

# 金屬鍍銅～鍍的又快又好的方法

高小組 第二名

縣市：台北市

校名：復興國小

作者：張耿睿、林果憶

指導教師：張慎、鄭麗芳



耿睿從小生長在書香世家，父母親的學術環境下薰陶，充滿著好奇心與自信心。

果憶是一位文靜認真的女孩，在父母親的栽培中虛心的學習。每次上自然課時，他倆對於科學實驗都仔仔細細的觀察、紀錄，不厭其煩的完成，蒐集有關的資料，加以研究印證，奠定了對科學的興趣。

**關鍵詞：電解硫酸銅、電鍍銅、鍍膜速率品質**

## 一、研究動機

“哇塞！夜市地攤擺滿了閃亮耀眼的金筆，這闊老闆真是勇氣可嘉！”我驚訝的大吼大叫。“弟弟啊，你真是孤陋寡聞，那是鍍金成品。”爸爸輕鬆的說！回到學校，我迫不及待的向鄰座林同學廣播昨夜新聞，只見她忙不迭地從頭髮上、衣服中、口袋、腰帶裡拿出一個比一個光亮的飾品：髮夾、手環、項鍊、腰帶夾等，炫耀的說：“少呆了，你看！”這下子面子可丟大了！反問她：“你知道什麼叫做鍍金？要怎麼做才能輕鬆擁有“黃金”呢？”這下子林同學也無法驕傲了！因為她也不知道！

回家後，看見姊姊又在做科展，姊姊是科展高手，曾經榮獲北市科展、全國科展，正準備參加亞太科展、國際科展等，使我十分羨慕。今年她研究的題目與電解有關，因此她很權威專業的解答了我的問題。隔天我很臭屁的把昨天學到的本領現學現賣、大吹一番！沒想到林同學居然說：“有本事做給我看”。是啊！從小我們就玩過許多實驗，有這麼多好的題目，豈可錯過！於是我們相邀！Go—報名參加學校科展！

## 二、研究目的

- 1.瞭解爲什麼電解硫酸銅水溶液以及使用正極爲銅材的電鍍方法可以在負極的被鍍物表面鍍上一層銅膜。
- 2.探討金屬鍍銅時影響鍍膜反應速率及品質的因素。
- 3.具體的完成金屬鍍銅時鍍的又好又快的方法。

### 三、文獻探討

- 1.兒童百科全書中曾提到利用外加電流(如電池、電源供應器等等)可以在硫酸銅水溶液電解過程中，在負極表面鍍上銅膜。另外，也可以將正極的銅材隨著電解質的離子傳遞以及和負極上電子間的互相吸引，在負極表面鍍上一層銅膜。
- 2.國中理化課本第十三章有類似的實驗，但是在相同的電壓下，常因爲電阻太大，電流不足而導致電鍍速率太緩慢的結果。
- 3.國中課本第二十四章有關章節也提及鍍著速率與電量有直接正比關係，利用公式：電量=電流×時間以及電流=電壓/電阻，換算後得電量=電壓×時間/電阻，也就是鍍著速率隨著電鍍時間及電壓大小而改變。但由於電壓太大會造成披覆銅膜和被鍍物間黏結力不佳而脫落。於是便先設定爲5伏特，在固定電鍍時間與電壓下，可簡化出電量與電阻值成反比的關係。

### 四、研究設備器材

- 1.蒸餾水8.電極間距固定板15.電子天平
- 2.磁攪拌子9.正、負各極金屬極片16.攪拌加溫器
- 3.夾子10.硫酸鋅溶液17.吹風機
- 4.溫度計11.量筒18.電源供應器
- 5.角匙12.硫酸銅水溶液19.稀硫酸
- 6.碼錶13.膠帶
- 7.鱷魚夾14.硫酸銅

### 五、研究方法及過程

#### (一)研究方法：

本研究的目的是要改善傳統電解硫酸銅水溶液或者電鍍銅過程中常發現的反應速率太慢及容易脫落的缺點。因此，藉由選擇電極片材料、調整兩電極間距、攪拌速率、電解液溫度以及添加電解質等方式來加以改進鍍著速率及鍍膜品質。

#### (二)研究過程：

## 1.電極材質選擇：(電解硫酸銅水溶液製程)

### (1)硫酸銅水溶液配製：

- a.由於硫酸銅濃度愈高；反應速率相對會提高。而且過去已有相關文獻發表，因此固定硫酸銅水溶液濃度為0.5M，取其為接近飽和前的透明澄清液，並固定電壓為5伏特。
- b.先以 1 L 的燒杯置於天秤上歸零，用角匙稱量125.0克的硫酸銅藍色粉末。再以100mL量筒量取約1L的蒸餾水倒入燒杯中，將磁攪拌子置入燒杯中以磁攪拌器充分攪拌至總體積為1L，此時為完全透明澄清的均勻藍色水溶液，並以保潔膜蓋上避免蒸發影響濃度，靜置備用。

### (2)操作步驟：

- a.將已配好的100mL硫酸銅水溶液倒入總容量為120mL燒杯中，並將磁攪拌子放入溶液中，擺置於磁攪拌器上，將轉速固定為400rpm。
- b.再將電極固定片用膠帶先固定於燒杯上，再將正、負極金屬片稱重後分置於間距為3公分的長方形孔洞中，並調整極片離杯底約一公分位置。
- c.以鱷魚夾分別接上電源供應器與金屬片的正、負極(極片尺寸統一為1公分寬，7公分長)，是以++或--極相接，實際浸入電解液面積約為4.5平方公分。
- d.將碼錶歸零，於打開電源供應器的同時，按下碼錶並調整及控制電壓為5伏特，並記錄開始時的電流為多少安培。
- e.記錄溶液當時溫度。
- f.觀察電解過程是否在正，負極有氣泡或者物體脫落等現象。
- g.於第5分鐘再記錄電流值。
- h.於第10分鐘結束前，再記錄電流值。
- i.關閉電源供應器開關，並關閉攪拌器至轉速為零。
- j.取出極片，立即浸入清水容器中約10秒後取出，並連續以清水洗淨。
- k.用吹風機吹乾並稱重，計算得鍍膜重量值。

## 2.電極材質選擇(電鍍銅製程)

其實驗裝置與電解硫酸銅水溶液大致相同，僅正極必須以銅為材料，藉由正極的銅溶解於硫酸銅電解液中，電鍍到負極的金屬表面上。

## 3.研究攪拌速率、電極間距、電解液溫度以及添加電解質對電解硫酸銅水溶液、金屬電鍍銅結果的影響：

我們根據研究過程1.及2.的結果，選擇了腐蝕性較小，表面積較大且價錢亦合理的鎳網做為正極，並選擇導電性良好的鎳網及鐵網做為負極來作進一步增加反應速率及鍍膜

品質的探討。

## 六、研究結果

### (一)電極材質選擇

1.電解硫酸銅水溶液方面：評估結果，如表一～四，電解硫酸銅時正、負電極匹配與銅鍍膜平均電流量的關連性如表五所示。

表一正極：鎳片 測試條件：溫度25 攪拌速率400rpm 兩極間距3公分 電壓5伏特  
硫酸銅水溶液0.5M 100ml 電解時間10分鐘 兩極片至杯底距離1cm

負極材料	測試數據	負極片重量(克)		電流變化(安培)				鍍膜重量(克)	電解後極片及電解液反應情形
		鍍前	鍍後	0分鐘	5分鐘	10分鐘	平均值		
鎳片		0.82	0.92	0.40	0.55	0.50	0.48	0.10	氣泡少，電解液尚澄清
鎳網		0.42	0.52	0.42	0.51	0.58	0.50	0.10	氣泡少，電解液尚澄清
發泡鎳		0.60	0.69	0.45	0.50	0.55	0.50	0.09	氣泡少，電解液尚澄清
銅片		0.33	0.43	0.45	0.50	0.55	0.50	0.10	稍有氣泡，電解液尚澄清
銅網		0.19	0.29	0.40	0.48	0.48	0.45	0.10	稍有氣泡，電解液尚澄清
鐵網		0.55	0.68	0.48	0.60	0.75	0.61	0.13	氣泡較多，電解液稍混濁
白鐵網		0.21	0.28	0.40	0.43	0.38	0.40	0.07	稍有氣泡，電解液尚澄清

表二正極：鎳網 測試條件：溫度25 攪拌速率400rpm 兩極間距3公分 電壓5伏特  
硫酸銅水溶液0.5M 100ml 電解時間10分鐘 兩極片至杯底距離1cm

負極材料	測試數據	負極片重量(克)		電流變化(安培)				鍍膜重量(克)	電解後極片及電解液反應情形
		鍍前	鍍後	0分鐘	5分鐘	10分鐘	平均值		
鎳片		0.76	0.86	0.40	0.48	0.51	0.46	0.10	稍有氣泡，電解液澄清
鎳網		0.41	0.49	0.42	0.41	0.42	0.42	0.08	稍有氣泡，電解液澄清
發泡鎳		0.57	0.65	0.40	0.41	0.49	0.43	0.08	有氣泡、電解液尚澄清
銅片		0.32	0.41	0.38	0.40	0.40	0.39	0.09	有氣泡、電解液稍混濁
銅網		0.19	0.29	0.39	0.48	0.51	0.46	0.10	有氣泡、電解液稍混濁
鐵網		0.56	0.65	0.40	0.42	0.48	0.43	0.09	有氣泡，電解液較混濁
白鐵網		0.18	0.26	0.35	0.39	0.40	0.38	0.08	氣泡少，電解液尚澄清

表三正極：發泡鎳 測試條件：溫度25 攪拌速率400rpm 兩極間距3公分 電壓5伏特  
硫酸銅水溶液0.5M 100ml 電解時間10分鐘 兩極片至杯底距離1cm

負極材料	測試數據	負極片重量(克)		電流變化(安培)				鍍膜重量(克)	電解後極片及電解液反應情形
		鍍前	鍍後	0 分鐘	5 分鐘	10 分鐘	平均值		
鍍片		0.82	0.92	0.49	0.42	0.50	0.47	0.10	有氣泡，電解液尚澄清
鍍網		0.42	0.53	0.50	0.52	0.60	0.54	0.11	氣泡少，電解液澄清
發泡鍍		0.55	0.65	0.44	0.49	0.50	0.48	0.10	有氣泡，電解液稍混濁
銅片		0.34	0.43	0.45	0.50	0.53	0.49	0.09	有氣泡，電解液稍混濁
銅網		0.19	0.32	0.60	0.63	0.72	0.65	0.13	有氣泡，電解液稍混濁
鐵網		0.60	0.70	0.40	0.48	0.50	0.46	0.10	有氣泡、電解液較混濁
白鐵網		0.22	0.32	0.45	0.49	0.51	0.48	0.10	有氣泡、電解液較混濁

表四正極：鐵網 測試條件：溫度25 攪拌速率400rpm 兩極間距3公分 電壓5伏特  
 硫酸銅水溶液0.5M 100ml 電解時間10分鐘 兩極片至杯底距離1cm

負極材料	測試數據	負極片重量(克)		電流變化(安培)				鍍膜重量(克)	電解後極片及電解液反應情形
		鍍前	鍍後	0 分鐘	5 分鐘	10 分鐘	平均值		
鍍片		0.82	0.89	0.72	0.65	0.59	0.65	0.09	正極脫落黑色油狀物，稍有氣泡，電解液稍混濁
鍍網		0.45	0.53	0.55	0.41	0.44	0.47	0.08	正極脫落黑色油狀物，氣泡較少，電解液仍澄清
發泡鍍		0.63	0.68	0.49	0.36	0.40	0.42	0.05	正極脫落黑色油狀物，稍有氣泡，電解液較混濁
銅片		0.32	0.42	0.68	0.51	0.55	0.58	0.10	正極脫落黑色油狀物，氣泡較多，電解液混濁
銅網		0.19	0.31	0.76	0.51	0.58	0.62	0.12	正極脫落黑色油狀物，大量氣泡，電解液混濁
鐵網		0.66	0.77	0.65	0.50	0.52	0.56	0.11	正極脫落黑色油狀物，氣泡增多，電解液混濁
白鐵網		0.19	0.31	0.53	0.45	0.49	0.49	0.12	正極脫落黑色油狀物，氣泡較多，電解液混濁

表五 電解硫酸銅水溶液之不同正負極匹配與銅鍍膜重量關係表

負極	正極 電流平均值 (安培)	鍍片	鍍網	發泡鍍	鐵網
		鍍片	0.48	0.46	0.47
鍍網	0.50	0.42	0.54	0.47	
發泡鍍	0.50	0.43	0.48	0.42	
銅片	0.50	0.39	0.49	0.58	
銅網	0.45	0.46	0.65	0.62	
鐵網	0.61	0.43	0.46	0.56	
白鐵網	0.40	0.38	0.48	0.49	

## 2.金屬鍍銅方面

條件如電解硫酸銅水溶液，但是正極必須為銅材，共計分為銅網與銅片兩種。但因銅網於電鍍銅時會隨電鍍時間增加而溶出，整片掉落，導致後面階段幾無電流，影響電鍍效果。

3.電極材質的影響：其改變負極材料所測得數據如表六～七所示。

表六正極：銅片 測試條件：溫度25 攪拌速率400rpm 兩極間距3公分 電壓5 伏特

硫酸銅水溶液0.5M 100ml電鍍時間10分鐘兩極片至杯底距離1cm

負極材料	測試數據	負極片重(克)		電流變化(安培)				鍍膜重量(克)	電鍍後極片及電鍍液反應情形
		鍍前	鍍後	0分鐘	5分鐘	10分鐘	平均值		
鍍片		0.84	0.96	0.50	0.51	0.52	0.51	0.12	稍有氣泡，電鍍液尚澄清
鍍網		0.54	0.85	0.55	0.60	0.65	0.60	0.31	氣泡少，電鍍液澄清
發泡鍍		0.58	0.74	0.75	0.75	0.85	0.78	0.16	有氣泡，電鍍液尚澄清
銅片		0.32	0.42	0.50	0.50	0.50	0.50	0.10	有氣泡，稍有黑渣，電鍍液稍混濁
銅網		0.19	0.34	0.60	0.80	0.80	0.73	0.15	有氣泡，稍有黑渣，電鍍液稍混濁
鐵網		0.67	0.83	0.75	0.80	0.65	0.73	0.16	有氣泡，有黑渣，電鍍液較混濁
白鐵網		0.20	0.31	0.55	0.60	0.60	0.58	0.11	有氣泡，有黑渣，電鍍液較混濁

表七正極：銅網 測試條件：溫度25 攪拌速率400rp 兩極間距3公分 電壓5伏特

硫酸銅水溶液0.5M 100ml 電鍍時間10分鐘 兩極片至杯底距離1cm

負極材料	測試數據	負極片重量(克)		電流變化(安培)				鍍膜重量(克)	電解後極片及電解液反應情形
		鍍前	鍍後	0分鐘	5分鐘	10分鐘	平均值		
鍍片		0.82	0.92	0.49	0.42	0.50	0.47	0.10	有氣泡，電解液尚澄清
鍍網		0.42	0.53	0.50	0.52	0.60	0.54	0.11	氣泡少，電解液澄清
發泡鍍		0.55	0.65	0.44	0.49	0.50	0.48	0.10	有氣泡，電解液稍混濁
銅片		0.34	0.43	0.45	0.50	0.53	0.49	0.09	有氣泡，電解液稍混濁
銅網		0.19	0.32	0.60	0.63	0.72	0.65	0.13	有氣泡，電解液稍混濁
鐵網		0.60	0.70	0.40	0.48	0.50	0.46	0.10	有氣泡、電解液較混濁
白鐵網		0.22	0.32	0.45	0.49	0.51	0.48	0.10	有氣泡、電解液較混濁

另外，不同正、負電極材質匹配與平均電流量關連性，如表八所示。

表八：電鍍銅之不同正負極匹配與電流量關係表

電流平均值(安培)	正極	
	銅網	銅片
鍍片	0.44	0.51
鍍網	0.37	0.60
發泡鍍	0.52	0.78

銅片	0.43	0.50
銅網	0.41	0.73
鐵網	0.47	0.73
白鐵網	0.36	0.58

(二)攪拌速率的影響：如表九、十。

表九正極：鎳網 測試條件：溫度25 兩極間距3公分 電解10分鐘

電壓5伏特 硫酸銅水溶液0.5M 100ml 兩極片至杯底距離1cm

負極材料	測試數據	攪拌速率 (rpm)	負極片重量(克)		鍍膜重量(克)	電解後極片及電解液反應情形
			鍍前	鍍後		
鎳網		0	0.53	0.66	0.13	氣泡少，電解液澄清，負極片無黑渣
		200	0.50	0.60	0.10	氣泡少，電解液澄清，負極片無黑渣
		400	0.52	0.65	0.13	氣泡少，電解液澄清，負極片無黑渣
鐵網		0	0.70	0.77	0.07	氣泡多，電解液有黑渣，極片沾有黑渣
		200	0.71	0.81	0.10	有氣泡，電解液有黑渣，負極片沾有少量黑渣
		400	0.63	0.75	0.12	有氣泡，電解液有黑渣，負極片稍有黑渣

表十正極：銅片 測試條件：溫度25 兩極間距3公分 電鍍10分鐘

電壓5伏特 硫酸銅水溶液0.5M 100ml 兩極片至杯底距離1cm

負極材料	測試數據	攪拌速率 (rpm)	負極片重量(克)		鍍膜重量(克)	電鍍後極片及電鍍液反應情形
			鍍前	鍍後		
鎳網		0	0.47	0.56	0.09	少氣泡，無黑渣，電鍍液澄清
		200	0.42	0.55	0.13	少氣泡，無黑渣，電鍍液澄清
		400	0.54	0.85	0.31	少氣泡，無黑渣，電鍍液澄清
鐵網		0	0.65	0.75	0.10	有氣泡，有黑渣，電鍍液稍混濁沾於負極片上
		200	0.68	0.81	0.13	有氣泡，有黑渣，電鍍液較混濁沾於負極片上
		400	0.63	0.76	0.13	有氣泡，有黑渣，電鍍液較混濁負極沾片有少量黑渣

(三)電極間距的影響：其電流變化及負極銅膜情形如表十一、十二所示。

表十一正極：鎳網 測試條件：溫度25 攪拌速率400rpm 電解10分鐘

電壓5伏特 硫酸銅水溶液0.5M 100ml 兩極片至杯底距離1cm

負極材料	測試數據	兩極間距 (cm)	負極片重量(克)		鍍膜重量(克)	電解後極片及電解液反應情形
			鍍前	鍍後		
鎳網		4.5	0.45	0.55	0.10	氣泡少，電解液無黑渣，透明澄清
		3.0	0.45	0.58	0.13	氣泡少，電解液無黑渣，透明澄清
		1.5	0.45	0.63	0.18	氣泡少，電解液無黑渣，透明澄清

表十二正極：銅片 測試條件：溫度25 攪拌速率400rpm 電鍍10分鐘

電壓5伏特硫酸銅水溶液0.5M 100ml 兩極片至杯底距離1cm

負極材料	測試數據	兩極間距 (cm)	負極片重量(克)		鍍膜重量(克)	電鍍後極片及電鍍液反應情形
			鍍前	鍍後		
鎳網		4.5	0.47	0.60	0.13	氣泡少，電鍍液無黑渣，透明澄清
		3.0	0.46	0.61	0.15	氣泡少，電鍍液無黑渣，透明澄清
		1.5	0.46	0.62	0.16	氣泡少，電鍍液無黑渣，透明澄清

(四)電解液溫度效應：如表十三～四。

表十三正極：鎳網 測試條件：攪拌速率400rpm 兩極間距3公分 電解10分鐘

電壓5伏特 硫酸銅水溶液0.5M 100ml 兩極片至杯底距離1cm

負極材料	測試數據	溫度 (°C)	負極片重量(克)		鍍膜重量(克)	電解後極片及電解液反應情形
			鍍前	鍍後		
鎳網		10	0.48	0.58	0.10	氣泡少，無黑渣，電解液透明澄清
		25	0.45	0.56	0.11	氣泡少，無黑渣，電解液透明澄清
		50	0.46	0.64	0.18	氣泡少，無黑渣，電解液透明澄清
鐵網		10	0.67	0.76	0.09	有氣泡，有黑渣，沾於負極片上
		25	0.63	0.73	0.10	有氣泡，有黑渣，沾於負極片上
		50	0.65	0.86	0.21	有氣泡，有黑渣，沾於負極片上

表十四正極：銅片 測試條件：攪拌速率400rpm 兩極間距3公分 電鍍10分鐘

電壓5伏特 硫酸銅水溶液0.5M 100ml 兩極片至杯底距離1cm

負極材料	測試數據	攪拌速率 (rpm)	負極片重量(克)		鍍膜重量(克)	電鍍後極片及電鍍液反應情形
			鍍前	鍍後		
鎳網		0	0.47	0.56	0.09	少氣泡，無黑渣，電鍍液澄清
		200	0.42	0.55	0.13	少氣泡，無黑渣，電鍍液澄清
		400	0.54	0.85	0.31	少氣泡，無黑渣，電鍍液澄清
鐵網		0	0.65	0.75	0.10	有氣泡，有黑渣，電鍍液稍混濁沾於負極片上
		200	0.68	0.81	0.13	有氣泡，有黑渣，電鍍液較混濁沾於負極片上
		400	0.63	0.76	0.13	有氣泡，有黑渣，電鍍液較混濁負極沾片有少量黑渣

(五)添加電解質效應：

1.添加稀硫酸溶液:如表十五、十六

表十五正極：鎳網 測試條件：溫度25 攪拌速率400rpm 電解10分鐘 電壓5伏特  
硫酸銅水溶液0.5M 100ml 兩極片至杯底距離1cm

負極材料	測試數據	添加稀硫酸 (M)	負極片重量(克)		鍍膜重量(克)	電解後極片及電解液反應情形
			鍍前	鍍後		
鎳片		0	0.83	0.92	0.09	氣泡少，電解液澄清
		0.05	0.80	0.91	0.11	氣泡少，電解液澄清
		0.45	0.78	0.91	0.13	氣泡少，電解液澄清

表十六正極：銅片 測試條件：溫度25 攪拌速率400rpm 電鍍10分鐘 電壓5伏特  
硫酸銅水溶液0.5M 100ml 兩極片至杯底距離1cm

負極材料	測試數據	添加稀硫酸 (M)	負極片重量(克)		鍍膜重量(克)	電鍍後極片及電鍍液反應情形
			鍍前	鍍後		
鎳片		0	0.78	0.91	0.13	無氣泡,電鍍液透明澄清
		0.01	0.78	0.88	0.10	無氣泡,電鍍液透明澄清
		0.05	0.78	0.90	0.12	無氣泡,電鍍液透明澄清

2.添加硫酸鋅溶液：如表十七、十八（略）

## 七、討論

(一)電極材質的選擇

測試條件固定為：

電壓為5伏特，電解及電鍍時間為均10分鐘、電解液溫度為25，兩極間距為3公分、兩極片至杯底距離為1公分、攪拌速率為400rpm、硫酸銅溶液為0.5M100mL、兩極片浸入硫酸銅水溶液面 $1 \times 45 \text{cm}^2$ 。

### 1.電解硫酸銅水溶液方面

(1)由實作中比較顯示正極為鎳材時，負極表面銅鍍膜的光澤性、黏著性較鐵網者為佳。其中，又以正極為鎳片、鎳網，負極為鎳網者更佳。其原因為鐵網在電解液中因腐蝕及氧化造成黑渣，使銅鍍膜易脫落且不均勻。

(2)由表一～五,進一步顯示雖然不同電極匹配時，平均電流量與銅鍍膜重量，以鐵材及銅材者稍高。但電池隨著電解時間變化時以鎳材的電流變化量少、氣泡量(氧氣)少、是因鎳材具有較高抗腐蝕性、不易氧化、故穩定性較高。

### 2.金屬鍍銅方面

(1)由表六～八顯示在電鍍過程中，正極銅片與銅網都會愈來愈小，慢慢的溶解於硫酸銅水溶液中，尤以銅網溶解速率最快。這是因為銅網的表面積大於銅片，因此，反應速率在前5分鐘較快，但因本身結構較弱易溶解斷落而於後5分鐘時造成斷電，使實驗無法繼續。

(2)分析結果以正極銅片/負極鎳網匹配的鍍膜重量0.31克最高，其次是正極銅片/負極發泡鎳的0.16克。並且照片五顯示出銅鍍膜外觀及黏著度均佳。

### (二)攪拌速率的影響：

1.在電解硫酸銅方面，表九～十(顯示，增加攪拌速率，大致上對負極的銅鍍膜重量愈重，其中尤以鎳網/鎳網匹配者，在400rpm下，既快又好，而鎳網/鐵網銅鍍膜腐蝕脫落而與前者相似，但外觀不佳。

2.在電鍍銅方面，銅片/鎳網組合，在攪拌速率為400rpm下鍍膜重為0.31克的遠大於200rpm的0.13克，且外觀良好。

3.增加攪拌速率600rpm，但限於燒杯容量不足會濺出，且產生大量攪拌時的氣泡，實驗上有誤差。

### (三)兩極間距的影響：

1.由表十一～十二顯示，在電解硫酸銅水溶液及金屬鍍銅方面，兩極間距在1.5公分的鍍著度比兩極間距在3公分及4.5公分者的鍍膜重量高，因為兩極間距愈接近，水溶液中的離子，電子不必長途跋涉，很快就可以到極片上，所以反應速率加快。

2.由實作中顯示，不論正極為鎳網或銅片，其負極鎳網銅鍍膜外觀、黏著力及光澤性均十分良好。

### (四)電解液溫度效應

1.由表十三～十四，顯示電解鎳網/鐵網及鎳網/鎳網在50 鍍膜重量最高，但在電鍍銅片/鎳網在25 時鍍膜重量為0.31克反而大於50 的0.13克，且外觀也較佳。(原因可能為正極銅

片溶解速率在0.5M硫酸銅溶液中已足夠，溫度過高造成離子傳導時因濃度過高，造成阻塞反而使反應速率變慢之故。

2.由實作中顯示，不論電解或電鍍，鎳網/鐵網或銅片/鐵網則仍隨溫度增加，鍍膜重量也增高，但鍍膜外觀以25 者較佳。

### (五)添加電解質效應

#### 1.添加稀硫酸溶液

(1)由表十五顯示在電解硫酸銅中添加稀硫酸會稍有增加鍍膜重量及使鍍膜品質提升的效果，其中添加0.05M的稀硫酸外觀較佳。主要是銅膜的來源為硫酸銅水溶液中的銅離子，當消耗銅離子時因稀硫酸電解液可以稍為維持離子強度而較不致於減少導電性，使鍍膜均勻性較佳之故。

(2)由表十六顯示，在電鍍銅時添加稀硫酸，雖加入極少量效果仍不顯著，甚至更差。主要原因可能是維持離子傳導性的0.5M硫酸銅溶液濃度已近飽和，若再添加電解質時，因離子濃度過大，傳導時易造成擁塞現象，故效果不佳。

#### 2.添加硫酸鋅水溶液

(1)由表十七顯示在100mL電解硫酸銅中添加0.01M的硫酸鋅水溶液，負極鎳網上的銅鍍膜不論均勻性與光澤性均極佳，且鍍膜重量也較未添加時稍重些。當硫酸鋅濃度增加到0.05M時鍍膜重量雖然持續攀升，但外觀上及光澤性已變差了。其原因可能是電解液中的少量鋅離子較銅離子不易鍍到負極鎳網上，具有增加離子傳導性並抑制銅鍍膜氧化的功能，但是當濃度增至0.05M時，則會有少部份鋅離子被鍍到銅膜上導致鍍膜品質下降了。

(2)由表十八顯示，在電鍍銅方面，仍然如添加稀硫酸一樣，對鍍膜重量及品質的提升效果不佳。

## 八、結論

1.爲了鍍膜品質的提升，不論電解硫酸銅水溶液或者是金屬鍍銅方面，實驗已驗證，電極材料在負極以鎳網爲佳，正極則以鎳網或銅片最好。

2.爲了達到金屬鍍銅既好又快的目的，考慮了電極材質的選擇、攪拌速率、兩電極間距、電解液溫度以及添加電解質等方向來加以探討。並將測試條件中有關電壓、硫酸銅溶液濃度及電解時間加以固定。綜合上述的實驗，本研究中電解硫酸銅溶液及金屬鍍銅的既快又好之最佳組合如下：在固定電壓5伏特、電解時間10分鐘下、電解質爲100mL0.5M硫酸銅水溶液時：

(1)電解硫酸銅水溶液：

正極材料：鎳網

負極材料：鎳網

攪拌速率=400rpm

兩電極間距=1.5公分

電解液溫度=50

添加硫酸鋅水溶液=0.01M

(2)金屬鍍銅(測試條件同上)

正極材料：銅片

負極材料：鎳網

攪拌速率=400rpm

兩電極間距=3公分

電解液溫度=25

添加電解質=不添加

## 九、參考資料

(一)中國兒童故事百科全書

第八集—218頁、第十二集—340頁、第十六集—376頁、第二十七集—54、56頁，出版者：明山書局，發行人：黃鐵雄

(二)新世紀科學學習百科第104頁、105頁、148頁、

出版者：貓頭鷹出版社，作者：內爾.阿德利著

(三)中華兒童百科全書第四集1203~1211頁

出版者：台灣省政府教育廳，主編：台灣省政府教育廳

(四)國中理化課本三冊，第十三章13-1節電解,13-6節電鍍

國小自然課本第十一冊第七單元

(五)元素表，第二冊8-1元素,9-1元素的活性

(六)中國大百科全書(化學)

第一集第144頁及153-154頁，第二集第702頁

出版者：錦繡出版事業股份有限公司

## 評語

金屬鍍銅或與其類似的作品是科展常有的主題，但通常都是討論鍍在平面的金屬片。本

作品的特點在於改用網狀的鎳與發泡鎳，以求鍍得好又快，並廣泛地探討影響鍍銅的因子。

[回到目錄頁../Index.htm](#)