

中華民國第 56 屆中小學科學展覽會

作品說明書

科別：化學

組別：高中組

作品名稱：無電電鍍—熱浴浸泡法

關鍵詞：無電電鍍、氧化還原、熱浴浸泡法

編號：

摘要

為了提高鋼、鐵的防鏽能力，本研究採用氧化劑(亞硝酸鈉)促使鋼、鐵表面產生黑色膜狀物(四氧化三鐵)，使內部的金屬不受外在的因素影響而有效的被保護，避免金屬表面產生氧化生鏽，以提升產品的功能性，及產品使用上的安全性。

本研究主要在於探討在無電的情況下，如何能夠快速地將金屬表面做防鏽處理，以有效的達到延遲氧化的時間，並且討論溫度及藥劑與水的比例對各種金屬的螺絲的無電電鍍之效果有何差異。

研究結果發現溫度的高低以及藥劑與水的比例對於反應結束後的產品所呈現出的差異及防鏽能力皆有所影響，其中發現最佳溫度為 110°C 左右，最佳濃度為氫氧化鈉:水的重量比=1:2、亞硝酸鈉:水的重量比=3:50。

壹、 研究動機

在生活中處處可以見到螺絲的使用，但市面上的螺絲皆已經經過電鍍防鏽的處理，然而每種電鍍出的結果、效果必定有所差異，使用上也用不同的限制，此外，不同金屬所使用的藥品、器材也大不相同，不僅如此，銷售市場上的金屬製品經過處理後不僅能延遲生鏽時間且外觀上也有不同的顏色，使我們非常好奇，因此想藉此機會深入探究電鍍所產生的化學變化，及在重工業上的應用為何，如鐵製螺絲品的表面處理。

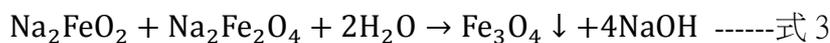
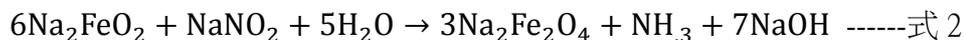
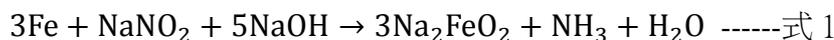
貳、 目的

- 一、利用藥劑與金屬表面產生反應使金屬表面產生一層四氧化三鐵(Fe₃O₄)，進而與氧氣隔絕，延遲金屬被氧化的時間，讓金屬不易因生鏽而產生物理以及化學性質上的改變，並使金屬的外觀產生視覺上的不同。
- 二、探討不同的溫度進行反應，並觀察顏色、生鏽時間的變化及最佳溫度。
- 三、探討不同的藥劑與水的比例進行反應，並觀察顏色及生鏽時間的變化。

參、 原理

一、實驗原理：電鍍分為有電電鍍(電解)和無電電鍍(熱浴浸泡法)，本實驗所使用的方法為無電電鍍，利用高溫浸泡的方式，促使金屬表面的成分(鐵)與藥劑產生氧化還原反應，利用氧化劑(亞硝酸鈉、氫氧化鈉)使金屬表面產生四氧化三鐵，以達到延遲生鏽的目的。完成後，利用鹽霧檢驗法檢驗其防鏽效果的差異。

反應過程：



經由以上三式整理得出:



肆、 研究方法及設計

本研究方法及設計：詳見圖一，採用熱浴浸泡法，先利用鹽酸將金屬表面雜質去除，配製溶液(在 200g 的水中加入氫氧化鈉 200g、亞硝酸鈉 12g)，放入金屬

(不鏽鋼、鐵(有螺紋、無螺紋)、合金鋼、中碳鋼)，並觀測溫度改變及藥劑與水的比例不同分別對生鏽時間及顏色的影響，最後，利用鹽霧檢驗法紀錄並探討。

一、實驗一：本實驗利用不同的溫度：60°C、70°C、80°C、90°C、100°C、110°C、120°C 進行無電極電鍍反應，進而利用鹽霧檢驗法觀察不鏽鋼、鐵(有螺紋、無螺紋)、合金鋼、中碳鋼顏色與生鏽時間的變化，變因如表 1。

表 1:實驗一變因

控制變因	1.同時間(10 分鐘) 2.同濃度(NaOH:H ₂ O=1:1、亞硝酸鈉:H ₂ O=3:50)
操縱變因	溫度
應變變因	顏色、生鏽時間

二、實驗二：本實驗利用不同的藥劑與水的比例進行無電極電鍍反應，在 200g 的水中加入氫氧化鈉 200g、亞硝酸鈉 12g，依次分別配製水 300g、400g、500g、600g，進而利用鹽霧檢驗法觀察不鏽鋼、鐵(有螺紋、無螺紋)、合金鋼、中碳鋼顏色與生鏽時間的變化，變因如表 2。

表 2:實驗二變因

控制變因	同時間(10 分鐘)、同溫度(120°C)
操縱變因	藥劑與水的比例
應變變因	顏色、生鏽時間

三、鹽霧檢驗法：透過加壓鹽水對待測物進行檢測，且鹽水可以加速待測物氧化的速度，檢測有無電鍍對於延遲生鏽的時間的差異。本實驗採用的檢驗規範為 JIS 規範(日本工業規格協會檢驗標準)。

(一)JIS 規範條件(日本工業規格協會檢驗標準):

- 1.壓縮空氣統壓力:1.0kg/cm²
- 2.鹽水噴參量:1.3ml/hr
- 3.空氣飽和桶溫度:47±1°C
- 4.試驗室溫度:35±2°C
- 5.pH 值:6.5~7.2
- 6.比重:1.0223~1.0364
- 7.濃度:5±1%

(二)實作時條件:

- 1.壓縮空氣統壓力:1.0kg/cm²

- 2.鹽水噴參量:1.3ml/hr
- 3.空氣飽和桶溫度:47.1°C
- 4.試驗室溫度:34°C
- 5.pH 值:7.2
- 6.比重:1.0223
- 7.濃度:5%

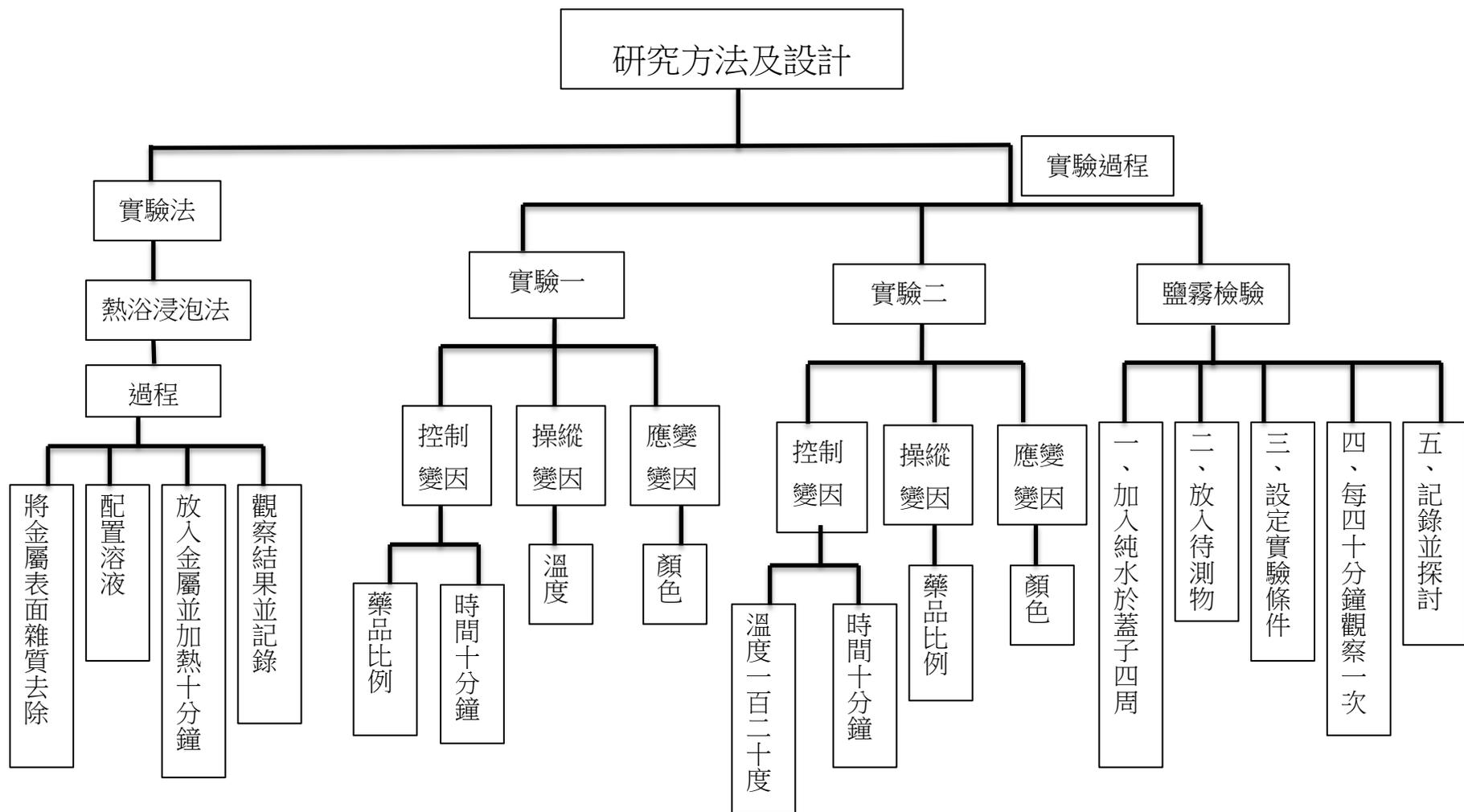


圖 1:研究方法及設計

伍、 實驗器材

本研究所需要的藥品，如表 3，所需要的藥品，如表 4。

表 3:藥品

(一)藥品	數量	備註
氫氧化鈉	共 2200g	
亞硝酸鈉	共 132g	
鹽酸	適量	做清潔表面髒污用

表 4:器材

(二)器材	數量	備註
不鏽鋼鍋	1 個	容量 500ml 以上
溫度計	1 支	測量範圍 0℃~200℃
不鏽鋼	共 37 支	
鐵有螺紋	共 37 支	
鐵無螺紋	共 37 支	
合金鋼	共 37 支	
中碳鋼	共 37 支	
卡式爐	1 個	加熱用
水桶	1 個	冷卻用
燒杯	3 個	
電子秤	1 台	秤藥品
鹽霧試驗機	1 台	如圖 2、圖 3



圖 2:鹽水試霧機



圖 3:鹽水試霧機

陸、 實驗步驟

一、實驗一:

- (一) 將不鏽鋼、鐵(有螺紋、無螺紋)、合金鋼、中碳鋼浸泡至鹽酸中，以去除表面油垢及污漬，如圖 4。
- (二) 在 200g 的水中加入氫氧化鈉 200g、亞硝酸鈉 12g(此時溫度已上升 60°C ，因為加入氫氧化鈉會產生放熱反應)，如圖 5。
- (三) 放入各種金屬加熱，使溫度保持 $60^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 持續攪拌 10 分鐘，即可拿出放在水桶裡泡水降溫洗淨表面殘餘藥劑，拿出擦乾噴上防鏽油，增加金屬表面光澤度，防鏽效果也相對增加。
- (四) 重複以上步驟，溫度加熱至 $70\pm 5^{\circ}\text{C}$ 、 $80\pm 5^{\circ}\text{C}$ 、 $90\pm 5^{\circ}\text{C}$ 、 $100\pm 5^{\circ}\text{C}$ 、 $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ 、 $120\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。



圖 4:以鹽酸清洗過後的金屬



圖 5:加熱過程中

二、實驗二:

- (一) 將不鏽鋼、鐵(有螺紋、無螺紋)、合金鋼、中碳鋼浸泡至鹽酸中，以去除表面油垢及污漬。
- (二) 在 200g 的水中加入氫氧化鈉 200g、亞硝酸鈉 12g(此時溫度已上升至 60°C ，因為加入氫氧化鈉會產生放熱反應)，加熱至 $120\pm 5^{\circ}\text{C}$ 放入各種金屬加熱，使溫度保持 $120\pm 5^{\circ}\text{C}$ 持續攪拌 10 分鐘，如圖 6，即可拿出。
- (三) 重複以上步驟，分別配置水 300g、400g、500g、600g。



圖 6:加熱至 $120\pm 5^{\circ}\text{C}$

三、鹽霧檢驗法:

- (一)準備 9.5L 的純水、500g 的 NaCl
- (二)將 NaCl 倒入純水中攪拌均勻
- (三)將配置好的鹽水倒入飽和桶內
- (四)將待檢驗物置入試驗室中，並在蓋子四周加水(避免在檢驗過程中有鹽霧滲出影響檢驗結果)
- (五)設定實作條件
- (六)蓋上蓋子，試驗開始
- (七)每 40 分鐘中觀察一次(因為太頻繁地開啟觀察化影響檢驗的結果)

柒、 實驗結果:

一、實驗一:本研究在不同溫度下，利用無電極電鍍對不同的金屬進行反應，並觀察其顏色變化，發現在 110°C 時，所鍍出的顏色（黑色）最佳，如表 5。

本研究發現鐵(有螺紋)在 60°C~80°C 時，40 分鐘生鏽；90°C 時，120 分鐘生鏽；100°C 時，200 分鐘生鏽；110°C~120°C 時，240 分鐘生鏽，且鐵(無螺紋)、合金鋼、中碳鋼與鐵(有螺紋)結果相同，如表 6、圖 7。

不鏽鋼在 240 分鐘後仍未生鏽，不鏽鋼中鉻與低碳含量互相配合，可以顯現出明顯的耐腐蝕性和耐熱性，而且加入鎳，可使其表面會產生防鏽的氧化膜，提高耐腐蝕性及抗氧化性。鋼在大氣、水等中和硝酸等，耐蝕性隨鋼中鉻含量的增加而提高，當鉻含量達到一定的百分比時，鋼的耐蝕性發生突變，從易生鏽到不易生鏽，從不耐蝕到耐腐蝕。

表 5:不同金屬在不同溫度下，所反應出來的顏色差異

	60°C	70°C	80°C	90°C	100°C	★110°C	120°C
鐵有螺紋							
鐵無螺紋							
不鏽鋼							
合金鋼							
中碳鋼							

★：表示最佳溫度

表 6:不同金屬在不同溫度下，所需的生鏽時間

生鏽時間(分) 金屬	溫度	60°C	70°C	80°C	90°C	100°C	110°C	120°C
鐵(有螺紋)		40	40	40	120	200	240	240
鐵(無螺紋)		40	40	40	120	200	240	240
合金鋼		40	40	40	120	200	240	240
中碳鋼		40	40	40	120	200	240	240

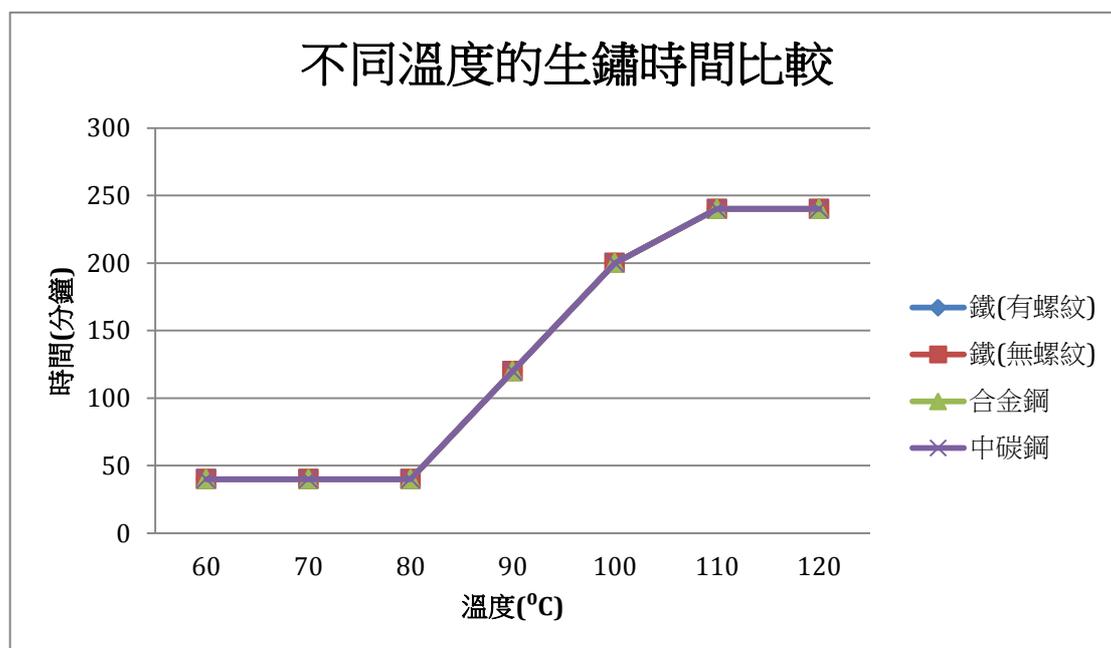
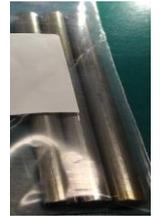


圖 7: 不同金屬在不同溫度下，所需的生鏽時間關係圖

二、實驗二：本研究在不同濃度下，利用無電極電鍍對不同的金屬進行反應，並觀察其顏色變化，發現水量為 400g 時，所鍍出的顏色最佳，如表 7。

本研究發現鐵(有螺紋)在水量為 200g 時，120 分鐘生鏽；水量為 300g 時，200 分鐘生鏽；水量為 400g 時，240 分鐘生鏽；水量為 500g 時，200 分鐘生鏽，水量為 600g，120 分鐘生鏽，且鐵(無螺紋)、合金鋼、中碳鋼與鐵(有螺紋)結果相同，如表 8、圖 8。

表 7:不同金屬在不同濃度下，所反應出的顏色差異。

	200g	300g	★ 400g	500g	600g
鐵有螺紋					
鐵無螺紋					
不鏽鋼					
合金鋼					
中碳鋼					

★: 表示最佳濃度

表 8:不同金屬在不同水量所需的生鏽時間

生鏽時間 (分) 金屬	水量	200g	300g	400g	500g	600g
鐵(有螺紋)		120	200	240	200	120
鐵(無螺紋)		120	200	240	200	120
合金鋼		120	200	240	200	120
中碳鋼		120	200	240	200	120

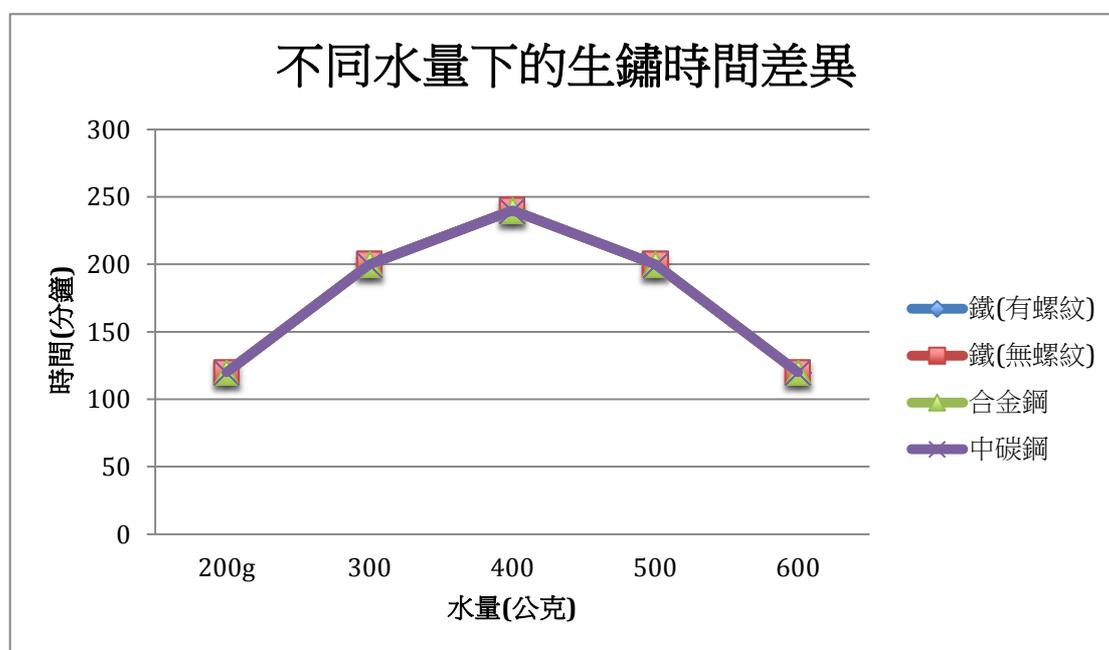


圖 8: 不同金屬在不同水量所需的生鏽時間關係圖

利用鹽霧檢驗法檢測後，鐵的生鏽情形，如圖 9、圖 10、圖 11、圖 12、圖 13。



圖 9:有鍍膜且
有螺紋的鐵棒



圖 10:無鍍膜且
有螺紋的鐵棒

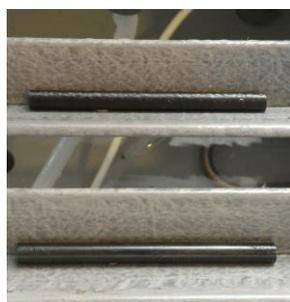


圖 11:有鍍膜且無
螺紋的鐵棒



圖 12:不鏽鋼



圖 13 :無鍍膜且
無螺紋的鐵棒

捌、討論

Q1：何溶液溫度可被加熱至 100°C 以上？

A1：為水加入氫氧化鈉會產生放熱反應促使溫度快速提高，且實驗中加入的亞硝酸鈉的沸點可高達 120°C，幫助溫度的上升。

Q2：不鏽鋼材質無法上色？

A2：為不鏽鋼的原料中含有鉻和鎳。如果鉻或鎳的含量超過 1%，則難以用此方法使其上色，須另使用不鏽鋼染劑、硝酸鈉、過氧化鉛配置的溶液作為染劑。

Q3：此種無電電鍍可替換成鋁和錫嗎？

A3：酸鈉會與鋁發生反應，產生嚴重腐蝕溶解，發生泡沫反應，將鋁換成錫會有一樣的效果，只是腐蝕溶解速度較鋁緩慢。

Q4：、缺點的比較

A4：本研究所採用的無電電鍍方法相較於一般電鍍的優、缺點比較，如表 9。

表 9:優、缺點的比較

優點	缺點
1.成本較低 2.加工速度快、 3.較方便 4.美觀(黑色膜)（表面不怕碰撞） 5.不需要擬鍍物	1.防鏽的時間較電鍍來的短 2.並非所有的金屬皆適用於此方法

Q5：鹽霧檢驗法的限制為何？

A5：本研究的最大的限制為無法確切得知金屬實際生鏽的時間，因為本研究使用的鹽水試霧機在使用過程中，鹽霧會依附在蓋子的表面，導致無法看到內部的變化，若頻繁的打開觀察，鹽霧則會擴散出來，且溫度也會受到影響，進而影響實驗結果。

玖、結論

- 一、由實驗結果得知，溫度過高會使金屬表面產生紅棕色而非黑色，溫度過低則金屬表面無法與化學藥劑產生反應，且會對金屬抗氧化的效果產生影響。
- 二、由實驗結果得知，濃度過高或是濃度過低皆會使金屬表面產生紅棕色而非黑色並且影響延遲金屬氧化的效果。
- 三、依實驗結果分析，此種無電電鍍方法的最佳濃度為氫氧化鈉:水=1:2、亞硝酸鈉:水=3:50，最佳溫度為 110°C。
- 四、本研究採用的鹽霧檢驗法有其限制，未來可以朝以加壓且恆溫的浸泡方式設計出檢驗器材。

壹拾、 參考資料:

維基百科:氧化還原反應，2015 年 11 月 10 日引自

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%A7%E5%8C%96%E8%BF%98%E5%8E%9F%E5%8F%8D%E5%BA%94>

維基百科:電鍍，2015 年 11 月 10 日引自

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%94%B5%E9%95%80>

維基百科:不鏽鋼，2016年3月11日引自

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E4%B8%8D%E9%8F%BD%E9%8B%BC>

表面處理編輯委員會(2004)表面處理，P196~209。台北市：新文京開發出版股份有限公司出版

日本工業規格協會檢驗標準，2015年11月10日引自

<http://www.jisc.go.jp/>

黃俊誠、陳藹然，電鍍，2015年11月10日引自高瞻平台

<http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=4911>

葉名倉主編(2014)基礎化學(一)，單元:氧化還原。台南市：南一書局

葉名倉主編選修化學(上)，單元:氧化還原、電鍍。台南市：南一書局

不鏽鋼科學知識(2007)，2016年3月11日引自

<https://deferroalloy.files.wordpress.com/2011/06/e4b88de98ab9e98bbce7a791e5adb8e79fa5e8ad98.pdf>