

3-3-3 以 SAS 分析所得最佳化化學鍍條進行金屬氫化物修飾 及其充放電性質

在 3-3-2-1 到 3-3-2-3 節裡，吾人分別以活化利用率、10C 放電時利用率以及 10C 放電時電功率為回應值配合 SAS 進行分析，並找出各回應值下自的最佳化學鍍鎳條件，其結果整理在表 3-125。接著利用表 3-125 中的條件對金屬氫化物進行化學鍍鎳修飾，再製備為電極後進行放電測試，比較模擬預測值和實驗值。

在此吾人把實驗組別分為 A、B 與 C 三組，A 組是以活化程序完成後之利用率為回應值，經 SAS 分析後所得之最佳化化學鍍條件，B 和 C 則是分別以 10C 放電時活性物利用率和電功率作為回應值，同樣的以 SAS 分析後所得之最佳化化學鍍鎳條件，表 3-126 為分別利用 A、B 與 C 三組條件進行金屬氫化物改質後之鎳負載量，所得之負載量在前述表 3-74 所得負載量的範圍內，這是因為 A、B 與 C 化學鍍鎳各實驗因子的實驗水準仍在表 3-74 範圍內，因此所得鎳負載量和表 3-75 裡負載量並不會有太大的差別。

吾人將表 3-125 中 A、B 與 C 三組化學鍍條件，帶入 3-3-2-1 到 3-3-2-3 節裡求得的迴歸方程式；(3-10)、(3-12)與(3-14)式中，分別計算得到模式預測之活性物利用率、10C 放電時利用率以及 10C 放電時電功率值，和實驗值進行比較，並據以驗證此模式之可靠性。

表 3-125 以 SAS 統計軟體分析所得之最佳化化學鍍條件

化學鍍實驗條件	回應值		
	A(電極活化後利用率/%)	B(以 10C 速率放電活性物利用率/%)	C(以 10C 放電在 60% SOC 瞬間功率/W g ⁻¹)
反應時間/min	5	20	10
反應溫度/°C	70	80	80
儲氫合金含量/g	4	4	4
pH 值	7	9	7
還原劑用量/g L ⁻¹	15	30	30
錯合劑用量/g L ⁻¹	50	15	50

表 3-126 以表 3-125 裡各最佳化化學鍍鎳條件修飾後之金屬氫化物

鎳負載量

實驗組別	鎳負載量/wt.%
A	11.98
B	12.10
C	9.86

利用表 3-125 中 A、B 和 C 的三組條件修飾所得之鎳金屬氫化物，製備為電極組裝維電池後，經 5 次的活化程序後，可得各組之利用率如表 3-127 中所示，A、B 和 C 所得之模式預測值與實驗值間之差異分別為 10、5.5 和 3%，A 的實驗模擬值和實驗值差異比較大，但吾人發現 A 組條件的利用(3-10)式進行模擬計算之值為 113.4%，但化學鍍鎳本身的儲氫能力有限，所以實際上利用率應不會達到如此高的值，故此誤差主要為模式的失真所造成。此外，A 的化學鍍條件是以金屬氫化物活化後，活性物利用率作為回應值，經 SAS 統計分析所求得之條件，故推論此條件所得知活性物利用率應較 B 及 C 組條件所得高，從表 3-127 中比較 A 組與 B 及 C 組之結果，實驗所得之利用率中，A 組確是三組裡面最高，這和預期結果一致。

把 A、B 和 C 的化學鍍鎳條件帶入 3-3-2-2 節中所得之迴歸式(3-12)，其實模試預測值如表 3-128 中第二欄所列。而表中之第三欄則分別為 A、B 與 C 三組化學鍍條件下修飾所得金屬氫化物，在活化程序後，利用 10C 放電所得利用率之實驗值。由表中可發現和表實驗模擬值和實際實驗值差距甚大，其中以 A 組實驗條件進行模擬後，預測是負的，不符合物理意義；而 B 和 C 組的實驗值和模擬值間之差值為 26.8 和 48.8%。因此吾人以 10C 速率放電為回應值所求得之迴歸式的適切性不佳，無法適當的描述實驗現象。

表 3-127 最佳化之活化利用率理論值與實驗值比較(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+0.07ml 甲醇+56 μ l PVA(7.69wt.%)。

電極活化程序:電池在充放電前先浸泡在 30°C 水浴中 12 小時, 充電
速率=0.2C, 放電 速率=0.2C, SOC=160%, 放電截止
電壓=0.95V, 充放電次數=5 次, T= 30°C。

實驗組別	實驗預測值 %	實驗值 %
A	113.4	103.4±0.8
B	94.0	99.5±0.2
C	103.9	100.9±0.4

表 3-128 最佳化之 10C 放電時活性物利用率理論值與預測值比較

(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+56 μ l PVA(7.69wt.%)。

電極活化程序:電池在充放電前先浸泡在 30°C 水浴中 12 小時, 充電速率=0.2
放電速率=0.2C, SOC=160%, 放電截止電壓=0.95V, 充放次
數=5 次, T= 30°C。

測試程序:電池完成活化後以 0.2C 充電到 140% SOC, 在以 10C 放電到 0.3V。

實驗組別	實驗預測值 %	實驗值 %
A	-----*	15.7 \pm 0.3
B	59.0	43.2 \pm 3.5
C	43.4	22.2 \pm 1.2

*預測值為負

表 3-129 中之第二欄為把 A、B 和 C 的化學鍍鎳條件帶入 3-3-2-3 中所求得之回歸式(3-14)，進行模式之模擬後所得之結果，表中第二欄以 A、B 和 C 三組條件中，將金屬氫化物化學鍍鎳修飾後，組成電池在活化程序後，再放電至 60% SOC 後，利用 10C 放電 10 秒所得之電功率。比較第二欄之模擬值與的三來之實驗值，發現 A、B 與 C 組之誤差分別為 60、1.69 和 37.8%，雖然 B 組的誤差值很小，但其他兩組的誤差還是很大。因此吾人在以瞬間功率為回應值所求得之迴歸線其適切性也是不佳。

吾人在計算回歸線時，並沒有針對其使用範圍設限，因此理論上，所推導出的回歸線在各實驗條件下所得到的實驗計測值和實驗值誤差應不會太大。但由實際實驗發現，再以三種回應值所得之三回歸模式方程式(3-10)、(3-12)與(3-14)式中，以(3-10)式所得之模式適切性最佳，其預測值與實驗值間誤差最小；而已 10C 放電功率為回應值所得之(3-14)式之誤差介於三者中間，其模式適切性次之；而適切性最差者為以 10C 放電利用率為回應值所得之(3-12)式。故在整個模式使用上，高速放電之預測值仍有待改進。

表 3-129 最佳化之 10C 速率瞬間放電在 60% SOC 之電功率預測值與

實驗值比較(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 μ 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% SOC 時，以 10C 放電 10 秒，計算在第 10 秒時之電功率

實驗組別	實驗預測值 $W g^{-1}$	實驗值 $W g^{-1}$
A	0.91	1.46 \pm 0.05
B	1.78	1.81 \pm 0.09
C	1.72	1.07 \pm 0.20