

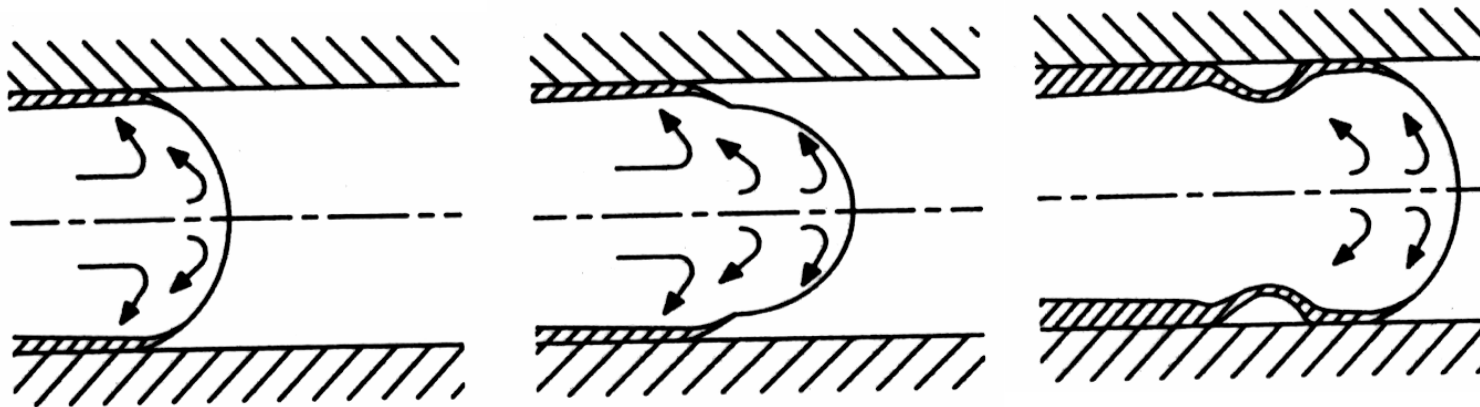
**Concentric record grooves**

# 流痕 *Flow Line*

流痕(Flow Line)的定義:

成型品表面的線狀痕跡，此一痕跡顯示了融膠流動的方向。

# ***Record Grooves***



**Flow front cools down  
near the wall**

**Cooled down outer  
layer impedes direct  
frontal flow to the wall**

**Flow front touches  
mold wall again**

# 流痕

## *Flow Line*

### 塑料

#### 1. 流動性不佳

流長對壁厚比(Flow Length to Thickness Ratio)大的型腔，須以易流塑料充填。如果塑料流動性不夠好，融膠愈走愈慢，愈慢愈冷，射壓和保壓不足以將冷凝的表皮緊壓在模面上，留下融膠在流動方向的縮痕。

材料廠商根據特定設計，可以提供專業的建議：以不產生溢料的原則下，選用最易流動的塑料。

# 流痕

## *Flow Line*

### 塑料

#### 2. 採用成型潤滑劑(Molding Lubricant)不當

一般潤滑劑含量在1%以下。當流長對壁厚比大時，潤滑劑含量須適度提高，以確保冷凝層緊貼在模面上，直到製品定型，流痕無由產生。

增加潤滑劑含量，須和材料廠商議定後進行。

# 流痕

## *Flow Line*

### 模具

#### 1. 模溫太低

模溫太低會使得料溫下降太快，射壓和保壓不足以將冷凝的表皮緊壓在模面上，留下融膠在流動方向的縮痕。

提高模溫，保持較高料溫，射壓和保壓將冷凝層緊壓在模面上，直到製品定型，流痕無由產生。

模溫可從材料廠商的建議值開始設定。每次調整的增量可為  $6^{\circ}\text{C}$ ，射膠10次，成型情況穩定後，根據結果，決定是否進一步調整。

# 流痕

## *Flow Line*

### 模具

#### 2. 澆道(Sprue)、流道(Runner)或/和澆口(Gate)太小

澆道、流道或/和澆口太小，流阻提高，如果射壓不足，融膠波前的推進會愈來愈慢，塑料會愈來愈冷，射壓和保壓不足以將冷凝的表皮緊壓在模面上，留下融膠在流動方向的縮痕。

以CAE(如C-MOLD)在電腦上對不同的融膠傳送系統(包括澆道、流道和澆口)的充填進行模擬分析，找出理想的澆道、流道和澆口的尺寸(包括長度和斷面有關尺寸如直徑等)，是可行之道。

# 流痕

## *Flow Line*

### 模具

#### 3. 排氣(Venting) 不足

排氣不良，會使得融膠充填受阻，融膠波前無法將冷凝的表皮緊壓在模面上，留下融膠在流動方向的縮痕。

在每一段流道末端考慮排氣，可以避免氣體進入型腔。

型腔排氣更不能輕忽。最好採用全周長排氣。

CAE模擬融膠充填，可以幫我們很快的找到所有可能的最後充填處(**Last Filled Area**)，也就是須要加排氣孔的地方。按圖索驥，萬無一失。

# 流痕

## *Flow Line*

### 射出成型機

#### 1. 射壓和保壓不足

射壓和保壓不足以將冷凝的表皮緊壓在模面上，留下融膠在流動方向的縮痕。

提高射壓和保壓，冷凝層得以緊壓在模面上，直到製品定型，流痕無由產生。

#### 2. 停留時間(Residence Time)不當

塑料在料管內停留時間太短，融膠溫度低，即使勉強將型腔填滿，保壓時還是無法將塑膠壓實，留下融膠在流動方向的縮痕。

射料對料管料之比(Shot-to-Barrel Ratio)，應在1/1.5和1/4之間。

# 流痕

## *Flow Line*

### 射出成型機

#### 3. 循環時間(Cycle Time)不當

當循環時間太短時，塑料在料管內加溫不及，融膠溫度低，即使勉強將型腔填滿，保壓時還是無法將塑膠壓實，留下融膠在流動方向的縮痕。

循環時間須延長到塑膠充分融化，融膠溫度高到足以使得流動方向的縮痕無由產生為宜。

# 流痕

## *Flow Line*

### 射出成型機

#### 4. 料管溫度太低

料管溫度太低時，融膠溫度偏低，射壓和保壓不足以將冷凝的表皮緊壓在模面上，留下融膠在流動方向的縮痕。

提高料溫，射壓和保壓將冷凝層緊壓在模面上，直到製品定型，流痕無由產生。料溫的設定可以參考材料廠商的建議。

料管分後、中、前、噴嘴(Rear, Center, Front and Nozzle)四區，從後往前的料溫設定應逐步提高，每往前一區，增高6°C。若有必要，有時將噴嘴區和/或前區的料溫設定的和中區一樣。

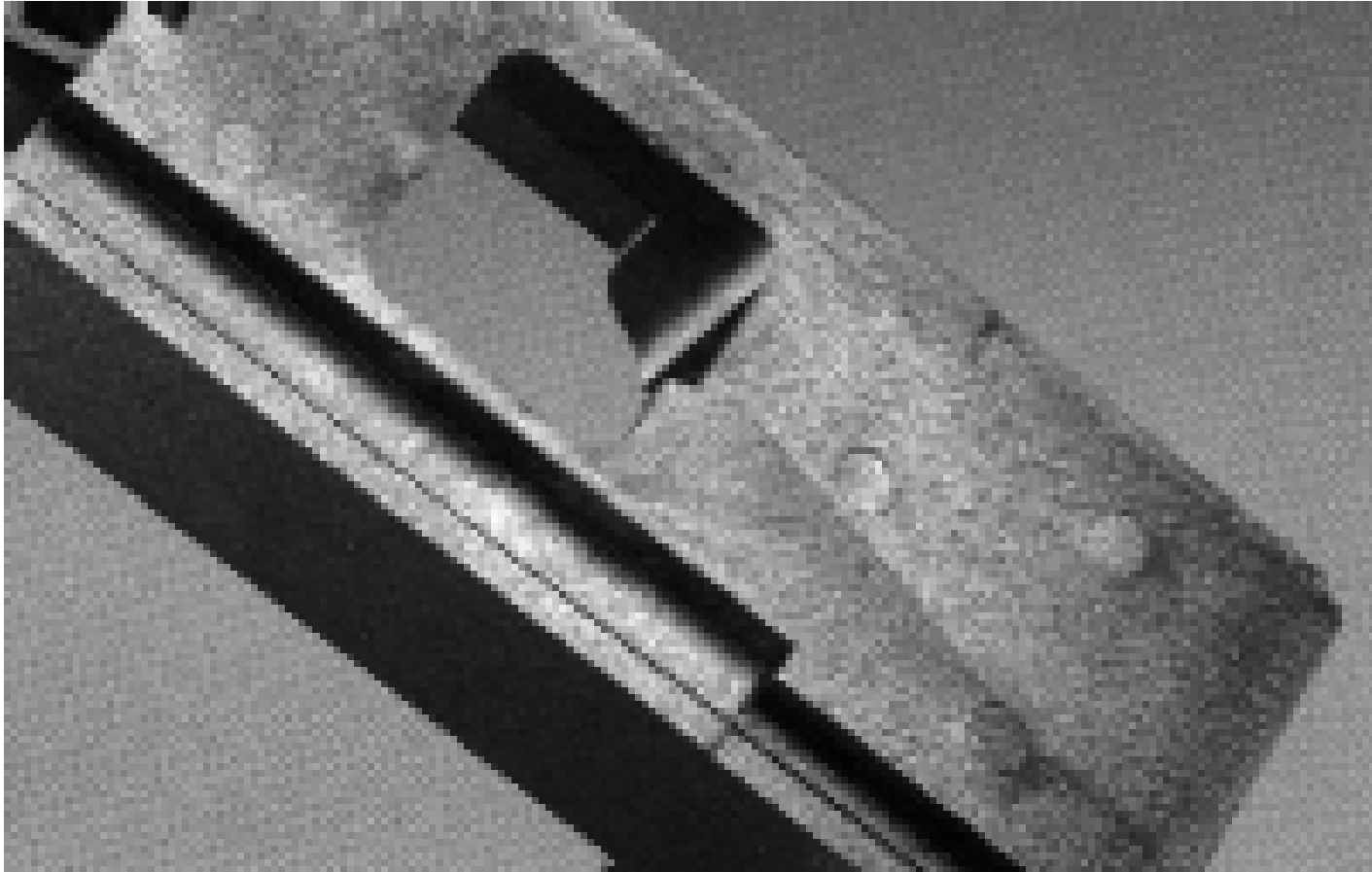
# 流痕 *Flow Line*

## 射出成型機

### 5. 噴嘴溫度太低

塑料在料管內吸收加熱帶(Heating Bands)釋放的熱量以及螺桿轉動引起塑料分子相對運動產生的磨擦熱，溫度逐漸升高。料管中的最後一個加熱區為噴嘴，融膠到此應該達到理想的料溫，但須適度加熱，以保持最佳狀態。如果噴嘴溫度設定得不夠高，因噴嘴和模具接觸，帶走的熱太多，料溫就會下降，射壓和保壓不足以將冷凝的表皮緊壓在模面上，留下融膠在流動方向的縮痕。

提高噴嘴溫度。一般將噴嘴區溫度設定得比前區(Front Region)溫度高6 °C。



**Glass fiber streaks (clear visible weld line)**

# 熔接線

## ***Weld Line***

熔接線(Weld Line)的定義:

融膠波前相遇時形成的線條

# 熔接線 *Weld Line*

## 製品

1. 壁厚太薄或壁厚差異太大
2. 波前遇合角(Meeting Angle)太小

當波前遇合角小於 $135^\circ$ 時，形成熔接線(Weld Line)，大於 $135^\circ$ 時，形成融合線(Meld Line)。熔接線(Weld Line)較之融合線(Meld Line)，兩邊分子相互擴散得少，品質較差。當遇合角在 $120^\circ$ 到 $150^\circ$ 之間時，熔接線表面痕跡逐漸消失。

遇合角的加大，可藉製品厚度調整、澆口位置和數目更改、流道位置和尺寸改變等達到目的。這都可借助CAE來作驗證。

# 熔接線

## *Weld Line*

### 模具

#### 1. 澆道(Sprue)、流道(Runner)或/和澆口(Gate) 位置不當或/和太小或/和太長

澆道、流道或/和澆口位置不當時，熔接線會在外觀或強度敏感處產生。澆道、流道或/和澆口太小或/和太長，流阻提高，如果射壓不足，融膠波前形成熔接線時，溫度已經降得太低，接合不良，線條明顯。

澆口的長度一般小於1mm。長於此，易生問題。

澆口嵌塊的使用，使得澆口尺寸較易修改。澆口從小開始試，增量以10%為原則。譬如0.50mm太小，下一次就試0.55mm。

以CAE在電腦上對不同的融膠傳送系統(包括澆道、流道和澆口)的充填進行模擬分析，找出所有熔接線的位置及其品質，是幫助設計的有效工具。

# 熔接線 *Weld Line*

## 模具

### 2. 模溫太低

模溫太低，融膠波前形成熔接線時，溫度已經降得太低，接合不良，線條明顯。

提高模溫，可以改善熔接線品質。

模溫可從材料廠商的建議值開始設定。每次調整的增量可為5 °C，射膠10次，成型情況穩定後，根據結果，決定是否進一步調整。

### 3. 排氣不良

熔接線收口處須加排氣，若是排氣不良，線條明顯。有時可在熔接線收口處加一溢料井，以改善熔接線的品質。

# 熔接線 *Weld Line*

## 射出成型機

### 1. 料管溫度太低

料管溫度太低時，融膠波前形成熔接線時，溫度太低，接合不良，線條明顯。

提高料溫，使得融膠波前在形成熔接線時，溫度適中，線條不明顯。

熔接線形成時，相遇二波前溫度的差異和各波前的溫度，以及熔接線形成後壓力的大小，決定了熔接線的品質。溫度愈低、溫差愈大(10°C以上)、壓力愈小，品質愈差。CAE模擬，可以提供熔接線形成時，熔接線附近的溫度分布，以及熔接線形成後的壓力分布，是幫助判別熔接線好壞的有效工具。

## 射出成型機

# 熔接線 *Weld Line*

## 2. 背壓不足

背壓可以增加相對運動的融膠分子間的阻力和磨擦熱。此一磨擦熱幫助塑化和促進均勻混煉。

背壓不足，會使融膠無法獲得足夠的熱量。低溫融膠波前形成的熔接線，由於接合不良，線條明顯。

提高背壓，可以改善熔接線品質。(材料廠商可以提供具體的建議。)

背壓可從3Bar(50psi)開始，每次增加0.3Bar(5psi)，直到熔接線變得不明顯為止。

CAE模擬，可以提供熔接線形成時，熔接線附近的溫度分布，以及熔接線形成後的壓力分布，是幫助判別熔接線好壞的有效工具。

# 熔接線

## *Weld Line*

### 模具

#### 1. 模溫太低

模溫太低，融膠波前形成熔接線時，溫度已經降得太低，接合不良，線條明顯。

提高模溫，可以改善熔接線品質。

模溫可從材料廠商的建議值開始設定。每次調整的增量可為  $5^{\circ}\text{C}$ ，射膠10次，成型情況穩定後，根據結果，決定是否進一步調整。

#### 2. 排氣不良

熔接線收口處須加排氣，若是排氣不良，線條明顯。有時可在熔接線收口處加一溢料井，以改善熔接線的品質。

## 模具

# 熔接線 *Weld Line*

### 3. 射壓或射速過低

射壓或射速過低，融膠波前形成熔接線時，溫度已經降得太低，接合不良，線條明顯。

增加射壓或射速自然可以改善。

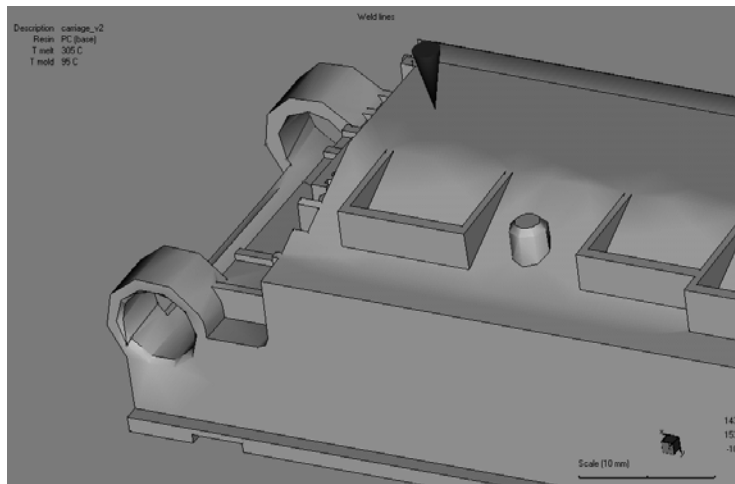
射壓和射速是相關連的，同時增加二者並不恰當。因為進行調整前，並不清楚造成熔接線明顯的原因是射壓還是射速。應擇一調整，觀其後效，再決定下一步動作。

每次射壓或射速調整的增量以**10%**為原則。每次調整後，大約要射膠**10**次才可達到穩定狀態。

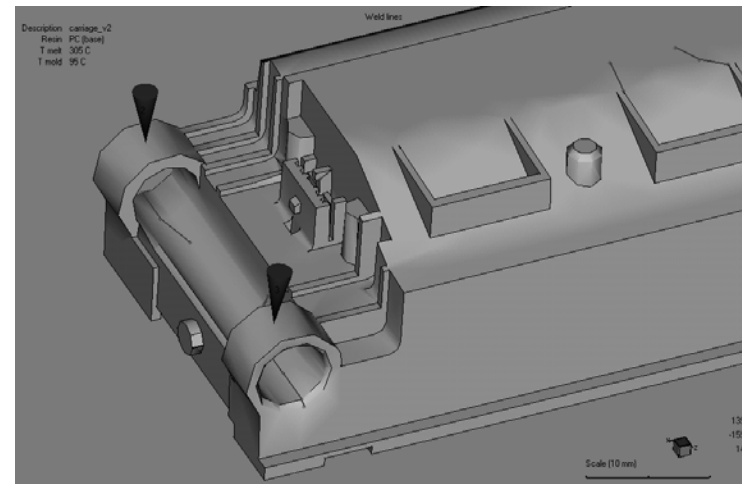
**CAE** 模擬可以驗證不同射壓或射速的適切性。

# 更改澆口位置以重新定位熔接線 *Weld Lines Can Be Relocated By Changing Gate Location*

原設計 [Original]



更改設計 [Revised]



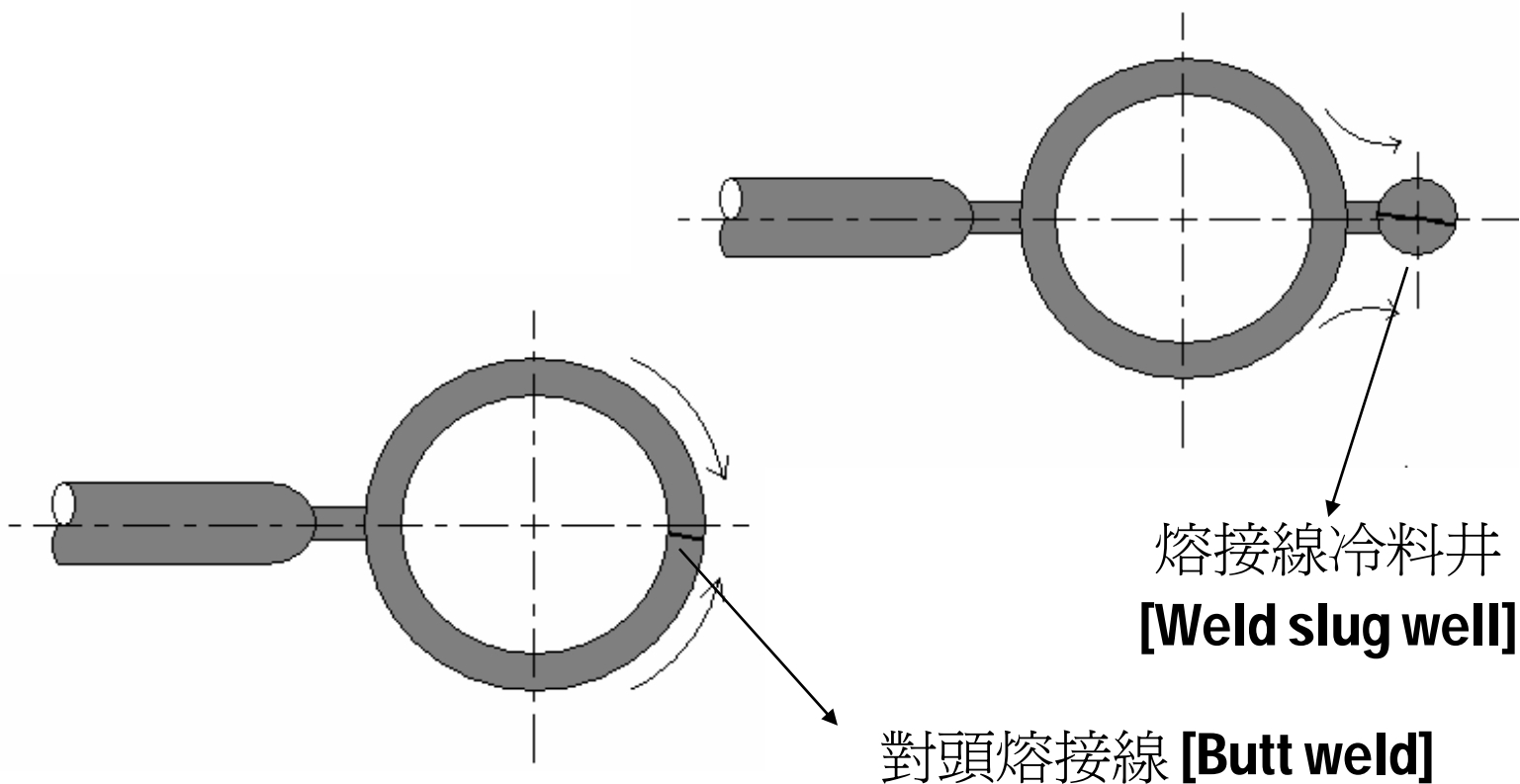
材料 [Material] : PC-GF50

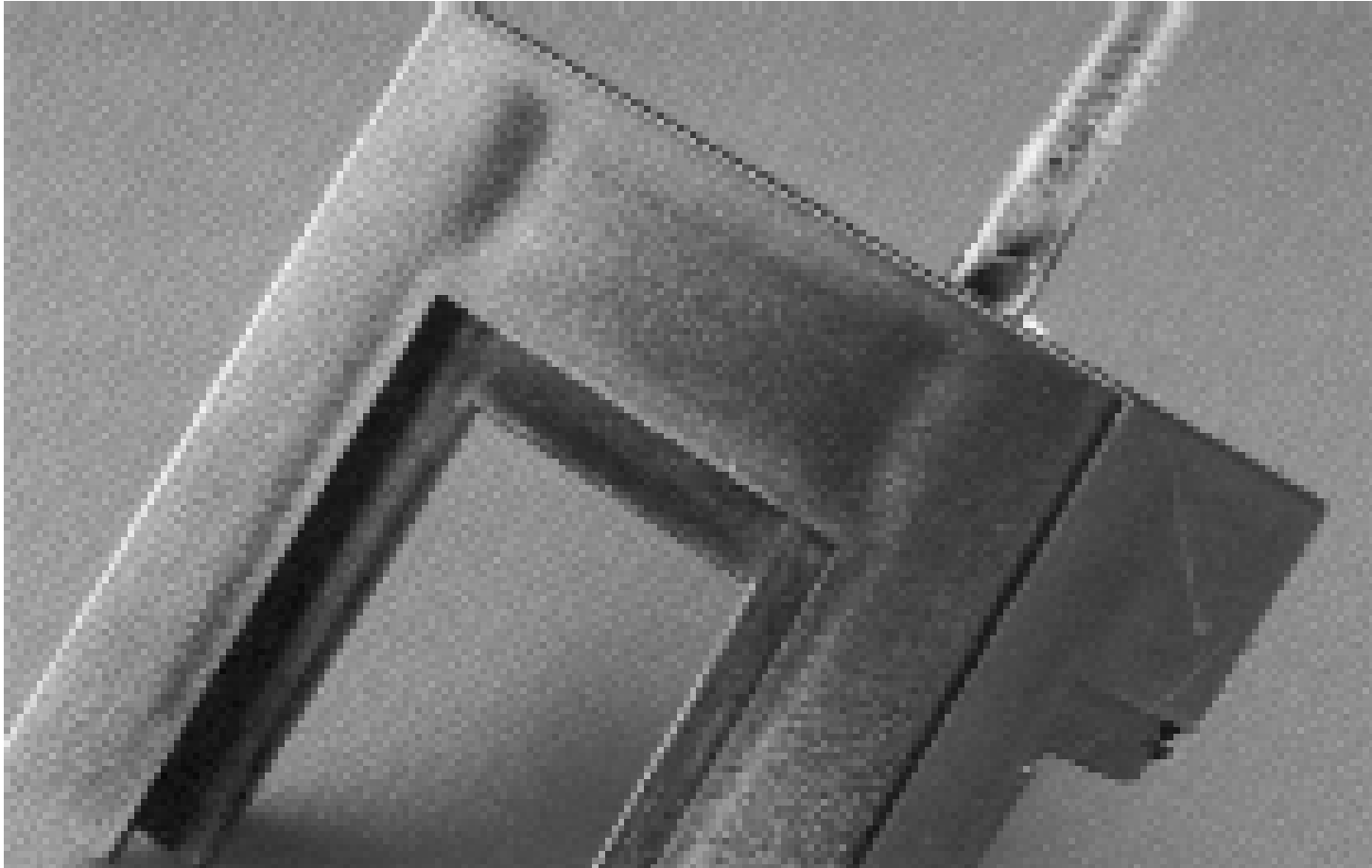
# 典型對頭熔接線伸張強度保留值

## *Typical Butt Weld Tensile Strength Retention Values*

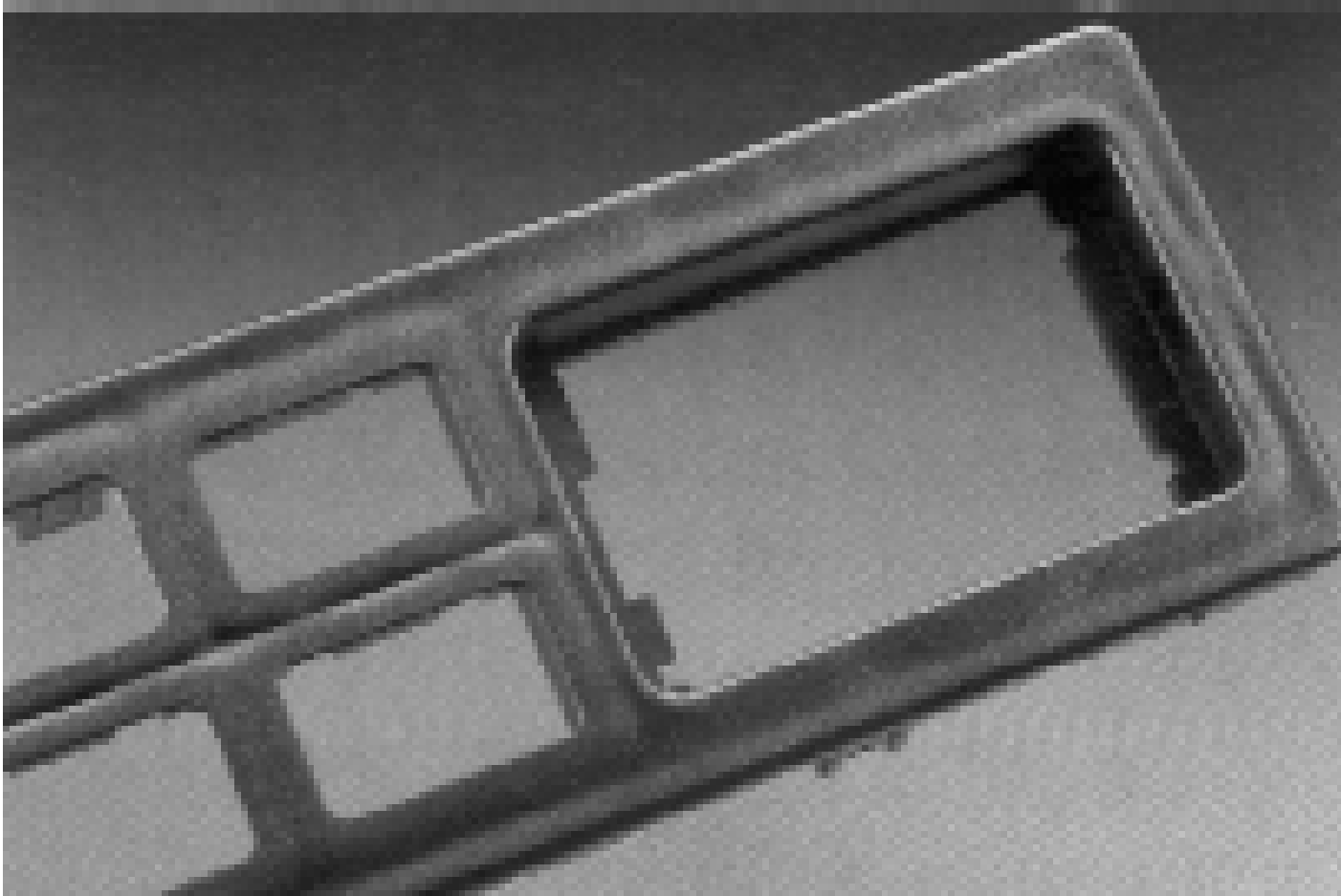
<b>Material Type</b>	<b>Reinforcement Type</b>	<b>Tensile Strength Retention (%)</b>
PP	0% GF	86%
PP	20% GF	47%
PP	30% GF	34%
SAN	0% GF	80%
SAN	30% GF	40%
PC	0% GF	99%
PC	10% GF	86%
PC	30% GF	64%
PSF	0% GF	100%
PSF	30% GF	62%
PPS	0% GF	83%
PPS	10% GF	38%
PPS	40% GF	20%
PA66	0% GF	83-100%
PA66	10% GF	87-93%
PA66	30% GF	56-64%

# 熔接線冷料井 *Weld Slug Well*





**Sink marks due to wall thickness variations**



**Sink marks near ribs**

# 凹陷 *Sink Mark*

凹陷(Sink Mark)的定義:

成型品表面的局部塌陷(或呈酒窩狀或呈溝壑狀)

# 凹陷

## *Sink Mark*

### 製品

#### 1. 肋(Rib)太厚

肋厚時，肋和底板相遇處也厚，此處塑膠集中，冷卻時，周圍的肋和板先行固化，此一肋、板交會處的中央仍然保持液態，後凝的塑膠在先固化的塑膠上收縮，對其周圍塑膠有吸入(**Sucking-in**)的作用。如果任何一處凝結層較為薄弱(一般就在和肋相對的模面處)，該處就有可能塌陷成凹陷。

肋的厚度最好是底板厚度的**50%**，甚至可以更薄。**CAE** 模擬，可以藉凹陷指數(**Sink Index**) 的預測，瞭解不同肋厚設計對凹陷的影響。

# 氣泡或/和凹陷的形成

## *Void or/and Sink Mark Forming*



氣泡 ( Void )



凹陷 ( Sink Mark )

# 凹陷

## *Sink Mark*

### 模具

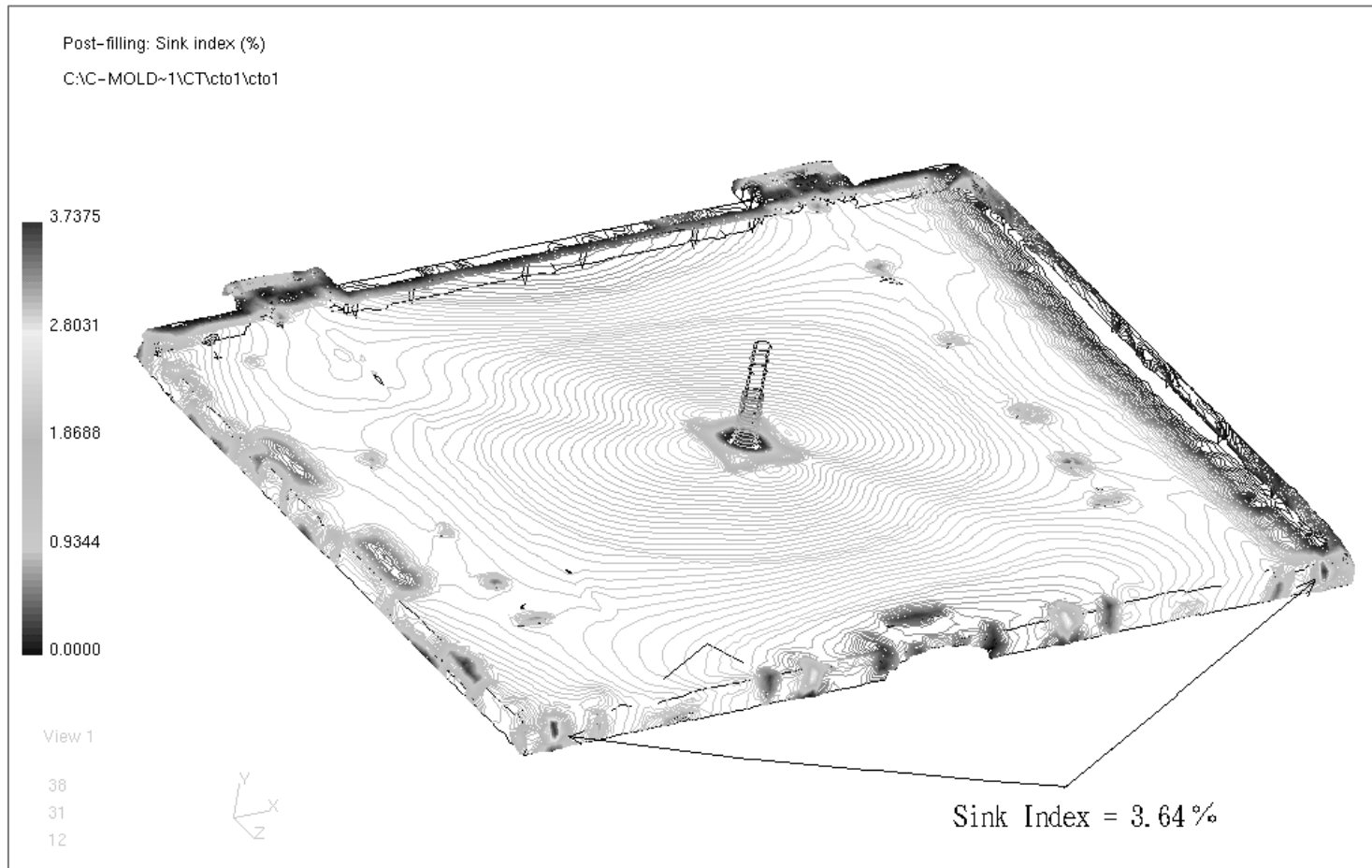
#### 1. 和肋相對的模面溫度太高

和肋相對的模面溫度若較其附近高(一般的確如此，因為附近融膠集中，熱負荷大，模溫居高不下)，該處凝結層薄，剛性不夠，中央的融膠固化時，殘餘應力有可能將較薄的凝結層向內拉成凹陷。

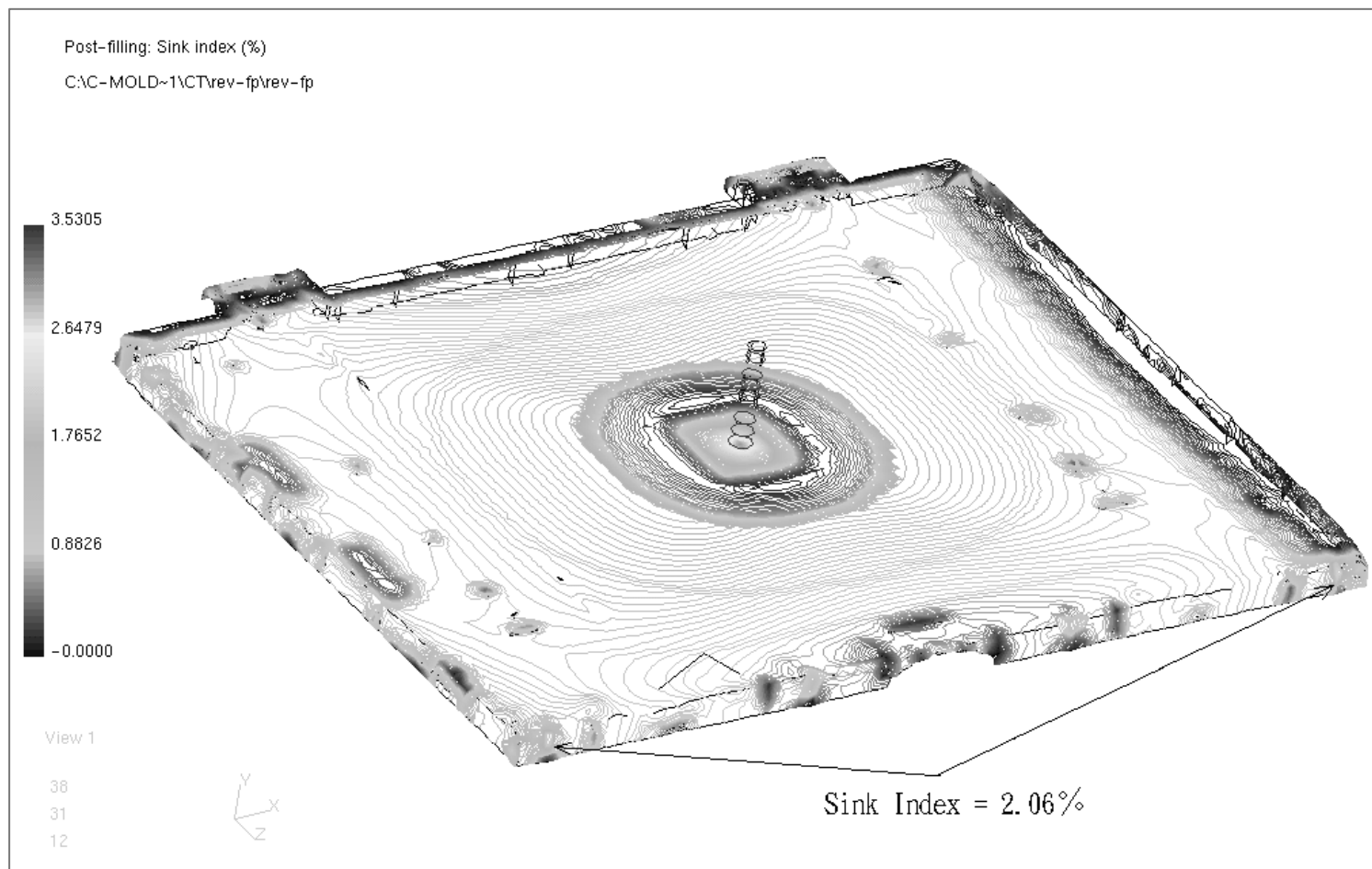
和肋相對的模面須加強冷卻，降低該處模溫，使得凝結層較快形成，當凝結層較厚時，剛性較大，凹陷不易產生。

模溫設定時可從材料廠商的建議值開始設定。每次調整的減量(或增量)可為 $6^{\circ}\text{C}$ ，射膠10次，成型情況穩定後，根據結果，決定是否進一步調整。

CAE可以藉凹陷指數(Sink Index)的預測，瞭解不同冷卻設計和模溫對凹陷的影響。



凹陷指數 (原始設計)



凹陷指數 (修正設計)

# 凹陷

## *Sink Mark*

### 模具

#### 2. 澆道(Sprue)、流道(Runner)或/和澆口(Gate)太小

澆道、流道或/和澆口太小，流阻提高，如果射壓不足，型腔無法填實，融膠密度小，發生凹陷的機率大。

以CAE(如C-MOLD)在電腦上對不同的融膠傳送系統(包括澆道、流道和澆口)的充填進行模擬分析，找出理想的澆道、流道和澆口的尺寸(包括長度和斷面有關尺寸如直徑等)，是可行之道。

# 凹陷

## *Sink Mark*

### 模具

#### 3. 澆口(Gate) 的數目或位置不當

無論澆口的數目或位置不當，都會使得流長(Flow Length) 太長，流阻太大。如果射壓不足，型腔無法填實，融膠密度小，發生凹陷的機率大。

以CAE在電腦上對不同的澆口設計進行模擬分析，找出澆口的最佳數目和位置是聰明的作法。

# 凹陷

## **Sink Mark**

### 射出成型機

#### 1. 料管溫度太高

料管溫度太高時，融膠密度小，冷卻時，貼近型腔表面的融膠先固化成凝結層(Frozen Layer)，塑膠體積收縮，型腔中央的融膠密度更小，等到中央的融膠也逐漸固化時，型腔中央會空洞化，空洞的內壁滿佈張應力，如果凝結層的剛性不夠，就會向內塌陷，形成凹陷。

降低料溫，融膠密度大，發生凹陷的機率小。

CAE 模擬分析的輸出包括凹陷指數(Sink Index)的分佈，凹陷指數大者，發生凹陷的可能性大，CAE可以幫助選擇凹陷可能最小的設計。

# 凹陷

## *Sink Mark*

### 射出成型機

#### 2. 冷卻時間不夠

冷卻時間不夠，塑膠凝結層不夠厚，無法抵抗內部融膠固化收縮時產生的拉力，形成凹陷。

材料供應商可以針對不同的塑料和製品厚度，提供冷卻時間的建議值。

CAE模擬可以根據不同的冷卻時間預測不同的凹陷指數(Sink Index)，當凹陷指數大於許容值時，應採用更長的冷卻時間。

# 凹陷

## 射出成型機 *Sink Mark*

### 3. 緩衝(Cushion)或/和保壓不足

保壓壓力或保壓時間不夠，型腔內的塑膠因為壓力偏低或補充料不足而填壓不實，密度小，發生凹陷的機率大。

緩衝變0時，螺桿到底，不再前移，融膠冷卻、收縮時壓力降低，螺桿卻無法增壓，造成保壓不足，發生凹陷的機率大。

緩衝至少要有3mm才夠。

保壓壓力要足夠。保壓時間至少2秒。

CAE 模擬可以找出保壓壓力和保壓時間的理想值，根據此值設定後，再作微調，是聰明的作法。

# 凹陷

## 射出成型機 **Sink Mark**

### 4. 止回閥(Non-Return Valve)失靈

止回閥防止料管內螺桿前的融膠在射出階段回流。

當螺桿推動定量的料前進時，如果止回閥磨損、破裂或座落不當，融膠可能滑過(**slip past**)螺桿前端、止回閥和料管之間間隙產生回流，使得螺桿推到底(**bottom out**)，緩衝消失，發生凹陷的機率大。

將止回閥從螺桿前端移下，檢查各接觸面，若有焦膠(**Burned Plastics**)在面上，用金屬絲刷(**Wire Brush**)清除；切忌使用噴燈(**Torch**)燒掉塑膠，因為高熱會軟化閥金屬，使其加速磨損。

如果在接觸面上發現刻痕(**Nicks**)、裂縫(**Cracks**)或坑洞(**Pits**)，有此缺陷的零件應當更換。

# 條紋 *Streak*

條紋(Streak)：

成型品表面延著流向形成的噴濺狀線條

熱劣解條紋：

分子鏈縮短產生銀線(Silver Streak)，分子成塊變質產生褐線(Brown Streak)。兩者皆可稱為燃燒條紋(Burn Streak)。

# 條紋 *Streak*

## 塑料

1. 乾燥時溫度過高或/和停留時間過長。

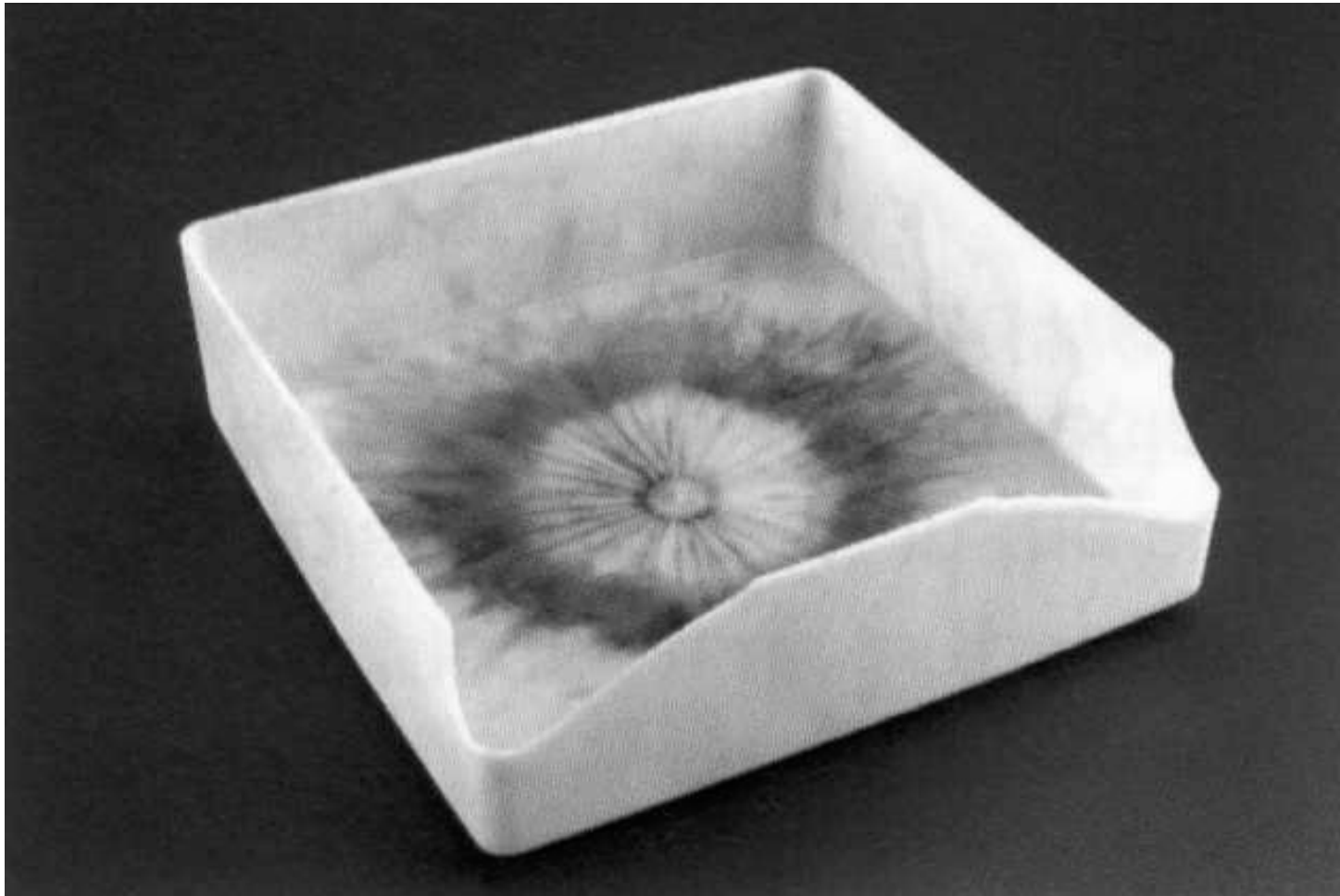
## 模具

1. 澆口太小
2. 澆口或/和流道不順暢
3. 型腔進水
4. 模溫太低

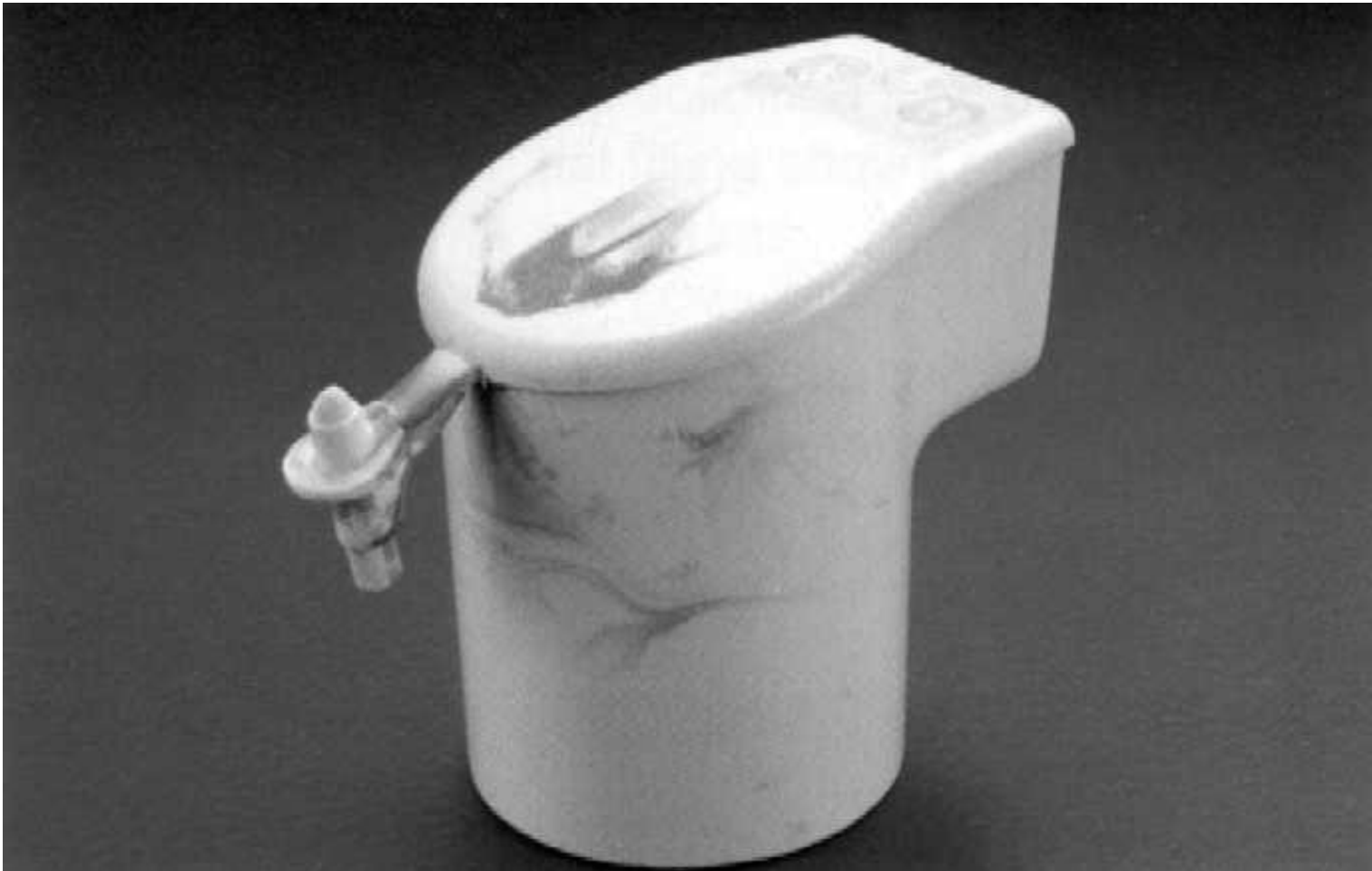
# 條紋 *Streak*

## 射出成型機

1. 融膠溫度太高
2. 射速太快
3. 螺桿轉速太快，塑化時剪切速率太大
4. 停留時間過長



**Burnt streaks due to excessive residence time in the plasticizing cylinder**



**Burnt streaks due to excessive residence time in the plasticizing cylinder**

# 塑料停留時間

## *Resin Residence Time*

塑料停留時間可以下式計算：

Resin residence time can be calculated as below:

$$\frac{1.4 \times \text{使用塑料比重} \times \text{料管料量} \times \text{成形循環時間}}{\text{聚苯乙烯比重} \times \text{射料量}}$$

$$\frac{1.4 \times \text{sp. grav. , plastic} \times \text{injection cap.} \times \text{molding cycle}}{\text{sp. grav. , PS} \times \text{molded shot weight}}$$

1.4是一乘數(一般在1和2之間)，它將螺桿內的塑料一併考慮。

1.4 is a multiplier (typically between 1 and 2) taking the resin in the screw flights into account.

# 最短和最長停留時間

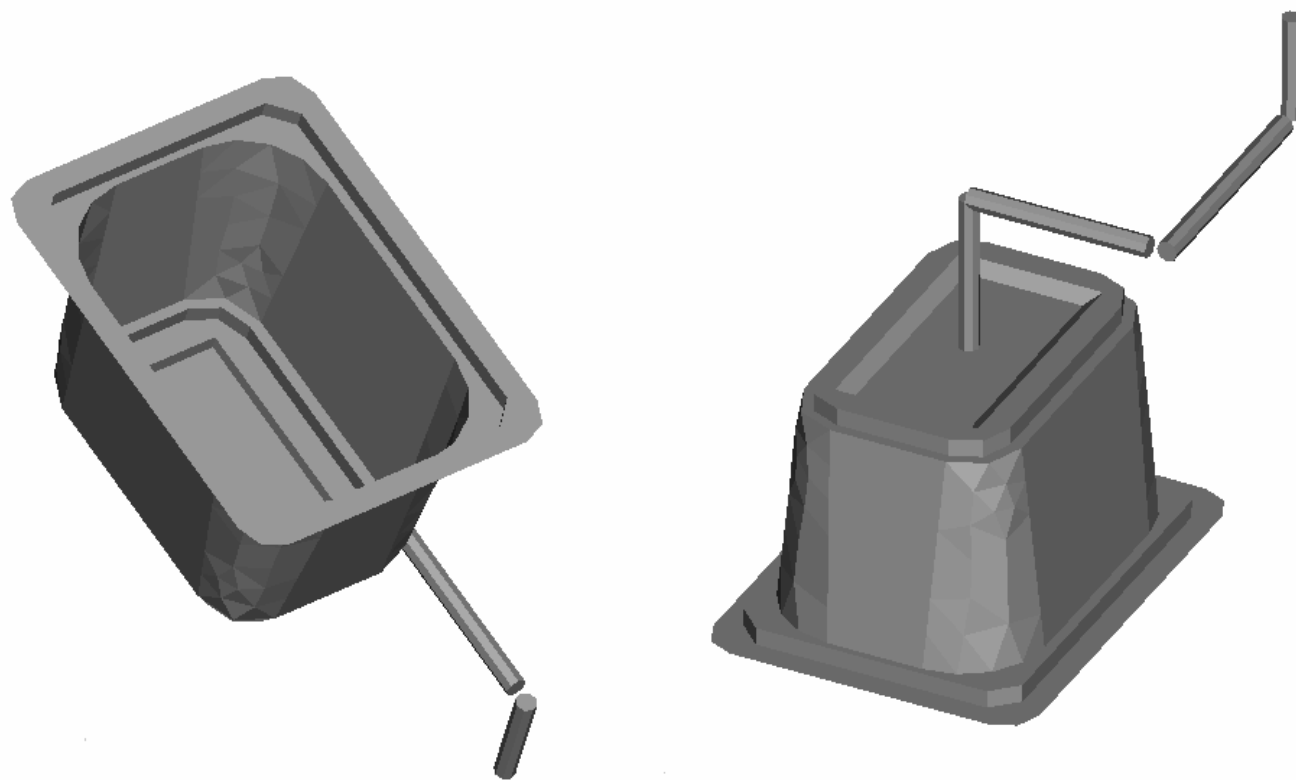
## *Minimum and Maximum Residence Time*

最短和最長的停留時間應遵照材料廠商的建議。如果特定的指示無從獲得，最短和最長的停留時間可以**1.5**和**4**分鐘為準。

Minimum and maximum residence times should follow resin supplier's recommendations or between 1.5 and 4 minutes if specific guidelines are not found.

# 4型腔看台杯模

## *4 Cav. Stadium Cup Mold*



# 4 型腔看台杯模

## *4 Cav. Stadium Cup Mold*

材料 Material	聚丙烯 PP
射料量 Shot Weight	50 g (4 cav.)
進澆 Gating	熱澆道 Hot Runner
流長 Flow Length	152 mm
壁厚 Wall Thickness	0.5 mm
流長/壁厚比 L/t Ratio	304
循環時間 Cycle	3.95 sec.

# 4 型腔看台杯模

## *4 Cav. Stadium Cup Mold*

震雄注塑機捷霸JM268MKIII-C的料管料量為795克，塑料停留時間為：

The injection capacity of Chen Hsong machine JETMASTER JM268MKIII-C is 795 g, the resin residence time is

1.4 x 使用塑料比重 x 料管料量 x 成形循環時間

聚苯乙烯比重 x 射料量

1.4 x sp. grav. , plastic x injection cap. X molding cycle

sp. grav. , PS x molded shot weight

= 1.4 x 0.91 x 795 x 3.95

1.05 x 50

= 76.2 (sec.)

沒有材料裂解的問題，因為76.2秒遠小於4分鐘。

No material degradation problems, because 76.2 sec. is much less than 4 min.

## **4 型腔看台杯模**

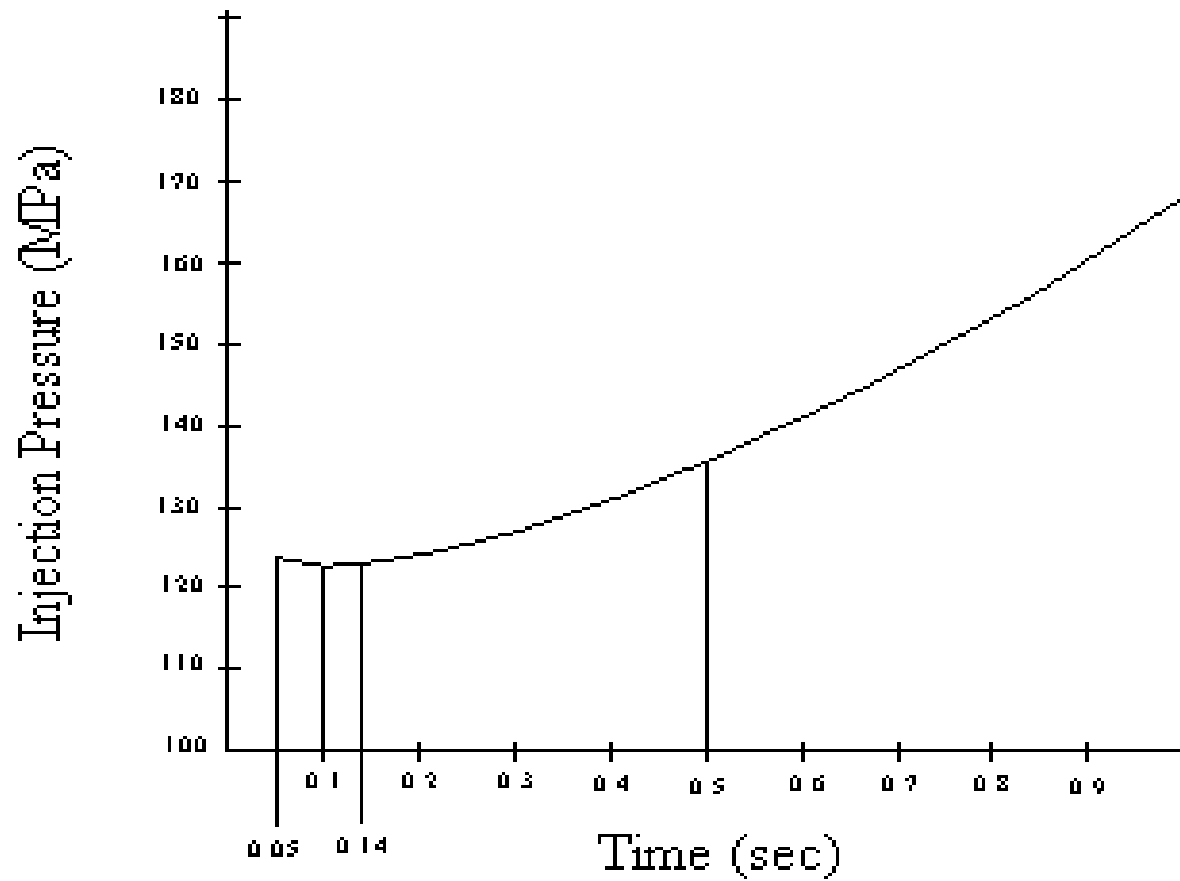
### ***4 Cav. Stadium Cup Mold***

要維持每3.95秒的射料量50克(PP)，至少須要14.6克/秒  $[50 \times (1.05/0.91) / 3.95]$  的熔膠能力。當機器(震雄捷霸 JM268MKIII-C) 的熔膠能力是 46克/秒時，塑料停留時間76.2秒雖然小於1.5分鐘，但顯然不會有問題。

In order to continuously inject shot weight of 50 g. (PP) once every 3.95 sec., a plasticizing capacity of 14.6 g./sec.  $[50 \times (1.05/0.91) / 3.95]$  is a minimum requirement. When the plasticizing capacity of the machine (Chen Hsong JETMASTER JM268MKIII-C) is 46 g./sec, it is obviously no problem even the material residence time of 76.2 sec. is less than 1.5 min.

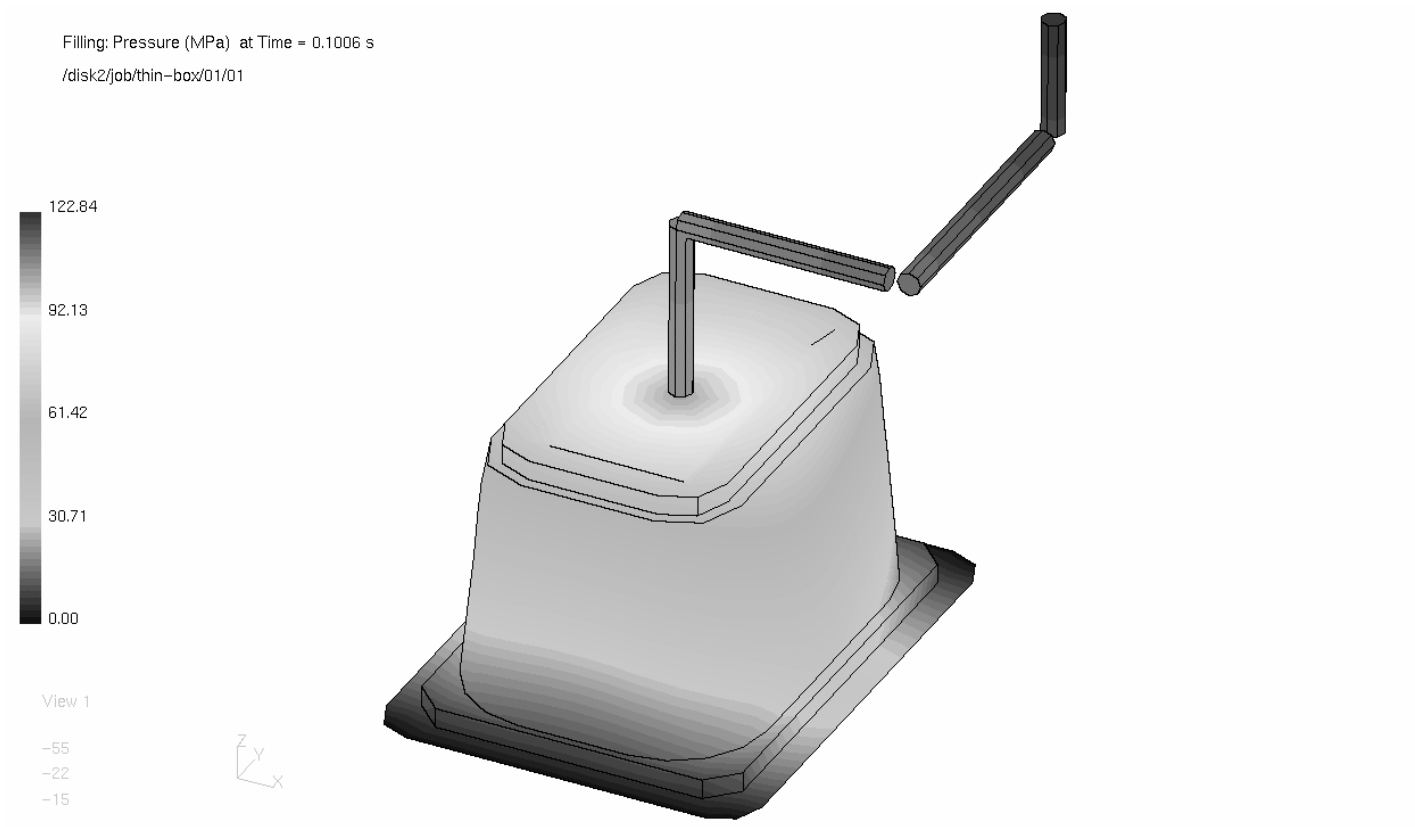
# 4 型腔看台杯模

## 4 Cav. Stadium Cup Mold



# 4 型腔看台杯模

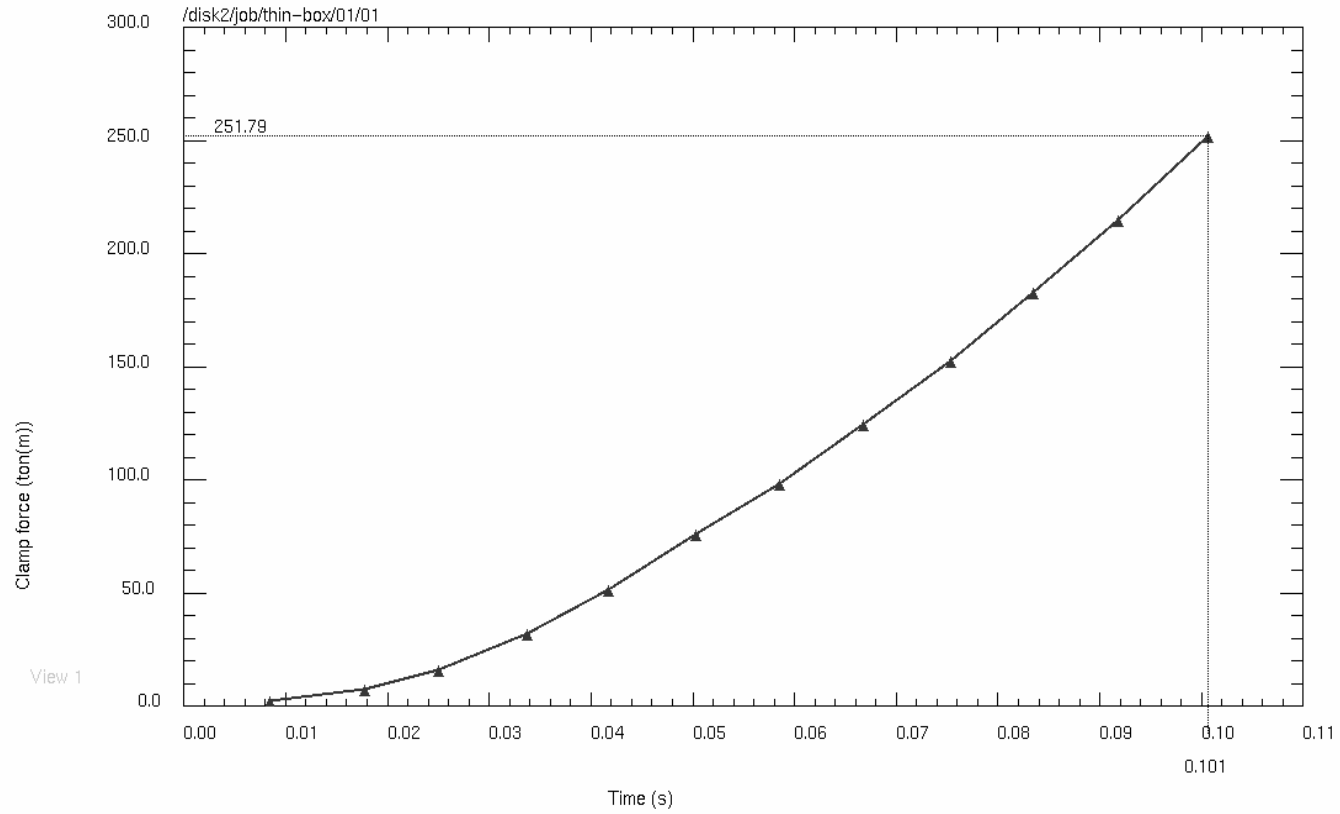
## 4 Cav. Stadium Cup Mold



# 4 型腔看台杯模

## 4 Cav. Stadium Cup Mold

Filling: Clamp force vs. Time



## **4 型腔看台杯模**

### ***4 Cav. Stadium Cup Mold***

震雄捷霸JM268MKIII-C注塑機具備最大射膠壓力147 Mpa 以及鎖模力268公噸，對須要122MPa射膠壓力以及251公噸鎖模力的4型腔看台杯模子，足堪勝任。

Chen Hsong JETMASTER JM268MKIII-C, with maximum injection pressure of 147 Mpa and clamping force of 268 ton (m), is OK to work on this 4 cavity stadium cup mold which needs a injection pressure of 122MPa and a Clamping force of 251 ton (m).

## **4 型腔看台杯模**

### ***4 Cav. Stadium Cup Mold***

是否能以0.1秒這麼短的射出時間充模？以射膠速率而言，577克/秒 $[50 \times (1.05/0.91)/0.1]$ 超過機器(震雄捷霸JM268III-C)的上限225克/秒。

Can this mold filled at a short injection time of 0.1 second ? An injection rate of 577 g/sec.  $[50 \times (1.05/0.9)/0.1]$  exceeds the machine (Chen Hsong JETMASTER JM268III-C) limit 225g/sec.

## **4 型腔看台杯模**

### ***4 Cav. Stadium Cup Mold***

若以機器(震雄JM268III-C)射膠速率上限的九成；即203克/秒(225x90%)充模，按CAE模擬，須要的射膠壓力和鎖模力分別為127MPa和272公噸。後者超過機器的上限268公噸。

If we use 90% of the limit of injection rate, e.g. simulation, required injection pressure and clamping force are 127MPa and 272 ton(m), respectively. The later exceeds the machine (Chen Hsong JM268III-C) limit 268ton(m) .

# 翹曲 *Warpage*

翹曲(Warpage)的定義:

製品頂出後不規則的尺寸變化

## 製品

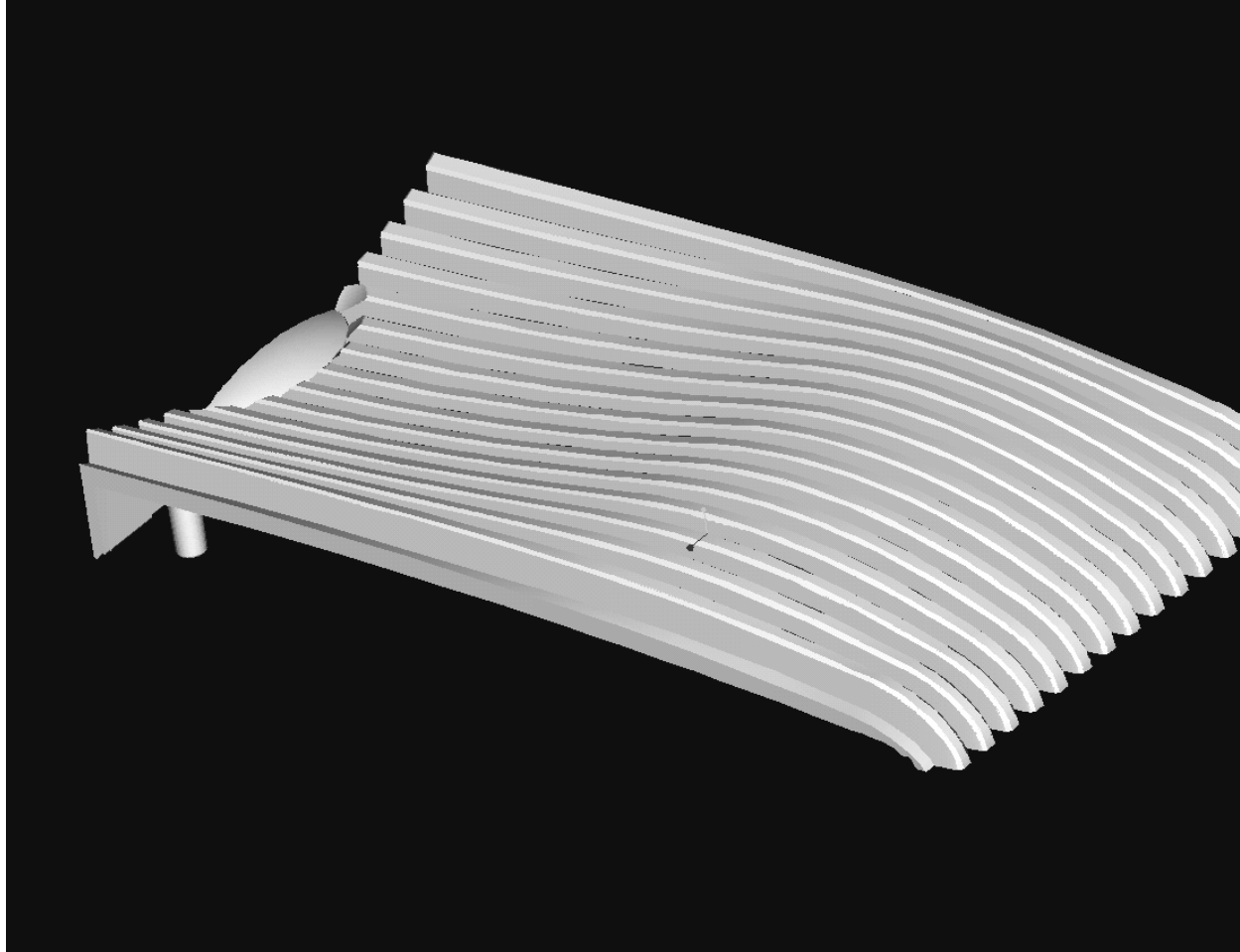
# 翹曲 *Warpage*

### 1. 製品厚、薄差異太大

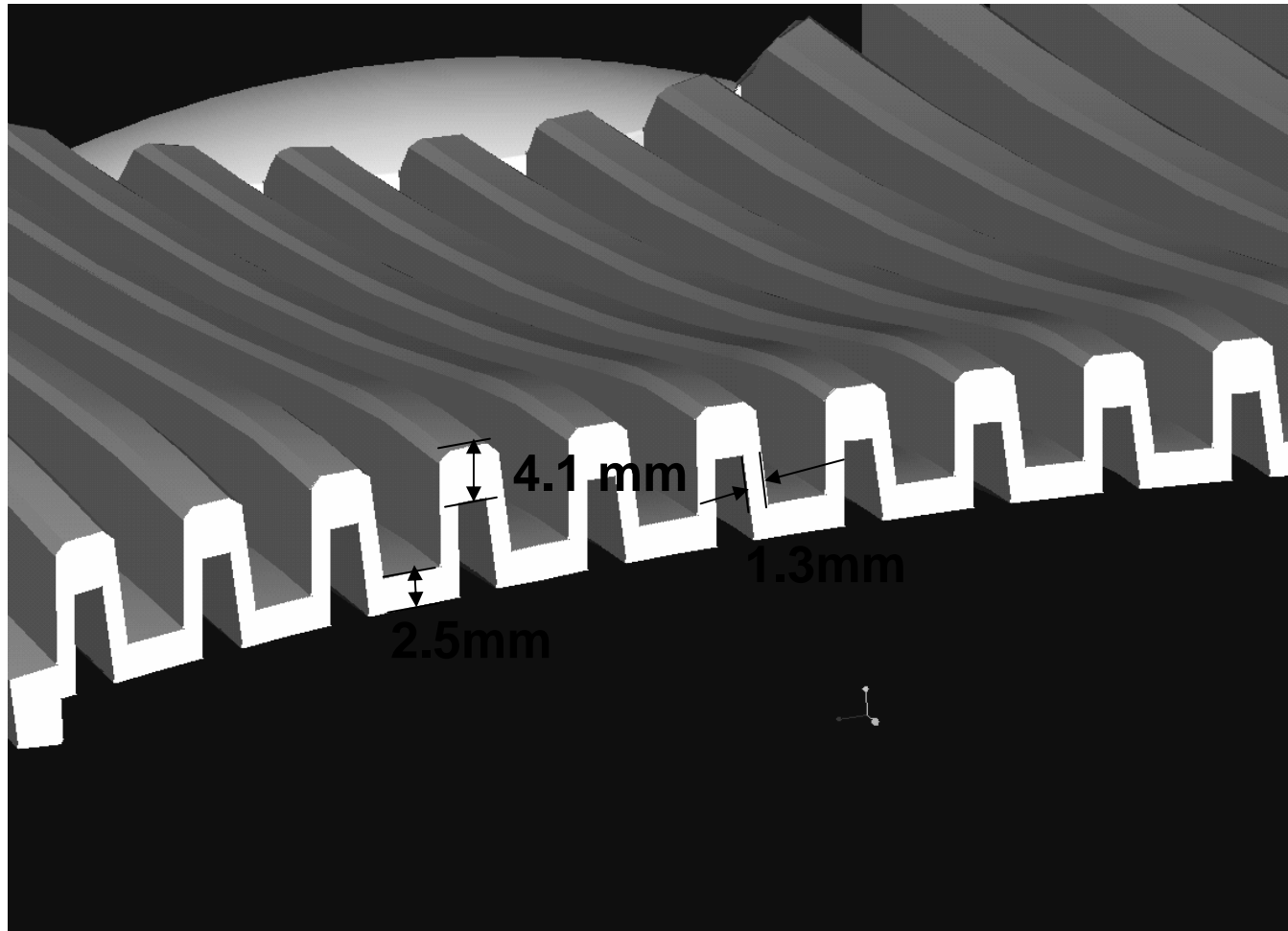
薄的地方先冷，厚的地方後冷。厚薄差異大時，體積收縮率差異(Volumetric Shrinkage Difference)大，殘餘應力大。當殘餘應力克服了零件的強度，就會產生翹曲。

**Shrinkage Fixture**或許可以治標，但不能治本，因為**Fixture**無法消除殘餘應力。當製品移至高溫或其他惡劣環境下，殘餘應力會釋放出來，翹曲還是有可能產生。治本之計是作好製品設計，使得製品厚度均一，冷卻時體積收縮率差異小，殘餘應力小，翹曲自然小。

**CAE** 模擬，可以找出殘餘應力最小的製品設計。



# 厚薄不均



## 模具

# 翹曲 *Warpage*

### 1. 動、靜模溫差 (Temperature Difference between Core and Cavity Mold Surfaces)大

動靜模溫差大，因冷卻產生的殘餘應力對壁厚的中心面不對稱，彎曲力矩(Bending Moment)大，容易翹曲。

更改冷卻設計，減少動、靜模溫差，可以減少翹曲。

**CAE** 模擬，可以幫助找出動、靜模溫差最小的冷卻設計。

# 翹曲 *Warpage*

## 模具

### 2. 模溫太低

模溫太低，殘餘剪切應力大，又沒有足夠的時間將殘餘應力釋放(**Stress Release**)，容易翹曲，甚至開裂。

提高模溫，可以減少開裂。

模溫可從材料廠商的建議值開始設定。每次調整的增量可為6°C，射膠10次，成型情況穩定後，根據結果，決定是否進一步調整。

CAE模擬可以驗證不同模溫的適切性。

# 翹曲 *Warpage*

## 模具

### 3. 澆口(Gate) 的數目或位置不當

無論澆口的數目或位置不當，都會使得流長(Flow Length)太長，流阻太大、相應的射壓也須提高，塑膠分子被拉伸(Stretch)、壓擠(Squeeze)，機械應力(Mechanical Stresses)強行加入，殘餘應力大，容易翹曲。

澆口附近壓力高，塑膠體積收縮率小，最後充填>Last Fill)處壓力低，塑膠體積收縮率大，流長太長時，上下游塑膠體積收縮率差異大，殘餘應力大，容易翹曲。

# 翹曲

## *Warpage*

### 模具

參考材料廠商的建議，採用適當的流長對厚度比 (Flow Length to Thickness Ratio)。澆口位置的決定，要遵循充填均衡的原則；即各融膠波前到達型腔末端和形成熔合線的時間基本一致。

充填應先厚後薄、先平後彎。進澆應讓融膠遭遇立即的阻擋以避免噴流(Jetting)。這樣可以降低殘餘應力，減少翹曲。

以CAE在電腦上對不同的澆口設計進行模擬分析，找出澆口的最佳數目和位置是聰明的作法。

# 翹曲

## Warpage

### 模具

4. 澆道(Sprue)、流道(Runner)或/和澆口(Gate)位置不當或/和太小或/和太長

澆道、流道或/和澆口位置不當時，融合線會在強度敏感處產生，融合線本來就弱，應力又大，裂紋往往從融合線開始。

澆道、流道或/和澆口太小或/和太長，流阻提高，射壓也須相應提高，塑膠分子被拉伸(Stretch)、壓擠(Squeeze)，機械應力(Mechanical Stresses)強行加入，殘餘應力大，容易翹曲，甚至開裂。

以CAE(如C-MOLD)在電腦上對不同的融膠傳送系統(包括澆道、流道、澆口和型腔)的充填、保壓、冷卻和收縮彎翹進行模擬分析，找出並選擇翹曲(開裂可能)最小的設計是有效的作法。

# 翹曲 *Warpage*

## 模具

### 5. 頂出不均

頂出時製品尚熱，頂出不直、不均、不一致，製品容易翹曲。

檢查頂出系統，並作必要的調整。適度潤滑所有運動零件。大模具的頂出板(**Ejector Plate**)必須採用引導襯套(**Guide Bushing**)，以免模板中央因自重下垂。

# 翹曲 *Warpage*

## 射出成型機

### 4. 保壓壓力或保壓時間不當

保壓壓力太高，不僅因補充料流動(Compensation Flow)而冷凝入(Frozen-In)塑膠的殘餘剪切應力(Shear Stress)高，而且塑膠的壓應力(Compressive Stress)也高，容易翹曲。

保壓壓力太低，澆口附近發生回流(Back-Flow)，不僅產生因流動而冷凝入塑膠的殘餘剪切應力，而且由於製品中央體積收縮率大(低壓故)，外圍體積收縮率小，因內外體積收縮率差異(Volumetric Shrinkage Difference)大而產生的殘餘張、壓應力(Tensile and Compressive Stress)大，容易翹曲。

# 翹曲 *Warpage*

## 射出成型機

螺桿推到底後，螺桿至少停留原處**2秒**，以保持緩充(Cushion)。

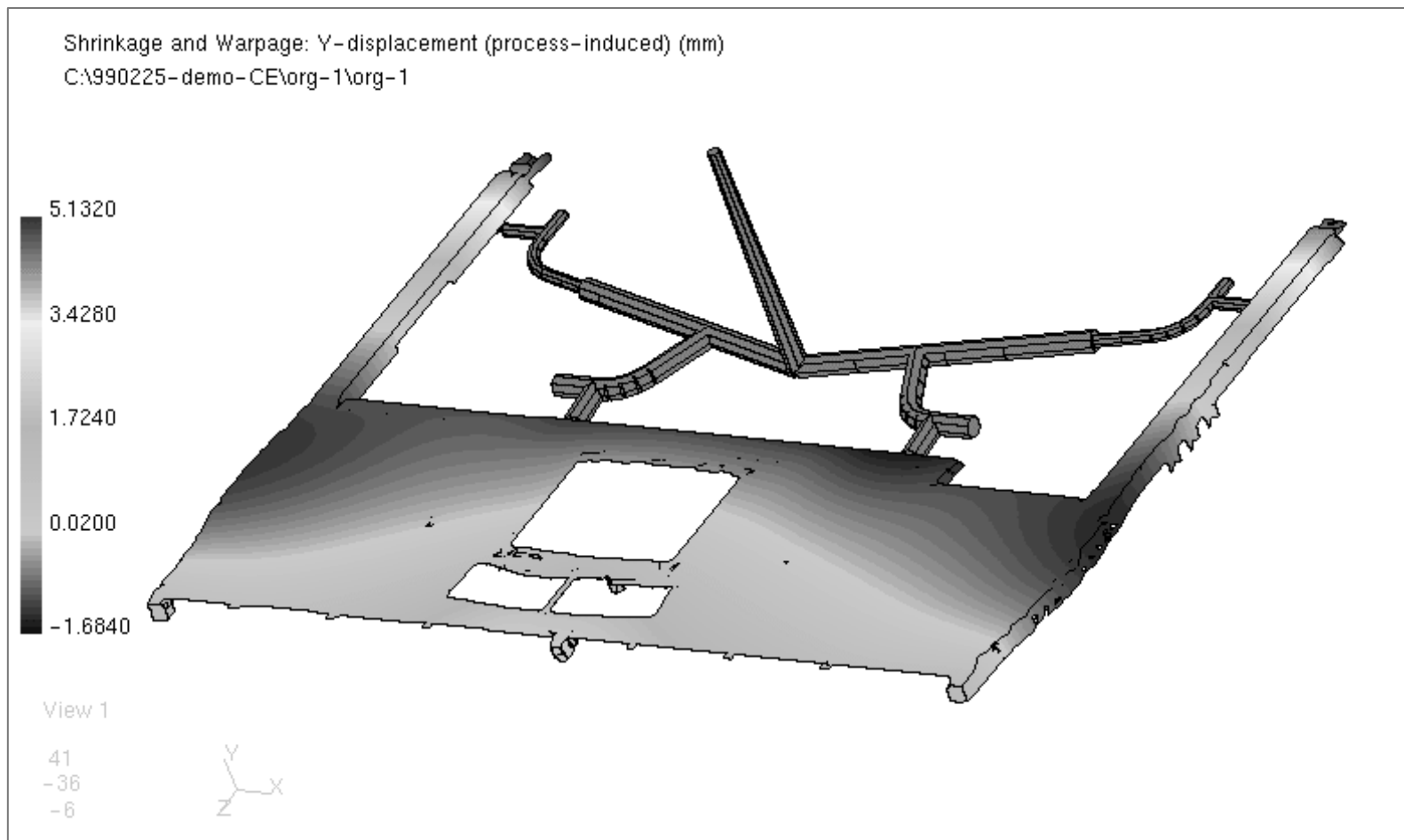
保壓時間太短，螺桿鬆退時澆口附近發生回流，殘餘應力大，容易翹曲。保壓壓力要適中，保壓時間要延長到澆口凝固(Gate Freeze)為止。

CAE 可以預測不同(保壓壓力對時間曲線；**Holding Pressure vs Time Curve**)設計可能產生的翹曲，翹曲小者是我們應該考慮的設計。

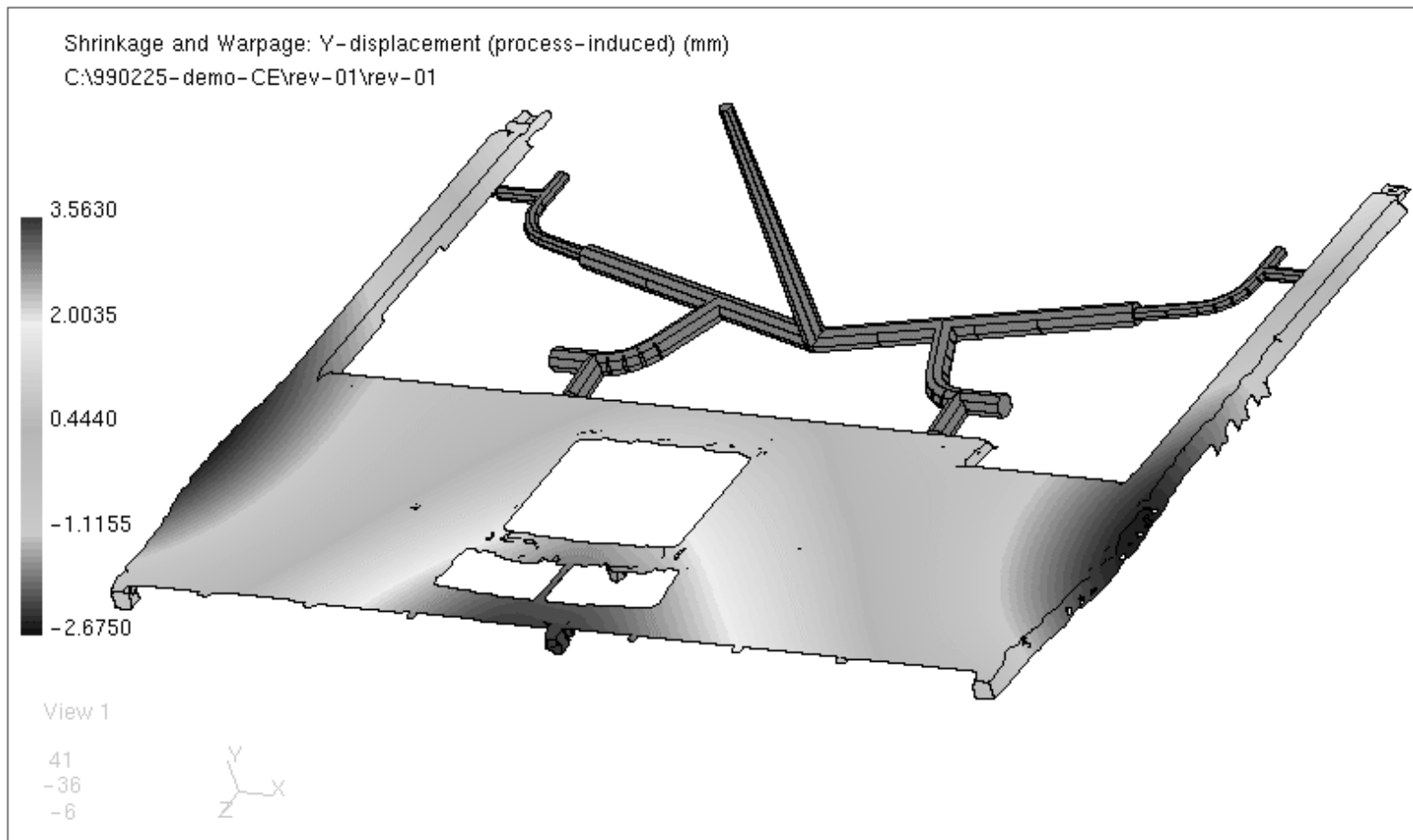
# 翹曲 *Warpage*

## 射出成型機

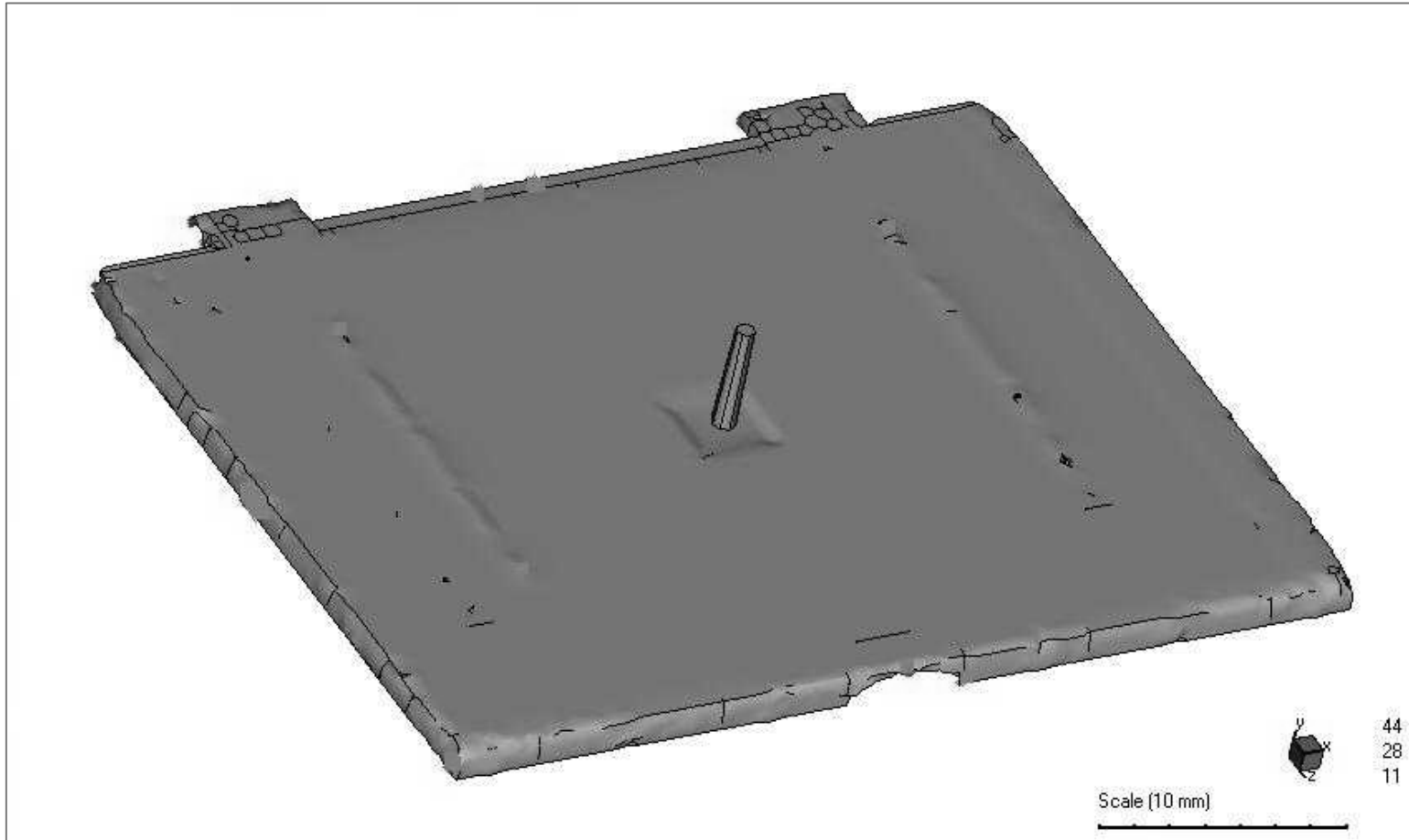
CAE 的輸出(Output)中包含了凝固層比(Frozen Layer Fraction)、剪切應力(Shear Stress)、體積收縮率(Volumetric Shrinkage)。當澆口凝固時，凝固層比變成1，剪切應力變成0，體積收縮率變成常數，這些參數和規則可以幫我們判定澆口何時凝固，以選定最適化保壓時間。



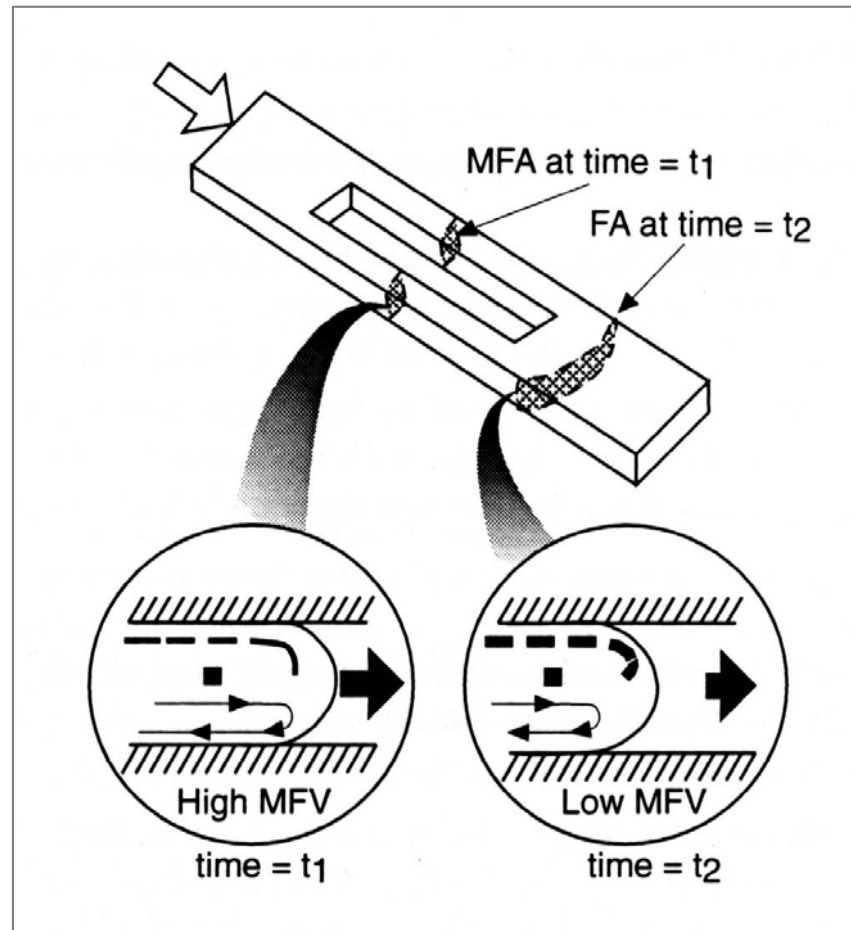
Y 軸變形量(原始設計)



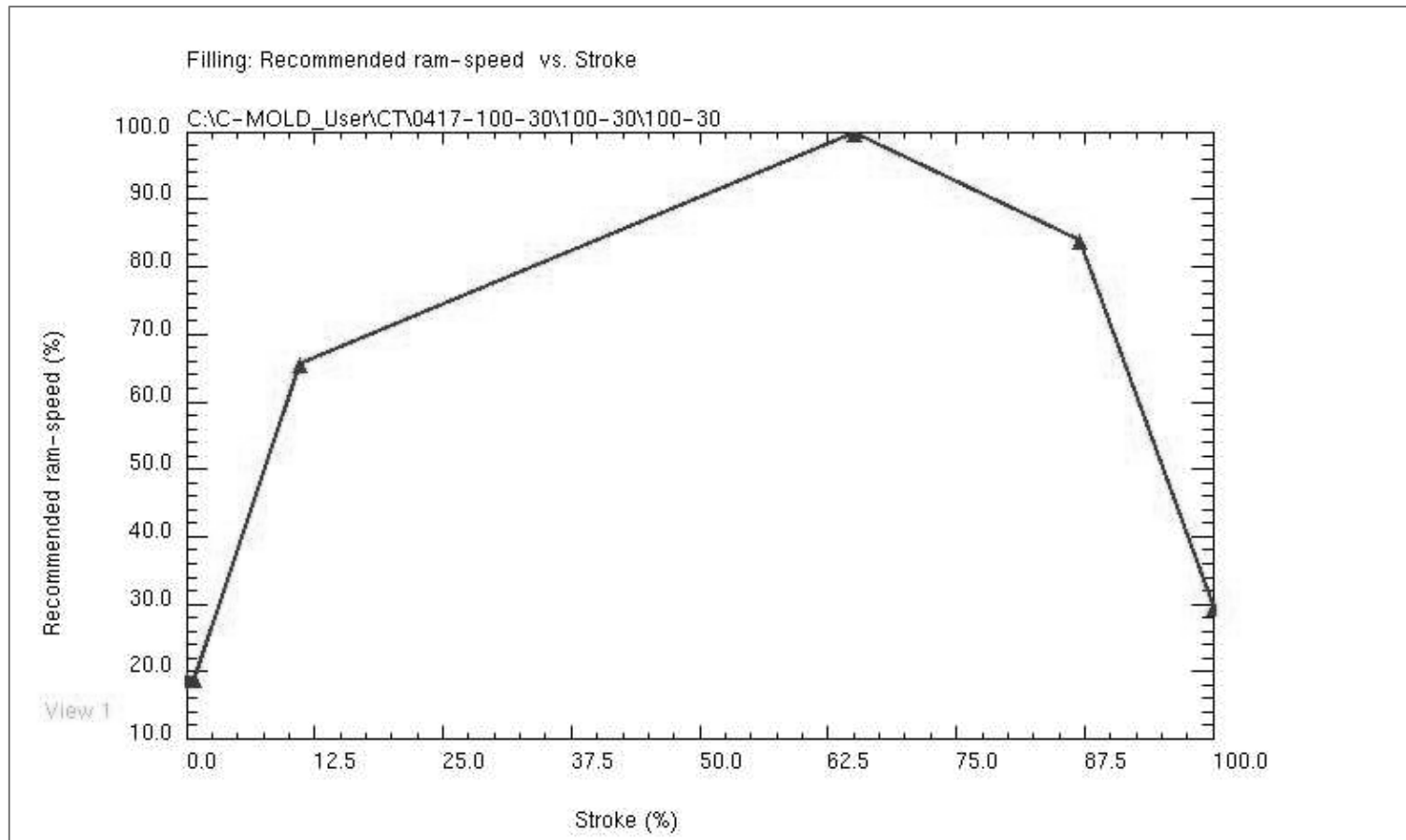
Y 軸變形量(修正設計)



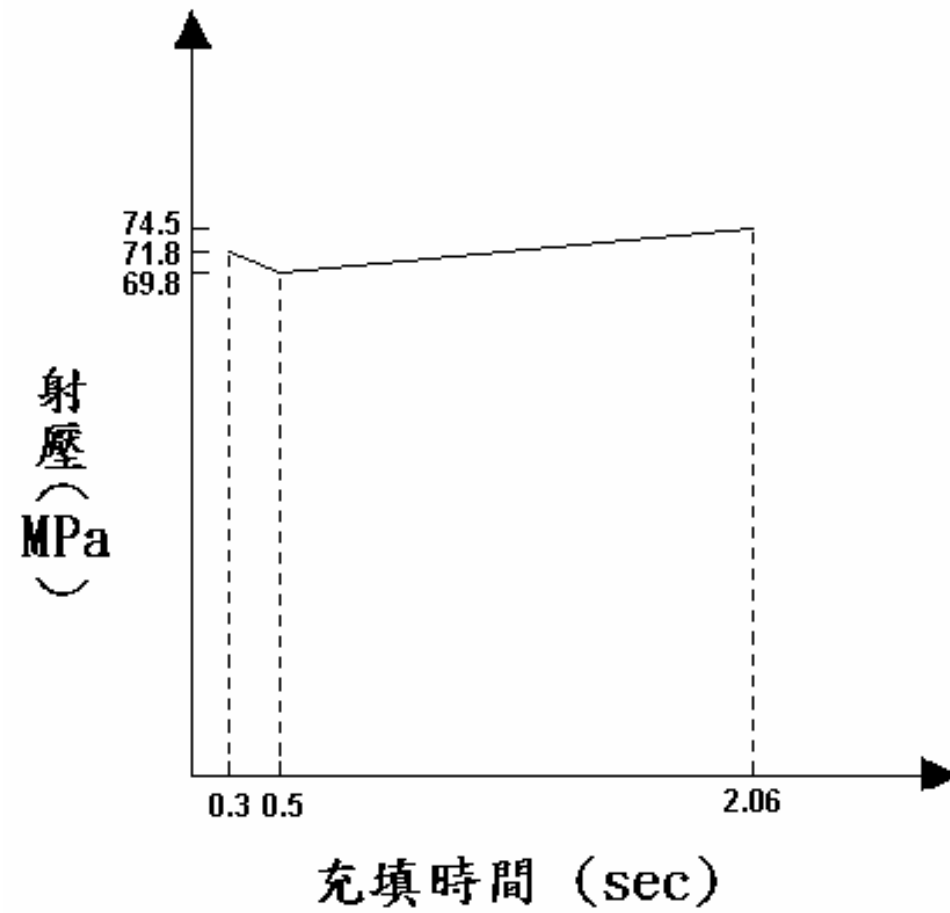
Geometric model of LCD cover, notebook



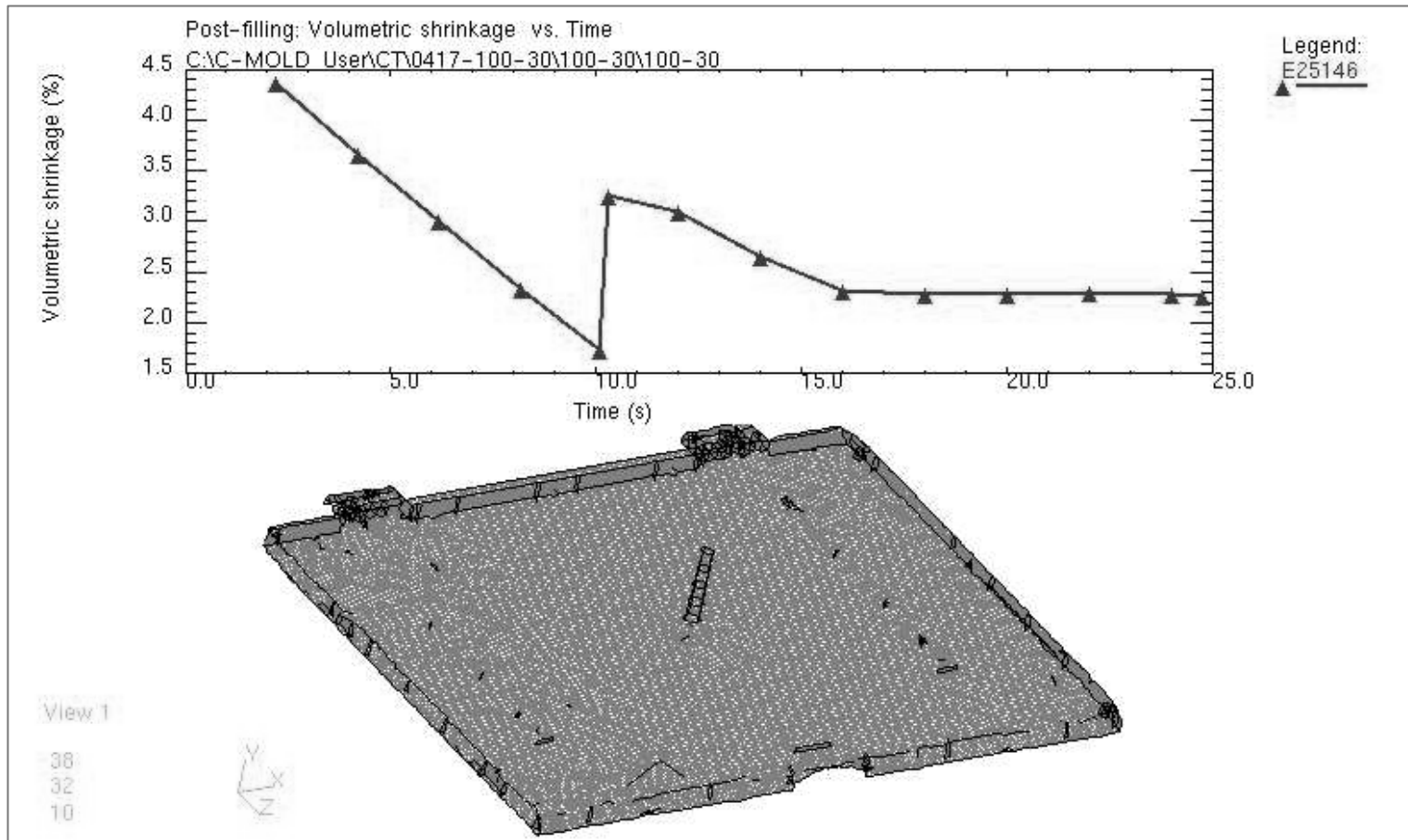
Melt front speed increases around the insert



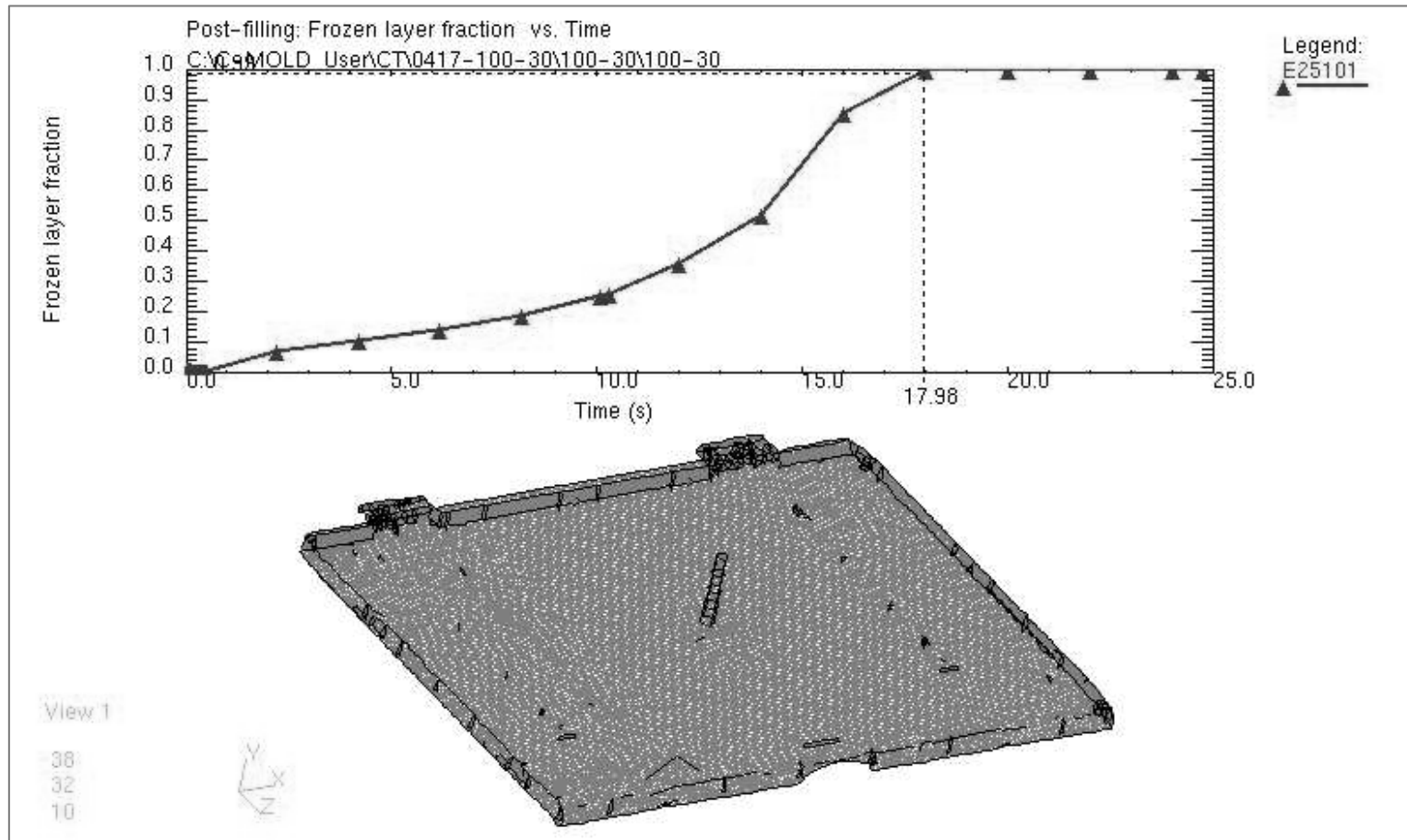
Optimized ram speed profile (LCD Cover, Notebook)



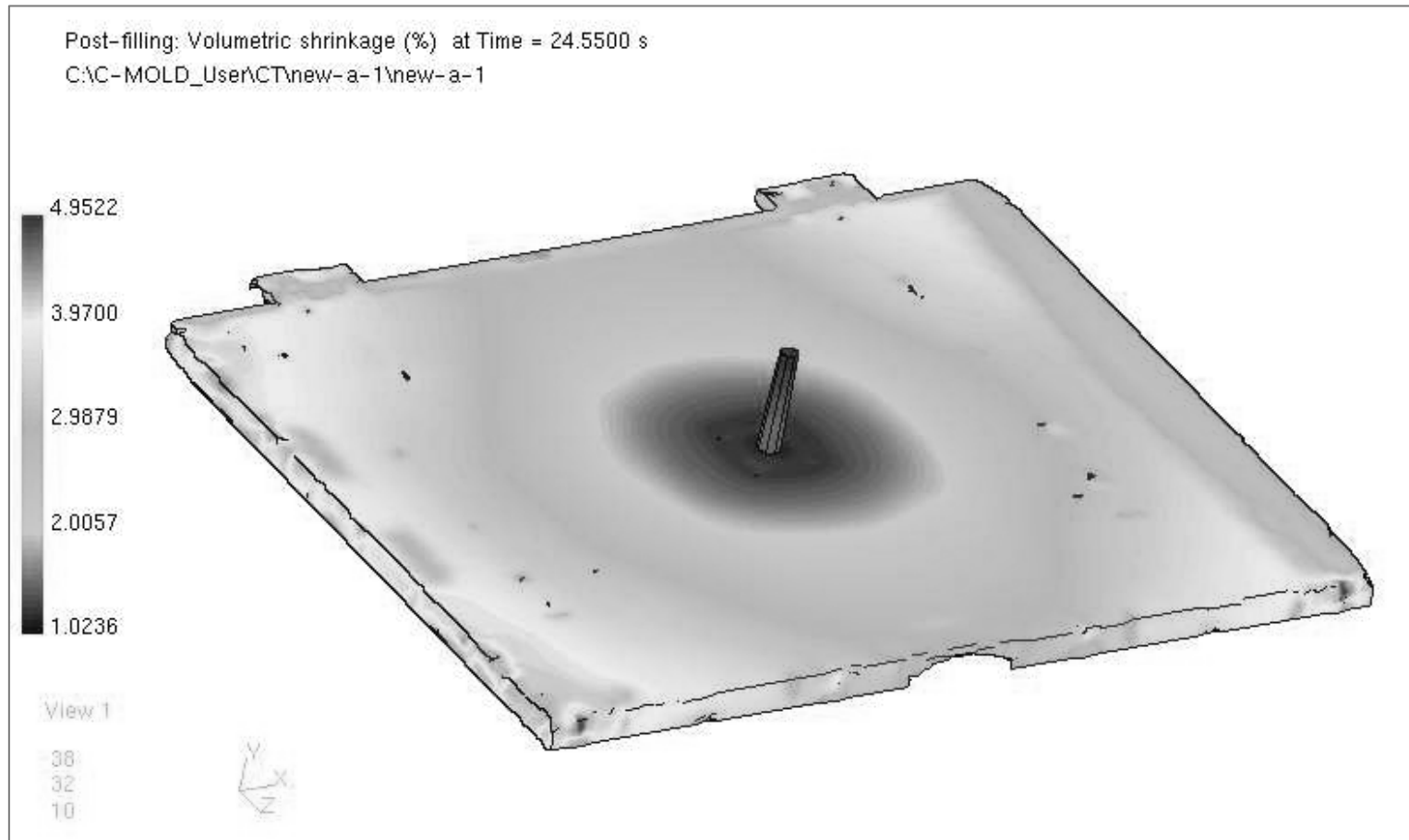
U-shape Curve (Injection pressure vs fill time)  
(LCD Cover, Notebook)



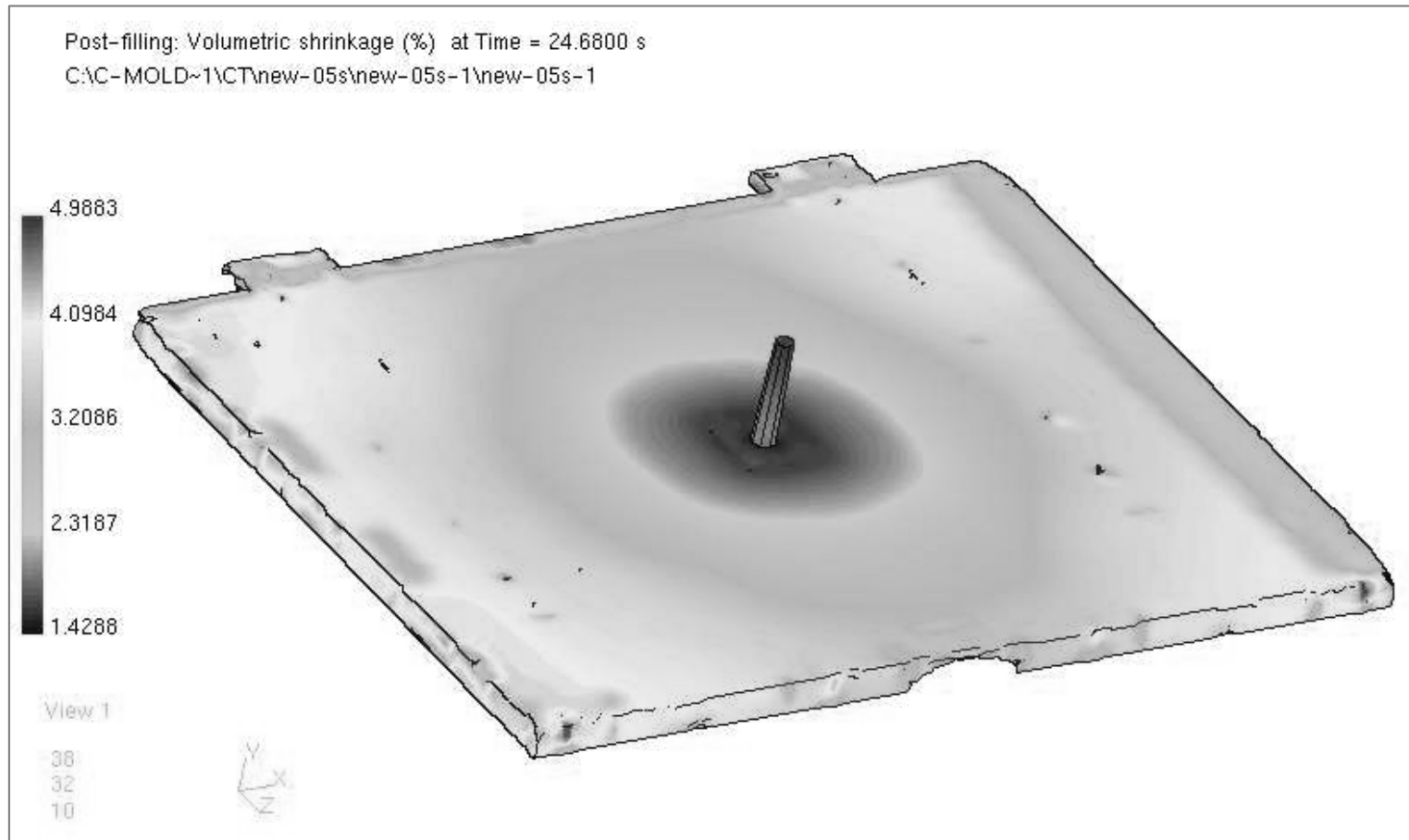
Volumetric shrinkage vs time (LCD Cover, Notebook)



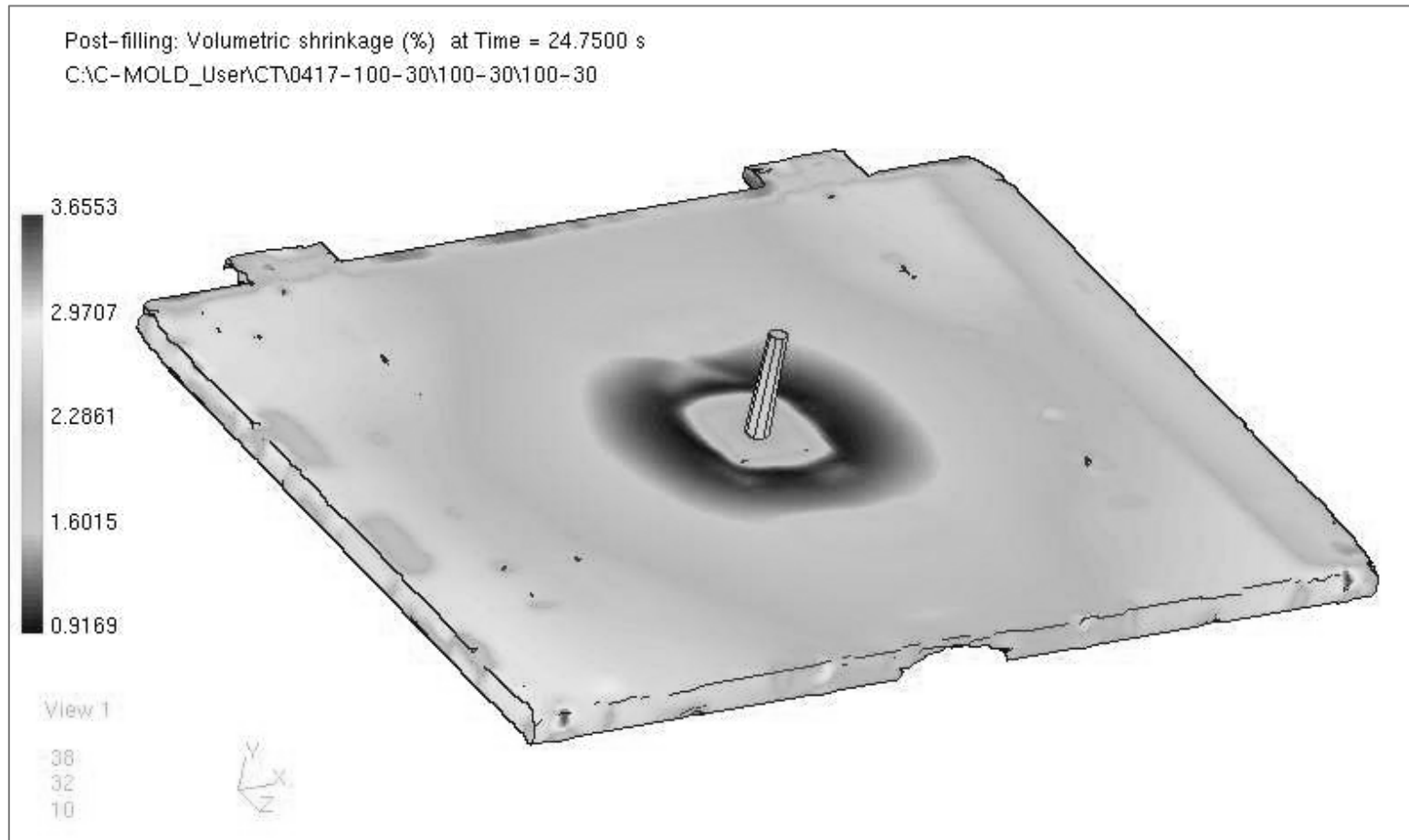
Frozen-layer fraction vs time (LCD Cover, Notebook)



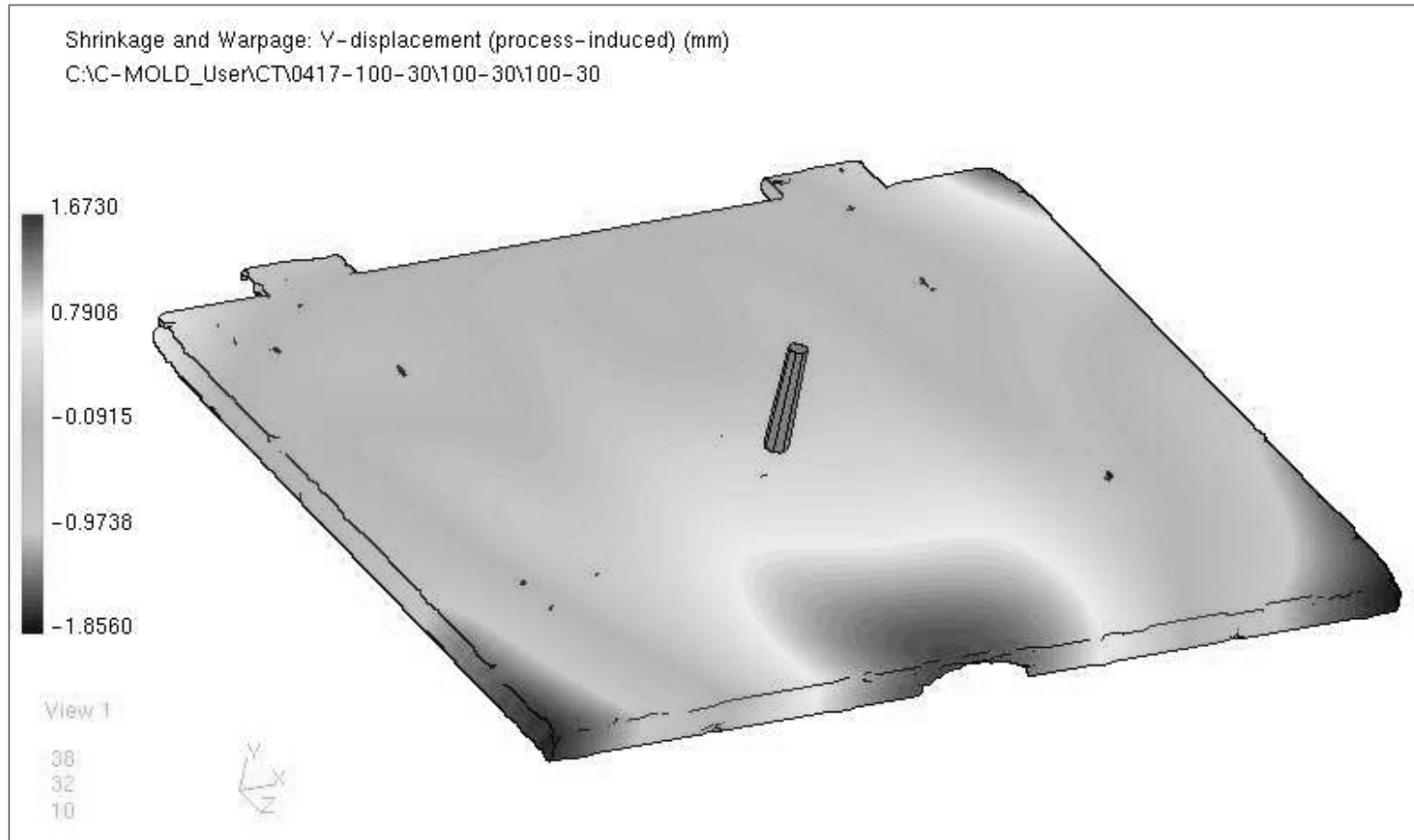
Volumetric Shrinkage [ (0%, 60%), (10%, 80%), (100%, 80%) ]



Volumetric Shrinkage [ (0%, 60%), (40%, 60%), (100%, 60%) ]



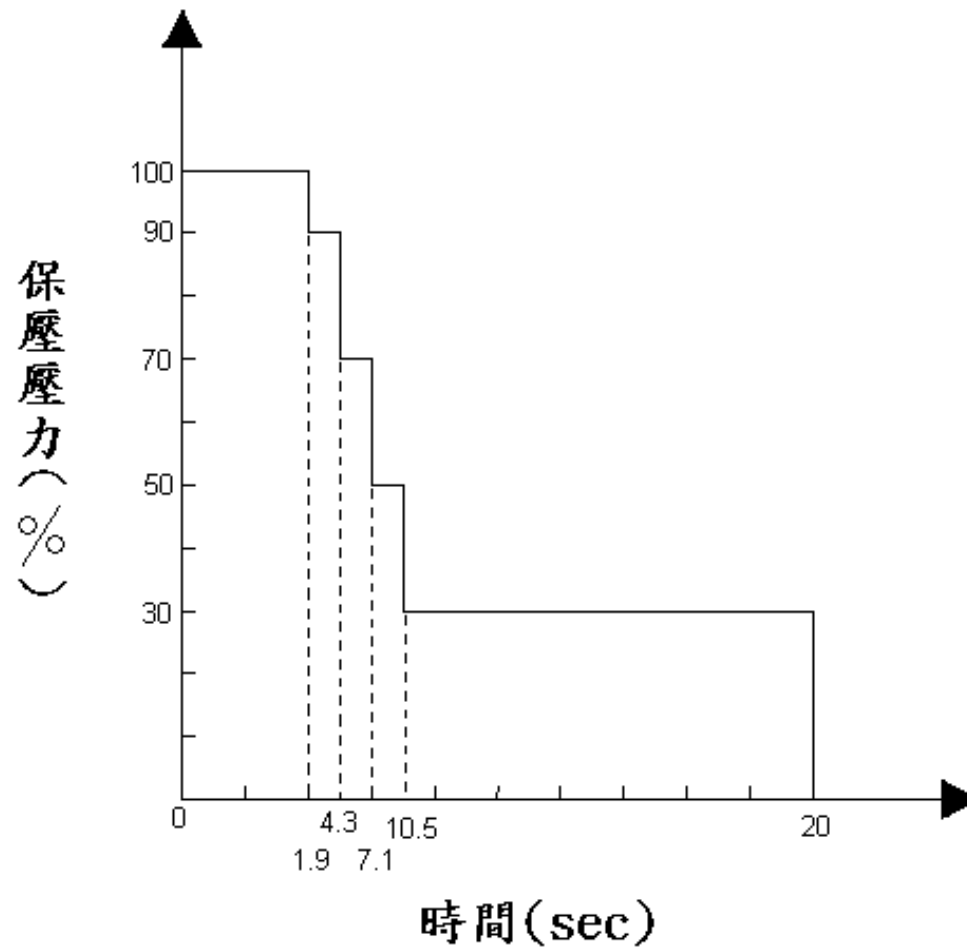
Volumetric Shrinkage [ (0%,100%), (40%,30%), (100%, 30%) ]



Y-displacement [ (0%,100%), (40%,30%), (100%, 30%) ]  
(LCD Cover, Notebook)

Holding Pressure Profile ↴	Y-displacement ↴
0 – 60 ↴ 10 – 80 ↴ 100 – 80 ↴	4.32 ↴
0 – 60 ↴ 40 – 60 ↴ 100 – 60 ↴	4.28 ↴
0 – 100 ↴ 10 – 30 ↴ 100 – 30 ↴	3.53 ↴

Holding Pressure Curve vs Y-displacement  
(LCD Cover, Notebook)



Holding Pressure vs Time  
(LCD Cover, Notebook)