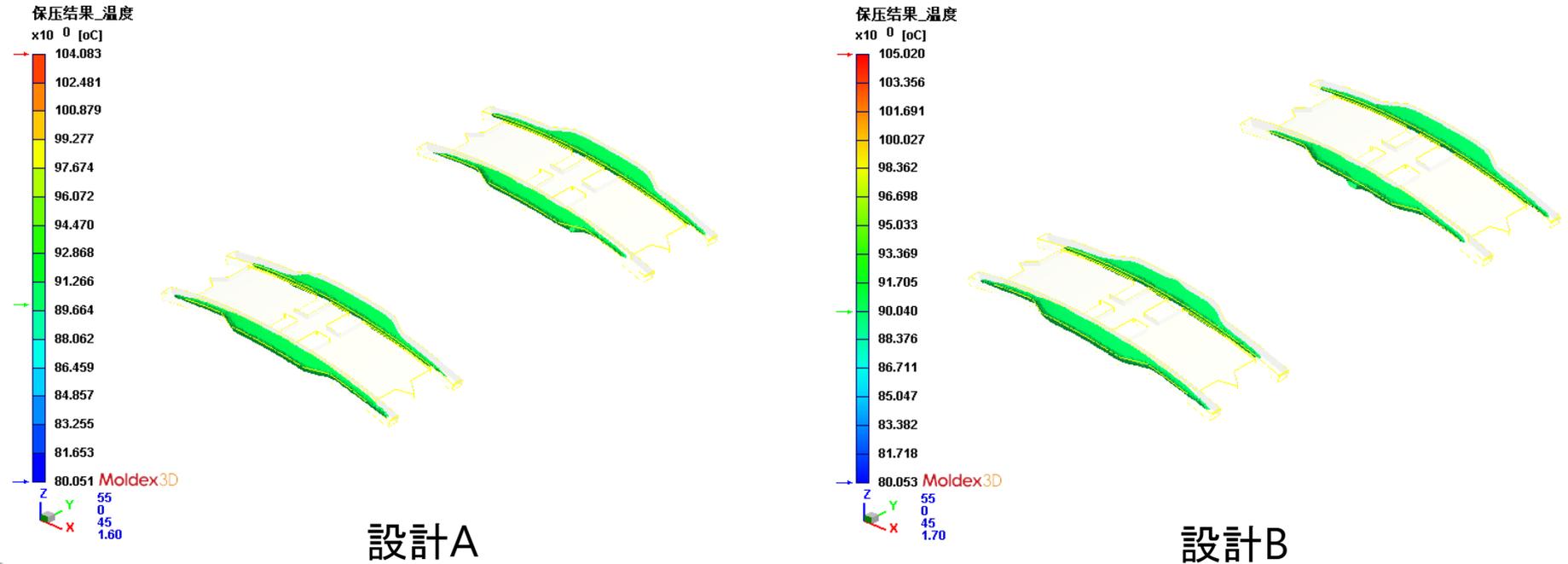


設計B

oldex3D
0

保壓溫度分布

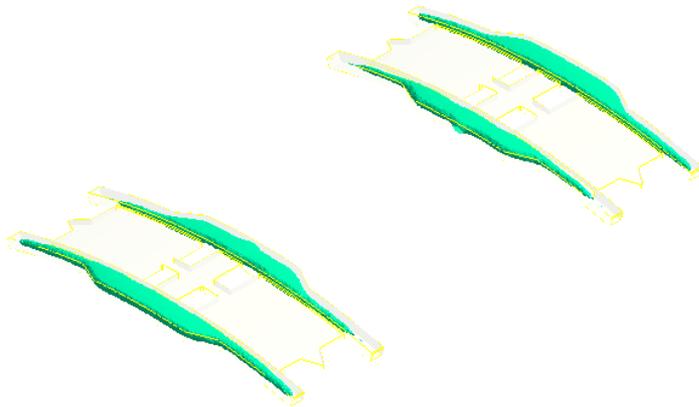
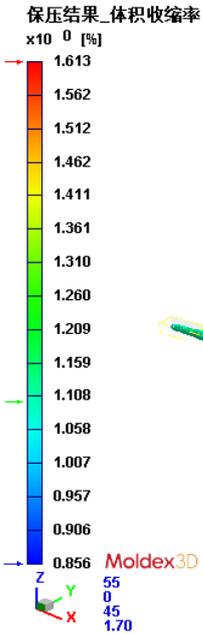
以不同顏色顯示當下的塑件溫度分布情形，三維計算可以得到三度空間的溫度分布，在塑件表面接近模溫，因此在熱塑性材料通常顯示低溫狀態，而在熱固性材料則會顯示高溫狀態。



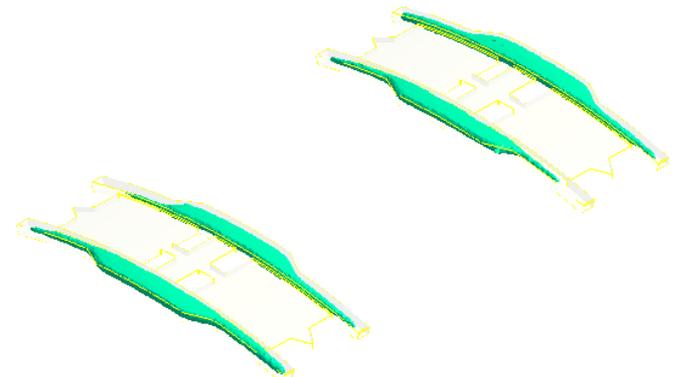
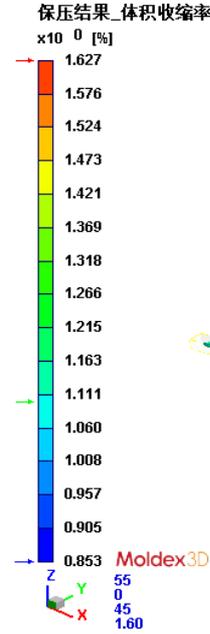
- 上圖為溫度高於90°C以上區域;
- 產品兩側的厚度為1.5mm，中間厚度為0.8mm，由於厚度差異的關係，中間冷得快。

保壓體積收縮率

體積收縮率分布顯示當下的高溫高壓狀態下冷卻至常溫常壓下的體積變化百分比，正值代表體積收縮，負值代表可能由於過度保壓造成的體積膨脹。不均勻的體積收縮率分布會導致塑件翹曲以及脫模變形。



設計A



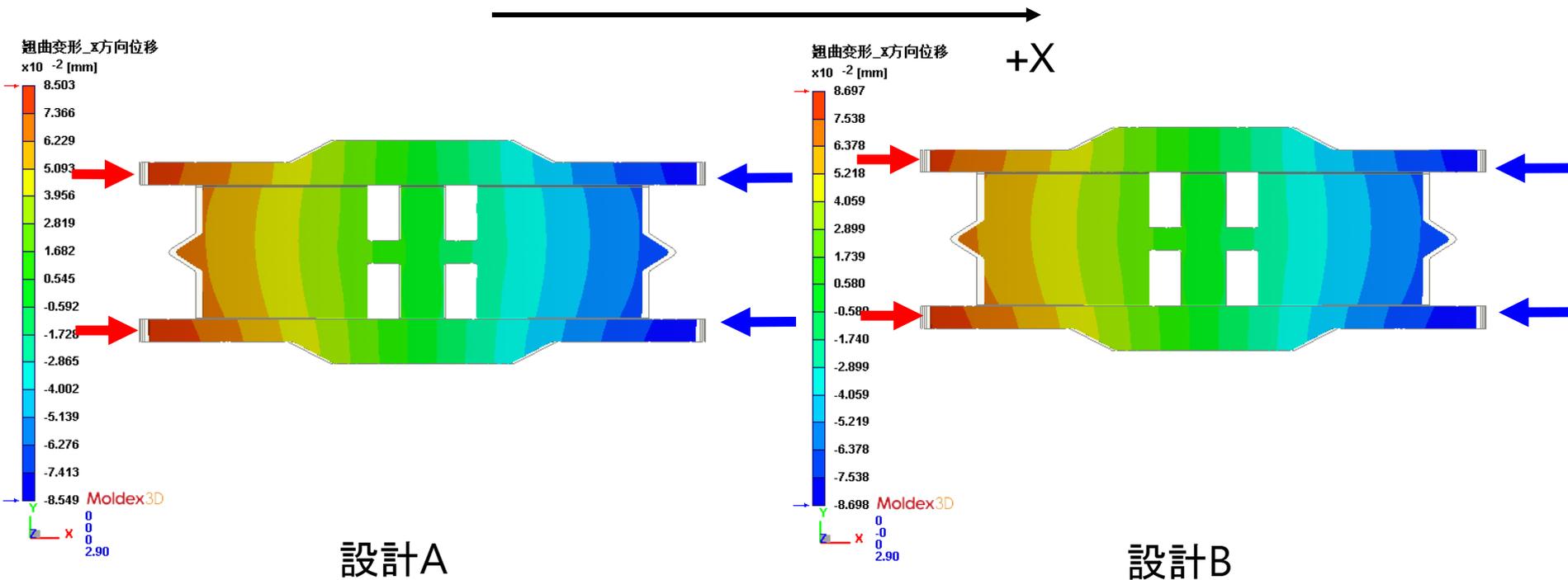
設計B

- 上圖為體積收縮率高於1.1%的區域
- 經過保壓後溫度較高的區域，體積收縮率大。

翹曲變形-X方向位移

下圖為放大5倍變形量

代表總位移在X方向的位移分量分布，此分布綜合了成形過程中的所有效應，此分布值乃相對於網格模型原點



X方向位移：-0.085~0.085mm

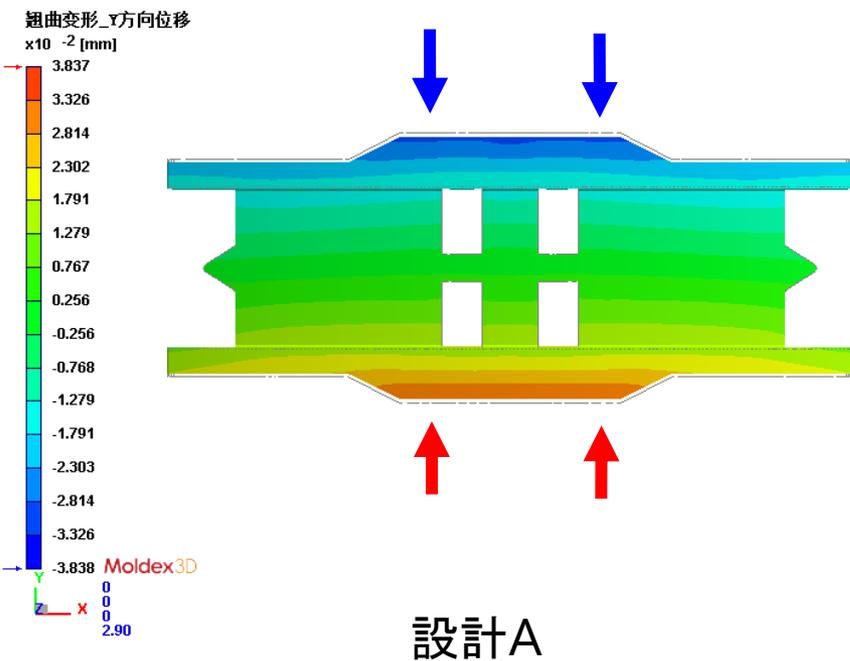
X方向位移：-0.087~0.087mm

此翹曲變形為射出成型後生胚的變形，後續經過燒結加工後，會有二次變形。

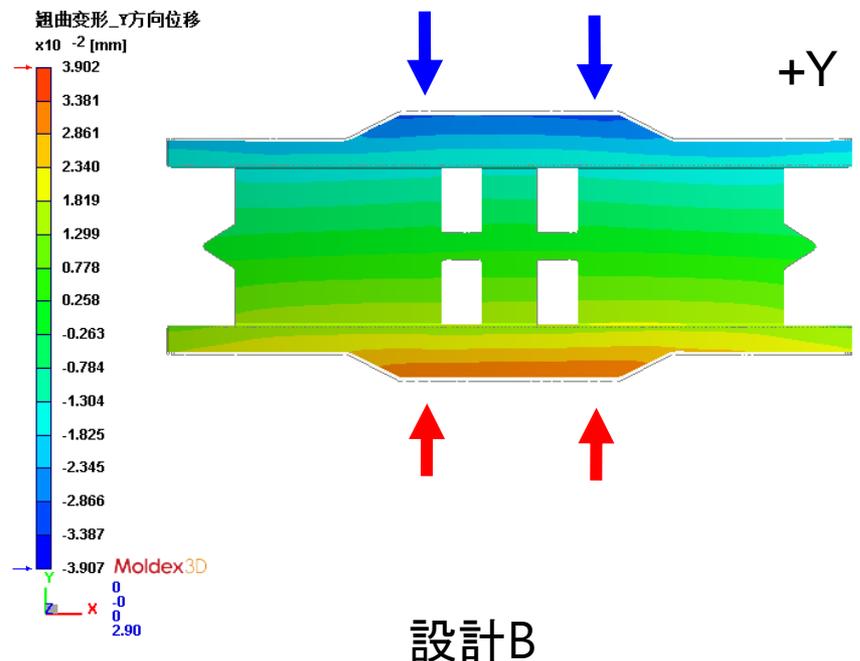
翹曲變形-Y方向位移

下圖為放大5倍變形量

代表總位移在Y方向的位移分量分布，此分布綜合了成形過程中的所有效應，此分布值乃相對於網格模型原點



Y方向位移: -0.038~0.038mm



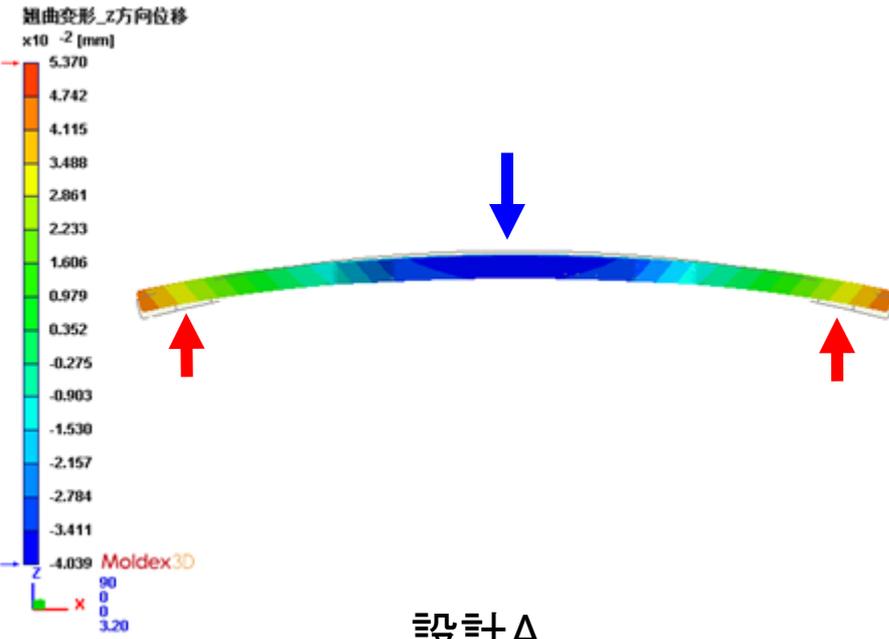
Y方向位移: -0.039~0.039mm

此翹曲變形為射出成型後生胚的變形，後續經過燒結加工後，會有二次變形。

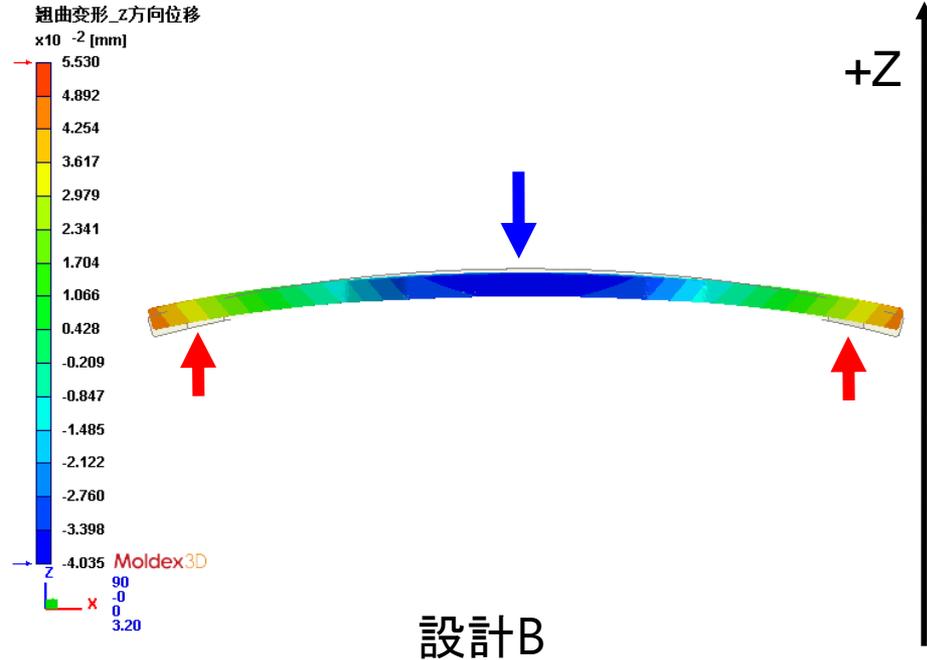
翹曲變形-Z方向位移

下圖為放大5倍變形量

代表總位移在Z方向的位移分量分布，此分布綜合了成形過程中的所有效應，此分布值乃相對於網格模型原點



Z方向位移: -0.04~0.054mm

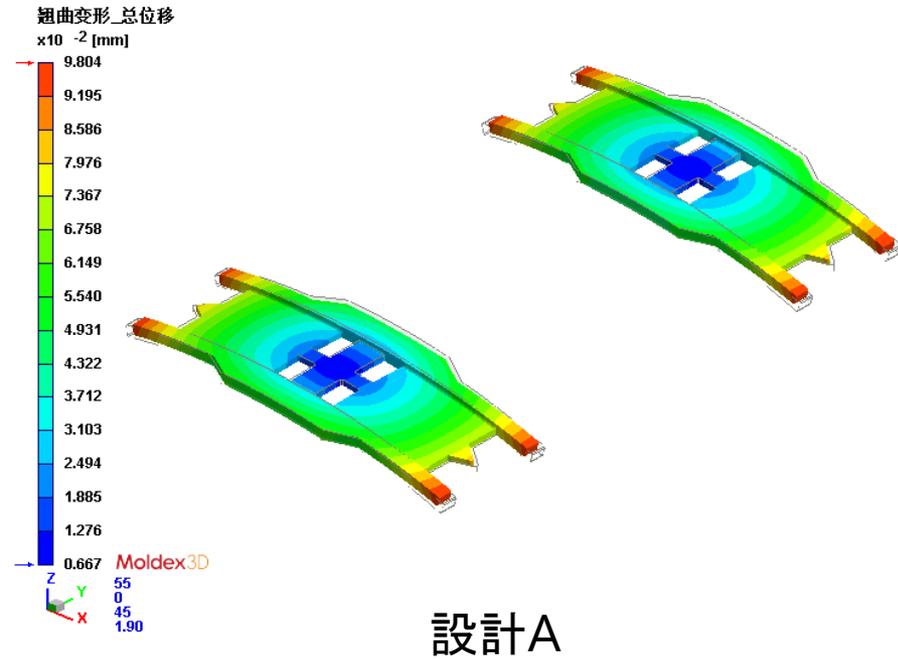


Z方向位移: -0.04~0.055mm

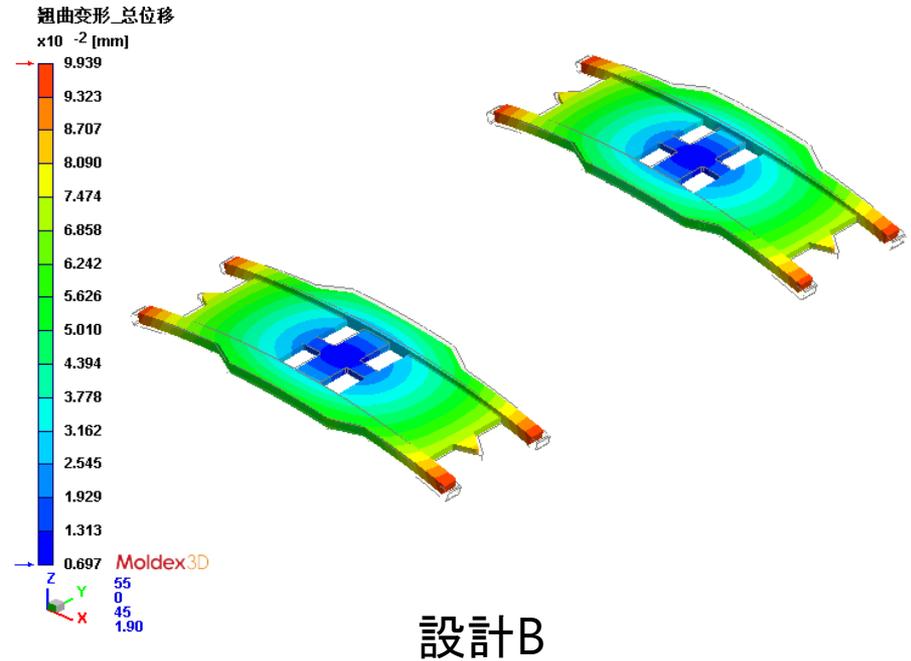
此翹曲變形為射出成型後生胚的變形，後續經過燒結加工後，會有二次變形。

翹曲變形-總位移

下圖為放大5倍變形量



總位移: 0~0.098mm



總位移: 0~0.099mm

此翹曲變形為射出成型後生胚的變形，後續經過燒結加工後，會有二次變形。

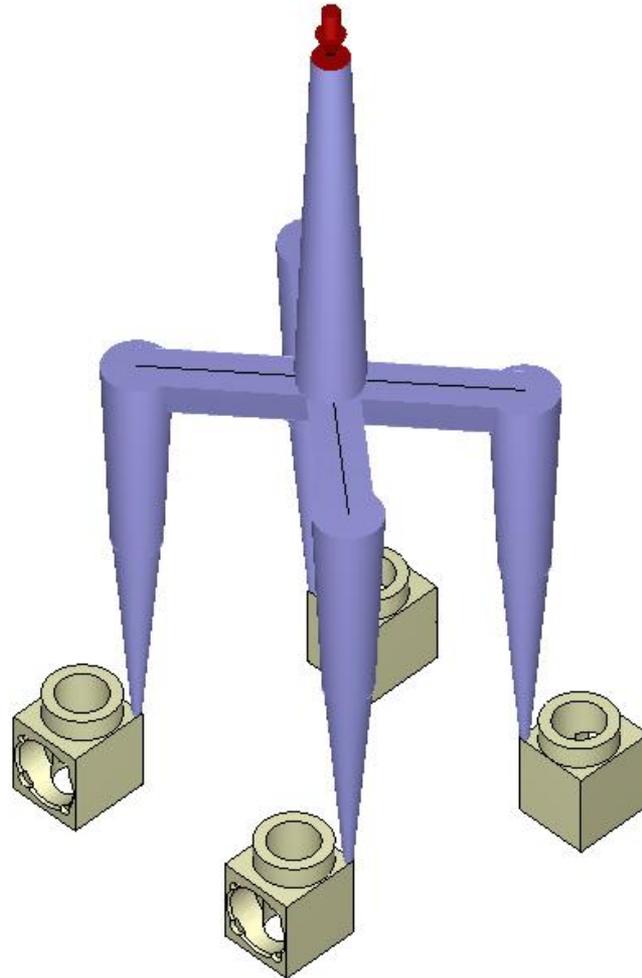
總結

- > 藉由Moldex3D分析，流動波前結果顯示出可能產生結合線、包封的位置，對比兩種流道設計，無論在縫合線的長度，還是位置上，流道設計B方案較佳。
- > 粉末濃度有差異的區域是會生成黑線的位置。
- > 黑線的發生會在粉末濃度較低的區域，一般澆口附近會有較大剪切率，因此黑線位置在澆口附近的機率高。
- > 兩種設計的翹曲分析結果趨勢一致，數值相近。但此翹曲變形為射出成型後生胚的變形，後續經過燒結加工後，會有二次變形。
- > 綜上所述，建議產用設計B。

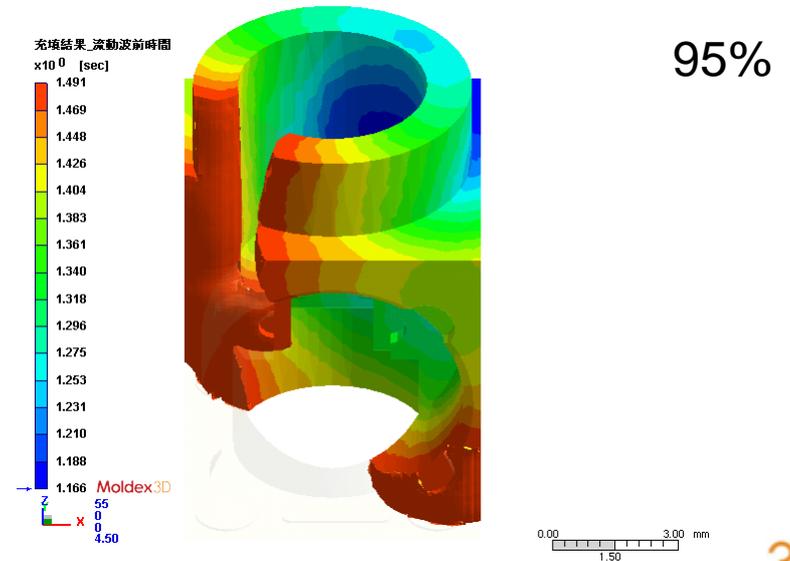
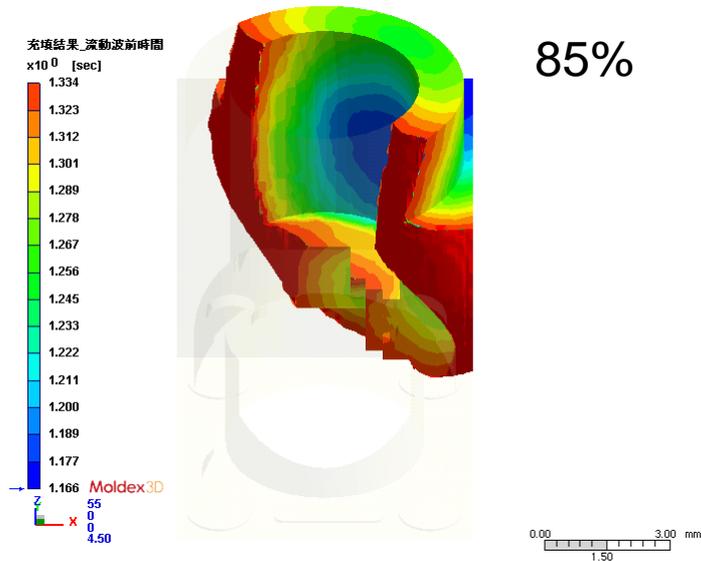
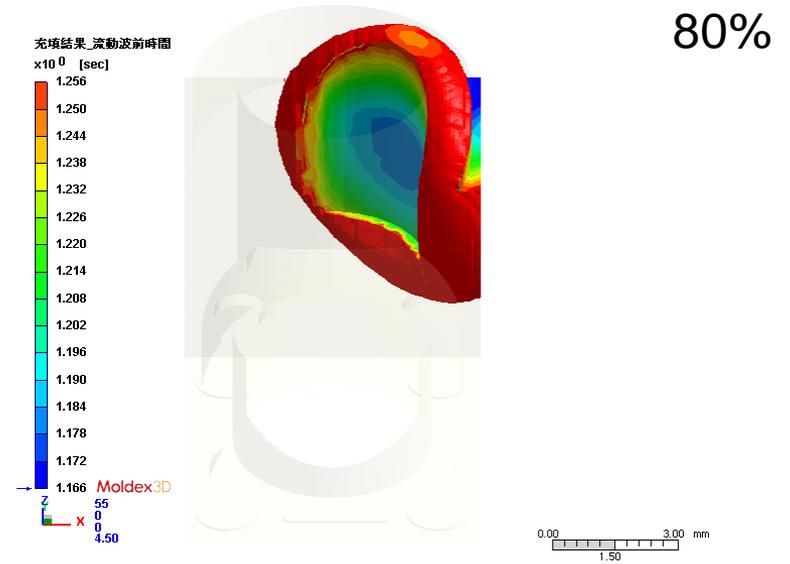
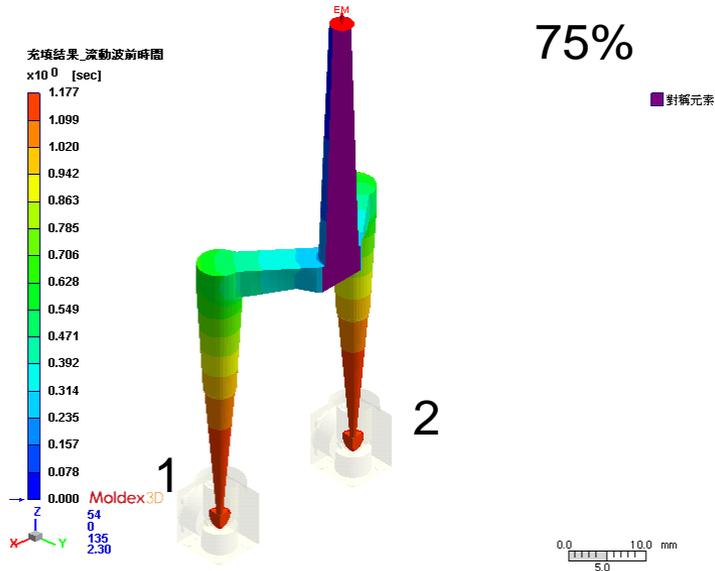
實際案例分享3

Case Study

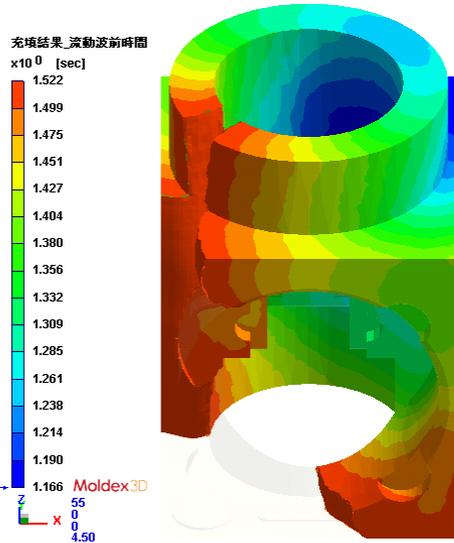
> 光纖連接器



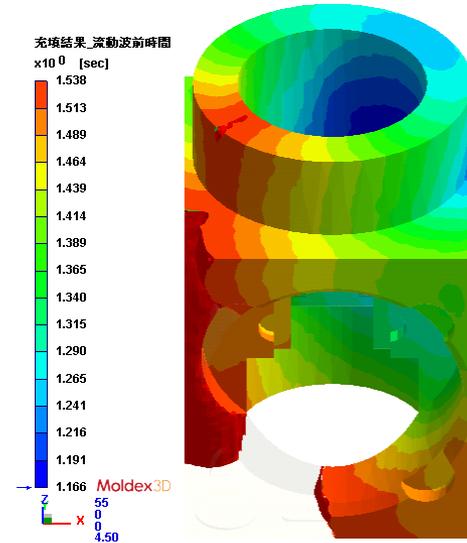
Filling Melt Front (I)



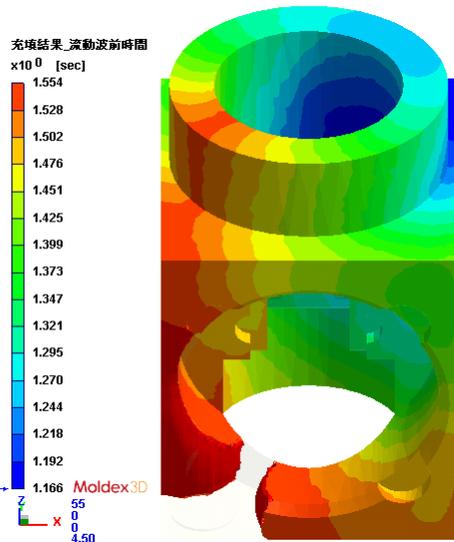
Filling Melt Front (II)



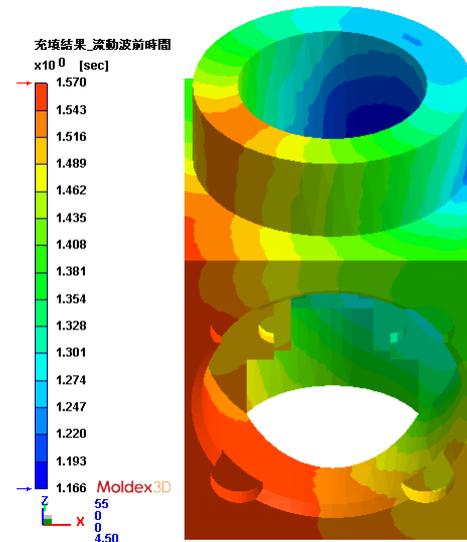
97%



98%

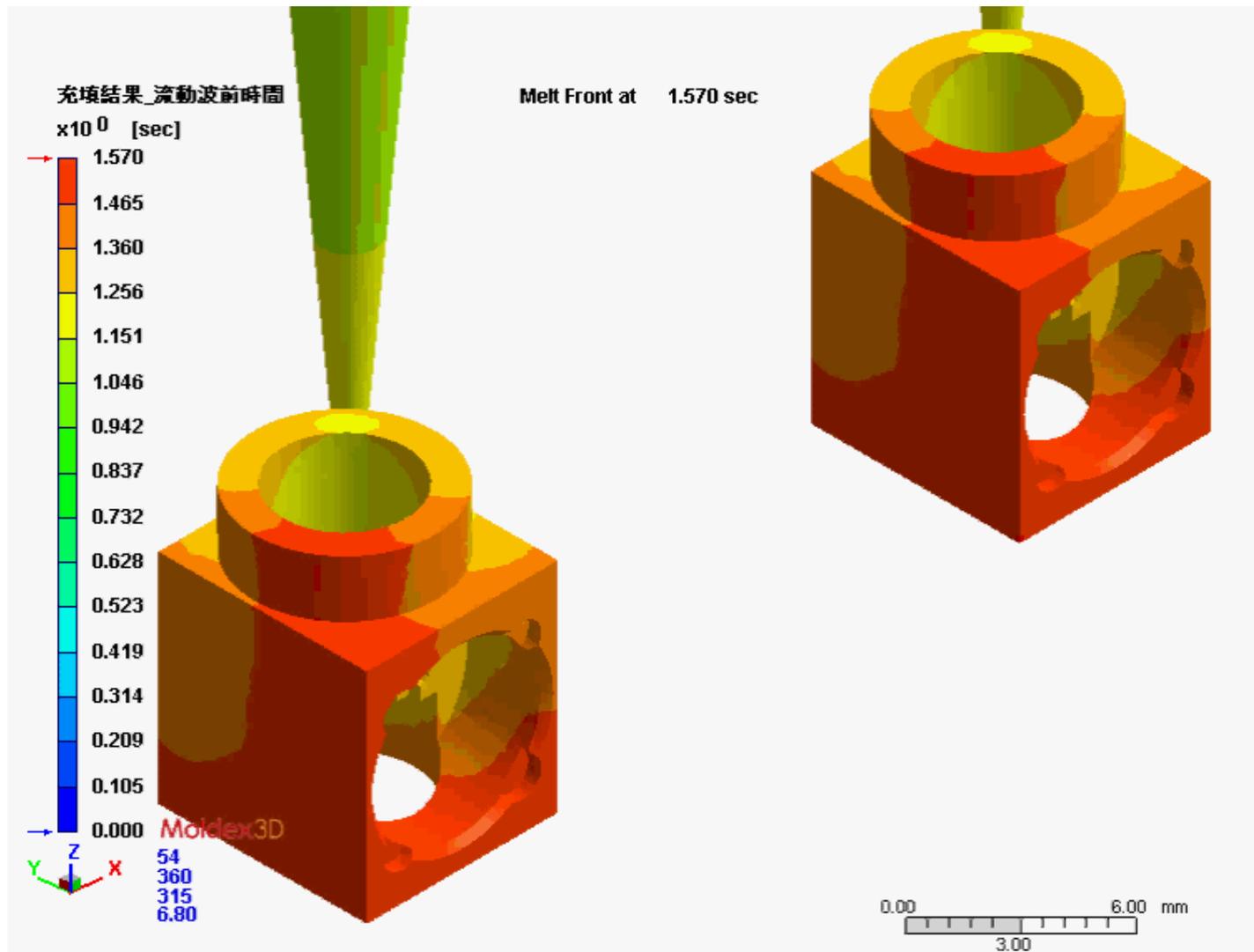


99%



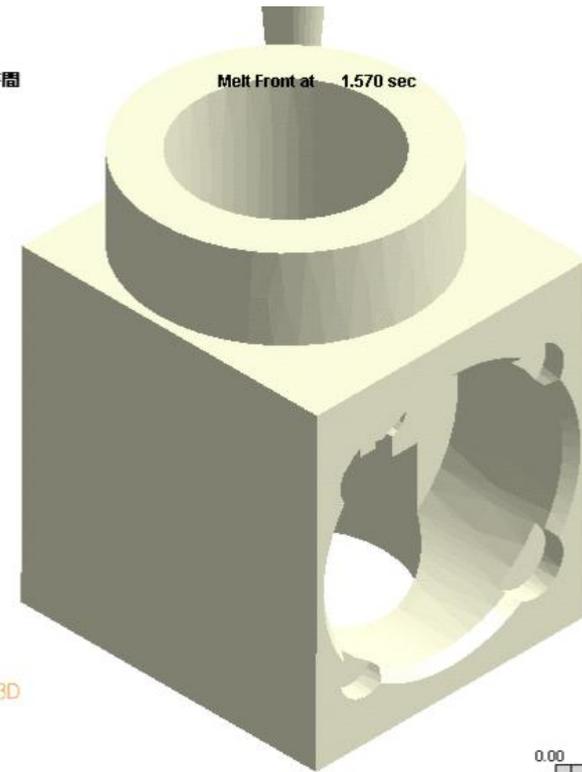
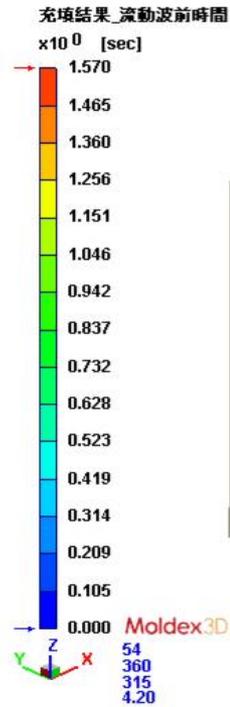
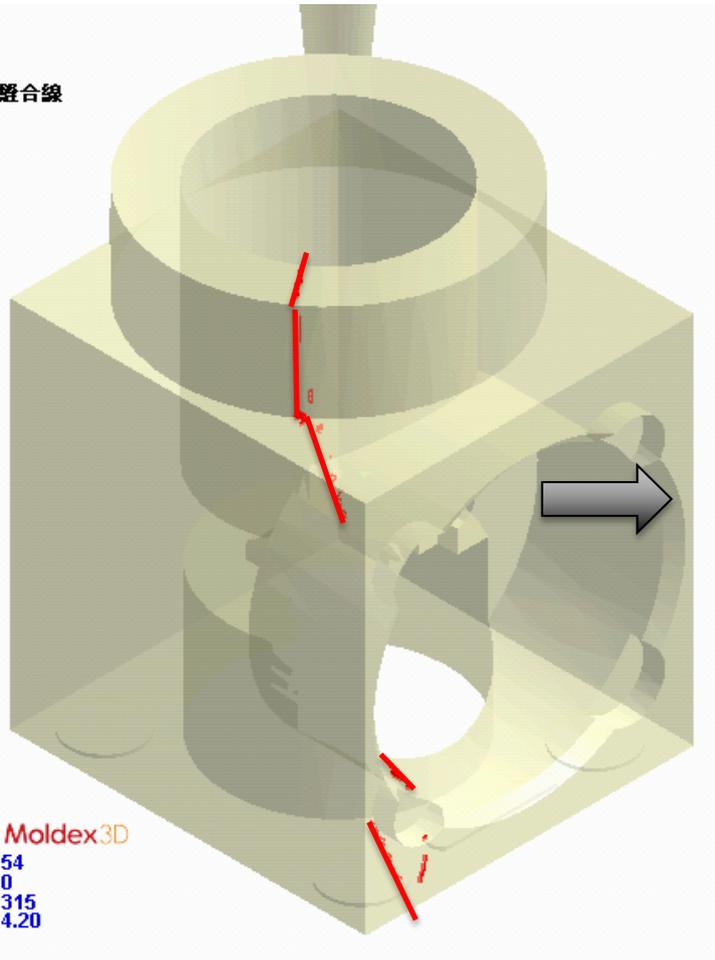
100%

Filling Animation



Welding Line

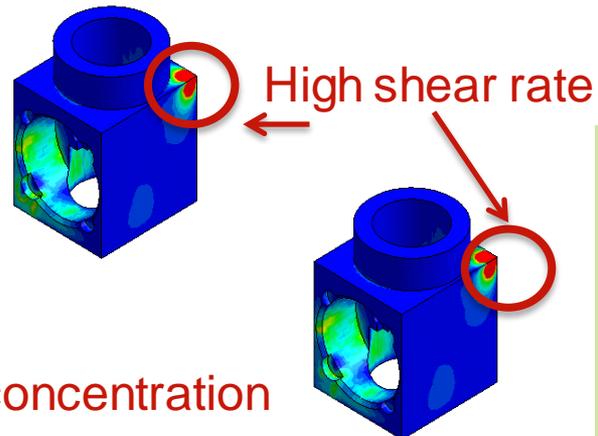
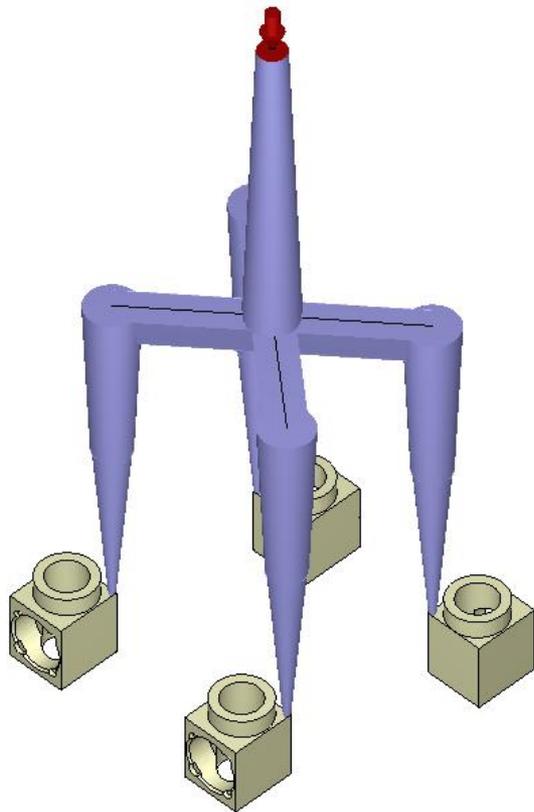
充填結果_澀合線



— 縫合線

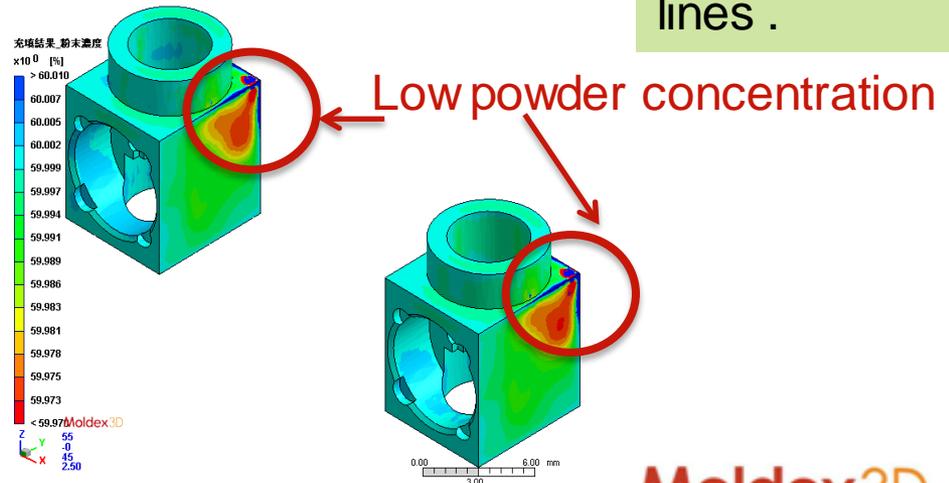
Powder Concentration

- > Shear induced variation in concentration
 - The higher shear rate occurs in the vicinity of gate, correspondingly, there is the lower powder concentration.



powder concentration

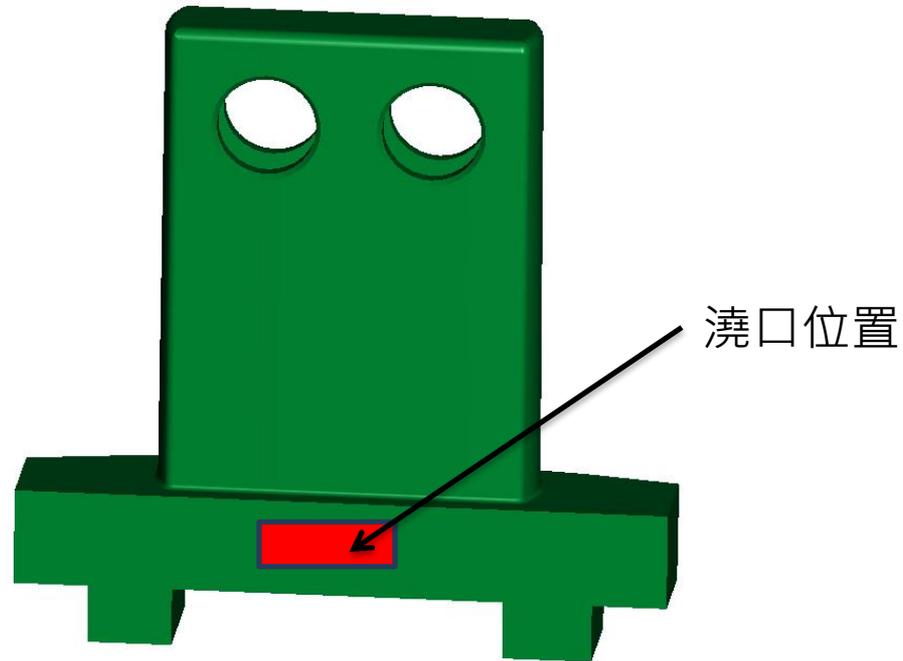
Low powder concentration is most possible to be black lines .



實際案例分享4

現況預測的重點

- > 流動波前
- > 溫度
- > 剪切應力
- > 剪切率
- > 縫合線
- > 濃度分布
- > 黑線
- > 包封
- > 翹曲

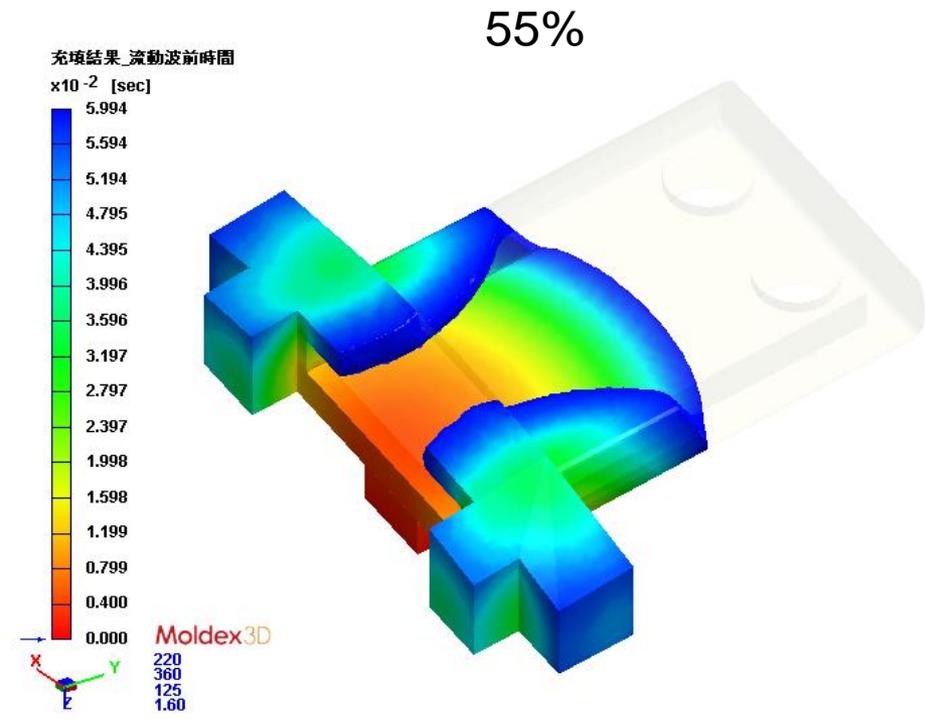
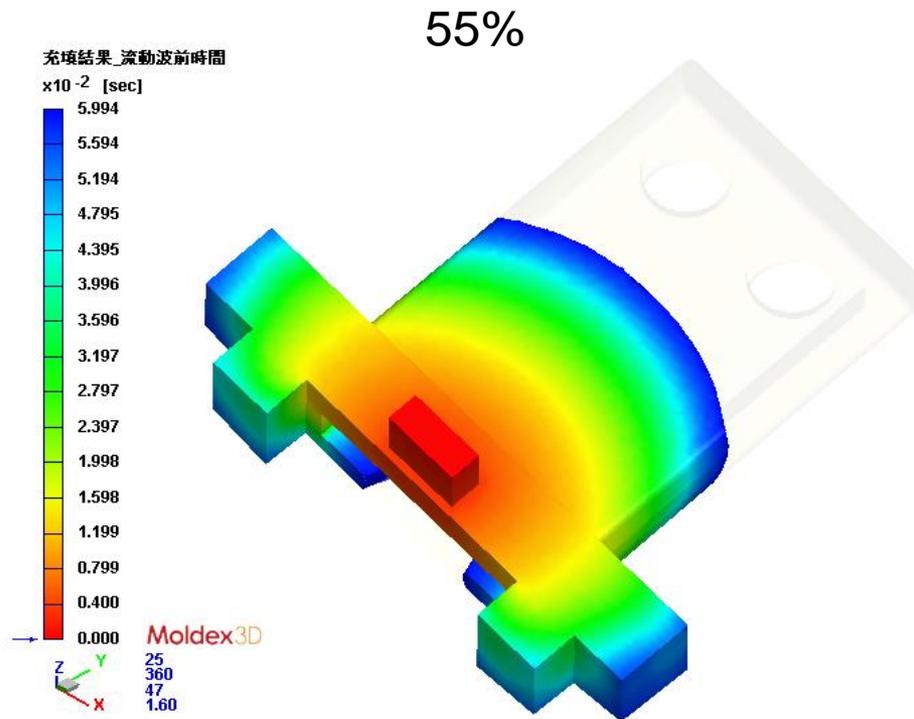


原料：金屬粉末
進膠方式：側進膠
進膠位置：參照上圖，澆口尺寸自行決定

充填結果

流動波前時間55~60%

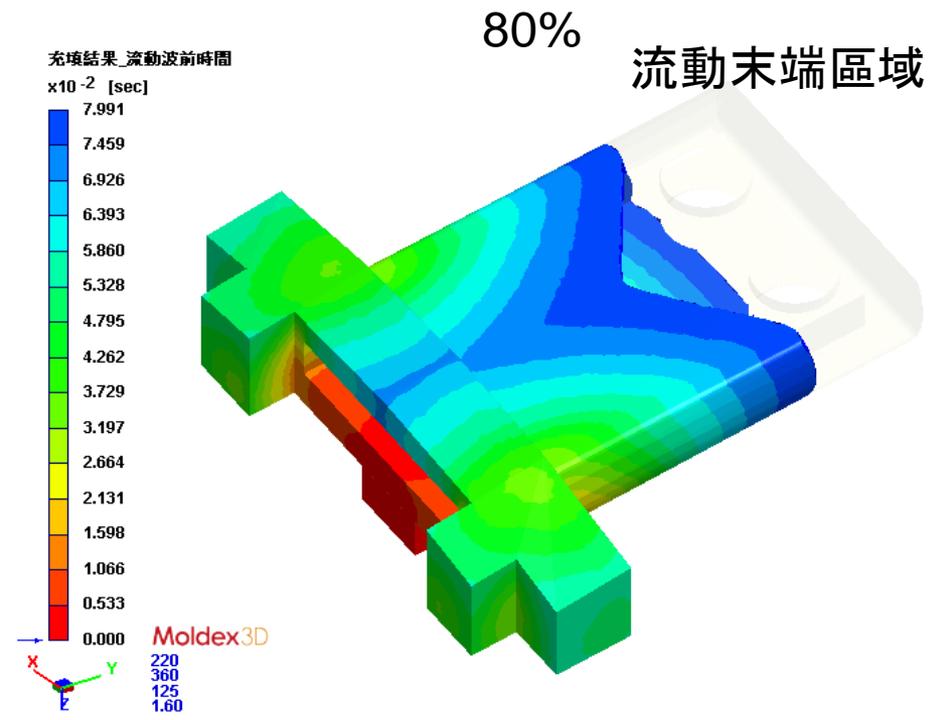
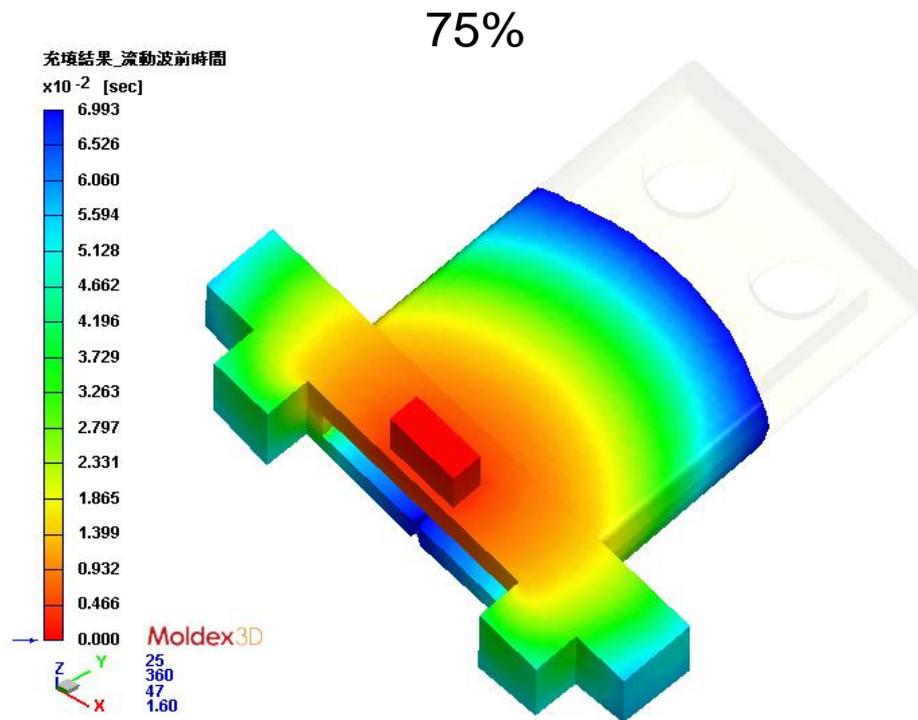
- 藉由不同範圍的流動波前圖或是流動波前動畫，可看塑料在模穴中各時刻的充填情形，可預測縫合線及包封位置，且可判斷是否會有短射現象發生，提供排氣孔位置安排等參考。



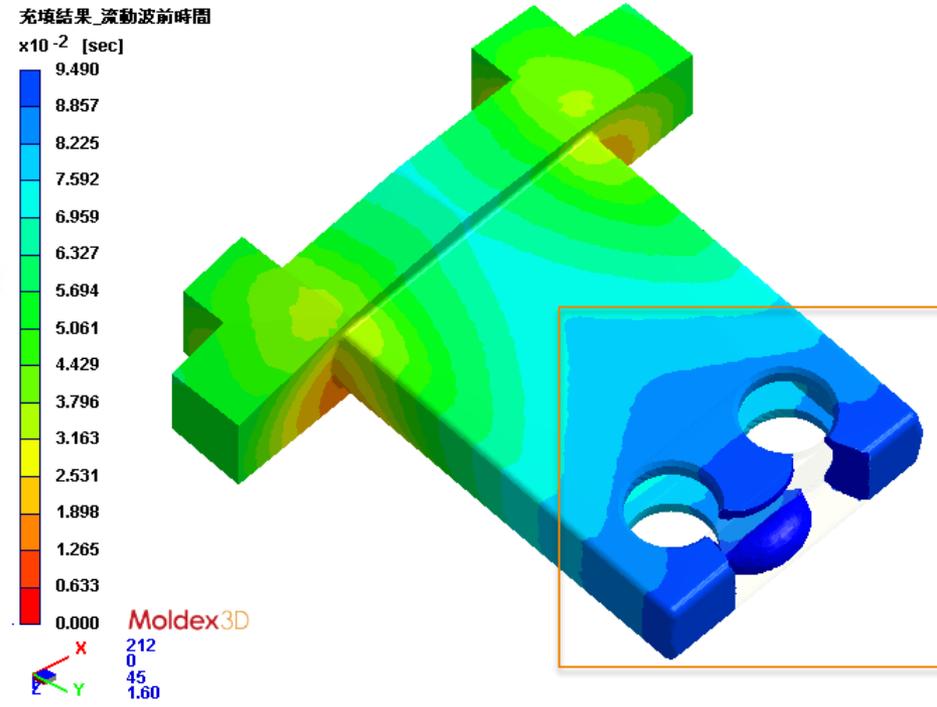
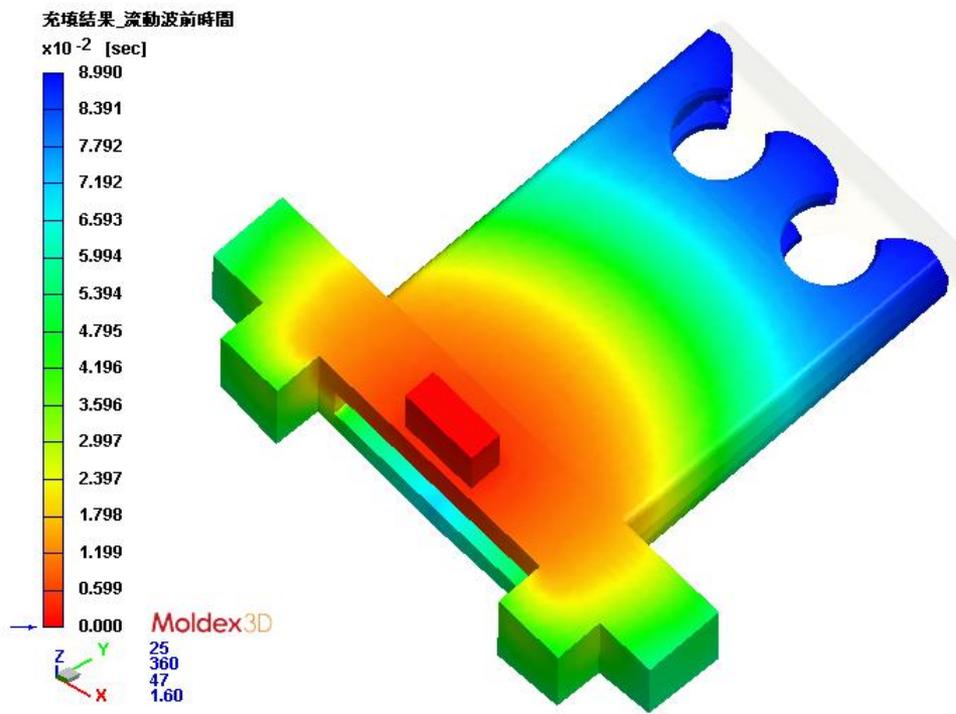
充填結果

流動波前時間97~99%

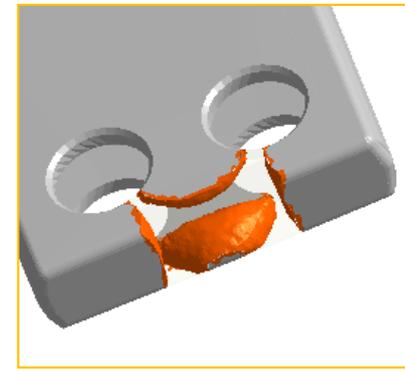
- 藉由不同範圍的流動波前圖或是流動波前動畫，可看塑料在模穴中各時刻的充填情形，可預測縫合線及包封位置，且可判斷是否會有短射現象發生，提供排氣孔位置安排等參考。



充填結果 流動波前時間95~98%



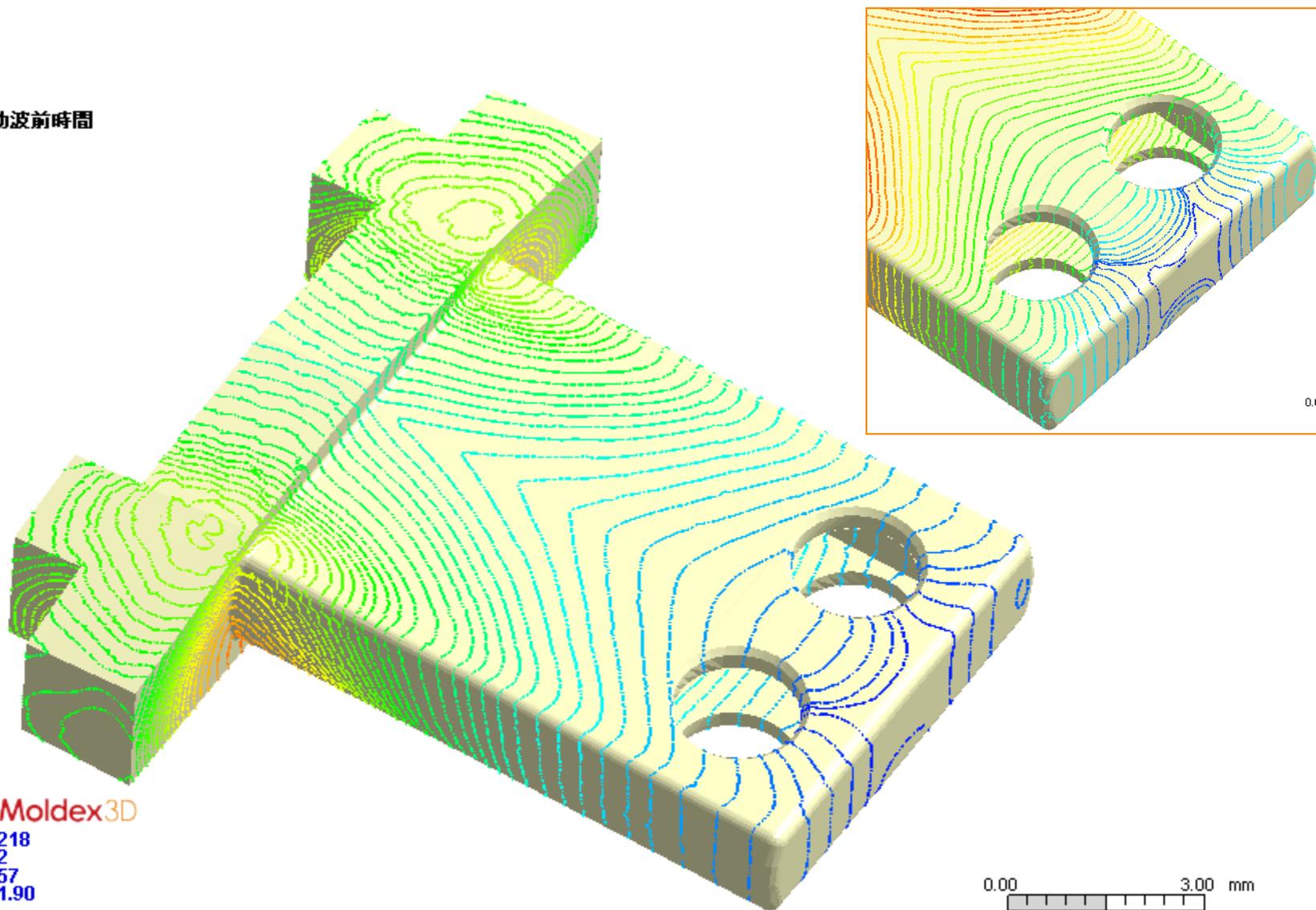
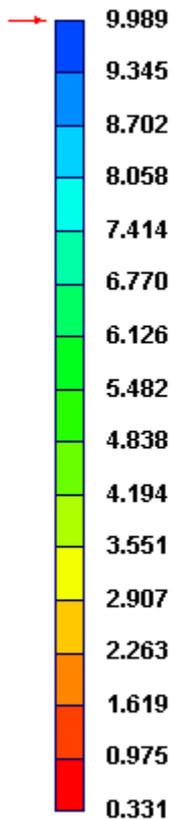
流動末端區域



充填結果 流動波前等位線

充填結果_流動波前時間

$\times 10^{-2}$ [sec]



Moldex3D

218
2
57
1.90

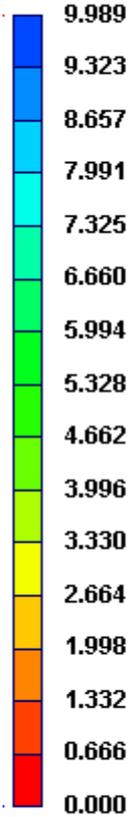
0.00 1.50 3.00 mm

Moldex3D

充填結果 流動波前時間動畫

充填結果_流動波前時間

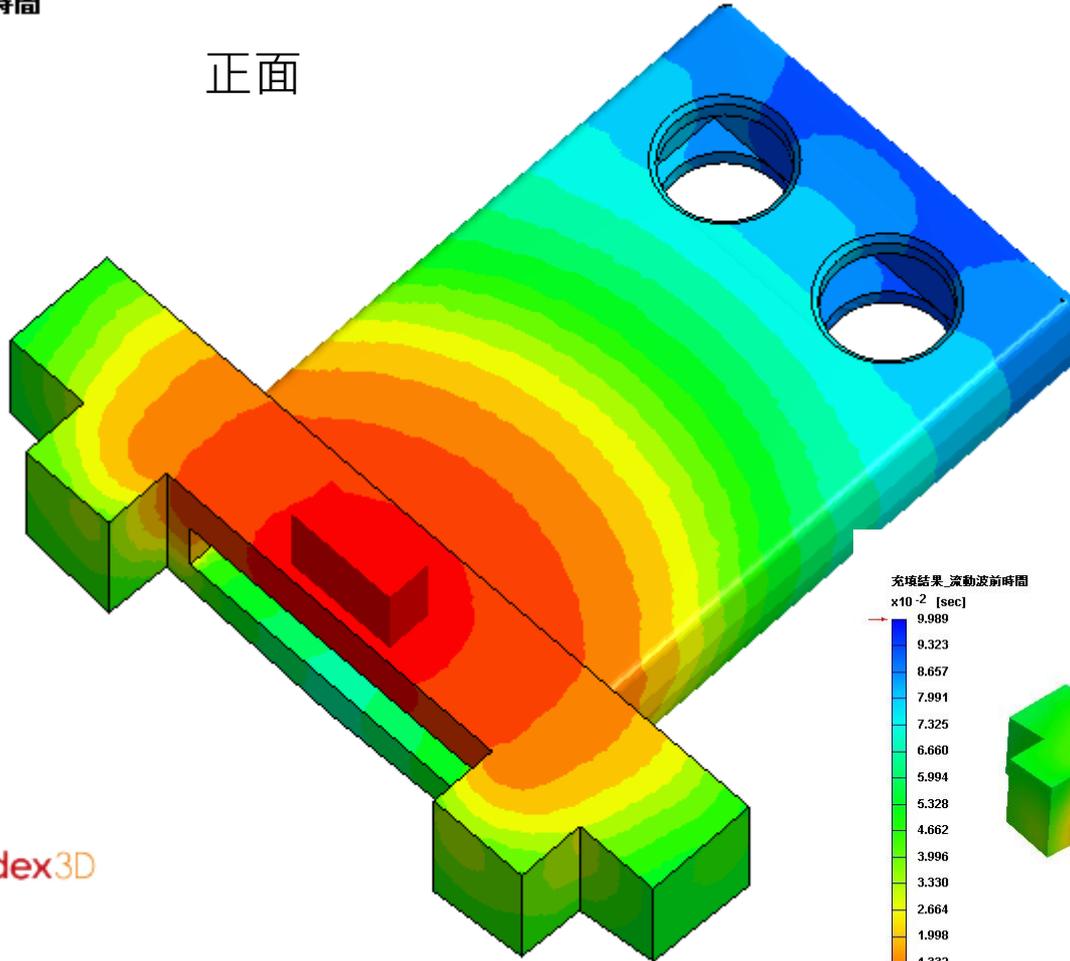
$\times 10^{-2}$ [sec]



Moldex3D

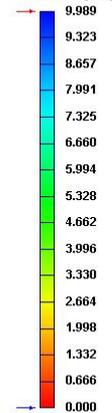


正面



充填結果_流動波前時間

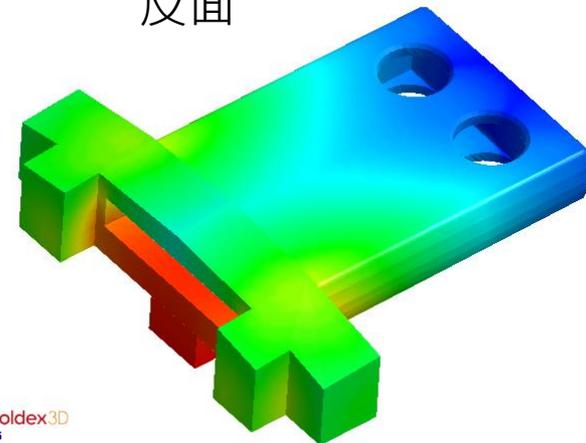
$\times 10^{-2}$ [sec]



Moldex3D



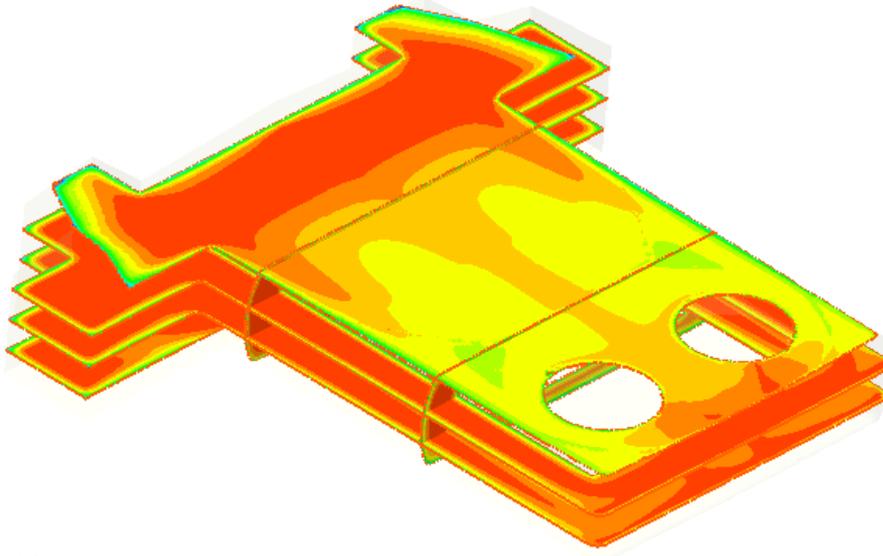
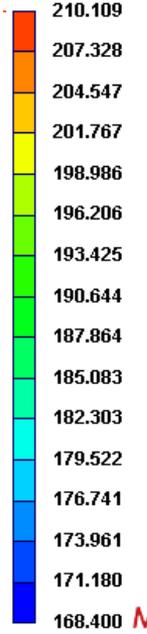
反面



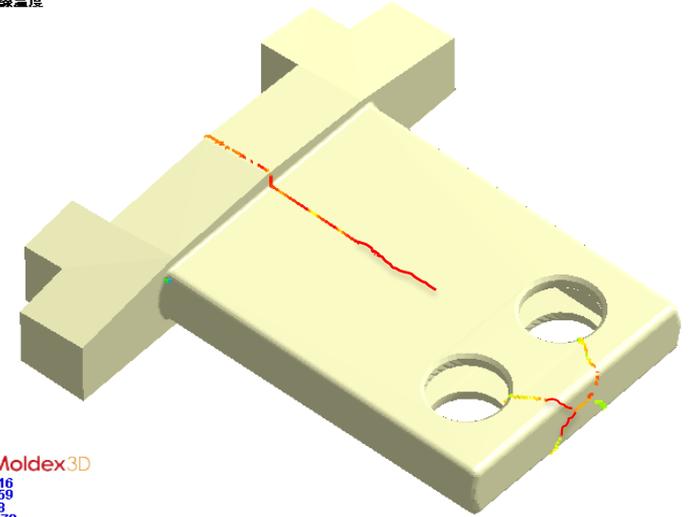
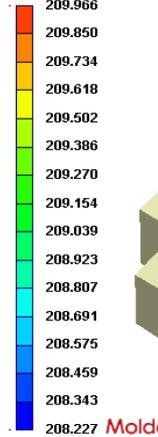
Moldex3D

溫度分布與結合線位置

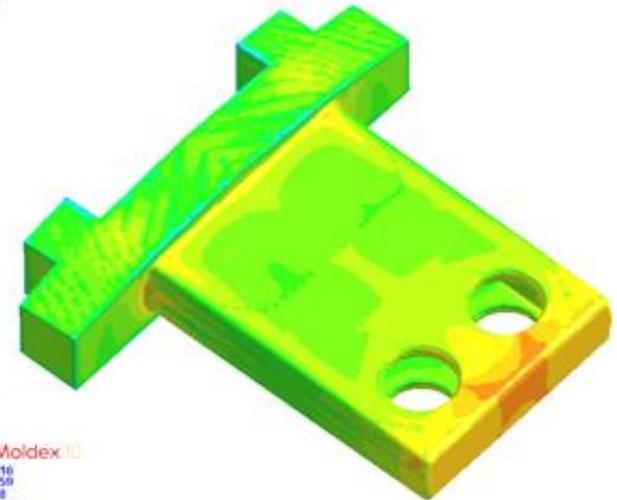
充填結果_溫度
[oC]



充填結果_澀合線溫度
[oC]



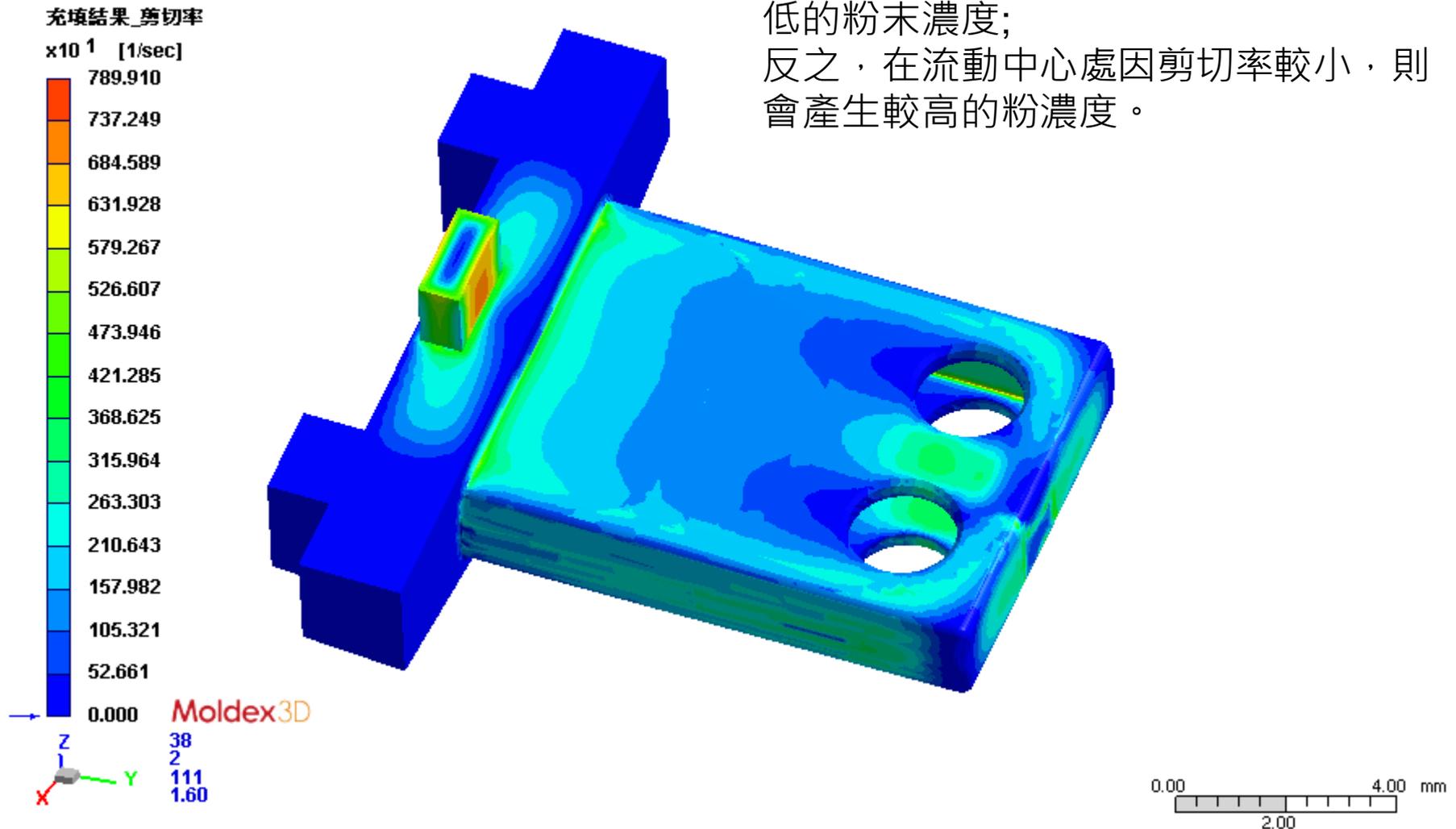
充填結果_溫度
[oC]



此數據可用以評估產品冷卻及熔膠黏滯加熱(剪切生熱)的綜合效應，可檢查是否因為流動速度等熱點造成塑件燒焦問題。

剪切率分布

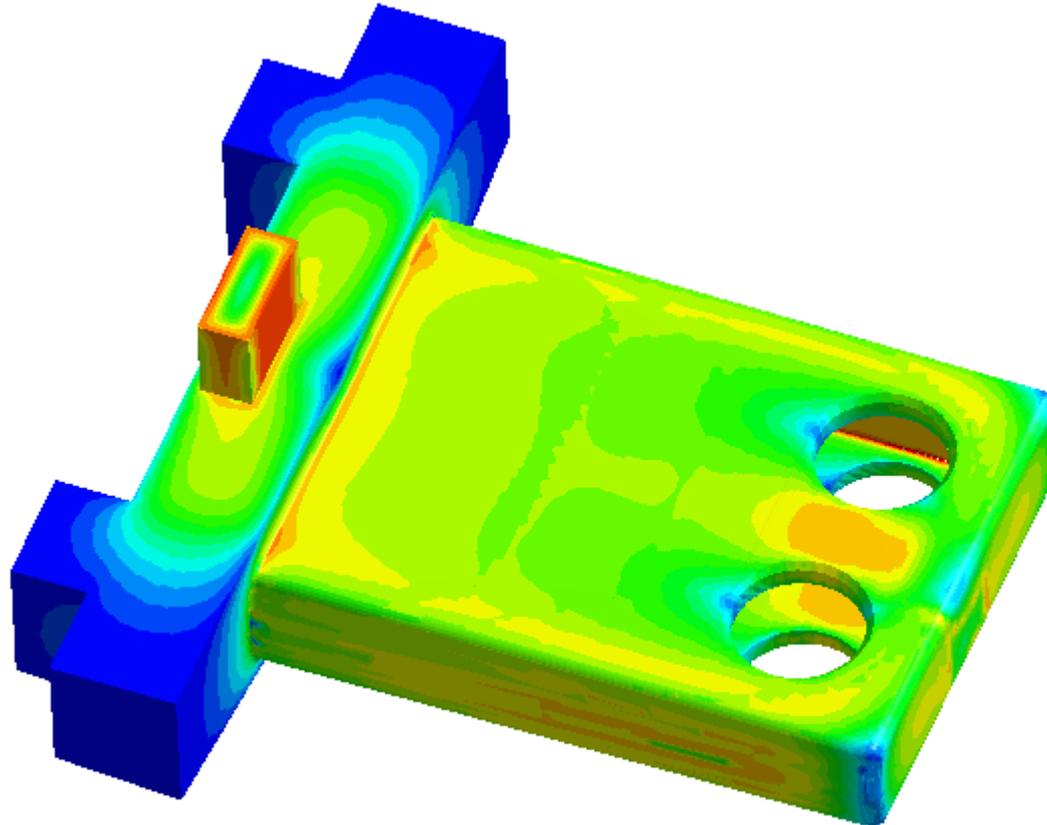
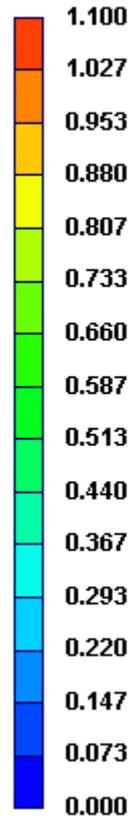
在壁緣處具有最大剪切率，故會產生較低的粉末濃度；
反之，在流動中心處因剪切率較小，則會產生較高的粉濃度。



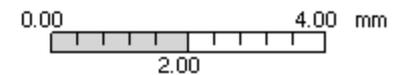
剪切應力分布

充填結果_剪切應力

$\times 10^{-1}$ [MPa]



Moldex3D

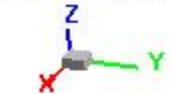
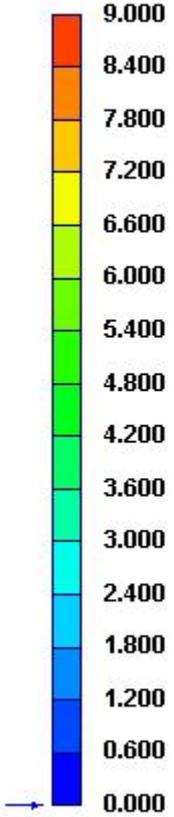


Moldex3D

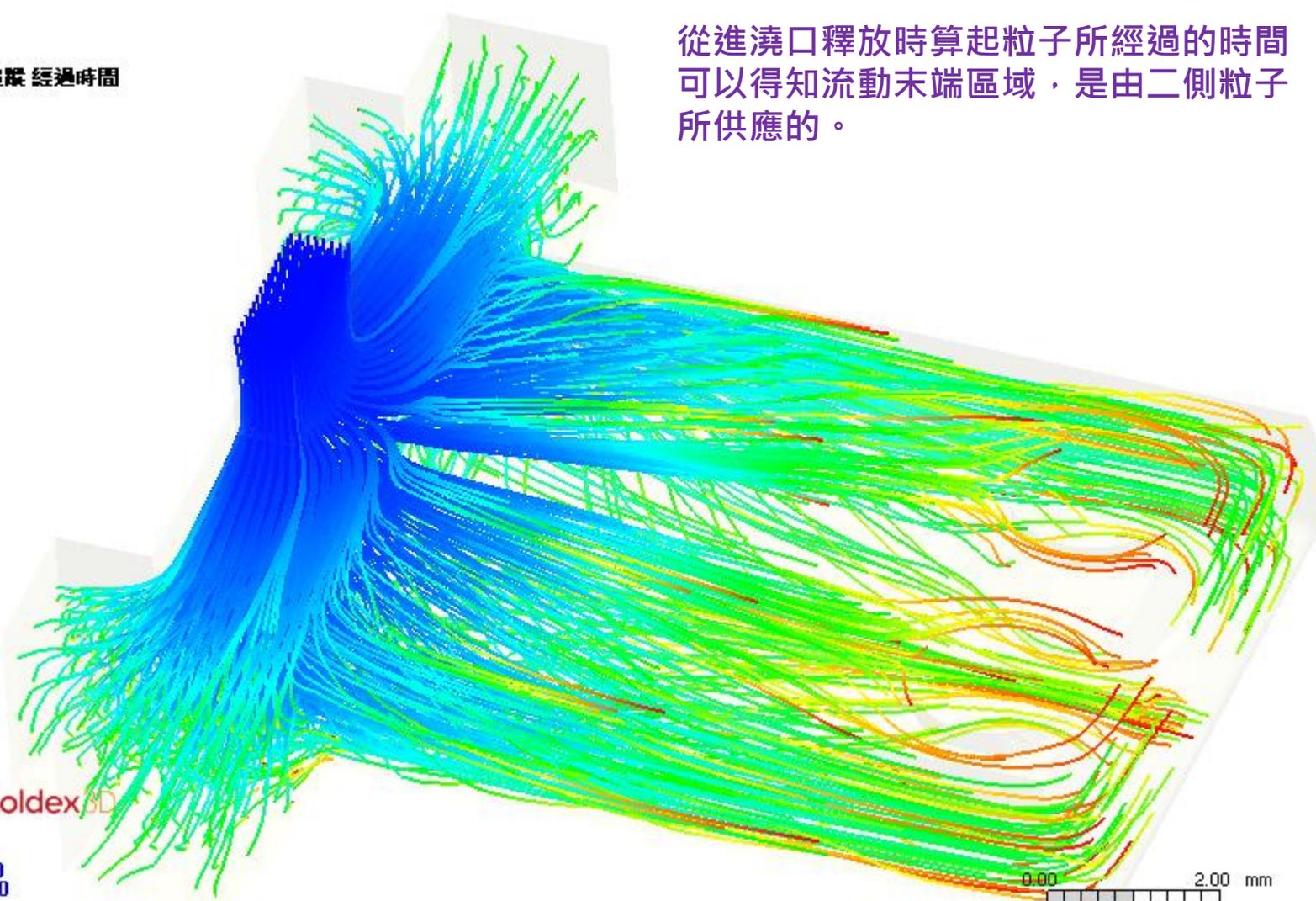
充填結果 - 粒子追蹤經過時間_正面

充填結果_粒子追蹤 經過時間

$\times 10^{-2}$ [sec]



Moldex3D
48
3
110
2.40



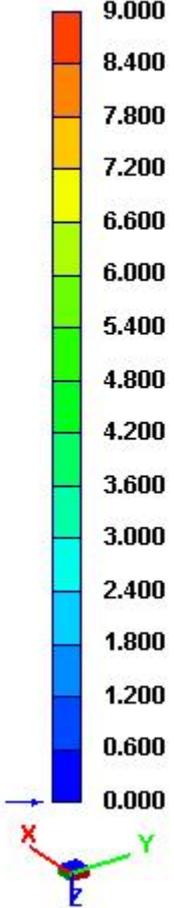
從進澆口釋放時算起粒子所經過的時間
可以得知流動末端區域，是由二側粒子
所供應的。



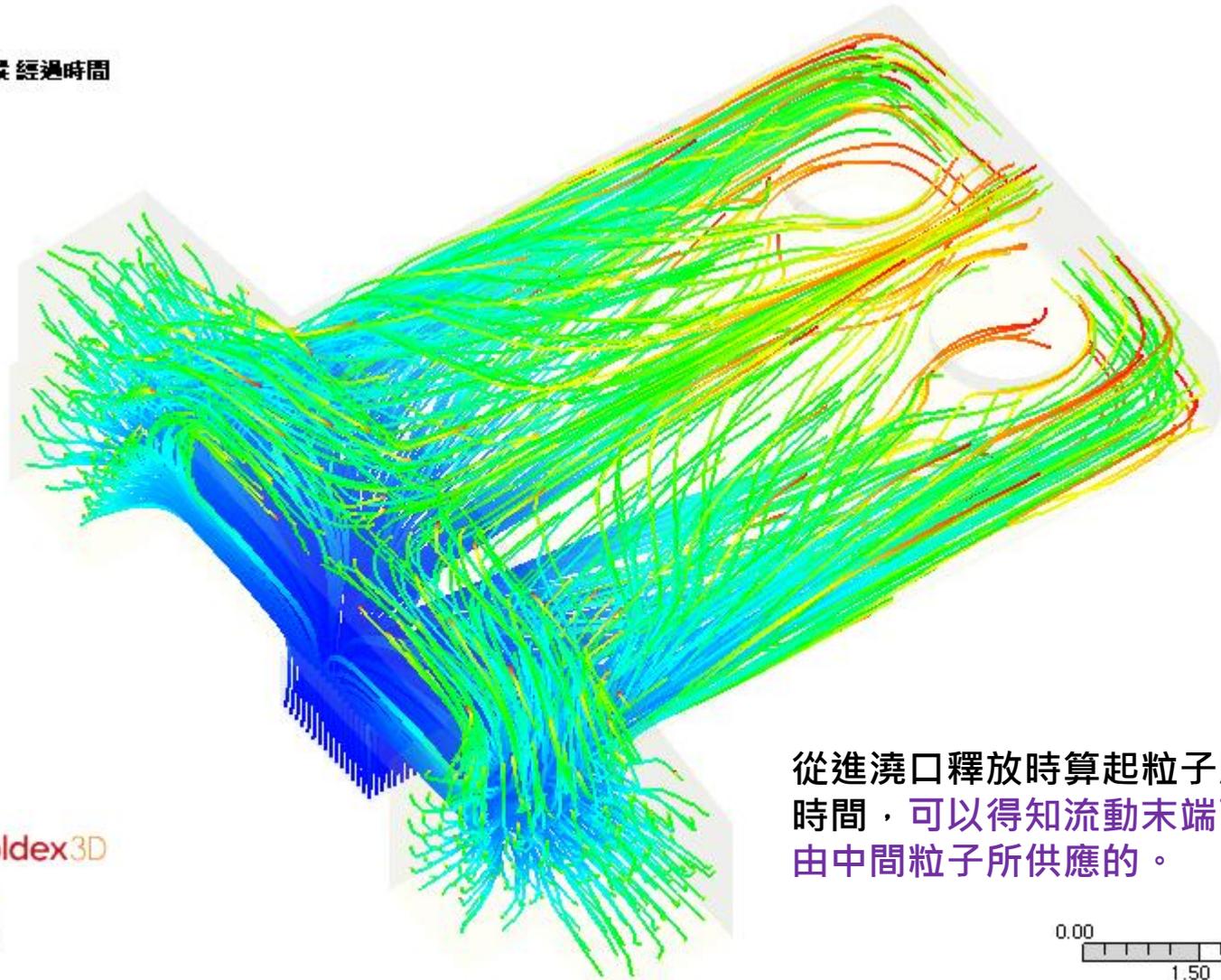
充填結果 - 粒子追蹤經過時間_背面

充填結果_粒子追蹤 經過時間

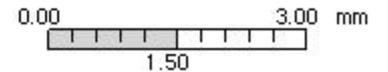
$\times 10^{-2}$ [sec]



Moldex3D
220
360
125
2.00



從進澆口釋放時算起粒子所經過的時間，可以得知流動末端區域，是由中間粒子所供應的。



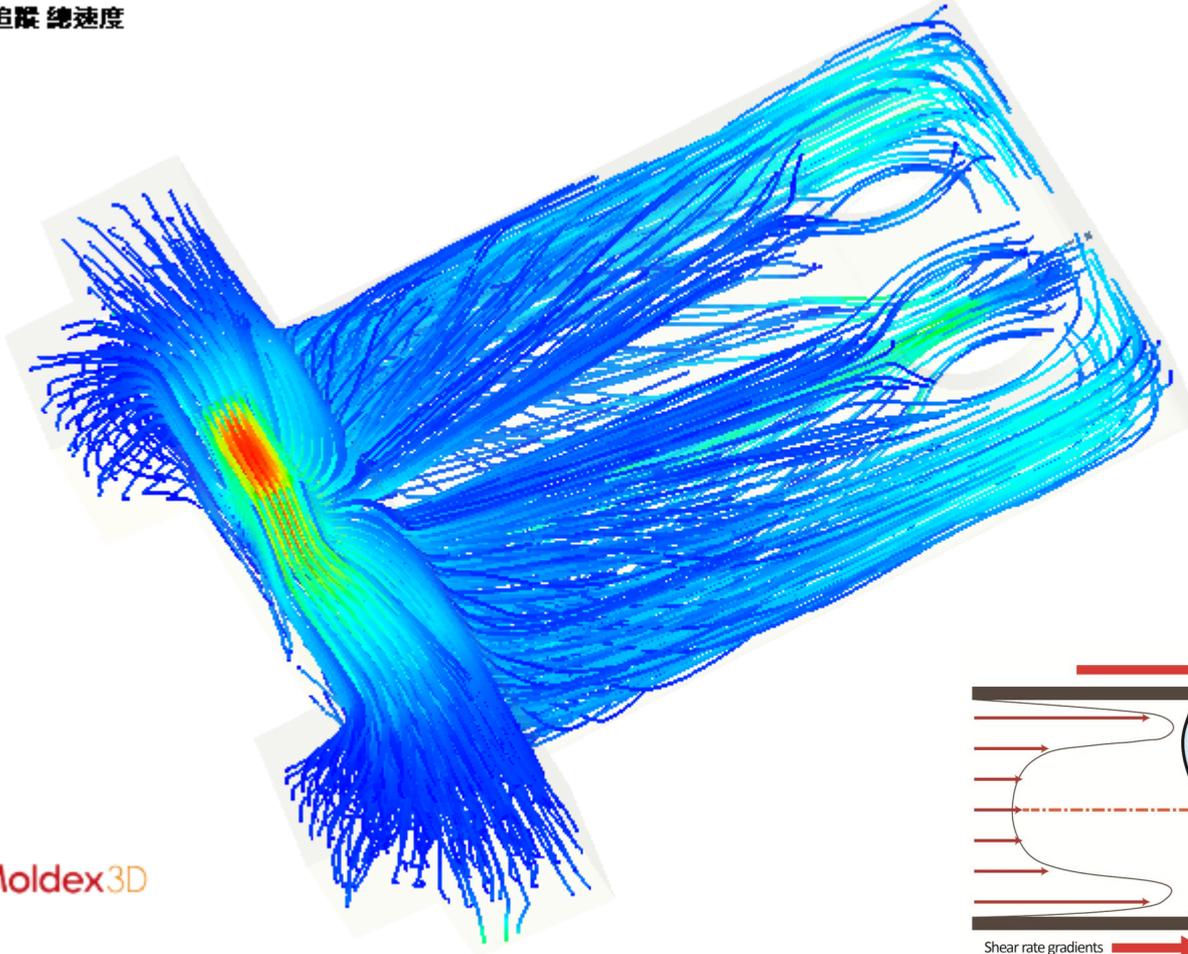
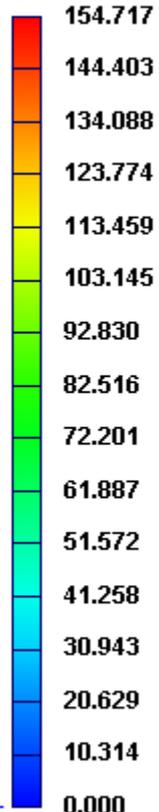
Moldex3D

充填結果 - 粒子追蹤總速度_正面

此項目紀錄粒子速度的大小。

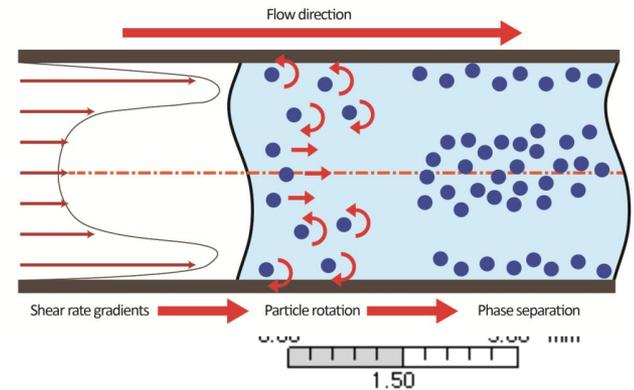
充填結果_粒子追蹤 總速度

[cm/sec]



Moldex3D

41
15
67
1.80



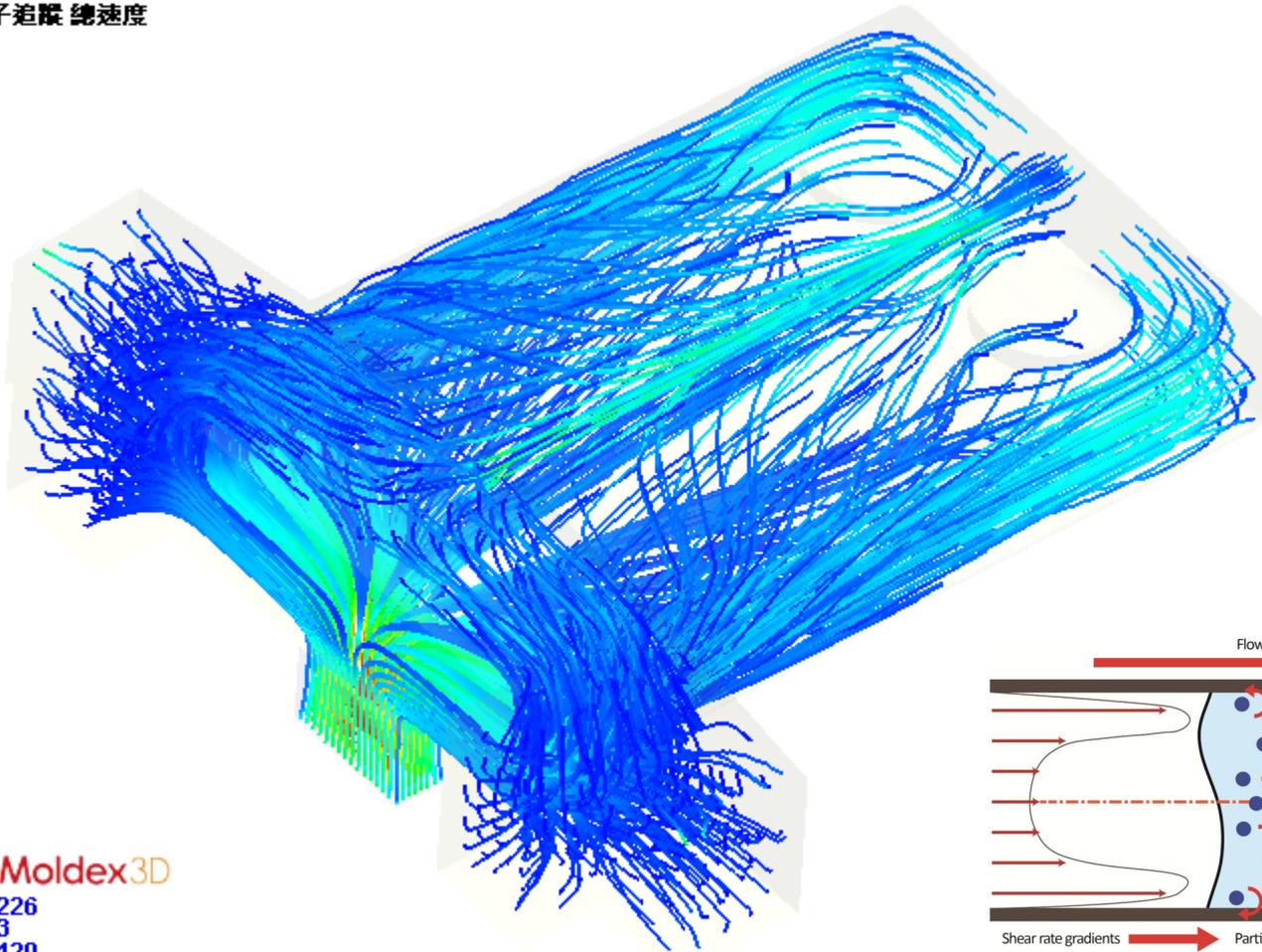
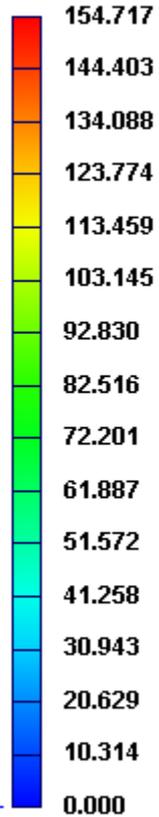
Moldex3D

充填結果 - 粒子追蹤總速度_背面

此項目紀錄粒子速度的大小。

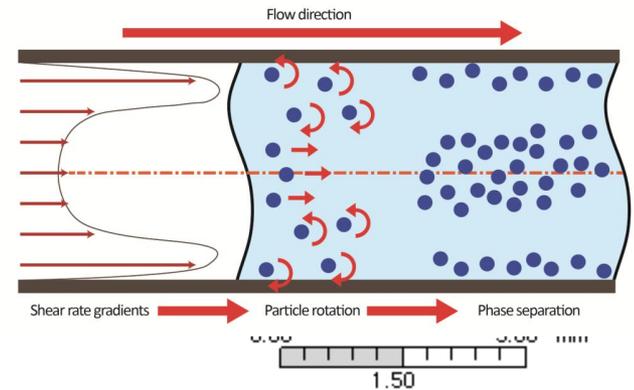
充填結果_粒子追蹤 總速度

[cm/sec]



Moldex3D

226
3
129
1.90

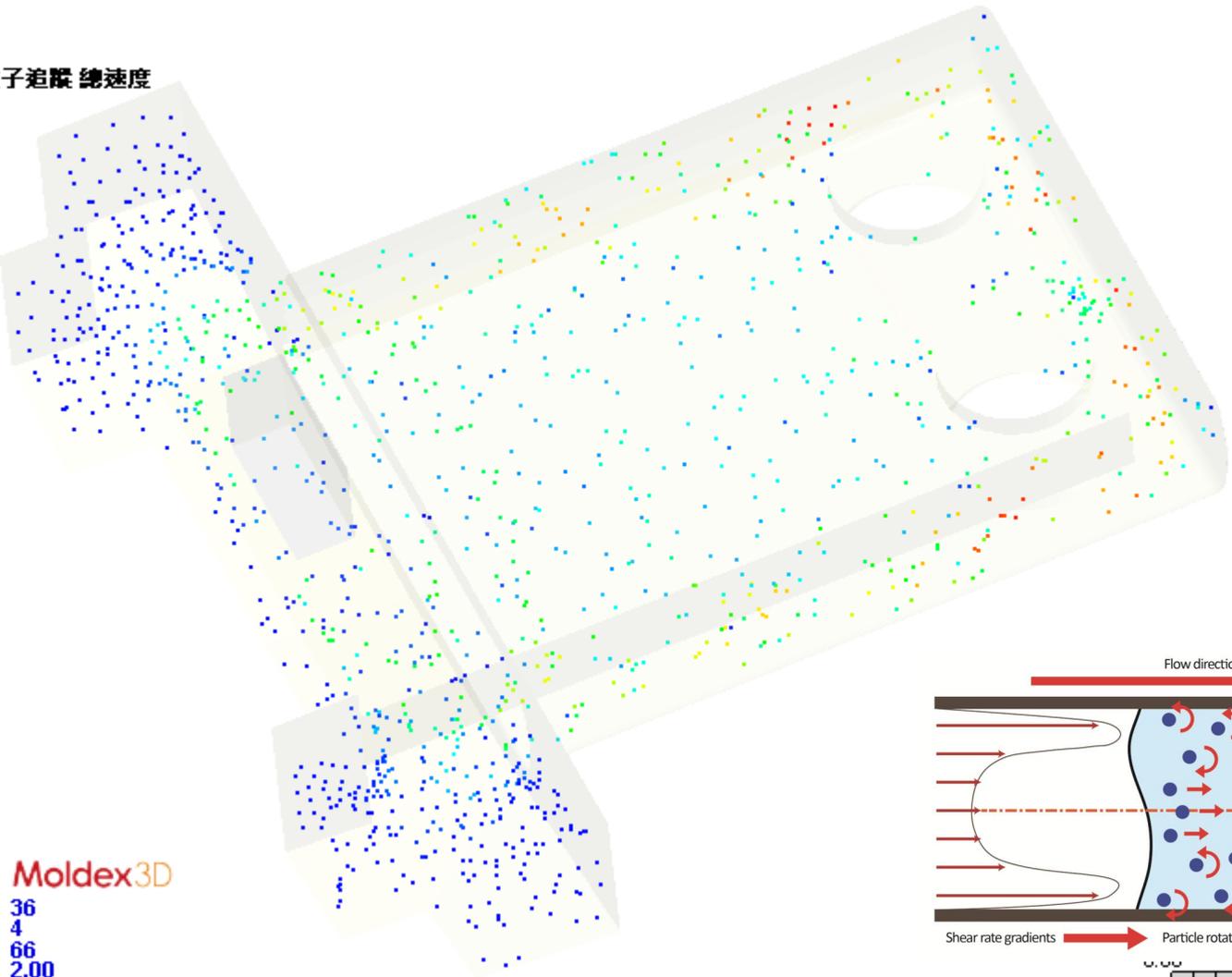
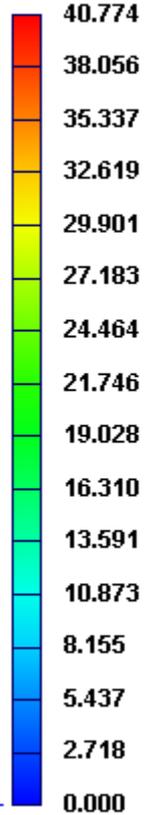


Moldex3D

粒子追蹤總速度_用點表示

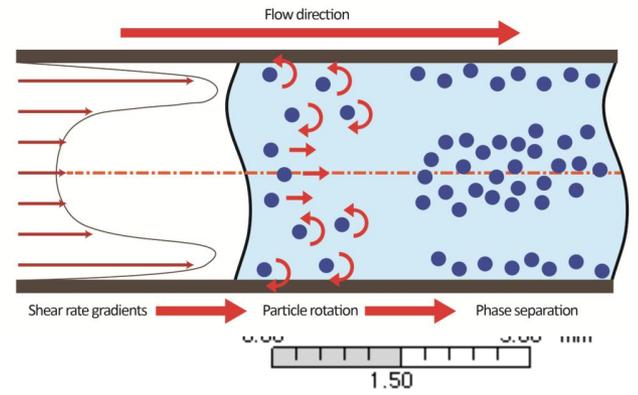
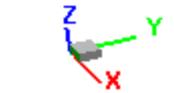
充填結果_粒子追蹤 總速度

[cm/sec]



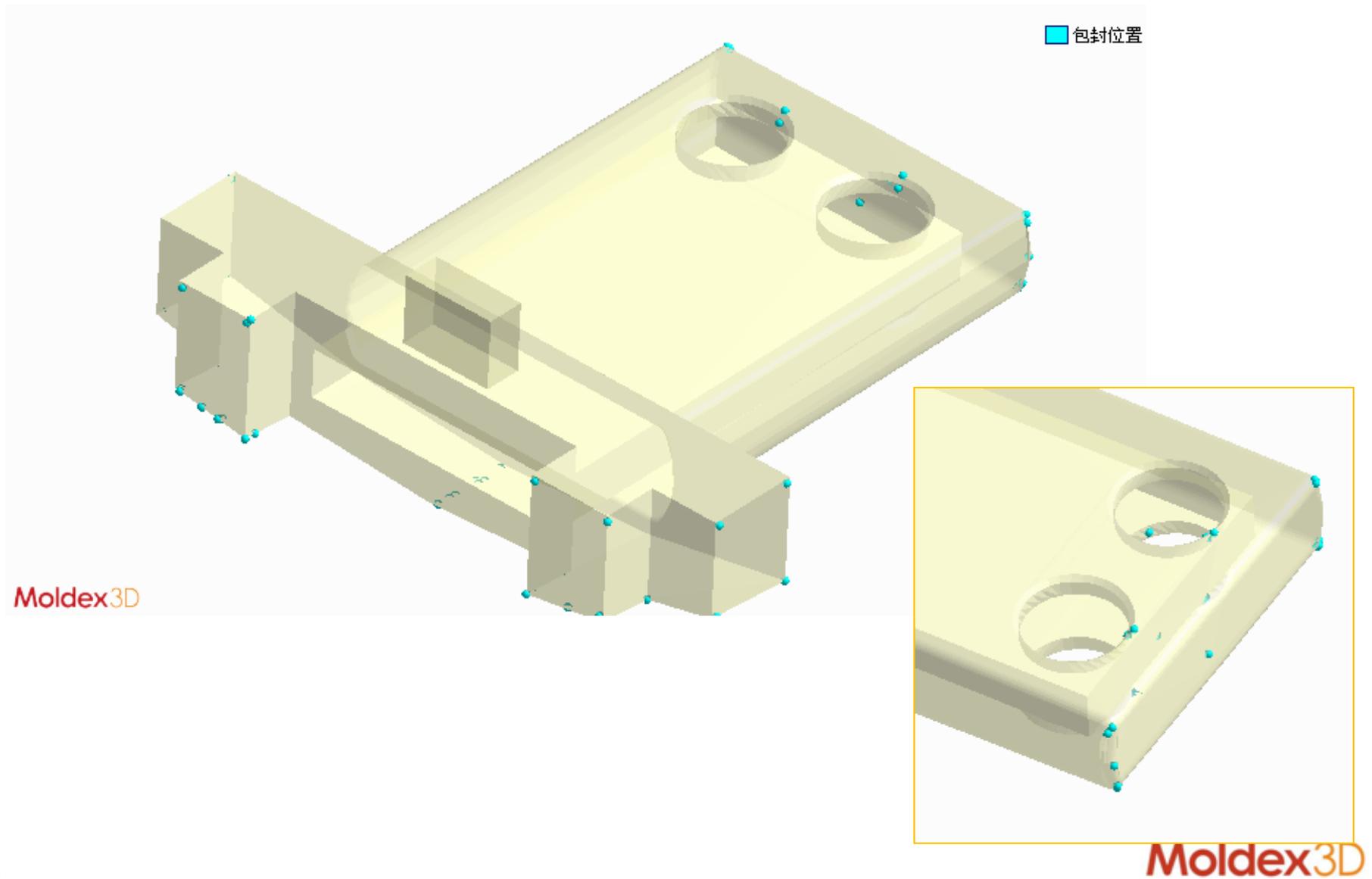
Moldex3D

36
4
66
2.00



Moldex3D

充填結果 包封

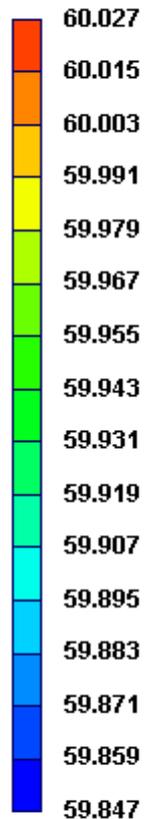


充填結果 粉末濃度正面區域

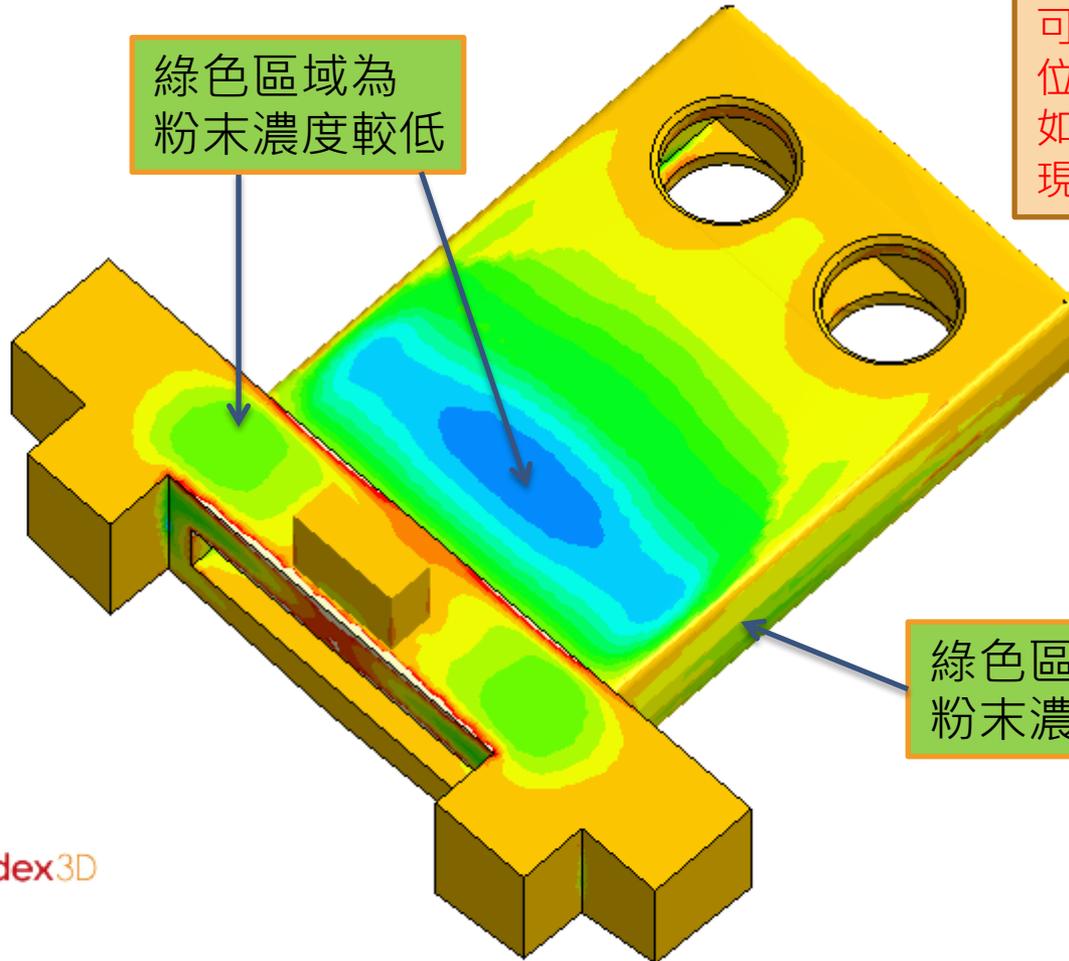
粉末濃度表示為金屬或陶瓷粉末摻合在有機或高分子結合劑內之體積分率

充填結果_粉末濃度

[%]

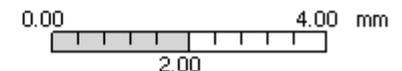


綠色區域為
粉末濃度較低



綠色區域為
粉末濃度較低

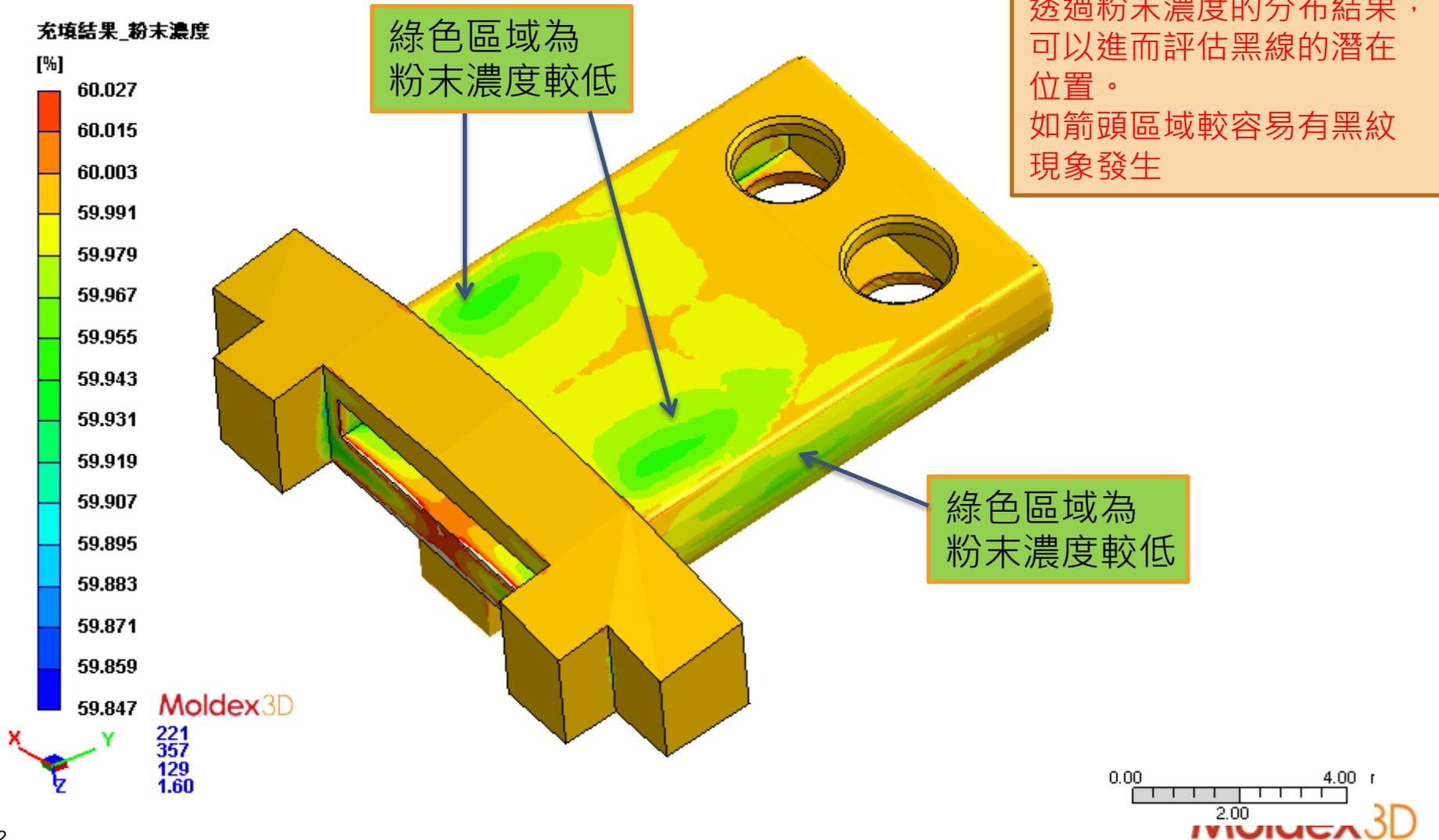
透過粉末濃度的分布結果，
可以進而評估黑線的潛在
位置。
如箭頭區域較容易有黑紋
現象發生



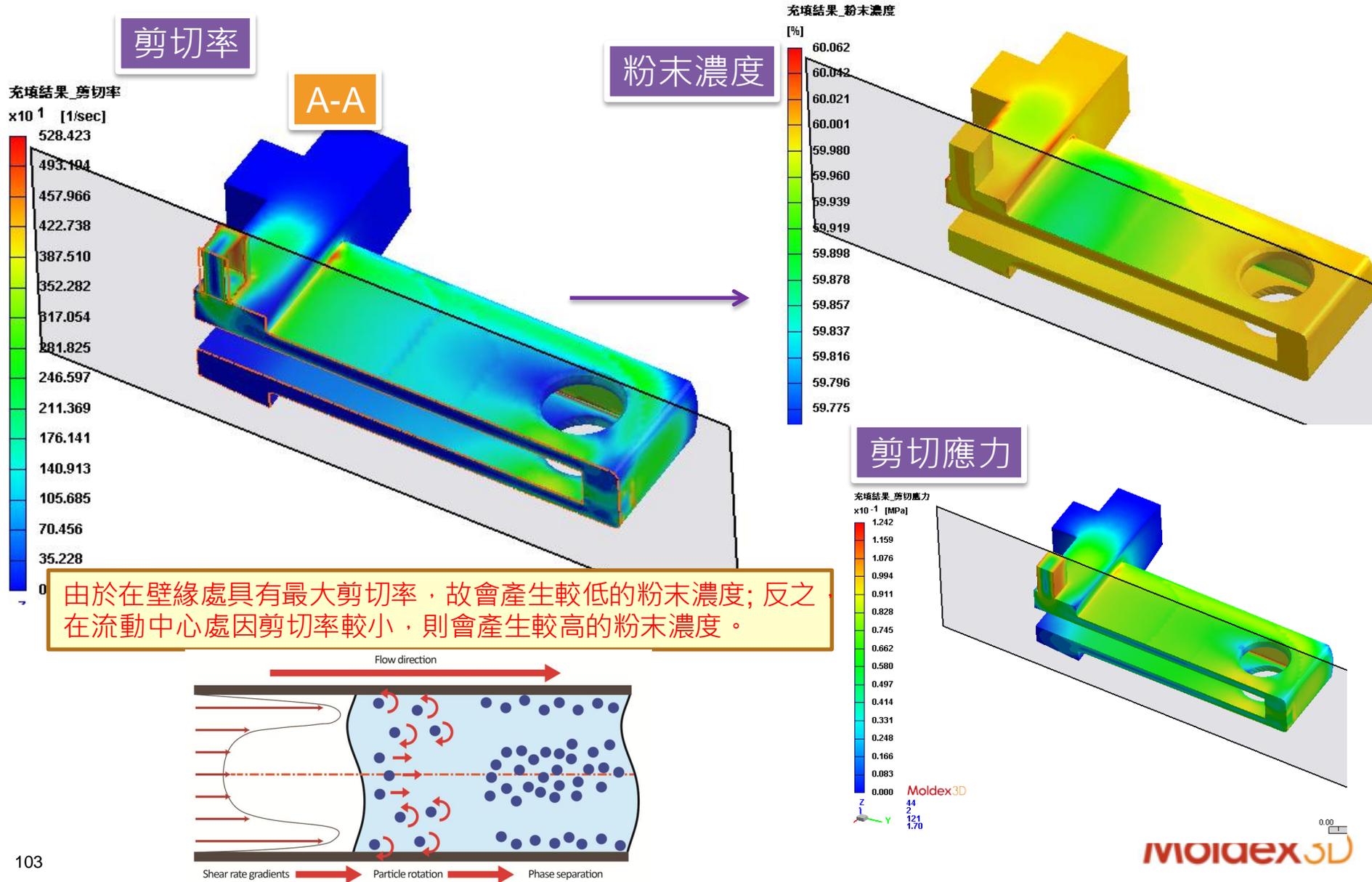
MOLDEX3D

充填結果 粉末濃度背面區域

粉末濃度表示為金屬或陶瓷粉末摻合在有機或高分子結合劑內之體積分率

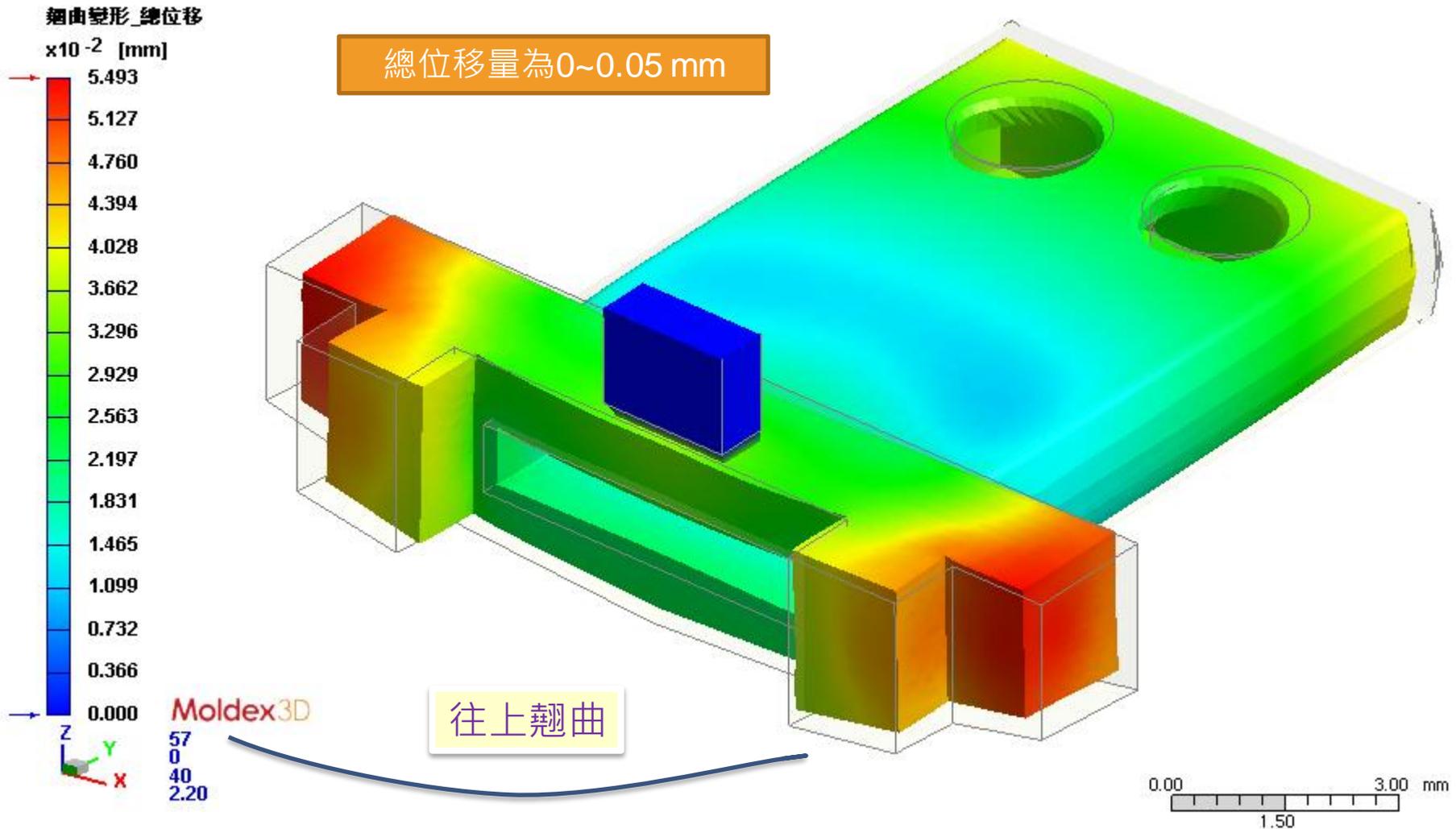


充填結果 剪切率與粉末濃度



翹曲變形結果 總位移

放大倍數：10



產品問題點和改善方法

- > 圖中黑色線為現場實際黑線位置或範圍，可以觀察到黑線大致發生區域，軟體分析預測將有80~90%準確度參考。
- > 由於澆口設計的位置產生模穴內流動速度的差異(流動不平衡)，有剪切率差異較大造成粉末濃度不一致，而有鐵塑分離的現象。
- > 可以透過粉末濃度的分布結果，可以進而了解黑線的潛在區域。
- > 在正面壁緣處與兩側及背面區域具有最大剪切率，故會產生較低的粉末濃度; 反之，在流動中心處因剪切率較小，則會產生較高的粉末濃度。
- > 黑線的發生會在粉末濃度較低的區域，一般澆口附近也會有較大剪切率，因此黑線位置在澆口附近的機率也會提高。
- > 產品翹曲變形量，總位移量值約在3~5條以內。
- > 建議改善模穴內流動平衡，如移動Gate位置或局部調整肉厚。
- > 結合線位置在正中間區域，將影響產品的功能強度。

黑線

- > 黑線出現原因是powder 與binder 分離，受到shear rate影響，powder群易被打散，即powder濃度低，相對binder高. 金屬 Powder少，相對於多者，燒結後會比較暗淡，是一個表面光澤瑕疵, 即黑線. 如果表面濃度均勻, 是不會有黑線產生。
- > 簡單說，表面濃度不均，產生黑線機率會很高.
- > 如果預測在生胚內部的粉末濃度分布是不均的，可以推測在燒結後產品的內部將會有『空隙過大』、『結構不強』、『收縮不均』等現象發生，這對金屬粉末成型業界相當有幫助。

Moldex3D/MIM模流分析重點1

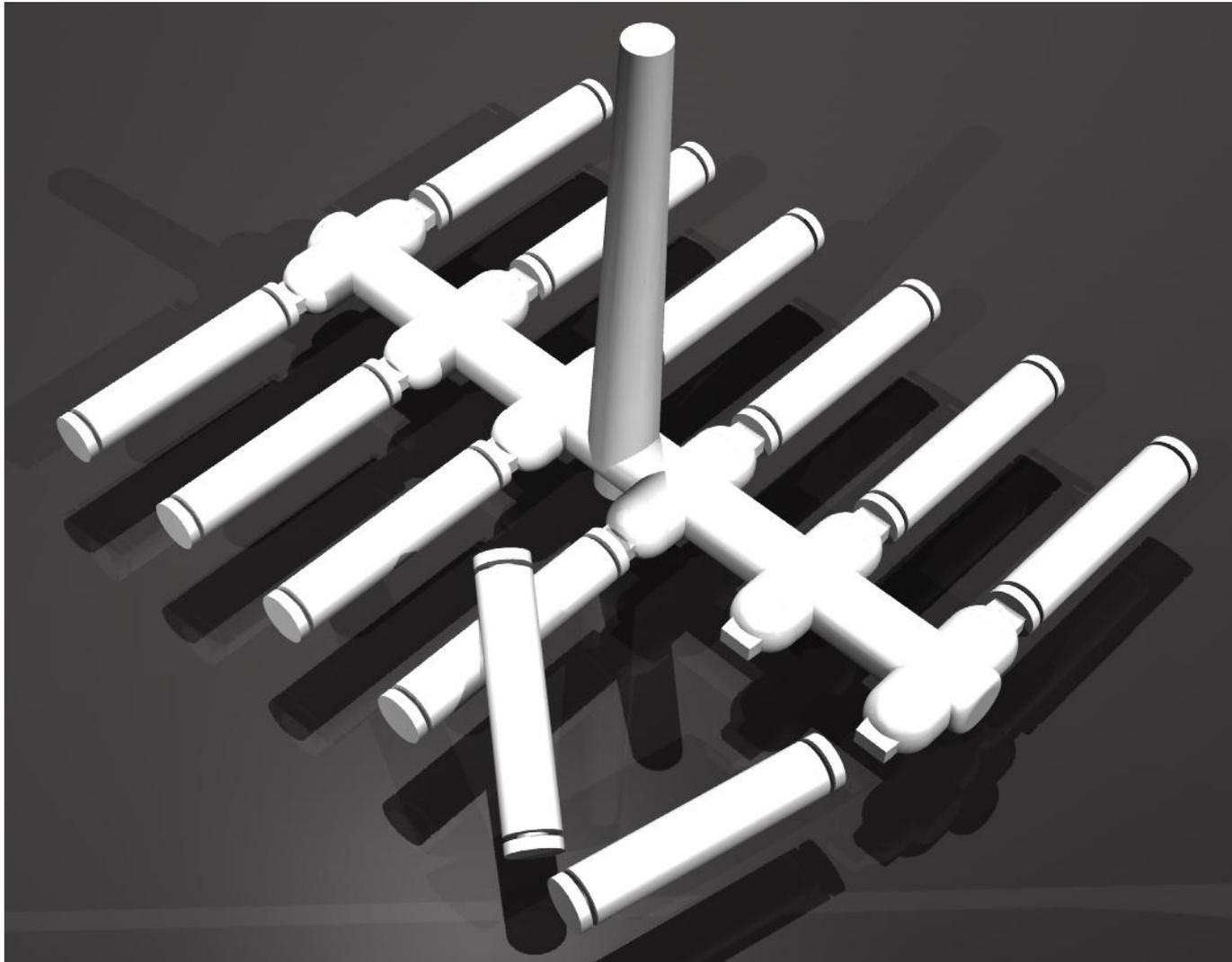
- > 必須了解MIM的金屬塑膠流動行為。
 - 如結合線位置，包風淘氣位置，結合線溫度
- > 可找出適當的射出時間。
 - 必須要考慮低壓、低速、低剪切率、低剪切應力
- > 澆口固化時間與冷卻時間及成型週期。
- > 澆口設計通常比較複雜(厚薄相差很多)需要較多次分析。
- > 檢查產品肉厚差異過大與可以設計變更範圍。
- > 建議可以增加排氣槽的區域。
- > 可以建議機台需求規格。
- > 可以分析到射出階段頂出的變形。

Moldex3D/MIM模流分析重點2

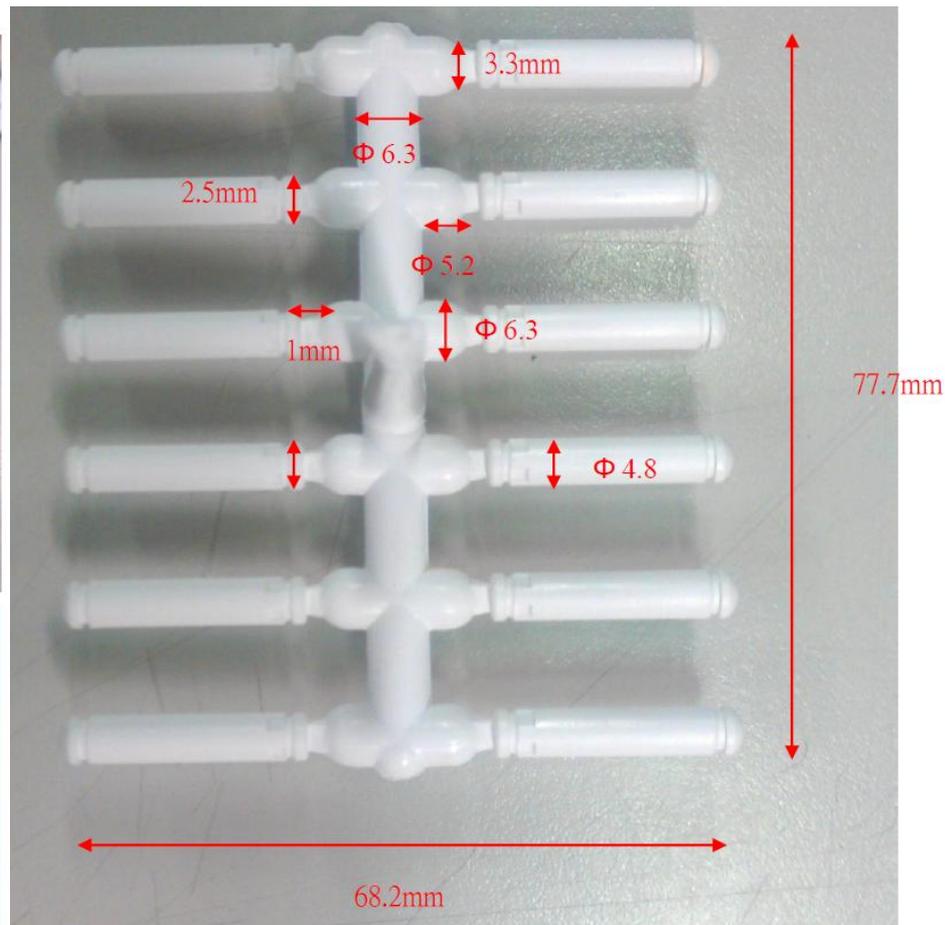
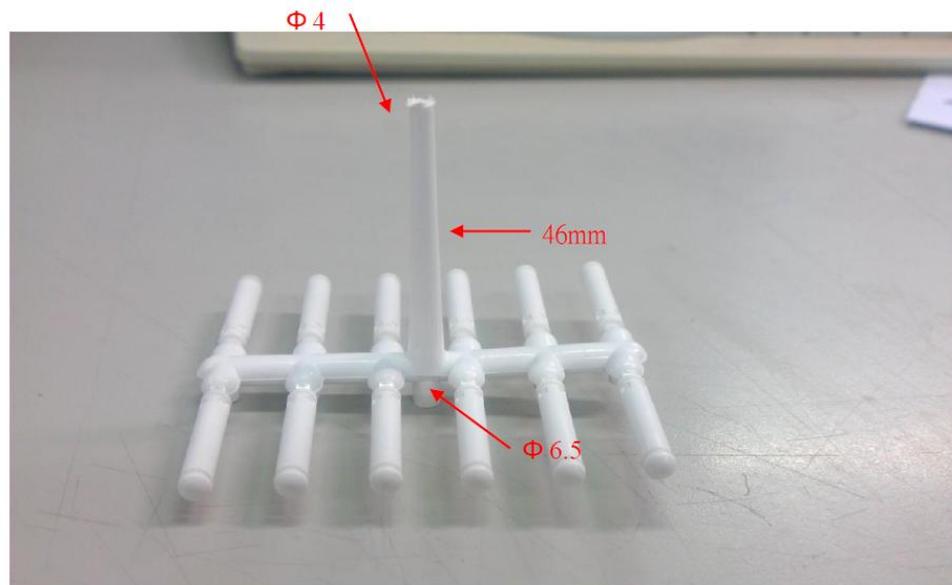
- > 由Moldex3D可以得到精準的資料
 - 由流動波前結果顯示，可能產生結合線，包封的位置。
 - 由剪切率的結果顯示，可能產生粉末濃度不均的問題。
 - 由粉末濃度結果預測黑線的可能位置。
 - 模具溫度差表示可能之積熱位置。
 - 翹曲變形結果顯示，總位移約為0.03~0.05mm。
- > 由Moldex3D可以得到有效率的設計變更方案
 - 如何利用電腦試模找到較佳的產品設計。
 - 如何利用電腦試模找到好的澆口尺寸設計與位置。
 - 如何利用成型條件找出低剪切率的參數。
 - 如何利用成型條件找出較低射出壓力的參數。
- > 由分析結果建立工作團隊的溝通平台，以達研發、製造、生產單位多方人員的共識。
- > 科盛建立完整材料量測實驗室，以利廠商的客製化需求開發。

實際案例分享5

實際案例分享4



實際產品圖



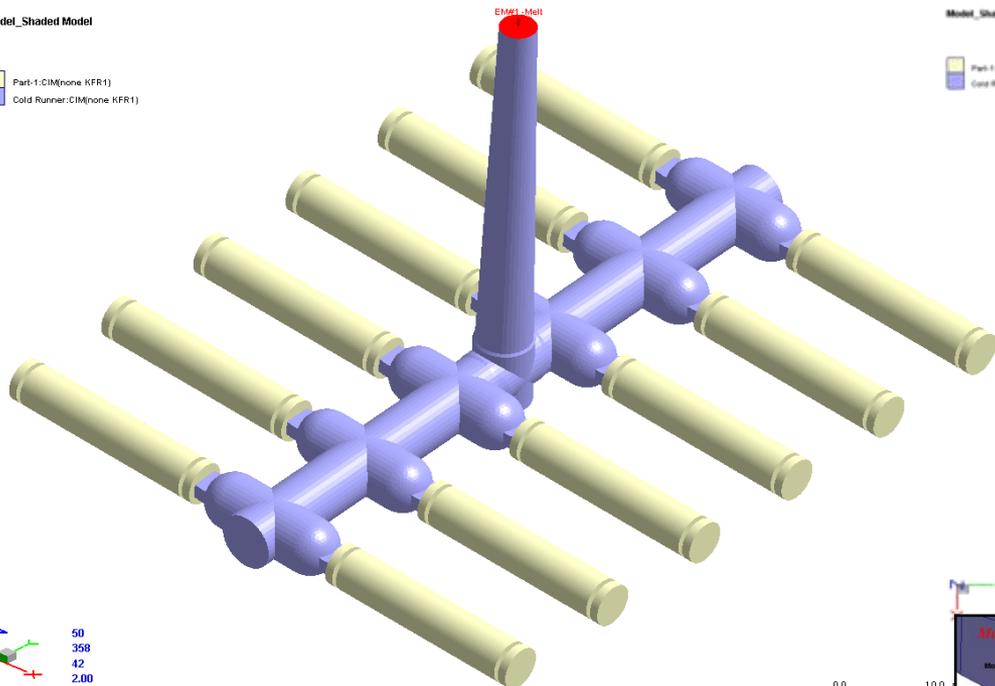
實際產品主要問題在於軸承會在燒結完後出現偏心與龜裂的問題

分析模型圖

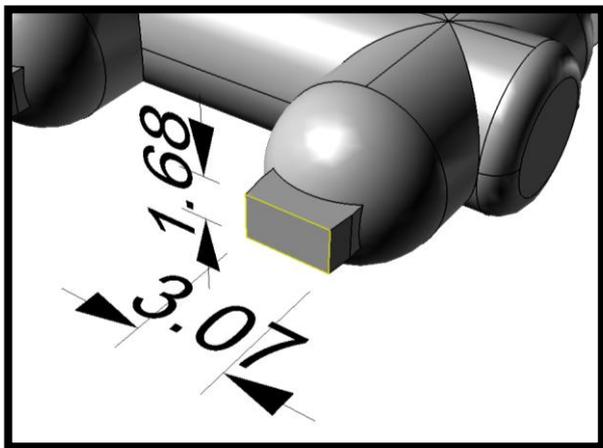
Moldex3D

Model_Shaded Model

Part-1: CIM(Stone KFR1)
Cold Runner: CIM(Stone KFR1)



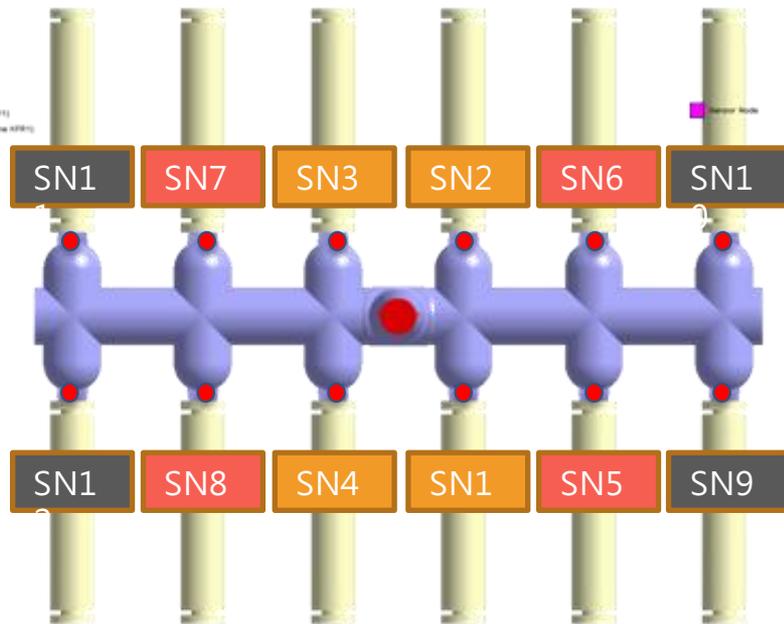
50
358
42
2.00



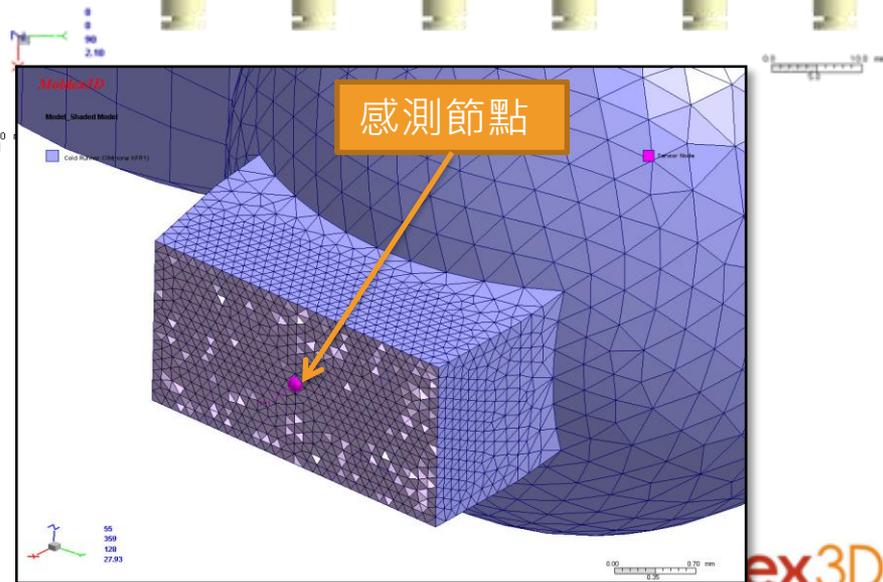
Moldex3D

Model_Shaded Model

Part-1: CIM(Stone KFR1)
Cold Runner: CIM(Stone KFR1)



0.0 10.0
5.0

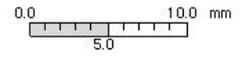
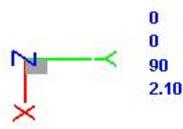
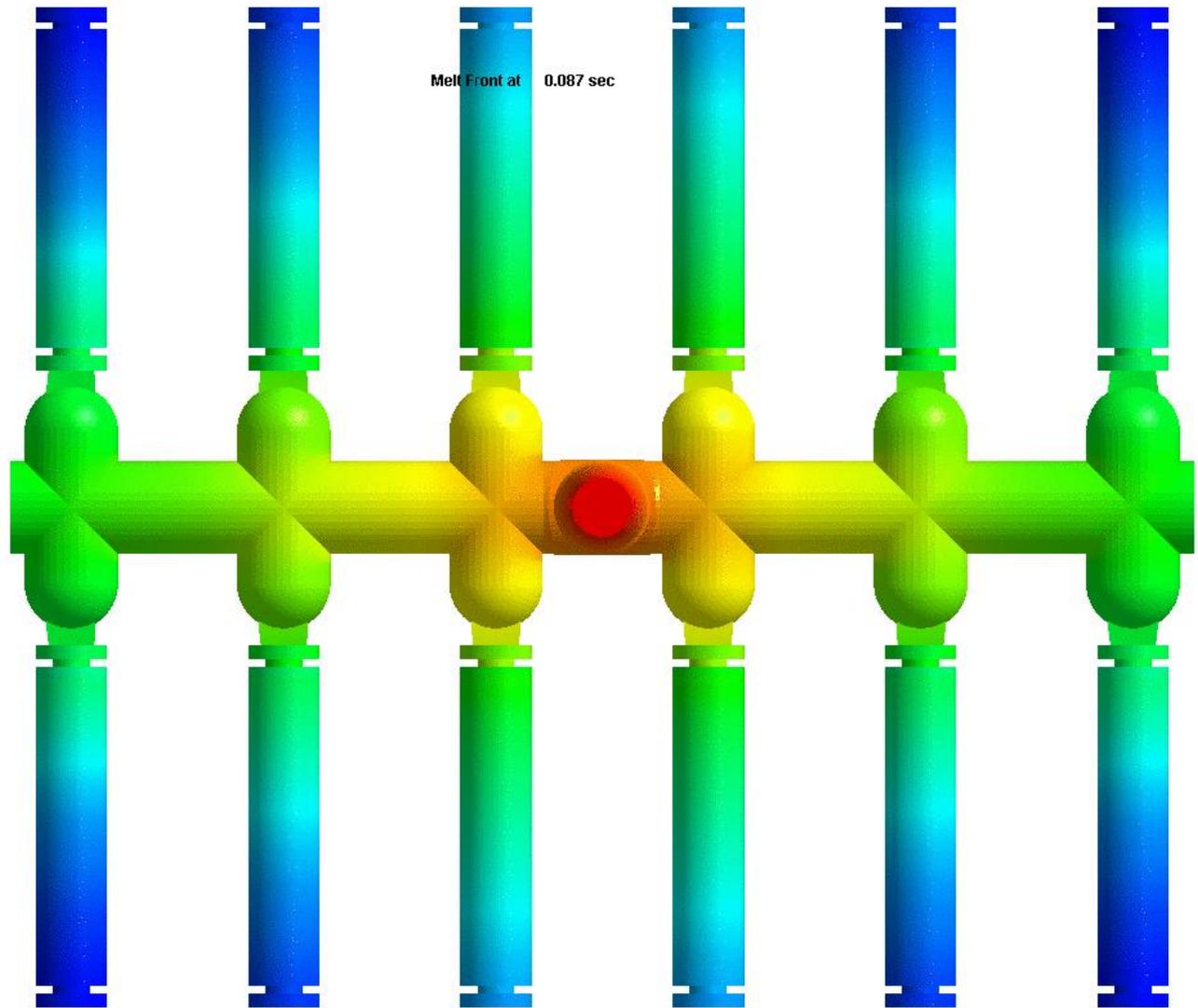
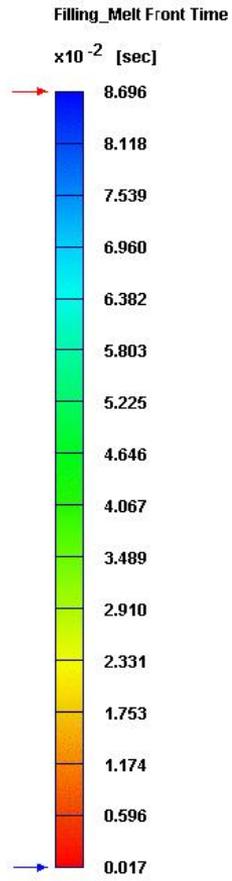


55
358
128
27.93

Moldex3D

流動波前動畫

Moldex3D

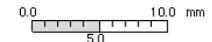
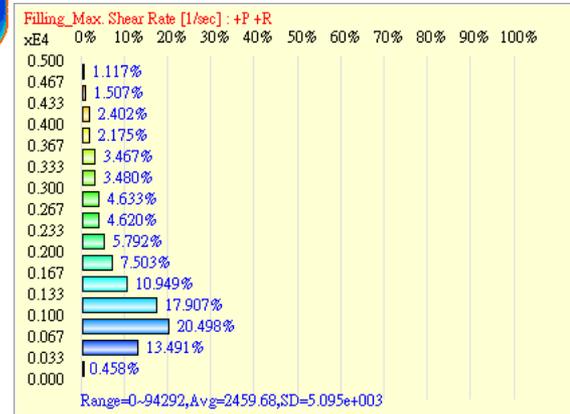
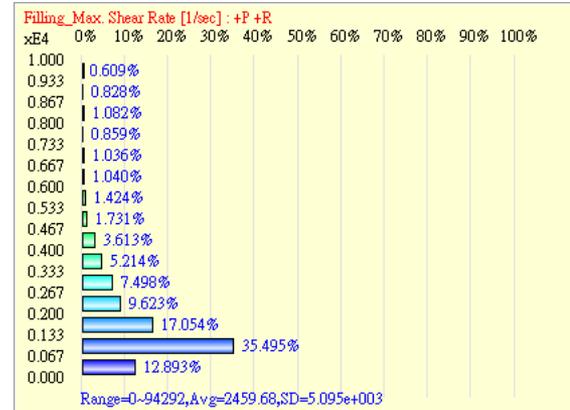
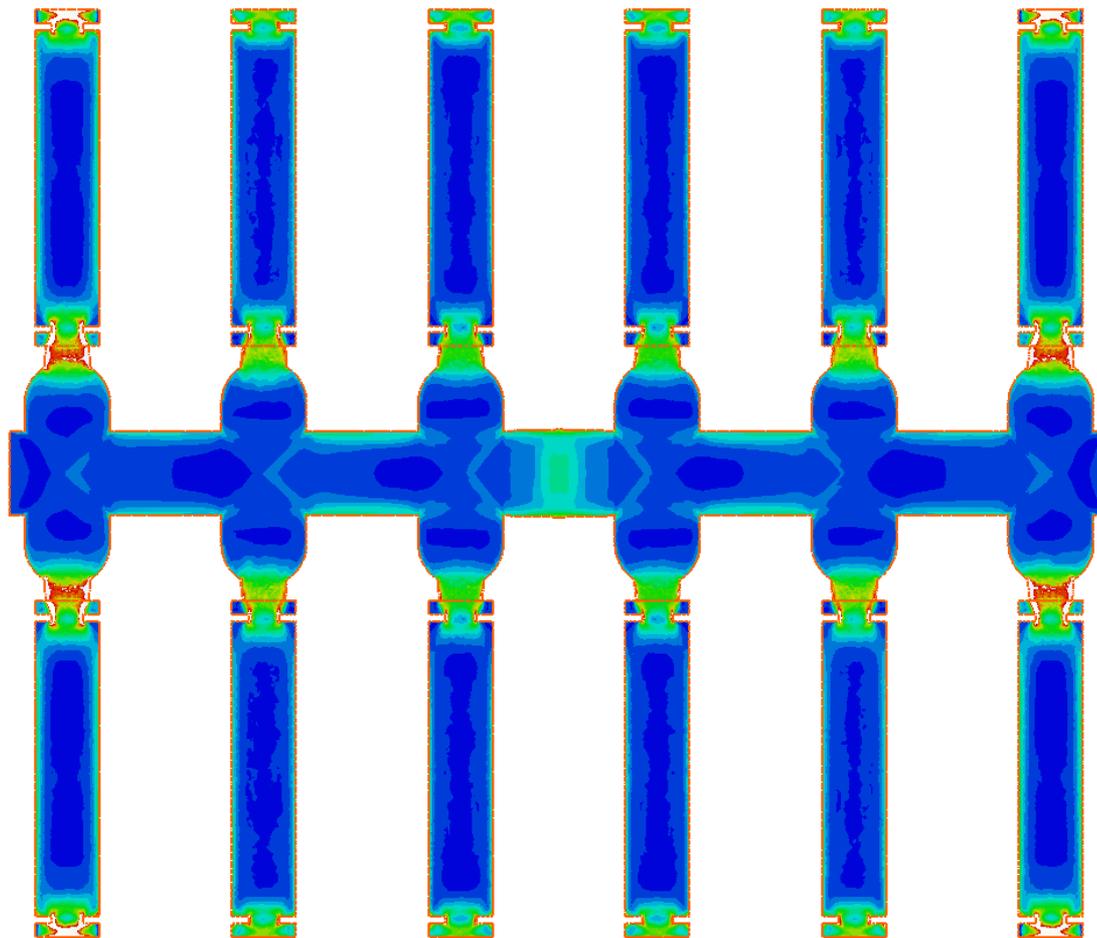
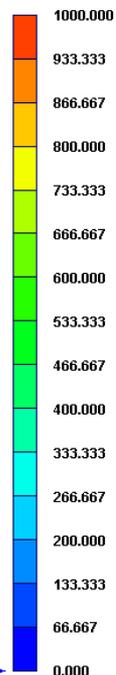


充填最大剪切率分布

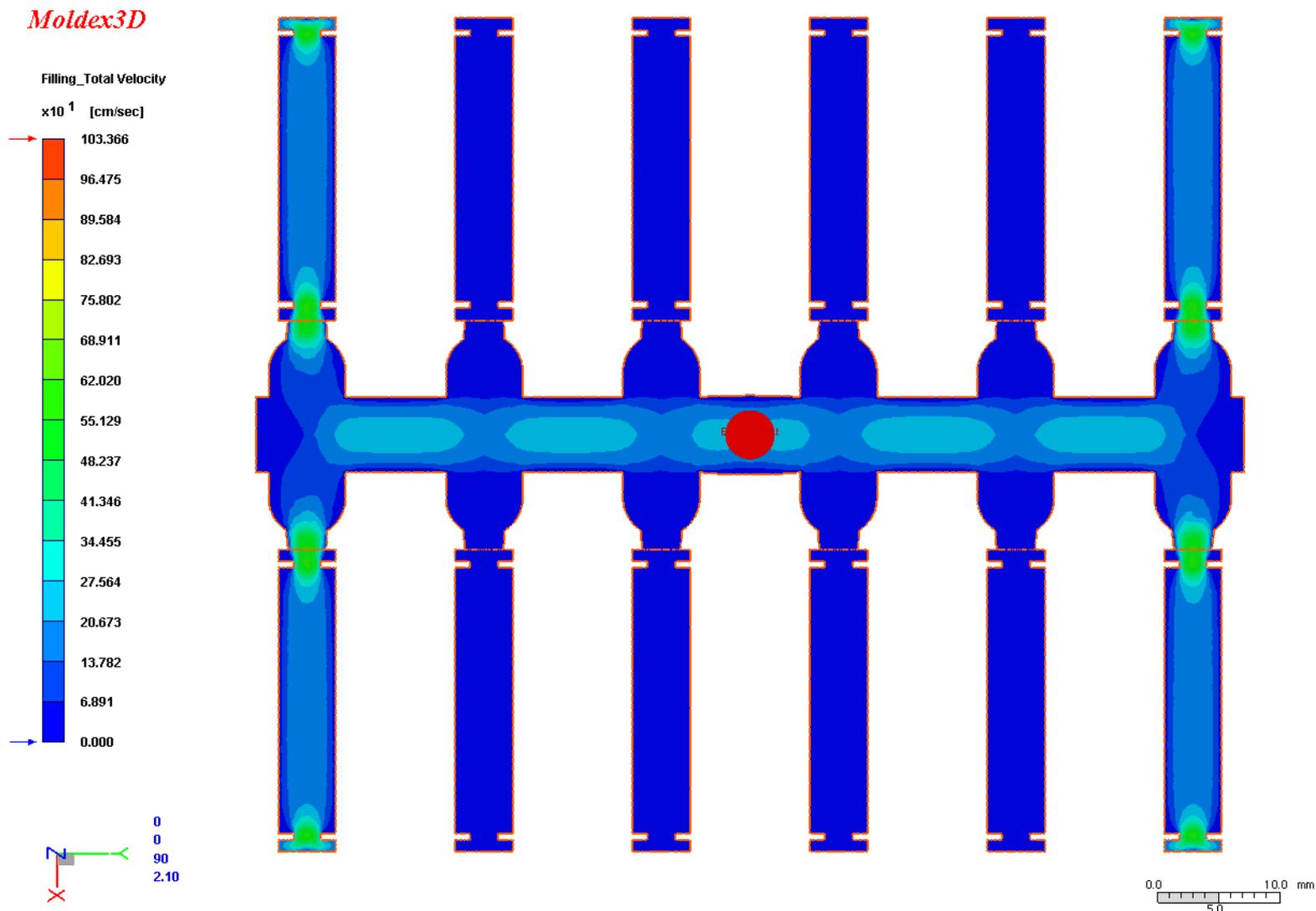
Moldex3D

Filling_Max. Shear Rate

x10¹ [1/sec]



充填總速度

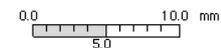
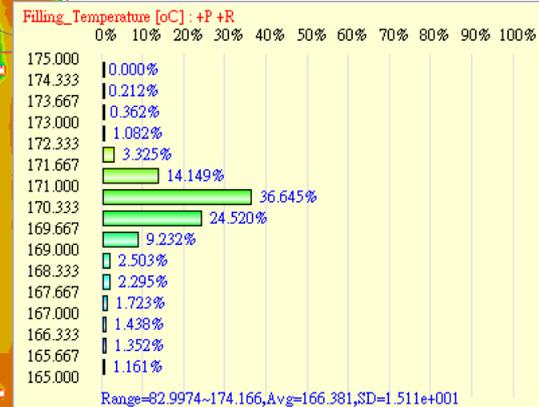
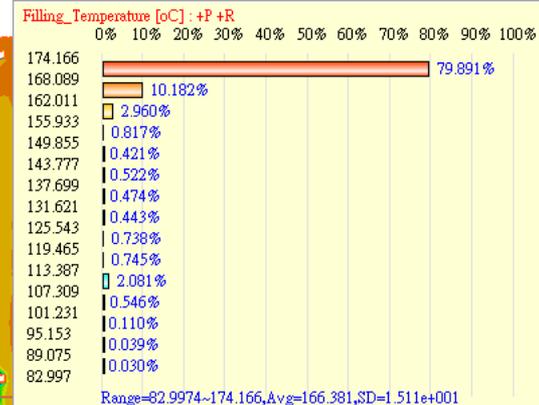
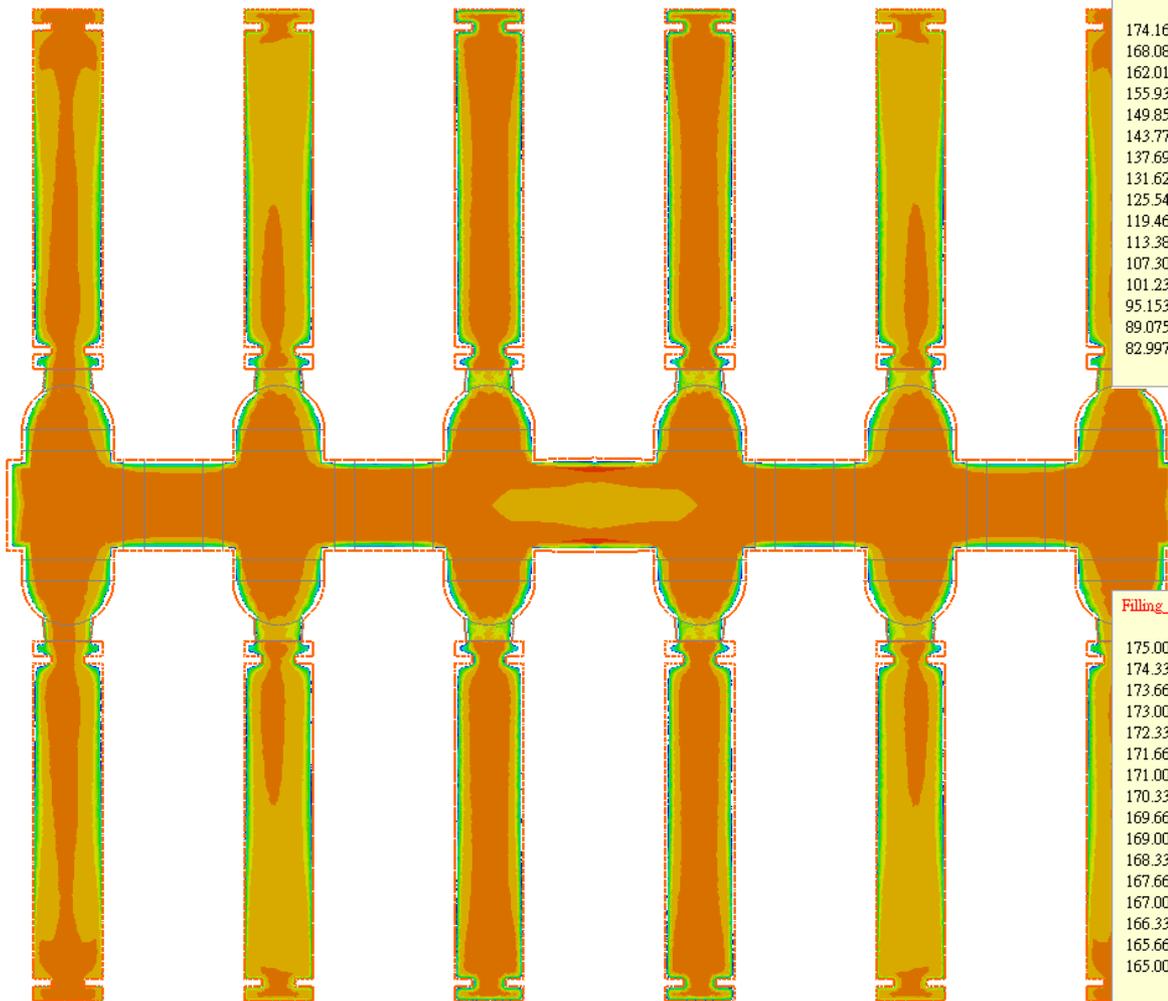
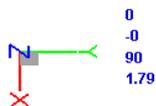
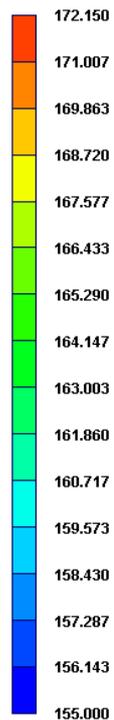


充填溫度分布

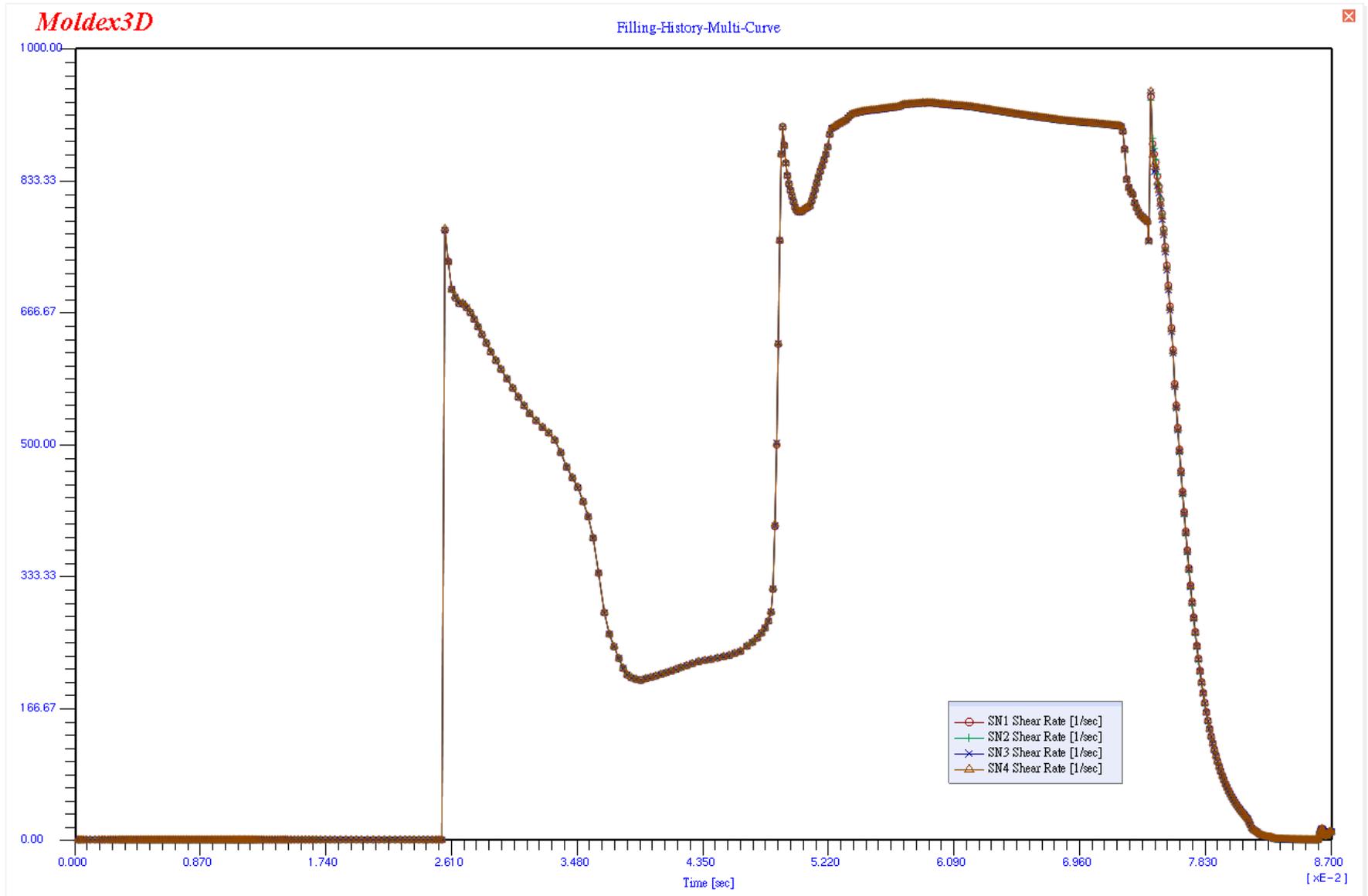
Moldex3D

Filling_Temperature

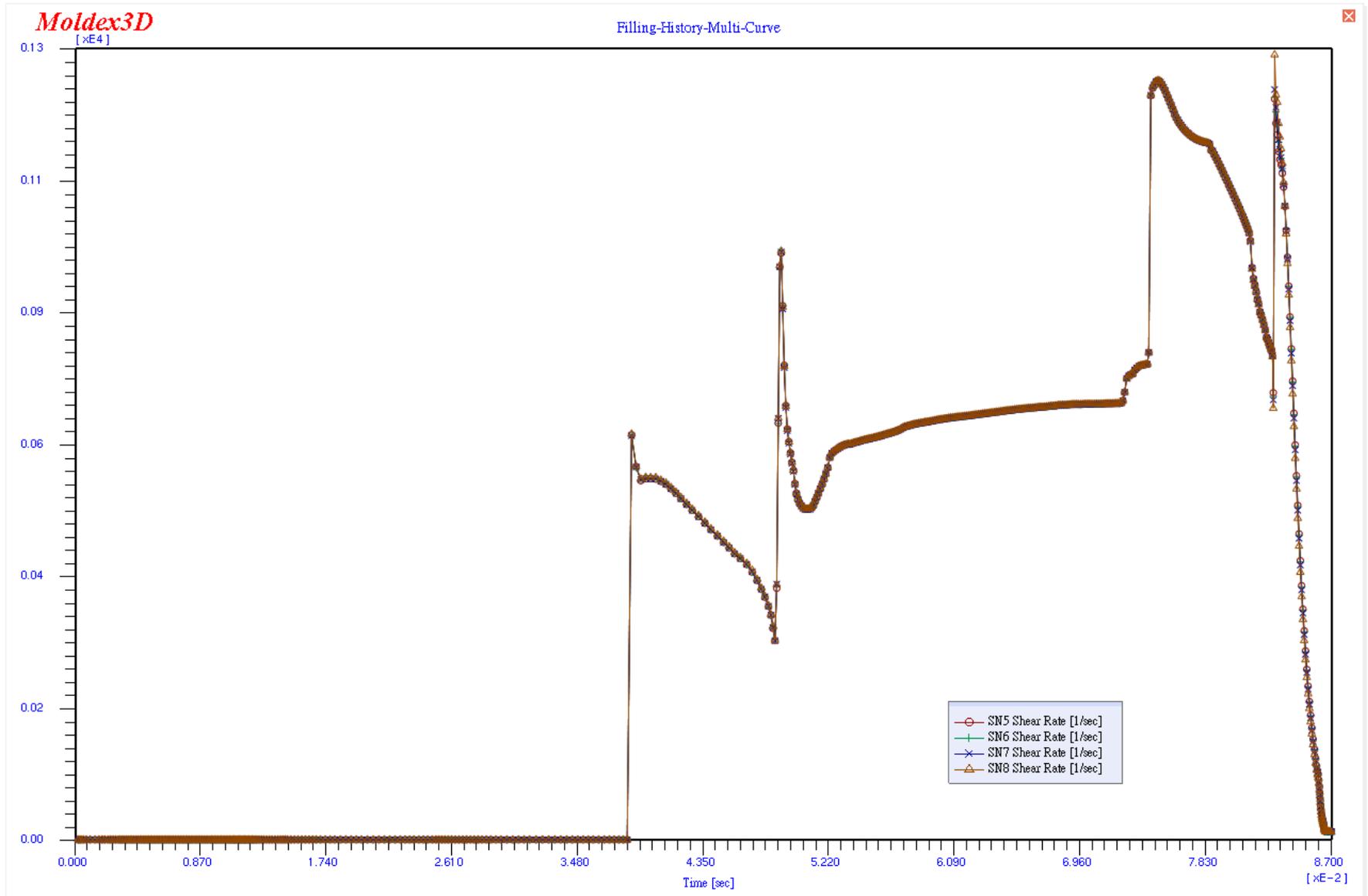
$\times 10^0$ [oC]



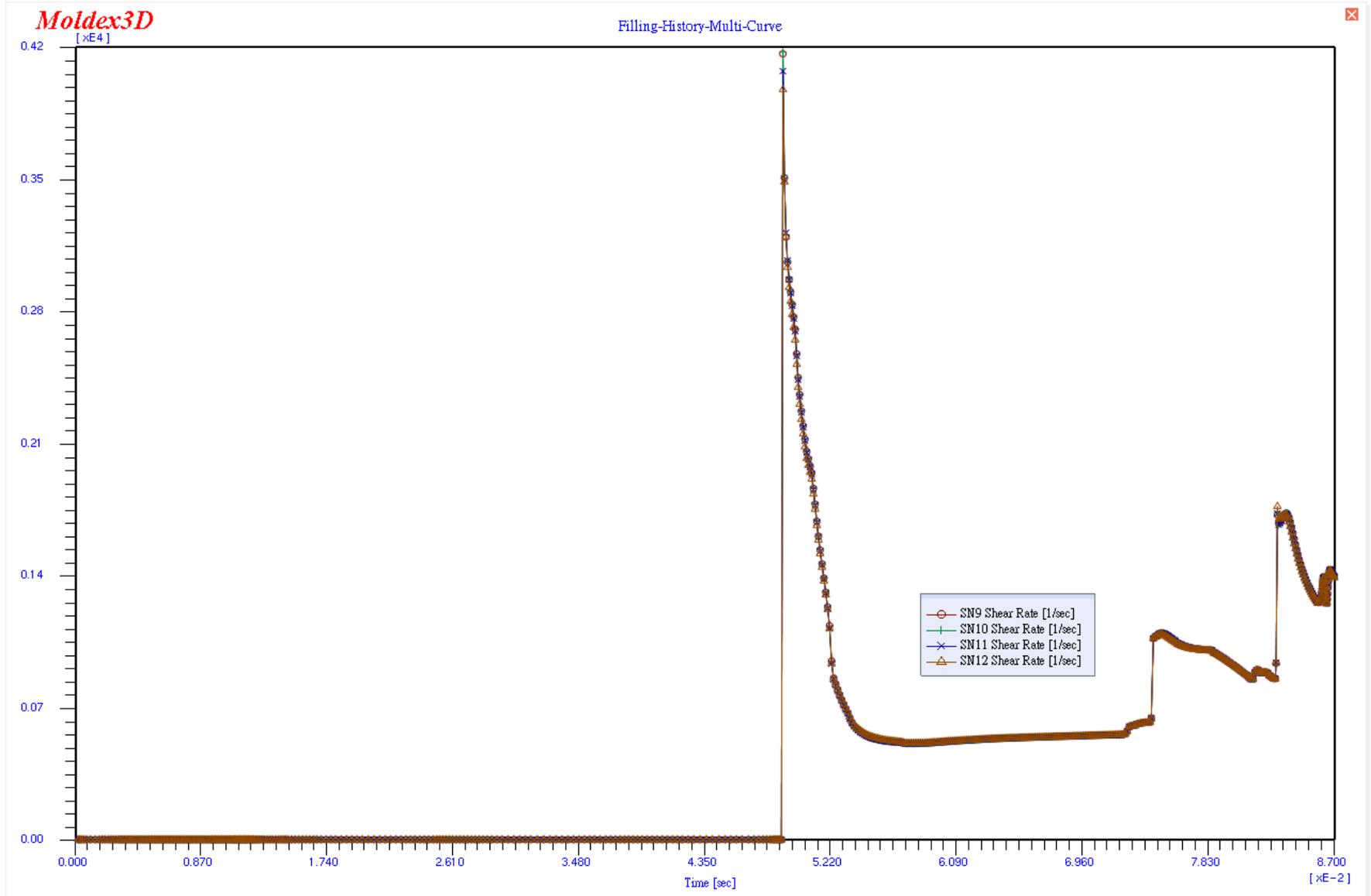
澆口剪切率歷程曲線(SN1~SN4)



澆口剪切率歷程曲線(SN5~SN8)



澆口剪切率歷程曲線(SN9~SN12)



總結

總結

- > **Moldex3D**提供完整的金屬射出成型製程，評估材料與黏著劑的混合條件。
- > 在生胚的射出成型階段，透過其流動行為，使用者可清楚觀察粉末與黏著劑的相分離現象，進而預測粉末濃度分布。
- > 有效減少體積收縮、變形翹曲與黑線問題，實現高品質產品的標準。



Ref: http://tw.asiamachinery.net/supplier/product_details.asp?Prod=11627&SupID=2375

Ref: <http://www.borun.cn/qxcp/dzmy/tccl/index.asp>

MIM開發議題

> 表面黑線

- MIM在燒結後的產品，其閃亮表面上總是灰暗的差異，對於灰暗區域工業界俗稱黑線，是歸咎於粉膠分離現象。
- 黑線是剪切率過大造成的粉末與黏著劑分離。



> 粉末濃度

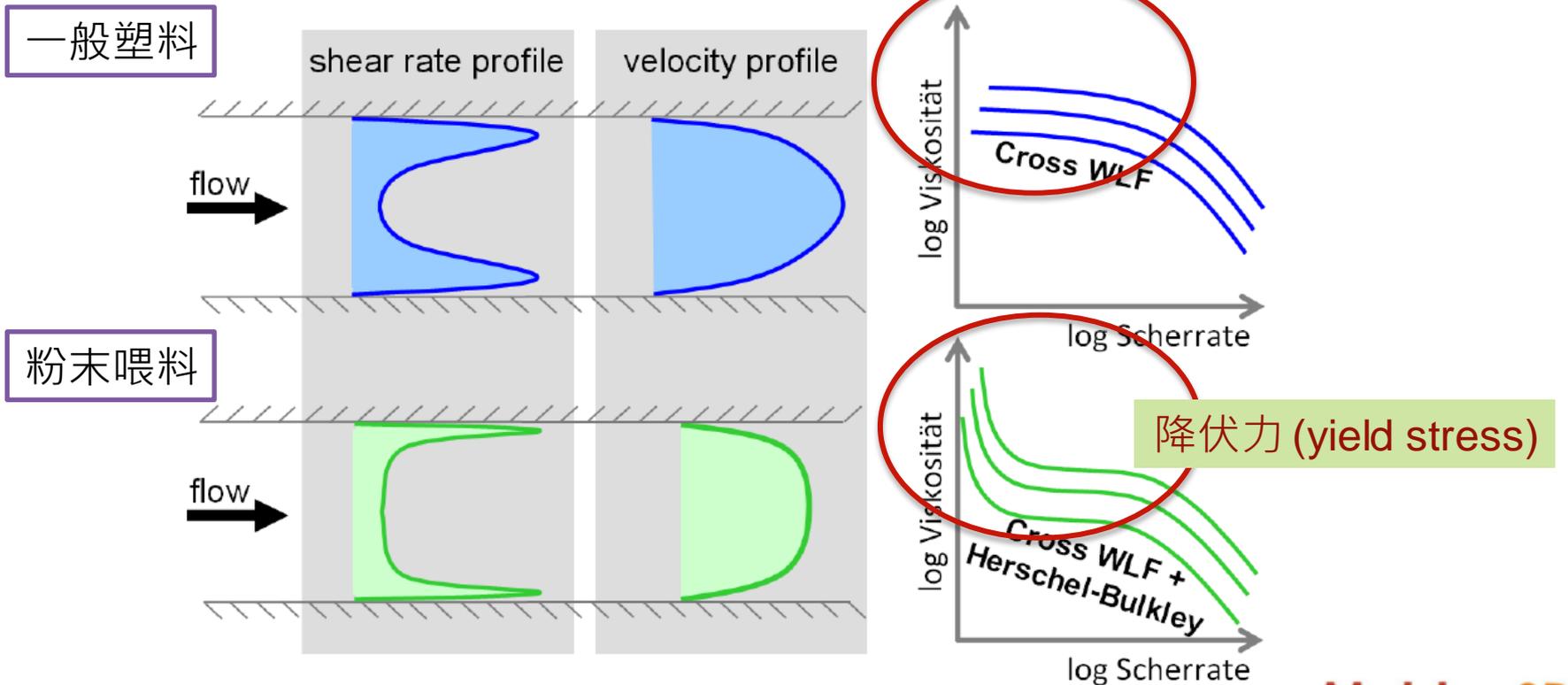
- 射出成型過程中因粉末濃度分布不均，造成生胚成品表面產生黑線。
- 控制粉末濃度分布，有效減少表面黑線是MIM製程最關鍵的挑戰。

> 傳統缺陷

- 與傳統射出成型製程相同，MIM產品仍需要克服結合線、包封、體積收縮、翹曲變形等問題。

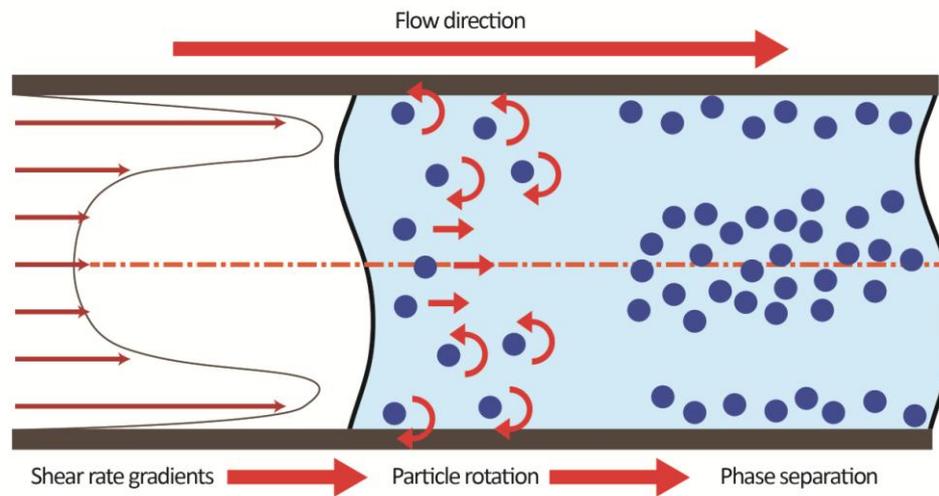
黏度特性差異

- > 一般射出成型的塑料黏度與剪切率的特徵，是**牛頓區域**與**剪切漸稀**兩個區域；但是對於粉末射出成型而言。喂料分為低剪切率的剪切漸稀，牛頓區域與高剪切率的剪切漸稀三個區域，是有別於一般塑料，特別是在**低剪切率**的剪切漸稀相當於是一個降伏力(yield stress)存在。



粉與膠的相分離現象 (Phase Separation)

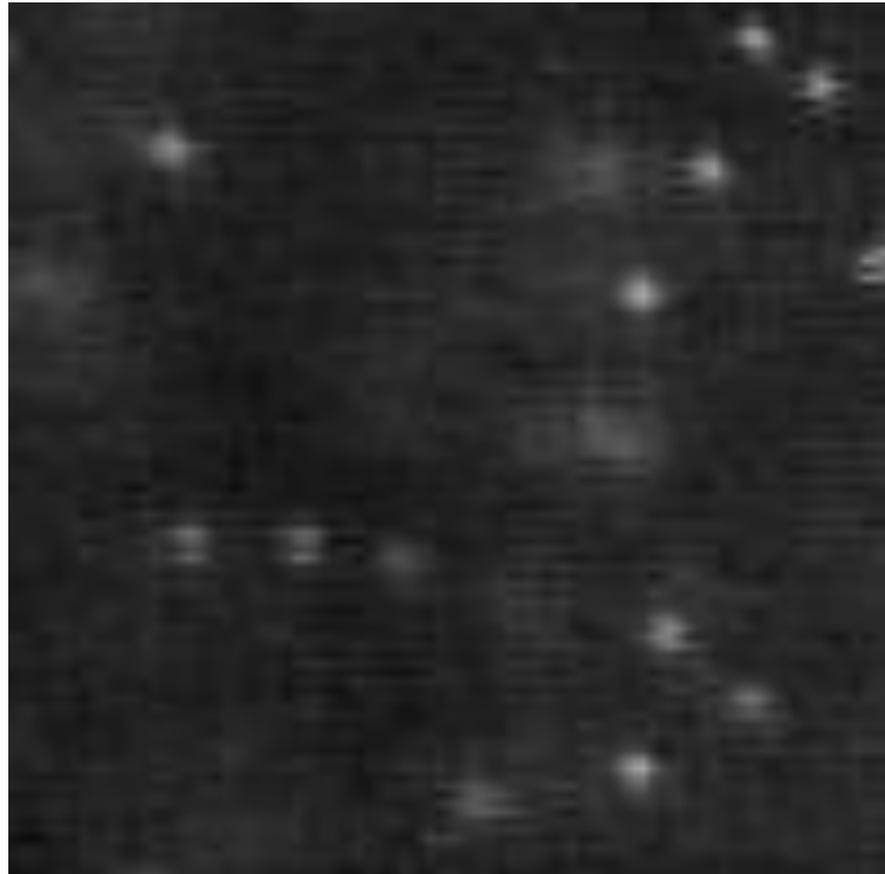
- > 粉末與黏著劑產生**相分離**是生胚最常見的問題。
- > 相分離又稱剪切誘發粒子遷移現象(Shear-induced Particle Migration)：
 - 由於在壁緣處具有**最大剪切率**，故會產生**較低的粉末濃度**；反之，在流動中心處因**剪切率較小**，則會產生**較高的粉末濃度**。



熱誘發粒子集中現象

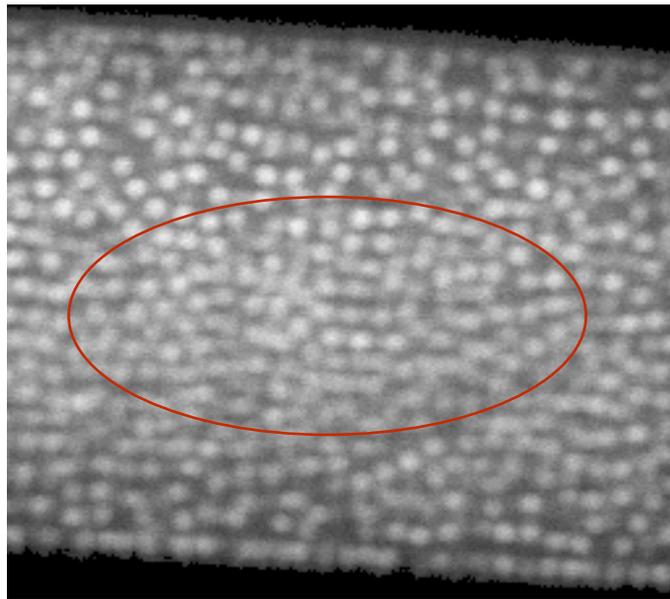
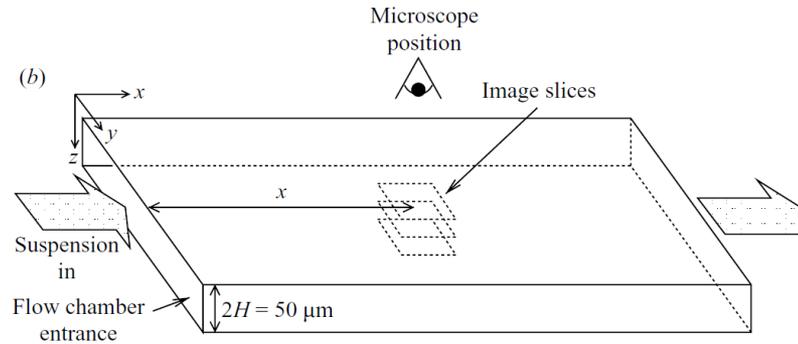
Thermal-induced Particle Collection

- > Brownian motion of half-micron-diameter particles moving in water.

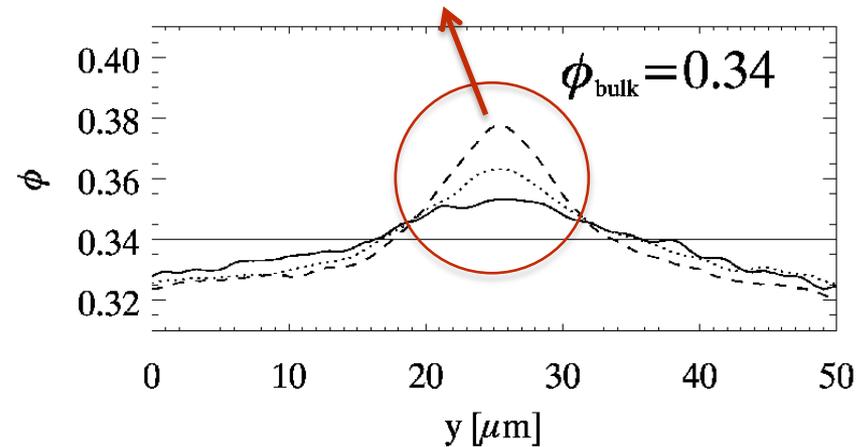


剪切誘發粒子遷移現象實驗觀察

> 粒子大小為 $1.5\ \mu\text{m}$ ，與平均體積分率為 0.34 。



在流動中心處因為剪切率較小，會有較高的粉末濃度產生



PIM材料量測

材料量測實驗室

- > PIM材料在量測上以黏度、比熱(Cp)、熱傳導係數(K)為主要量測項目。



Rheograph RG25
Capillary viscosity and thermal conductivity with counter pressure equipped



CR-6000
Capillary viscosity at different temperature and shear rates

pvT-6000
pvT change at different temperature and pressure



MCR 502
Rotation and oscillation tests for viscoelastic properties



DSC 8500
Transition temperatures and crystallization kinetics

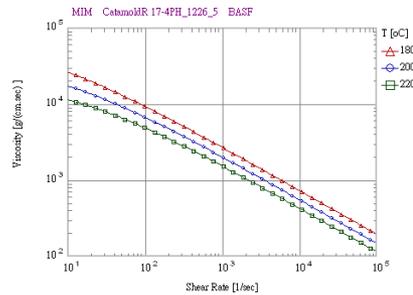


Instron 5966
Mechanical properties

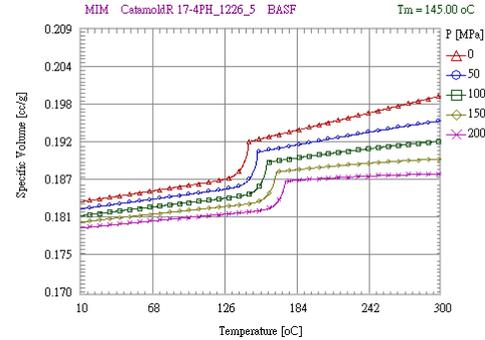
材料特性

- > 剪切黏度對於計算主流道壓力、流動波前推進情況、鎖模力而言相當重要。
- > 熱傳導對於計算熱塑性塑膠之熱移轉相關情形相當重要，包括：冷卻時間、溫度分布等。熱傳導對於所有分析都不可或缺。

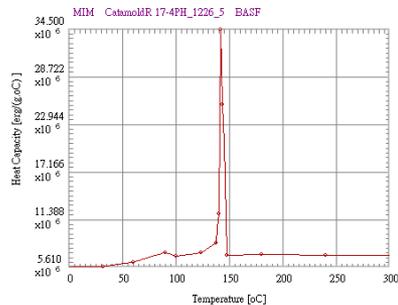
Viscosity



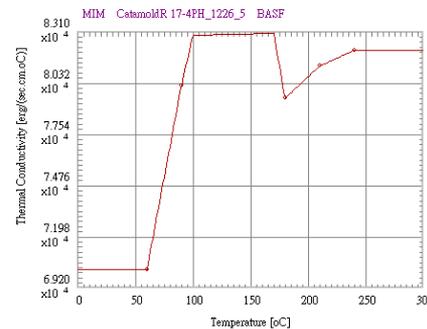
PVT



Heat capacity



Thermal conductivity



PIM材料量測注意事項

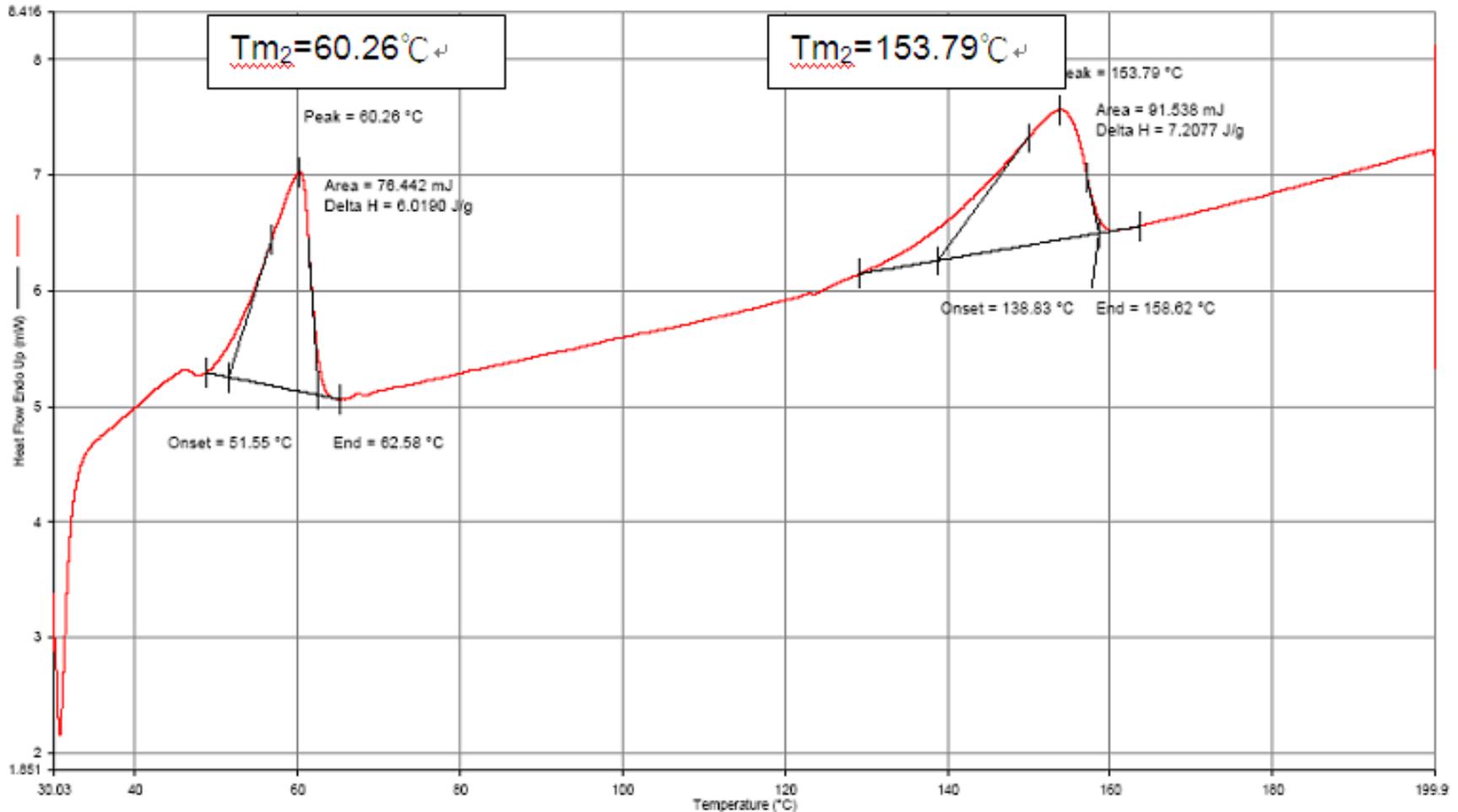
- > 在材料量測時需特別注意詢問下列資訊
 - 粉末的種類：金屬粉末種類或者陶瓷粉末種類
 - 粉末硬度：確保儀器是否能量測、預防對儀器損耗
 - 黏著劑的種類：高分子種類、或者有無其他添加有機物
 - 混合比例：粉末與黏著劑的比例
 - 粒徑大小：量測時需注意射料粒徑大小，過大的粒徑也會損耗儀器

粉末資訊

Polymer Grade Name Producer	MIM Catamold 316LA_9.5 BASF
Powder information	Powder-filled polymer
Powder specific	Alloy
Powder diameter	0.01 (mm)
Average concentration	60 (vol%)
Powder density	5 (g/cc)
Binder density	0.9 (g/cc)

DSC量測

- 以這支材料來看，特徵溫度有兩處，一處是在 60°C ，可能是臘，另一個在 154°C ，可能為PP之類的材料。



MIM製程

黑線(Black Lines)

Focus: Surface Defect

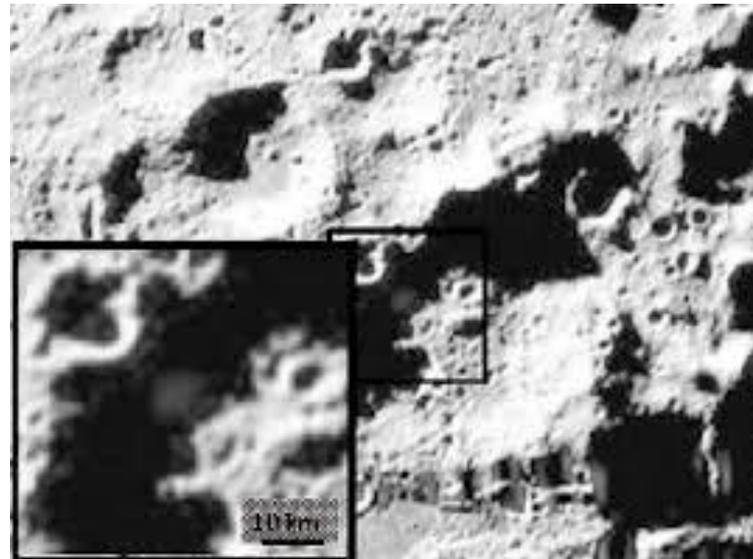
- > Listen to industry, the so-called **Black Lines** are frequently observed in the surface inspection of attractive MIM articles.
 - **Namely, grey color is found on the surface**



After sinter

月球表面的陰影

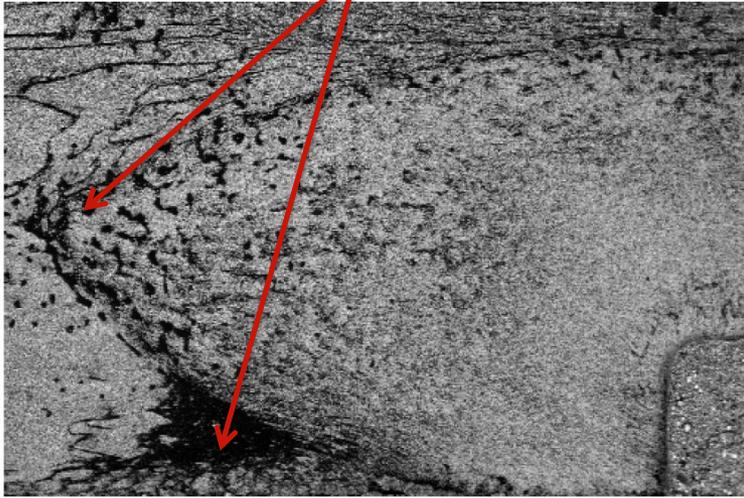
- > Shine surface is due to the total reflection of light uniform on a perfect flat. However, grey or dead sheen is caused by a uneven pitted surface



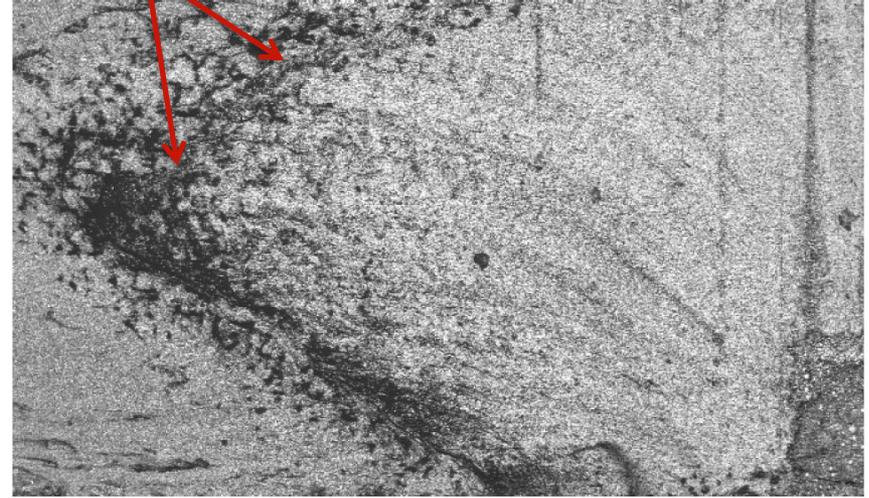
Black Lines Cause: Powder-Binder Phase Separation

> SEM micrographs

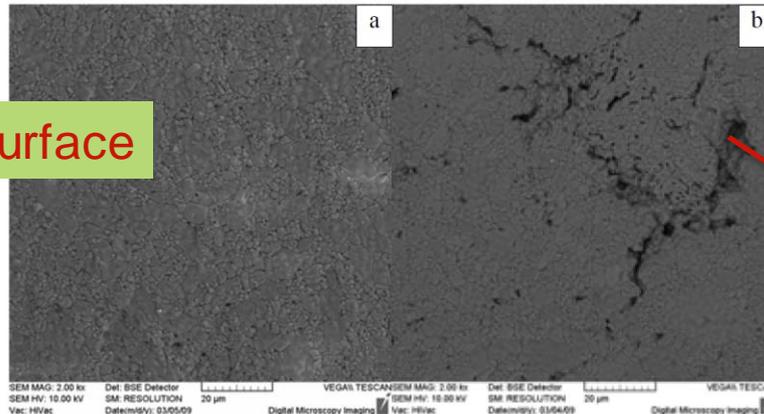
Black lines



Black lines



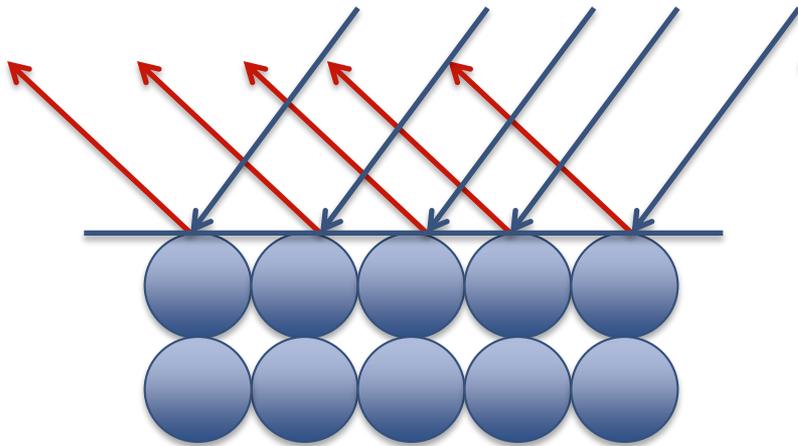
Uniform surface



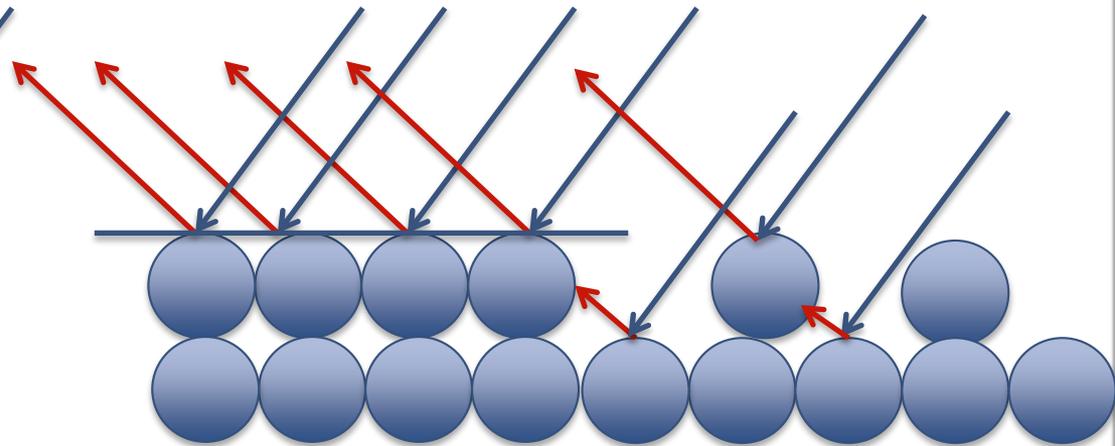
Void or Crack

為何會有表面黑線產生？

> 光學解釋



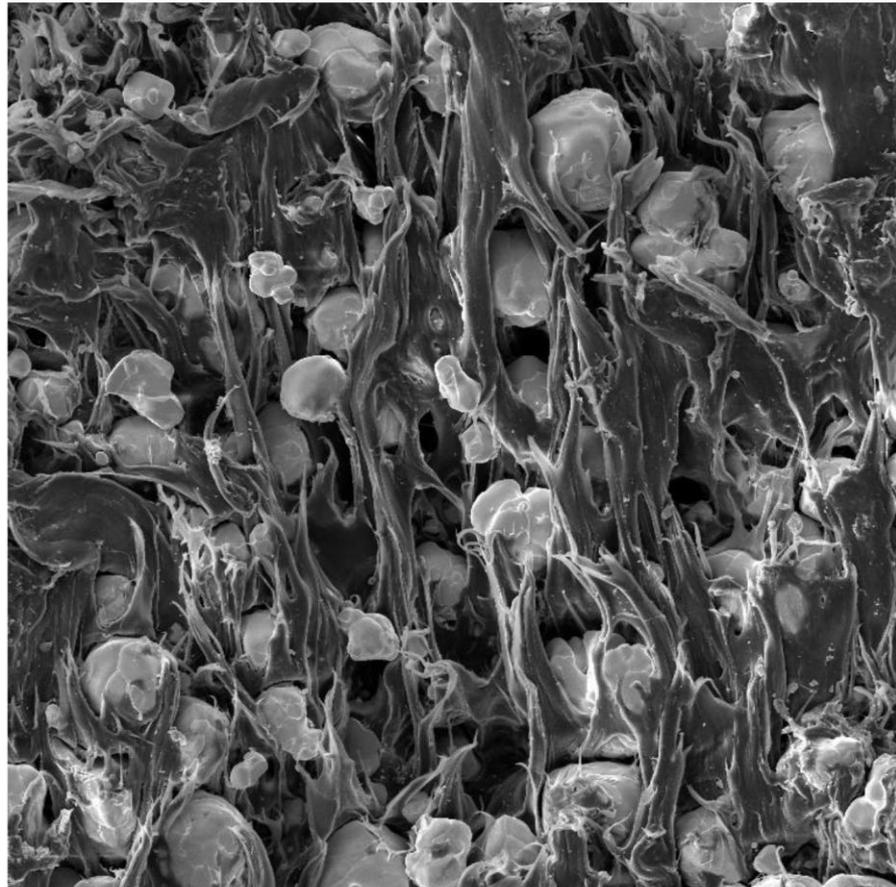
均勻表面 (~均勻濃度)
=>造成均勻的光反射, 表面光澤亮度
均勻



不均勻表面有坑洞(~不均勻濃度)
=>造成均勻的光反射不定, 表面光澤
亮度會呈現亮暗的程度不均

Complex Composites

> SEM Images of powder-binder mixture



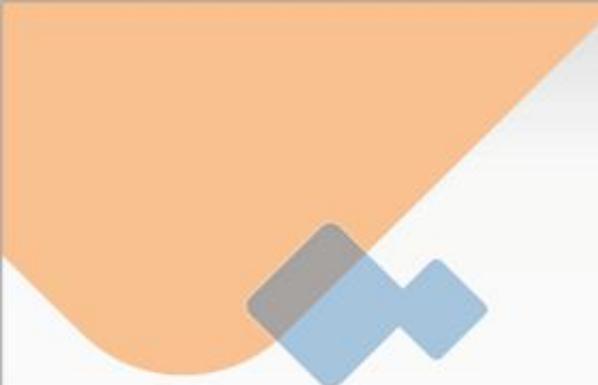
SEM MAG: 500 x
SEM HV: 10.00 kV
Vac: HiVac

Det: SE Detector
SM: RESOLUTION
Date(m/d/y): 07/07/10

100 µm

VEGA\\ TESCAN

Digital Microscopy Imaging



Moldex3D

MOLDING INNOVATION



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