



2015年模具技術成果暨論文發表會

應用田口法探討頂針回壓射出成型參數 對縫合線強度之影響

Application of Taguchi Method in Optimization of Weld line Mechanical Strength by Ejector-pins Compression System aid Injection Molding

粘世智^{1*}、黃明賢²

¹國立台東專科學校 動力機械科 副教授

²國立高雄第一科技大學 機械與自動化工程系 教授

2015/08/27

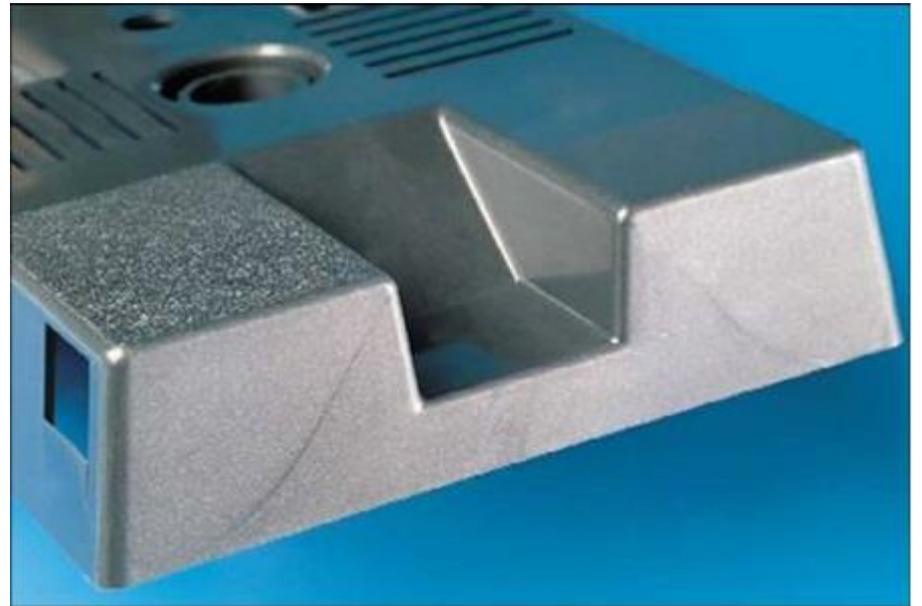
目錄

- 前言
- 研究背景 - 融膠流動與縫合線缺陷
- 文獻回顧 - 解決縫合線問題
- 實驗方法 - 頂針回壓機制
- 實驗設置 - 實驗設備與參數設計
- 實驗結果與討論
- 結論

前言

在射出成型過程中由於多澆口模穴設計或產品設計本身存在著靠破孔，將造成射出過程個別的融膠波前產生接觸，形成線狀的接合線，即所謂的縫合線(weld line)。縫合線不但讓成品外表美觀受到影響，本身也是產品弱點的所在。

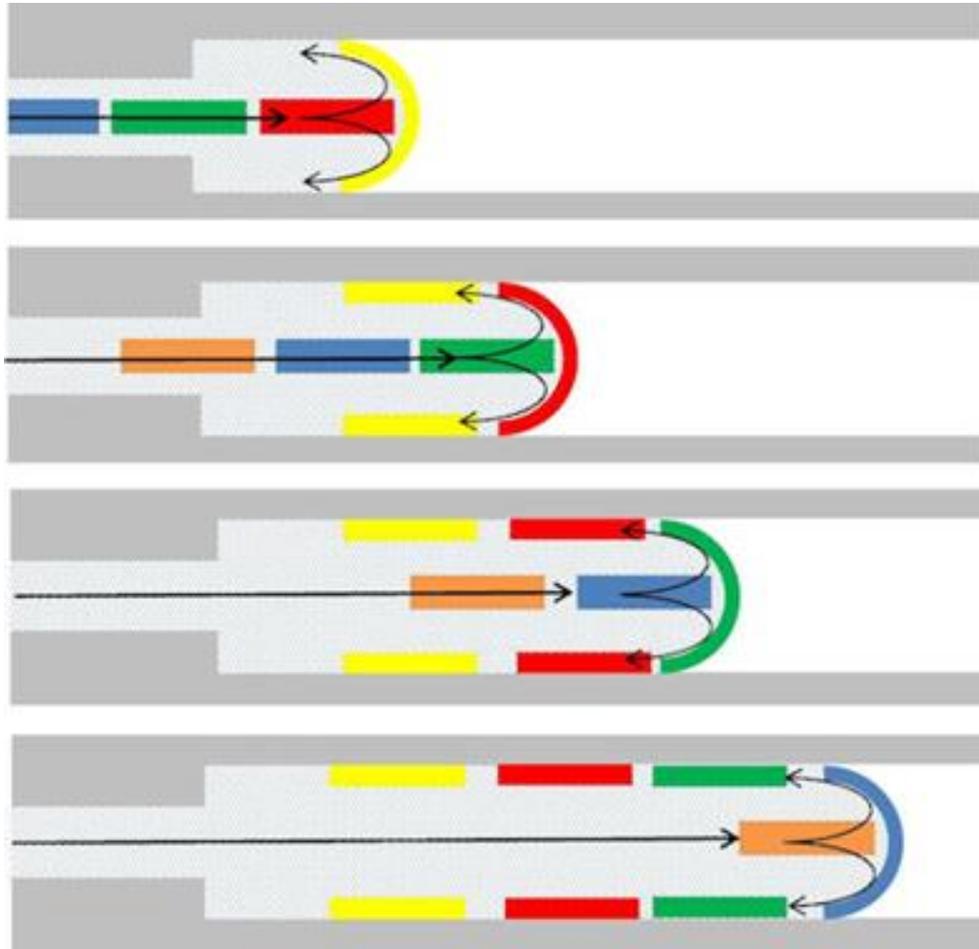
本研究將提出一全新之頂針回壓技術，以擾動縫合線界面之分子排向方式來改善縫合線之結合強度，並以田口法探討各成型參數之影響。



研究背景 1/2

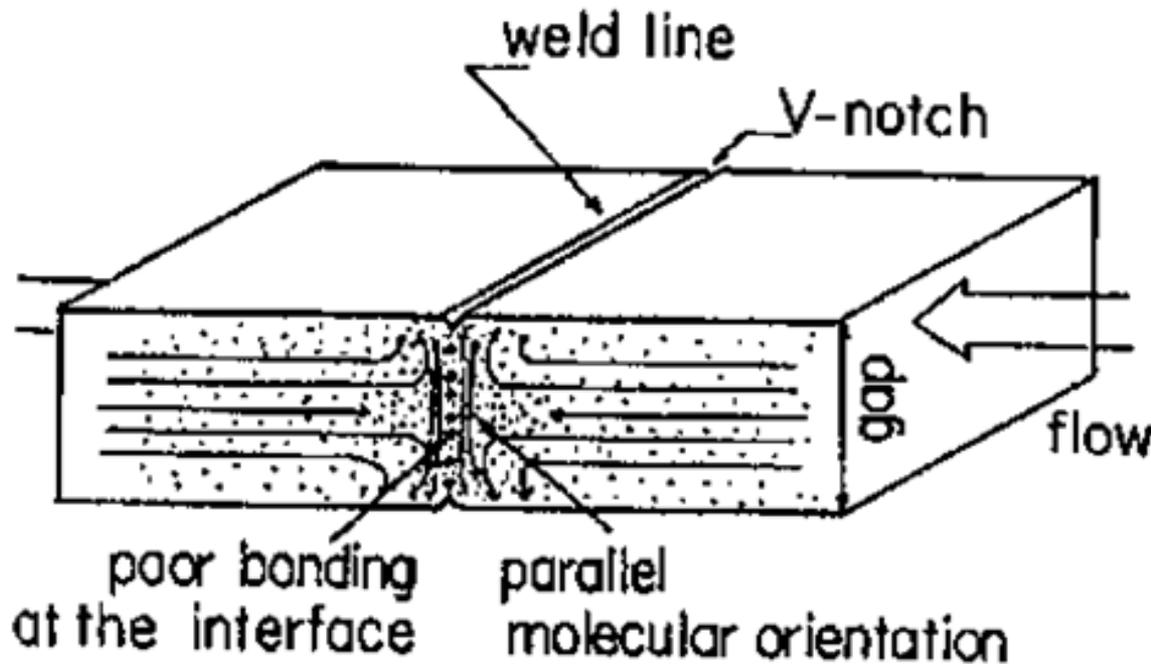
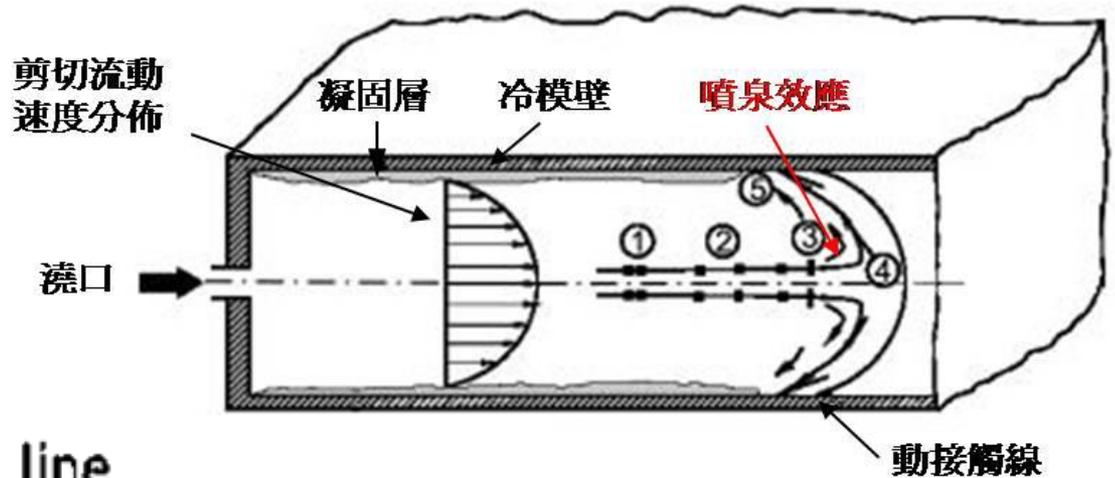


➤ 射出成型之融膠噴泉流動



研究背景 2/2

- 射出成型之融膠噴泉流動速度分佈與縫合線缺陷示意圖 [2]



➤ 縫合線結合強度理論

1985年Kim和Sun[3] 建立縫合線界面強度的理論模型。分析計算1. 垂直縫合線界面的分子鏈自我擴散；2. 平行縫合線界面的分子定向兩種效應，再從已知之幾何及參數條件將兩種效應疊合以預測縫合線強度

1997年曾宇譚[4]利用資料擷取系統擷取成型品模穴內的速度，探討不同材質之縫合線強度與製程參數間的變動情形，並修正Kim及Suh理論模型。

1998年黃登淵[5]建立固液界面鍵結度理論模式，同時研究成型過程中最重要的製程參數



➤ 成型參數對縫合線結合強度的影響

1999年Tao C. Chang[10]等人應用田口方法找出影響最大的實驗參數藉此改善產品的強度，其結果顯示模溫與射出壓力對於縫合線的影響較明顯。

2004年梁琬蓉[11]針對PP與HDPE兩種塑料，應用田口方法找出有縫合線與無縫合線之最佳的參數組合，影響拉伸強度最大的因子為料溫。

2000年Liu等[12]採用田口法探討射出參數對縫合線拉伸強度的影響。實驗結果顯示，融膠溫度及模具溫度的影響最大。

2011年Ozcelik [13]使用田口法對PP材料縫合線強度之參數作一探討。結果顯示影響拉伸強度的參數依序為射出壓力及融膠溫度，而影響衝擊強度的參數依序為融膠溫度及射出壓力。



➤ 改善縫合線結合強度之方法

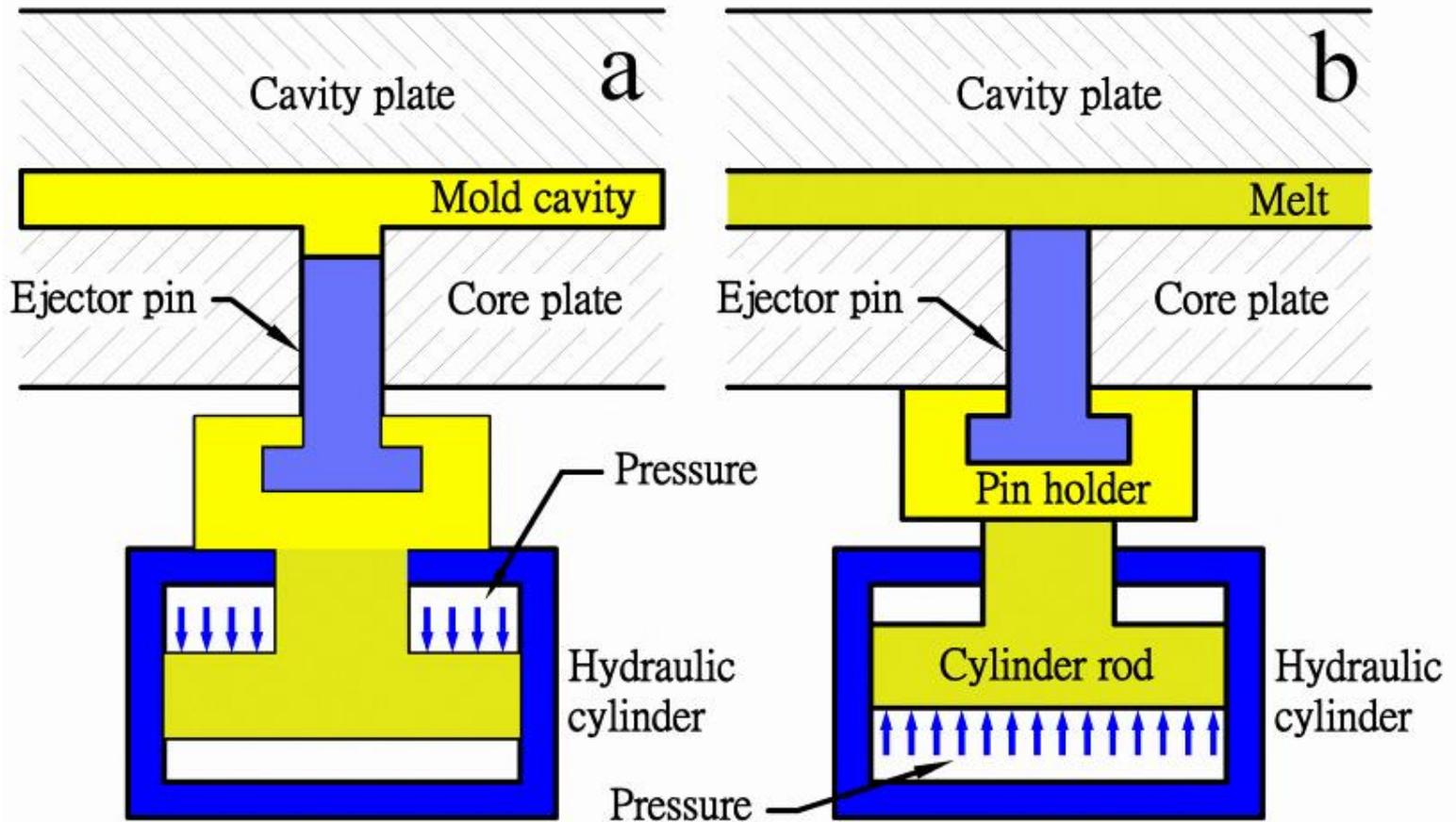
2005年陳彥成[16]利用模面鍍層滯熱方法改善拉伸強度、光彈性質與縫合線外觀品質。

2006年Chen等[17]利用電磁感應加熱將模面溫度提高至玻璃轉換溫度以上能有效的增加縫合線強度。

2005年Chen等[19]開發氣壓驅動時序閥澆口控制系統，對於薄件使用快速時序閥澆口，能消除縫合線。

2008年Ruan等[21]利用時序閥控制技術，成功的將縫合線位置移動到結構受力較低之位置，證實可適當的使用時序閥之控制去控制縫合線之結合位置。

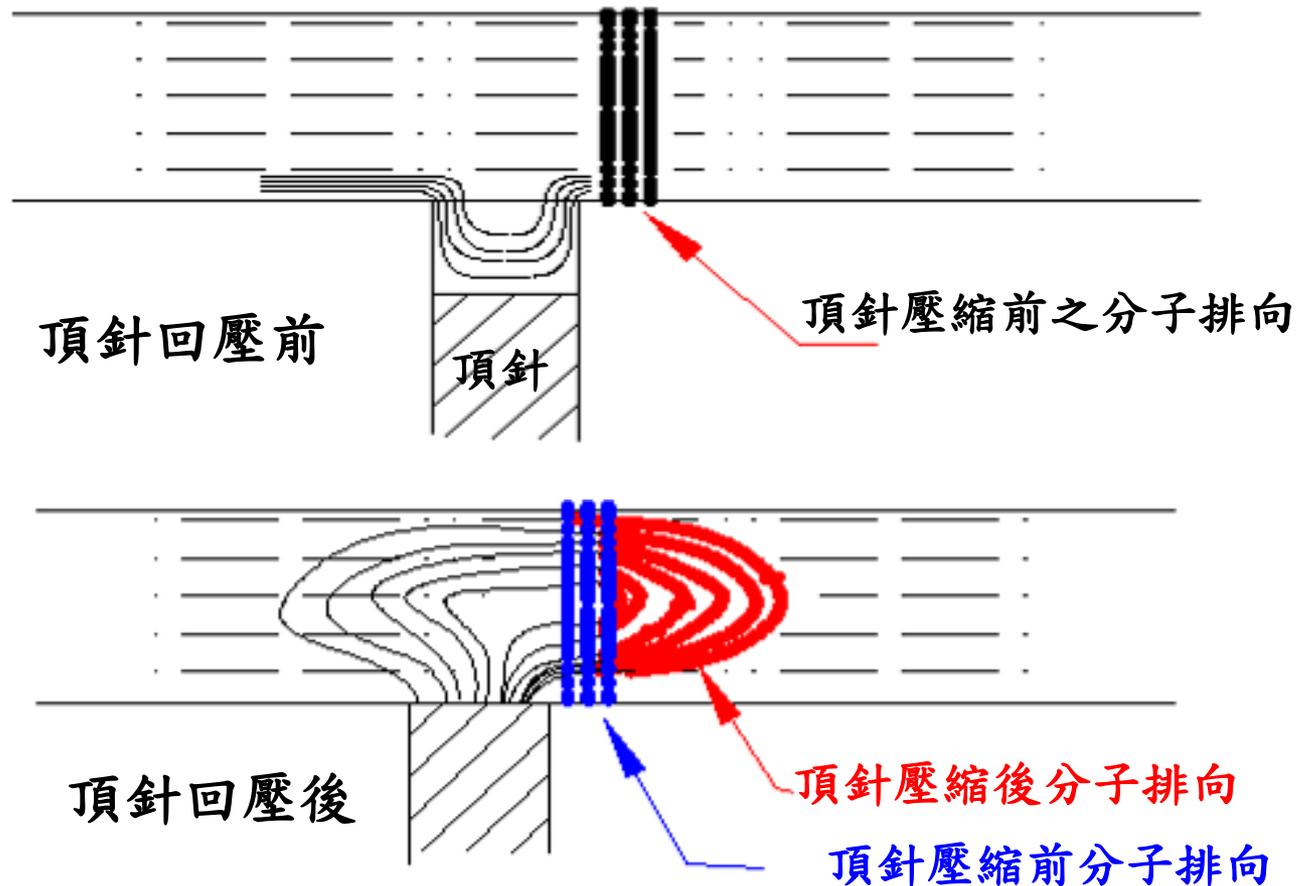
實驗方法 - 頂針回壓機制 1/2



(a) 頂針下沈增加
厚度

(b) 頂針回壓造成
融膠再流動

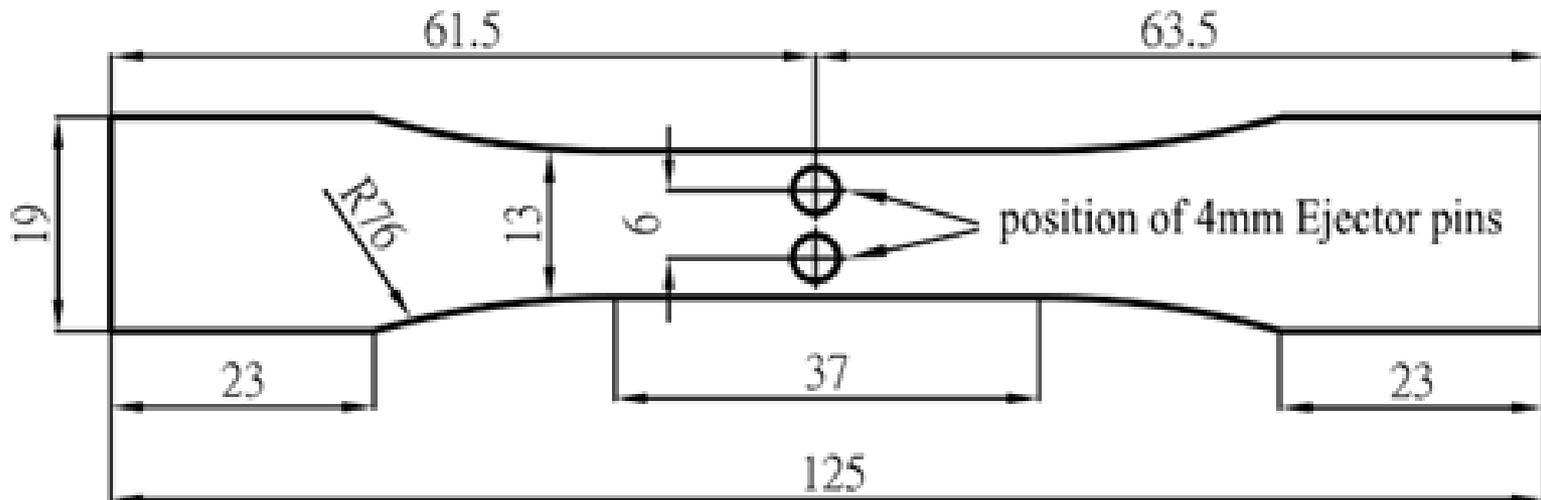
實驗方法 - 頂針回壓機制 2/2



先期研究 1/4

本計畫之先期實驗以現有之拉力試片模具加裝頂針回壓系統進行縫合線強度改善實驗，實驗首先藉由模流分析軟體 Moldex 3D 模擬縫合線結果，找出較佳之縫合線型態，並以此決定頂針於拉伸試片之位置、排列及尺寸設計。實驗使用 PS、PP、ABS 三種塑料，依 ASTM D638、D790、D256 規範做拉伸、彎曲及衝擊試驗。

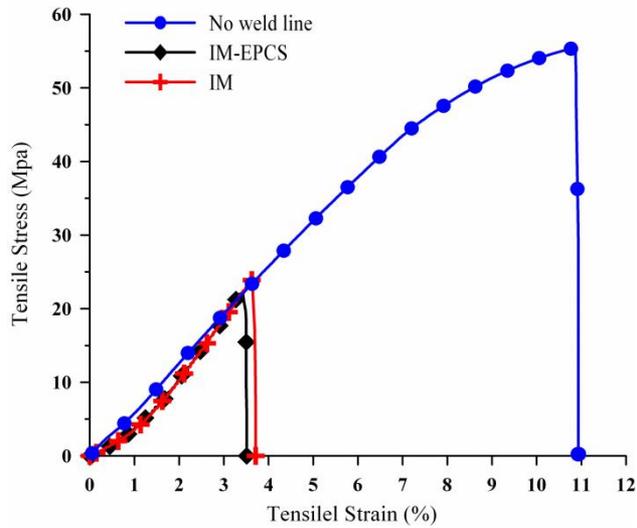
Unit: mm Thickness: 1.5mm



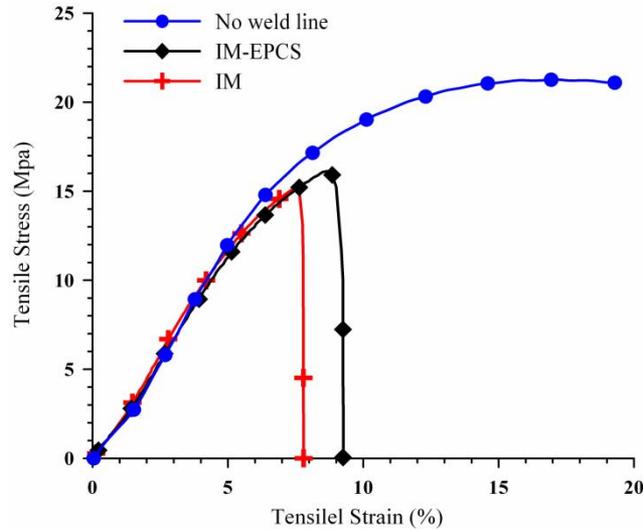
先期研究 2/4



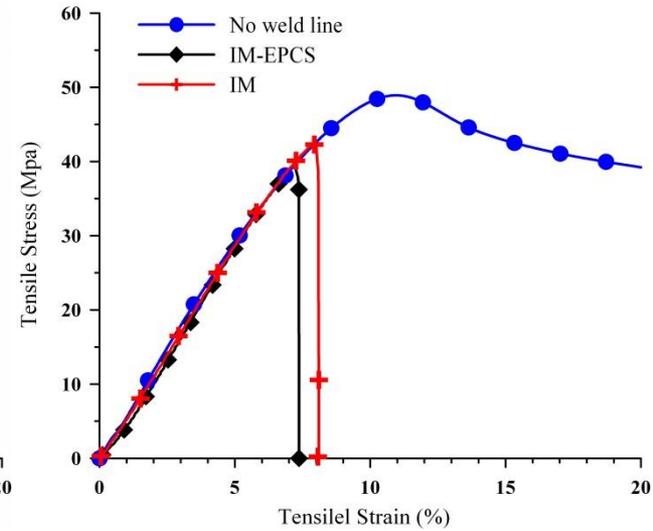
➤ 拉伸試驗



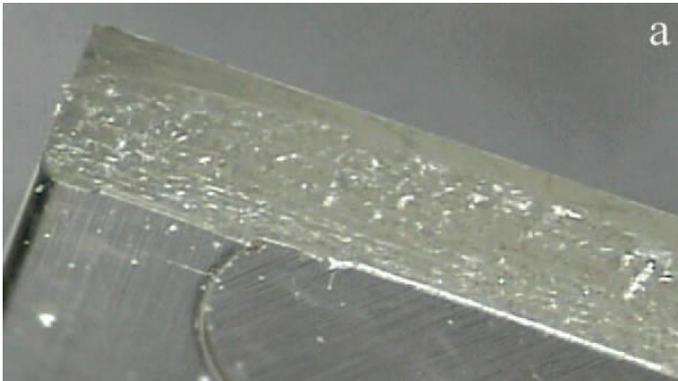
PS



PP



ABS



a

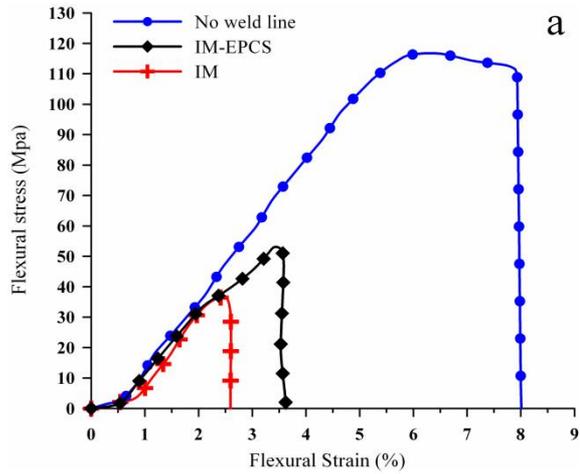


b

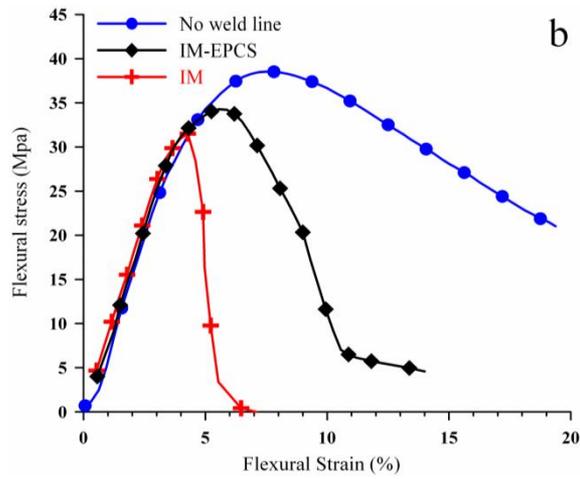
先期研究 3/4



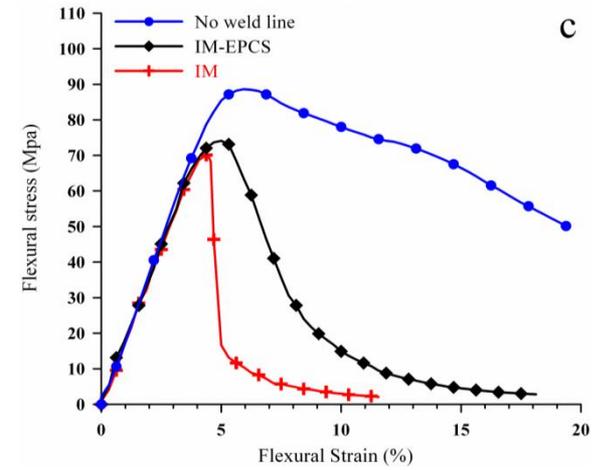
彎曲試驗



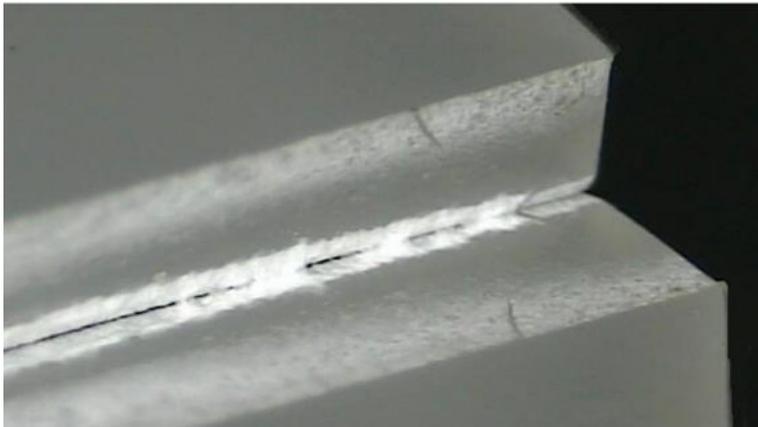
PS



PP



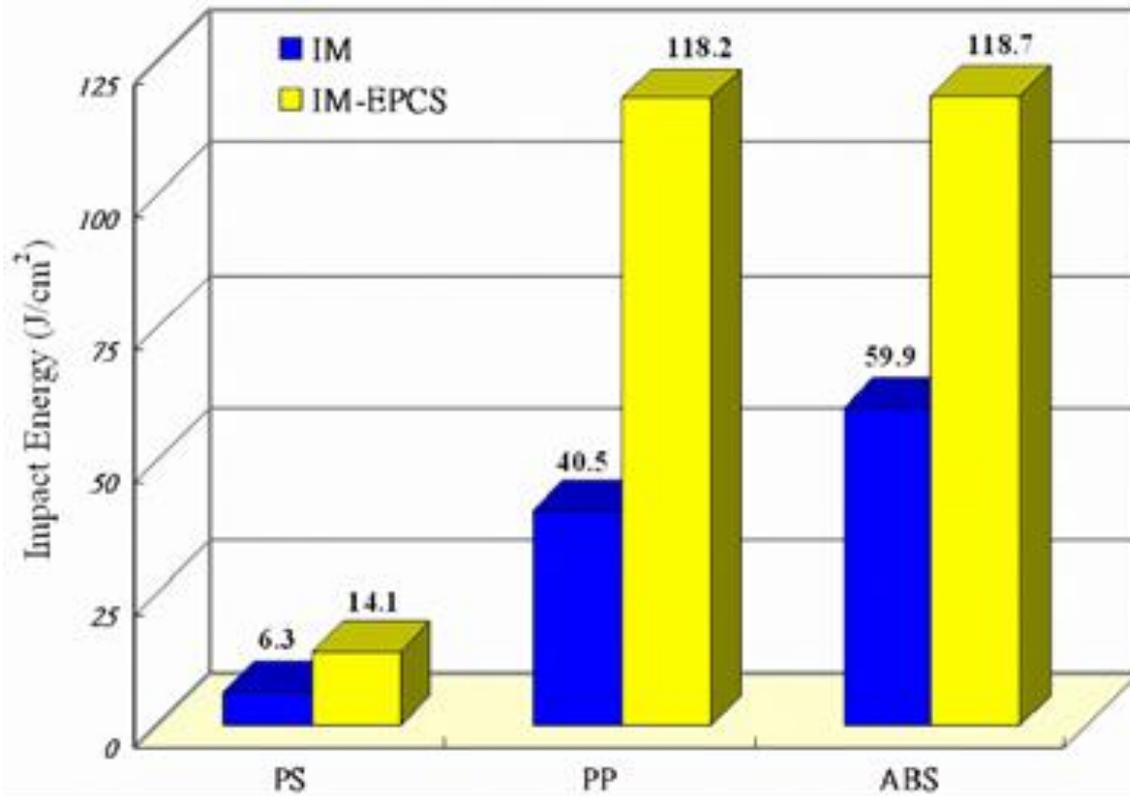
ABS



先期研究 4/4

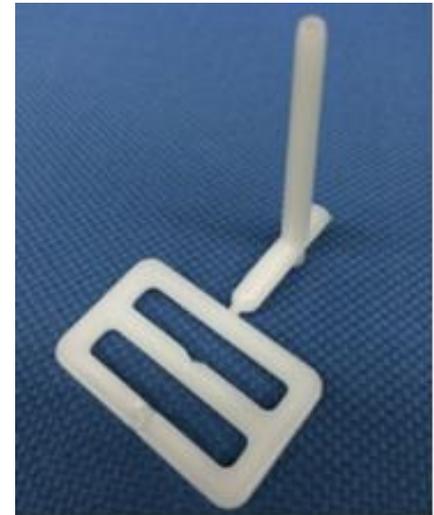
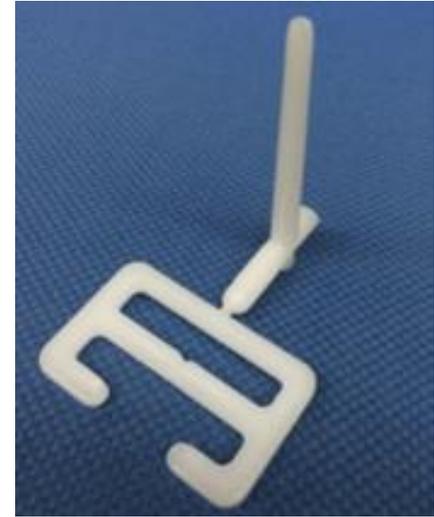
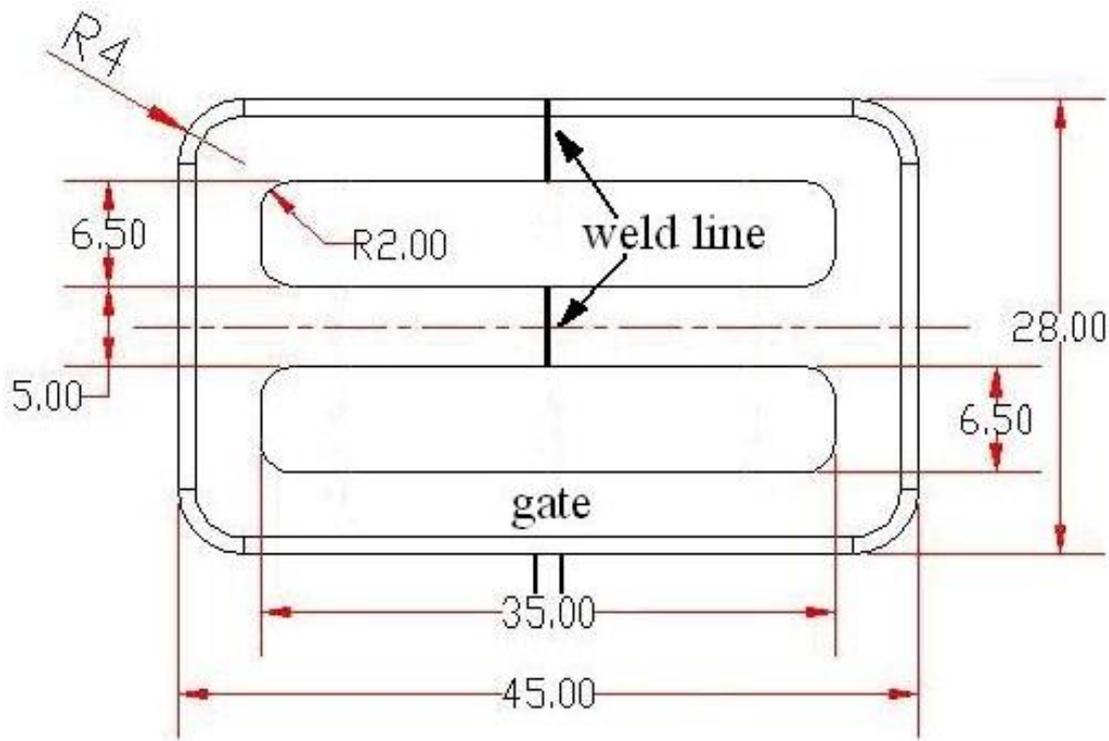


➤ 衝擊試驗

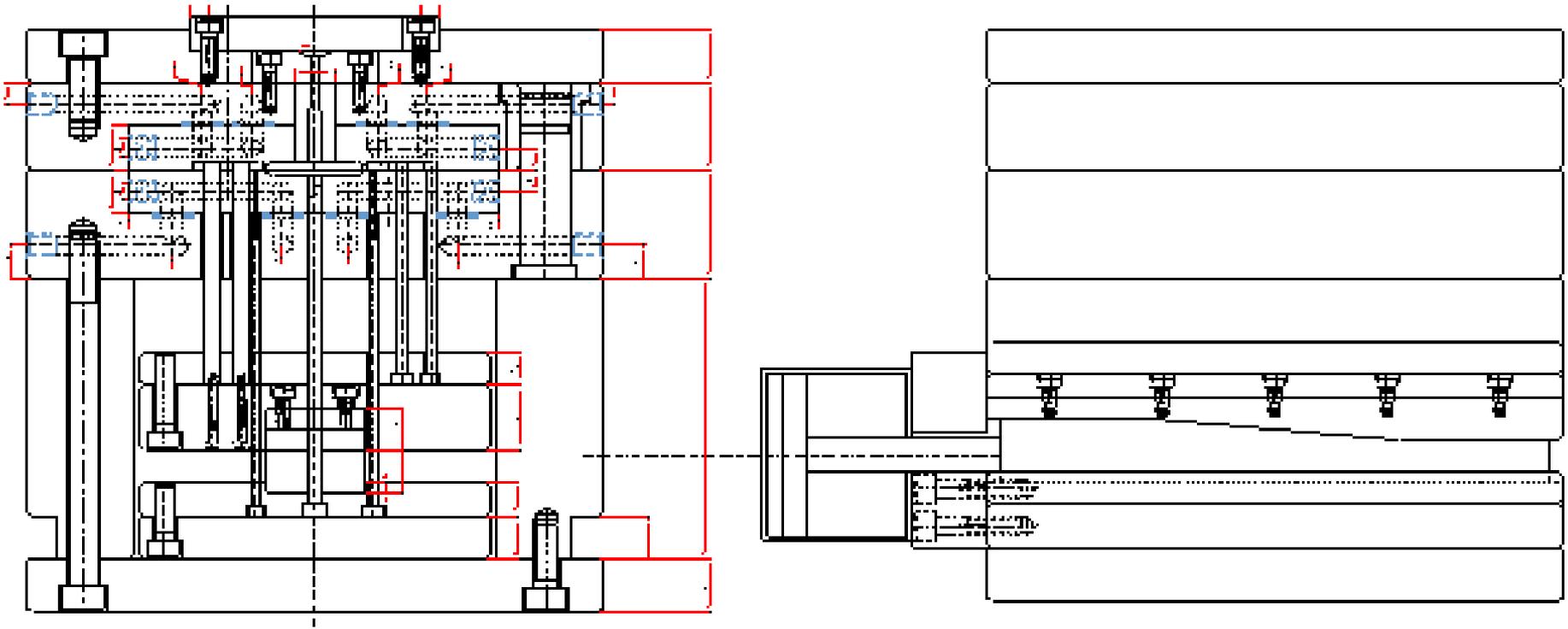


實驗設置

➤ 日字型扣環幾何尺寸



模具設計及射出機



- 射出成形機：FANUC α -i 30A，配置油式模溫機及油壓動力單元控制模具溫度及頂針回壓之油壓缸做動。
- 實驗材料：PP（台塑 永嘉烯 Yungsox 3204, Taiwan）

有無回壓之成品比較



參數設計



射出成型相關的參數：

1. 射出壓力：兩個水準，為融膠會合於縫合線時之壓力設定。
2. 模具溫度：三個水準，為模溫機設定之熱煤油溫度。
3. 融膠溫度：三個水準，為射出機設定之融膠料管溫度。
4. 射出速度：三個水準，為射出機射出階段，螺桿前進之速度。
5. 保壓壓力：三個水準，為頂針回壓完成後之第二段保壓壓力。

頂針回壓相關的參數：

1. 壓縮延遲時間：三個水準，為射出機完成射出階段（模穴完成充填）至頂針作動回壓間之延遲時間。
2. 回壓壓力：三個水準，為模穴充填後進入保壓階段之第一段保壓壓力，為頂針回壓時之模穴內的融膠壓力。
3. 壓縮距離：三個水準，為頂針下沈之距離，亦即頂針壓之縮距離，壓縮距離越大回壓的融膠量越大。



田口L18($2^1 \times 3^7$)參數直交表參數水準

一般射出成形控制因子與水準設定表

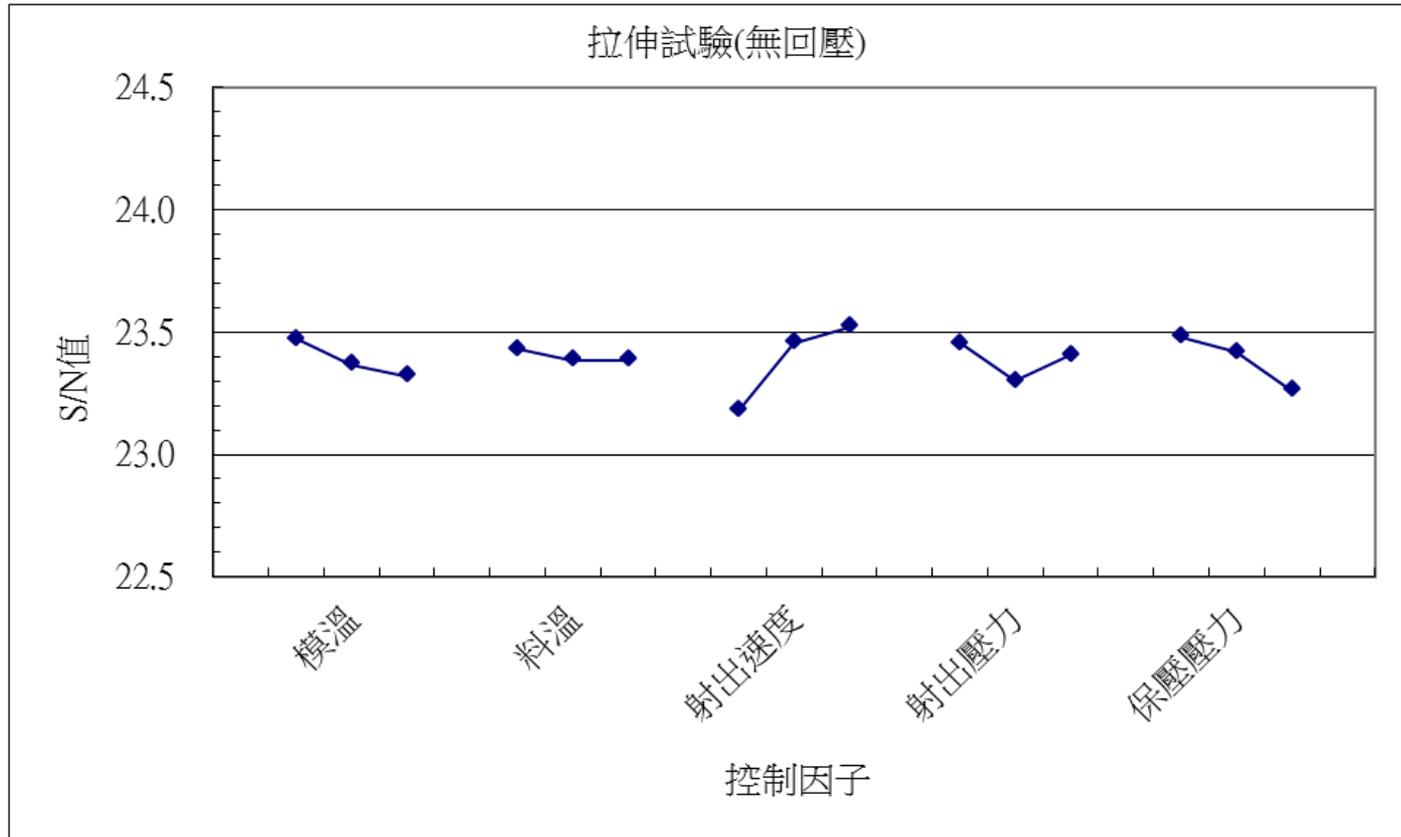
	A	B	C	D	E
	模溫(°C)	料溫(°C)	射出速度 (mm/s)	射出壓力 (Kg/cm ²)	保壓壓力 (Kg/cm ²)
1	50	200	50	200	200
2	65	220	70	300	300
3	80	240	90	400	400

頂針回壓射出成形控制因子與水準設定表

	A	B	C	D	E	F	G	H
	射出壓力	模溫	料溫	射出速度	延遲時間	回壓壓力	壓縮距離	保壓壓力
	kg/cm ²	°C	°C	mm/s	s	kg/cm ²	mm	kg/cm ²
1	200	50	200	50	0	50	1	200
2	400	65	220	70	0.5	100	2	300
3		80	240	90	1	150	3	400

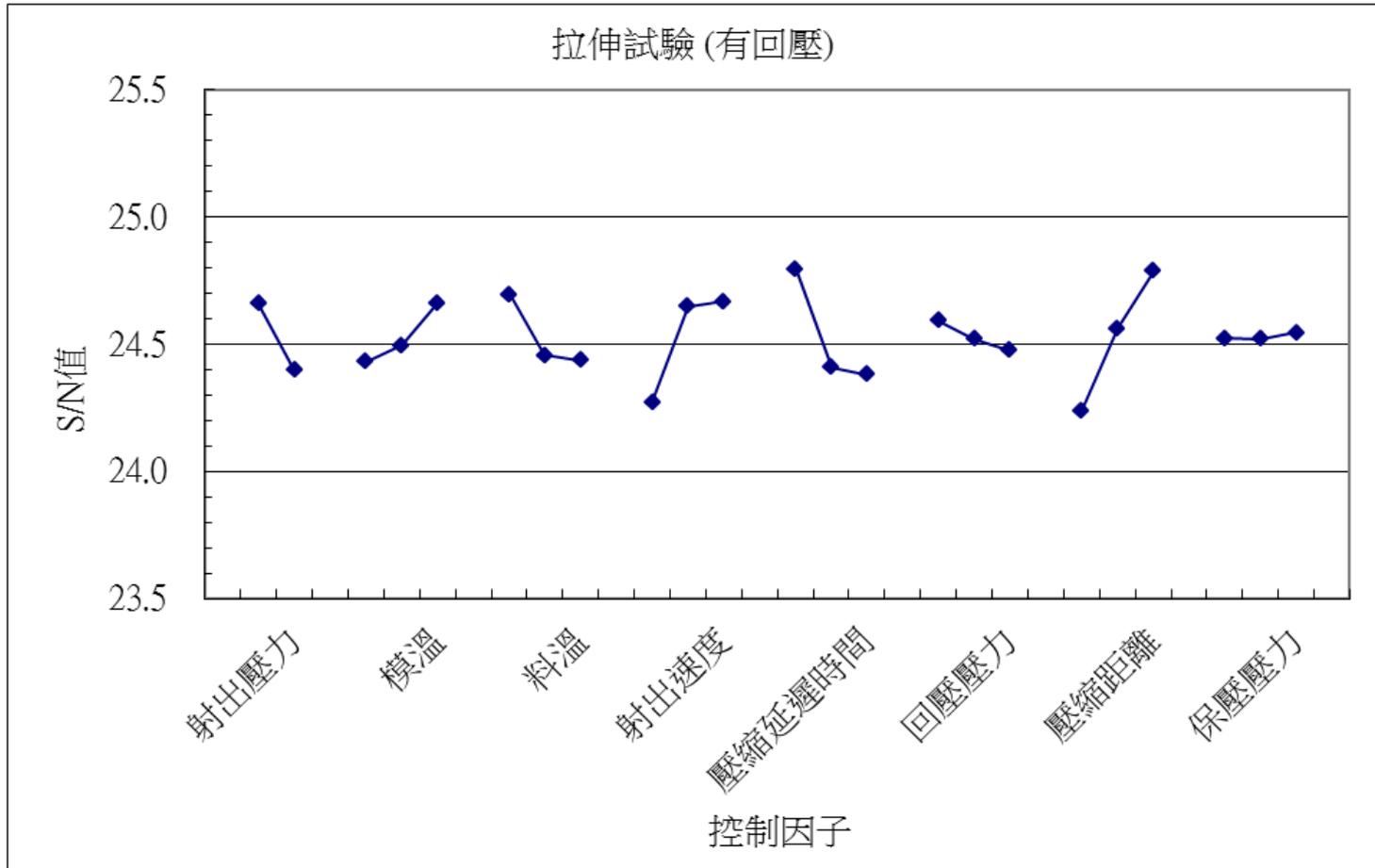
實驗結果與討論

➤ 一般射出之拉伸試驗S/N圖





頂針回壓之拉伸試驗S/N圖



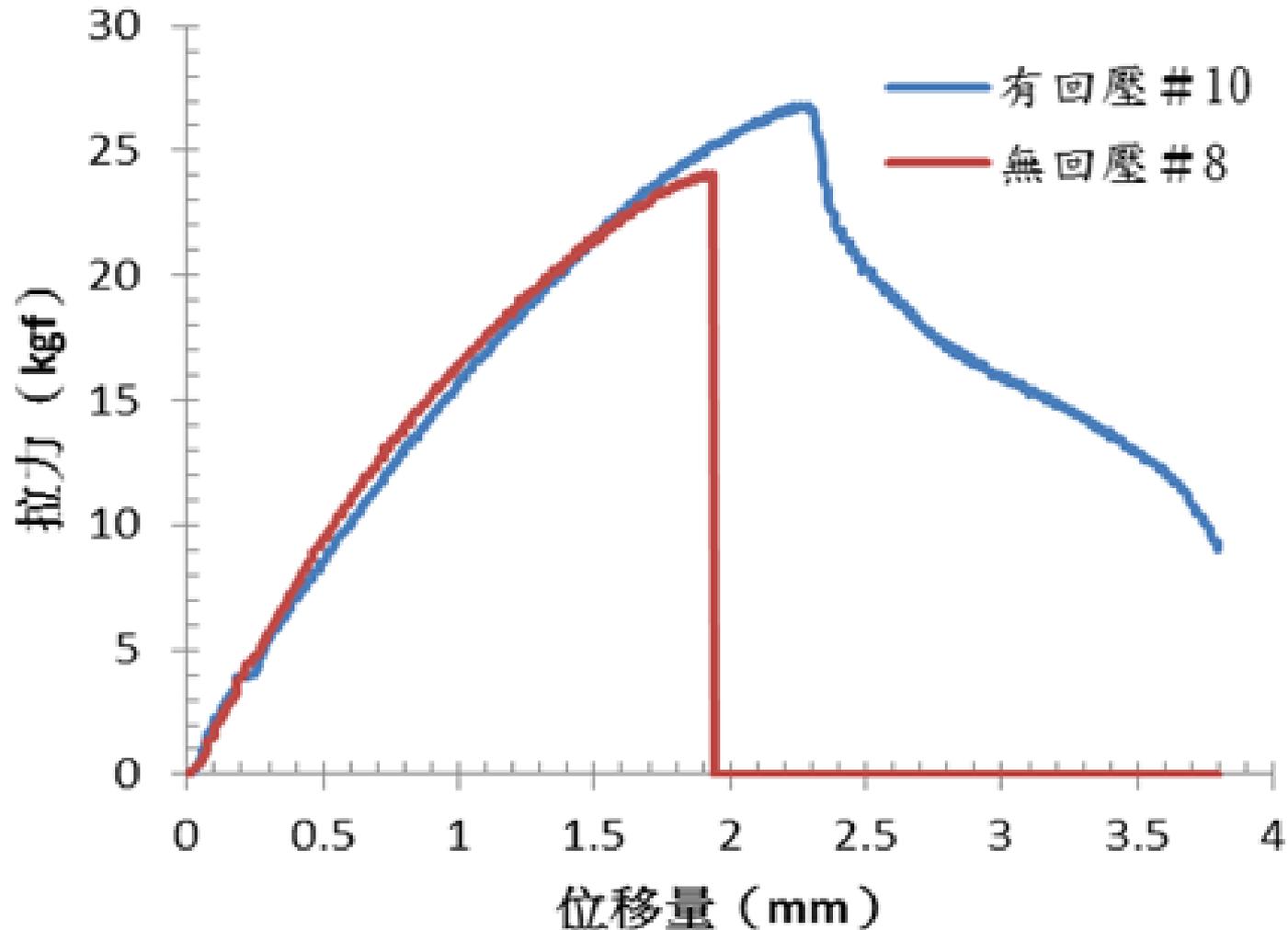


回壓試片之拉伸試驗ANOVA分析

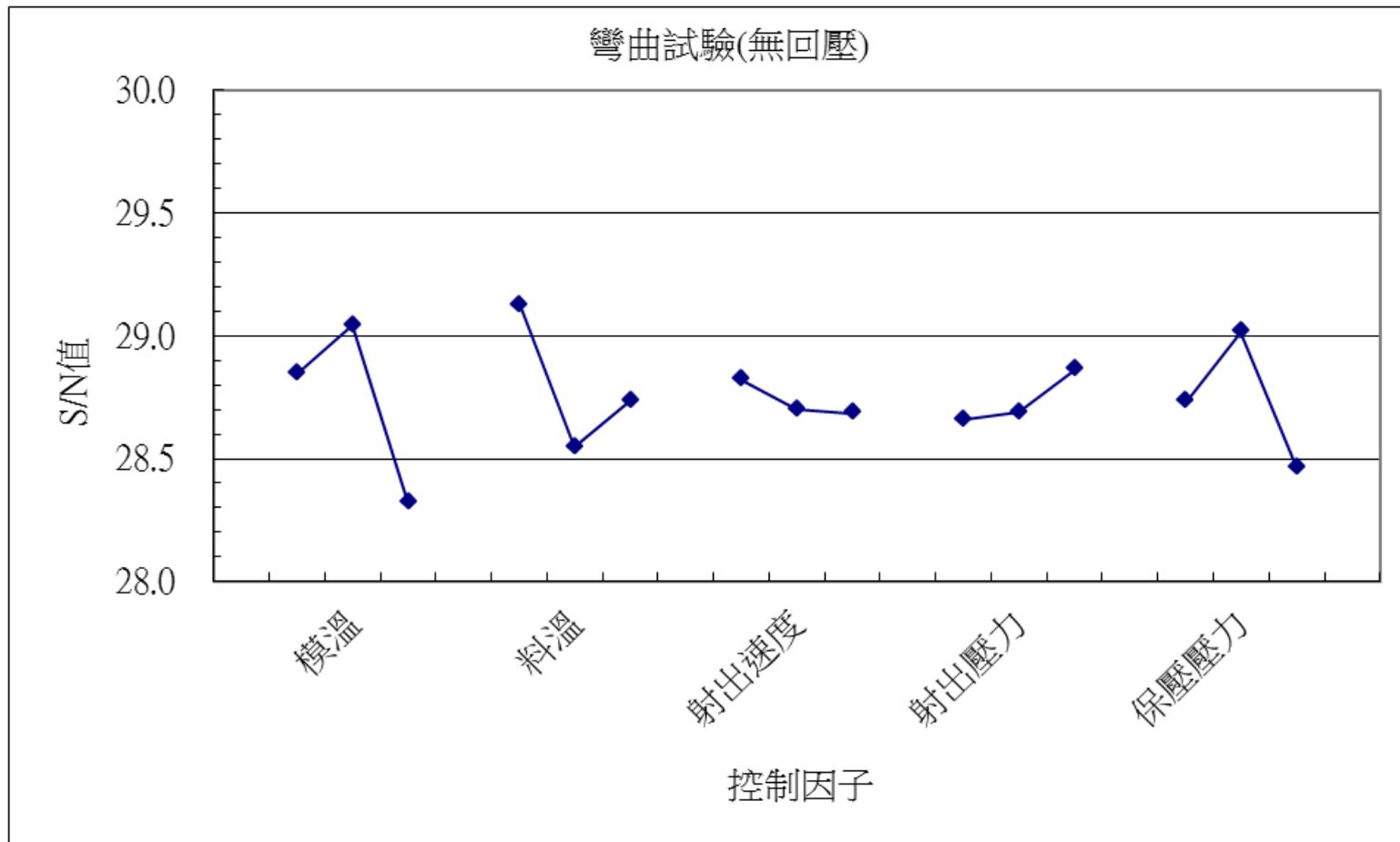
回壓試片之拉伸試驗 ANOVA 分析

ANOVA 分析						
變異來源	自由度	平方和(ss)	均方(ms)	F 值	淨平方和	貢獻度(%)
射出壓力	1	0.35	0.35	28.60	0.33	11.4
模溫	2	0.18	0.09	7.48	0.16	5.3
料溫	2	0.20	0.10	8.30	0.18	6.0
射出速度	2	0.56	0.28	23.31	0.54	18.4
壓縮延遲時間	2	0.69	0.35	28.53	0.67	22.7
回壓壓力	2	0.02	0.01	1.00	0.00	0.0
壓縮距離	2	0.83	0.41	34.17	0.80	27.3
保壓壓力	2	0.01	0.00	0.29	-0.02	-0.6
合併誤差	8	0.10	0.01			9.5
總和	23	2.94				100.0

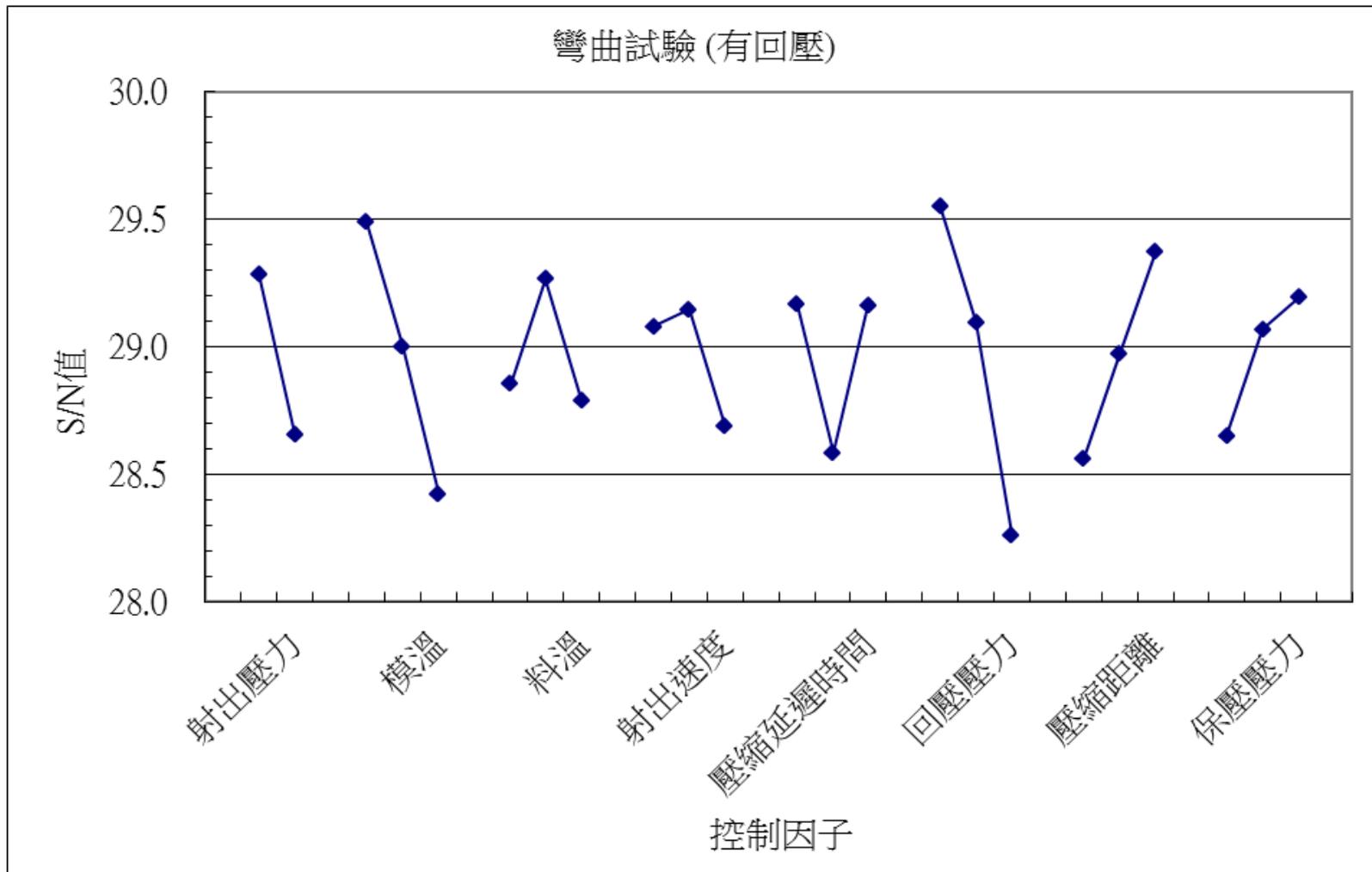
拉伸試驗之驗證實驗



一般射出之彎曲試驗S/N圖



頂針回壓之彎曲試驗S/N圖



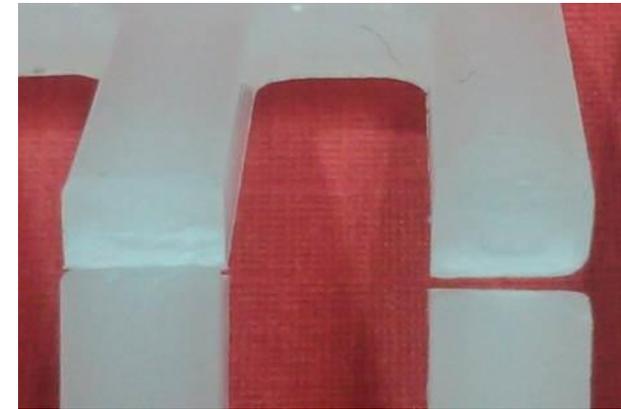
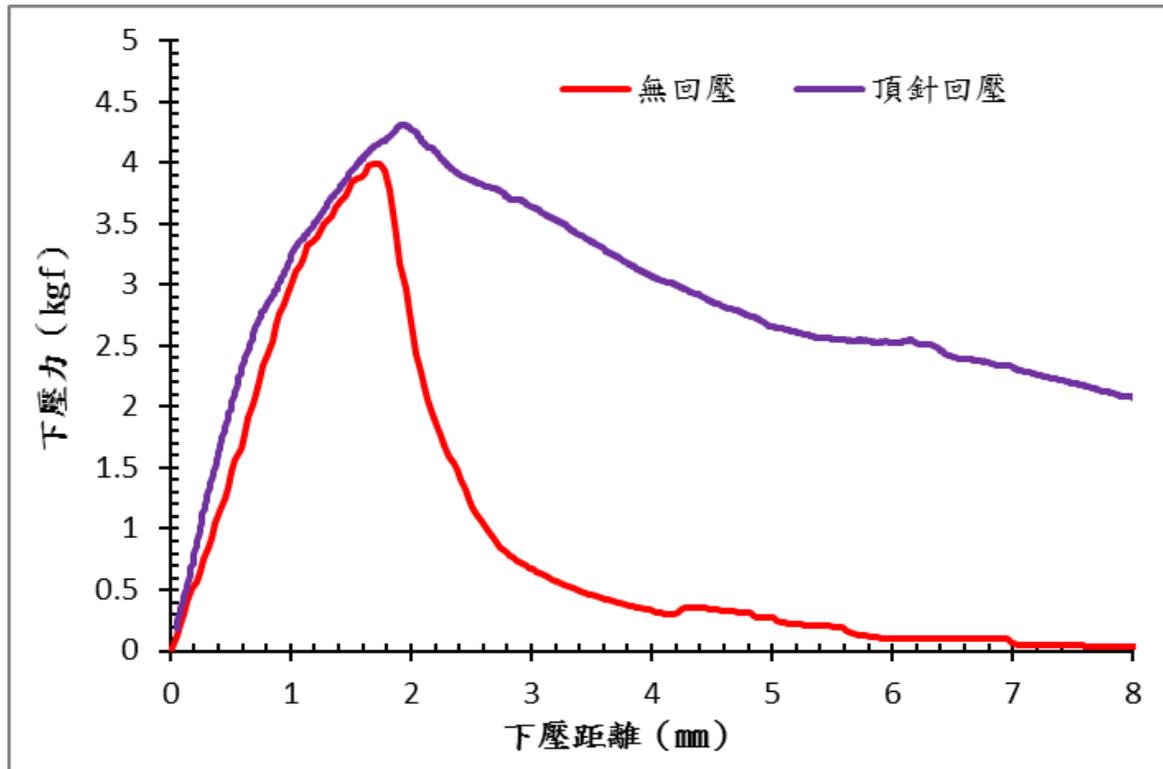
回壓試片之彎曲試驗ANOVA分析



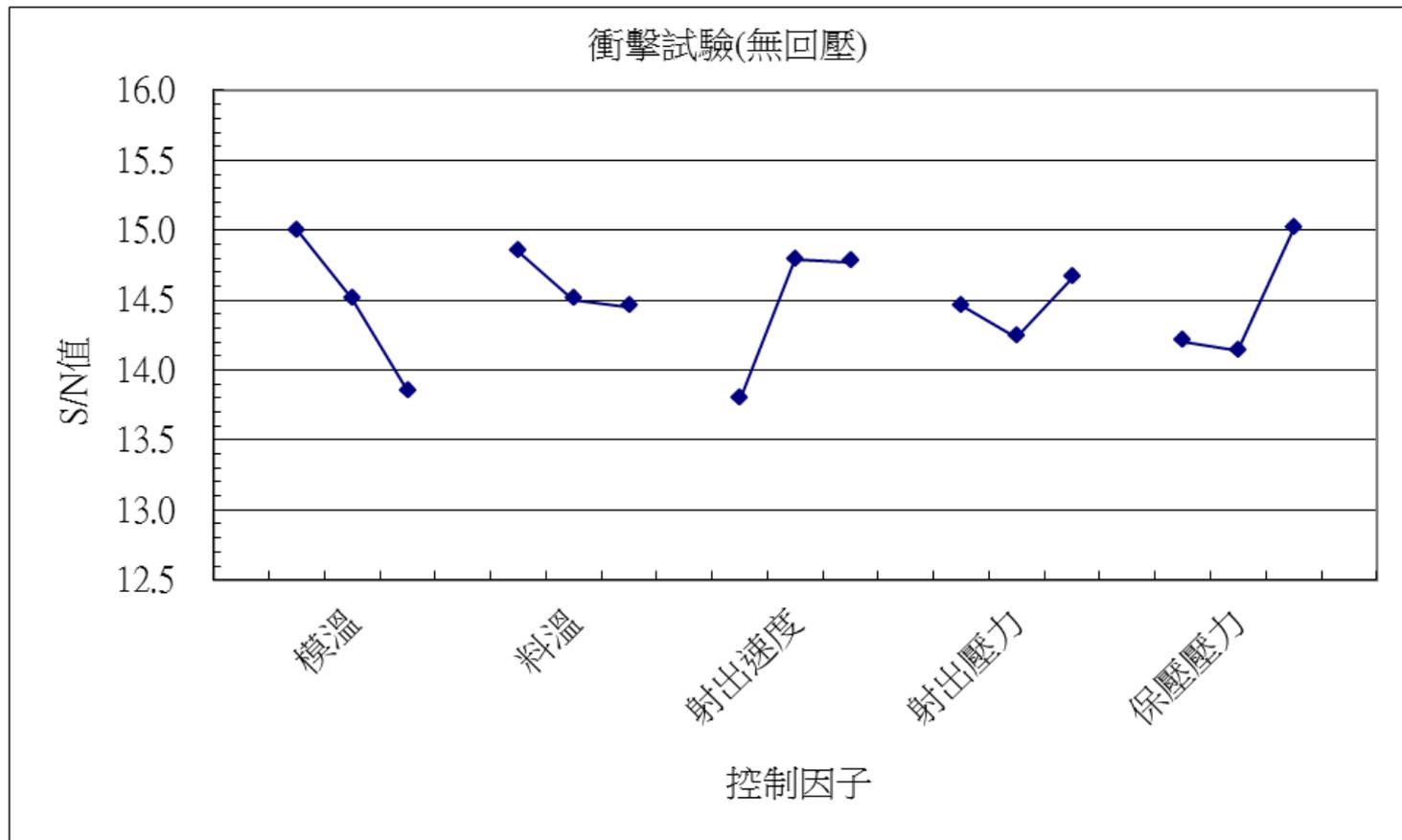
回壓試片彎曲試驗 ANOVA 分析

變異來源	自由度	平方和(ss)	均方(ms)	F 值	淨平方和	貢獻度(%)
射出壓力	1	1.68	1.68	8.02	1.47	8.1
模溫	2	3.43	1.71	8.18	3.01	16.5
料溫	2	0.76	0.38	1.82	0.35	1.9
射出速度	2	0.79	0.40	1.89	0.37	2.1
壓縮延遲時間	2	1.41	0.71	3.37	0.99	5.5
回壓壓力	2	5.32	2.66	12.70	4.90	27.0
壓縮距離	2	2.11	1.05	5.03	1.69	9.3
保壓壓力	2	1.00	0.50	2.40	0.59	3.2
合併誤差	8	1.68	0.21			26.5
總和	23	18.18				100.0

彎曲試驗之驗證實驗

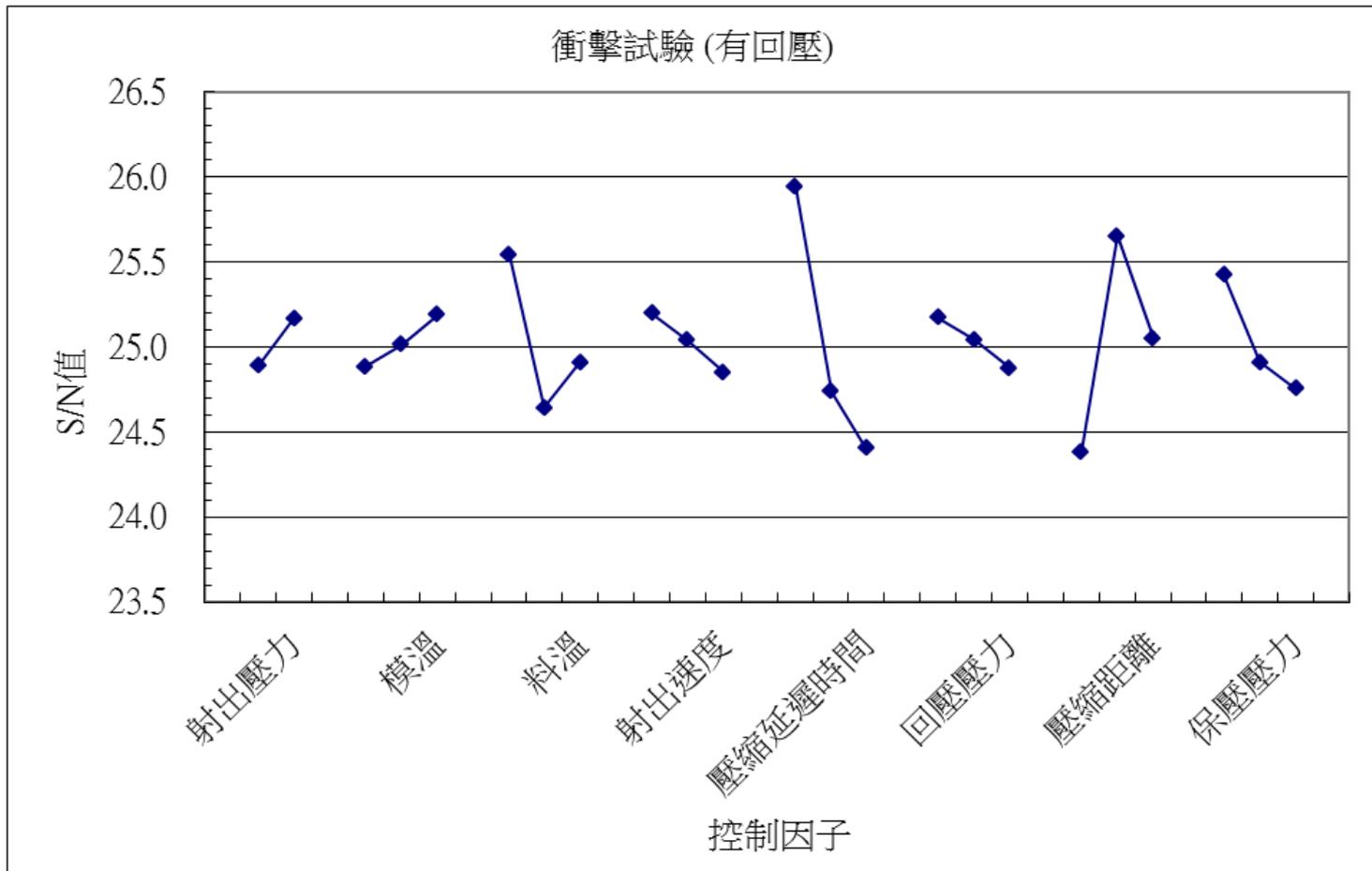


一般射出之衝擊試驗S/N圖





頂針回壓之衝擊試驗S/N圖



回壓試片之衝擊試驗ANOVA分析



回壓試片衝擊試驗 ANOVA 分析

變異來源	自由度	平方和(ss)	均方(ms)	F 值	淨平方和	貢獻度(%)
射出壓力	1	0.33	0.33	5.55	0.27	1.5
模溫	2	0.29	0.14	2.39	0.17	0.9
料溫	2	2.45	1.23	20.48	2.33	12.6
射出速度	2	0.36	0.18	3.03	0.24	1.3
壓縮延遲時間	2	8.02	4.01	66.92	7.90	42.7
回壓壓力	2	0.24	0.12	1.99	0.12	0.6
壓縮距離	2	4.84	2.42	40.41	4.72	25.5
保壓壓力	2	1.50	0.75	12.52	1.38	7.5
合併誤差	8	0.48	0.06			7.4
總和	23	18.51				100.0

結論 1/2



- 本研究證實使用頂針下沈回壓之方法確實能有效驅使縫合線界面之融膠再次流動，打破原來噴泉流造成之分子鏈平行破斷面之強度缺陷。
- 在最大抗拉強度方面只有微小的增加，回壓製程中以壓縮距離具有27.3%貢獻度最高，其次為壓縮延遲時間22.7%及射出速度18.4%，較大的壓縮距離、較短的壓縮延遲時間及較快的射出速度具有較高的拉伸強度。

結論 2/2



- 回壓製程能提升試片最大彎曲強度與彎曲降伏時之應變量，ANOVA分析顯示回壓壓力具有27%貢獻度最高，其次為模溫16.5%，較小的回壓壓力、較低的模具溫度及較大的壓縮距離具有較高的抗彎應力。
- 回壓製程能大幅提高試片之抗衝擊強度3.3倍，ANOVA分析顯示壓縮延遲時間具有42.7%貢獻度最高，其次為壓縮距離25.5%，較短的壓縮延遲時間及較大的壓縮距離具有較高的抗衝擊能力。
- 綜整參數設計結果上發現較大的壓縮距離、較短的壓縮延遲時間及較小的回壓壓力能獲致較大的拉伸、彎曲及衝擊強度。

謝謝各位的指導

有閒來臺東走走



粘世智 國立臺東專科學校 動力機械科副教授兼科主任
E-mail: lawrence@ntc.edu.tw Mobile Phone: 0910522646