

### 3-3-2-3 以 SAS 分析經三水準直交表設計化學鍍鎳條件修飾 之金屬氫之瞬間放電功率

表 3-112 和 3-113 為經三水準直交表設計化學鍍跳條件修飾之僅屬氫化物在 10C 放電之瞬間功率，吾人以表 3-113 裡在 60% SOC 時所得之瞬間功率為回應值，以 SAS 進行分析，其結果如表 3-114 到表 3-123 中所述。從表 3-114 中得知，所有的因子都具有顯著性，再從表 3-115 到表 120 中得知，單一因子的操作條件為  $A_2$ 、 $B_1$ 、 $C_1$ 、 $D_2$ 、 $E_2$  與  $F_3$  時具有較佳回應值；而在兩兩交互作用因子方面，從表 3-121 到表 3-123，分別為  $A_2$  與  $B_1$ 、 $A_2$  與  $C_1$  以及  $B_1$  與  $C_1$  可得較佳之回應值，雖然兩交互作用因子的分析結果與單一因子分結果一致，不過為了確定兩因子間是否有交互作用關係，吾人把兩交互作用因子和回應值作圖，結果如圖為 3-65 到 3-67 所示，由圖中發現直線彼此有交叉，因此表示因子間有交互作用關係，可能存在非線性區域，因此必須再用回應曲面法尋找最佳值。表 3-113 的數據經由分析後，可以得到下式(3-14)

3-112 以三水準直交表化學鍍鎳修飾之金屬氫化物以 10C 速率放電之

瞬間放電功率(不計入化學鍍鎳)

電極組成:正極:跟耐能電池購得之商業化正極。

負極:0.7g 金屬氫化物+0.07ml 水+0.07ml 甲醇+56μPVA(7.69wt.%)。

測試程序:電池活化後以 0.2C 充電到 140% SOC，在以 0.2C 逐漸放電到 0.95V，在 100%、80%、60、40%和 20% SCC 時，以 10C 放電 10 秒，計算在第 10 秒時之電功率

No.#	Power/W g <sup>-1</sup>				
	SOC/%				
	100%	80%	60%	40%	20%
-----*	1.48±0.13	1.32±0.15	1.30±0.13	0.91±0.25	-----*
1	0.98±0.03	1.17±0.12	1.21±0.14	1.28±0.19	-----*
2	1.28±0.04	0.56±0.03	1.07±0.001	0.86±0.06	-----*
3	0.84±0.34	0.56±0.08	0.76±0.30	0.62±0.17	-----*
4	1.93±0.08	1.68±0.13	1.86±0.12	1.50±0.21	-----*
5	1.79±0.02	1.42±0.11	1.91±0.07	1.70±0.02	-----*
6	2.09±0.07	1.79±0.01	2.04±0.08	1.87±0.03	-----*
7	0.88±0.02	0.54±0.15	0.50±0.31	-----*	-----*
8	1.03±0.10	0.57±0.12	1.09±0.003	0.51±0.06	-----*
9	1.30±0.07	1.31±0.15	1.57±0.04	1.27±0.01	-----*
10	1.32±0.03	1.05±0.06	1.41±0.02	1.23±0.02	-----*
11	2.24±0.31	1.90±0.36	1.90±0.43	0.78±0.02	-----*
12	1.57±0.02	1.51±0.02	1.66±0.06	1.18±0.25	-----*
13	1.82±0.39	1.74±0.30	1.92±0.34	1.08±0.18	-----*
14	1.95±0.21	1.47±0.22	2.00±0.16	1.85±0.21	-----*
15	2.21±0.20	1.81±0.32	2.31±0.31	2.16±0.29	-----*
16	2.99±0.01	2.86±0.02	2.84±0.01	2.71±0.004	-----*

#此編號與表 3-74 相同 \*未經化學鍍鎳修飾金屬氫化物

表 3-112(接上頁)以三水準直交表化學鍍鎳修飾之金屬氫化物以 10C

速率放電之瞬間放電功率(不計入化學鍍鎳)

電極組成:正極:跟耐能電池購得之商業化正極。

負極:0.7g 金屬氫化物+0.07ml 水+0.07ml 甲醇+56μPVA(7.69wt.%)。

測試程序:電池活化後以 0.2C 充電到 140% SOC，在以 0.2C 逐漸放電到 0.95V，在 100%、80%、60、40%和 20% SCC 時，以 10C 放電 10 秒，計算在第 10 秒時之電功 率

No.#	Power/W g <sup>-1</sup>				
	SOC/%				
	100%	80%	60%	40%	20%
17	1.38±0.14	0.86±0.15	1.36±0.14	1.17±0.16	-----*
18	1.94±0.13	1.79±0.07	1.94±0.10	1.79±0.07	- -----*
19	1.90±0.12	1.31±0.12	1.56±0.11	0.85±0.10	-----*
20	1.79±0.09	1.02±0.12	1.12±0.04	-----*	-----*
21	1.63±0.12	1.64±0.11	1.78±0.03	1.58±0.06	-----*
22	1.20±0.03	1.15±0.06	1.41±0.07	1.11±0.10	-----*
23	1.44±0.14	1.48±0.07	1.60±0.02	1.34±0.08	-----*
24	0.65±0.09	0.73±0.06	0.97±0.04	0.67±0.01	-----*
25	1.36±0.12	0.92±0.08	1.26±0.04	0.73±0.07	-----*
26	1.43±0.12	1.45±0.03	2.26±0.01	1.94±0.03	-----*
27	1.85±0.07	1.81±0.05	2.13±0.21	1.90±0.18	-----*

#此編號與表 3-74 相同 \*未經化學鍍鎳修飾金屬氫化物

表 3-113 以三水準直交表化學鍍鎳修飾之金屬氫化物以 10C 速率放電

之瞬間放電功率(計入化學鍍鎳)

電極組成:正極:跟耐能電池購得之商業化正極。

負極:0.7g 金屬氫化物+0.07ml 水+0.07ml 甲醇+56 $\mu$ PVA(7.69wt.%)。

測試程序:電池活化後以 0.2C 充電到 140% SCO，在以 0.2C 逐漸放電到 0.95V，在 100%、80%、60、40%和 20% SCC 時，以 10C 放電 10 秒，計算在第 10 秒時之電功 率

No.#	Power/W g <sup>-1</sup>				
	100%	80%	60%	40%	20%
-----*	1.48±0.13	1.32±0.15	1.30±0.13	0.91±0.25	-----*
1	0.84±0.03	1.00±0.11	1.04±0.12	1.09±0.17	-----*
2	1.07±0.03	0.47±0.02	0.90±0.0	0.73±0.05	-----*
3	0.71±0.29	0.48±0.07	0.65±0.26	0.53±0.15	-----*
4	1.60±0.07	1.39±0.11	1.54±0.10	1.25±0.18	-----*
5	1.59±0.02	1.27±0.10	1.70±0.06	1.52±0.02	-----*
6	1.87±0.01	1.51±0.02	1.78±0.04	1.55±0.02	-----*
7	0.80±0.01	0.49±0.14	0.46±0.28	-----*	-----*
8	0.98±0.10	0.54±0.11	1.03±0.003	0.49±0.05	-----*
9	1.20±0.06	1.21±0.14	1.46±0.04	1.17±0.01	-----*
10	1.17±0.03	0.93±0.06	1.25±0.02	1.09±0.02	-----*
11	2.02±0.28	1.72±0.32	1.71±0.39	0.71±0.01	-----*
12	1.36±0.01	1.30±0.02	1.43±0.05	1.01±0.21	-----*
13	1.47±0.31	1.40±0.24	1.55±0.27	0.89±0.14	-----*
14	1.66±0.18	1.25±0.19	1.70±0.13	1.57±0.17	-----*
15	1.88±0.17	1.54±0.27	1.97±0.26	1.83±0.25	-----*
16	2.53±0.01	2.42±0.02	2.40±0.004	2.28±0.004	-----*

#此編號與表 3-74 相同 \*未經化學鍍鎳修飾金屬氫化物

表 3-113(接上頁)以三水準直交表化學鍍鎳修飾之金屬氫化物以 10C

速率放電之瞬間放電功率(計入化學鍍鎳)

電極組成:正極:跟耐能電池購得之商業化正極。

負極:0.7g 金屬氫化物+0.07ml 水+0.07ml 甲醇+56 $\mu$ PVA(7.69wt.%)。

測試程序:電池活化後以 0.2C 充電到 140% SOC，在以 0.2C 逐漸放電到 0.95V，在 100%、80%、60、40%和 20% SCC 時，以 10C 放電 10 秒，計算在第 10 秒時之電功率

No.#	Power/W g <sup>-1</sup>				
	SOC/%				
	100%	80%	60%	40%	20%
17	1.19±0.12	0.74±0.13	1.17±0.12	1.01±0.14	-----*
18	1.73±0.12	1.60±0.06	1.73±0.09	1.60±0.07	-----*
19	1.65±0.10	1.14±0.11	1.36±0.10	0.74±0.09	-----*
20	1.62±0.08	0.93±0.11	1.02±0.04	-----*	-----*
21	1.43±0.11	1.44±0.09	1.56±0.03	1.39±0.05	-----*
22	1.09±0.03	1.05±0.05	1.28±0.06	1.01±0.09	-----*
23	1.26±0.12	1.30±0.06	1.40±0.02	1.17±0.07	-----*
24	0.60±0.09	0.68±0.05	0.90±0.03	0.62±0.01	-----*
25	1.19±0.10	0.81±0.07	1.10±0.03	0.64±0.06	-----*
26	1.26±0.10	1.28±0.03	1.99±0.01	1.71±0.03	-----*
27	1.70±0.06	1.66±0.05	1.96±0.20	1.75±0.16	-----*

#此編號與表 3-74 相同 \*未經化學鍍鎳修飾金屬氫化物

表 3-114 三水準直交表化學鍍鎳修飾之金屬氫化物以 10C 速率放電之

瞬間放電功率為回應值之  $L_{27}(3^{13})$  直交表之變方分析表

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
A	2	26.898	13.449	37.96	<.0001
B	2	8.094	4.046	11.42	0.0002
C	2	11.905	5.952	16.80	<.0001
E	2	13.670	6.834	19.29	<.0001
F	2	9.924	4.962	14.01	<.0001
D	2	15.508	7.754	21.89	<.0001
AB	4	32.075	8.019	22.63	<.0001
AC	4	36.145	9.036	25.50	<.0001
BC	4	33.192	8.298	23.42	<.0001

$R^2=0.9480$

A:反應時間 B:反應溫度 C:金屬氫化物含量

D:pH 值 E:還原劑濃度 F:錯合劑濃度

表 3-115 三水準直交表化學鍍鎳修飾之金屬氫化物以 10C 速率放電

之瞬間放電功率為回應值之  $L_{27}(3^{13})$  直交表實驗中因子 A 均

值之比較

Duncan Grouping	Mean	Factor A
A *	2.7678	2
B*	1.3944	3
B*		
B*	1.1717	1

表 3-116 三水準直交表化學鍍鎳修飾之金屬氫化物以 10C 速率放電

之瞬間放電功率為回應值之  $L_{27}(3^{13})$  直交表實驗中因子 B 均

值之比較

Duncan Grouping	Mean	Factor B
A *	2.3245	1
B*	1.5333	2
B*		
B*	1.4761	3

表 3-117 三水準直交表化學鍍鎳修飾之金屬氫化物以 10C 速率放電

之瞬間放電功率為回應值之  $L_{27}(3^{13})$  直交表實驗中因子 C 均

值之比較

Duncan Grouping	Mean	Factor C
A *	2.4400	1
B*	1.4917	3
B*		
B*	1.4022	2

表 3-118 三水準直交表化學鍍鎳修飾之金屬氫化物以 10C 速率放電

之瞬間放電功率為回應值之  $L_{27}(3^{13})$  直交表實驗中因子 D 均

值之比較

Duncan Grouping	Mean	Factor D
A *	2.5161	2
B*	1.5578	3
B*		
B*	1.2600	1



表 3-119 三水準直交表化學鍍鎳修飾之金屬氫化物以 10C 速率放電

之瞬間放電功率為回應值之  $L_{27}(3^{13})$  直交表實驗中因子 E 均

值之比較

Duncan Grouping	Mean	Factor E
A *	2.4822	2
B*	1.5139	1
B*		
B*	1.3378	3

表 3-120 三水準直交表化學鍍鎳修飾之金屬氫化物以 10C 速率放電

之瞬間放電功率為回應值之  $L_{27}(3^{13})$  直交表實驗中因子 F 均

值之比較

Duncan Grouping	Mean	Factor F
A *	2.3823	3
B*	1.5183	2
B*		
B*	1.4333	1

表 3-121 三水準直交表化學鍍鎳修飾之金屬氫化物以 10C 速率放電

之瞬間放電功率為回應值之  $L_{27}(3^{13})$  直交表實驗中因子 AB

均值之比較

Duncan Grouping	Mean	Factor A/B
A *	4.7983	2 /1
B*	1.7650	2 /3
B*		
B*	1.7400	2 /2
B*		
B*	1.6800	3 /3
B*		
B*	1.6700	1 /2
B*		
B*	1.3133	3 /1
B*		
B*	1.1900	3 /2
B*		
B*	0.9833	1 /3
B*		
B*	0.8618	1 /1

表 3-122 三水準直交表化學鍍鎳修飾之金屬氫化物以 10C 速率放電

之瞬間放電功率為回應值之  $L_{27}(3^{13})$  直交表實驗中因子 AC

均值之比較

Duncan Grouping	Mean	Factor A/C
A *	5.0650	2 /1
B*	1.7100	2 /3
B*		
B*	1.5283	2 /2
B*		
B*	1.4717	3 /3
B*		
B*	1.4667	3 /2
B*		
B*	1.2935	1 /3
B*		
B*	1.2450	3 /1
B*		
B*	1.2117	1 /2
B*		
B*	1.0100	1 /1

表 3-123 三水準直交表化學鍍鎳修飾之金屬氫化物以 10C 速率放電

之瞬間放電功率為回應值之  $L_{27}(3^{13})$  直交表實驗中因子 BC

均值之比較

Duncan Grouping	Mean	Factor B/C
A *	4.548	1 / 1
B*	1.713	3 / 3
B*		
B*	1.597	2 / 2
B*		
B*	1.547	2 / 3
B*		
B*	1.457	2 / 1
B*		
B*	1.400	3 / 2
B*		
B*	1.315	3 / 1
B*		
B*	1.215	1 / 3
B*		
B*	1.210	1 / 2

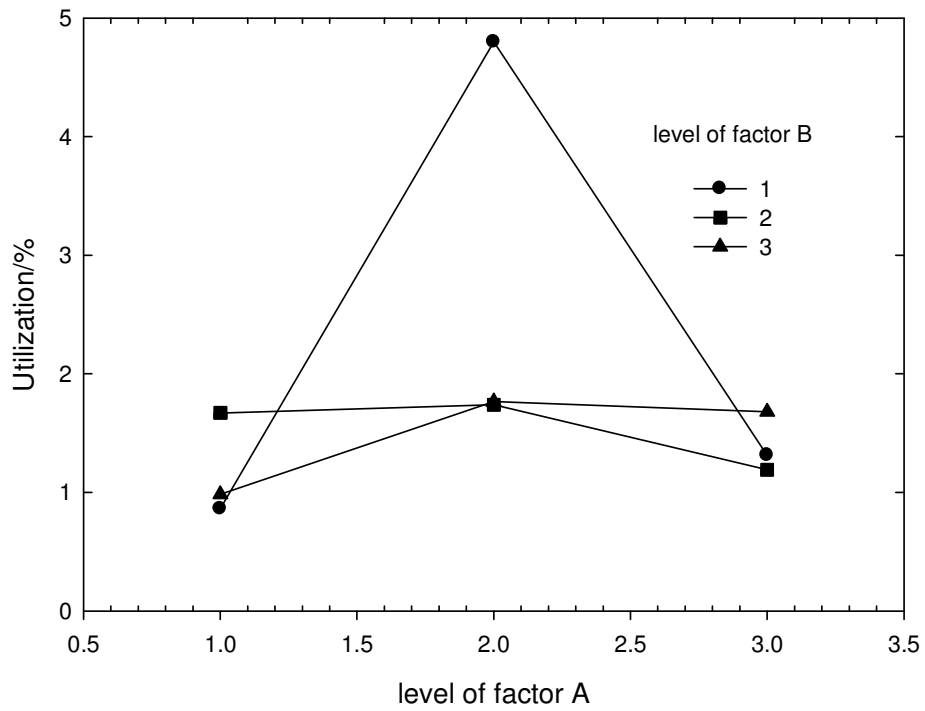


圖 3-65 以三水準直交表化學鍍鎳修飾之金屬氫化物以 10C 速率放電之瞬間放電功率為回應值之  $L_{27}(3^{13})$  直交表實驗中因子因子 A 與因子 B 之交互作用關係圖

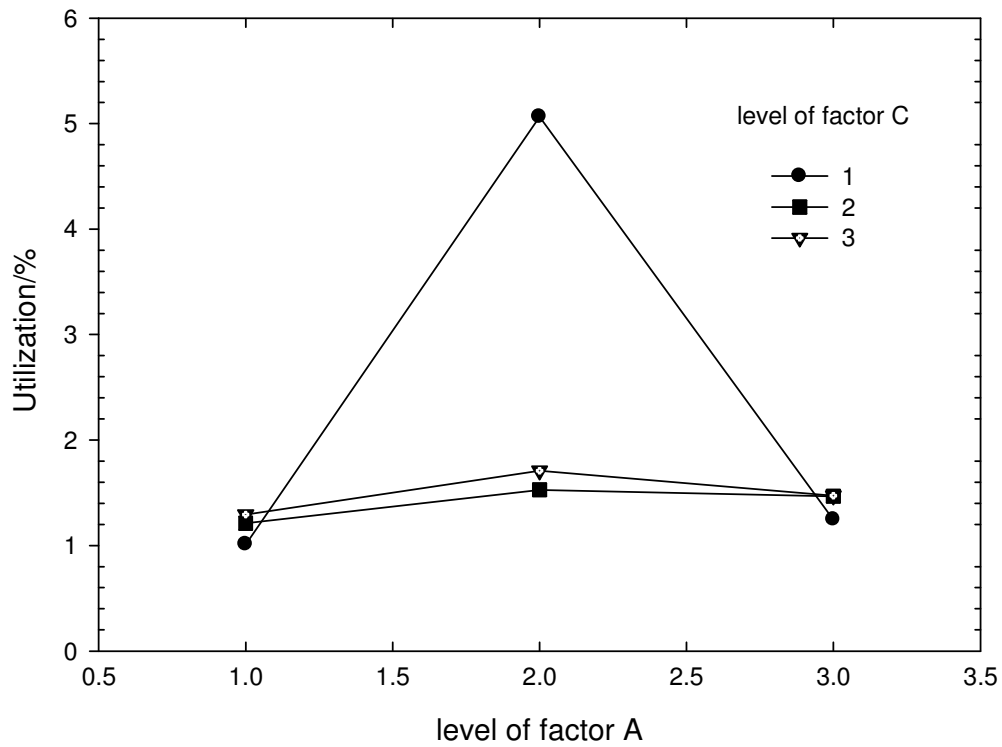


圖 3-66 以三水準直交表化學鍍鎳修飾之金屬氫化物以 10C 速率放電之瞬間放電功率為回應值之  $L_{27}(3^{13})$  直交表實驗中因子因子 A 與因子 C 之交互作用關係圖

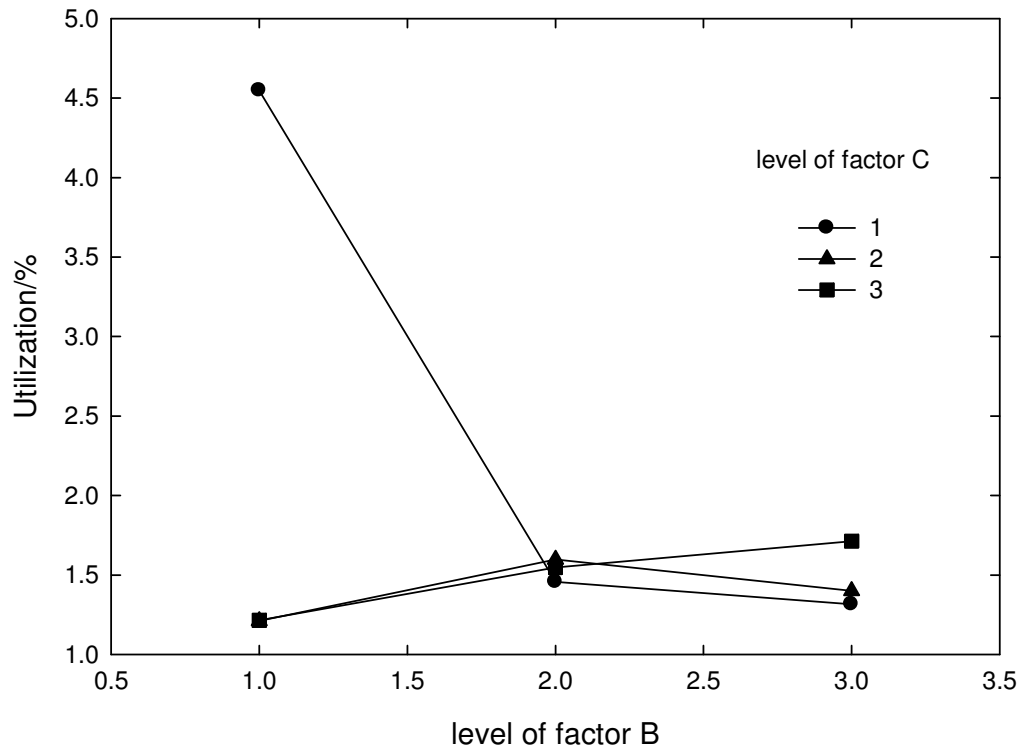


圖 3-67 以三水準直交表化學鍍鎳修飾之金屬氫化物以 10C 速率放電

之瞬間放電功率為回應值之  $L_{27}(3^{13})$  直交表實驗中因子因

子 B 與因子 C 之交互作用關係圖

$$\begin{aligned}
y = & 1.89444 - 0.37167A^2 - 0.19B^2 - 0.1667F^2 + 0.1BC \\
& [0.200] \quad [0.161] \quad [0.161] \quad [0.161] \quad [0.113] \\
& + 0.11167A + 0.13222B + 0.08111C + 0.14722D \\
& [0.0923] \quad [0.0923] \quad [0.0923] \quad [0.0923] \\
& - 0.08833E - 0.08F \\
& [0.0923] \quad [0.0923]
\end{aligned} \tag{3-14}$$

，表 3-124 為此迴歸線之變方分析表。因為 D，E 和 F 跟其他因子間沒有交互作用關係，因此在固定因子 D 在中水準，因子 E 在中水準，F 在高水準 C，也就是 D 為 0，E 為 0，F 為 1 帶入(3-14)，得到式(4-15)

$$\begin{aligned}
y = & 1.64774 - 0.37167A^2 - 0.19B^2 + 0.1BC + 0.11167A + \\
& 0.13222B + 0.08111C
\end{aligned} \tag{4-15}$$

接著再把 A、B 和 C 視為參數，以式(3-15)作回應曲面，分別表示於為圖 3-68 到圖 3-70 中。由圖 3-68 可看出，當以 A 為參數時，最大回應值發生於 A 為 0 之時，而 B 和 C 則維持在中水準與高水準；圖 3-69 之結果則顯示隨著 B 變大，回應值亦增加，且最大回應值則發生在 A 為中水準，C 為高水準之處；最後在圖 3-70 裡，吾人發現回應值隨著 C 的增加而增加，A 和 B 則均維持在中水準的地方。從以上結果可知，A 因子要操作在中水準，B 因子則有中水準，C 在高水準，D 在中水準，E 在中水準且 F 在高水準時會有最佳的回應值。



表 3-124 表 3-113 裡實驗數據分析之變方分析表

Source	DF	Sum of square	Mean square	F Value	Pr > F
Model	10	2.63543	0.26354	1.69	0.1674
Error	16	2.48903	0.15556		
Corrected Total	26	5.12447			

$R^2=0.5143$

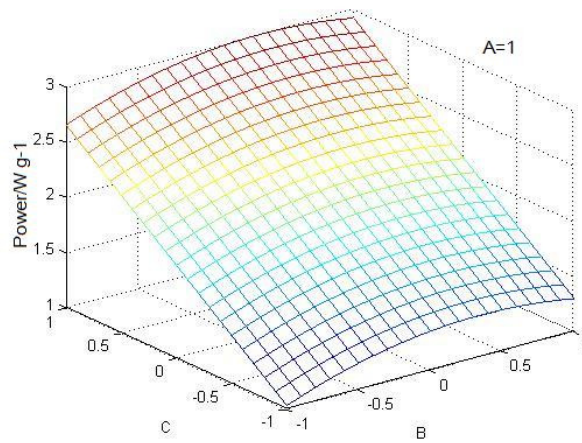
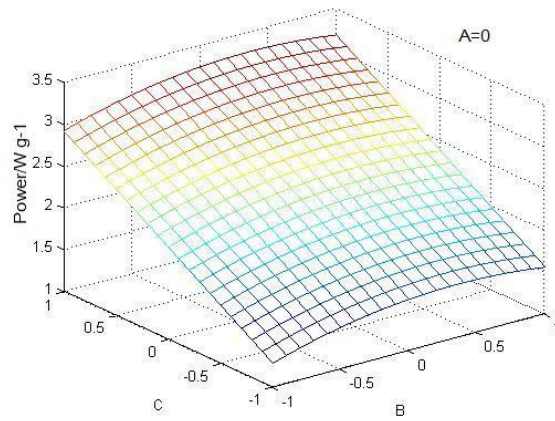
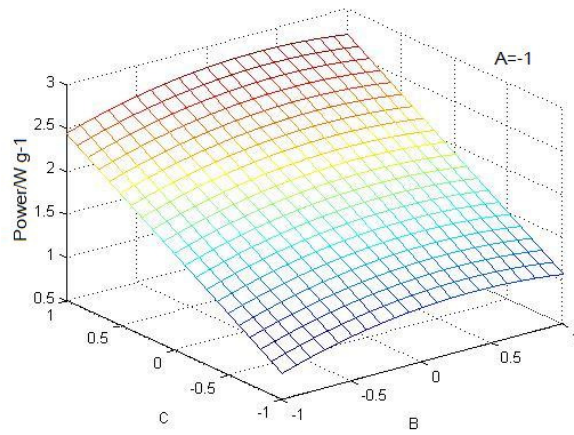


圖 3-68 以因子 A 為參數時，因子 B 與因子 C 對 10C 放電時電功率之回應曲面關係圖

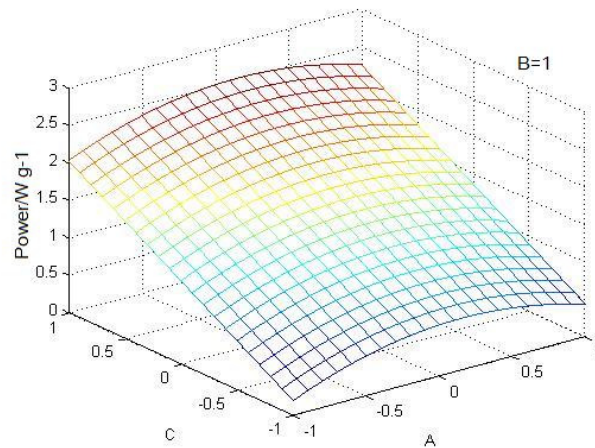
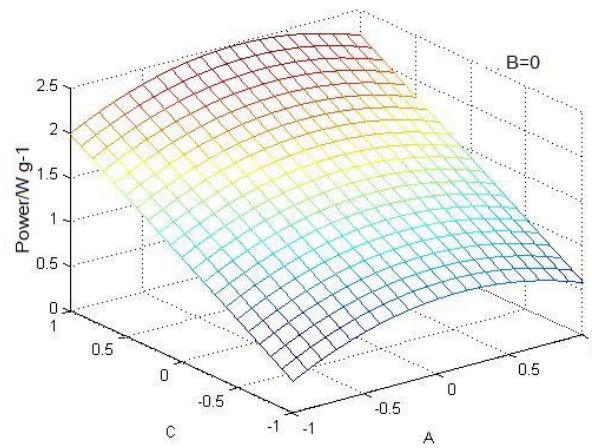
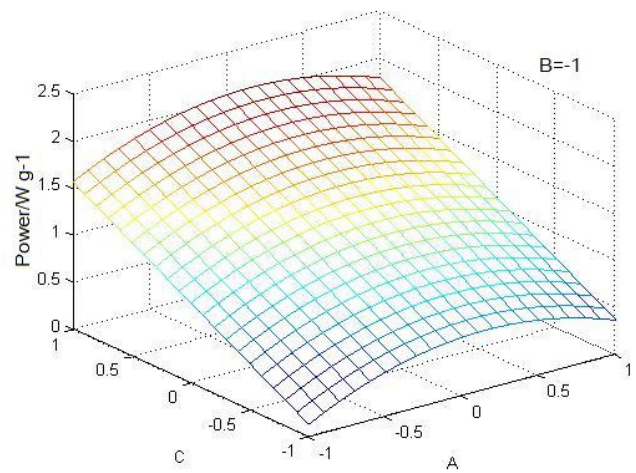


圖 3-69 以因子 B 為參數時，因子 B 與因子 C 對 10C 放電時電功率之回應曲面關係圖

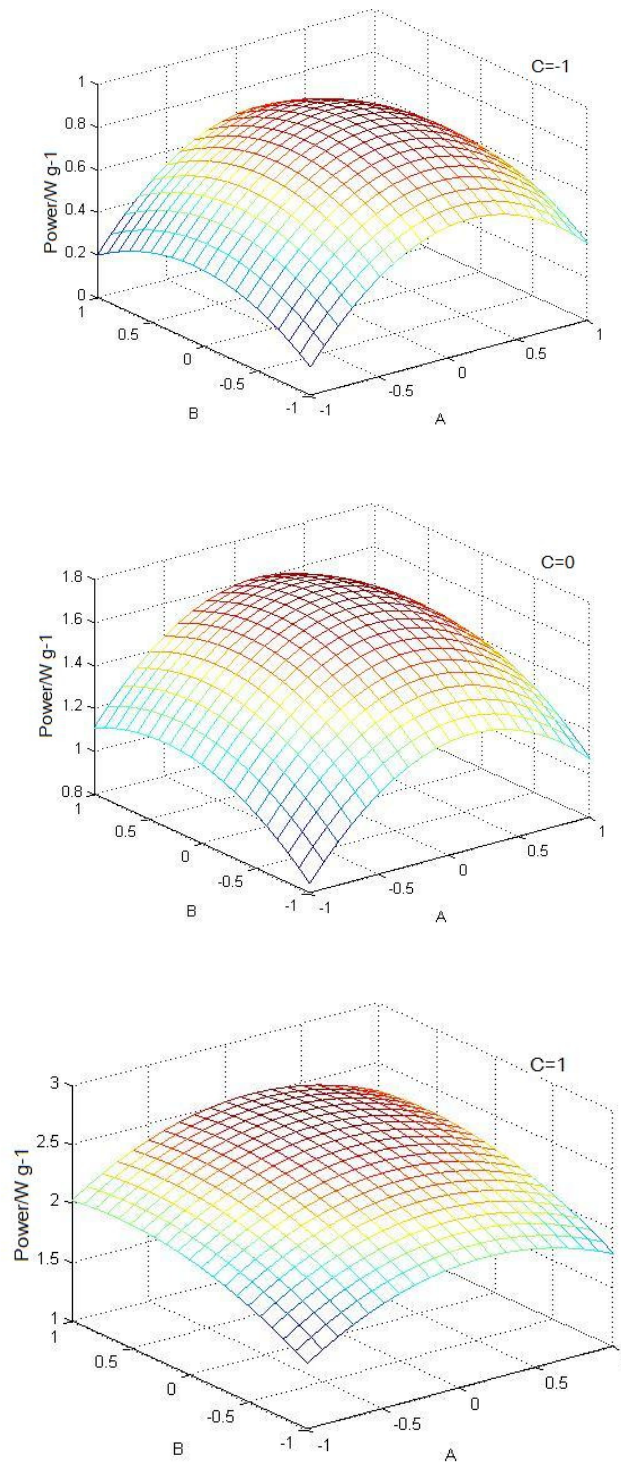


圖 3-70 以因子 C 為參數時，因子 A 與因子 B 對 10C 放電時電功率之回應曲面關係圖

也就是說反應時間操作在中水準，反應溫度也在中水準，金屬氫化物用量為高水準，pH 值在中水準，還原劑用量為中水準，錯合劑用量在高水準。由分析結果可發現大部分的實驗條件都是操作在中水準，吾人推測這是因為以中水準的條件進行化學鍍，鍍層沉積速度不會太慢也不會過快，鎳的沉積量正好可以增加導電性但又不會過厚導致阻礙氫離子擴散。