# 中華民國第54屆中小學科學展覽會
# 作品說明書

---

國中組　生活與應用科學科

## 第一名

030812

## 很「錳」的不鏽鋼

學校名稱：新北市立中正國民中學

| 作者： | 指導老師： |
| --- | --- |
| 國二 陳詠瑜<br>國一 林慕恩<br>國三 侯宇恬 | 龍慧真<br>陳俊生 |


關鍵詞：不鏽鋼、電解、錳離子

# 得獎感言

## 宜蘭的神奇之旅

當初是因為學妹邀請才一起做科展，沒志氣的我們從沒想過要參加國展，只希望能在市展得個佳作，因為沒有太大的壓力，所以在做實驗的時候真的很開心，總是邊聊天邊工作，雖然不是很好的示範，但我想因為實驗過程是如此的有趣，所以我們都對實驗抱著點熱忱吧！得知進國展時全隊都很興奮，聽說…老師還開心的在家裡跳舞呢！(這是秘密喲> <)

我們是學校創校以來第三件進國展的作品，所以雖然老師的功勞比較大，我們還是很得意，所以又開始快馬加鞭地準備起國展內容。我們的題目是檢測不鏽鋼，經過不斷的測試、改進，我們做出了一個簡易測試片，這增加了我們的信心，也讓我們覺得自己很有獲獎的機會。也許是因為我們神經比較粗，對於全國科展逐步的接近，不緊為感覺到壓力，反而倍感興奮，對於去宜蘭參展這件事，更是令我們十分期待，心想：能在一個好山好水的縣市參展，似乎還挺享受的。比賽當天在評選前我我們只是不斷地聊天，因為根據我們的邏輯，在比賽前要先放鬆心情，在面對評審發問時相較於別人的緊張，我們只是好奇究竟評審們會提出什麼樣的問題？好奇我們的實驗中有那些層面是我們沒想到的？是可以再改進的？評審也的確提供了我們一些不一樣的觀點，尤其在複審的時候，有的問題我們未必想過，回答也不是盡善盡美，但我們的確有盡力解決，也自認表現不差，直到下午開放參觀別組的科展，我才覺得有一點受到打擊.....不愧是來自全國的菁英，真的有許多厲害而且又讓人覺得”太神啦~”的實驗 (雖然不一定是我們同組的競爭對手)，因此當頒獎時念到第二名都還沒有出現我們的時候，我們還以為沒希望了！當司儀公布第一名的時候，四周一片吵雜聲，我們簡直不敢相信自己的耳朵，以為我們聽錯了！一直等到上台領獎時，都還難以置信，總以為是哪搞錯

了(我不是在謙虛喔！那時候我們真的這麼以為)。

我想我們之所以能得獎有很大一部份要歸功給我們的社團－科遊社，每個周末社團的老師都會帶我們進行一些實驗課程或是到戶外去爬山、認識動植物，一點一滴地培養出我們對科學和對大自然的興趣，所以在學妹邀請我們參加科展的時候，我雖然不是很有信心但還是答應了，其實在參加科展以前，我自認文科較好，從不認為科學是我的強項，得到全國第一也不在我的預料之內，一路上誤打誤撞迷迷糊糊的，卻在最後關頭得到了好成績，連指導老師都很驚訝。所以根據比賽過程，我們得出了一個實驗結論－－如果不去試，永遠沒辦法知道能將事情做到多好，也永遠沒辦法知道有多少的潛能。

利用電源供應器及自製電極，測試日常生活中的不鏽鋼器具

自製方便、安全的 OK 繃簡易測試片

利用 OK 繃簡易測試片作測試

# 摘要：

驗證網路上流傳的三種方法(電解、磁性有無、外表光澤)檢驗不鏽鋼中錳含量高低的可行性及準確性，並找出更簡便安全的檢驗方法。經實驗驗證發現:

一、 無法以外觀或光澤程度分辨是否為 200 系列的不鏽鋼。

二、 無法利用磁性判斷不鏽鋼的種類。因為具有磁性的不鏽鋼為 400 系列，但 200 和 300 系列的磁性都很弱，利用磁性無法分辨出兩著的差異。

三、 電解法可以檢測不鏽鋼是否為含錳量高的 200 系列。

四、 經實驗後得知使用 5%硫酸的硫酸溶液，利用家中常見的吸水性的材料(如衛生紙、化妝棉….)直接以 9V 電池進行電解即可進行檢驗。

五、 考量方便性及安全性，我們也設計了 OK 繃不鏽鋼檢驗片，減少接觸硫酸的機會和硫酸使用量，操作更安全。

# 壹、研究動機：

最近新聞上，常常報導關於超”錳”含量的不鏽鋼食物容器，而超錳的不鏽鋼攸關於人體健康，因此我們想要找出在家中自行檢測不鏽鋼的方法。而在網路上的資料顯示大約有三種方法:(一) 由外表顏色光澤判斷。(二)利用磁鐵的吸力判斷。(三) 是以 9V、20%硫酸去進行電解實驗，由變色的情況判定不鏽鋼含錳情形。因為磁性物質以及電解實驗都屬於三年級的理化課程，和老師討論後便開始著手設計、進行實驗。我們想設計實驗證明這些方法是否可行，然後再尋找是否有更簡便、安全的方法來做檢測。也藉著資料收集認識不鏽鋼種類，和錳對人體的影響。

# 貳、研究目的：

一、.經由文獻探討，整理不鏽鋼的種類及特性。

二、探討利用樣品的外表顏色、光澤、及對磁鐵磁力大小，檢驗不鏽鋼含錳量的準確性及可行性。

三、探討電解法檢驗不鏽鋼含錳量的準確性及可行性。

四、探討不同濃度的硫酸與不同電壓對電解實驗的影響。

五、探討電壓固定時，使用家中常見的溶液取代硫酸的可行性。

六、用家中常見吸水性強的物質(衛生紙、化妝棉、紗布…)作為吸附硫酸溶液的材料(測試片)，觀察其電解後變色的情況找出最合適此檢驗法的材料。

七、設計更安全或方便使用的不銹鋼檢驗器。

# 参、文獻探討與分析：

文獻內容將針對不鏽鋼的定義、不鏽鋼有哪些特性、哪些種類以及專家對使用不銹鋼的看法做整理:

## 一、不鏽鋼的定義

不鏽鋼是含鉻 Cr、鎳 Ni、碳 C、錳 Mn、鐵 Fe 等複合金屬材料。鐵是主要成分的元素，鉻是主要的合金元素。一般而言，鉻含量至少要占 10%~12%才能稱為不鏽鋼，如果鉻含量不足，將無法形成緻密的氧化鉻保護膜，而失去防鏽的功能。若鉻的含量足夠，會表面上形成一層緻密的氧化鉻(保護膜)，這薄薄的一層，在一般的大氣或有水的環境下，可以防止腐蝕性的氣體或液體往內侵蝕，進而保護內部的材質不受侵害，假如這保護層受到外界的刮傷或化學性的腐蝕，在一般大氣下或有氧的環境下會再度產生氧化鉻的保護層，保護內部就不被繼續腐蝕，這就是需要鉻的原因。

其他另外加入的鎳、鉬、錳、氮等材質，都是更加確保鋼材更加不會受到”化學性”的腐蝕，也造就了各種不同種類的不鏽鋼(目前有 180 種不鏽鋼左右)。

## 二、不鏽鋼的種類及特性

| 種類 | 400 系 | 300 系 | 200 系 |
|---|---|---|---|
| 例子 | 例:430(18-0) | 例:304(18-8)、316(18-10) | 例:201、202 |
| 用途 | 430:廚房用具、織網及飾品 | 304(又稱白鐵): 廚房餐具、建材、醫療衛生器材、食品加工用材、交通工具、化工設備及管件、機械設備及零件 | (通常用來補足高貴鎳所使用較高含量的錳)但其外觀與304不鏽鋼相似 因此也有用來使用廚房餐具 |
| 特性 | 430，其標準成份為 16~18%鉻，含碳量低，此類不銹鋼具有磁性。 | 304其標準成分是18%鉻+8%鎳，因此有稱(18-8)不鏽鋼，此類不銹鋼的特性為無磁性、弱磁性。 | 201、202，成分中是用錳取代了鎳的功用，也不具磁性。 |

## 三、使用不銹鋼餐具的安全性

國家環境毒物研究中心提出:不鏽鋼 304 依據中華民國國家標準(CNS)規定含錳量在 2 %以下，而 200 系列含有較高比例的錳(約 5.5 %~10 % )，但作為食品容器而言，不鏽鋼屬耐熱之惰性材質，盛裝食材而致金屬錳的溶出率極低，因此不會對人體產生傷害。(親子天下新聞稿)

但也有其他專家提醒:含鎳較多的 300 系的不鏽鋼抗鏽蝕的能力，要比 200 系來得好；200 系以『錳』代替『鎳』來防鏽，有可能增加健康風險，如果使用的是品質較差的不鏽鋼，就不一定能保證不會有過量的金屬釋出。(文章轉載自上下游 News&market 新聞市集、楊振昌醫師)

## 四、使用電解法檢驗不銹鋼的安全性

有專家認為原本的不鏽鋼是安全的，但電解就是破壞表面 若使裏頭的錳離子產生會給人體危害，因此有派說法是不建議在家自行使用電解法檢測；但也有資料顯示這氧化鉻的保護層即使受刮傷或腐蝕只要在足夠氧氣的環境中保護層會再次產生。

## 五、電解法不銹鋼的原理

錳離子有許多種價數的狀態，其顏色也各有不同。$Mn^{7+}$為紫色；$Mn^{6+}$為綠色；$Mn^{4+}$為紅棕色； $Mn^{2+}$為粉紅色。一般而言，元素狀態的錳氧化時會先成為 $Mn^{2+}$，但二價的錳離子非常不穩定很容易氧化變成較穩定的四價紅棕色的錳離子。

電解不鏽鋼時正極的電極為不鏽鋼，電解液為硫酸。如果不鏽鋼中含有錳，則正極所發生的化學反應為:

正極:　$Mn \rightarrow Mn^{2+}+2e^-$ 會產生粉紅色的現象；

負極:　$2H^+_{(aq)}+2e^- \rightarrow H_{2(g)}$ ($H^+$來自於 $H_2SO_4$)，負極產生氫氣所以有氣泡產生

如果不鏽鋼中不含有錳則正極所發生的化學反應為:

正極: $Fe \rightarrow Fe^{3+}+3e^-$ 會產生棕色鐵離子；

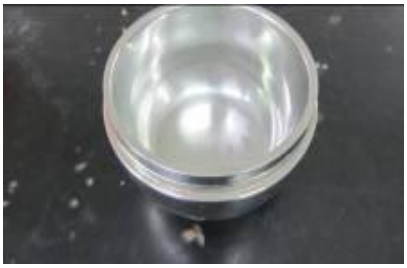
負極:　$2H^+_{(aq)}+2e^- \rightarrow H_{2(g)}$ ($H^+$來自於 $H_2SO_4$)，負極一樣產生氫氣

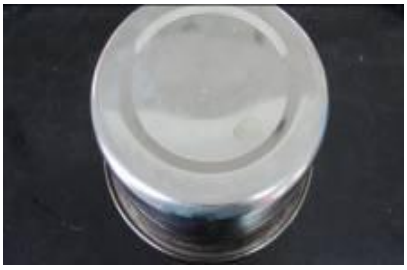
## 肆、研究設備與器材

| | | |
|---|---|---|
| 設備 | 電源供應器<br>電極(銅線)<br>強力磁鐵<br>X 射線螢光分析儀. (*X-ray Fluorescence.* Spectrometer, *XRF*)(Model No. NITON XLt797) | |
| 溶液種類 | 硫酸<br>醋、含雙氧漂白水、含氯漂白水、水晶肥皂液、食鹽水、水管疏通劑（苛性鈉、鋁粒、硝酸鈉、色素） | |
| 測試片吸水材料 | 舒潔面紙、無塵氏靜電除塵紙、紗布、彈性繃帶、麗舒寶化妝棉(100%木漿纖棉)、美娜多化妝棉(100%純棉)、 舒潔衛生紙、冠潔餐巾紙、人造棉花、免洗氏衛生毛巾<br> <br>彈性繃帶<br> <br>人造棉花<br> <br>紗布 | |

不鏽鋼樣品

| 編號 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 樣品 | 指甲剪 | 釘書機 | 餐盒 | 湯匙 | 餐碗 | 茶壺蓋 | 鍋蓋 | 湯勺 | 鍋蓋 | 餐盤 | 便當蓋 |





# 伍、研究過程與方法：

## 一、實驗一: 探討外表顏色、光澤、及對磁鐵磁力大小，檢驗含錳量的準確性及可行性。

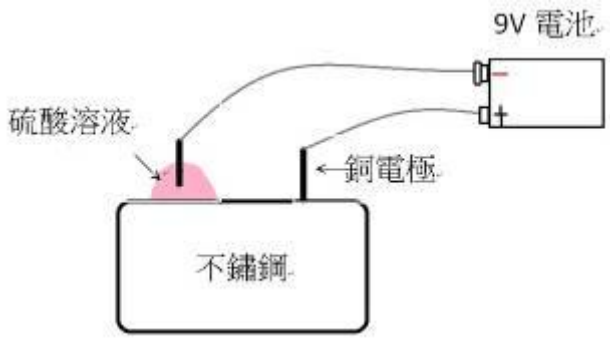
(一) 觀察各個不鏽鋼樣品的光澤，並記錄在表格上。

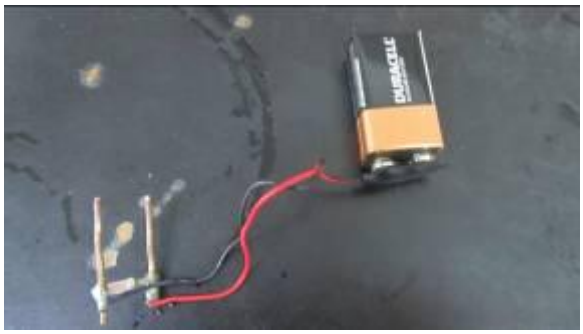
(二) 用強力磁鐵吸附在不鏽鋼樣品上，紀錄是否有吸力，並以文字描述實驗過程。

## 二、實驗二: 探討電解法檢驗不鏽鋼含錳量的準確性及可行性。

(一) 將不鏽鋼樣品送至專業檢驗處，利用 X 射線螢光分析儀. (*X-ray Fluorescence.* Spectrometer,*XRF*)(Model No. NITON XLt797)測量其金屬元素的比例。

(二)使用 9V、20%硫酸溶液進行電解實驗，將負極放在硫酸溶液上，但不碰觸不鏽鋼樣品，正極放在不鏽鋼樣品上，裝置如下圖。紀錄溶液是否變色並與上述步驟用 X 射線螢光分析儀的結果作比較，確認網路上電解法的可行性。



## 三、實驗三: 探討不同濃度的硫酸與不同電壓對實驗的影響。

(一) 調配出 20%，15%、10%、5%不同濃度的硫酸。

(二) 並在某個含錳量較高的不鏽鋼樣品上滴下 5%硫酸。

(三) 用電源供應器以 0.5V 進行電解 3 秒，記錄反應結果，並以文字描述反應情形，相同實驗重複兩次。。

(四) 改滴不同濃度的硫酸，重複上述步驟。

(五)改變電壓為 1V、1.5V、2V、2.5V、3V、3.5V、4V、4.5V、9V 重述上述步驟。

## 四、實驗四: 探討電壓固定時，使用家中常見的溶液取代硫酸的可行性。

(一)將 15%的硫酸溶液換成白醋、氯漂白水、雙氧漂白水、水晶肥皂水、食鹽水、硝酸鉀。

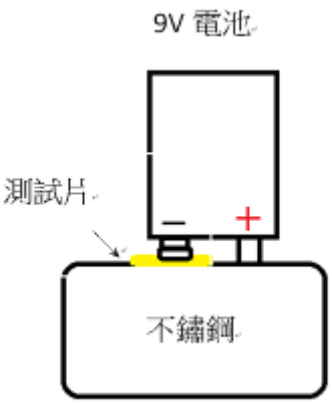
(二)用 9V 乾電池當電源進行電解。

(三)記錄各種溶液的反應情形。

## 五、實驗五:找出最適合為吸附硫酸溶液材料的測試片

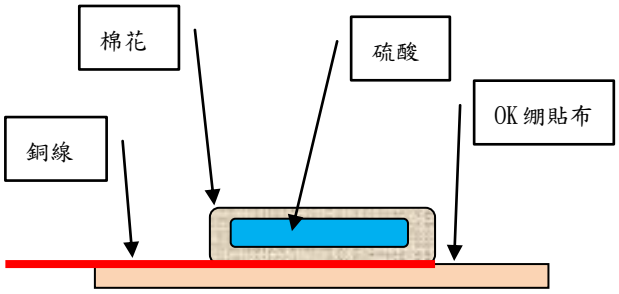
(一)將 15%硫酸分別滴在，舒潔面紙、無塵氏靜電除塵紙、紗布、彈性繃帶、麗舒寶化妝棉(100%木漿纖棉)、美娜多化妝棉(100%純棉)、 舒潔衛生紙、冠潔餐巾紙、人造棉花、免洗氏衛生毛巾上，讓這些東西成濕潤狀態做為測試片。

(二)取下 9V 乾電池的電極直接電解，參考下圖，觀察不同測試片的效果。



## 六、實驗六:設計出更安全方便使用的 OK 繃不鏽鋼檢驗片

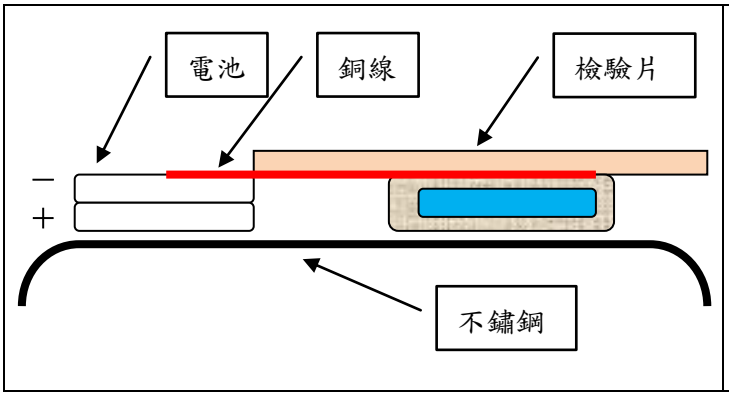
構造示意圖



使用方法:

1.將檢驗片從包裝中取出，放在不鏽鋼物品上(可利用其黏性黏在不鏽鋼上)

2.將鈕扣電池放在不鏽鋼物品上，銅線一壓即可產生反應。由棉花是否變色可判定不銹鋼物體是否含高濃度的錳。



# 陸、研究結果:

## 一、實驗一: 探討外表顏色、光澤、及對磁鐵磁力大小，檢驗含錳量的準確性及可行性。

從物體的外觀我們都很難分辨是不是不鏽鋼，更何況分辨是哪一種不鏽鋼。列如釘書機和指甲剪的鎳含量比較高但鉻含量不足，根本不是不鏽鋼，而樣品 9 鍋蓋的鋁含量竟然高達 76.57%，這些都不是能用外觀分辨出來的。的確在看過許多不鏽鋼種類並清楚其成分時似乎會發現某些現象，例如 400 系列的三種物品都是比較灰暗比較不會反光、光澤較差，200 系列的似乎較光亮；但對於從未進行過比較的人很難判斷手中的不鏽鋼物品之光澤性是好還是不好。所以，從外表是無法做出準確的判定。

磁性實驗結果:

| 樣本 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 種類 | 非不鏽鋼 | 非不鏽鋼 | 200 | 304 | 200 | 200 | 304 | 304 | 非不鏽鋼 | 400 | 400 |
| 磁性 | 強 | 強 | 弱 | 中 | 弱 | 無 | 無 | 極弱 | 極弱 | 強 | 強 |

磁性實驗結果與文獻紀錄結果相似，只有 400 系列的不鏽鋼磁性強，而 200 和 300 系列的磁性可能無或是較弱。但所謂強弱是一種比較的感覺，一般人在家無法知道磁鐵吸引的效果要達到什麼樣的程度才叫做強，什麼叫弱，而且利用磁性也無法分出 200、300 系列，所以利用磁性分辨不鏽鋼的種類是不可行的。

## 二、實驗二: 探討電解法檢驗不鏽鋼含錳量的準確性及可行性。

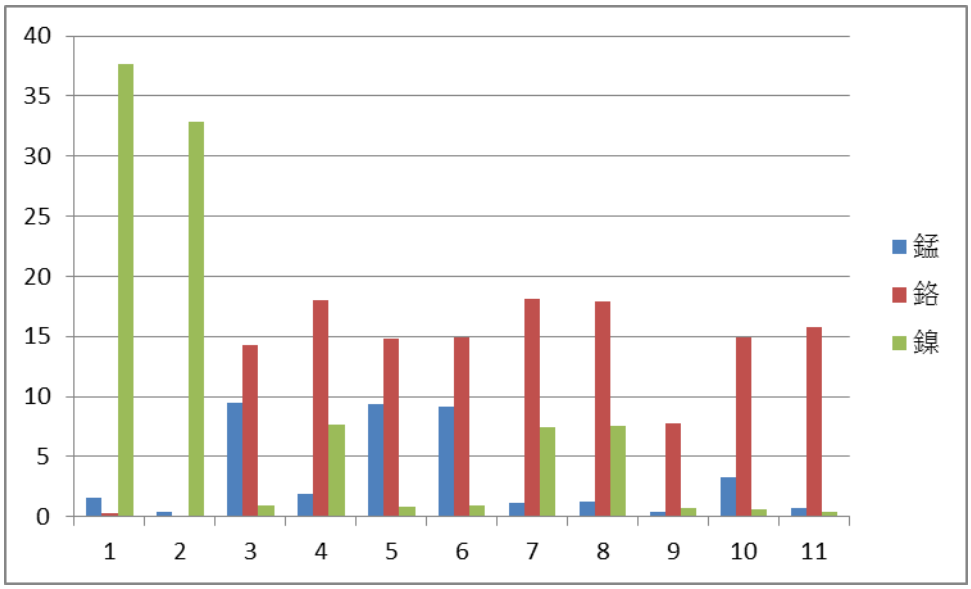
(一).由 X 射線螢光分析儀. (*X-ray Fluorescence*. Spectrometer,*XRF*)(Model No. NITON XLt797)檢測結果，如下表：

| Reading No | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Type | ALLOY | ALLOY | ALLOY | ALLOY | ALLOY | ALLOY | ALLOY | ALLOY | ALLOY | ALLOY | ALLOY |
| Units | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| Sb、Sn、Cd、Bi、Pb、Se、An | < LOD | < LOD | < LOD | < LOD | < LOD | < LOD | < LOD | < LOD | < LOD | < LOD | < LOD |
| Zn | 0.46 | < LOD | < LOD | < LOD | < LOD | < LOD | < LOD | 0.05 | 0.04 | < LOD | < LOD |
| Cu | 0.37 | 9.62 | 1.46 | 0.42 | 1.42 | 1.36 | 0.19 | 0.27 | 0.06 | 0.05 | 0.05 |
| Ni | 37.71 | 32.85 | 0.91 | 7.69 | 0.81 | 0.94 | 7.5 | 7.59 | 0.77 | 0.59 | 0.36 |
| Fe | 57.58 | 56.63 | 73.54 | 71.38 | 73.35 | 72.89 | 72.3 | 71.99 | 14.19 | 78.1 | 82.19 |
| Cr | 0.26 | 0.08 | 14.27 | 18.07 | 14.79 | 14.88 | 18.14 | 17.89 | 7.75 | 14.89 | 15.79 |
| V | < LOD | < LOD | 0.14 | < LOD | < LOD | < LOD | < LOD | 0.2 | < LOD | 1.36 | 0.34 |
| Al | < LOD | < LOD | < LOD | < LOD | < LOD | < LOD | < LOD | < LOD | 76.57 | < LOD | < LOD |
| Ti、In、Pd、Al、Nb、Zr、Pt | < LOD | < LOD | < LOD | < LOD | < LOD | < LOD | < LOD | < LOD | < LOD | < LOD | < LOD |
| Ag | 0.13 | 0.11 | 0.12 | 0.11 | 0.12 | < LOD | 0.11 | 0.12 | < LOD | 0.12 | 0.12 |
| Mo | < LOD | < LOD | < LOD | 0.08 | < LOD | < LOD | < LOD | 0.18 | 0.02 | < LOD | 0.06 |
| Co | 1.73 | 0.24 | < LOD | < LOD | < LOD | < LOD | 0.41 | < LOD | < LOD | 1.45 | < LOD |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mn | 1.61 | 0.41 | 9.48 | 1.85 | 9.33 | 9.16 | 1.2 | 1.31 | 0.45 | 3.28 | 0.75 |
| | 99.85 | 99.94 | 99.92 | 99.6 | 99.82 | 99.23 | 99.85 | 99.42 | 100.29 | 99.84 | 99.66 |

註：Type ALLOY (合金檢測模式)　　< LOD 代表濃度低於可偵測值

根據以上表格中的金屬器具所含 Mn、Cr、Ni 的多寡，我們所歸納出的圖表:




Detect Date: 2013/11/7

(二)使用 9V、20%硫酸溶液電解實驗結果:

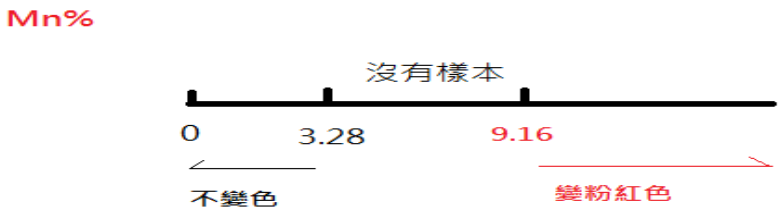
(變粉紅色打 ˇ ，不變色打×)

| 編號 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 樣品 | 指甲剪 | 釘書機 | 餐盒 | 湯匙 | 餐碗 | 茶壺蓋 | 鍋蓋 | 湯勺 | 鍋蓋 | 餐盤 | 便當蓋 |
| Mn(%) | 1.61 | 0.41 | 9.48 | 1.85 | 9.33 | 9.16 | 1.2 | 1.31 | 0.45 | 3.28 | 0.75 |
| 結果 | × | × | ˇ | × | ˇ | ˇ | × | × | × | × | × |

(三)結果分析:

1.電解法可行:

由實驗結果可以發現，不鏽鋼錳含量超過(含)9.16%時電解會變粉紅色，不鏽鋼錳含量低於(含)3.28%則不會變色或產生很淡黃色。因為缺乏界於兩種濃度之間的樣本，無法判定其間的濃度變色的情形。但從文獻資料上得知，依照常用不鏽鋼的分類可得知，只有 200 系列的不鏽鋼會以較高比例的錳取代較貴的鎳，其餘的不銹鋼所含的錳含量都是低於 2。由此可推論出，200 系列含錳量高的不鏽鋼電解時會變色，而其他較安全的 300 系列和 400 系列電解時不會變色。所以電解法是可行而準確的。




2.有些物品不是不鏽鋼:

從實驗結果也發現，單純從外表並不容易判斷它是否為不鏽鋼，由文獻得知，不鏽鋼的定義是鉻含量超過 12%，由此可知，樣品 1、2 和 9 並未達到不鏽鋼的標準，它們並不是不鏽鋼。而且這三個樣品的錳含量不高，電解的實驗結果也不變色。

從文獻資料中又知道常用在食器上的不鏽鋼為 304(18-8)和 400 系列。樣品 4、7、8 鉻和鎳的比例為 18%和 8%應該為 304 不鏽鋼，而樣本 10、11 鎳的比例很低，應該為 400 系列不鏽鋼，至於變色的樣本 3、5、6 應該是 200 系列的不鏽鋼。整理表格如下表

| 樣本 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 種類 | 非不鏽鋼 | 非不鏽鋼 | 200 | 304 | 200 | 200 | 304 | 304 | 非不鏽鋼 | 400 | 400 |
| 特性 | Cr<12% | Cr<12% | Mn 含量高 | Cr18%，Ni8% | Mn 含量高 | | Cr18%，Ni8% | | Cr<12% | Ni 含量低 | |

## 三、實驗三:探討不同濃度的硫酸與不同電壓對實驗的影響。

電解 3 秒，不同濃度與不同電壓的實驗結果:

| | 0.5v | 1v | 1.5v | 2v | 2.5v | 3v | 3.5v | 4v | 4.5v | 9v |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5% | x | x | x | 有氣泡但沒顏色 | 有氣泡淡粉紅 | o | o | o | o | o |
| 10% | x | x | x | 有氣泡但沒顏色 | 有氣泡淡粉紅 | o | o | o | o | o |
| 15% | x | x | x | 有氣泡但沒顏色 | o | o | o | o | o | o |
| 20% | x | x | x | 有氣泡但沒顏色 | o | o | o | o | o | o |

X:無反應　　O:快速產生氣泡及明顯粉紅色

從實驗可以知道:

1. 電壓要超過 2V 才會有反應，超過 3V 時硫酸的濃度沒有太大差異。
2. 在低電壓時(2.5V)濃度 15%及 20%的效果最好。
3. 電壓的因素比濃度重要，電壓夠高時很稀(5%)的硫酸也會產生反應；但電壓不足時即使硫酸濃度高也無法產生反應。

## 四、實驗四:探討電壓固定時，使用家中常見的溶液取代硫酸的可行性。

不同溶液使用 9V 乾電池電解 3 秒的實驗結果，如下表：

| 次數<br>液體 | 第一次 | 第二次 |
|---|---|---|
| 白醋 | 有起泡無變色 | 有起泡無變色 |
| 氯漂白水 | 有起泡無變色 | 有起泡無變色 |
| 雙氧漂白水 | 有起泡無變色 | 有起泡無變色 |
| 水晶肥皂水 | 有起泡無變色 | 有起泡無變色 |
| 食鹽水 | 有起泡無變色 | 有起泡無變色 |
| 水管疏通劑 | 有起泡後出現淡黃色再出現很淡的粉紅色 | 有起泡後出現淡黃色再出現很淡的粉紅色 |

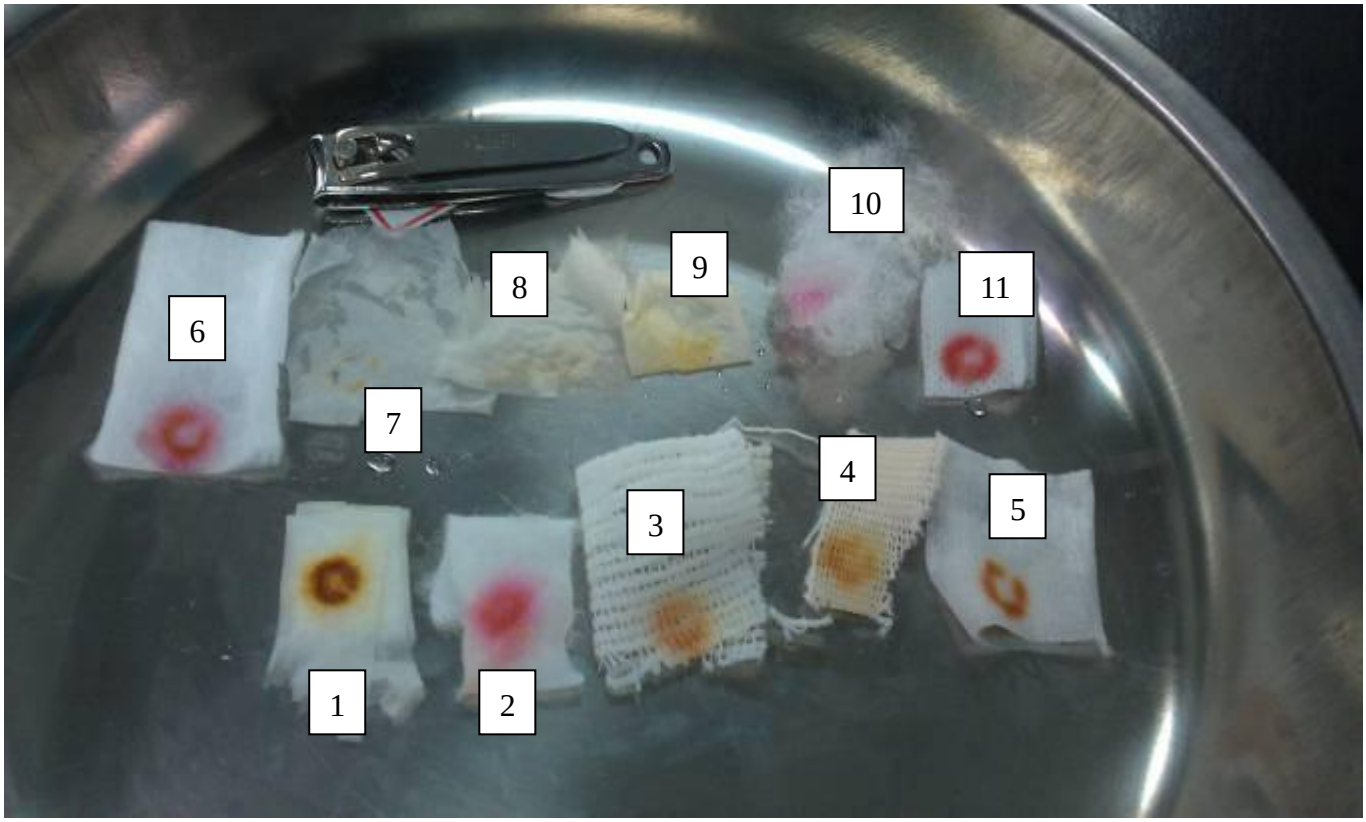
依實驗結果，發現只有水管疏通劑有較好的導電效果，但可能有其他的反應發生而產生黃色，也不適合取代硫酸，所以結論是家中常見溶液無法取代硫酸。

## 五、實驗五:找出最適合為吸附硫酸溶液材料的測試片

選用不同材質做為測試片，使用 9V 電池，15%硫酸進行電解，紀錄實驗結果:

| 測試片 | | 實驗結果 |
|---|---|---|
| 1 | 舒潔面紙 | 變為粉紅色 |
| 2 | 無塵氏靜電除塵紙 | 變為粉紅色(顏色維持較久) |
| 3 | 紗布 | 變為粉紅色(有縫隙方便觀察) |
| 4 | 彈性繃帶 | 變為粉紅色(有縫隙方便觀察) |
| 5 | 化妝棉 | 變為粉紅色 |
| 6 | 美娜多化妝棉(100%純棉) | 變為粉紅色(顏色維持較久) |
| 7 | 舒潔衛生紙 | 變為粉紅色 |
| 8 | 可麗舒衛生紙 | 變為粉紅色 |
| 9 | 冠潔餐巾紙 | 變為粉紅色(粉紅色快速不見) |
| 10 | 人造棉花 | 變為粉紅色 |
| 11 | 免洗氏衛生毛巾 | 變為粉紅色 |

所有測試片皆會產生反應，但粉紅色的產生是在測試片底部，如果測試片有空隙(如紗布)會比較容易觀察到。但很特別的是粉紅色的反應會漸漸變為黃棕色，有些測試片很快(例如餐巾紙)，在電池拿下來之後馬上就轉換為黃棕色。有些測試片則較能維持原來的粉紅色，下圖為實驗的順序，數字越小的越早進行實驗。




### 六、實驗六:設計出更安全、方便使用的 OK 繃不鏽鋼檢驗片

實驗結果是可行的，而且更方便使用。不過實驗後也發現了問題:

為了更方便使用，OK 繃不鏽鋼檢測片拿出時棉花已沾有硫酸。但如果預先就將棉花以硫酸浸濕，則 OK 繃不鏽鋼檢測片的保存難度更高，要避免硫酸滲出需要有更密合的包裝，還要解決銅線長時間泡在硫酸中的腐蝕問題。

## 柒、討論：

### 一、含錳高的不鏽鋼容器對人體有害?電解後的不鏽鋼容器還能使用嗎?

錳元素為人體正常代謝所需的微量礦物質，缺乏或過量皆可導致疾病。關於不鏽鋼中錳對人體的影響有兩派的說法：

國家環境毒物研究中心曾發表一份新聞稿(錳對健康的影響，2013 年 10 月 15 日)提到，雖然中華民國國家標準(CNS)規定不鏽鋼食品容器應含錳量在 2 %以下(300、400 系列)，而 200 系列含有較高比例的錳(約 5.5 %~10 % )，但作為食品容器而言，不鏽鋼屬耐熱之惰性材質，盛裝食材而致金屬錳的溶出率極低。而且據查歐盟、美國、紐澳以及台灣的食管署「食品器具容器包裝衛生標準」皆未有針對不銹鋼特別訂定各成分的溶出率。因為不鏽鋼便當盒的錳溶出率遠低於每人每日所需的錳攝取量，民眾不必過度擔心。但也有專家指出，一般食品級的不鏽鋼，因其具有耐高溫及抗腐蝕的特性，因此可能釋出的各類金屬含量應該都”很低，”不致於危害人體的健康；但如果使用的是品質較差的不鏽鋼，就不一定能保證不會有過量的

金屬釋出，而且含鎳較多的 300 系列不鏽鋼，抗鏽蝕的能力，要比 200 系來的好， 200 系以『錳』代替『鎳』來防鏽，有可能增加健康風險。

所以專家認為容器錳含量高不代表會溶出高量的錳離子，只要正常使用都沒問題。但是電解可能會破壞表面而造成錳的溶出，因此有學者呼籲民眾不要在家自行進行電解檢測，免得造成保護層的破壞。但也有學者提到:不鏽鋼中的鉻會在表面上形成一層緻密的氧化鉻(保護膜)，可以防止腐蝕性的氣體或液體往內侵蝕，進而保護內部的材質不受侵害，但如果這保護層受到外界破壞，只要環境的氧氣量正常就會再形成新的保護層。

因此我們建議如果真的要進行電解檢驗，**應該使用容器外部不會直接接觸到食物的部分進行會比較安全。**

## 二、將實驗簡化到最方便的檢驗方法為何?

(一)以 **9V 電池**為電源，拿家中常用的紗布、或化妝棉甚至衛生紙放在容器外部，滴上**硫酸溶液**(電瓶的電解液即可)不須加裝其他電線，直接將負極壓在測試片上，正極接在不鏽鋼上，只要過程中有產生粉紅色(即使反應結束馬上變成黃棕色)則為含錳量較高的不鏽鋼。後來我們也在網路上發現，日本所賣的不鏽鋼檢測組(如圖)也是利用相同原理。

(二)使用我們設計的**不鏽鋼檢驗片:**

檢驗片拿出來貼在鈕扣電池上(兩顆共 6V)，另一邊貼在不鏽鋼上即可形成通路，觀察棉花是否變色即可進行檢驗。

## 三、是否能利用粉紅色錳離子的顏色深淺作為判斷含錳量的多寡?

要做出含錳濃度的基準色卡，須要有不同含錳量的樣本。在本實驗中三個 200 系列的不鏽鋼物體，其含錳量都很接近。我們嘗試尋找其他不同含錳量的食器。經過詢問專業的不鏽鋼工廠，從他們的回答得知若是做為食器，來源大部分相同。既是相同 200 系列含錳比例都很接近，除非是其他不鏽鋼。文獻探討中也發現，只有 200 系列的不鏽鋼會以含量高的錳代替鎳。所以找到含量介於 3%-9%的不鏽鋼比較不容易。因此在缺乏樣本的情況下也無法制定利用深淺顏色代表濃度的辨識方式。

## 四、為何各種材料做為測試片時，電解產生的粉紅色錳離子會變成黃(棕)色?

即使沒有使用測試片，電解完成後帶有粉紅色的錳離子溶液也會因為空氣中的氧氣而氧化變成較穩定的 $Mn^{4+}$。各種紙張或棉花、繃帶等可能因為製作過程的添加物成為氧化劑，或是纖維表面特性增加了和氧氣的接觸面積使得氧化反應更快發生。每種材質的製作過程不同、表面性質不同所以粉紅色停留的時間也不同。實驗時要避免使用快速氧化的材質(如餐巾紙)，挑選時間能持續久一點、有空隙的方便觀察。

五、如何使自製 OK 繃不鏽鋼檢驗片成為可能性的商品?

改良三個地方並以專業設備克服困難應該可以達到:

1. 整個 OK 繃不鏽鋼檢驗片需要被更安全、更密合的封住，才能預防硫酸液滲出的問題。
2. OK 繃材質應該改成透明塑膠材質，可以方便觀察顏色變化也可避免手碰到硫酸。
3. 利用一個膠囊或小塑膠袋(如糖果包裝或防撞氣泡球)將硫酸封住，膠囊被塞入棉花中，使用時一壓，膠囊破掉硫酸流出浸濕棉花，即可進行檢測。這樣也可解決硫酸腐蝕的問題，而且 6V 的情況下，硫酸只需用 5%即可。

   使用時，撕開 OK 繃黏在電池及不鏽鋼物體上，用力一壓使硫酸溶液流出再觀察變色情形及可。

# 捌、結論：

一、要在家中檢測不鏽鋼是否為含錳量高的不鏽鋼系列，只能用電解法，以硫酸當電解液通電後呈粉紅色則為 200 系列，若不是粉紅色則是 300 或 400 系列。而外觀和磁性都無法準確辨認不鏽鋼的種類。

二、進行時電解時電壓至少要 2V，超過 3V 反應會很快發生。在家中為了避免電池串連的麻煩可以直接用 9V 電池。硫酸的濃度 15%、20%效果最好。而且若是使用 9V 時硫酸的濃度影響不大，只要 5%就可瞬間產生反應。進行電解時建議選擇容器外面進行電解。

三、家中常見的溶液：白醋、氯漂白水、雙氧漂白水、水晶肥皂水、食鹽水和水管疏通劑都無法取代硫酸，建議還是使用硫酸溶液做為電解液。

四、雖然在我們開始進行實驗後，不鏽鋼的事件漸漸發展成不需擔憂的問題，但經過這次實驗我們不只找出更好的檢驗方式，也經由實驗證明網路的訊息不一定都正確，不該不做判斷全盤接受。

# 玖、參考資料及附錄


一、書籍資料

蘇卡奇（２００９），觀念化學１（葉偉文譯），台灣台北：天下文化。（２００４）

蘇卡奇（２００９），觀念化學２（蔡信行譯），台北台灣：天下文化（２００４）

自然與生活科技教科書 3 下，南一版

自然與生活科技教科書 3 下，康軒版

自然與生活科技教科書 3 下，翰林版

古錦松 (九十年十二月 )。潛弧電銲能力本位訓練教材--認識不銹鋼材料。中華民國職業訓練研究發展中心

二、網路資料:

【生活小知】不鏽鋼該如何選購。民 101 年 12 月 05 日

取自：http://www.minwt.com/life/6473.html

小美冰淇淋：在家也可以進行不鏽鋼檢測。民 102 年 11 月 05 日

取自：http://lylykoko.pixnet.net/blog/post/38464091

中學化學示範實驗。民 100 年 08 月 11 日
取自：http://blog.ncue.edu.tw/yangsp/doc/28202
錳離子的顏色。民 100 年 03 月 13 日
取自：http://zhidao.baidu.com/question/236714858.html
臺北市立弘道國中奧林匹亞化學實驗課程。民 101 年 03 月 31 日
取自：http://hdchemcourse.blogspot.tw/2012/04/20120331.html

三、附錄(文獻探討補充內容)

(一)不鏽鋼的定義:

不鏽鋼是含鉻 Cr、鎳 Ni、碳 C、錳 Mn、鐵 Fe 等複合金屬材料。鐵是主要成分的元素，鉻是主要的合金元素。一般而言，鉻含量至少要占 10%~12%才能稱為不鏽鋼，如果鉻含量不足，則不鏽鋼外表將無法形成緻密的氧化鉻保護膜，而失去防鏽的功能。若鉻的含量足夠，在常溫大氣中，就不會生鏽了。

而不鏽鋼之所以不易生鏽，因為含有鉻，在表面上形成一層緻密的氧化鉻(保護膜)，這薄薄的一層，在一般的大氣或有水的環境下，可以防止腐蝕性的氣體或液體往內侵蝕，進而保護內部的材質不受侵害，假如這保護層受到外界的刮傷或化學性的腐蝕，在一般大氣下或有氧的環境下會再度產生氧化鉻的保護層，保護內部就不被繼續腐蝕，這就是需要鉻的原因。

其他另外加入的鎳、鉬、錳、氮等材質，都是更加確保鋼材更加不會受到”化學性”的腐蝕，也造就了各種不同種類的不鏽鋼(目前有 180 種不鏽鋼左右)而加入鎳是增加他的抗腐蝕性，因此加鎳的不鏽鋼會比較貴

(二)不鏽鋼的種類及表示法:

| 不鏽鋼系種類 | 400 系 | 300 系 | 200 系 |
|---|---|---|---|
| 種類上依據 | 例:430(18-0) | 例:304(18-8)、316(18-10) | 例:201、202 |
| 功能上的用途 | 430:廚房用具、織網及飾品 | 304(又稱白鐵): 廚房餐具、建材、醫療衛生器材、食品加工用材、交通工具、化工設備及管件、機械設備及零件 | (通常用來補足高貴鎳所使用較高含量的錳)但其外觀與 304 不鏽鋼相似 因此也有用來使用廚房餐具 |

而 400 系裡有肥粒系不鏽鋼

這類不鏽鋼的代表性鋼種為 430，其標準成份為 16~18%鉻，含碳量低，此類不銹鋼具有磁性，一般所見的不鏽鋼板片可被磁鐵吸附住，很有可能便屬於此類

不鏽鋼，因不含鎳而價格較廉，而含低量碳，就可以高量鉻(如:1%碳可消耗 17%鉻，因此碳越少鉻越多)

300 系裡有沃斯田系不鏽鋼
這是最常見的 304 不銹鋼即為此類，其標準成分是 18%鉻+8%鎳，因此有稱(18-8)即一般歐美所稱的 18：8 不鏽鋼，此類不銹鋼的特性為無磁性、弱磁性的。

200 系不鏽鋼有 201、202，成分中是用錳取代了鎳的功用，外觀看來跟 304 無異，但因為生產較貴的金屬鎳的國家約只有 15 多個，而錳是廣泛存在於自然界的一種較多的元素，所以價格相差許多。

(三)使用不鏽鋼的規定:
國外: 而根據歐盟、美國、紐澳的食管署「食品器具容器包裝衛生標準」皆未有針對不銹鋼特別訂定各成分的溶出率。
國內:不鏽鋼 304 依據中華民國國家標準(CNS)規定含錳量在 2 %以下，但也沒有特別的管控其量的大小。

(四)抗磁性的檢測:
一般 400 系的不鏽鋼都會有較強的磁性，因此可以用來判別是否是 400 系
但因為拋光有可能導致磁性 因此測量時必須在金屬底部比較精準
不過 200 系與 300 系的磁性皆太弱，所以無法判別。

(五)專家對不鏽鋼的看法:
第一派說法是: 原本的不鏽鋼是安全的，如果給他電解就是破壞表面 使裏頭的錳離子產生而給人體危害，因此有派說法是不建議在家自行使用電解法檢測。

有一派是說:不鏽鋼 304 依據中華民國國家標準(CNS)規定含錳量在 2 %以下，而 200 系列含有較高比例的錳(約 5.5 %~10 % )，但作為食品容器而言，不鏽鋼屬耐熱之惰性材質，盛裝食材而致金屬錳的溶出率極低，因此不會對人體產生傷害。(此文獻來自:親子天下國家環境毒物研究中心新聞稿)

另一派說法是: 一般而言，鐵與鉻都是主要的元素，鉻含量必須超過 11%才能被稱為不鏽鋼。「至於其他金屬元素，就會隨著使用性質不同而微調。含鎳較多的 300 系的不鏽鋼抗鏽蝕的能力，要比 200 系來得好；200 系以『錳』代替『鎳』來防鏽，有可能增加健康風險。」(文章轉載自上下游 News&market 新聞市集)

也有一派是: 不鏽鋼餐具的種類相當多，其品質好壞影響是否可能釋出內含金屬的最主要因素， 一般食品級的不鏽鋼（例如常見的 304、18-8 或 18-10 等級的不鏽鋼；18-8 的 18 指的是鉻的含量百分比，8 指的則是鎳的含量百分比）因其具有耐高溫及抗腐蝕的特性，因此可能釋出的各類金屬含量應該都”很低”，也不致於危害人體的健康。當然如果使用的是品質較

差的不鏽鋼，就不一定能保證不會有過量的金屬釋出。(來自:楊振昌醫師)

(六)探討對人體的影響:

而錳元素為人體正常代謝所需的微量礦物質，缺乏或過量皆可能導致疾病。人體內的錳，主要存在於腦下垂體、肝臟、胰臟和骨骼的粒腺體，為多種酶的組成要素，並參與造血，促進細胞脂肪的氧化，防止**動脈粥狀硬化**。錳缺乏可引起骨質疏鬆、生長遲緩，**過量**則引發**運動障礙**。也有別的病狀就是**巴金森氏症**。

但在不鏽鋼內也有可能釋出的各類別的金屬，例如；鐵也為人體必需的元素，除非極大量的釋出，才可能導致腸胃道症狀（如噁心、嘔吐、腹瀉），更嚴重則可能產生肝毒性及其他症狀，但不鏽鋼能釋出的含鐵量應該不多，所以通常不太會有這類的傷害。

至於鉻也是人體必需的元素，當然在大量口服暴露”六價鉻”時，可能對人體產生腸胃道刺激、潰瘍及貧血等毒性。如果長期大量吸入鉻蒸氣，則可能導致肺癌，但以不鏽鋼的使用上，釋出的量極少，應該很難罹癌症。

## 【評語】030812

主題具科學性與實用性，從發掘問題到解決問題具完整性，已經有了原創及研究的精神，利用錳二價與硫酸的反應顏色來探測含鋼用品的質量與安全性，並做成可貼式的膠片。