

# 應用 Abaqus 於光學膠貼合製程參數討論

黃富國<sup>1</sup>

(1.鴻海精密工業股份有限公司/New PCEBG/DTSA, 台灣省)

## 摘要

本文旨在利用有限元素軟體 Abaqus 研究影響光學膠於貼合製程良率的因子，於手機或平板等手持產品的組裝製程中，光學膠常被應用於連接保護玻璃和顯示屏，而根據產品外觀顏色的不同，保護玻璃上會施加不同顏色的塗層。但於貼合完成後的熱循環測試中，出現了白色塗層的樣品產生氣泡的情形。我們透過假設 Abaqus 仿真模型參數和實際樣品比對校正，得到準確的仿真模型，後續根據仿真手法對於製程參數進行改善，得到良好的結果。

關鍵字：Abaqus；光學膠；貼合製程；超彈性；黏彈性

## ABSTRACT

In this thesis, we study the factors that can improve the OCA fitting process by using finite element software Abaqus. In cell phone and slate products, OCA would be used often to connect the cover glass and display module, and the cover glass would be coated with some color such as white, black or others according to the product exterior view. But after the fitting process, there are bubbles issue at white coating samples in the thermal cycle test. We assume some Abaqus simulation parameters and correction them by using the experiment samples and get good simulation results and improve the process parameters in the future by using simulation.

**Key words:** Abaqus；OCA；Fitting Process；Hyper-Elastic；Visco-Elastic

## 一、引言

於手機或平板等手持產品的組裝製程中，光學膠大量被應用於連接保護玻璃和顯示屏，而根據產品外觀顏色的不同，保護玻璃上會施加塗層，以此區分成可視區域和不可視區域，可見(圖一)。一般而言淺色系的顏色，如白色需要比深色系，如黑色，塗佈更多層以防止光線溢出，於實際熱循環測試中，出現了淺色系塗層的樣品產生氣泡的情形。

## 二、製程描述

### 2.1 光學膠貼合製程

於本研究中，保護玻璃和顯示屏的貼合製程可分成三大步驟：，可見(圖二)：

1. 先將光學膠(OCA)貼附在顯示屏(DITO)上，並給予一滾筒固定壓力(在室溫攝氏 25 度 C 下進行)。

2. 腔體抽真空，將第一步中已準備好之模組貼附保護玻璃(CG)上，此時環境溫度為攝氏 45 度 C。
3. 貼合完成的模組由真空腔取出，於室溫攝氏 25 度 C 下靜置 24 小時。

本文主要研究白色和黑色的塗層，為了避免漏光，淺色系的白色塗層共需要 5 層，而深色系的黑色塗層僅需 1 層，白色塗層的總厚度約為黑色塗層的 6 倍。由於資料保密性的緣故，詳細尺寸參數無法於本文中揭露，兩種塗層的尺寸示意圖可見(圖三)。

### 2.2 問題描述

光學膠黏合完畢之後，進行攝氏 85 度 C 熱循環實驗。測試完畢後於靠近塗佈層周圍的光學膠中出現了氣泡的情形，可見(圖四)。檢視樣品發現白色塗佈出現此問題的

情形遠高於黑色塗佈，而產線端藉由調整光學膠貼合製程參數發現，如將白色塗佈的加壓時間由 3 秒延長到 10 秒後，經過熱循環實驗後出現氣泡的情形可大幅下降。兩種塗裝與加壓時間的實驗參數整理如(表一)。

### 三、仿真模型建立

為了理解光學膠貼合時的受力情形，以及溫度變化對其造成的影響，我們使用有限元素分析軟體 Abaqus 加以研究，由於本製程涉及光學膠的大變形、溫度造成的熱膨脹和時間等製程參數的效應，分析計算較為複雜。

為了有效降低計算成本以及可以快速進行實際測試的比對，我們使用平面應力元素加以簡化，再者由於不可視區域的塗佈層尺寸設計與實際樣品存在一定的公差，因此我們藉由調整尺寸以及光學膠的材料參數，並與實際貼合完成的樣品做比對，調整出適合的仿真參數後，再進行後續製程參數改善的研究。

#### 3.1 幾何模型

分析模型共分成三個零件，由上而下分別為保護玻璃，光學膠和顯示屏。為了簡化問題，光學膠和顯示屏使用共用節點的方式連接，而保護玻璃與光學膠使用接觸描述其交互作用，可見(圖五)。

保護玻璃處設有塗佈層的台階，黑色塗裝為一層台階，而白色塗裝為五層台階。於光學膠貼合製程中，光學膠受到外力壓迫使其變形，變形後擠入不可視區域的塗層之中，由實際樣品上觀察可得知在貼合完畢後，光學膠與塗裝層之間不存在任何的空隙，因此藉由模型參數的調整，我們將塗佈層處的台階處調整為帶有 60 度的導入角，而非完美的 90 度，同時在上下邊角處給予一小圓角使膠體可以完全貼附，可見(圖六)。

#### 3.2 網格模型

為了使膠體可以完全擠入並且貼附在塗佈層上，於接近塗佈層台階處的網格必須進行局部加密，可見(圖七)。網格類型都是採用平面應力元素 CPS4R。

#### 3.3 材料模型

保護玻璃與顯示屏都使用玻璃材料參數，其為線彈性(Linear Elastic)材料模型，而光學膠的材料參數使用了超彈性材料模型(Hyper-Elastic)，值得注意的是由於光學膠本體的材料參數難以直接使用一般的測試方法取得，因此於本研究中我們對於其進行了假設，根據三組不同的參數進行測試，並與實際樣品比對，最終得到可行的數值，可見(圖八)

此外由於在貼合製程中時間的效應也為考量之一，因此於光學膠的材料參數中使用了黏彈性材料模型(Visco-Elastic)，材料參數的調整也是根據實際比對得出。具體的材料參數可見(圖九)

#### 3.4 黏膠貼合行為描述

由於本文專注在光學膠貼合製程的參數討論，而非光學膠受到外力後產生的脫膠行為，因此於我們假設光學膠在受到保護玻璃擠壓後，光學膠會完美的黏附在保護玻璃上而不脫開，而於 Abaqus 中我們使用接觸行為的定義來達成，將接觸的法向量行為設定成接觸不分離，切線方向設定為粗糙(Rough)，可見(圖十)。

#### 3.5 分析設定

為了完整的體現貼合製程，我們一共使用了四個分析步，分別針對使用的分析步種類和細項說明如下：

1. Static, General，於環境溫度攝氏 25 度 C 下，於保護玻璃上方給予一平均分布的壓力 0.4MPa，此時保護玻璃將擠壓光學膠使其壓入塗佈層的台階之中。

2. Static, General，環境溫度由攝氏 25 度 C 提升至攝氏 45 度 C，此時由於熱膨脹係數的不同，光學膠體的受力情形將會變化。

3. Visco，環境溫度維持攝氏 45 度，保護玻璃上的壓力維持 0.4MPa，分別對於黑色和白色塗佈層進行 3 秒和 10 秒的分析。

4. Static, General，環境溫度由攝氏 45 度 C 下降至攝氏 25 度 C，同時釋放保護玻璃上的壓力。

### 四、實驗比對與模型參數校正

如先前所說明，由於光學膠本體的材料

參數難以取得或是取得成本過高，因此我們利用調整仿真模型並與實驗樣品比對，得到可以接受的模型參數。

#### 4.1 光學膠擠入現象

由實際樣品可知在貼合完畢後，光學膠可以完美的填入塗佈層的台階之中，而經過調整後的仿真模型同樣可以達到這樣的情形，無論是黑色塗裝的單層台階，或是白色塗裝的五層台階，可見(圖十一)。值得注意的是必須使光學膠完美填入的現象完成後，才能進行後續的受力判斷因子討論，否則仿真模型將不具備代表性。

#### 4.2 光學膠受力判斷因子討論

我們嘗試了三種因子嘗試了解光學膠於貼合製程完畢後的受力情況，分別為法向力應力分布、切線方向應力分布以及最大主應力分布，分別可見(圖十二)、(圖十三)和(圖十四)，根據黑色塗佈、白色塗佈以及加壓時間 3 秒與 10 秒的不同，進行觀察和討論。而為了更清楚的看出於光學膠與保護玻璃於塗佈層台階處的應力變化趨勢，我們將應力沿貼合的路徑做圖，可見(圖十五)，三種應力的結果分別可見(圖十六)、(圖十七)和(圖十八)。

由結果觀察與實際測試比對可得知，觀察光學膠與保護玻璃與塗佈層台階的接觸區域上的最大主應力最具代表性，而在實測中，黑色塗裝於加壓時間 3 秒的情形下，仍可以通過後續熱循環測試，因此後續可使用其最大主應力數值作為容許的上限值。

### 五、製程參數優化

透過先前的校正使仿真模型的參數具備足夠代表性後，後續可針對製程參數進行調整，嘗試找出最佳的參數。以黑色塗裝於加壓時間 3 秒的最大主應力值作為容許的上限值

#### 5.1 加壓時間

加壓時間越長，光學膠黏合的程度越佳，但製程時間上升將帶來效率的低落，因此可利用仿真模型找出白色塗裝於加載壓力為 0.4Mpa 下的最佳加壓時間。經仿真研究發現此加壓時間為 6 秒，可見(圖十九)。

#### 5.2 加壓壓力

加壓時間直接影響了製程時間，另一

種增加黏合良率的方式為增大加壓壓力，我們於固定加壓時間為 4 秒的情形下，透過增加壓力了解白色塗裝的最佳加壓壓力值，經仿真測試得出其為 0.6MPa，可見(圖二十)。

#### 5.3 不同的塗佈層

塗佈方式的不同會影響尺寸的大小和精度，同樣我們也可利用仿真模型評估其造成的影響和尋求對策，可見(圖二十一)。以此種塗佈而言，其餘加壓壓力為 0.4Mpa 時，最佳的加壓時間為為 6 秒。

### 六、結論與未來展望

仿真方法可以有效地評估各種參數對於模型造成的影響，但前提為仿真模型必須具備足夠的代表性，意即先前的校正比需足夠。而在一般情形之下，有許多模型參數難以取得或是資源不足，此時有效的做法為適當的簡化問題並且輔以現有的實驗資料，大膽的假設並小心求證和理解模型參數對於分析結果造成的影響，同時根據物理觀念和現實情形判斷參數的合理性。

於本文中介紹了光學膠貼合製程時遭遇的問題和假設方式，透過校正和比對最終得到不錯的仿真結果，並將其應用在後續製程改善中。

### 七、表

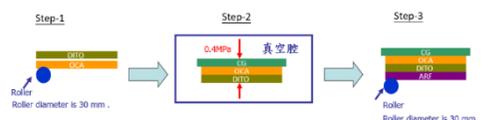
加載時間(秒)	黑色塗佈	白色塗佈
3	Pass	NG
10	Pass	Pass

(表一)

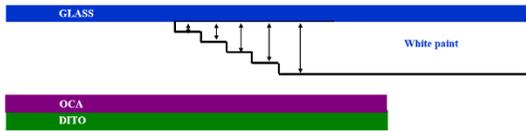
### 八、圖片



(圖一)



(圖二)



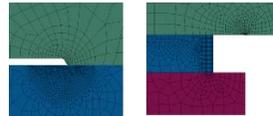
(圖三)

White paint



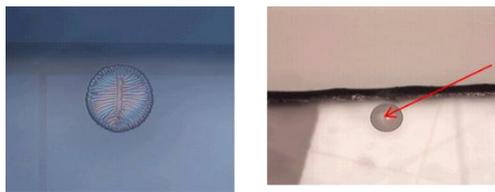
Using fine mesh at corners which have large deformation

Black paint

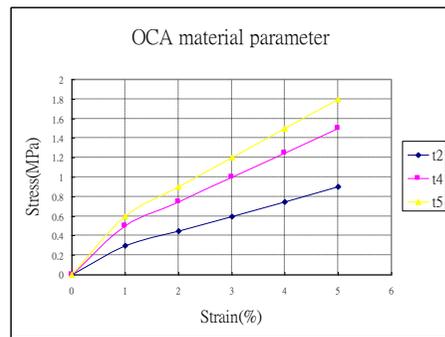


Using fine mesh at corners which have large deformation

(圖七)



(圖四)

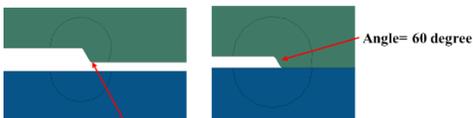


(圖八)



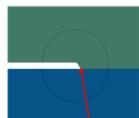
(圖五)

White paint



Add 0.002mm round at corners

Black paint

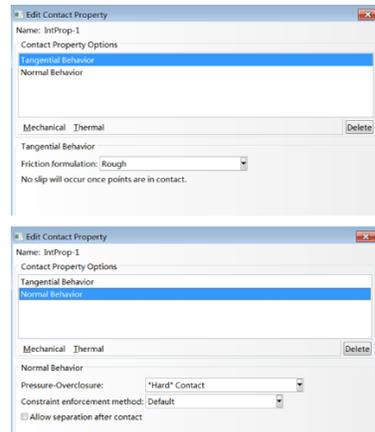


Add 0.002mm round at corners

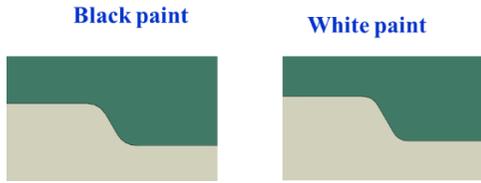
(圖六)

Material Type	Name	Young's Module (MPa)	Poisson's Ratio	Density (Ton/mm <sup>3</sup> )	CTE
Glass	Elastic material	72221.6	0.23	2.5e-9	9e-6
DITO	Elastic material	73673.1	0.23	2.38e-9	8.7e-6
OCA	Hyperelastic material Viscoelastic material			1.2e-9	3e-6

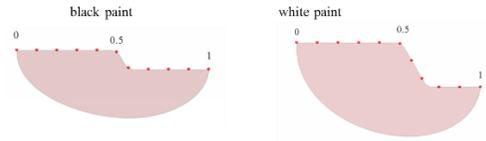
(圖九)



(圖十)

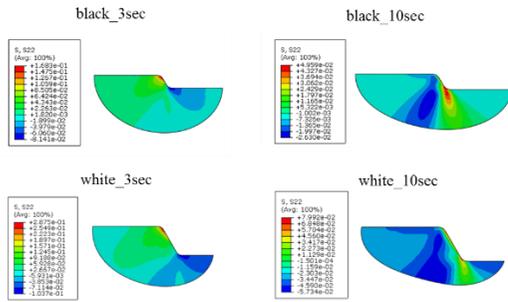


(圖十一)

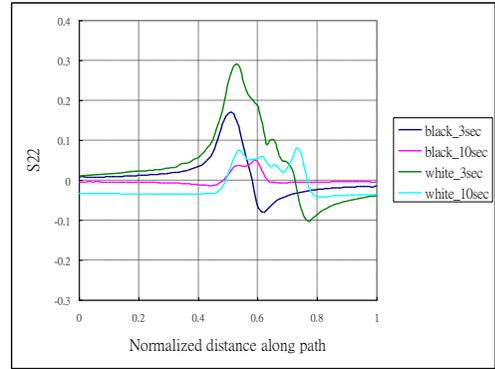


(圖十五)

The normal stress at first stair

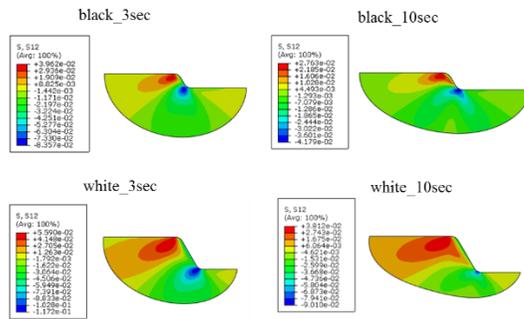


(圖十二)

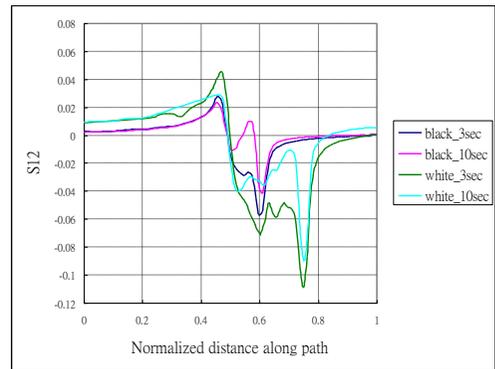


(圖十六)

The shear stress at first stair

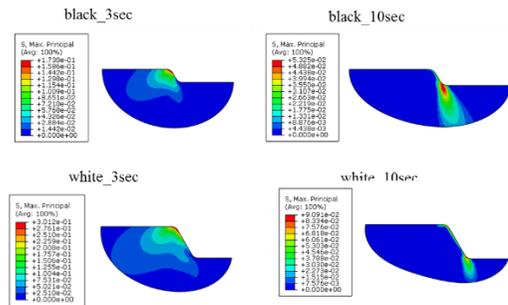


(圖十三)

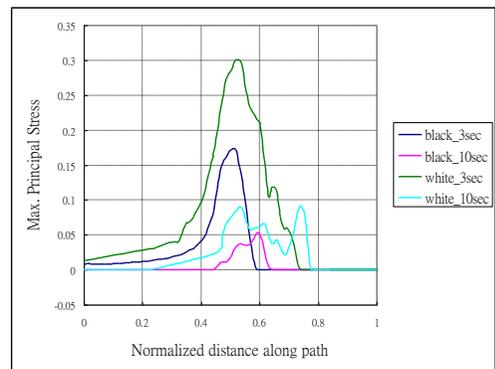


(圖十七)

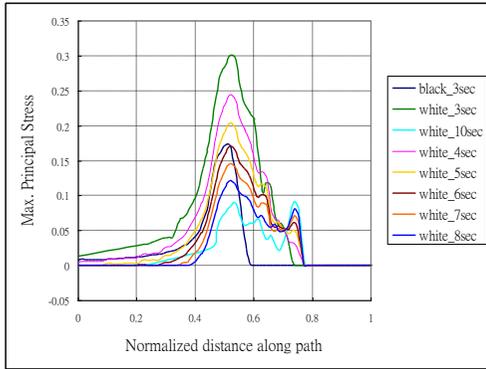
The max. principal stress at first stair



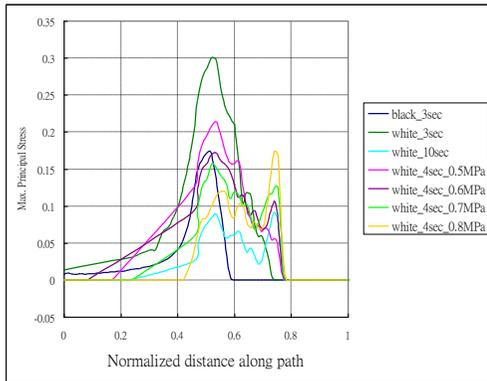
(圖十四)



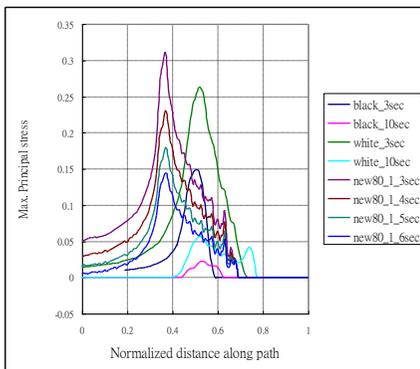
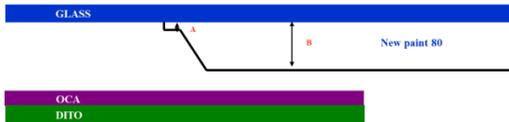
(圖十八)



(圖十九)



(圖二十)



(圖二十一)