

銅片的異想世界 以熱浸法探討銅片的著色

目錄

一、研究動機	2
二、研究目的	2
三、研究過程	2
四、研究結果	4
五、討論及應用	19
六、結論	20
七、參考資料	20

銅片的異想世界 以熱浸法探討銅片的著色

一、研究動機

在高一基礎化學第五章^[1]內容介紹了許多日常生活中常用的金屬材料，例如銅合金、鋁合金、鋅合金與不鏽鋼等。在高二與高三的化學課程^{[2][3]}中，進一步介紹利用金屬表面的薄膜處理，防止金屬的腐蝕。金屬製品表面附有各種薄膜組成不僅能保護金屬，而且可以開發出多樣的顏色變化。現今在住家、學校看到的許多鋁、鋅製品，例如鋁門窗等，已從過去僅有的銀灰色，取而代之是黑、棕、紅、古銅...等各種令人耳目一新的色彩。常用的金屬製品中，銅是較不容易氧化的金屬，生活中隨處可見的銅製品大多為銅的合金，所以除了銅合金的本來呈色，就很少有銅製品的呈色是利用銅片表面之薄膜。我們在圖書館內閱讀化學書籍時，發現了一本「清潔劑與有機溶劑的製造」^[4]，裡面有一頁提到將銅片在一些鹽類水溶液中浸煮，可以改變銅片的顏色。所以我們就想到是不是能從學校實驗室的常用藥品中，找到製造銅片表面薄膜的各種配方，以很簡單的方法使銅製品表面也能展現多種顏色。在找尋各種金屬著色的相關文獻時，找到一種叫做熱浸鍍鋅著色技術^{[5][6][7]}。但在探討銅片的著色方法，即使我們用了中央圖書館的中文期刊索引網站，卻都沒有找到其他以熱浸法進行銅著色的研究。這是很有趣的事情，因為我們想的題目都還沒有人詳細研究過，所以我們就從簡易的熱浸法中找出適用於銅著色的配方。

二、研究目的

- (一) 探討銅片的熱浸法著色配方。
- (二) 探討薄膜對銅片表面電阻的影響。
- (三) 研究添加磷酸鈉鹽以改良薄膜性質。
- (四) 檢驗添加磷酸鈉鹽的銅片薄膜之抗蝕效果。

三、研究過程

(一) 探討銅片的著色配方及薄膜對銅片電阻的影響

1、【硫酸銅+硫代硫酸鈉+重酒石酸鉀】配方

- (1) 先將基本藥量定為硫酸銅 2.9g、硫代硫酸鈉 2g、重酒石酸鉀 1g。
- (2) 在 500ml 燒杯中加 200ml 水，將藥品倒入製成溶液。
- (3) 將銅片以砂紙磨光亮，放入燒杯。
- (4) 將燒杯置於加熱攪拌器上，蓋上表玻璃，攪拌加熱到沸騰為止。
- (5) 以鑷子取出銅片，浸泡酒精及丙酮使其乾燥。
- (6) 觀察記錄銅片顏色、光澤、粉末均勻度、薄膜附著度等特性。
- (7) 以三用電表測其電阻大小，測量 5 次，記錄平均值。
- (8) 將銅片貼上標籤，放進夾鏈袋中保存。
- (9) 分別調整硫酸銅、硫代硫酸鈉及重酒石酸鉀的量，依步驟 2~8 操作。

2、【硫酸銅+氯酸銨】配方

- (1) 以【氯酸根：銨根】莫耳數比為 1：1 的比例，分別取氯酸鈉、氯酸鉀及氯化銨、硝酸銨、碳酸銨、草酸銨、硫酸銨製成不同的氯酸銨溶液。
- (2) 再將氯酸銨及硫酸銅莫耳數比定為 1/100：1/30，製成熱浸鍍液。
- (3) 銅片以砂紙磨光亮，放入燒杯。
- (4) 將燒杯置於加熱攪拌器上，蓋上表玻璃，攪拌加熱到沸騰為止。

- (5) 以鑷子取出銅片，浸泡酒精及丙酮使其乾燥。
- (6) 觀察記錄銅片顏色、光澤、粉末均勻度、薄膜附著度等特性。
- (7) 以三用電表測其電阻大小，測量 5 次紀錄平均值。
- (8) 將銅片貼上標籤，放進夾鏈袋中保存。
- (9) 分別調整氯酸根：鉍根的莫耳數比為 0.5：1.5 及 1.5：0.5，再添加硫酸銅，製成溶液，依步驟(3)~(8)操作。

(二)研究添加磷酸鈉對薄膜之影響

- 1、挑選出之前實驗中所得較特殊顏色的配方：
黑色：【硫酸銅+硫代硫酸鈉+重酒石酸鉀】配方
綠色：【硫酸銅+氯酸鉍】配方，包括下列四種
 - (1) $\text{NaClO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl} + \text{CuSO}_4$
 - (2) $\text{KClO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl} + \text{CuSO}_4$
 - (3) $\text{NaClO}_3 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CuSO}_4$
 - (4) $\text{KClO}_3 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CuSO}_4$
- 2、將這五種配方分別添加濃度不同(0.01M、0.1M 和 1M)的磷酸鈉、磷酸氫鈉及磷酸二氫鈉。
- 3、記錄各溶液之 pH 值。

(三)檢驗添加磷酸鈉的薄膜之抗蝕效果。

- 1、將以上實驗添加磷酸鹽的銅片分別置於 10^{-4}M 的鹽酸、氫氧化鈉及氨水中。
- 2、將試管暴露在空氣中，使水蒸氣、二氧化碳等可以進入，水溶液濃度也隨著蒸發等因素而改變，即模擬薄膜在自然環境中的腐蝕情形。
- 3、浸泡 40 天後，觀察記錄其變化。

四、研究結果

(一)銅片的著色配方及薄膜對銅片電阻的影響

1、【硫酸銅+硫代硫酸鈉+重酒石酸鉀】配方

配方克數比			薄膜特性	
CuSO ₄	Na ₂ S ₂ O ₃	KC ₄ H ₅ O ₆	外觀	電阻()
2.90	2.00	1.00	黑色似絨布	0.14
0.00	1.00	2.00	黑色似金屬	0.16
1.45	1.00	2.00	黑色似絨布	0.34
2.90	0.00	2.00	深棕色似金屬	0.00
2.90	0.50	2.00	黑色似絨布	0.20
2.90	1.00	0.00	淺黑色似絨布	5.02
2.90	1.00	1.00	黑色似絨布	0.43

2、【硫酸銅+氯酸銨】配方

(1) NaClO₃+NH₄Cl+CuSO₄

配方莫耳數比			薄膜特性	
NaClO ₃	NH ₄ Cl	CuSO ₄	外觀	電阻()
1	1	1	綠色粉末狀	
1	1	0	變光亮	0
1	1	0.5	綠色粉末少許	
0.5	1.5	1	綠色粉末少許	
1.5	0.5	1	綠色粉末少許	

(2) NaClO₃+NH₄NO₃+CuSO₄

配方莫耳數比			薄膜特性	
NaClO ₃	NH ₄ NO ₃	CuSO ₄	外觀	電阻()
1	1	1	綠色粉末狀	
1	1	0	古銅色有光澤	0
1	1	0.5	古銅色有光澤	0
0.5	1.5	1	綠色粉末少許	
1.5	0.5	1	紅銅、綠色粉末少許	

(3) NaClO₃+(NH₄)₂CO₃+CuSO₄

配方莫耳數比			薄膜特性	
NaClO ₃	(NH ₄) ₂ CO ₃	CuSO ₄	外觀	電阻()
1	0.5	1	棕色有綠、紅、黃光澤	0
1	0.5	0	變光亮	0
1	0.5	0.5	古銅色有光澤	
0.5	0.75	1	古銅、有綠色粉末少許	
1.5	0.25	1	古銅、有綠色粉末少許	

(4) NaClO₃+(NH₄)₂C₂O₄+CuSO₄

配方莫耳數比			薄膜特性	
NaClO ₃	(NH ₄) ₂ C ₂ O ₄	CuSO ₄	外觀	電阻()

1	0.5	1	古銅色無光澤	0
1	0.5	0	古銅色無光澤	0
1	0.5	0.5	古銅色無光澤	
0.5	0.75	1	古銅色無光澤	
1.5	0.25	1	古銅色無光澤	

(5) $\text{NaClO}_3 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{CuSO}_4$

配方莫耳數比			薄膜特性	
NaClO_3	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	CuSO_4	外觀	電阻()
1	0.5	1	古銅色有光澤	0
1	0.5	0	黑黝色有光澤	0
1	0.5	0.5	古銅色有光澤	0
0.5	0.75	1	古銅色有光澤	0
1.5	0.25	1	古銅、有綠色粉末少許	

(6) $\text{KClO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl} + \text{CuSO}_4$

配方莫耳數比			薄膜特性	
KClO_3	NH_4Cl	CuSO_4	外觀	電阻()
1	1	1	綠色粉末狀	
1	1	0	變光亮	0
1	1	0.5	綠色粉末少許	
0.5	1.5	1	綠色粉末少許	
1.5	0.5	1	綠色粉末少許	

(7) $\text{KClO}_3 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CuSO}_4$

配方莫耳數比			薄膜特性	
KClO_3	NH_4NO_3	CuSO_4	外觀	電阻()
1	1	1	綠色粉末狀	
1	1	0	古銅色有光澤	0
1	1	0.5	古銅色有光澤	0
0.5	1.5	1	綠色粉末少許	
1.5	0.5	1	紅銅、綠色粉末少許	

(8) $\text{KClO}_3 + (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + \text{CuSO}_4$

配方莫耳數比			薄膜特性	
KClO_3	$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	CuSO_4	外觀	電阻()
1	0.5	1	棕色有綠、紅、黃光澤	0
1	0.5	0	變光亮	0
1	0.5	0.5	古銅色有光澤	
0.5	0.75	1	古銅、有綠色粉末少許	
1.5	0.25	1	古銅、有綠色粉末少許	

(9) $\text{KClO}_3 + (\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{CuSO}_4$

配方莫耳數比			薄膜特性	
KClO_3	$(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$	CuSO_4	外觀	電阻()

1	0.5	1	古銅色無光澤	0
1	0.5	0	古銅色無光澤	0
1	0.5	0.5	古銅色無光澤	
0.5	0.75	1	古銅色無光澤	
1.5	0.25	1	古銅色無光澤	

(10) $\text{KClO}_3 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{CuSO}_4$

配方莫耳數比			薄膜特性	
KClO_3	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	CuSO_4	外觀	電阻()
1	0.5	1	古銅色有光澤	0
1	0.5	0	黑黝色有光澤	0
1	0.5	0.5	古銅色有光澤	0
0.5	0.75	1	古銅色有光澤	0
1.5	0.25	1	古銅、有綠色粉末少許	

(二) 評比

根據實驗的結果及觀察顏色、光澤、粉末均勻度、薄膜附著度等項目後，我們嘗試將著色的銅片分為五等級，累加總分找出自己喜愛的著色配方。

1、 NaClO_3 系列

	顏色	光澤	粉末均勻度	薄膜附著度	總分	等級
NH_4Cl	4	2	3	3	12	
NH_4NO_3	4	2	3	5	14	
$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	4	4	3	5	16	
$(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$	2	3	5	5	15	
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	3	4	4	5	16	

2、 KClO_3 系列

	顏色	光澤	粉末均勻度	薄膜附著度	總分	等級
NH_4Cl	4	1	4	4	13	
NH_4NO_3	3	3	4	5	15	
$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	2	4	3	5	14	
$(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$	2	2	1	5	10	
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	2	3	4	5	14	

評比結果，挑選所得到較特殊顏色的配方如下：

綠色：【硫酸銅+氯酸銨】配方，包括下列四種

(1) $\text{NaClO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl} + \text{CuSO}_4$ (2) $\text{KClO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl} + \text{CuSO}_4$

(3) $\text{NaClO}_3 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CuSO}_4$ (4) $\text{KClO}_3 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CuSO}_4$

黑色：【硫酸銅+硫代硫酸鈉+重酒石酸鉀】配方

(三)添加磷酸鈉對薄膜之影響

1、 $\text{NaClO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl} + \text{CuSO}_4$

(1)添加磷酸鈉 (Na_3PO_4) 對薄膜的影響 (編號 A1 A3):

Na_3PO_4 濃度	溶液 PH 值	銅片表面顏色	銅片表面性質
0.01M (A1)	4.2	淺橄欖綠	光滑平順
0.10M (A2)	4.8	磚紅	光滑平順
1.00M (A3)	10.8	深金色具金屬光澤	有粉末附著表面

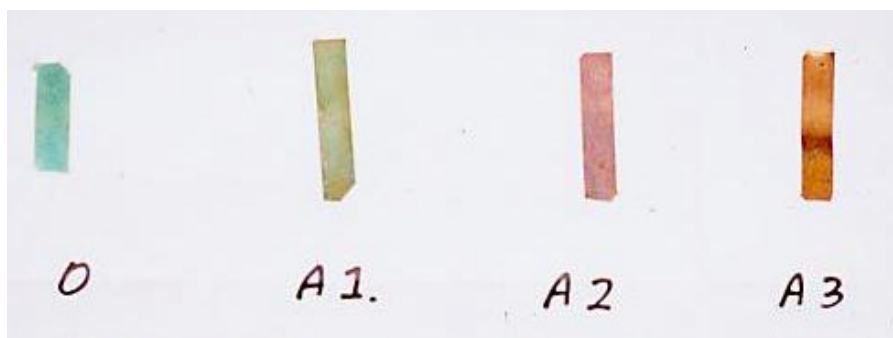


圖 A

(2)添加磷酸氫二鈉 (Na_2HPO_4) 對薄膜的影響 (編號 B1 B3):

Na_2HPO_4 濃度	溶液 PH 值	銅片表面顏色	銅片表面性質
0.01M (B1)	3.9	磚紅色	光滑平順
0.10M (B2)	3.4	土黃色	光滑平順
1.00M (B3)	7.2	孔雀石色, 不均勻	光滑平順

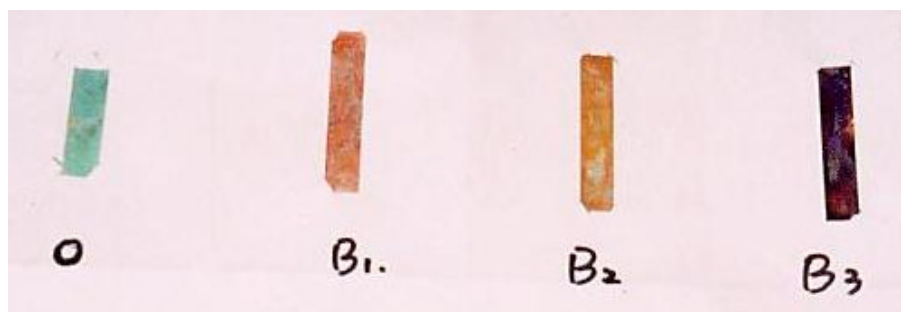


圖 B

(3) 添加磷酸二氫鈉 (NaH_2PO_4) 對薄膜的影響 (編號 C1 C3):

NaH_2PO_4 濃度	溶液 PH 值	銅片表面顏色	銅片表面性質
0.01M (C1)	3.0	不均勻淺綠色	光滑平順
0.10M (C2)	3.6	暗磚紅色	光滑平順
1.00M (C3)	3.9	不均勻淺藍色	光滑平順

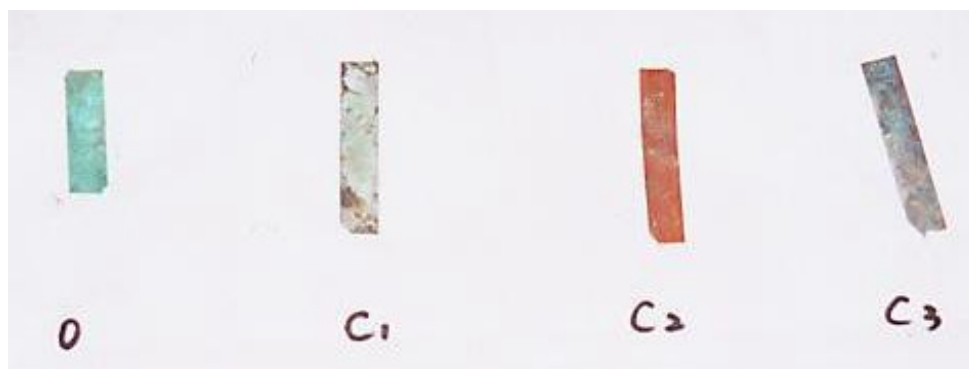


圖 C

2、 $\text{KClO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl} + \text{CuSO}_4$

(1) 添加磷酸鈉 (Na_3PO_4) 對薄膜的影響 (編號 D1 D3):

Na_3PO_4 濃度	溶液 PH 值	銅片表面顏色	銅片表面性質
0.01M (D1)	4.1	橄欖綠	光滑平順
0.10M (D2)	4.7	芋頭色	光滑平順
1.00M (D3)	10.9	彩虹般金屬光澤	光滑平順

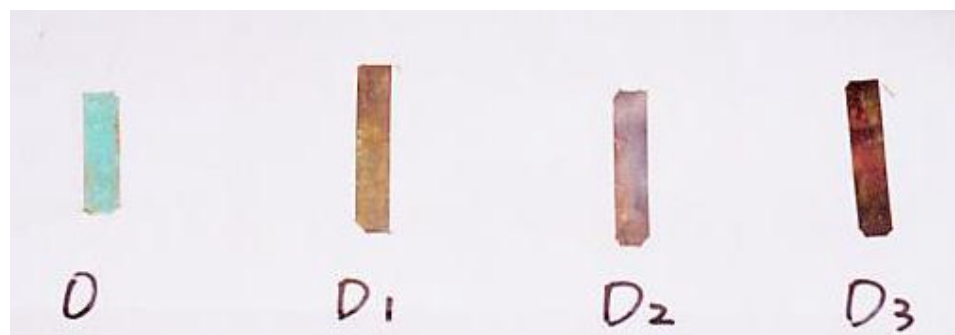


圖 D

(2) 添加磷酸氫二鈉 (Na_2HPO_4) 對薄膜的影響 (編號 E1 E3):

Na_2HPO_4 濃度	溶液 PH 值	銅片表面顏色	銅片表面性質
0.01M (E1)	4.1	不均勻淺綠色	表面有粉末
0.10M (E2)	3.4	土黃色	光滑平順
1.00M (E3)	7.4	不均勻淺綠粉末	粗糙



圖 E

(3) 添加磷酸二氫鈉 (NaH_2PO_4) 對薄膜的影響 (編號 F1 F3):

NaH_2PO_4 濃度	溶液 PH 值	銅片表面顏色	銅片表面性質
0.01M (F1)	3.4	淺綠色	有粉末
0.10M (F2)	2.8	土黃色	光滑平順
1.00M (F3)	2.7	芋頭色	光滑平順



圖 F

3、 $\text{NaClO}_3 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CuSO}_4$

(1) 添加磷酸鈉 (Na_3PO_4) 對薄膜的影響 (編號 G1 G3):

Na_3PO_4 濃度	溶液 PH 值	銅片表面顏色	銅片表面性質
0.01M (G1)	4.3	鐵棕色具金屬光澤	光滑平順
0.10M (G2)	10.7	不均勻淺綠色	不均勻粉末附著， 仍可見原銅色
1.00M (G3)	12.3	發霉般的藍黑斑點	不均勻粉末附著



圖 G

(2) 添加磷酸氫二鈉 (Na_2HPO_4) 對薄膜的影響 (編號 H1 H3):

Na_2HPO_4 濃度	溶液 PH 值	銅片表面顏色	銅片表面性質
0.01M (H1)	4.0	土色	光滑平順
0.10M (H2)	3.4	芋頭色偏土色	光滑平順
1.00M (H3)	7.6	不均勻淺藍粉末	極粗糙

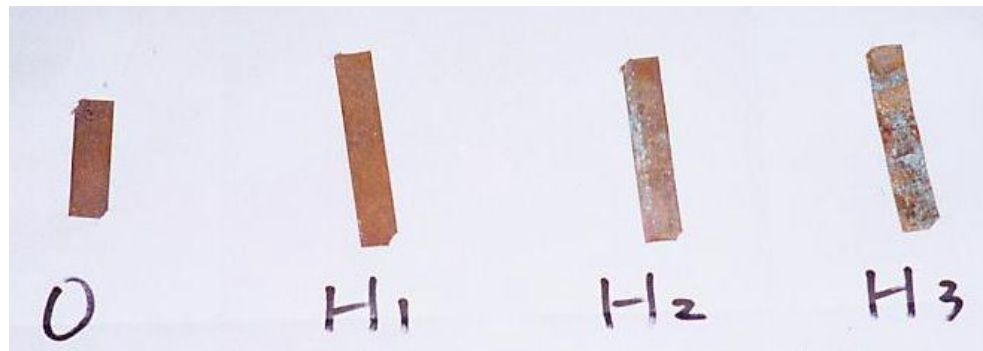


圖 H

(3) 添加磷酸二氫鈉 (NaH_2PO_4) 對薄膜的影響 (編號 I1 I3):

NaH_2PO_4 濃度	溶液 PH 值	銅片表面顏色	銅片表面性質
0.01M (I1)	3.6	土色	光滑平順
0.10M (I2)	3.1	均勻淺藍色	有粉末
1.00M (I3)	2.7	不均勻淺藍色	有粉末, 粗糙

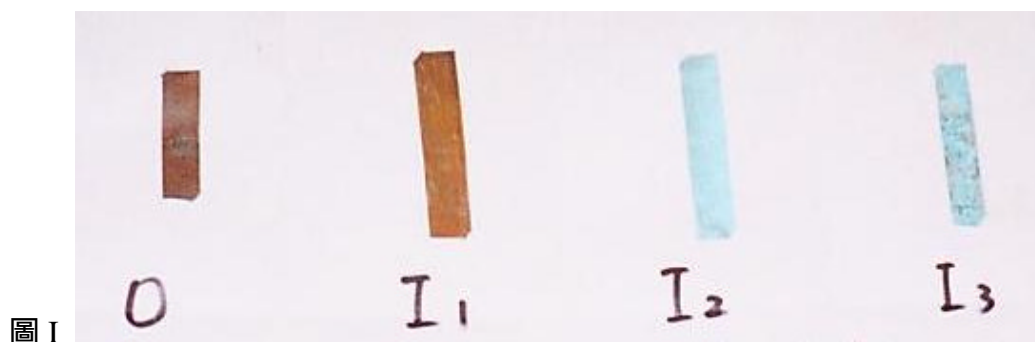


圖 I

4、 $\text{KClO}_3 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CuSO}_4$

(1) 添加磷酸鈉 (Na_3PO_4) 對薄膜的影響 (編號 J1 J3):

Na_3PO_4 濃度	溶液 PH 值	銅片表面顏色	銅片表面性質
0.01M (J1)	4.1	芋頭色	光滑平順
0.10M (J2)	7.3	發霉般的黑綠棕色	粉末, 粗糙
1.00M (J3)	11.6	芋頭色	粉末

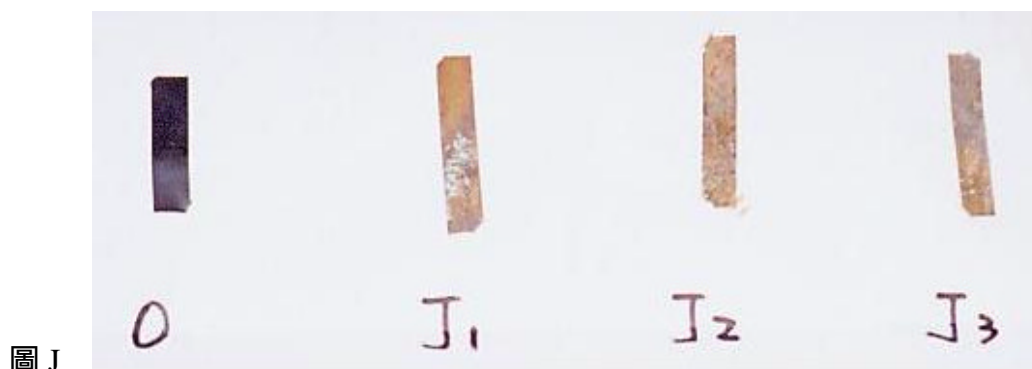


圖 J

(2) 添加磷酸氫二鈉 (Na_2HPO_4) 對薄膜的影響 (編號 K1 K3):

Na_2HPO_4 濃度	溶液 PH 值	銅片表面顏色	銅片表面性質
0.01M (K1)	3.5	淺土色	光滑平順
0.10M (K2)	3.1	芋頭色	有粉末
1.00M (K3)	2.9	不均勻淺藍色	粗糙



圖 K

(3) 添加磷酸二氫鈉 (NaH_2PO_4) 對薄膜的影響 (編號 L1 L3):

NaH_2PO_4 濃度	溶液 PH 值	銅片表面顏色	銅片表面性質
0.01M (L1)	3.5	淺土色	光滑平順
0.10M (L2)	3.1	淺藍色	有粉末
1.00M (L3)	2.9	少量淺藍色	有少量粉末



圖 L

5、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ + 重酒石酸鉀 + CuSO_4

(1) 添加磷酸鈉 (Na_3PO_4) 對薄膜的影響 (編號 M1 M3):

Na_3PO_4 濃度	溶液 PH 值	銅片表面顏色	銅片表面性質
0.01M (M1)	4.3	不甚均勻黑色	光滑平順
0.10M (M2)	11.5	金黃色具金屬光澤	光滑平順
1.00M (M3)	12.4	具少量淺藍粉末	粗糙



圖 M

(2) 添加磷酸氫二鈉 (Na_2HPO_4) 對薄膜的影響 (編號 N1 N3):

Na_2HPO_4 濃度	溶液 PH 值	銅片表面顏色	銅片表面性質
0.01M (N1)	3.5	不均勻黑色	光滑平順
0.10M (N2)	7.0	黑色	光滑平順
1.00M (N3)	7.9	黑色具金屬光澤， 帶有少量藍色粉末	少許粉末



圖 N

(3) 添加磷酸二氫鈉 (NaH_2PO_4) 對薄膜的影響 (編號 O1 O3):

NaH ₂ PO ₄ 濃度\項目	溶液 PH 值	銅片表面顏色	銅片表面性質
0.01M (O1)	3.0	不均勻黑色	光滑平順
0.10M (O2)	3.6	黑色	光滑平順
1.00M (O3)	3.9	黑色具金屬光澤具 少量藍色粉末	有少量粉末

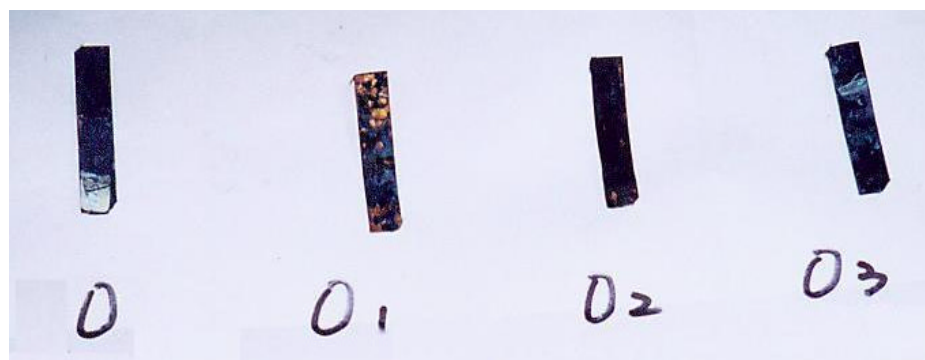
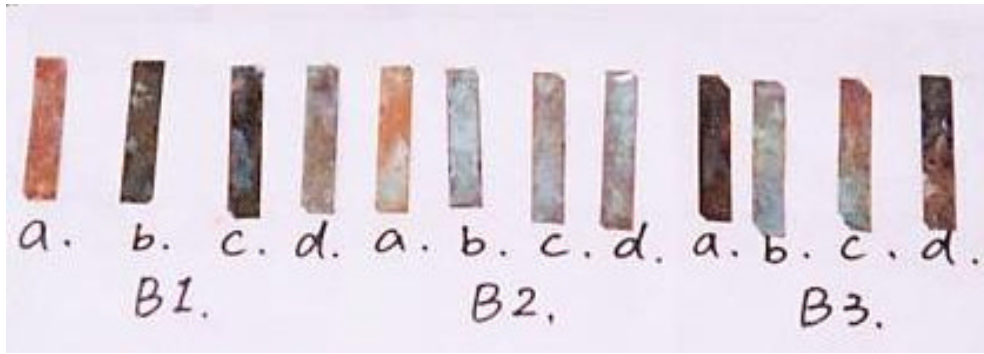


圖 0

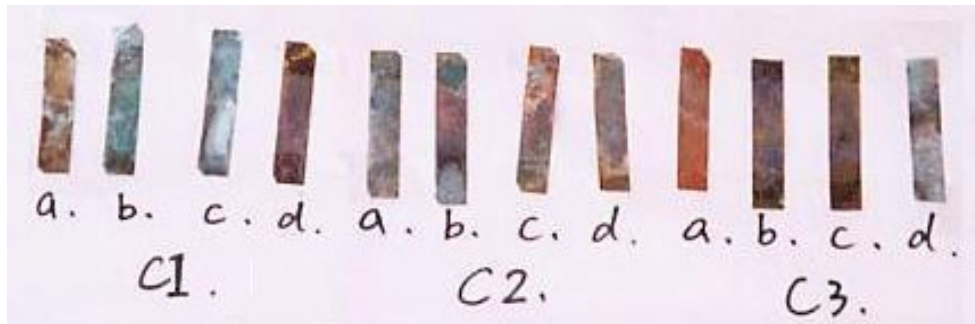
(五) 檢驗添加磷酸鈉的皮膜之抗蝕效果

編號	10^{-4}M HCl (b)	10^{-4}M NaOH (c)	10^{-4}M NH_3 (d)
A1	銅的原色，呈金屬光澤	像未加磷酸鈉前的樣子，少許紫紅色	像未加磷酸鈉前的樣子
A2	紅色脫落較多	紅色脫落少許	紅色脫落居中
A3	像未加磷酸鈉前的樣子	像未加磷酸鈉前的樣子	銅的原色，呈金屬光澤

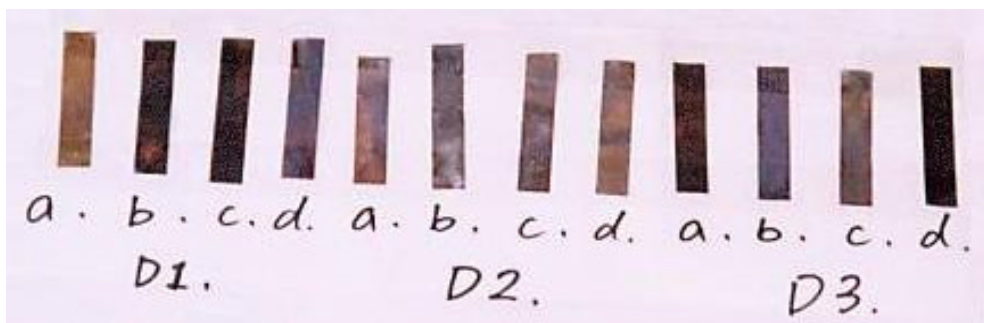
B1	褐色	黑褐色	淺灰色
B2	有淺藍色粉末	芋頭色帶淺藍色粉末	淺芋色帶淺藍色粉末
B3	淺芋色帶淺藍色粉末	淺紫紅色帶淺藍色粉末	黑褐色



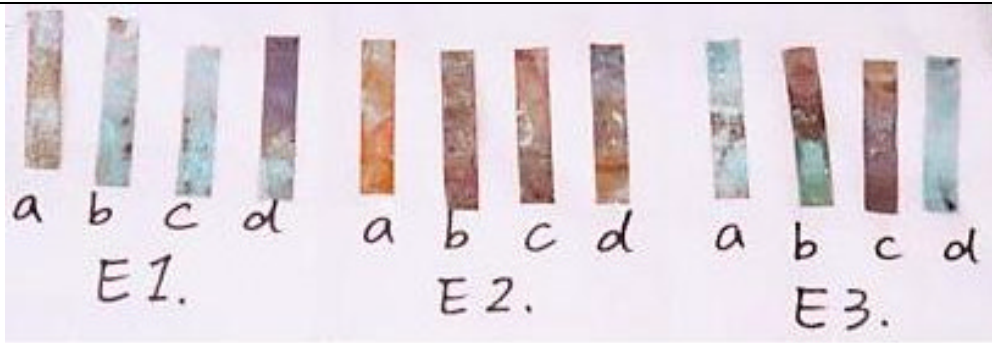
C1	色變深，藍綠色消失	紫、綠、紅色不均勻分布	少許粉末在表面
C2	深芋頭色	深芋頭色	深芋頭色
C3	深紫紅色	深紫紅色	有少許淺藍粉末



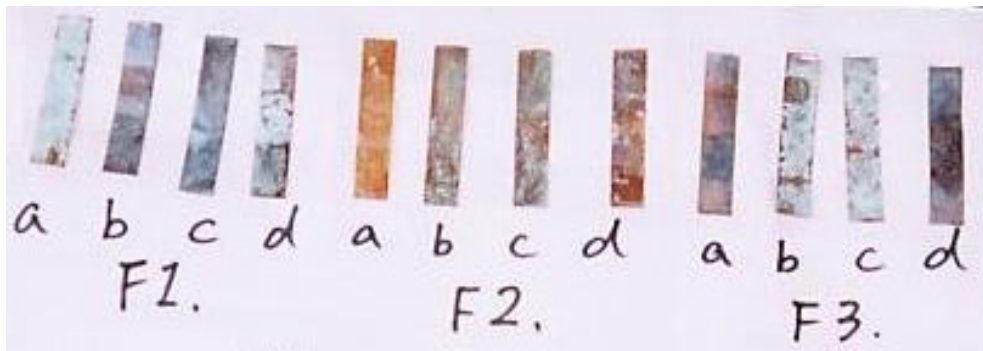
D1	黑	淺黑	深紫
D2	深芋頭色	深芋頭色	深芋頭色
D3	深芋頭色	深芋頭色	黑色，不均勻



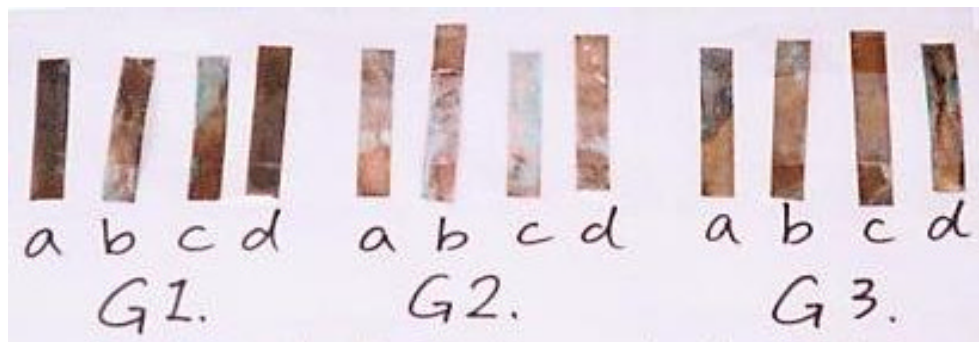
E1	粉末脫落	粉末脫落	剩少許粉末，呈芋頭色
E2	粉末幾乎掉光，變深紫紅色	粉末幾乎掉光，變深紫紅色	粉末掉光，變暗橘色
E3	粉末脫落處變深紅色 沒脫落的部分呈深綠色	深紫色	粉末掉光，呈金屬光澤



F1	粉末全掉光，變芋頭色	粉末全掉光，變芋頭色	粉末少許脫落
F2	沒有變化	呈紅色，帶少許紫	紫色
F3	粉末脫落處變桃紅色	粉末脫落處變桃紅色	深芋頭色



G1	發綠霉般，但有金屬光澤	發綠霉般	沒有變色
G2	粉末脫落	粉末少許脫落	粉末脫落
G3	均勻土色	均勻土色	發綠霉般，但有金屬光澤



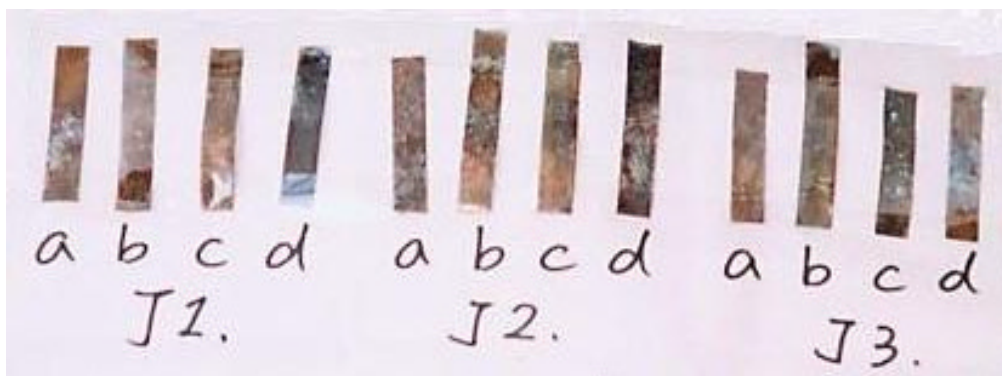
H1	粉末脫落變原銅色	有少許藍色粉末，另有金屬光澤	變黑色
H2	均勻土色	均勻土色	均勻淺土色
H3	均勻淺土色	均勻淺土色	粉末少許脫落



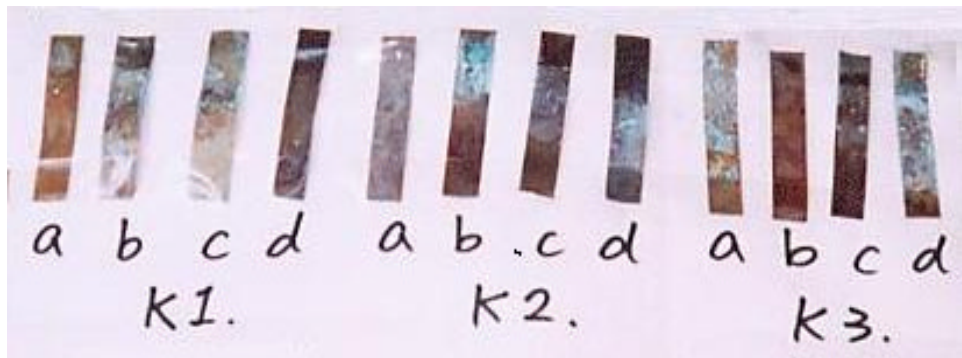
I1	土色有淺藍粉末	粉末脫落	均勻土色
I2	粉末大量脫落	有均勻、薄層藍色粉末	有均勻、薄層藍色粉末
I3	均勻土色，沒有粉末	均勻土色、沒有粉末	淺土色，有少許藍色粉末



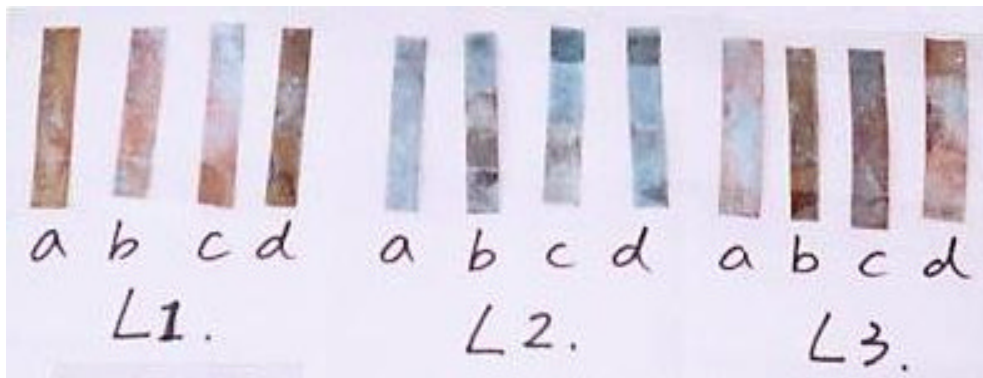
J1	均勻芋頭色	淺芋頭色	深棕色
J2	粉末脫落	粉末脫落較多	粉末脫落
J3	淺芋頭色	沒有變化	淺芋頭色



K1	色脫落	色脫較多	土色，粉末脫落
K2	粉末脫落	色變淺	色變淺，粉末脫落
K3	粉末全脫落	粉末少許脫落	沒有變化



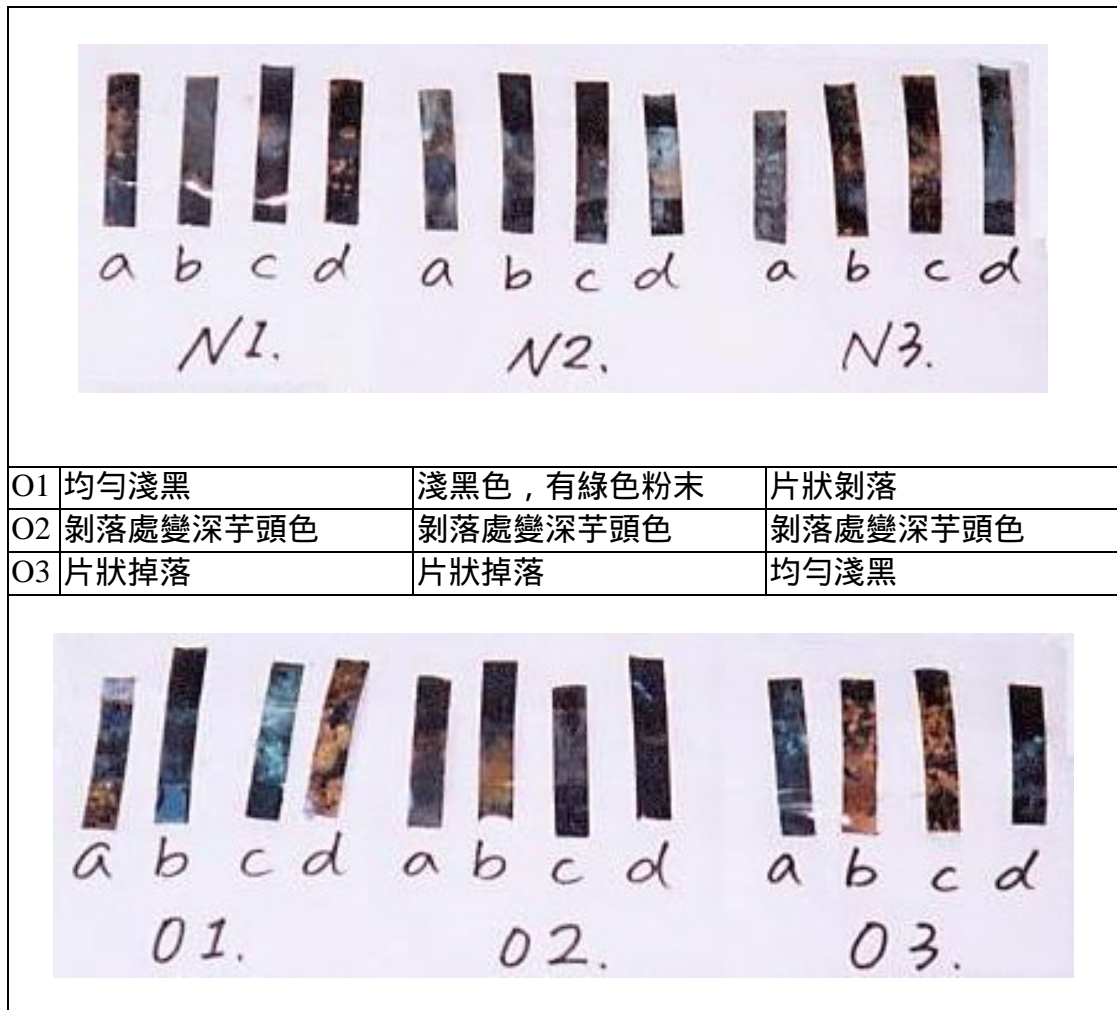
L1	金屬光澤，有淺藍粉末	金屬光澤，有淺藍粉末	色變深
L2	粉末大量脫落	粉末少許脫落	粉末少許脫落
L3	土色，沒有粉末	土色、紫色	有薄層粉末，且呈原銅色 有金屬光澤



M1	發綠黑霉般，有金屬光澤	黑色掉落，呈金屬光澤	沒有變化
M2	變原銅色	變原銅色	金色，少許褪色
M3	變黑色	變深黑色	發綠黑霉般，有金屬光澤



N1	均勻深灰色	均勻深灰色	片狀剝落
N2	沒有變化	沒有變化	沒有變化
N3	片狀剝落	片狀剝落	深灰色



五、討論及應用

- (一) 加入磷酸鹽的配方確實有改善大部分薄膜附著的情形，表面多屬光滑平順的質感。根據查到的熱浸鍍鋅著色技術的文獻中，我們猜測可能是磷酸鹽和配方中的 NaClO_3 或 KClO_3 反應生成磷酸鈉或磷酸鉀薄膜的緣故。
- (二) 原本加入磷酸鹽僅預期使表面的粉末性質改善為容易附著的性質，但卻導致原本的配方煮出來的顏色改變了，特別是在【 $\text{NaClO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl} + \text{CuSO}_4$ 】配方中，加入 0.1M 的 Na_3PO_4 ，竟然使原本綠色的粉末狀薄膜改變為紅色光滑性質的薄膜。又例如在 M 組實驗中，M 2 配方也因添加了磷酸鹽，而出現了非常大的顏色改變，薄膜由原本的黑色絨布狀易脫落的性質改變為金色具有金屬光澤的光滑性質。此發現加入磷酸鹽可改善大部分薄膜的不易脫落性質，進而也改變了薄膜化學組成，使原本的薄膜顏色發生變化。除此之外，我們也發現改變添加磷酸鹽的濃度也是薄膜顏色及性質的一大變因，所以不同的添加物濃度會形成不同的薄膜。
- (三) 銅片表面薄膜附著情形也有很大的差異。有的不均勻，一片銅片上有多種顏色，而有些卻十分均勻，推測可能是因為我們的熱浸鍍液配方中仍混有大量鹽類固體，所以反應是在非勻相系統中進行，造成銅片上呈現多重顏色。
- (四) 我們也發現有些銅片附著薄膜後，依然保有金屬光澤，但有些卻沒有。推測薄膜化學組成結構中若是離子晶體堆積甚為雜亂，就無法呈現光澤。
- (五) 我們將添加了磷酸鹽的薄膜置於酸、鹼、氨水三種環境下，模擬自然界

的腐蝕後，發現其抗蝕性仍不如原本認為的強；但不同的薄膜對三種環境的抗蝕性不一，有些腐蝕較嚴重，有些輕微，而同樣的薄膜在三種環境中的腐蝕情況也不同，甚至有同一種薄膜在酸鹼中的變化是相同的，或是原本不同顏色的薄膜經過腐蝕，反而結果相同；在這一項實驗中並沒有得到什麼規律性，惟證實了薄膜添加了磷酸鹽後的抗蝕性在空氣中及一般的接觸下雖有改善，但在模擬自然的使用環境中卻仍未達理想，仍有相當大的改善空間，或許將來可以再嘗試其他方法。

六、結論

為了改善之前薄膜易脫落及部分不耐酸鹼的性質，我們在配方中加了磷酸鹽，並改變其濃度視其變化。

磷酸鹽可改善大部分薄膜的性質，使多數粉末性質的表面變得光滑平順，且磷酸鹽和配方中的藥品發生反應後，有些新產生的磷酸鹽薄膜會有不同的顏色出現，使我們不但改善了部分薄膜的性質，也使我們有更多顏色的選擇性。像是【 $\text{NaClO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl} + \text{CuSO}_4$ 】配方中添加了 0.1M 的 Na_3PO_4 得到了磚紅色的薄膜，而在【 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{KC}_4\text{H}_5\text{O}_6 + \text{CuSO}_4$ 】配方中添加了 0.1M 的 Na_3PO_4 得到了金黃色具有金屬光澤的薄膜。

七、參考資料

- (一) 高一基礎化學第四章，「生活中的能源」，建宏出版社，民 88 年。
- (二) 高二物質科學化學篇第九章，「氧化與還原」，南一書局，民 90 年。
- (三) 高三化學第六章，「電池、電解與電鍍」，南一書局，民 91 年。
- (四) 清潔劑與有機溶劑的製造，國興出版社，民 82 年。
- (五) 合金鋼鹼性化學著色工程的改進，表面技術雜誌，第 133 期
- (六) 鋁的電解著色，化工技術，第八卷第六期
- (七) 熱浸鍍鋅著色處理的發展簡介，熱浸鍍鋅，26 期