

TFT LCD 框膠製程參數

田口法分析研究

Presenter 張志吉

Dept. Mechanical Engineering

Yuan Ze University

2012/09/28



研究背景與目的

➤ 產品的開發 → 量產

- 材料選用
- 製程條件、參數
- 加工流程、方法

逐一搭配實驗 → 低效率、高成本、不易掌握關鍵條件

➤ 縮短試驗過程、次數、時間，降低產品開發成本????



研究背景與目的

➤ 田口式品質工程：1950，田口玄一(Taguchi Genichi)博士提出

特點：以較少實驗組合便能找出最佳化趨勢
不需全因子實驗

➤ 目標

田口法 → 框膠製程參數最佳化 → 期望的框膠強度
縮短試驗過程
降低產品開發成本



研究背景與目的

➤ TFT LCD

薄膜電晶體液晶顯示器 (Thin Film Transistor Liquid Crystal Display)

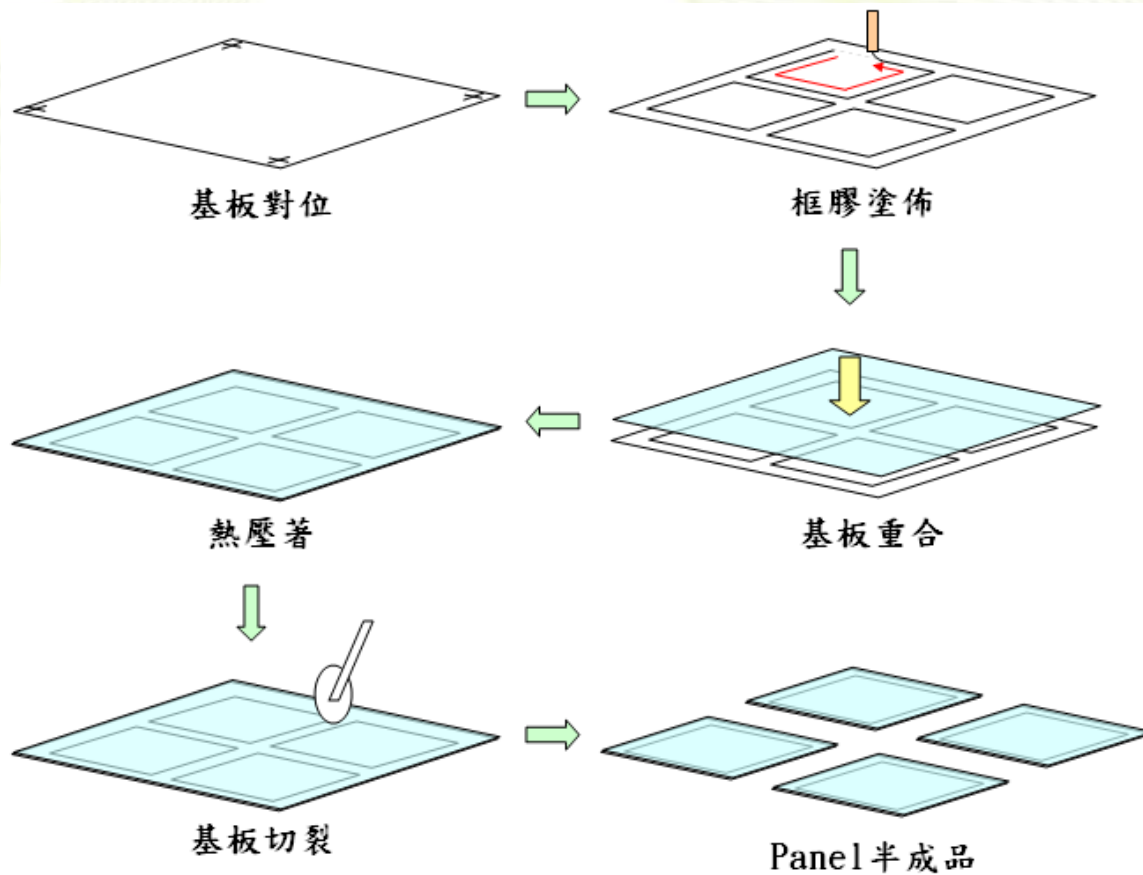
- TFT LCD製程包含：
 - (1) Array製程→TFT基板
 - (2) Cell製程→結合TFT與CF、填充液晶...
 - (3) Module製程→結合Cell、背光模組、IC、PWB

(Cell製程中框膠塗佈製程，藉由框膠硬化將TFT與CF結合)



研究背景與目的

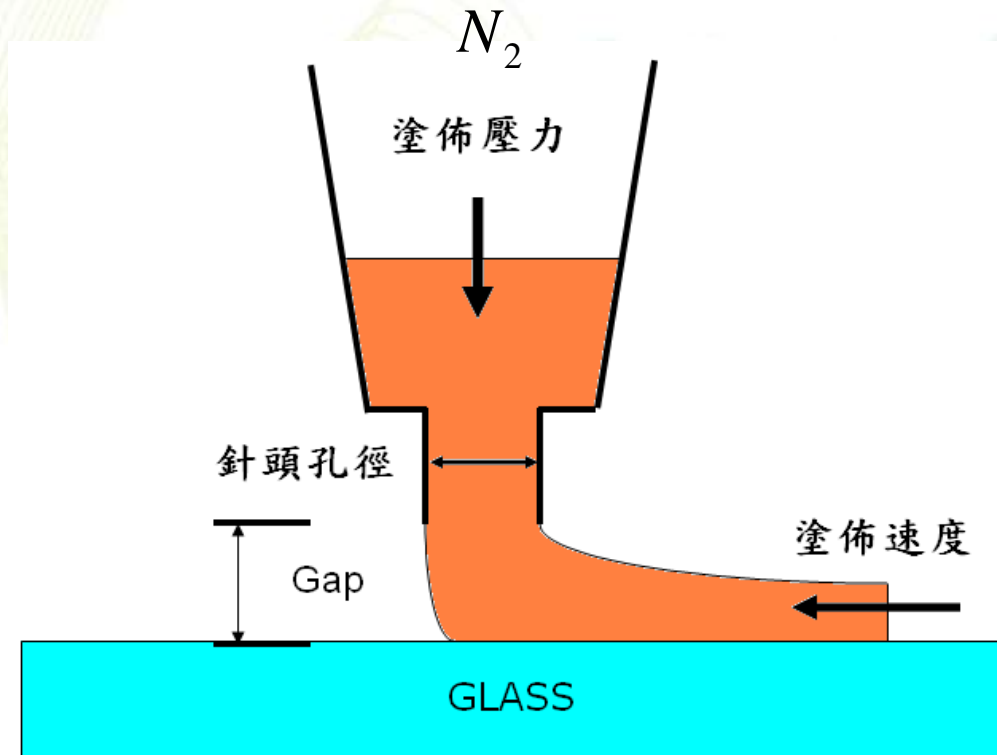
► 框膠塗佈工程



研究背景與目的

➤ 框膠塗佈工程參數

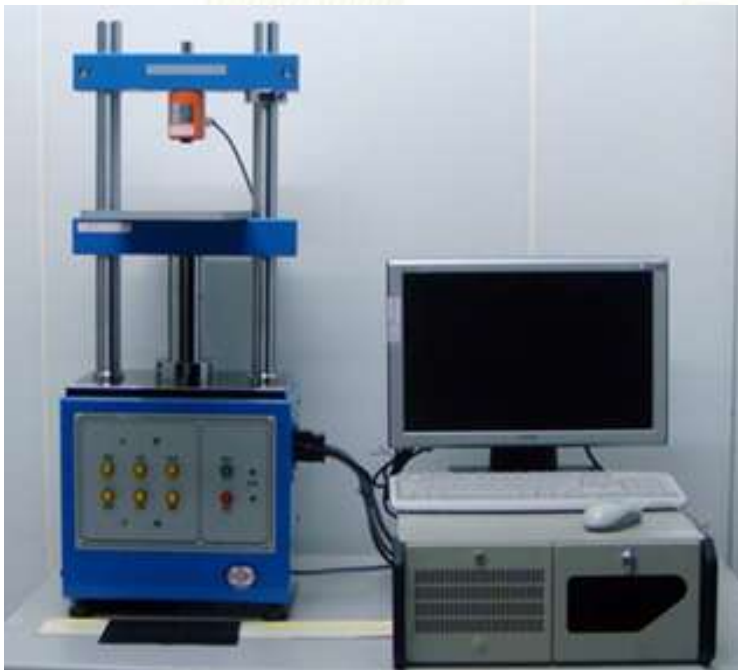
- 塗佈設備參數：塗佈壓力、針頭孔徑、塗佈速度、針頭與基板間隙
- 塗佈製程參數：UV照設時間、預烤溫度及時間、熱壓著溫度及時間



框膠強度測試

► 測試設備與條件

- 順溼公司，伺服系統全自動插拔力試驗機，1220HS
- 測試條件，常溫、下壓速度37.5 mm/min，荷重元20kg

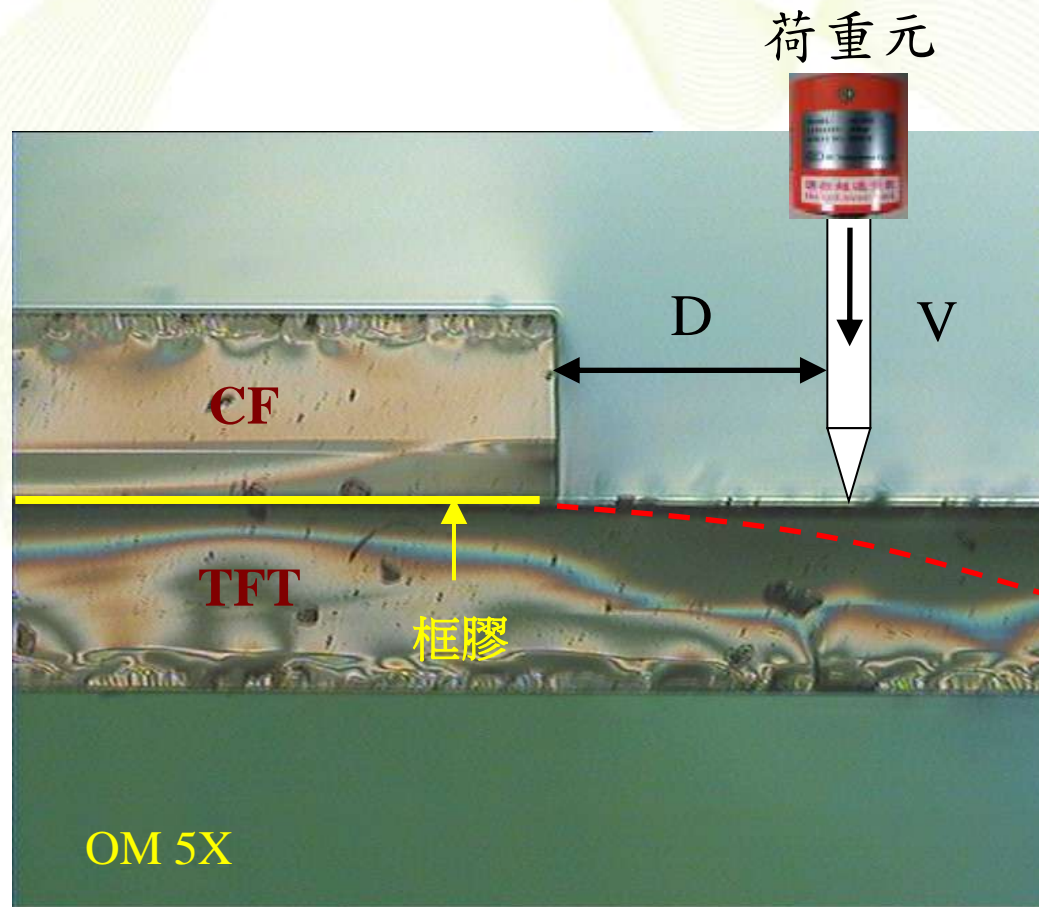


設備規格			
型號	1220S(一般型)	1220HS(高精度型)	1220WS(加寬型)
最小顯示行程	0.01mm	0.001mm	0.01mm
機台兩柱內距	200mm	200mm	400mm
測試荷重種類	2kgf、5kgf、20kgf、50kgf、200kgf、500kgf		
最小顯示荷重	0.1gf、1gf、10gf、10gf、10gf、100gf		
荷重精度	0.2%FS		
最大測試行程	150mm		
測試速度範圍	1-200mm/min、1-300mm/min(Option)、1-600mm/min(Option)		
傳動機構	滾珠螺桿		
驅動馬達	伺服馬達		
外觀尺寸	360 (W)×260 (D)×1040 (H)mm 560 (W)×360 (D)×1340 (H)mm		
機台重量	70kg		100kg
使用電源	AC 100V or 200V		

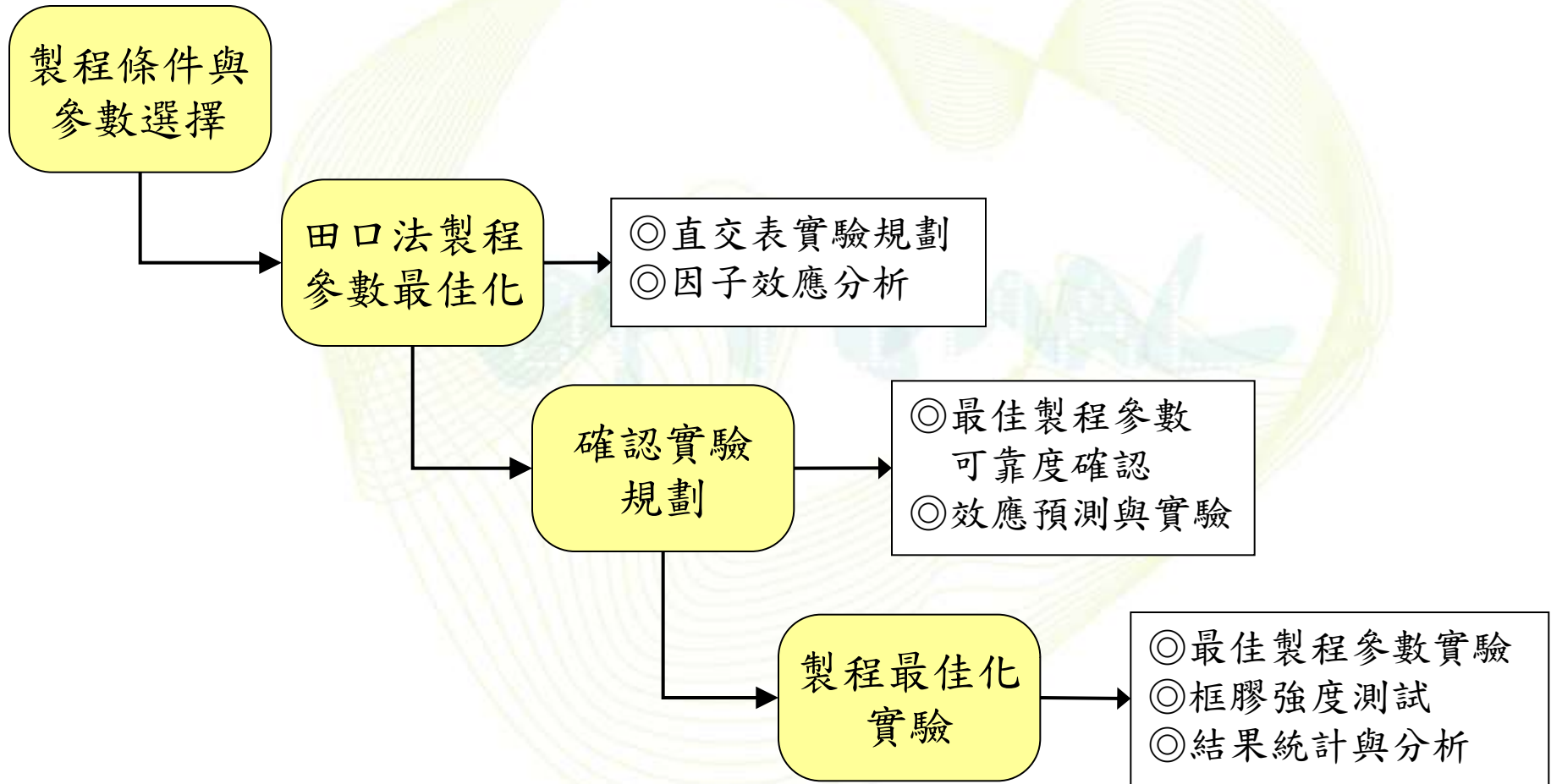


框膠強度測試

➤ 框膠強度測試原理



研究流程



研究方法

➤ 田口法製程參數最佳化分析

- 選定框膠強度為分析品質特性
- 依據產品的需求，決定框膠強度的目標值為25N
- 列出影響框膠強度的主要因子
塗佈壓力、針頭孔徑、針頭與基板間隙、塗佈速度
UV照射時間、預烤溫度、熱壓著溫度及時間等8個因子
- 決定每個因子有3個變動水準



研究方法

因子與水準對照表

因子	製程參數	Level1	Level2	Level3
A	塗佈壓力(Mpa)	-0.05	原設計值	+0.05
B	針頭孔徑(mm)	-0.05		+0.05
C	塗佈Gap(mm)	-0.005		+0.005
D	預烤溫度(°C)	-5		+5
E	塗佈速度(mm/sec)	-10		+10
F	UV照射時間(sec)	-10		+10
G	熱壓著溫度(°C)	-5		+5
H	熱壓著時間(sec)	-10		+10



研究方法

設計實驗直交表 (L_{18} 直交表、8因子*3水準)

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	2	2	2	2	2	2
3	1	1	3	3	3	3	3	3
4	1	2	1	1	2	2	3	3
5	1	2	2	2	3	3	1	1
6	1	2	3	3	1	1	2	2
7	1	3	1	2	1	3	2	3
8	1	3	2	3	2	1	3	1
9	1	3	3	1	3	2	1	2
10	2	1	1	3	3	2	2	1
11	2	1	2	1	1	3	3	2
12	2	1	3	2	2	1	1	3
13	2	2	1	2	3	1	3	2
14	2	2	2	3	1	2	1	3
15	2	2	3	1	2	3	2	1
16	2	3	1	3	2	3	1	2
17	2	3	2	1	3	1	2	3
18	2	3	3	2	1	2	3	1



研究方法

➤ 實驗規畫

依直交表規劃18組實驗，每組實驗量測10pcs框膠強度，由公式(1)~(3)計算：

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n} \dots\dots\dots(1)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n}} \dots\dots\dots(2)$$

$$S/N = -10\log\left(\frac{S^2}{\bar{y}^2}\right) \dots\dots\dots(3)$$



研究方法

► 效應分析

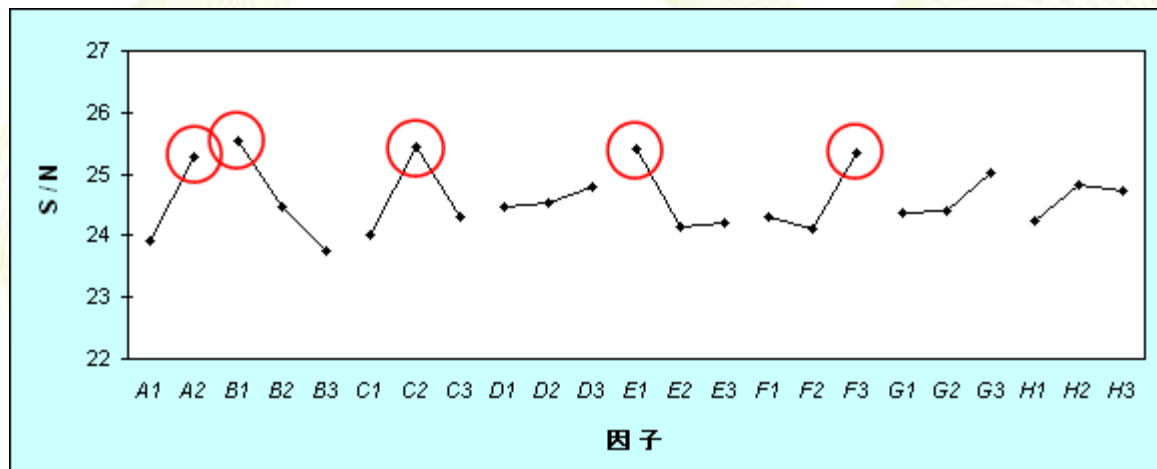
• 各因子水準變動對S/N比的影響分析

L18	A	B	C	D	E	F	G	H	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	\bar{y}	S	SN
1	1	1	1	1	1	1	1	1	23.1	23.9	26.1	26.8	23.5	26.5	23.2	24.0	25.7	26.4	24.92	1.505	24.4
2	1	1	2	2	2	2	2	2	23.5	25.5	22.5	23.5	22.5	26.0	24.4	22.8	23.0	25.5	23.83	1.335	25.0
3	1	1	3	3	3	3	3	3	22.4	24.8	25.0	23.3	23.0	22.8	25.4	25.6	23.5	23.0	23.69	1.191	26.0
4	1	2	1	1	2	2	3	3	25.6	22.1	25.8	24.5	21.5	23.2	21.0	26.5	23.5	25.8	23.95	1.979	21.7
5	1	2	2	2	3	3	1	1	21.5	25.7	23.9	22.4	24.4	24.5	25.6	26.5	24.6	22.2	24.13	1.645	23.3
6	1	2	3	3	1	1	2	2	25.7	21.5	24.9	22.6	26.1	25.5	22.9	22.1	22.9	24.1	23.84	1.644	23.2
7	1	3	1	2	1	3	2	3	24.3	21.4	24.1	26.1	23.0	23.7	24.5	22.8	22.5	25.2	23.76	1.381	24.7
8	1	3	2	3	2	1	3	1	23.0	25.1	21.5	25.1	26.2	22.8	24.5	23.0	22.4	23.3	23.69	1.464	24.2
9	1	3	3	1	3	2	1	2	27.1	23.3	25.6	22.3	27.0	24.4	22.5	26.9	25.8	24.1	24.90	1.841	22.6
10	2	1	1	3	3	2	2	1	25.5	22.4	22.5	25.1	22.5	24.7	24.6	24.4	22.5	26.5	24.07	1.490	24.2
11	2	1	2	1	1	3	3	2	24.8	25.1	23.4	26.0	23.0	24.9	24.7	25.4	24.8	24.8	24.69	0.881	28.9
12	2	1	3	2	2	1	1	3	23.7	22.0	25.2	23.0	26.0	23.0	23.3	26.0	24.8	23.2	24.02	1.386	24.8
13	2	2	1	2	3	1	3	2	22.9	22.4	22.2	25.8	22.5	22.4	24.6	24.2	22.4	24.1	23.35	1.239	25.5
14	2	2	2	3	1	2	1	3	23.1	23.5	23.8	26.1	25.8	24.2	23.5	23.8	24.0	25.1	24.29	1.025	27.5
15	2	2	3	1	2	3	2	1	24.2	23.5	24.3	25.1	22.3	26.4	24.3	26.7	25.2	24.3	24.63	1.299	25.6
16	2	3	1	3	2	3	1	2	24.2	26.1	26.4	25.2	21.3	24.9	25.1	22.6	25.1	23.1	24.40	1.610	23.6
17	2	3	2	1	3	1	2	3	22.6	24.4	23.0	27.3	25.2	23.0	23.7	25.8	22.8	22.9	24.07	1.577	23.7
18	2	3	3	2	1	2	3	1	24.1	22.8	20.7	25.4	25.0	23.9	23.4	24.2	22.9	26.2	23.86	1.548	23.8
Level 1	23.9	25.5	24.0	24.5	25.4	24.3	24.4	24.2												AVE	24.6
Level 2	25.3	24.5	25.4	24.5	24.1	24.1	24.4	24.8													
Level 3		23.8	24.3	24.8	24.2	25.4	25.0	24.7													
E^{+2}	1.4	-1.1	1.4	0.0	-1.3	-0.2	0.0	0.6													
E^{-2}		-0.7	-1.1	0.3	0.1	1.2	0.6	-0.1													
Range	1.4	1.8	1.4	0.3	1.3	1.2	0.6	0.6													
Rank	3	1	2	8	4	5	6	7													
重要性	Y	Y	Y	N	Y	Y	N	N													

各因子水準變動S/N平均變動量

研究方法

S/N比因子效應圖



影響最大的因子為A、B、C、E、F(塗佈壓力、針頭孔徑、塗佈Gap、塗佈速度、UV照射時間)

決定降低變因的控制因子水準為A2、B1、C2、E1、F3



研究方法

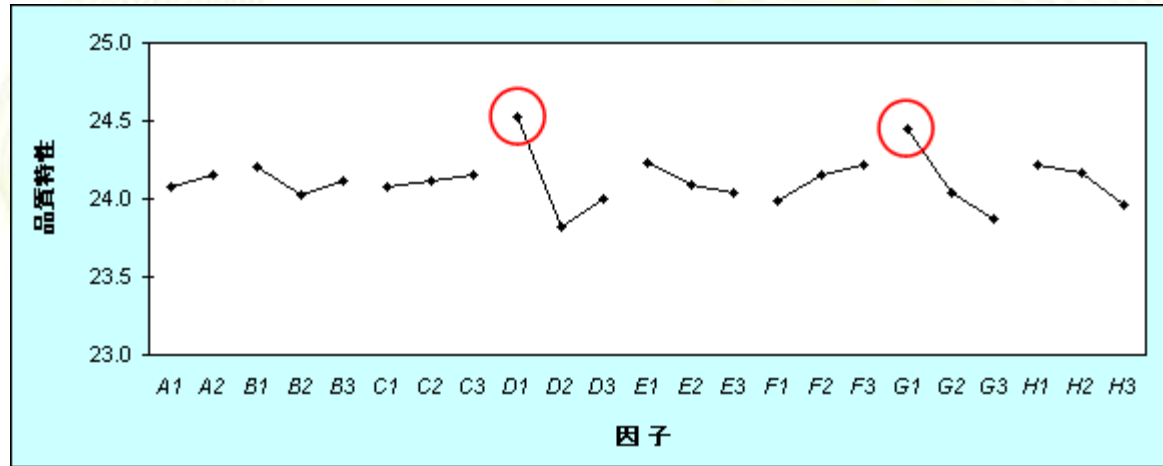
- 各因子水準變動對品質特性的影響分析

L18	A	B	C	D	E	F	G	H	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	\bar{y}	S	SN
1	1	1	1	1	1	1	1	1	23.1	23.9	26.1	26.8	23.5	26.5	23.2	24.0	25.7	26.4	24.92	1.505	24.4
2	1	1	2	2	2	2	2	2	23.5	25.5	22.5	23.5	22.5	26.0	24.4	22.8	23.0	25.5	23.83	1.335	25.0
3	1	1	3	3	3	3	3	3	22.4	24.8	25.0	23.3	23.0	22.8	25.4	25.6	23.5	23.0	23.69	1.191	26.0
4	1	2	1	1	2	2	3	3	25.6	22.1	25.8	24.5	21.5	23.2	21.0	26.5	23.5	25.8	23.95	1.979	21.7
5	1	2	2	2	3	3	1	1	21.5	25.7	23.9	22.4	24.4	24.5	25.6	26.5	24.6	22.2	24.13	1.645	23.3
6	1	2	3	3	1	1	2	2	25.7	21.5	24.9	22.6	26.1	25.5	22.9	22.1	22.9	24.1	23.84	1.644	23.2
7	1	3	1	2	1	3	2	3	24.3	21.4	24.1	26.1	23.0	23.7	24.5	22.8	22.5	25.2	23.76	1.381	24.7
8	1	3	2	3	2	1	3	1	23.0	25.1	21.5	25.1	26.2	22.8	24.5	23.0	22.4	23.3	23.69	1.464	24.2
9	1	3	3	1	3	2	1	2	27.1	23.3	25.6	22.3	27.0	24.4	22.5	26.9	25.8	24.1	24.90	1.841	22.6
10	2	1	1	3	3	2	2	1	25.5	22.4	22.5	25.1	22.5	24.7	24.6	24.4	22.5	26.5	24.07	1.490	24.2
11	2	1	2	1	1	3	3	2	24.8	25.1	23.4	26.0	23.0	24.9	24.7	25.4	24.8	24.8	24.69	0.881	28.9
12	2	1	3	2	2	1	1	3	23.7	22.0	25.2	23.0	26.0	23.0	23.3	26.0	24.8	23.2	24.02	1.386	24.8
13	2	2	1	2	3	1	3	2	22.9	22.4	22.2	25.8	22.5	22.4	24.6	24.2	22.4	24.1	23.35	1.239	25.5
14	2	2	2	3	1	2	1	3	23.1	23.5	23.8	26.1	25.8	24.2	23.5	23.8	24.0	25.1	24.29	1.025	27.5
15	2	2	3	1	2	3	2	1	24.2	23.5	24.3	25.1	22.3	26.4	24.3	26.7	25.2	24.3	24.63	1.299	25.6
16	2	3	1	3	2	3	1	2	24.2	26.1	26.4	25.2	21.3	24.9	25.1	22.6	25.1	23.1	24.40	1.610	23.6
17	2	3	2	1	3	1	2	3	22.6	24.4	23.0	27.3	25.2	23.0	23.7	25.8	22.8	22.9	24.07	1.577	23.7
18	2	3	3	2	1	2	3	1	24.1	22.8	20.7	25.4	25.0	23.9	23.4	24.2	22.9	26.2	23.86	1.548	23.8
Level1	24.1	24.2	24.1	24.5	24.2	24.0	24.4	24.2												AVE	24.6
Level2	24.2	24.0	24.1	23.8	24.1	24.2	24.0	24.2													
Level3		24.1	24.2	24.0	24.0	24.2	23.9	24.0													
$E^{(2)}$	0.1	-0.2	0.0	-0.7	-0.1	0.2	-0.4	0.0													
$E^{(3)}$		0.1	0.0	0.2	-0.1	0.1	-0.2	-0.2													
Range	0.1	0.2	0.1	0.7	0.2	0.2	0.6	0.3													
Rank	8	7	6	1	5	3	2	4													
重要性	N	N	N	Y	N	N	Y	N													

各因子水準變動 \bar{y} 平均變動量

研究方法

品質特性因子效應圖



影響最大的因子為 D、G (預烤溫度、熱壓著溫度)，因子 F、H 對品質特性的影響程度較小，可不考慮。決定調整品質特性控制因子水準為 D1、G1。



研究方法

由以上的分析結果，先調整第1類控制因子A、B、C、E、F來最大化S/N比，縮小製程變異，其參數組合為：

A2 B1 C2 D? E1 F3 G? H?

再調整第2類控制因子D、G來調整品質特性達到目標值，其參數組合為：

A2 B1 C2 D1 E1 F3 G1 H?

因子H(熱壓著時間)因影響程度較小，故歸類為第3類控制因子，主要是用來降低成本，最後可得到**最佳製程組合**。

A2 B1 C2 D1 E1 F3 G1 H2



研究方法

➤最佳製程組合可靠度確認

- 確認因子間沒有交互作用、因子效應是獨立的
- 各因子效應可以疊加起來

某一因子組合下的S/N比反應值

$$\eta = \bar{\eta} + (\bar{\eta}_{A_i} - \bar{\eta}) + (\bar{\eta}_{B_i} - \bar{\eta}) + (\bar{\eta}_{C_i} - \bar{\eta}) + \dots$$

$\bar{\eta}$ 是S/N比的總平均值



研究方法

分別計算原始製程與最佳製程下的S/N比反應值：

$$\begin{aligned}\eta_{original} &= \bar{\eta} + (\bar{\eta}_{A2} - \bar{\eta}) + (\bar{\eta}_{B2} - \bar{\eta}) + (\bar{\eta}_{C2} - \bar{\eta}) + (\bar{\eta}_{E2} - \bar{\eta}) + (\bar{\eta}_{F2} - \bar{\eta}) \\ &= 24.6 + (25.3 - 24.6) + (24.5 - 24.6) + (25.4 - 24.6) + (24.1 - 24.6) + (24.1 - 24.6) \\ &= 25\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\eta_{optimal} &= \bar{\eta} + (\bar{\eta}_{A2} - \bar{\eta}) + (\bar{\eta}_{B1} - \bar{\eta}) + (\bar{\eta}_{C2} - \bar{\eta}) + (\bar{\eta}_{E1} - \bar{\eta}) + (\bar{\eta}_{F3} - \bar{\eta}) \\ &= 24.6 + (25.3 - 24.6) + (25.5 - 24.6) + (25.4 - 24.6) + (25.4 - 24.6) + (25.4 - 24.6) \\ &= 28.6\end{aligned}$$

預計由原始製程改變為最佳製程，S/N比可增加 $\Delta S/N = 28.6 - 25 = 3.6$



研究方法

➤ 確認實驗

將原始製程與最佳製程參數條件，進行小量試投測試：

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	\bar{y}	S	S/N	
													實驗值	預測值
Original	22.2	25.8	21.8	24.5	21	24.4	22.5	22.4	24.4	23	23.26	1.318	24.9	25
	21.2	24.1	25.3	22.8	24.5	23	22.4	23	21	22.8				
	24	22.3	24.2	24	22.5	25.3	24.5	24.1	21.5	23.1				
Optimal	26	24.3	26.2	25	24.5	26.2	25.3	26.1	24	25.2	25.0	0.952	28.4	28.6
	24.2	25.8	23.3	26.2	23.7	26.4	24.5	24.4	26.4	24.1				
	25.8	26.5	24.3	25.4	24.6	24.1	24.8	24.2	24.8	23.8				
												$\Delta S/N$	3.5	3.6

S/N比的預測值與實際值非常接近，可證明最佳製程組合條件可靠度



實驗結果與討論

► 實驗結果

- 第一階段最佳化因子調整

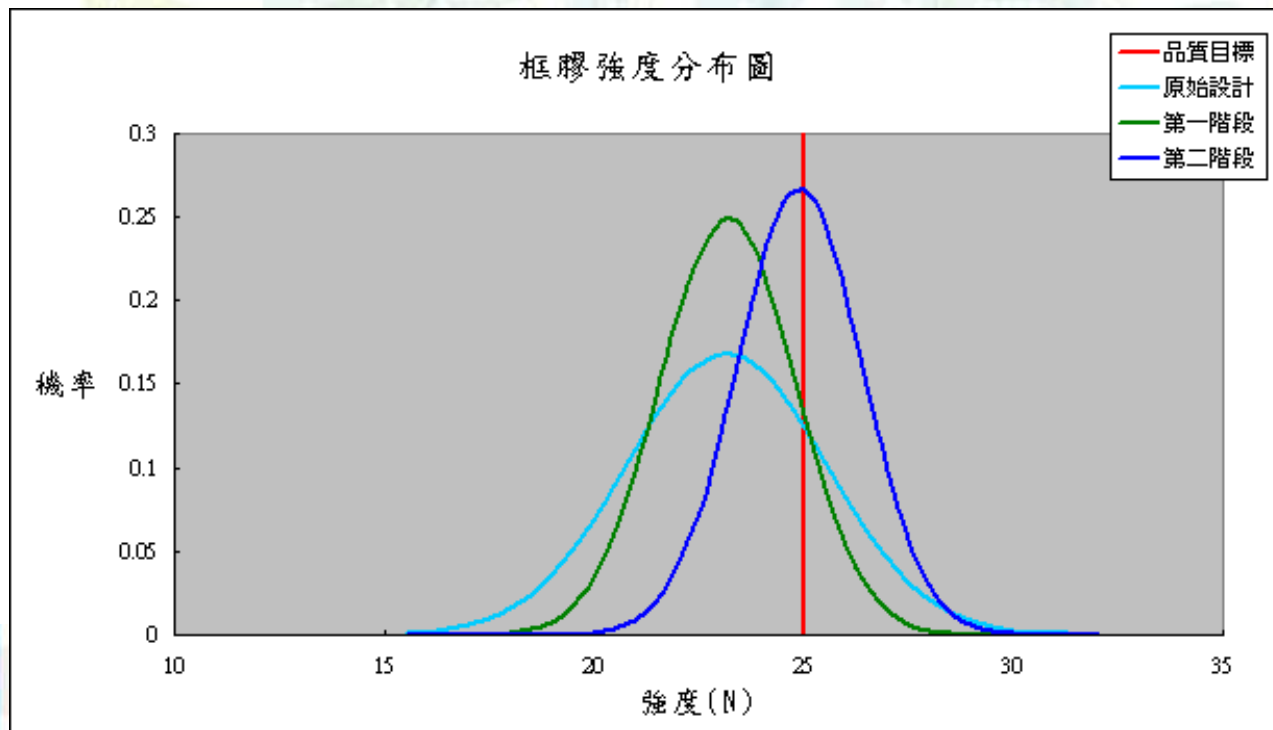
原始製程參數(淡藍色曲線) vs 第一階段製程參數(綠色曲線)

鐘形圖外型變瘦，整體標準差由2.37變成1.60，製程變異已縮小

- 第二階段最佳化因子調整

第一階段製程參數(綠色曲線) vs 第二階段製程參數(藍色曲線)

鐘形圖中心值由23.2N變成24.9N，與目標值相當接近



實驗結果與討論

➤ 結論

由實驗結果證明，透過田口法，確實能減少製程變異，達到預期的品質目標，另外也達到了減少實驗次數的效益。

➤ 效益與貢獻

• 田口法分析效益

將影響的因子依重要性層別三大類(縮小製程變異、達到品質目標值、降低成本)，對產業上來說是很實際且有效率的幫助。

• 本研究貢獻

該產品框膠強度由23.2N提昇至24.9N。

塗佈壓力、針頭孔徑、塗佈Gap、塗佈速度、UV照射時間為影響框膠強度最關鍵的參數，及獲得最佳水準。

此研究最佳化結果可為未來其他產品參數投產依據。





元智大學
Yuan Ze University



Thank You

<http://grc.yzu.edu.tw/>
<http://designer.mech.yzu.edu.tw/>



元智大學 最佳化設計實驗室
OPTIMAL DESIGN LABORATORY