

第五章 研究結果與討論

5.1 實驗試片定性定量分析：

將實驗完成的試片取澆道截面上的一小塊鑄鐵使用 EDX 進行定性定量分析，結果分別如圖 5-1、表 5-1 所示。定性分析方面：鑄鐵的成分元素包含了碳、鐵、鋅、矽和硫，成分顯示和實驗所鑄造的金屬成分與一般的鑄鐵成分相同。定量分析方面：在 500 倍的放大倍率下，對所見區域進行掃描。結果顯示碳的含量高達百分之廿六。高過一般認定的鑄鐵含碳量 2%至 6%。因為實驗用鑄鐵的比例調配是依師傅的經驗，因此只能向廠商索查詢到生鐵的成分，分別為碳 4.08%、矽 2.30%、錳 0.70%、磷 0.16%與硫 0.03%。EDX 量測出的鑄鐵含碳量過高的原因可能為取量的範圍還不夠大，或材料成份的不夠均勻分配所造成。

5.2 實驗試片變形量測結果：

實驗裡總共有五組澆鑄條件，如圖 5-2 所示。同樣的澆鑄條件下分別澆鑄兩次，試片分為 A、B 兩組。表 5-2 和表 5-3 數據是顯示 A、B 兩組試片每隔兩週量測的高度值。表 5-4 接續表 5-3，是將各條件下的 B 組試片再次表面研磨減少粗糙後，表面高度的量測值。表 5-5 與表 5-6 顯示每次量測間隔的高度差。試片鑄造完成日期為三月十五日。觀察高度變化日期自三月卅日至六月一日為止，共計兩個月。

以每次量測的高度與上次做比較，表 5-5 和表 5-6 顯示兩組試片每次測量的高度變化值大部分未超過 0.1mm，也就是原試片厚度的百分之五。表內用粗體表示高度比前次量測上升 0.1 mm，用灰背景表示高度比前次量測下降 0.1mm。大部分發生高度改變的位置，在下次量測都會補償回來，這現象的原因應該是量測的誤差所造成，像是試片表面的粗造度，或是試片在寬度方向的扭曲變形，造成量測時試片固定基準微微改變。推論在觀測高度的兩個月中，試片的外型並沒有再發生明顯變化。在這樣鑄造的五種條件下，自鑄造完成後的兩個禮拜起，鑄物的外形已經穩定，不會再持續變形下去。

各個條件下試片的變形曲線，如圖 5-4 至圖 5-8。各條件下 A、B 兩組的試片大致上有相同的變形趨勢。除了第四種條件 A、B 組的趨勢不同。推論由於條件四的 A 組試片鑄造產生明顯空洞，如圖 5-3，受到空洞的影響，使得收縮時變形方向不只受到物件幾何形狀與厚薄的影響。因此後續條件四 A 組試片資料不列入參考。將條件一、三所鑄成的試片相比較，發現有相同變形趨勢，變形量也相當接近。條件二的變形趨勢為中間下凹兩端翹起。條件四、五外形相同，進澆位置不同，而兩者都有條件二一半相似外型。三者的變形走勢在試片中央厚度改變處均有相同的變形趨勢，皆向厚度未改變方向發生摺疊。推測其原因是因為厚度增加側的凝固較晚，導致此種變形趨勢。

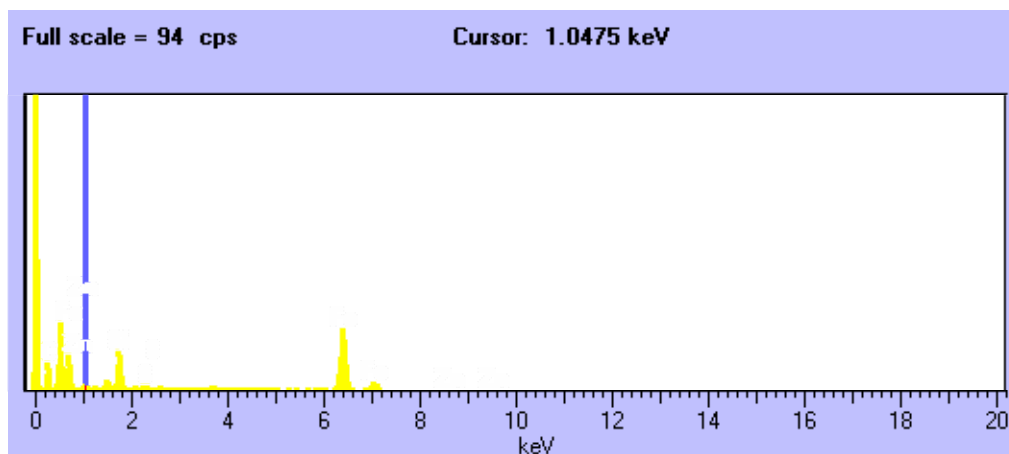


圖 5-1 EDX 定性分析結果

表 5-1 EDX 定量分析結果

SEMQuant results. Listed at 10:17:08 AM on 2005/6/7						
Operator: General						
Client: All ISIS users						
Job: Demonstration data SiLi detector						
Spectrum label:						
Elmt	Spect. Type	Inten. Corr.	Std Corr.	Element %	Sigma %	Atomic %
C	ED	0.590	3.09	26.20	0.59	62.64
Si	ED	0.891	1.76	6.77	0.18	6.43
Fe	ED	0.934	1.15	65.04	0.76	30.12
Zn	ED	0.861	0.82	1.99	0.77	0.81
Total				100.00		100.00

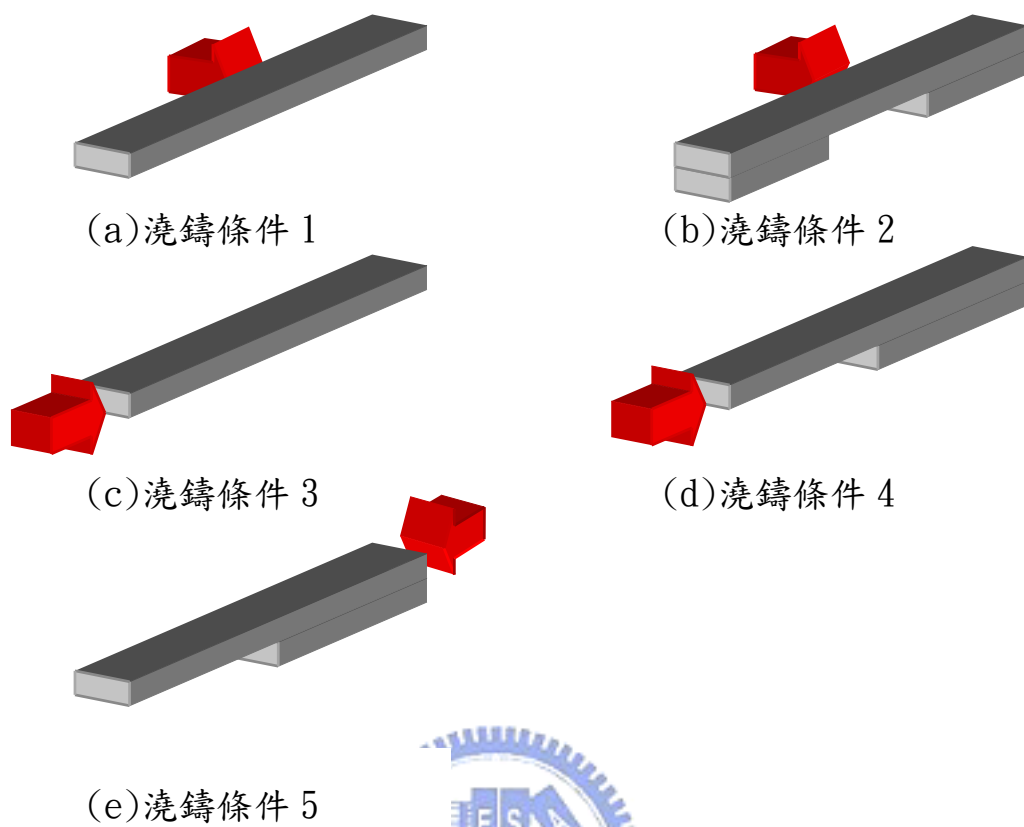


圖 5-2 五種澆鑄條件示意圖



圖 5-3 A 組條件四試片缺陷圖

表 5-2 實驗 A 組變形高度量測數據

Group A										
Exp.Date	Cond.	Horizontal Position(mm)								
		30	60	90	120	150	180	210	240	270
		Vertical Displacement(mm)								
3/30	1	0.000	0.053	0.776	0.249	-0.118	-0.576	-0.853	-1.170	-1.887
	2	0.000	-0.507	-0.664	-0.861	-1.328	-1.836	-1.963	-1.720	-1.087
	3	0.000	0.063	-0.174	-0.521	0.052	-1.086	-1.083	-1.420	-1.757
	4	0.000	-0.211	-0.761	-1.002	-1.513	-1.474	-1.674	-2.035	-2.546
	5	0.000	-0.201	-0.941	-1.302	-1.533	-2.114	-2.774	-3.065	-3.436
4/13	1	0.000	0.113	0.786	0.269	-0.068	-0.536	-0.783	-1.220	-1.857
	2	0.000	-0.467	-0.574	-0.891	-1.328	-1.726	-1.903	-0.630	-0.017
	3	0.000	0.043	-0.184	-0.521	-0.978	-1.136	-1.163	-1.440	-1.807
	4	0.000	-0.181	-0.671	-0.992	-1.513	-1.514	-1.664	-2.065	-2.566
	5	0.000	-0.011	-0.851	-1.132	-1.483	-1.964	-2.774	-3.005	-3.366
4/27	1	0.000	0.063	0.766	0.279	-0.048	-0.506	-0.783	-1.130	-1.807
	2	0.000	-0.507	-0.614	-0.871	-1.268	-1.796	-1.943	-1.690	-1.097
	3	0.000	0.083	-0.144	-0.481	-0.948	-1.066	-1.043	-1.160	-1.747
	4	0.000	-0.191	-0.671	-1.022	-1.533	-1.474	-1.684	-2.045	-2.596
	5	0.000	-0.101	-0.931	-1.282	-1.503	-2.014	-2.704	-2.915	-3.306
5/11	1	0.000	0.103	0.786	0.259	-0.018	-0.466	-0.743	-1.150	-1.767
	2	0.000	-0.537	-0.674	-0.911	-1.278	-1.856	-2.013	-1.790	-1.207
	3	0.000	0.083	-0.134	-0.501	-0.948	-1.076	-1.043	-1.370	-1.747
	4	0.000	-0.181	-0.681	-0.992	-1.493	-1.464	-1.664	-2.005	-2.626
	5	0.000	-0.091	-0.891	-1.272	-1.453	-1.964	-2.654	-2.875	-3.276
5/25	1	0.000	0.103	0.816	0.279	-0.018	-0.475	-0.663	-1.090	-1.787
	2	0.000	-0.527	-0.674	-0.911	-1.438	-1.896	-2.083	-1.840	-1.267
	3	0.000	0.103	-0.104	-0.461	-0.938	-1.046	-1.013	-1.350	-1.717
	4	0.000	-0.161	-0.631	-0.972	-1.493	-1.434	-1.654	-2.025	-2.626
	5	0.000	-0.101	-0.921	-1.332	-1.553	-2.094	-2.804	-3.035	-3.466
6/1	1	0.000	0.113	0.826	0.309	0.002	-0.446	-0.733	-1.070	-1.737
	2	0.000	-0.517	-0.624	-0.901	-1.448	-1.916	-2.083	-1.820	-1.237
	3	0.000	0.073	-0.174	-0.511	-0.988	-1.066	-1.033	-1.380	-1.747
	4	0.000	-0.231	-0.611	-0.972	-1.493	-1.434	-1.634	-1.985	-2.586
	5	0.000	-0.081	-0.901	-1.292	-1.503	-2.064	-2.804	-3.015	-3.446

表 5-3 實驗 B 組變形高度量測數據

Group B									
Exp.Date	Cond.	Horizontal Position(mm)							
		30	60	90	120	150	180	210	240
		Vertical Displacement(mm)							
3/30	1	0.000	-0.197	-0.304	-0.781	-0.798	-0.966	-1.173	-1.550
	2	0.000	-0.697	-1.424	-1.821	-1.618	-1.196	-0.903	-0.570
	3	0.000	-0.107	-0.344	-0.701	-0.898	-1.156	-1.523	-1.760
	4	0.000	0.519	0.907	1.218	1.027	0.957	1.096	0.825
	5	0.000	-0.151	-0.391	-0.782	-1.583	-1.664	-1.994	-2.165
4/13	1	0.000	-0.257	-0.384	-0.851	-0.878	-1.026	-1.283	-1.620
	2	0.000	-0.557	-1.284	-1.671	-1.448	-1.076	-0.803	-0.570
	3	0.000	-0.127	-0.324	-0.691	-0.908	-1.186	-1.533	-1.830
	4	0.000	0.509	0.939	1.208	1.017	0.887	0.996	0.735
	5	0.000	-0.351	-0.471	-0.742	-1.143	-1.894	-1.824	-2.405
4/27	1	0.000	-0.247	-0.364	-0.841	-0.868	-1.006	-1.223	-1.640
	2	0.000	-0.717	-1.494	-1.821	-1.618	-1.216	-0.873	-0.690
	3	0.000	-0.117	-0.304	-0.651	-0.878	-1.126	-1.453	-1.690
	4	0.000	0.569	1.009	1.298	1.097	0.996	1.146	0.875
	5	0.000	-0.111	-0.401	-0.802	-1.633	-1.554	-2.024	-2.195
5/11	1	0.000	-0.257	-0.384	-0.881	-0.898	-1.046	-1.263	-1.640
	2	0.000	-0.647	-1.404	-1.781	-1.558	-1.156	-0.843	-0.630
	3	0.000	-0.127	-0.294	-0.651	-0.888	-1.106	-1.463	-1.740
	4	0.000	0.639	1.069	1.358	1.187	1.087	1.216	0.975
	5	0.000	-0.101	-0.391	-0.802	-1.583	-1.544	-2.004	-2.175
5/25	1	0.000	-0.257	-0.364	0.129	-0.898	-1.056	-1.243	-1.630
	2	0.000	-0.627	-1.394	-1.741	-1.548	-1.146	-0.853	-0.630
	3	0.000	-0.117	-0.304	-0.661	-0.868	-1.116	-1.453	-1.780
	4	0.000	0.579	1.029	1.348	1.147	1.047	1.176	0.935
	5	0.000	-0.101	-0.391	-0.802	-1.643	-1.544	-2.064	-2.175

表 5-4 實驗 B 組變形高度量測數據(經過表面磨光處理)

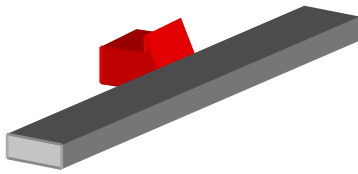
Group B										
Exp.Date	Cond.	Horizontal Position(mm)								
		30	60	90	120	150	180	210	240	270
		Vertical Displacement(mm)								
5/30	1	0.000	-0.247	-0.364	-0.851	-0.858	-1.006	-1.223	-1.630	-1.837
	2	0.000	-0.547	-1.244	-1.621	-1.418	-1.036	-0.733	-0.610	-0.517
	3	0.000	-0.117	-0.274	-0.641	-0.858	-1.106	-1.433	-1.650	-1.837
	4	0.000	0.769	1.269	1.538	1.387	1.307	1.416	1.185	0.734
	5	0.000	-0.131	-0.401	-0.752	-1.613	-1.674	-2.014	-2.205	-2.426
6/1	1	0.000	-0.267	-0.354	-0.841	-0.848	-1.026	-1.213	-1.610	-1.817
	2	0.000	-0.557	-1.264	-1.621	-1.428	-1.036	-0.973	-0.610	-0.497
	3	0.000	-0.127	-0.284	-0.691	-0.898	-1.136	-1.453	-1.700	-1.857
	4	0.000	0.759	1.259	1.548	1.357	1.257	1.376	1.125	0.674
	5	0.000	-0.131	-0.411	-0.802	-1.623	-1.694	-2.024	-2.225	-2.446

表 5-5 實驗 A 組變形高度變化值

Group A										
Exp.Date	Cond.	Horizontal Position(mm)								
		30	60	90	120	150	180	210	240	270
		Vertical Displacement(mm)								
4/13~3/30	1	0.000	0.060	0.010	0.020	0.050	0.040	0.070	-0.050	0.030
	2	0.000	0.040	0.090	-0.030	0.000	0.110	0.060	1.090	1.070
	3	0.000	-0.020	-0.010	-0.000	-1.030	-0.050	-0.080	-0.020	-0.050
	4	0.000	0.030	0.090	0.010	-0.000	-0.040	0.010	-0.030	-0.020
	5	0.000	0.190	0.090	0.170	0.050	0.150	0.000	0.060	0.070
4/27~4/13	1	0.000	-0.050	-0.020	0.010	0.020	0.030	0.000	0.090	0.050
	2	0.000	-0.040	-0.040	0.020	0.060	-0.070	-0.040	-1.060	-1.080
	3	0.000	0.040	0.040	0.040	0.030	0.070	0.120	0.280	0.060
	4	0.000	-0.010	0.000	-0.030	-0.020	0.040	-0.020	0.020	-0.030
	5	0.000	-0.090	-0.080	-0.150	-0.020	-0.050	0.070	0.090	0.060
5/11~4/27	1	0.000	0.040	0.020	-0.020	0.030	0.040	0.040	-0.020	0.040
	2	0.000	-0.030	-0.060	-0.040	-0.010	-0.060	-0.070	-0.100	-0.110
	3	0.000	0.000	0.010	-0.020	0.000	-0.010	0.000	-0.210	0.000
	4	0.000	0.010	-0.010	0.030	0.040	0.010	0.020	0.040	-0.030
	5	0.000	0.010	0.040	0.010	0.050	0.050	0.050	0.040	0.030
5/25~5/11	1	0.000	0.000	0.030	0.020	-0.000	-0.010	0.080	0.060	-0.020
	2	0.000	0.010	0.000	0.000	-0.160	-0.040	-0.070	-0.050	-0.060
	3	0.000	0.020	0.030	0.040	0.010	0.030	0.030	0.020	0.030
	4	0.000	0.020	0.050	0.020	0.000	0.030	0.010	-0.020	0.000
	5	0.000	-0.010	-0.030	-0.060	-0.100	-0.130	-0.150	-0.160	-0.190
6/1~5/25	1	0.000	0.010	0.010	0.030	0.020	0.030	-0.070	0.020	0.050
	2	0.000	0.010	0.050	0.010	-0.010	-0.020	0.000	0.020	0.030
	3	0.000	-0.030	-0.070	-0.050	-0.050	-0.020	-0.020	-0.030	-0.030
	4	0.000	-0.070	0.020	0.000	-0.000	0.000	0.020	0.040	0.040
	5	0.000	0.020	0.020	0.040	0.050	0.030	0.000	0.020	0.020

表 5-6 實驗 B 組變形高度變化值

Group B									
Exp.Date	Cond.	Horizontal Position(mm)							
		30	60	90	120	150	180	210	240
		Vertical Displacement(mm)							
4/13~3/30	1	0.000	-0.060	-0.080	-0.070	-0.080	-0.060	-0.110	-0.070
	2	0.000	0.140	0.140	0.150	0.170	0.120	0.100	0.000
	3	0.000	-0.020	0.020	0.010	-0.010	-0.030	-0.010	-0.070
	4	0.000	-0.010	0.032	-0.010	-0.010	-0.070	-0.100	-0.090
	5	0.000	-0.200	-0.080	0.040	0.440	-0.230	0.170	-0.240
4/27~4/13	1	0.000	0.010	0.020	0.010	0.010	0.020	0.060	-0.020
	2	0.000	-0.160	-0.210	-0.150	-0.170	-0.140	-0.070	-0.120
	3	0.000	0.010	0.020	0.040	0.030	0.060	0.080	0.140
	4	0.000	0.060	0.070	0.090	0.080	0.110	0.150	0.140
	5	0.000	0.240	0.070	-0.060	-0.490	0.340	-0.200	0.210
5/11~4/27	1	0.000	-0.010	-0.020	-0.040	-0.030	-0.040	-0.040	0.000
	2	0.000	0.070	0.090	0.040	0.060	0.060	0.030	0.060
	3	0.000	-0.010	0.010	0.000	-0.010	0.020	-0.010	-0.050
	4	0.000	0.070	0.060	0.060	0.090	0.090	0.070	0.100
	5	0.000	0.010	0.010	0.000	0.050	0.010	0.020	0.020
5/25~5/11	1	0.000	0.000	0.020	1.010	0.000	-0.010	0.020	0.010
	2	0.000	0.020	0.010	0.040	0.010	0.010	-0.010	0.000
	3	0.000	0.010	-0.010	-0.010	0.020	-0.010	0.010	-0.040
	4	0.000	-0.060	-0.040	-0.010	-0.040	-0.040	-0.040	-0.040
	5	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.060	0.000	-0.060	0.000
6/1~5/30	1	0.000	-0.020	0.010	0.010	0.010	-0.020	0.010	0.020
	2	0.000	-0.010	-0.020	0.000	-0.010	0.000	-0.240	0.000
	3	0.000	-0.010	-0.010	-0.050	-0.040	-0.030	-0.020	-0.050
	4	0.000	-0.010	-0.010	0.010	-0.030	-0.050	-0.040	-0.060
	5	0.000	-0.000	-0.010	-0.050	-0.010	-0.020	-0.010	-0.020



澆鑄條件 1 示意圖

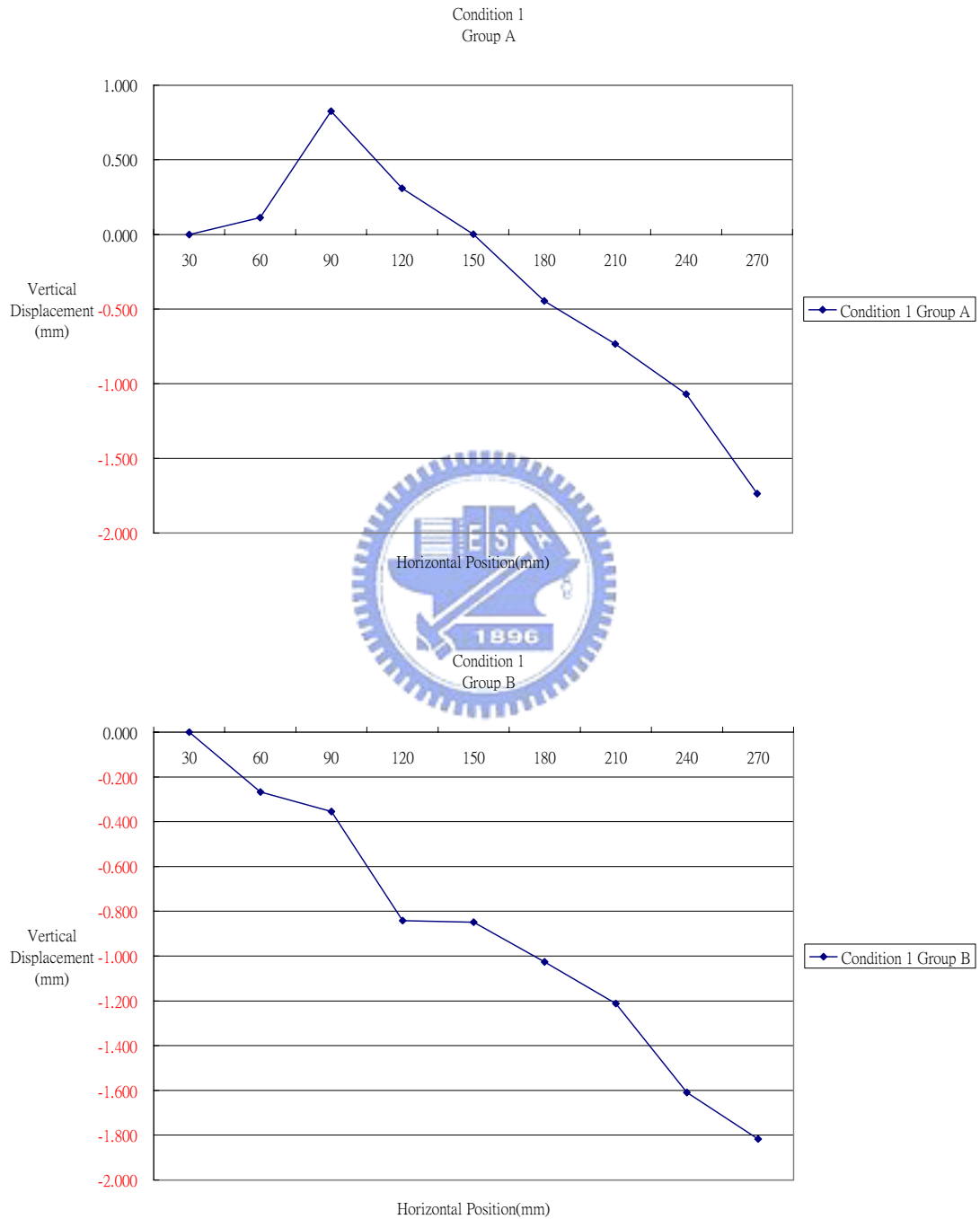
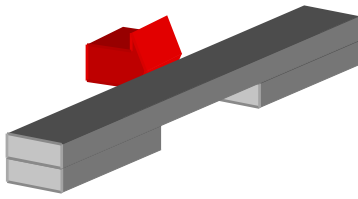


圖 5-4 澆鑄條件 1 變形曲線



澆鑄條件 2 示意圖

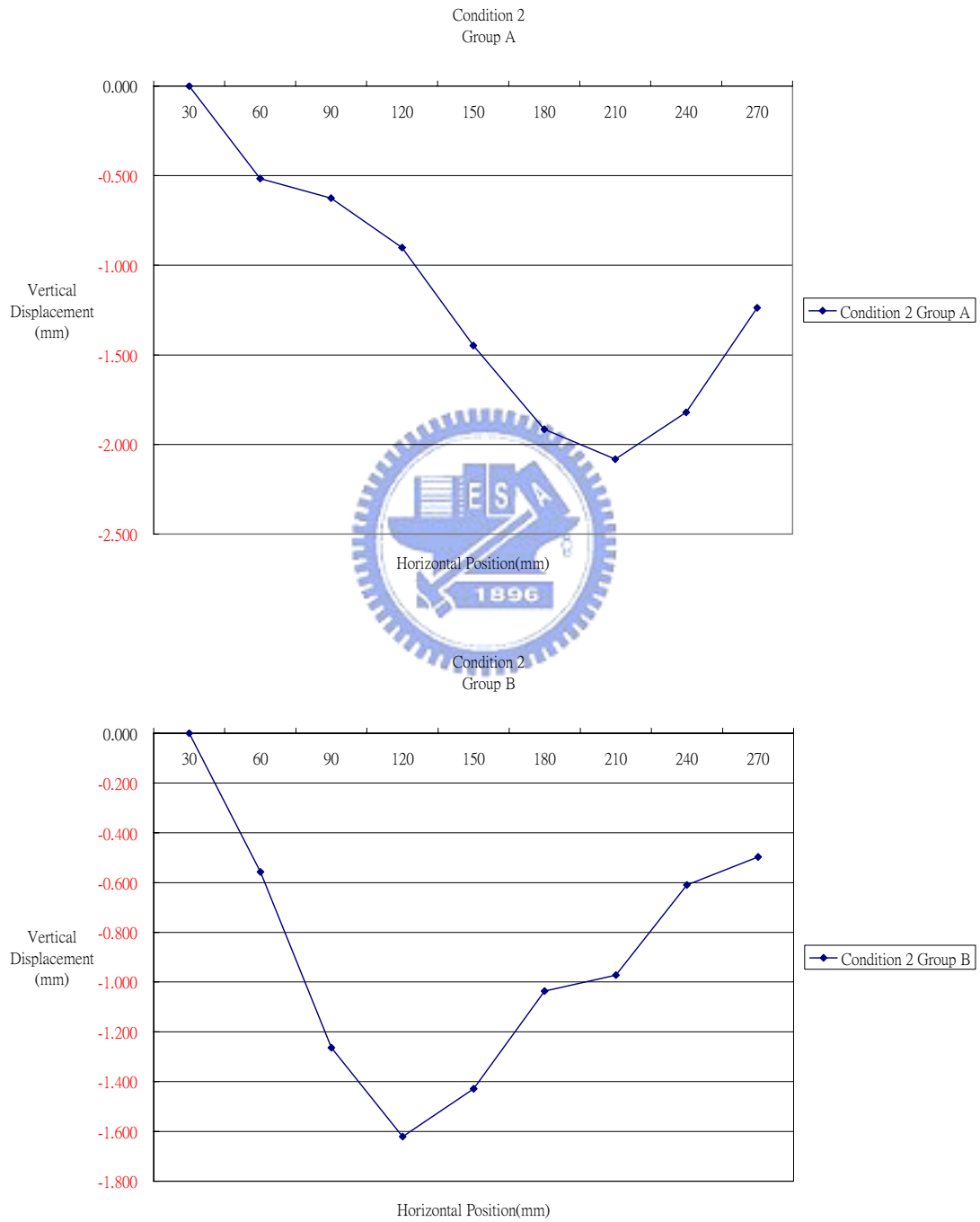
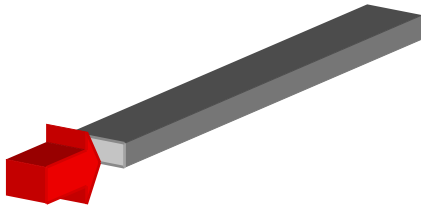


圖 5-5 澆鑄條件 2 變形曲線



澆鑄條件 3 示意圖

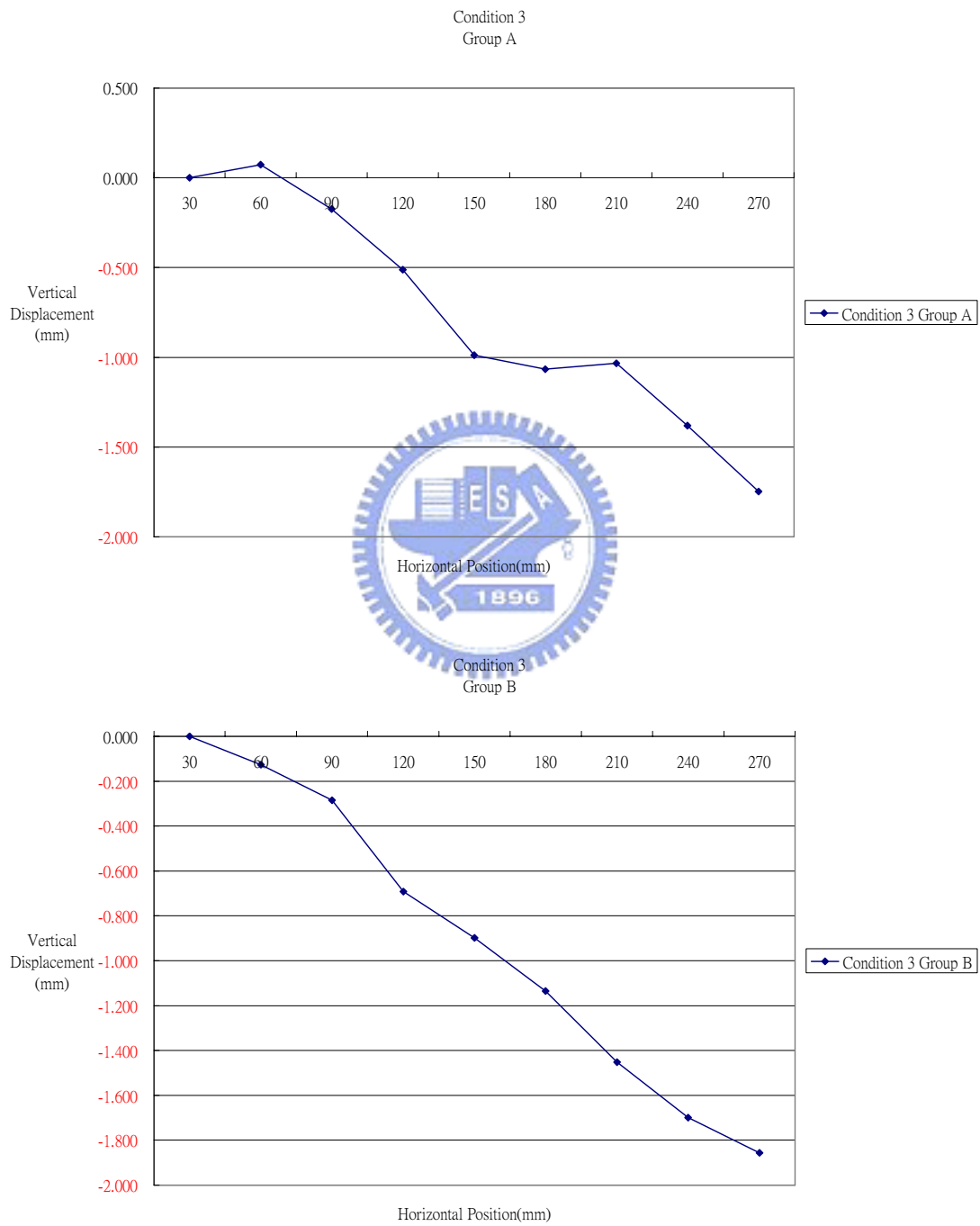
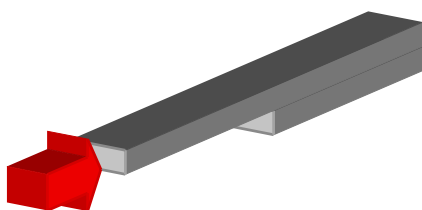


圖 5-6 澆鑄條件 3 變形曲線



澆鑄條件 4 示意圖

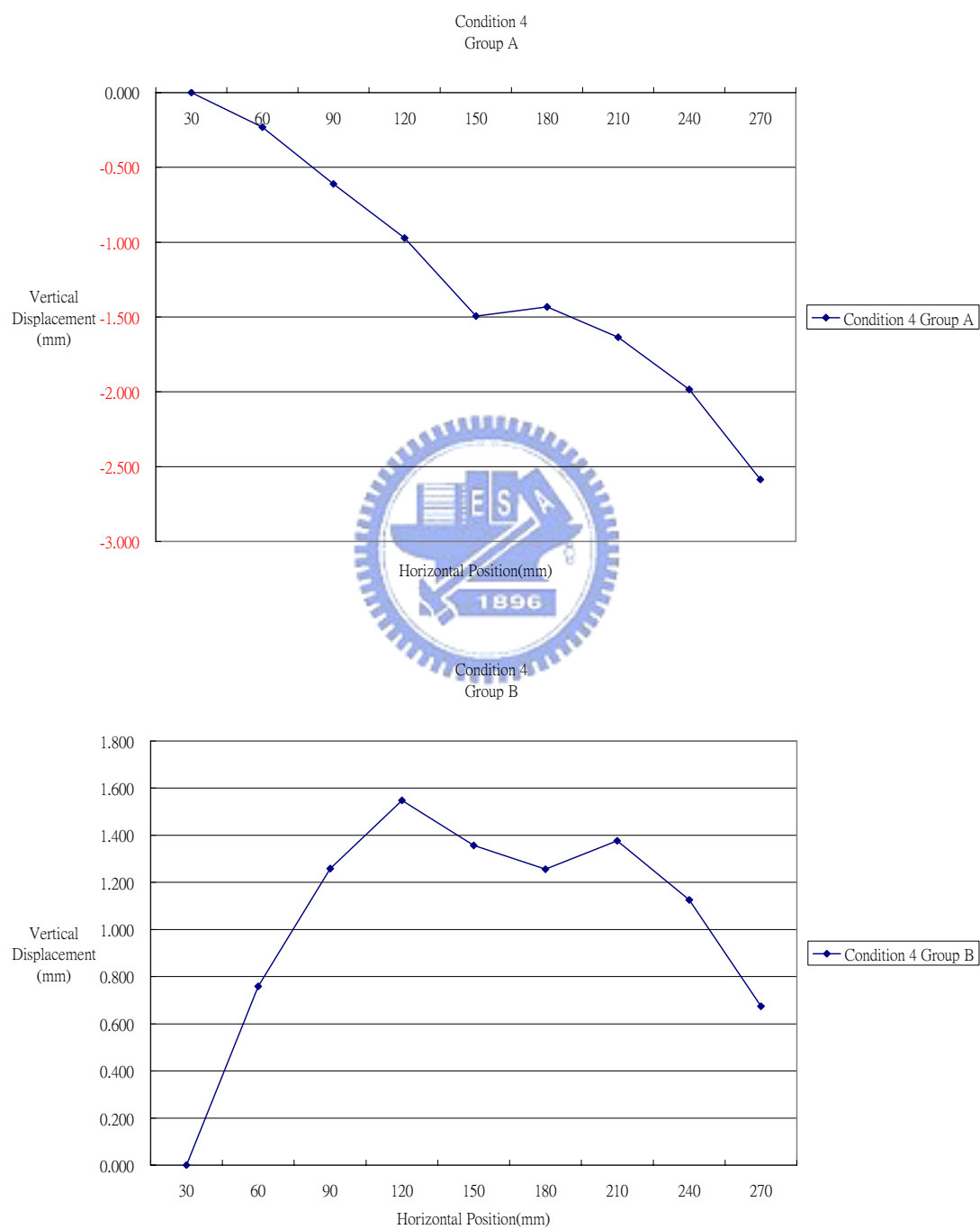
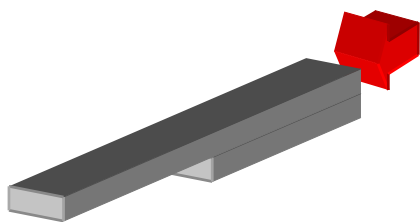


圖 5-7 澆鑄條件 4 變形曲線



澆鑄條件 5 示意圖

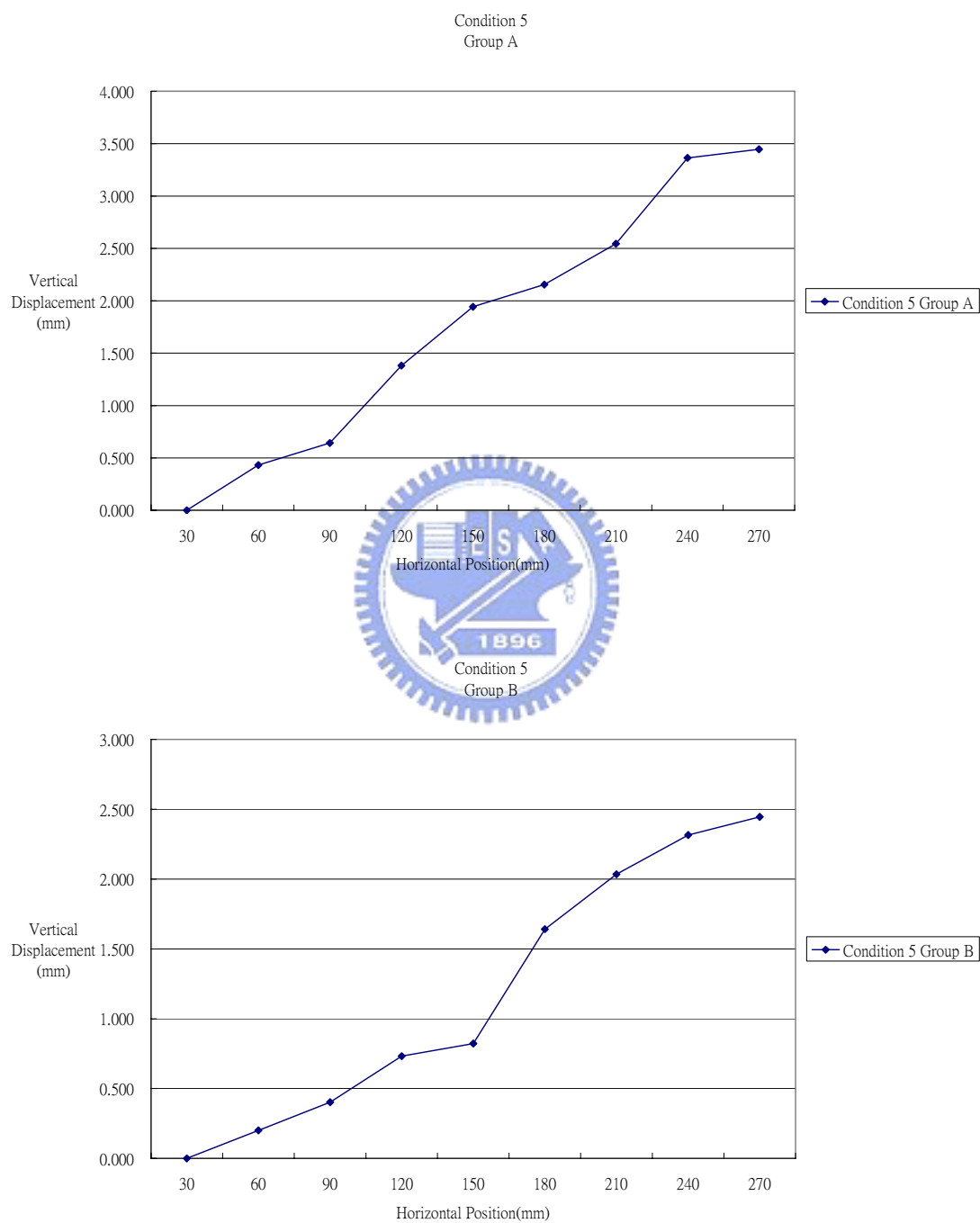


圖 5-8 澆鑄條件 5 變形曲線

5.3 Flow-3D 模擬結果與討論

圖 5-9、圖 5-11、圖 5-13、圖 5-15 和圖 5-17 為五種不同條件下模穴內鐵水流動模擬情形。流動情形方面，Flow-3D 模擬鐵水流動產生了明顯的回流。至於圖 5-10、圖 5-12、圖 5-14、圖 5-16 和圖 5-18 為五種不同鑄造條件下，模穴內不同 Z 高度截面的溫度分布圖。由於溫度下降的速度很快，因此圖片顯示溫度的分布受到流動的影響很大。

5.4 ABAQUS 模擬結果與討論

圖 5-19 至圖 5-23 顯示 ABAQUS 模擬高度變形的結果。在變形趨勢方面，條件一、條件二和條件三的實驗與模擬有相同變形趨勢。條件一與條件三的變形趨勢都為隨著試片位置往右，表面的高度漸漸下降；條件二則是試片中央位置的表面高度最低，越往兩側其表面高度漸增。在條件四和條件五上，實驗與模擬的變形趨勢看似不同。但模擬結果顯示試片厚度改變處會造成試片彎曲的走向，而且模擬和實驗彎曲走向的結果相同，也和條件二厚度改變處模擬與實驗的變形走向相同。在變形量上，條件二、條件四和條件五有較大變形量，最高處和最低處相差都約為 $2e^{-4}m$ ，比實驗小了一個數量級。條件一和條件三最高處和最低處的變形量相差約 $4e^{-5}m$ 。

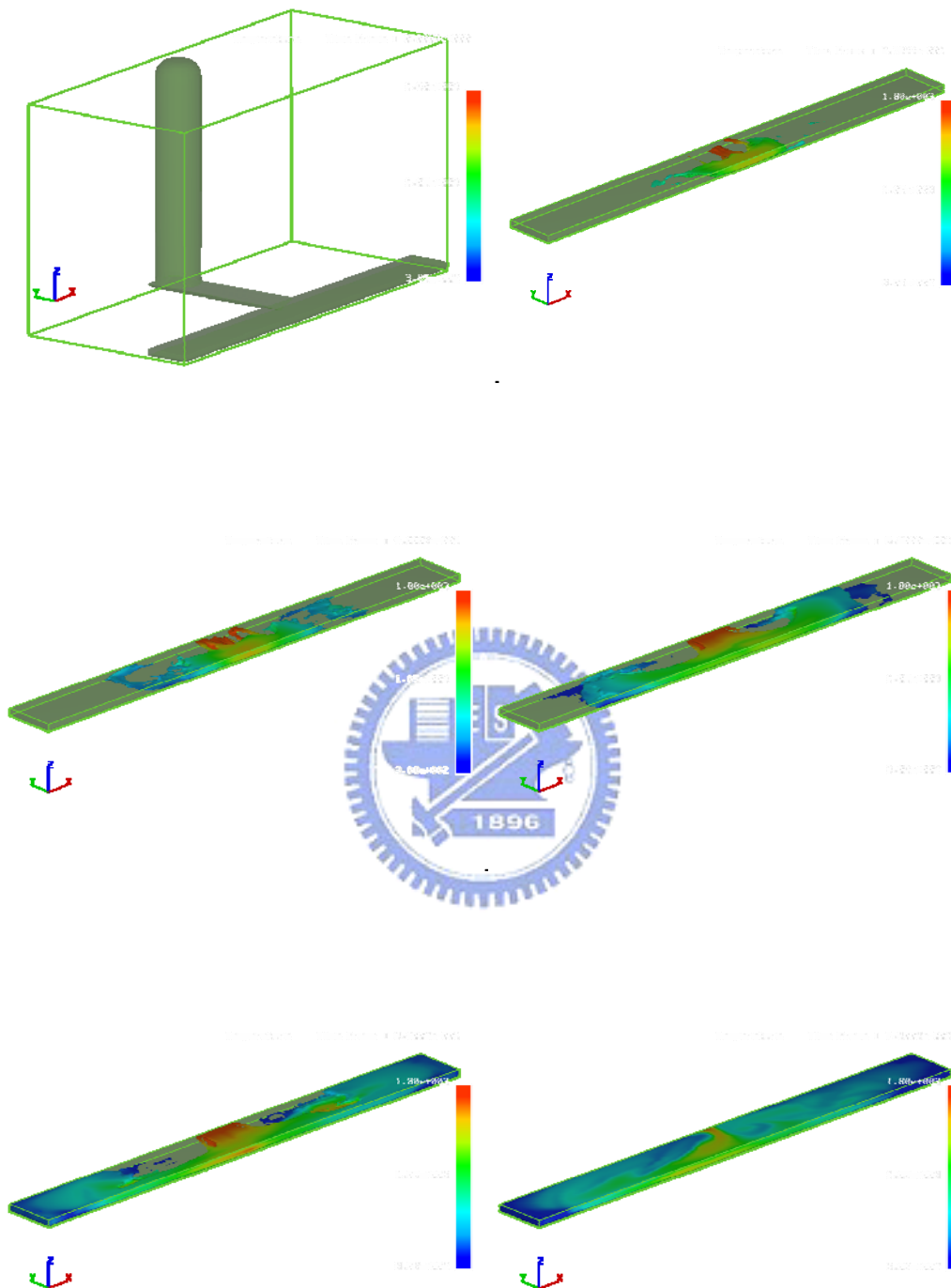


圖 5-9 澆鑄條件 1 流動模擬圖

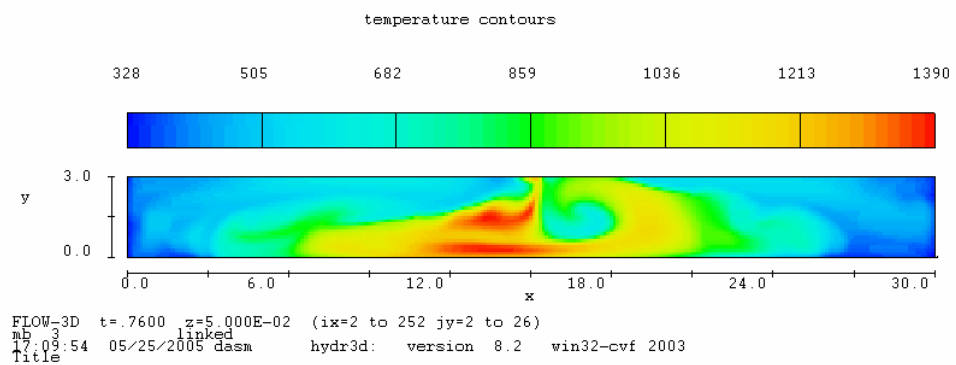
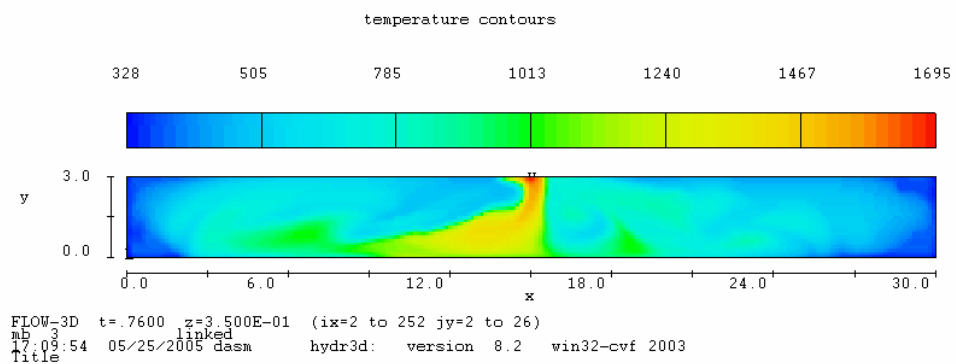


圖 5-10 澆鑄條件 1 試片溫度分布模擬圖

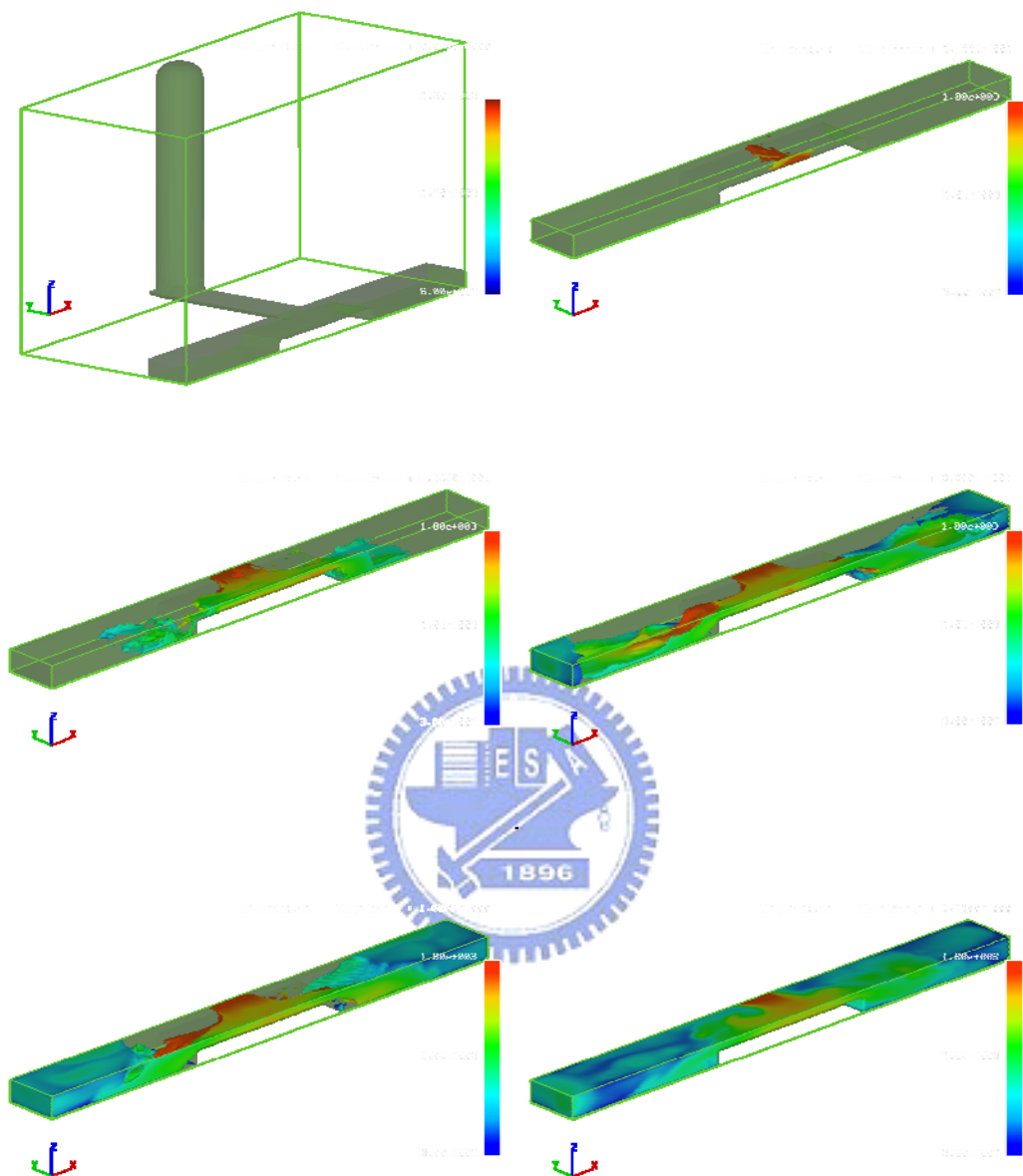


圖 5-11 澆鑄條件 2 流動模擬圖

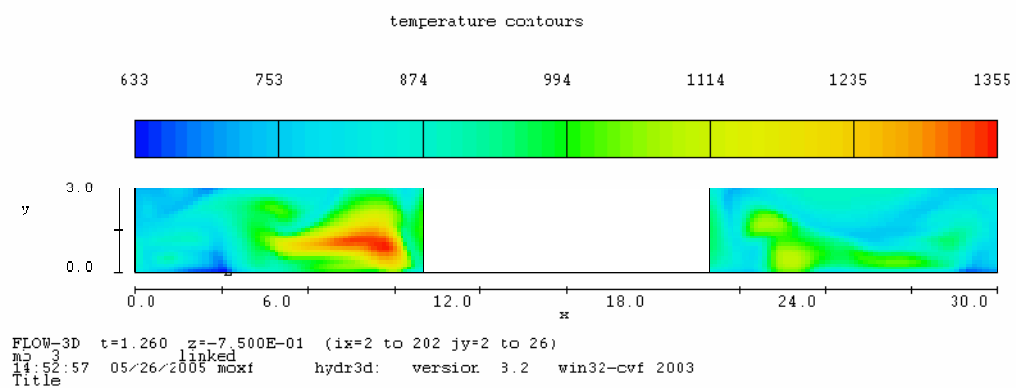
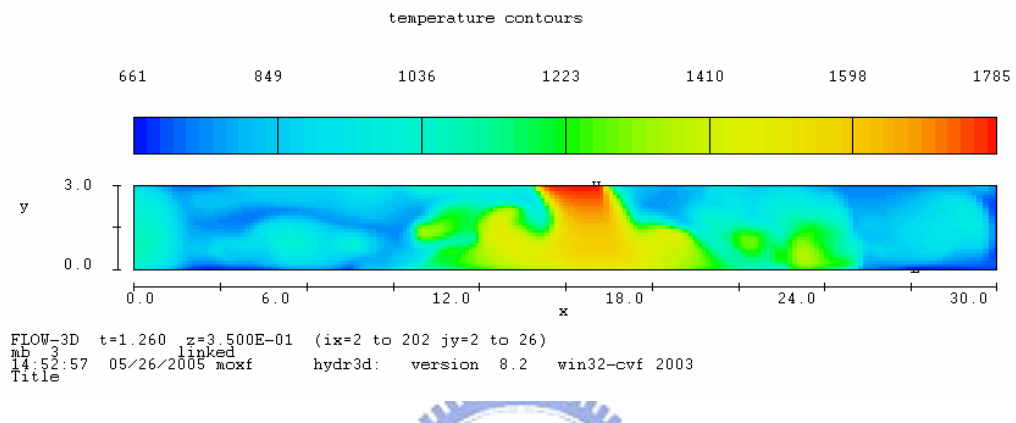


圖 5-12 澆鑄條件 2 試片溫度分布模擬圖

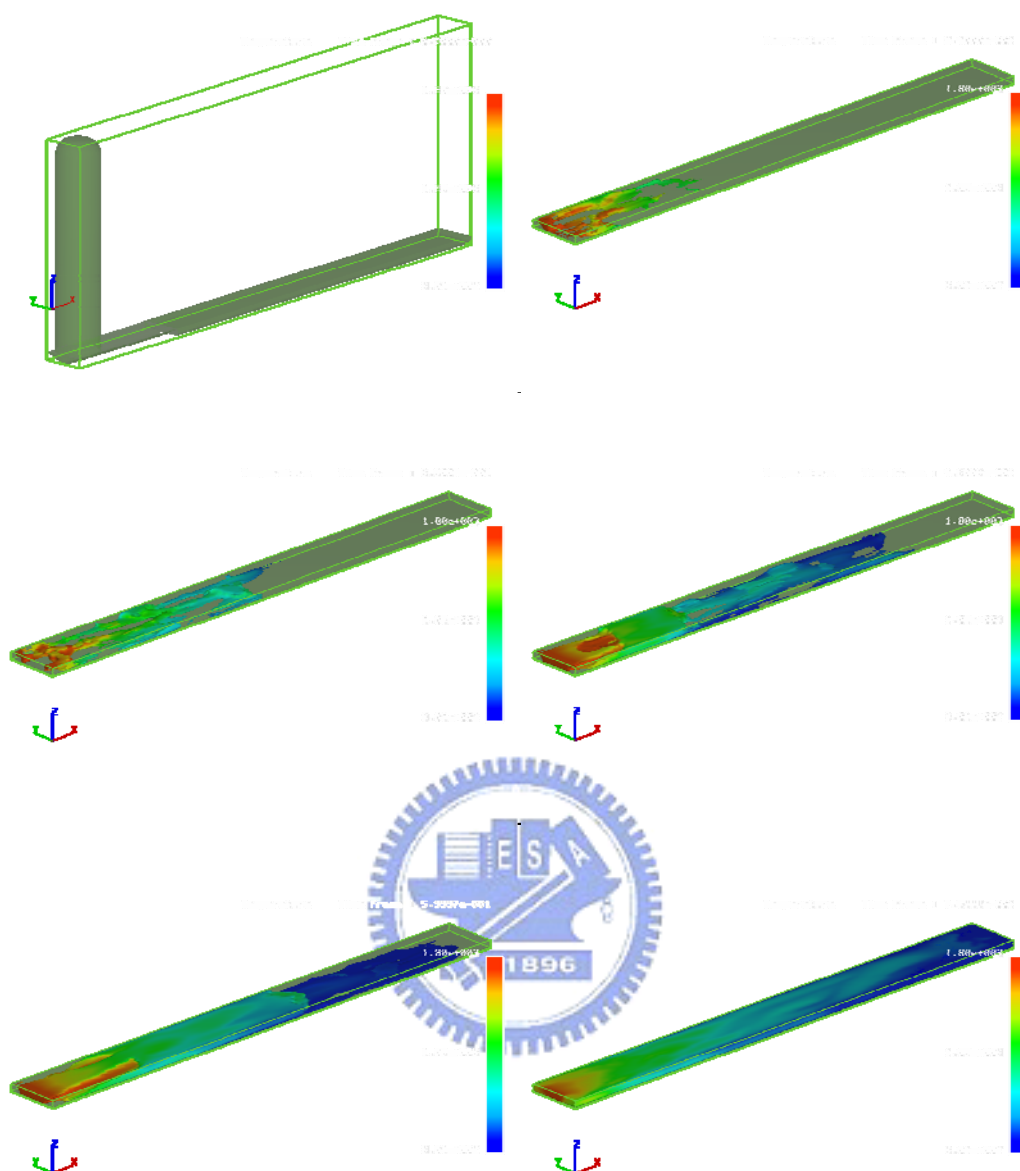


圖 5-13 澆鑄條件 3 流動模擬圖

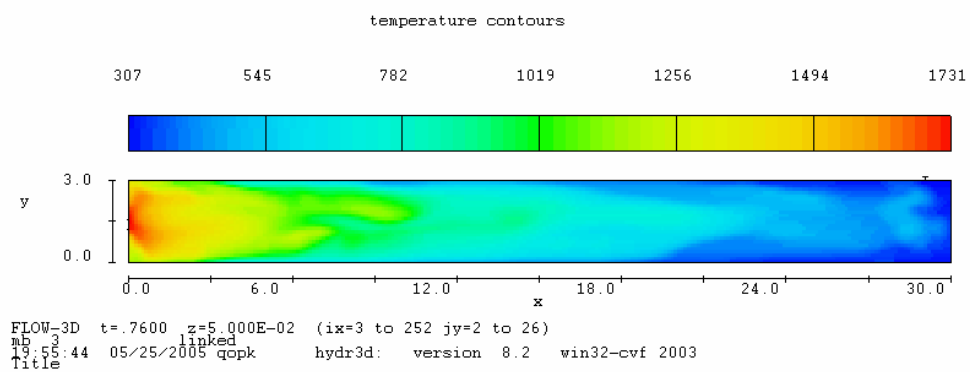
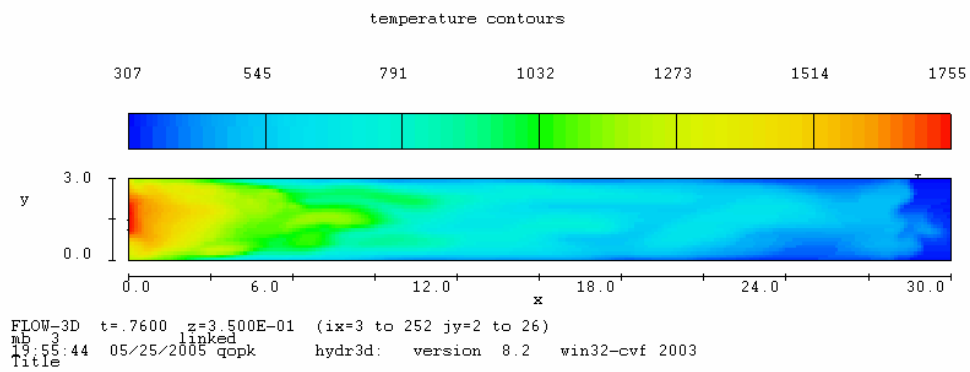


圖 5-14 澆鑄條件 3 試片溫度分布模擬圖

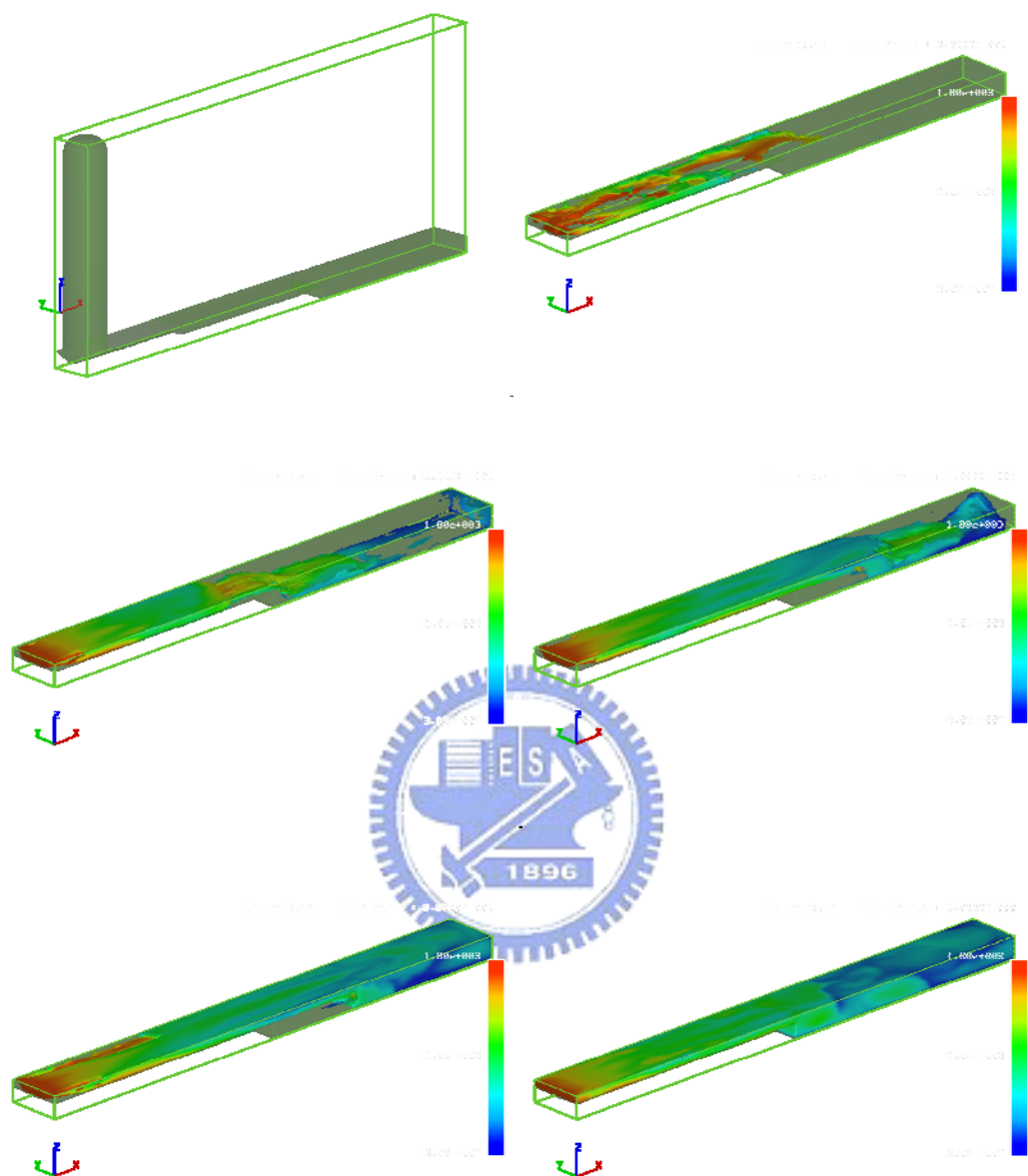


圖 5-15 澆鑄條件 4 流動模擬情形

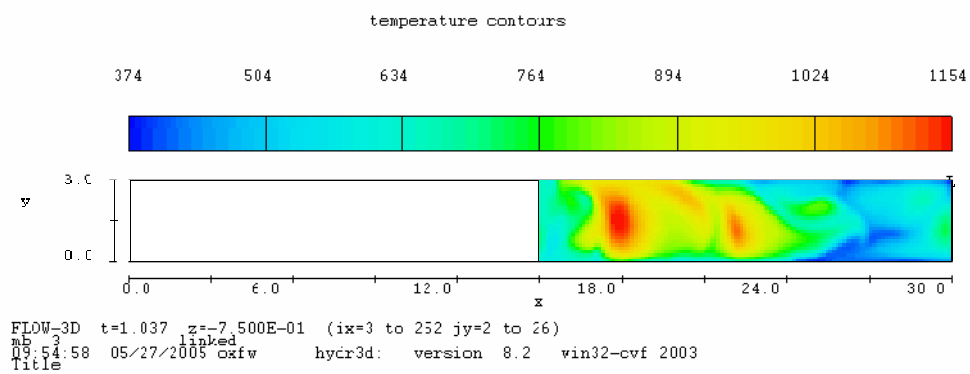
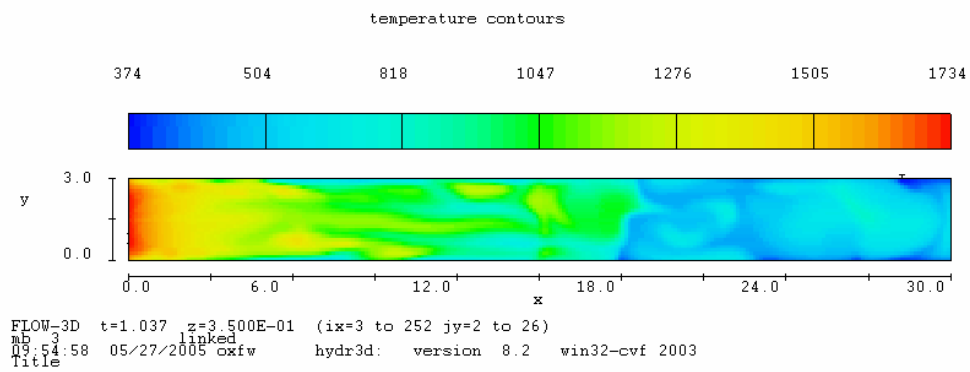


圖 5-16 澆鑄條件 4 試片溫度分布模擬圖

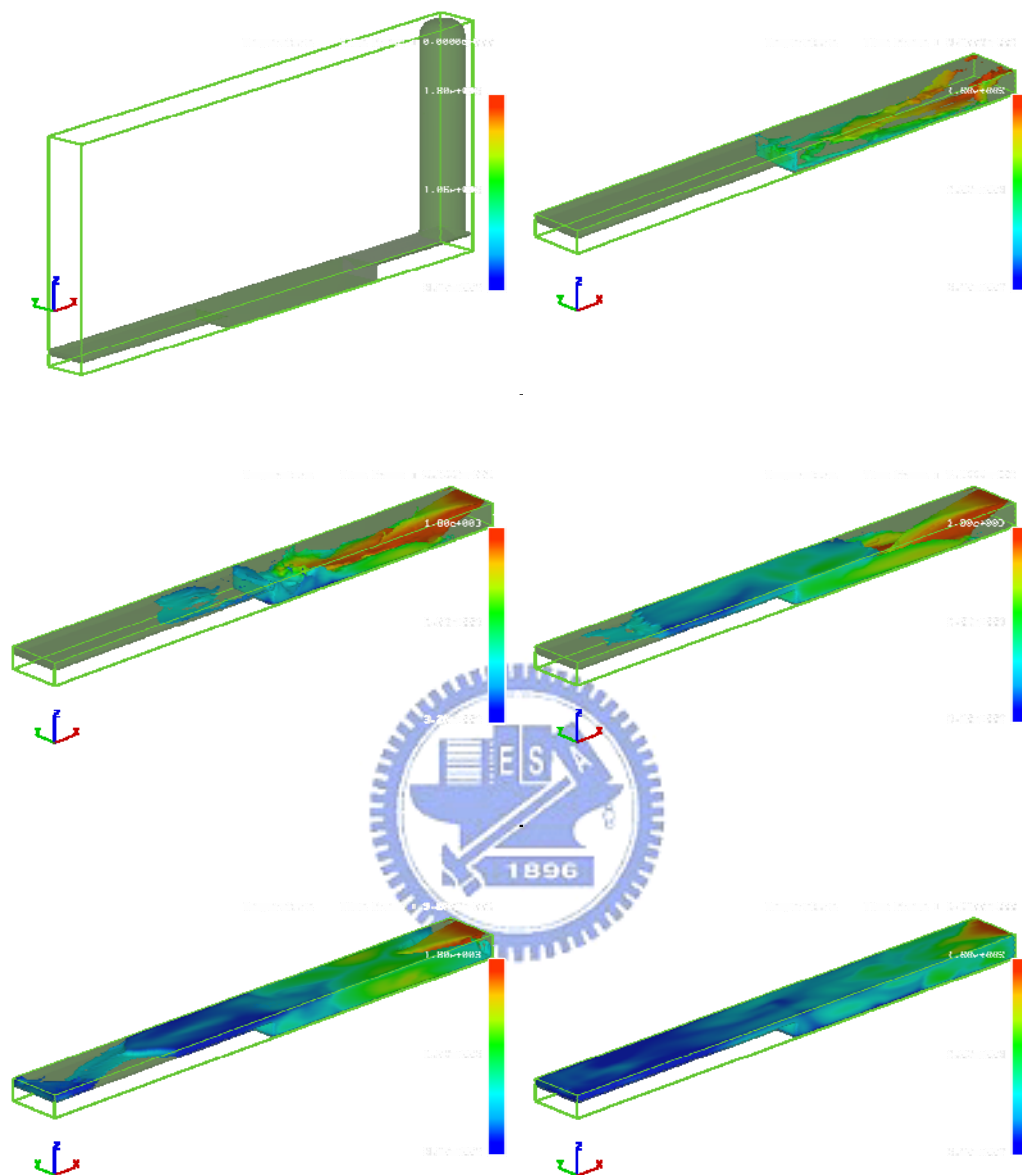


圖 5-17 澆鑄條件 5 流動模擬圖

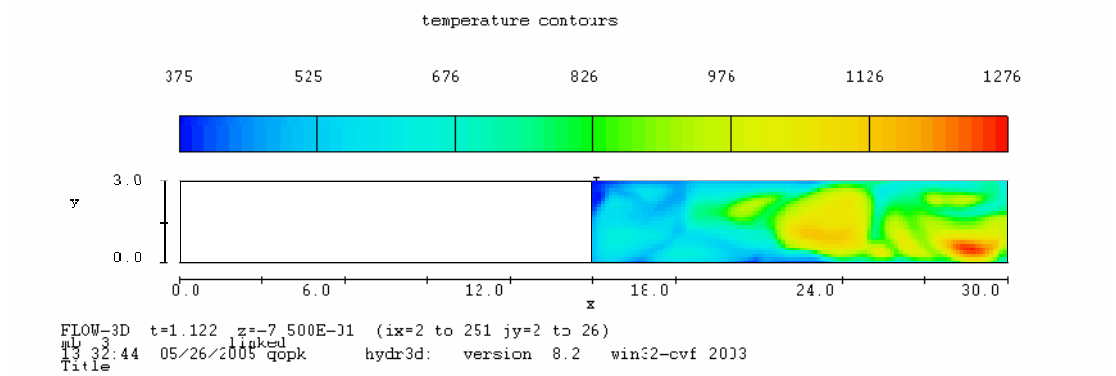
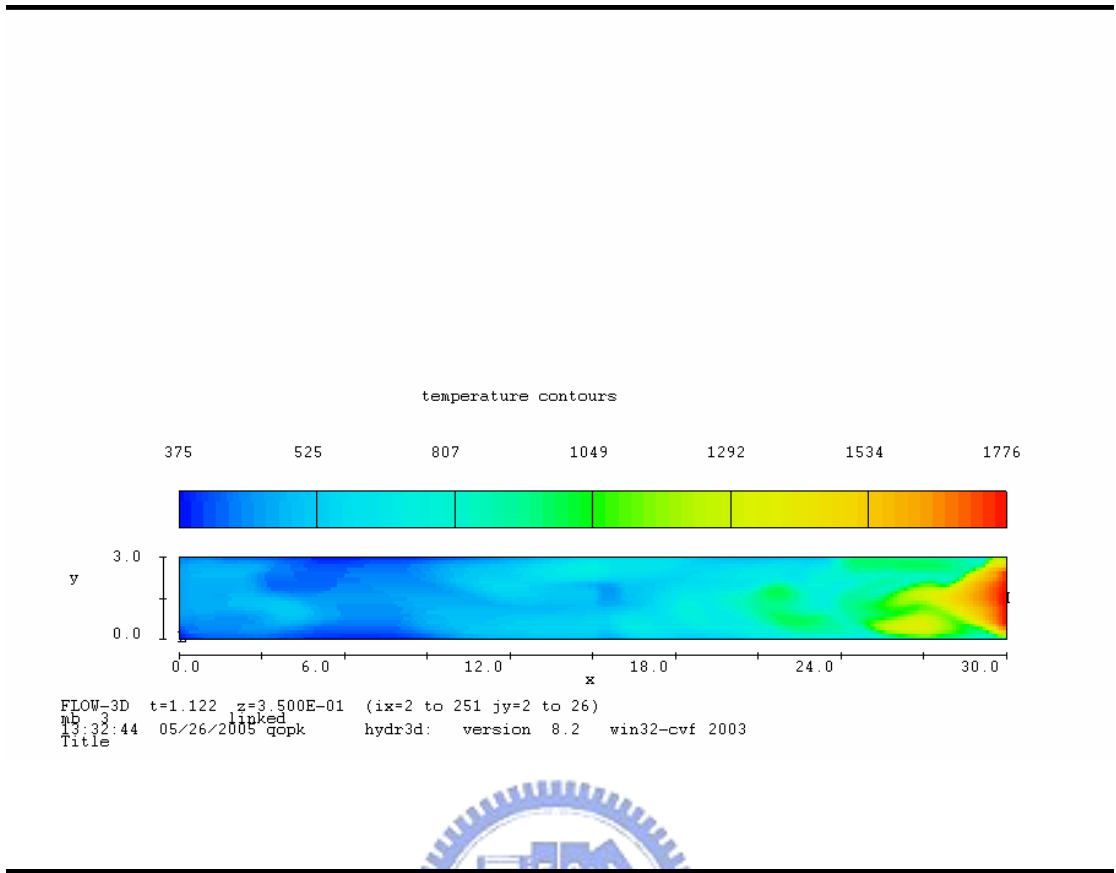


圖 5-18 澆鑄條件 5 試片溫度分布模擬圖

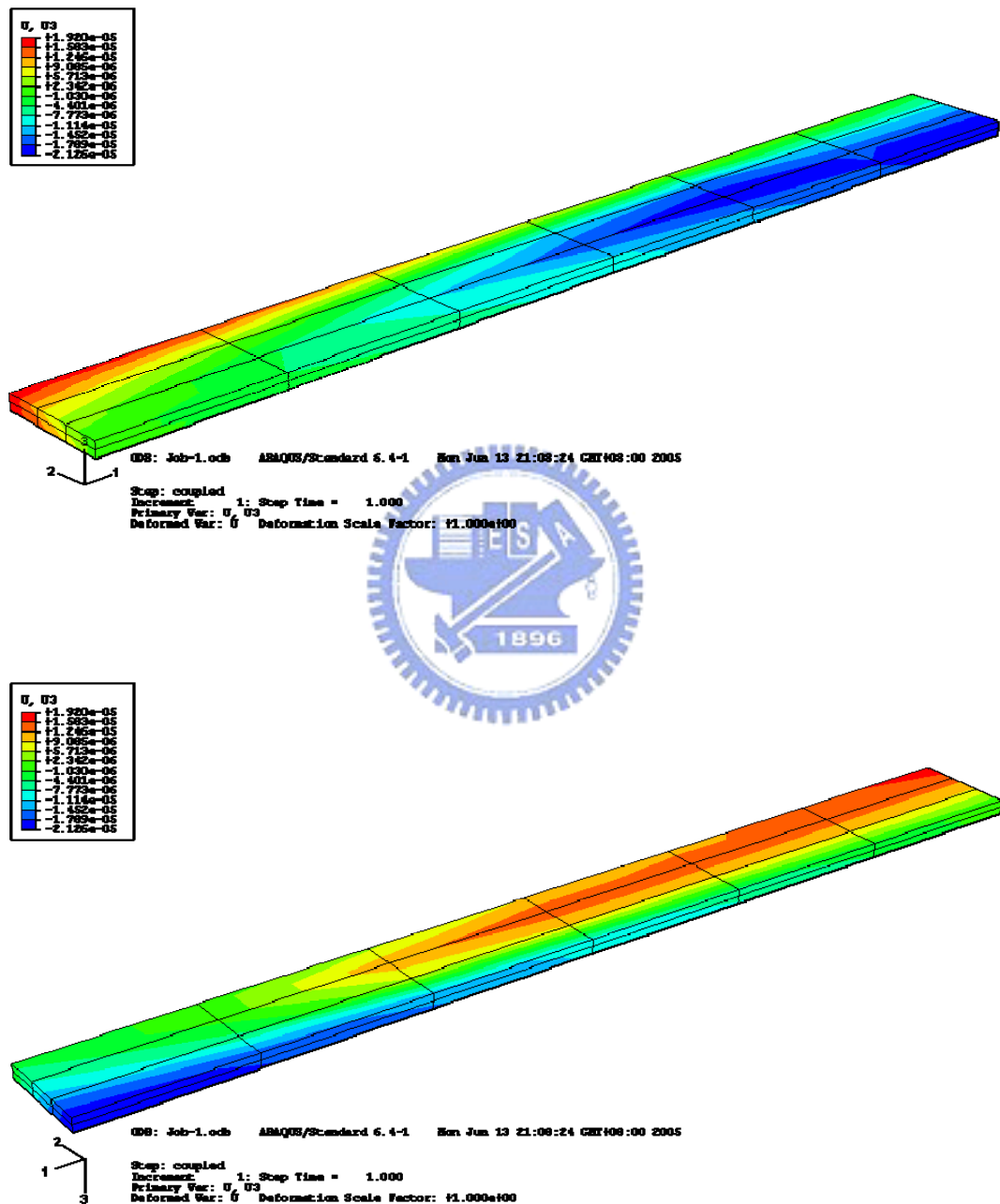


圖 5-19 澆鑄條件 1 試片變形模擬圖

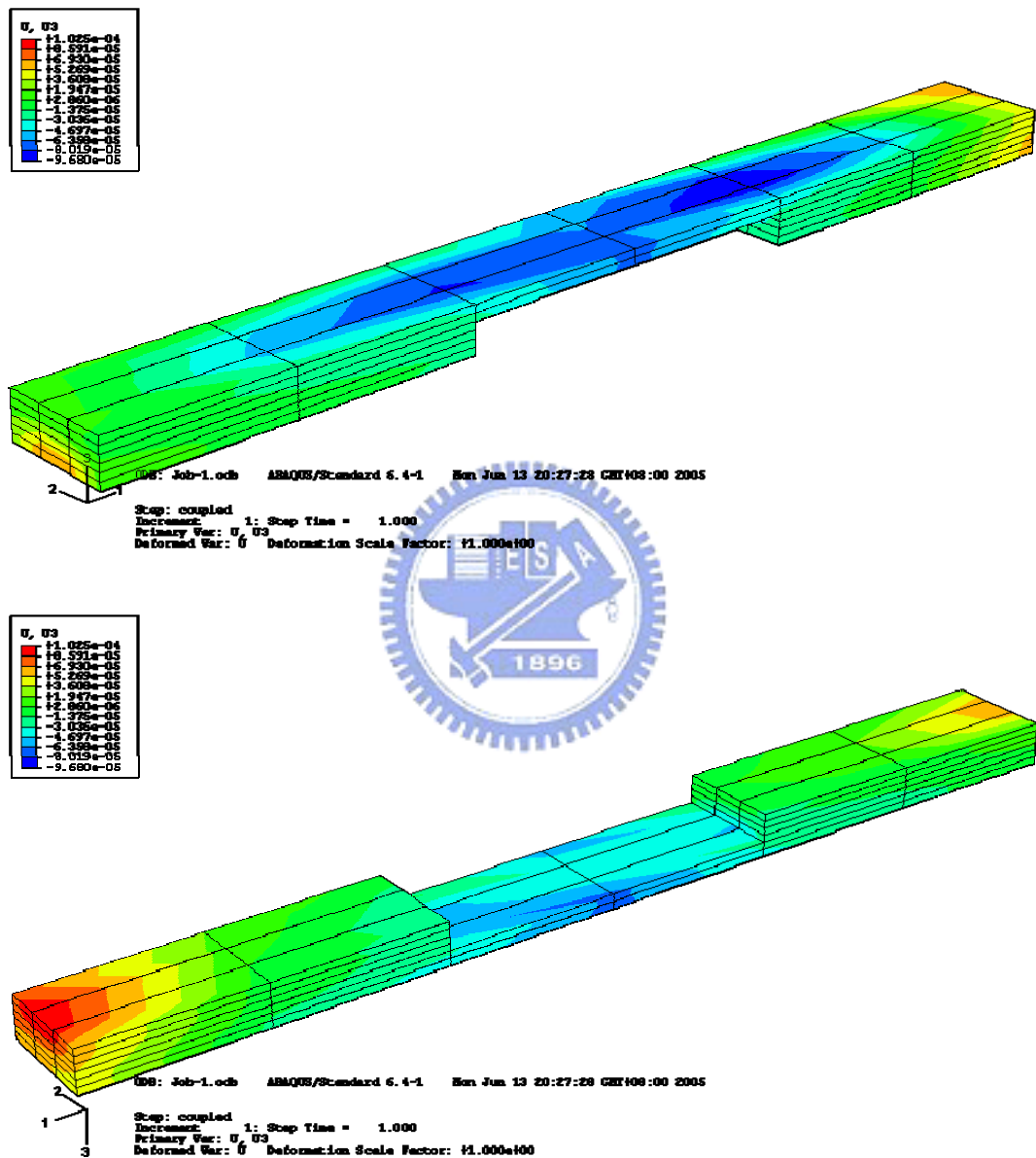


圖 5-20 澆鑄條件 2 試片變形模擬圖

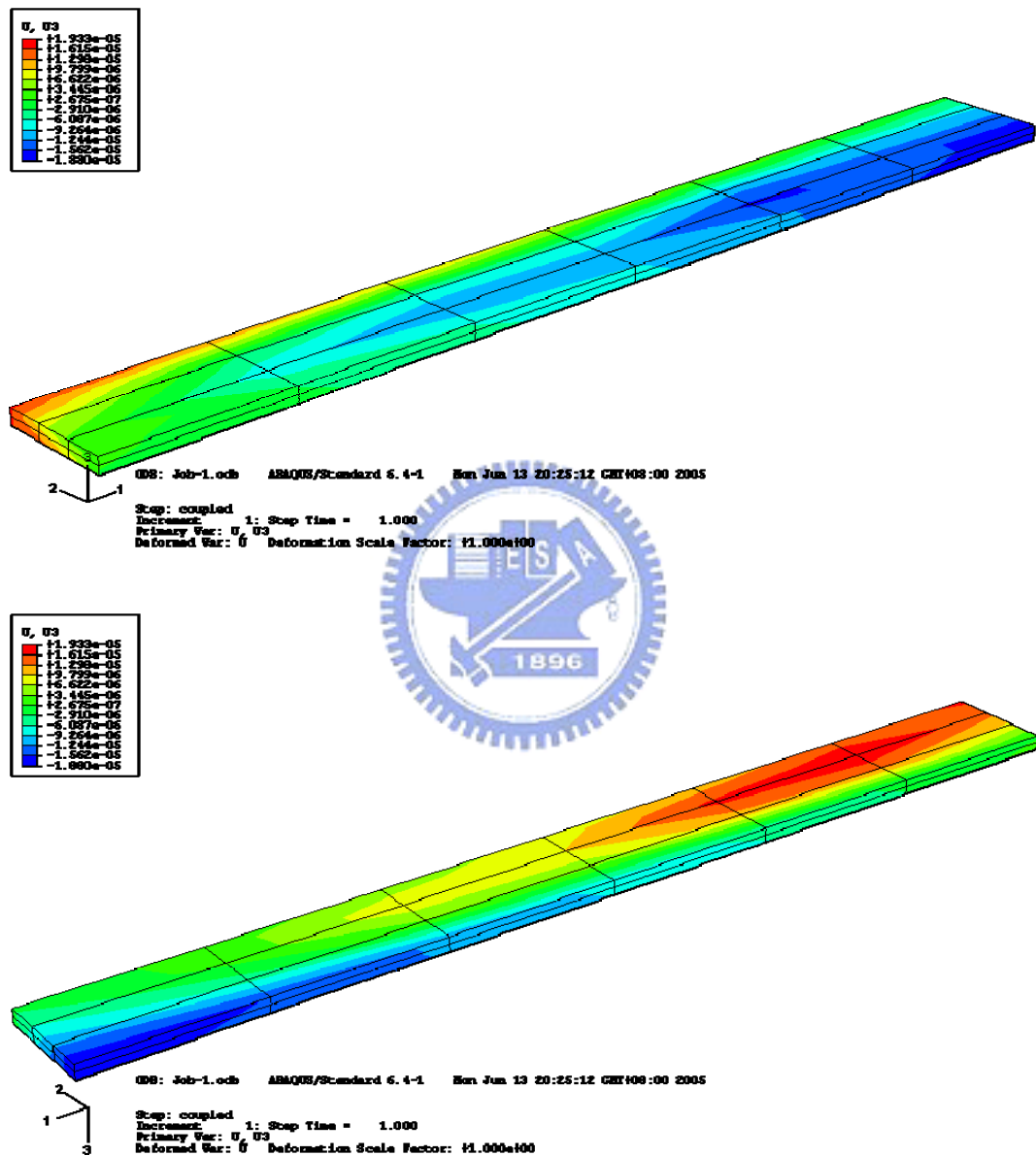


圖 5-21 澆鑄條件 3 試片變形模擬圖

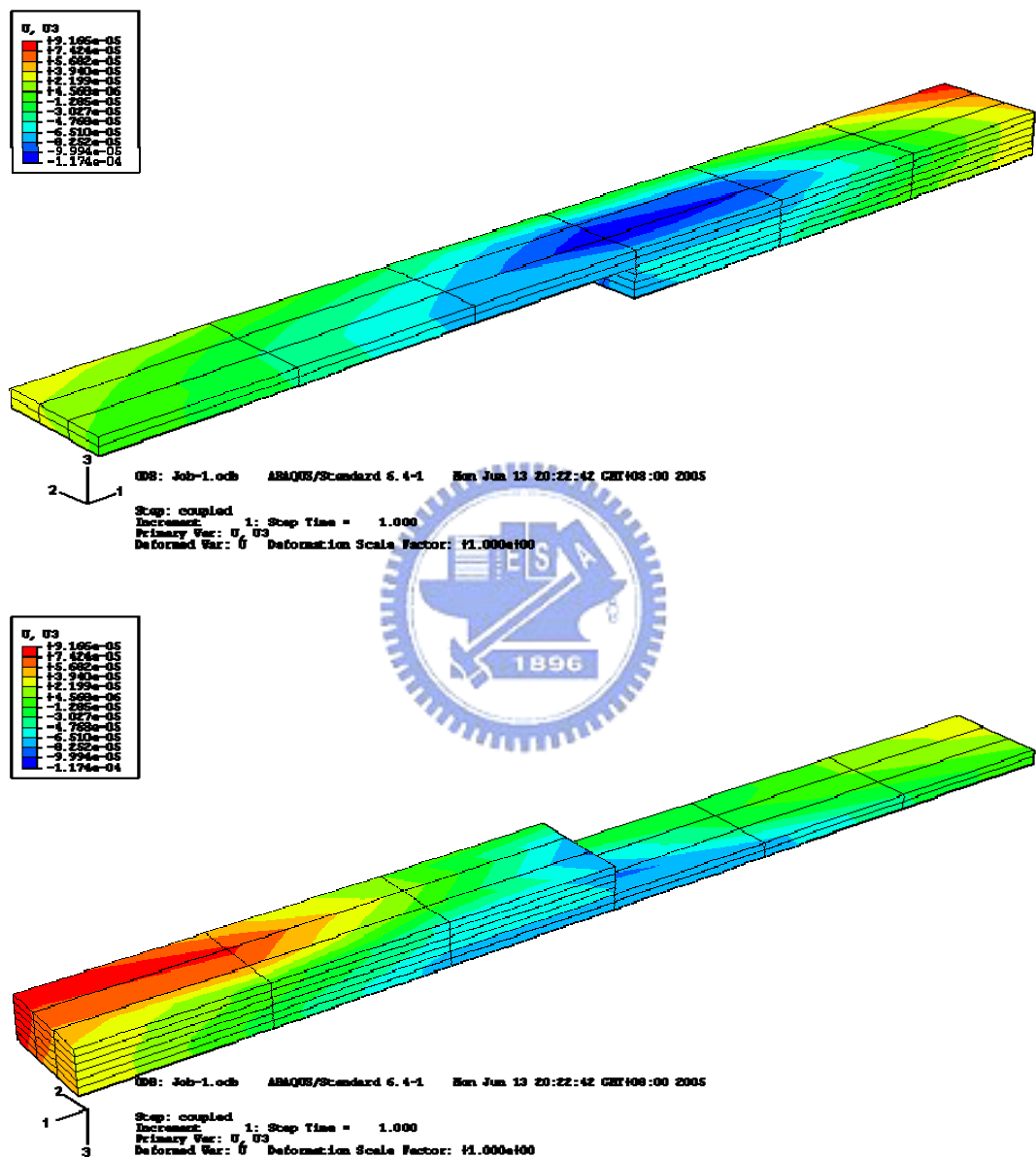


圖 5-22 澆鑄條件 4 試片變形模擬圖

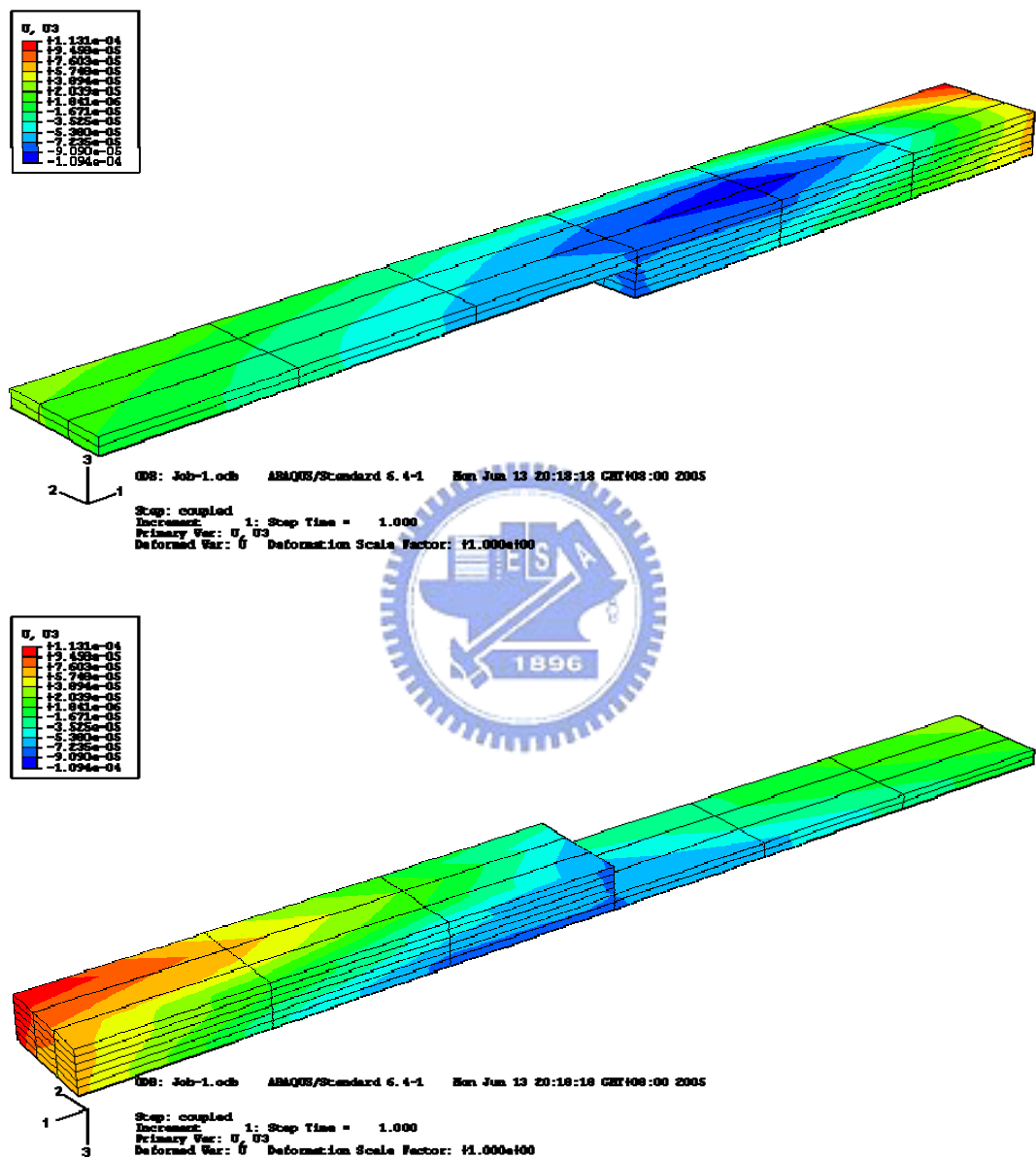


圖 5-23 澆鑄條件 5 試片變形模擬圖

第六章 結論與未來展望

本研究的目的有二：一是探討鑄物冷卻自由收縮，幾何外形對變形量的影響。二是使用有限差分法與有限單元法來對一個完全固化的鑄物，因溫度冷卻所造成的變形進行模擬，並憑估模擬結果。

6.1 結論

實驗部份：

1. 從實驗數據判斷，五種條件在鑄造完成後兩週起試片不再發生變形。
2. 條件一和條件三，兩者的變形量與變形趨勢均接近。推測在此幾何條件下，澆口流道位置之變化對冷卻變形沒有太大影響。
3. 條件二、四和五有相似外形，變形量也相似。但除去長度的影響，計算變形高度對試片對應長度的之比並定義為變形比。發現條件二有最大變形比例，因此在設計鑄件外形時，條件二的情形最應避免。
4. 條件二在 100 mm 與 200 mm 的厚度改變位置附近可觀察到有反曲的現象，其反曲的趨勢與條件四、和五的反曲走向相同。

模擬部份：

1. 條件一、條件二和條件三的模擬與實驗有較相似變形趨勢。
2. 在條件四和條件五上，模擬與實驗的變形趨勢並不相同，但厚

度改變處的反曲走向和實驗相同，也和條件二反曲走向模擬結果和實驗相同。

3. 模擬結果顯示條件一、三的變形高度差較小，約為 $4e^{-5}m$ 。條件二、四和五的變形高度差較大，約為 $2e^{-4}m$ 。

6.2 未來展望

實驗部份：

1. 實驗使用的是砂模澆鑄替代鎂合金壓鑄，所得的成品表面粗造度過大。但又不宜對表面過度加工，怕後續的噴珠、噴砂的手續造成試片的變形。以手中能找到的量測設備能力來說，用應變規進行接觸式量測，難以確保每次所量測的位置皆精確的在同一點，如果能有更精密的量測定位系統，與光學式量測設備進行連續式的掃描，所得的變形數據會更精準。
2. 本研究開始是希望針對鎂合金壓鑄件的製造，找出對變形影響重大的幾何條件。但受限於實驗設備，因此改用砂模澆鑄出試片探討幾何外形對變形的影響。如有機會能實際以鎂合金壓鑄設備進行研究，對於可抑制變形的幾何設計會更有幫助。

軟體部份：

1. 模擬的結果是假設完全固化前試片皆無變形，模擬完全固化後溫度由高溫冷卻至室溫時產生的變形。但實驗結果則包括了完

全固化前產生的變形。若能找到軟體可以模擬完全固化前的變形或殘餘應力轉化的變形，再計算出完全凝固後的變形，兩者相加得出總變形量後再與實驗結果比較，整個模擬假設會更合理。

2. 模擬初期，希望能用 Flow-3D 模擬出凝固後的溫度分布，但並未成功，模擬的結果顯示，在合理的邊界溫度設定下，倒入的鐵水不到 0.5 秒就凝固住了。也因此後續略去凝固的計算，直接假設鐵水填滿模穴瞬間的溫度分與與鐵水固化後的溫度分布相同。如果這方面能找到問題原因並克服，可以提升模擬結果的可靠性與合理性。

3. 模擬的過程中假設邊界溫度(鐵水與砂模邊界溫度)為一定值，都為室溫。實際上砂模與空氣接觸的邊界溫度才較接近室溫，但模擬軟體無法針對砂模的溫度分佈進行模擬。除此之外，模擬的經驗顯示邊界溫度的設定對實際溫度模穴溫度分布影響很大。如果設備允許，用儀器量出模穴實際邊界溫度作為邊界溫度，則更能提升模擬結果的可靠性與合理性。

4. 因為今天進行的是砂模澆鑄實驗，根據師傅的建議，鑄物從澆鑄開始到實際完全凝固打破砂模的時間要兩分鐘左右。而依使用的個人電腦設備，以本研究模擬所給定的 mesh 條件

下，模擬兩秒鐘的流動實際計算時間約為六小時，若實際模擬兩分鐘的凝固溫度分布，一個條件就可能約要花費三百六十個小時的計算時間，耗時甚鉅。也因此本研究在鐵水完全填滿模穴後停止計算，假設此刻的溫度分布與完全固化後的溫度分布相同。若能克服此一假設或用更合理的假設替代，則更能提升模擬結果的可靠性與合理性。

5. Flow-3D 與 ABAQUS 模擬中皆假設各項物理係數與溫度無關，但實際情形並不為這樣。以砂模的熱傳係數為例，熱傳係數與砂模含水量百分比有極高的相關性，而砂模的含水量則強烈受到砂模溫度的影響，若能找到兩者關係而不用以定溫下熱傳係數或等效熱傳係數計算，對提升計算準確性有很大的幫助。

參考文獻

- [1] 彭暄、徐文敏、蔡浪富，「鎂合金壓鑄的省思與前瞻」，機械工業雜誌，第 170 期，186-192 頁，民國 86 年 5 月。
- [2] 楊智超，「鎂合金壓鑄成形技術」，工業材料，第 147 期，157-164 頁，88 年 3 月。
- [3] 陳衡生，「鎂合金之機械加工」，工業材料，第 152 期，76-77 頁，民國 88 年 8 月，
- [4] 趙隆山，孫憲琪，「砂模與金屬間之熱傳分析」，鑄工，第 26 卷第 4 期，33-43 頁，民國 89 年 12 月。
- [5] 陳炤彰，唐乃光，鍾勇文，「電腦輔助工程在壓鑄模具設計之應用實例」，金屬工業，第 32 卷第 5 期，38-45 頁，民國 87 年 9 月。
- [6] B.H. Hu, et al, "Design and optimization of runner and gating systems for the die casting of thin-wall magnesium telecommunication parts through numerical simulation", Journal of Materials Processing Technology, 105, pp.128-133, 2000.
- [7] 劉展光，「薄壁鎂合金筆記型電腦上蓋之壓鑄模澆流道設計分析」，國立交通大學機械工程學系，碩士論文，民國 91 年。
- [8] 曾崇志，「應用田口方法探討大平面薄壁鎂合金 AZ91D 鑄件壓鑄條件研究」，國立交通大學機械工程學系，碩士論文，民國 93 年。
- [9] 蔡定江、張儀權、張鴻鑣，「3C 薄件翹曲變形改善分析研究(上)」，

鑄造科技，第 172 期，13-16 頁，民國 93 年 1 月

[10] 蔡定江、張儀權、張鴻鑣，「3c 薄件翹曲變形改善分析研究(下)」，

鑄造科技，第 173 期，3-5 頁，民國 93 年 2 月

[11] 張普昌，鑄造學，二版，全華科技圖書股份有限公司，民國七十六年。

[12] 日本鑄造技術講座編輯委員會，鑄造技術的基礎，賴耿陽譯，復漢出版社，民國六十九年。

[13] John Campbell, Castings, Butterworth-Heinemann, Oxford, 1993.

