



經濟部標準檢驗局新竹分局 103 年度  
自行研究計畫

## 「不銹鋼產品(200 系及 304)簡易判定之研究」

經濟部標準檢驗局新竹分局 編印

中華民國 103 年 12 月 31 日

標準檢驗局新竹分局 103 年度自行研究報告提要表			填表人：葉政宏
			填表日期：103 年 12 月 26 日
研究報告名稱	不銹鋼產品(200 系及 304)簡易判定之研究		
研究單位及人員	新竹分局第二課/江榮信、林進祥、 葉政宏	研究 時間	自 103 年 01 月 01 日 至 103 年 12 月 31 日
報 告 內 容 提 要			
<p>(一) 研究緣起與目的</p> <p>現代人的進步生活已與金屬材料密不可分，其中又以鋼鐵材料有著舉足輕重的角色。鋼鐵材料中的不銹鋼具有良好的耐蝕、耐熱、耐酸能力，使鋼鐵材料應用範圍更延伸至各種化學工業、醫療機械和食品設備等。然而在種類繁多的不銹鋼材料間，對於各種不同的使用條件，前述種種優良特性將有所差異。</p> <p>由於鎳金屬供應不足的情況下，在第二次世界大戰期間，發展出 200 系列的不銹鋼，以錳取代鎳的成分，用之作為 300 系列不銹鋼的代用鋼。近年鎳金屬價格大幅波動，使得 200 系不銹鋼產量比例逐漸增加。然而在不同環境中使用，200 系與 300 系不銹鋼之耐蝕性有所差異。由於這二種系列不銹鋼產品無法自外觀加以區分，因此容易造成部分不肖廠商藉機混用，也影響了消費者的產品使用安全。</p> <p>本局施政目標為商品安全化，故保障消費者權益，提高產品競爭力，向為本局所有同仁戮力以達的標的。本研究之目的不僅欲建置本單位鑑別 200 系與 304 不銹鋼之檢驗能力，以保障消費者安全，且因不銹鋼係屬可回收之綠色產品，本研究成果可供業界參考利用，避免回收不銹鋼料錳成分超標，以提昇產品品質，同時可作為相關國家標準編修制定參考之用。</p> <p>(二) 研究方法與過程</p> <p>本研究首先蒐集國內外簡易辨別 200 系及 304 不銹鋼標準及方法加以分析，提出簡易試驗方式計有(1)磁性法、(2)電解檢測法、(3)溶出檢測法及(4)放電發光光譜分析法，分析其原理、對操作人員安全性及配合本分局現有設備，如火花放電光譜分析儀、砂布帶研磨機等等，決定採用磁性法、溶出檢測法及放電發光光譜分析法，並由市場購(抽)樣得不銹鋼排氣管、不銹鋼湯匙、不銹鋼鋼片等</p>			

標準檢驗局新竹分局 103 年度自行研究報告提要表		填表人：葉政宏 填表日期：103 年 12 月 26 日	
研究報告名稱	不銹鋼產品(200 系及 304)簡易判定之研究		
研究單位及人員	新竹分局第二課/江榮信、林進祥、 葉政宏	研究 時間	自 103 年 01 月 01 日 至 103 年 12 月 31 日
報 告 內 容 提 要			
<p>產品，先利用放電發光光譜分析法分析產品成分，以確定產品不銹鋼種類，接著以磁性法和溶出檢測法進行實作，確認簡易辨別方法之可行性。</p> <p>(三) 研究發現與建議</p> <p>本研究考慮磁性法、電解檢測法、溶出檢測法及放電發光光譜分析法等 4 種簡易檢測方式。由於電解檢測法試驗時，將會產生氫氣使電解液(硫酸)易發生噴濺，對於操作人員安全上較危險，爰本次試驗未執行此項。首先以火花放電光譜分析儀執行樣品成分分析，確定不銹鋼排氣管和不銹鋼湯匙為 200 系不銹鋼，並確認 304 不銹鋼鋼片材質。接著以強力磁鐵靠近 3 種試樣，發現均無磁性，確認一般坊間使用的磁性法檢測無法區分 200 系和 304 不銹鋼。再以溶出檢測法測試，發現含錳量最高的 200 系不銹鋼湯匙反應變色時間最快，色澤也最深，而含錳量最少的 304 不銹鋼鋼片則變色時間最慢，色澤也最淺，因此溶出檢測法確實可比較出鋼材含錳量多寡，可作為分辨 200 系和 304 不銹鋼的簡易判斷方式。建議後續研究可深入探討比較 200 系中各種不銹鋼（如 201、202、204、205 等）的反應時間和顏色深淺差異，是否可作為準確判斷屬於何種系列不銹鋼之方法。</p> <p>本研究所採用的放電發光光譜分析法為國家標準所使用之分析方法，優點為分析快速、簡便且可得到精確的化學成分比例，惟缺點是儀器價格並非一般民眾及中小型公司所能負擔，較適宜專業檢測實驗室測試採用。而溶出檢測法優點為試劑使用量少，成本較低，且反應較無大量氣體發生導致噴濺的疑慮，對操作人員較安全，加上與不銹鋼反應所需面積不大，減少了不銹鋼測試時的耗損，爰可提供作為檢測實驗室簡易測試的方法，亦可提供給產業界參考利用，快速分辨不銹鋼種類並避免高成本檢測費用，後續更可作為增修訂 CNS 國家標準之判定方式。</p>			

# 目錄

壹、	前言.....	1
貳、	研究動機.....	3
參、	文獻探討與分析.....	4
一、	不銹鋼種類介紹.....	4
二、	200 系不銹鋼發展歷史簡介.....	6
三、	國內外 200 系及 304 不銹鋼化學成分標準.....	8
四、	200 系及 304 不銹鋼檢測方法分析比較.....	10
肆、	試驗樣品及試驗設備.....	13
一、	試驗樣品.....	13
二、	試驗設備.....	13
伍、	試驗流程與結果.....	15
一、	放電發光光譜分析法.....	15
二、	磁性法.....	15
三、	溶出檢測法.....	16
陸、	結論與建議.....	18
柒、	參考文獻.....	20

## 表目錄

表 1 CNS 標準 201、202 及 304 不銹鋼化學成分(單位：%) .....	8
表 2 ASTM/AISI 200 系及 304 不銹鋼化學成分(單位：%) .....	8
表 3 放電發光光譜分析法試驗設備 .....	13
表 4 溶出檢測法所需試劑及器材 .....	14
表 5 試驗樣品化學成分(單位：%) .....	15
表 6 磁性法試驗結果 .....	16
表 7 檢測後溶液色澤比較 .....	17

## 圖目錄

圖 1 沃斯田鐵不銹鋼金相組織 .....	22
圖 2 肥粒鐵不銹鋼金相組織 .....	22
圖 3 麻田散鐵不銹鋼金相組織 .....	23
圖 4 雙相型不銹鋼金相組織 .....	23
圖 5 不銹鋼族系(依化學成分及金相組織區分) .....	24
圖 6 電解檢測法 .....	24
圖 7 電解檢測法硫酸溶液變色情形 .....	25
圖 8 放電發光光譜分析儀激發台 .....	25
圖 9 放電發光光譜儀分光原理 .....	26
圖 10 熱水器不銹鋼排氣管 .....	26
圖 11 不銹鋼湯匙 .....	27
圖 12 304 不銹鋼鋼片 .....	27
圖 13 強力磁鐵 .....	28
圖 14 砂輪切割機 .....	28
圖 15 砂布帶研磨機 .....	29
圖 16 高純度氫氣 .....	29
圖 17 火花放電光譜分析儀 .....	30
圖 18 表玻璃 .....	30

圖 19 熱水器不銹鋼排氣管樣品分析點 .....	31
圖 20 不銹鋼湯匙分析點 .....	31
圖 21 304 不銹鋼鋼片分析點 .....	32
圖 22(a) 鹽酸+硝酸+試片(不銹鋼排氣管).....	32
圖 22(b) 鹽酸+硝酸+試片(不銹鋼湯匙).....	33
圖 22(c) 鹽酸+硝酸+試片(304 不銹鋼鋼片) .....	33
圖 23(a) 不銹鋼溶液(不銹鋼排氣管).....	34
圖 23(b) 不銹鋼溶液(不銹鋼湯匙).....	34
圖 23(c) 不銹鋼溶液(304 不銹鋼鋼片) .....	35
圖 24(a) 不銹鋼溶液+10M 氫氧化鈉(不銹鋼排氣管) .....	35
圖 24(b) 不銹鋼溶液+10M 氫氧化鈉(不銹鋼湯匙) .....	36
圖 24(c) 不銹鋼溶液+10M 氫氧化鈉(304 不銹鋼鋼片).....	36
圖 25(a) 不銹鋼溶液+10M 氫氧化鈉(不銹鋼排氣管)攪拌後 .....	37
圖 25(b) 不銹鋼溶液+10M 氫氧化鈉(不銹鋼湯匙)攪拌後 .....	37
圖 26(a) 加入硝酸後沉澱物溶解(不銹鋼排氣管).....	38
圖 26(b) 加入硝酸後沉澱物溶解(不銹鋼湯匙).....	38
圖 26(c) 加入硝酸後沉澱物溶解(30 不銹鋼鋼片) .....	39
圖 27(a) 加入鉍酸鈉後 7 秒後出現紫色色澤(不銹鋼排氣管).....	39
圖 27(b) 加入鉍酸鈉後 3 秒後出現紫色色澤(不銹鋼湯匙).....	40

圖 27(c) 加入鉍酸鈉後 40 秒後出現紫色色澤(304 不銹鋼鋼片) . 40

圖 28 3 種試片紫色色澤深淺比較 ..... 41

# 經濟部標準檢驗局新竹分局自行研究計畫報告

## 《不銹鋼產品(200 系及 304)簡易判定之研究》

### 壹、前言

人類文明的發展，可依使用的工具材料來區分，由石器、青銅器到鐵器，再演進到現代各種金屬材料的廣泛使用。現代人的進步生活已與金屬材料密不可分，其中又以鋼鐵材料有著舉足輕重的角色。由於鋼鐵材料具有優良的機械性能、易於加工及可用冶金熱處理方式調整性質的特性，且鐵礦蘊藏豐富，原料來源充裕，自 19 世紀大規模煉鋼技術發展以來，鋼鐵材料便廣泛運用於汽車、造船、建築等工業。

然而在空氣、酸等環境下，鋼鐵材料容易發生生銹腐蝕是其一大缺點。在 20 世紀初期終於研發出不銹鋼，這是在鋼中添加鉻成分，可以有效改善鋼材的耐蝕性。自此又再針對不同用途需要，對於合金成分做了調整，發展出許多新型不銹鋼產品，使鋼鐵材料應用範圍更延伸至各種化學工業、醫療機械和食品設備等。

不銹鋼具有良好的耐蝕、耐熱、耐酸能力，然而在種類繁多的不銹鋼材料間，對於各種不同的使用條件，前述種種優良特性將有所差異。因應不同用途需求，由不銹鋼合金成分主要可分為鉻系不銹鋼及鉻-鎳系不銹鋼，再依材料組織可分為肥粒鐵系、麻田散鐵系及沃斯田鐵系等，另有當時為節約鎳金屬使用量而以錳替代部分鎳的 200 系

不銹鋼，依其合金成分不同而各有不同的性質。合金成分不同時，不銹鋼在不同使用條件下之耐蝕性能有所差異，因此為確保使用不銹鋼器具之安全可靠，針對許多不同用途的不銹鋼產品，我國國家標準訂有應選用之不銹鋼種類，如 CNS 12324 金屬製飯盒之不銹鋼材料規定應符合 CNS 8499 冷軋不銹鋼鋼板、鋼片及鋼帶之種類符號 304；家庭用熱水器之排氣管、排氣頂罩及供排氣頂罩等零件應使用 304 等級不銹鋼。

由於鎳金屬供應不足的情況下，在第二次世界大戰期間，發展出 200 系列的不銹鋼，以錳取代鎳的成分，用之作為 300 系列不銹鋼的代用鋼。然而在不同環境中使用，200 系與 300 系不銹鋼之耐蝕性仍有所差異。由於這二種系列不銹鋼產品無法自外觀加以區分，因此容易造成部分不肖廠商藉機混用，也影響了消費者的產品使用安全。

本局施政目標為商品安全化，故保障消費者權益，提高產品競爭力，向為本局所有同仁戮力以達的標的。適本分局第二課同仁多具機械領域相關學經歷，並有金屬材料檢驗經驗及相關設備，爰提出本研究計畫。本研究之目的不僅欲建置本單位鑑別 200 系與 304 不銹鋼之檢驗能力，以保障消費者安全，且因不銹鋼係屬可回收之綠色產品，本研究結果可供業界參考利用，避免回收不銹鋼料錳成分超標，以提昇產品品質，同時可作為相關國家標準編修制定參考之用。

## 貳、研究動機

近年部分市售熱水器產品曾發生民眾反映熱水器使用一段時間後排氣管即發生銹蝕現象，除影響產品外觀外，更有發生一氧化碳未排出室外而造成生命安全威脅的可能。究其原因，係排氣管不銹鋼組件採用 200 系列，由於其耐蝕性較 304 材質差，造成排氣管銹蝕。另 102 年 7 月發生台鐵飯盒錳含量超標事件，引起民眾人心惶惶。103 年 11 月調查局更查出知名熱水器配件商統領公司自民國 94 年至今，以 202 不銹鋼製成之排氣管混充為 304 不銹鋼排氣管。揆諸事件，則是部分廠商以其他系列較低價之 200 系列不銹鋼替代，於不適當的使用環境和條件下使用。不符規格之不銹鋼商品對器具使用安全性或人體健康有重大影響，且因不銹鋼種類不易由外觀鑑別，更將對民眾消費安全信心產生極大衝擊。

有鑑於此，本研究希藉由蒐集國內外辨別 200 系及 304 不銹鋼標準及方法加以分析，提出各分析方法之簡易性比較，並經由實作檢測後，探討建置所需檢測設備及測試能力，俾便保障消費者使用之安全。

## 參、文獻探討與分析

### 一、不銹鋼種類介紹

自 20 世紀初不銹鋼問世以來，已有超過百年的歷史。所謂的「不銹」，係指相對於其他鋼種而言，較不易生銹之意。不銹鋼係以鐵金屬為基底，添加碳、鉻、鎳、錳等合金元素，藉由在不銹鋼表面與氧反應生成緻密、耐蝕的氧化鉻保護膜，因而可有效防止腐蝕性氣體或液體向內層材料滲透。一般而言，鉻含量需達 12% 以上，才能形成緻密的氧化鉻保護膜，也才能被稱為不銹鋼。

不銹鋼可依其添加之合金(鉻、鎳)含量，形成之金相組織分類如下：

- (一) 沃斯田鐵型：此類不銹鋼含碳量通常在 0.2% 以下，鉻含量在 16~25%，而鎳含量在 7~20%。其組織在常溫為沃斯田鐵組織，如圖 1 所示，一般為無磁性，若在冶煉過程中發生偏析，或是經過冷加工而使鋼內析出少量麻田散鐵，則會呈現弱磁性現象。此鋼種代表型為 300 系不銹鋼，平常最常看到的 304 不銹鋼即屬此類，因其成分含量為 18% 鉻及 8% 鎳，一般被稱為 18-8 不銹鋼。另外於二次世界大戰發展出的 200 系不銹鋼產品，則是將 300 系中昂貴的鎳金屬以錳取代，為

另一種廉價的沃斯田鐵不銹鋼。

(二) 肥粒鐵型：肥粒鐵型不銹鋼金相組織如圖 2 所示，主要元素成分為鐵及鉻，鉻含量約在 12~30%，具有磁性，因少了鎳的成分，為較廉價的不銹鋼，其耐蝕性亦不如沃斯田鐵型不銹鋼，優點為質軟易加工，代表鋼種為 430 不銹鋼。

(三) 麻田散鐵型：本類型不銹鋼金相組織如圖 3 所示，其含鉻量在 12~17%，碳含量約為 0.15~1.2%，代表鋼種為 400 及 500 系不銹鋼，具有磁性。此型不銹鋼係由高溫淬火變成麻田散鐵組織，因此硬度及強度很高，但延展性、耐蝕性較差。

(四) 析出硬化型：此鋼種為 18-8 不銹鋼改良型，添加鋁、銅等成分，藉熱處理使添加物析出，而達到增加強度的效果，具有優良的強度、切削性，國際稱為 600 系不銹鋼。

(五) 雙相型：本鋼種係為了克服沃斯田鐵不銹鋼在含氯環境下，易發生應力腐蝕現象，而將鉻含量調整至 24%，鎳含量為 7%，形成沃斯田鐵及肥粒鐵雙相共存組織(圖 4)，其中沃斯田鐵具有易加工性能，而肥粒鐵則具有良好的耐蝕性。

不銹鋼亦可按其添加元素，如圖 5 所示，分為鉻系、鎳鉻系、鎳鉻錳系及低鉻系等 4 種：

(一) 鎳鉻錳系：主要為 200 系，組織為沃斯田鐵，以廉價的錳元

素取代 300 系中較昂貴的鎳元素。

(二)鎳鉻系：主要為 300 系沃斯田鐵型及 600 系析出硬化型不銹

鋼，藉由添加鎳來增強其耐蝕性，鎳含量通常為 7~10%。

(三)鉻系：主要為 400 系不銹鋼，含鎳量低於 2.5%，其組織為麻

田散鐵及肥粒鐵組織。

(四)低鉻系：主要為 500 系不銹鋼，雖名為不銹鋼，惟鉻含量僅

有 4~6%，耐蝕效果不佳。

## 二、 200 系不銹鋼發展歷史簡介

目前全球不銹鋼產量中，300 系不銹鋼佔 76%，而世界上使用最多的不銹鋼鋼種為 304 不銹鋼，其化學成分為 18%鉻及 8%鎳，常被稱為 18-8 不銹鋼，因此鎳價波動都會造成不銹鋼價格重大的影響。

鉻使不銹鋼具有防蝕功能，鉻含量愈高，則不銹鋼的耐蝕性愈好。然而為何需另外添加昂貴的鎳呢？因為鎳可改善肥粒鐵不銹鋼的 6 種性能：

(一)焊接性：肥粒鐵不銹鋼對雜質及焊接過程中晶粒成長較為敏

感，而添加鎳的沃斯田鐵不銹鋼則可改善這些缺點，具有更佳的焊接性。

(二)韌性：沃斯田鐵不銹鋼質軟富於韌性，加工性良好，而肥粒

鐵不銹鋼韌性卻會隨低溫而降低。

(三)成形性：於鉻系不銹鋼添加鎳時，可將鋼材的晶體結構由體

心立方改變為沃斯田鐵的面心立方結構，使其塑性提高，因

而改善了材料的成形性。

(四)耐蝕性：鉻可提高不銹鋼對氧化酸(如硝酸)的耐腐蝕能力，

而加入鎳則可改善不銹鋼對還原性物質(如硫酸、鹽酸)腐蝕

的抵抗能力。

(五)高溫性能：不銹鋼添加鎳，可提高鋼材在高溫時的強度、表

面保護性氧化膜穩定性。

(六)外觀光澤：添加鎳的不銹鋼可使鋼材外觀顏色更亮，光澤度

提高。

因此，含鎳的 304 不銹鋼具有優良的機械性能、耐蝕性等特質。

然而鎳的生產地區受限、價格昂貴且變動幅度大，使得不銹鋼材料的

發展上，出現許多節省鎳的方法，如以錳替代沃斯田鐵中鎳金屬的

200 系不銹鋼即是一例。二次大戰時由於鎳嚴重短缺，德國首先開發

出以錳-氮代替部分鎳的不銹鋼。嗣後 1950 年代美國亦因鎳原料不

足，研究開發出高錳型不銹鋼(即 200 系不銹鋼)，此後更研發出各種

200 系列鋼種，如 201、202、205 等等，後續在印度甚至發展出 J1

和 J4 牌號不銹鋼，將鉻成分減少，而鎳的含量極低，甚至不含鎳的

成分。2005 年後，由於以中國為中心的東南亞地區不銹鋼產量增加，

對鎳的需求更大，使鎳的價格一度曾漲至以往的 6 倍，因此不斷提高  
 錳含量，降低鎳含量的低品質鋼材，更為廣泛地出現在市面上。

### 三、國內外 200 系及 304 不銹鋼化學成分標準

(一)CNS 國家標準：依 CNS 8499「冷軋不銹鋼鋼板、鋼片及鋼帶」

規定之 200 系與 304 不銹鋼成分如表 1 所示。

表 1 CNS 標準 201、202 及 304 不銹鋼化學成分(單位：%)

種類 符號	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	N
201	0.15 以下	1.00 以下	5.5~7.50	0.060 以下	0.030 以下	16.00~18.00	3.50~5.50	0.25 以下
202	0.15 以下	1.00 以下	7.50~10.00	0.060 以下	0.030 以下	17.00~19.00	4.00~6.00	0.25 以下
304	0.08 以下	1.00 以下	2.00 以下	0.045 以下	0.030 以下	18.00~20.00	8.00~10.50	---

(二)美國 ASTM/AISI 200 系及 304 化學成分如表 2 所示。

表 2 ASTM/AISI 200 系及 304 不銹鋼化學成分(單位：%)

種類符號			C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	其他
UNS NO	SAE NO	AISI NO									
S20100	30201	201	0.15	1.00	5.5/7.5	0.060	0.030	16.0/18.0	-	3.5/5.5	N 0.25
S20103	-	-	0.03	0.75	5.5/7.5	0.045	0.030	16.0/18.0	-	3.5/5.5	N 0.25
S20153	-	-	0.03	0.75	6.4/7.5	0.045	0.015	16.0/17.5	-	4.0/5.0	N 0.10/0.25; Cu 1.00
S20161	-	Gall-Tough	0.15	3.0/4.0	4.0/6.0	0.040	0.040	15.0/18.0	-	4.0/6.0	N 0.08/0.20
S20162	-	-	0.15	2.5/4.5	4.0/8.0	0.040	0.040	16.5/21.0	0.50/2.50	6.0/10.0	N 0.05/0.25
S20200	30202	202	0.15	1.00	7.5/10.0	0.060	0.030	17.0/19.0	-	4.0/6.0	N 0.25
S20300	-	XM-1 (203EZ)	0.08	1.00	5.0/6.5	0.04	0.18/0.35	16.0/18.0	-	5.0/6.5	Cu 1.75/2.25

S20400	-	-	0.030	1.00	7.0/9.0	0.040	0.030	15.0/17.0	-	1.5/3.0	N 0.15/0.30
S20500	-	205	0.12/0.25	1.00	14.0/15.5	0.060	0.030	16.5/18.0	-	1.0/1.7	N 0.32/0.40
S20910	-	XM-19 (Nitronic 50)	0.06	0.75	4.0/6.0	0.040	0.030	20.5/23.5	1.50/3.00	11.5/13.5	Nb 0.10/0.30; V 0.10/0.30
S21400	-	XM-31 (Tenelon)	0.12	0.30/1.00	14.0/16.0	0.045	0.030	17.0/18.5	-	1.00	-
S21460	-	XM-14	0.12	0.75	14.0/16.0	0.060	0.030	17.0/19.0	-	5.0/6.0	N 0.35/0.50
S21600	-	XM-17 (216)	0.08	0.75	7.5/9.0	0.045	0.030	17.5/22.0	2.00/3.00	5.0/7.0	N 0.25/0.50
S21603	-	XM-18 (216L)	0.03	0.75	7.5/9.0	0.045	0.030	17.5/22.0	2.00/3.00	5.0/7.0	N 0.25/0.50
S21800	-	Nitronic 60	0.10	3.5/4.5	7.0/9.0	0.060	0.030	16.0/18.0	-	8.0/9.0	N 0.08/0.18
S21900	-	21-6-9 (Nitronic 40)	0.08	1.00	8.00/10.00	0.045	0.030	19.0/21.50	-	5.5/7.5	N 0.15/0.40
S21904	-	XM-11 (Nitronic 40)	0.04	0.75	8.0/10.0	0.060	0.030	19.0/21.5	-	5.5/7.5	N 0.15/0.40
S24000	-	XM-29 (Nitronic 33)	0.08	0.75	11.5/14.5	0.060	0.030	17.0/19.0	-	2.3/3.7	N 0.20/0.40
S24100	-	18-2Mn (Nitronic 32)	0.15	1.00	11.0/14.0	0.045	0.030	16.5/19.0	-	0.50/2.50	N 0.20/0.45
S28200	-	18-18 Plus	0.15	1.00	17.0/19.0	0.045	0.030	17.0/19.0	0.75/1.25	-	N 0.40/0.60; Cu 0.75/1.25
S30400	30304	304	0.07	0.75	2.00	0.045	0.030	17.5/19.5	-	8.0/10.5	N 0.10

#### 四、200 系及 304 不銹鋼檢測方法分析比較

在了解不銹鋼化學成分、組織的相同與差異之處後，我們發現 200 系與 304 不銹鋼均為沃斯田鐵組織，主要差異在於二者錳與鎳成分的不同，因此我們找到並分析相關判定方法如下：

(一)磁性法：本方法為一般坊間常用來分辨不銹鋼材質的方式，

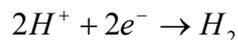
由於 200 系列及 300 系不銹鋼組織為沃斯田鐵型，利用其無磁性或弱磁性的特點，雖可初步將這二類與其他種類不銹鋼予以分辨，然 200 系和 304 不銹鋼恐無法以磁性辨別。

(二)電解檢測法：由於 200 系不銹鋼錳含量多在 5%以上，而 304

不銹鋼要求錳含量須小於 2%，因此可利用錳離子具有顏色之特性，以電解法將不銹鋼中錳的成分電解出來，藉由顏色判別錳含量多寡。一般多以濃度 20%硫酸溶液作為電解液，以不銹鋼做為正極，如圖 6 所示，於電解時正極發生如下反應：



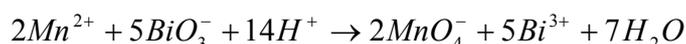
而在負極發生如下反應：



因為  $Mn^{2+}$  離子為粉紅色，因此可由粉紅色呈現來分辨不銹鋼中是否含有錳金屬成分，如圖 7 所示。此方法缺點為硫酸具腐蝕性，一般人員於調配硫酸濃度時易發生噴濺危險，另由於測試時負極產生氫氣氣體，反應較為劇烈，而易使硫酸溶

液發生噴濺，大為影響操作上的安全性。此外需在試樣表面施加較多硫酸溶液以便執行電解，因此試劑的消耗量較多。

(三)溶出檢測法：本方法為利用錳含量不同，藉錳離子顏色深淺，作為分辨 200 系列及 300 不銹鋼的檢測方式。本方法係先以鹽酸及硝酸溶解不銹鋼中的錳金屬成分，再將 2 價錳離子溶於硝酸液的酸性環境中，以強氧化劑鉍酸鈉 ( $\text{NaBiO}_3$ ) 予以氧化為  $\text{MnO}_4^-$ ：



此 7 價錳離子將呈現紫色色澤，同時由顏色深淺可區分不銹鋼含錳量的多寡。溶出檢測法優點為反應較緩和，對操作人員較為安全，且試劑用量較少，試樣反應面積不需太大即可完成檢測。

(四)放電發光光譜分析法：本方法係依據 CNS 10005「金屬材料之光電式發光光譜分析法通則」及 CNS 10006「鐵及鋼之光電式發光光譜分析法」，其原理係利用高壓放電方式，激發原子中電子躍升至較高能階後，當電子躍遷回較低能階時，將釋放出一系列不同波長的光譜。藉由分析材料釋出的光譜及各波長強度，即可換算出材料中各成分的含量，是一非常精密的成分分析方法。一般放電發光光譜分析儀係將試樣磨平

後，置於激發台上，如圖 8 所示，由補償電極及試樣間發生高壓尖端放電現象，激發出的光再經由平行鏡片 (collimating mirror) 轉為平行光束，接著進入光柵 (diffraction grating) 後將原本的平行光束分為各個波長的光譜光線，再由偵測器偵測強度後，經由電腦程式換算為各元素成分含量，如圖 9 所示。此方法之優點為分析成分準確，分析時間短，只要先以標準物質 (RM, Reference Material) 建立擬分析元素成分的檢量線，即可分析多種合金如鐵基、鋁基、銅基等金屬材料。缺點則為儀器造價昂貴，非一般人所能負擔；在試片準備上，因需事先打磨，使分析面平整無汙損，且測試時放電將會融溶部分材料，因此試樣厚度不能太薄。

綜上所述 4 種方法，考量操作人員安全性及本分局現有設備，將以磁性法、溶出檢測法及放電發光光譜分析法作為本研究之檢測方式，我們先以放電發光光譜分析法確定不銹鋼產品實際成分，以確認樣品不銹鋼種類，接著以磁性法測試 200 系及 304 不銹鋼，再以溶出檢測法試驗，確認溶出檢測法是否有效。

## 肆、試驗樣品及試驗設備

### 一、試驗樣品

本次試驗樣品計有熱水器不銹鋼排氣管(圖 10)、不銹鋼湯匙(圖 11)及 304 不銹鋼片(圖 12)等 3 種。

### 二、試驗設備

(一)磁性法：所需試驗器材為強力磁鐵(圖 13)。

(二)放電發光光譜分析法：依據 CNS 10005 國家標準準備試樣及

CNS 10006 執行測試時，所使用到的設備如表 3 所示：

表 3 放電發光光譜分析法試驗設備

用途	試驗器具名稱	種類及規範	
		種類	規範
自測試樣品 上切割試片	砂輪切割機 (圖 14)		
放電面欲得 一定粗度之 研磨用	砂布帶研磨 機(圖 15)	碳化矽砂布帶	研磨材料： 36~120 號氧化鋁或 碳化矽
發光光源周 圍之保護氣 體	高純度氬氣 (圖 16)	氬氣(99.996%)，最 大含氧量 5ppm	僅含極少量氧、水 分、碳化氬等不純 物之高純度氬氣
維持分光儀 內分光室真 空度	真空幫浦		維持分光室真空度 20 $\mu$ mHg(2.7 Pa) 以下

分析試樣成分之主機	火光放電式光譜分析儀 (圖 17)		具備鐵基合金(不銹鋼)分析線及內標準線(檢量線)
-----------	----------------------	--	--------------------------

(三)溶出檢測法：本方法所需之試劑及器材如表 4 所示：

表 4 溶出檢測法所需試劑及器材

用途	試劑或器材	規範
溶解不銹鋼	濃鹽酸	比重 1.19
溶解不銹鋼	濃硝酸	比重 1.42
分離不銹鋼溶液中之錳離子	氫氧化鈉	濃度 10M(莫耳濃度)
氧化 $Mn^{2+}$ 離子為 $MnO_4^-$	鉍酸鈉溶液	於 60ml 水中加入 3.5 克鉍酸鈉，使用前攪拌
乘載不銹鋼溶液	表玻璃(圖 18)	

## 伍、試驗流程與結果

本研究試驗流程，係先以放電發光光譜分析法確認樣品化學成分含量，以區分出不銹鋼材質，接著以磁性法測試，以確認是否能以磁性有無來分辨屬 200 系或 300 系不銹鋼，再以溶出檢測法測試，以確認本研究溶出檢測法之有效性與否。

### 一、放電發光光譜分析法

試樣樣品以砂布帶研磨機研磨後，以火花放電式光譜分析儀分析 3 種樣品分析點如圖 19~21，化學成分如表 5 所示。由分析結果發現，樣品熱水器不銹鋼排氣管及不銹鋼湯匙錳成分遠超過 300 系規定的錳成分上限，且鎳含量遠低於 7%，因此應為 200 系列不銹鋼。

表 5 試驗樣品化學成分(單位：%)

樣品名稱	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
熱水器不銹鋼 排氣管	0.24	0.61	8.28	0.033	0.060	14.14	3.26
不銹鋼湯匙	0.07	0.36	9.53	0.041	0.018	14.04	1.40
304 不銹鋼鋼片	0.04	0.31	1.27	0.039	0.001	18.30	7.90

### 二、磁性法

利用強力磁鐵靠近 3 種試驗樣品，測試結果如表 6 所示。由於 200 系和 304 不銹鋼均為無磁性，因此一般坊間常用的磁性法無法作為分辨 200 系和 304 不銹鋼的方式。

表 6 磁性法試驗結果

樣品名稱	磁性
熱水器不銹鋼排氣管	無
不銹鋼湯匙	無
304 不銹鋼鋼片	無

### 三、溶出檢測法

溶出檢測法試驗流程及結果如下：

- (一) 將一滴濃鹽酸及一滴濃硝酸滴於試片表面，如圖 22(a)~22(c)所示。
- (二) 待鹽酸、硝酸溶解試片約 5 分鐘後，以滴管吸取一滴溶液至表玻璃上，如圖 23(a)~23(c)所示。
- (三) 於表玻璃上溶液中以滴管滴入 4 滴 10M 濃度之氫氧化鈉溶液，出現褐色沉澱（圖 24(a)~24(c)），攪拌後如圖 25(a)~25(b)所示。
- (四) 再以滴管滴入 2 滴濃硝酸後攪拌，褐色沉澱溶解，如圖 26(a)~26(c)所示。
- (五) 接著以滴管滴入 5 至 6 滴鉍酸鈉溶液，觀察溶液出現紫色色澤，如圖 27(a)~27(c)所示。

經整理 3 種試片測試後溶液紫色深淺及變色時間如表 7，可發現

含錳量最多的不銹鋼湯匙顏色最深，顏色出現時間也最快，而含錳量最少的 304 不銹鋼鋼片，紫色色澤最淺，出現時間也最久。因此本方法確實可有效辨別不銹鋼中含錳量多寡，可作為區分 200 系及 304 不銹鋼的簡易試驗方式。

表 7 檢測後溶液色澤比較

樣品名稱	檢測後顏色	反應後開始變色時間
不銹鋼排氣管	紫色	7 秒
不銹鋼湯匙	深紫色	3 秒
304 不銹鋼鋼片	淡紫色	40 秒

## 陸、 結論與建議

不銹鋼發展的歷史，從 1910 年代發明以來，已超過 100 年。由於不銹鋼具有優良的耐蝕性，容易加工，生產出的製品生命週期長，且具有可回收利用的綠色材料特點，因此不銹鋼已廣泛使用在現代如食品、車輛、航太、石化等產業中，是人們生活中不可或缺的材料，其中 300 系列不銹鋼在 2000 年更占不銹鋼產量 7 成。由於 300 係不銹鋼成分使用鎳金屬，使得其價格受鎳金屬供給多寡影響甚大，近年鎳價大幅波動，為避免不銹鋼價格受到太大影響，300 系不銹鋼逐漸被 200 系不銹鋼取代，使得 300 系不銹鋼產量在 2009 年降至接近 6 成，也使得部分不良廠商以 200 系不銹鋼混充 304 不銹鋼使用。

依據 CNS 13602「家庭用燃氣器具構造通則」第 5.9 節規定，排氣管應使用 304 不銹鋼板或同等不燃性耐蝕材料，惟根據 103 年 11 月份相關新聞媒體報導，發現不肖廠商自 2005 年開始就使用 200 系不銹鋼替代 304 不銹鋼排氣管。200 系和 304 不銹鋼無法自外觀加以分辨，因此簡易的辨別方法確實有其必要，可協助消費者快速辨別，以維護使用不銹鋼產品安全。

本研究考慮磁性法、電解檢測法、溶出檢測法及放電發光光譜分析法等 4 種簡易檢測方式。由於電解檢測法試驗時，將會產生氫氣使電解液(硫酸)易發生噴濺，對於操作人員安全上較危險，爰本次試驗

未執行此項。首先以火花放電光譜分析儀執行樣品成分分析，確定不銹鋼排氣管和不銹鋼湯匙為 200 系不銹鋼，並確認 304 不銹鋼鋼片材質。接著以強力磁鐵靠近 3 種試樣，發現均無磁性，確認一般坊間使用的磁性法檢測無法區分 200 系和 304 不銹鋼。再以溶出檢測法測試，發現含錳量最高的 200 系不銹鋼湯匙反應變色時間最快，色澤也最深，而含錳量最少的 304 不銹鋼鋼片則變色時間最慢，色澤也最淺，因此溶出檢測法確實可比較出鋼材含錳量多寡，可作為分辨 200 系和 304 不銹鋼的簡易判斷方式。建議後續研究可深入探討比較 200 系中各種不銹鋼（如 201、202、204、205 等）的反應時間和顏色深淺差異，是否可作為準確判斷屬於何種系列不銹鋼之方法。

本研究所採用的放電發光光譜分析法為國家標準所使用之分析方法，優點為分析快速、簡便且可得到精確的化學成分比例，惟缺點是儀器價格並非一般民眾及中小型公司所能負擔。而溶出檢測法優點為試劑使用量少，成本較低，且反應較無大量氣體發生導致噴濺的疑慮，對操作人員較安全，加上與不銹鋼反應所需面積不大，減少了不銹鋼測試時的耗損，爰可提供作為檢測實驗室簡易測試的方法，亦可提供給產業界參考利用，快速分辨不銹鋼種類並避免高成本檢測費用，後續更可作為增修訂 CNS 國家標準之判定方式，以保障民眾使用商品安全與權益。

## 柒、參考文獻

1. CNS 8499 冷軋不銹鋼鋼板、鋼片及鋼帶，經濟部標準檢驗局，民國 94 年 12 月 25 日修訂。
2. CNS 12324 金屬製飯盒，經濟部標準檢驗局，民國 77 年 5 月 12 日修訂。
3. 蘋果日報，「台鐵便當盒 含錳超標」，民國 102 年 7 月 18 日。
4. 古錦松，認識不銹鋼材料，行政院勞工委員會職業訓練局，民國 90 年 12 月。
5. 林偉凱，2014 鋼鐵年鑑-不銹鋼篇，財團法人金屬工業研究發展中心，民國 103 年 7 月。
6. British stainless steel association，Chemical compositions of AISI (ASTM/ASME) and UNS austenitic stainless steel grades，<http://www.bssa.org.uk/topics.php?article=183>.
7. 陳詠瑜、林慕恩、侯宇恬，很「錳」的不銹鋼，中華民國第 54 屆中小學科學展覽。
8. Heath Bagshaw，Spark Optical Emission Spectroscopy，CMA, Trinity College Dublin，Analytical Workshop 2012.
9. CNS 10005 金屬材料之光電式發光光譜分析法通則，經濟部標準檢驗局，民國 73 年 12 月 20 日修訂。

10. CNS 10006 鐵及鋼之光電式發光光譜分析法，經濟部標準檢驗局，  
民國 73 年 12 月 20 日修訂。
11. M. L. Wilson, Nondestructive Rapid Identification of Metals  
and Alloys by Spot Test, American Society for Testing and  
Materials, 1986.
12. CNS 13602 家庭用燃氣器具構造通則，經濟部標準檢驗局，民國  
100 年 3 月 25 日修訂。
13. 火光放電式光譜分析儀(Spark)設備操作說明書，經濟部標準檢  
驗局新竹分局第二課，民國 97 年 7 月 9 日。
14. 蘋果日報，「莊頭北等大廠中鏢 67 萬戶用黑心熱水器」，民國  
103 年 11 月 6 日。

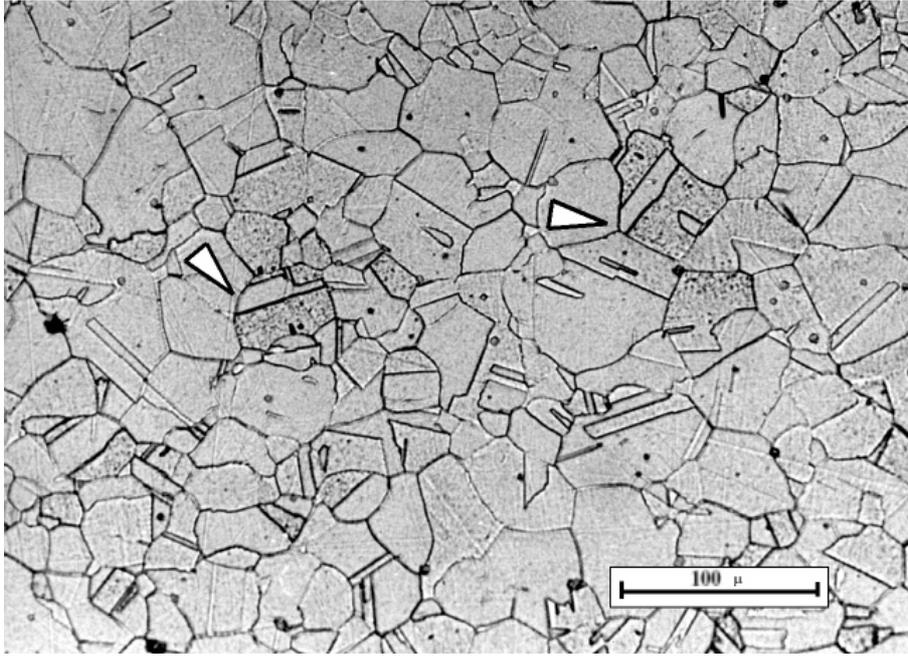


圖 1 沃斯田鐵不銹鋼金相組織

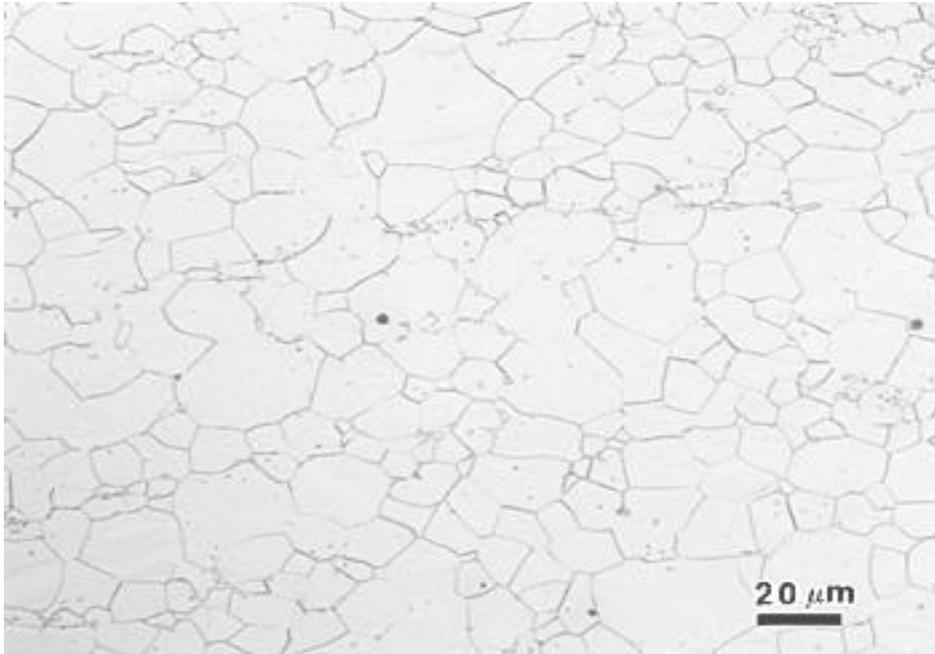


圖 2 肥粒鐵不銹鋼金相組織

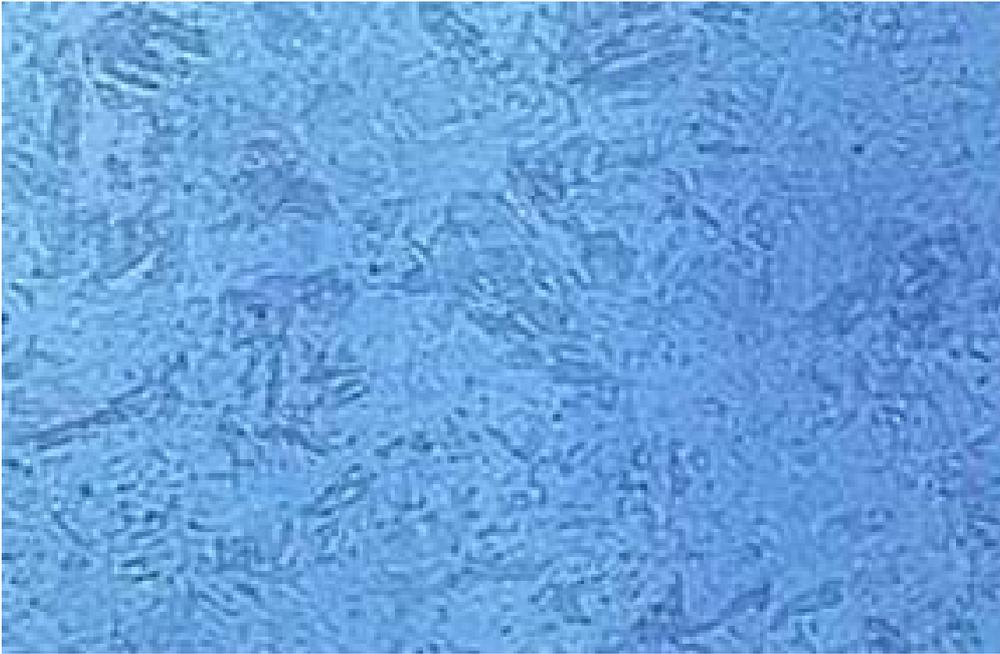


圖 3 麻田散鐵不銹鋼金相組織

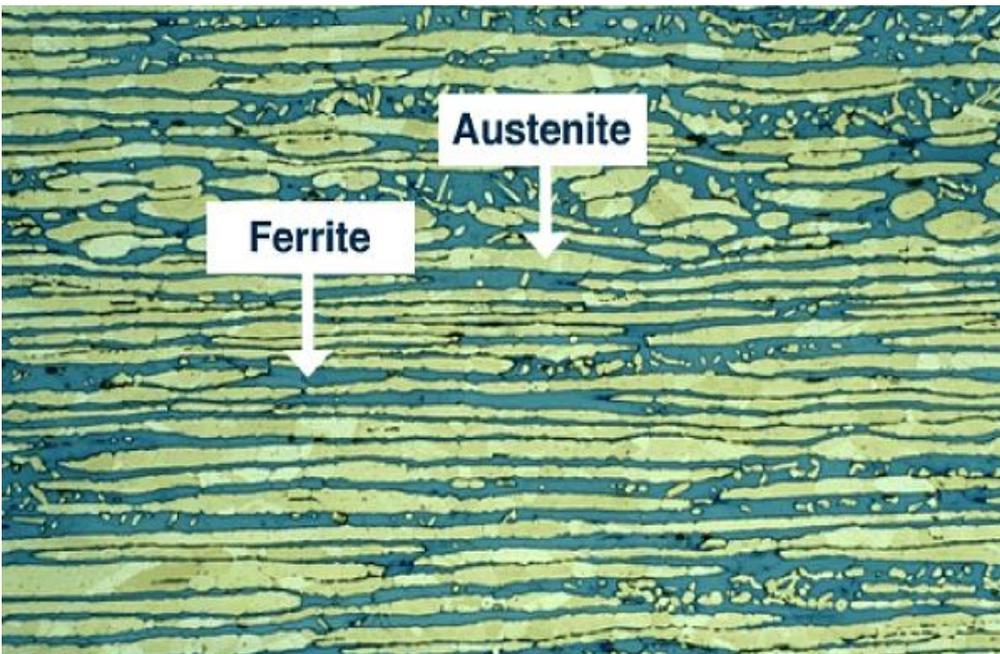


圖 4 雙相型不銹鋼金相組織

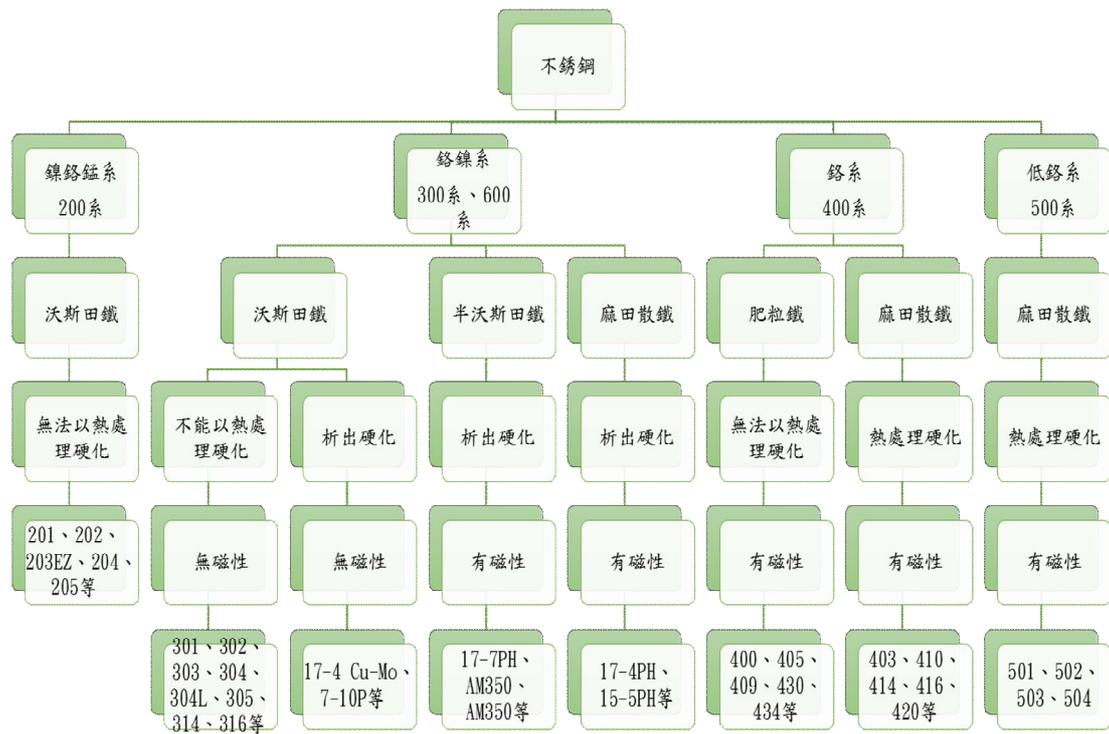


圖 5 不銹鋼族系(依化學成分及金相組織區分)

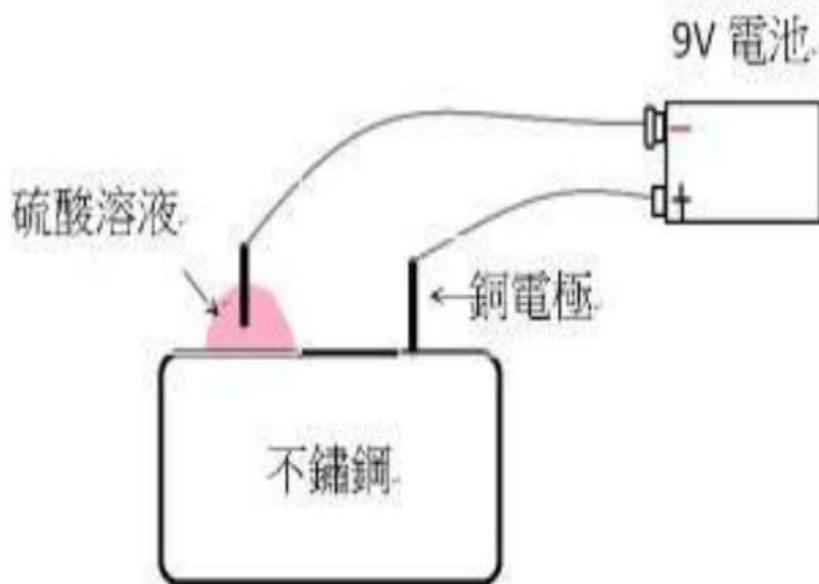


圖 6 電解檢測法



圖 7 電解檢測法硫酸溶液變色情形

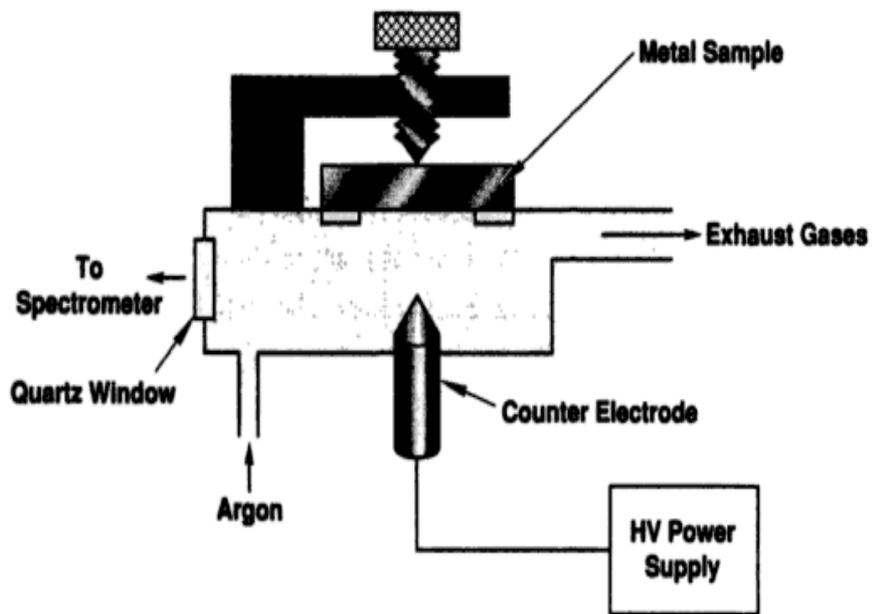


圖 8 放電發光光譜分析儀激發台

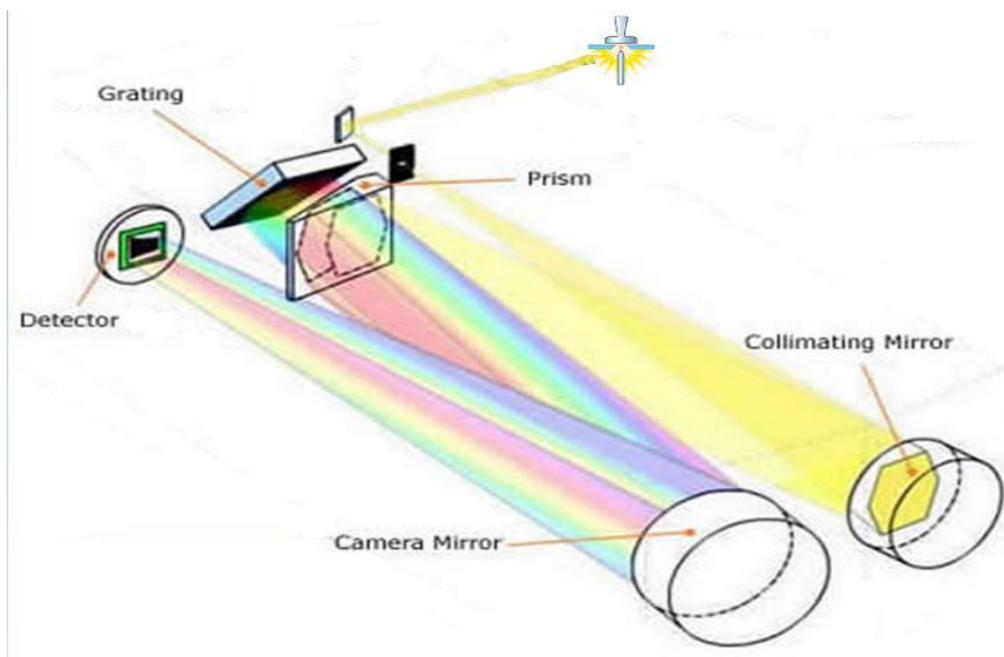


圖 9 放電發光光譜儀分光原理



圖 10 熱水器不銹鋼排氣管



圖 11 不銹鋼湯匙

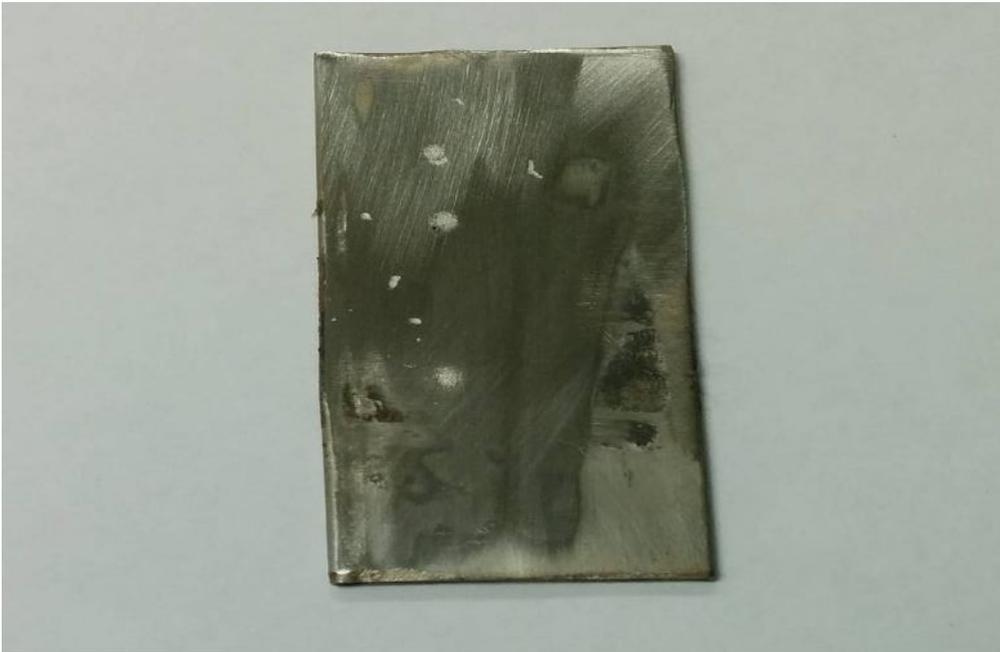


圖 12 304 不銹鋼鋼片



圖 13 強力磁鐵



圖 14 砂輪切割機



圖 15 砂布帶研磨機



圖 16 高純度氬氣



圖 17 火花放電光譜分析儀

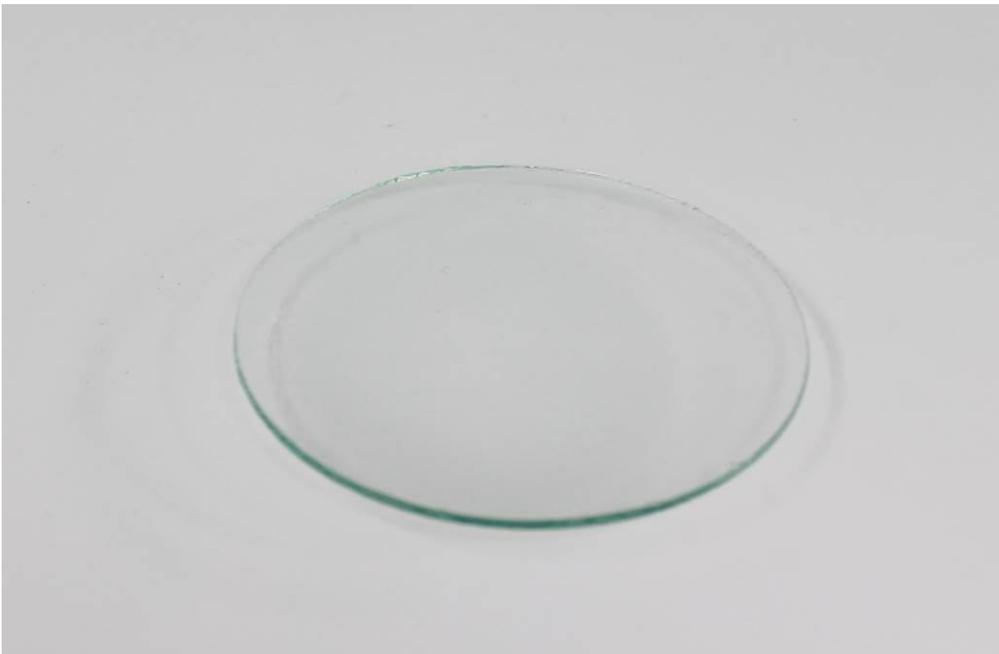


圖 18 表玻璃



圖 19 熱水器不銹鋼排氣管樣品分析點



圖 20 不銹鋼湯匙分析點

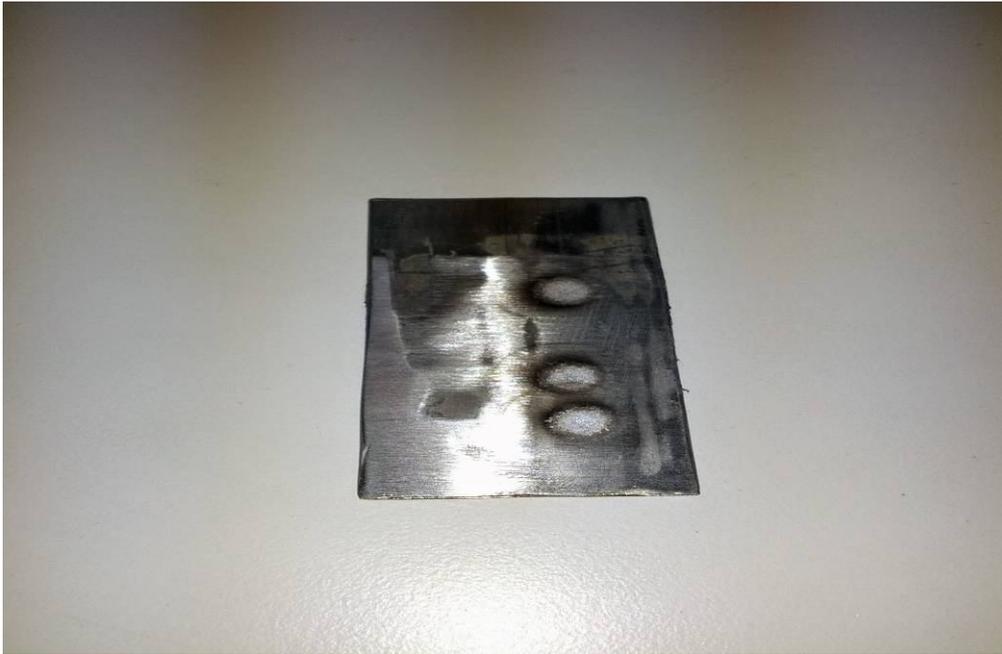


圖 21 304 不銹鋼鋼片分析點



圖 22(a) 鹽酸+硝酸+試片(不銹鋼排氣管)



圖 22(b) 鹽酸+硝酸+試片(不銹鋼湯匙)

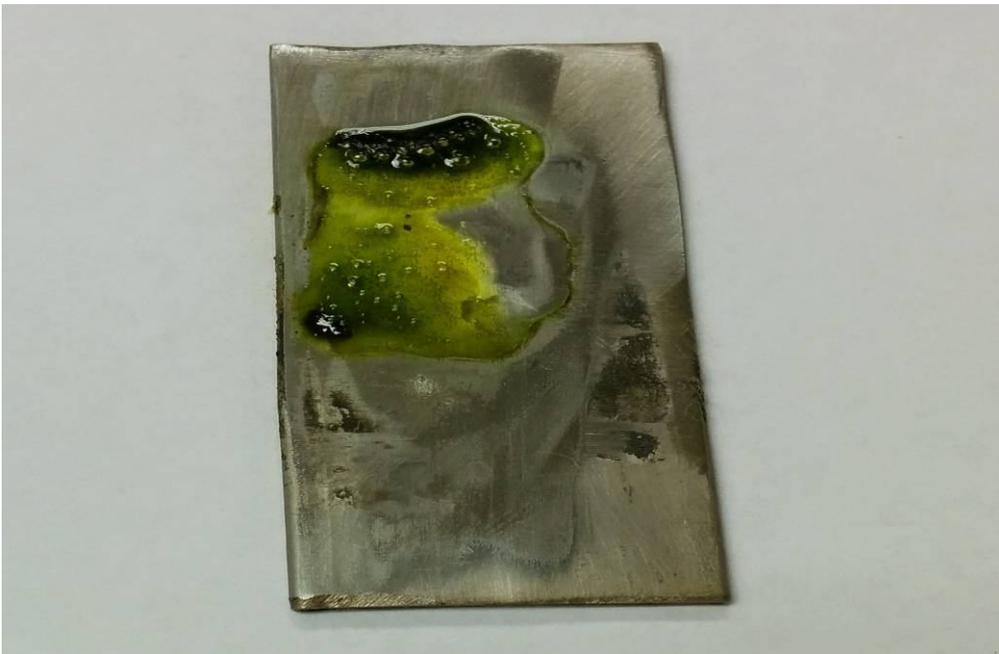


圖 22(c) 鹽酸+硝酸+試片(304 不銹鋼鋼片)

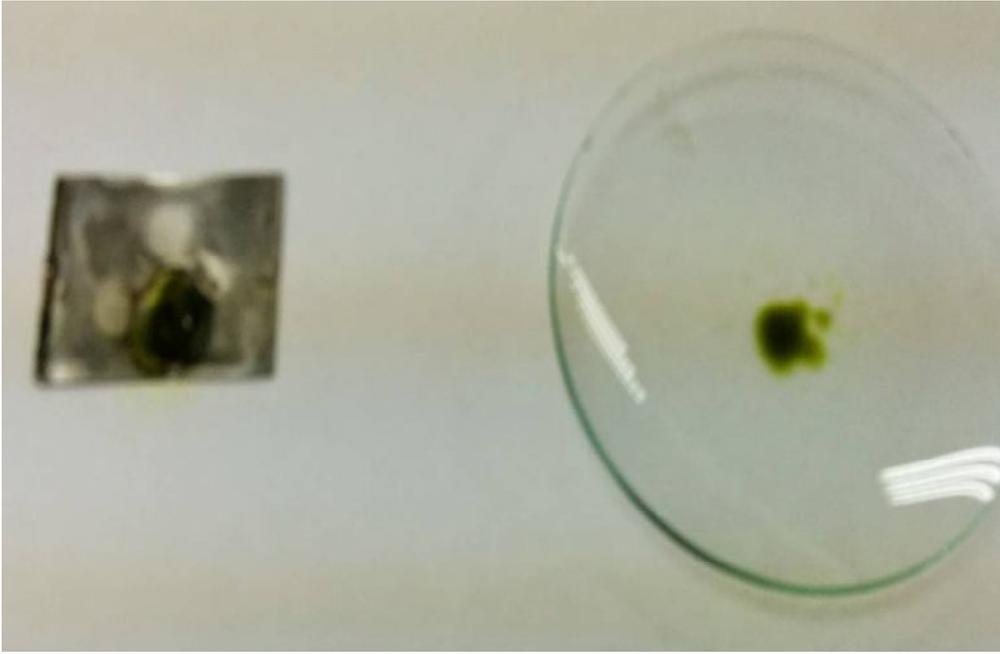


圖 23(a) 不銹鋼溶液(不銹鋼排氣管)

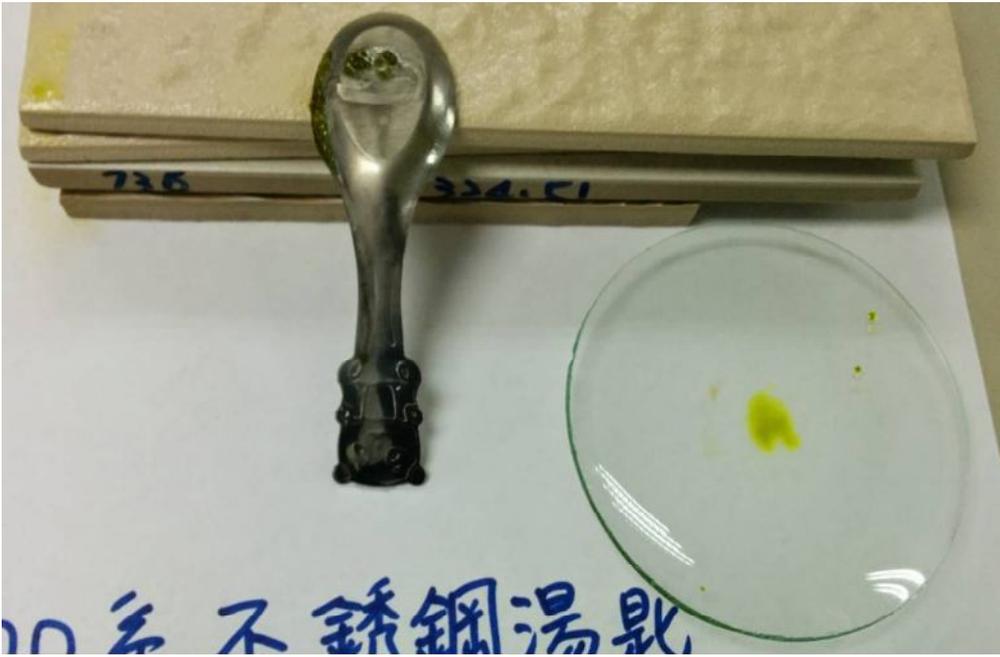


圖 23(b) 不銹鋼溶液(不銹鋼湯匙)

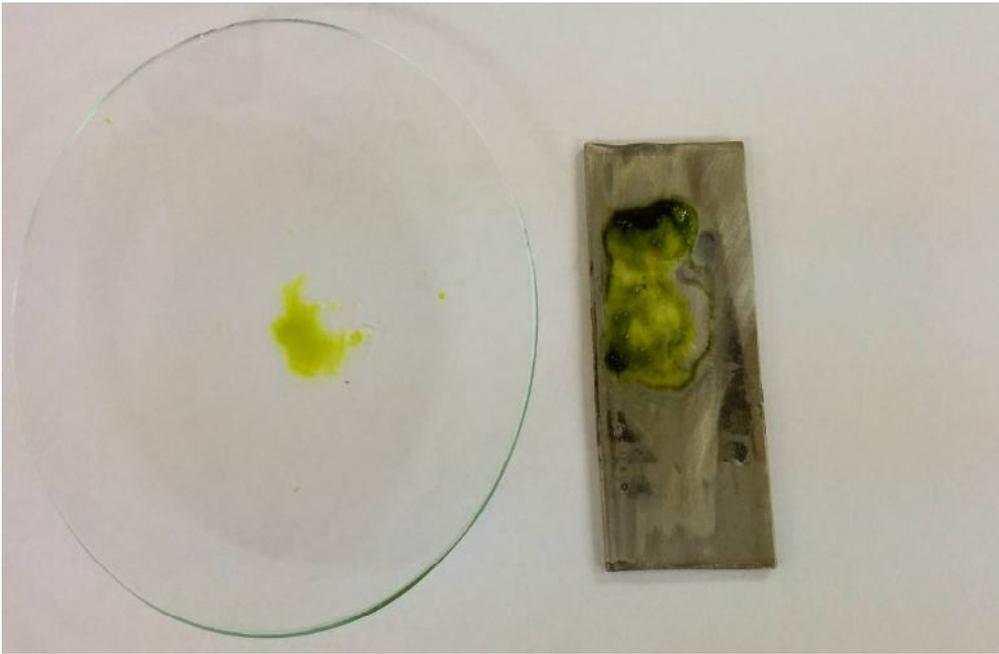


圖 23(c) 不銹鋼溶液(304 不銹鋼鋼片)

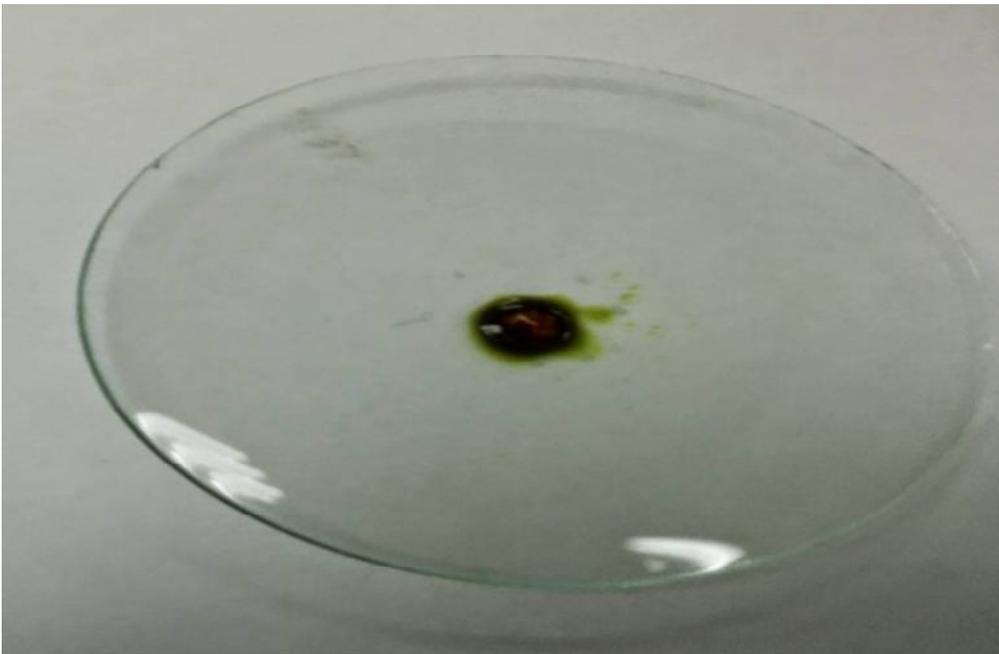


圖 24(a) 不銹鋼溶液+10M 氫氧化鈉(不銹鋼排氣管)

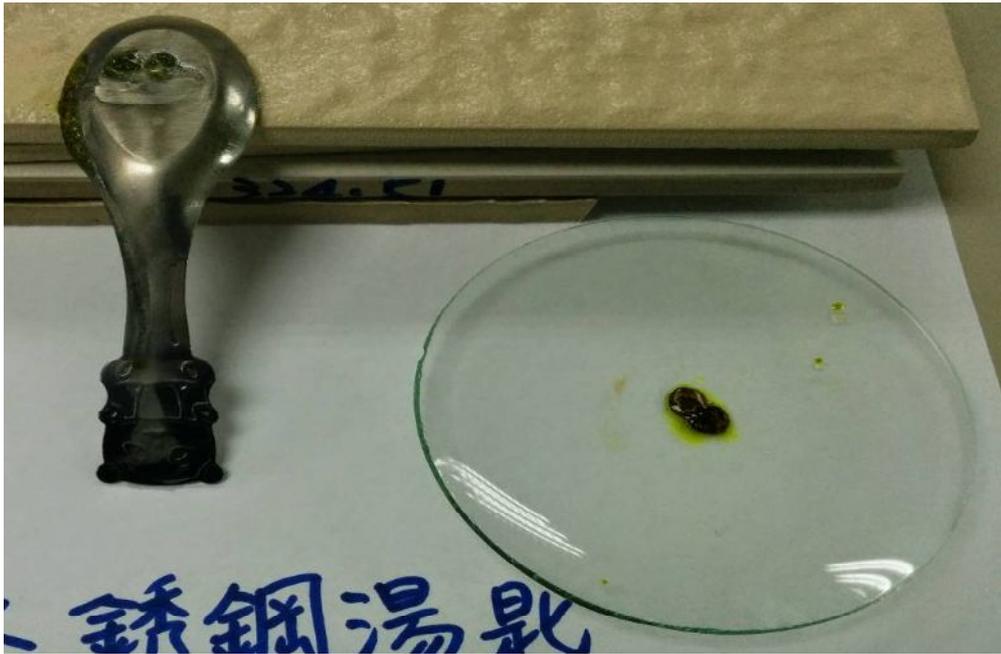


圖 24(b) 不銹鋼溶液+10M 氫氧化鈉(不銹鋼湯匙)



圖 24(c) 不銹鋼溶液+10M 氫氧化鈉(304 不銹鋼鋼片)

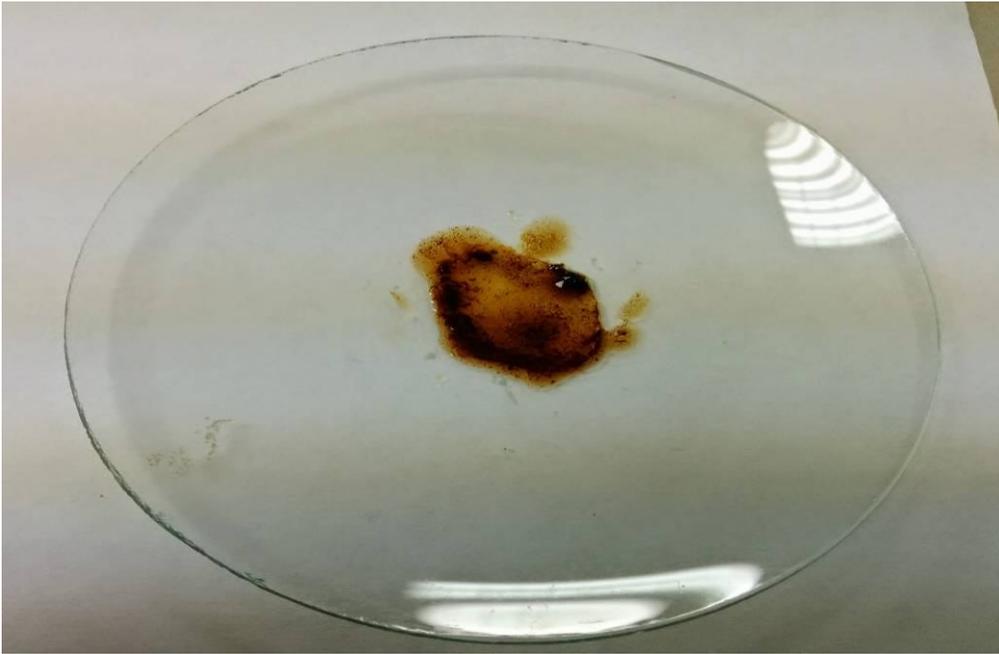


圖 25(a) 不銹鋼溶液+10M 氫氧化鈉(不銹鋼排氣管)攪拌後

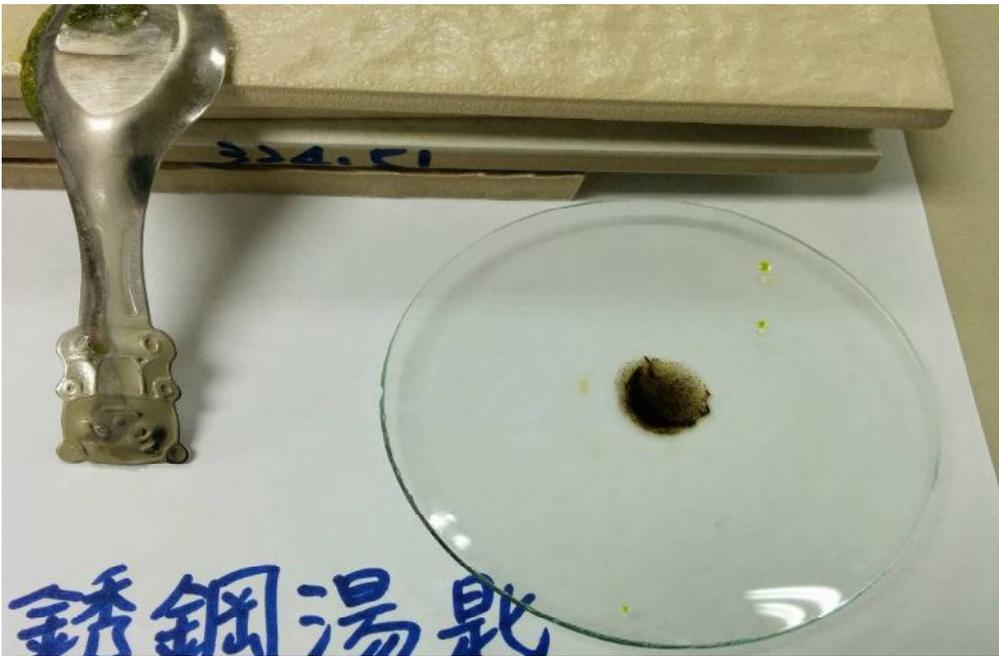


圖 25(b) 不銹鋼溶液+10M 氫氧化鈉(不銹鋼湯匙)攪拌後

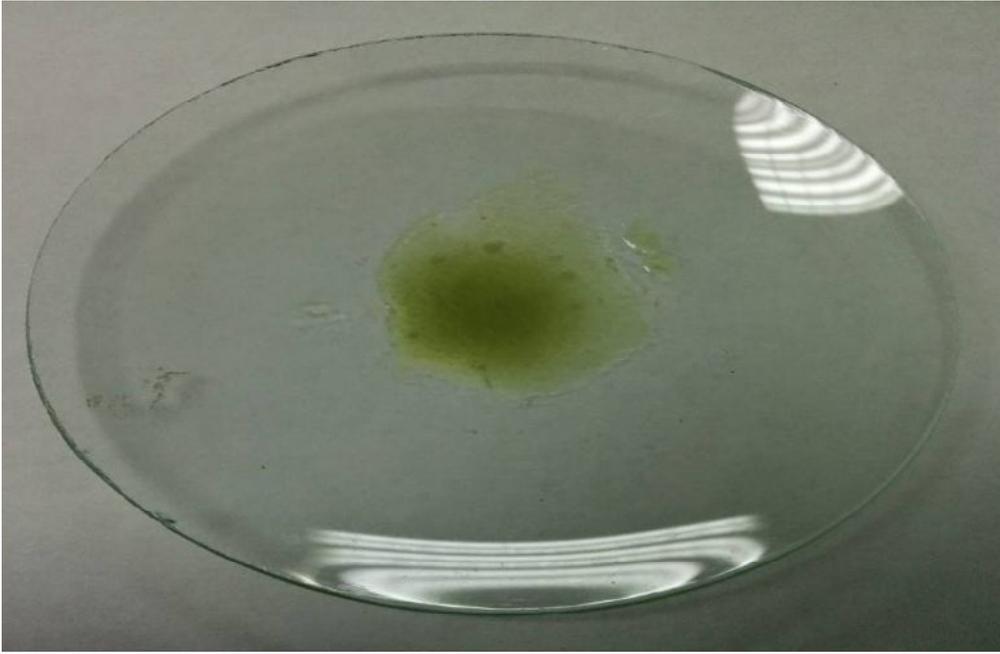


圖 26(a) 加入硝酸後沉澱物溶解(不銹鋼排氣管)

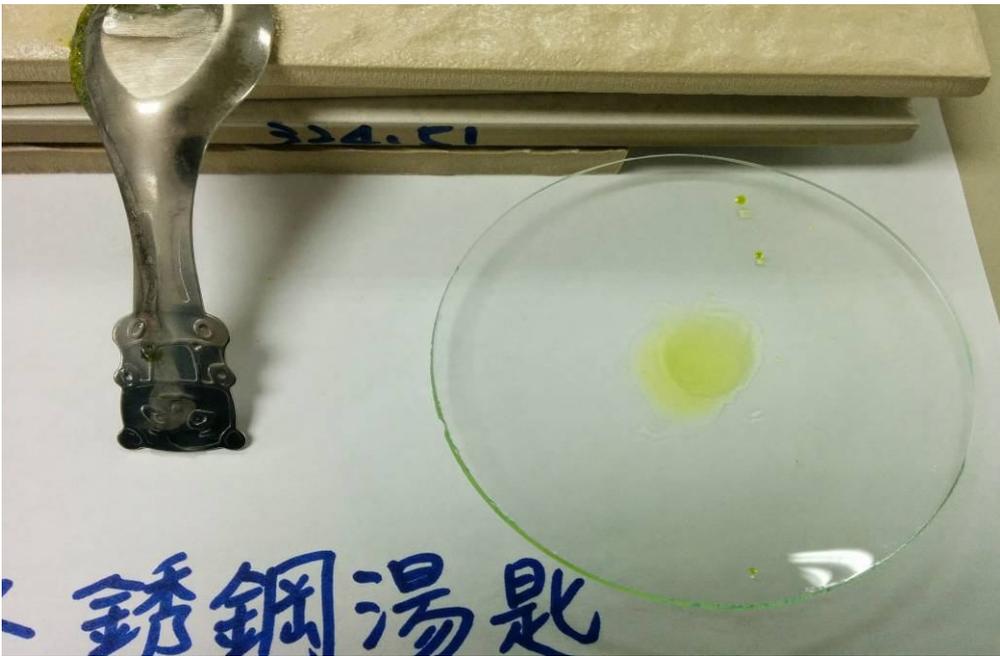


圖 26(b) 加入硝酸後沉澱物溶解(不銹鋼湯匙)

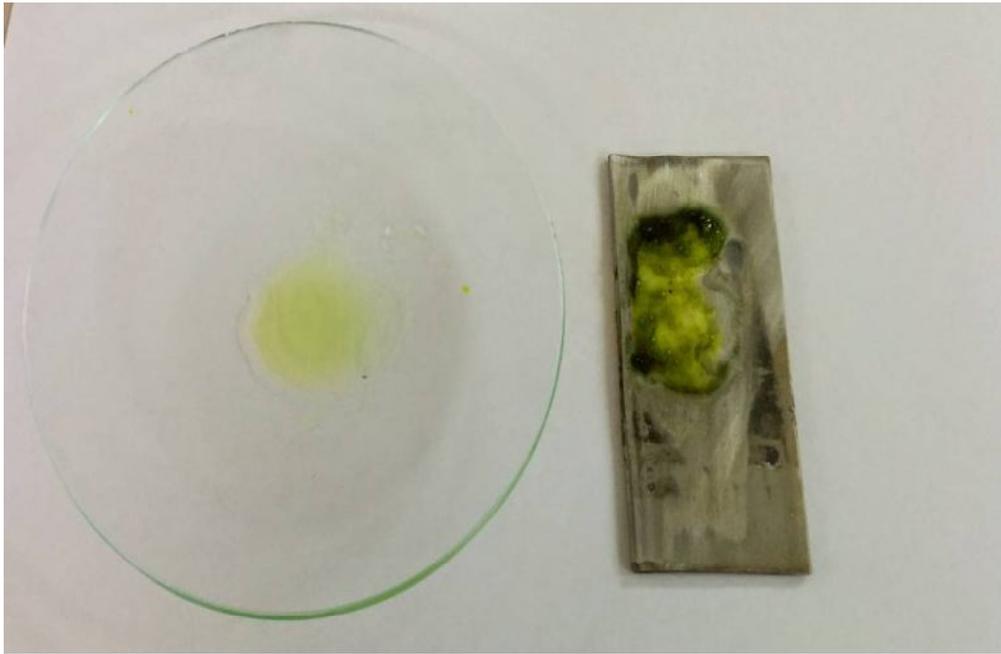


圖 26(c) 加入硝酸後沉澱物溶解(30 不銹鋼鋼片)

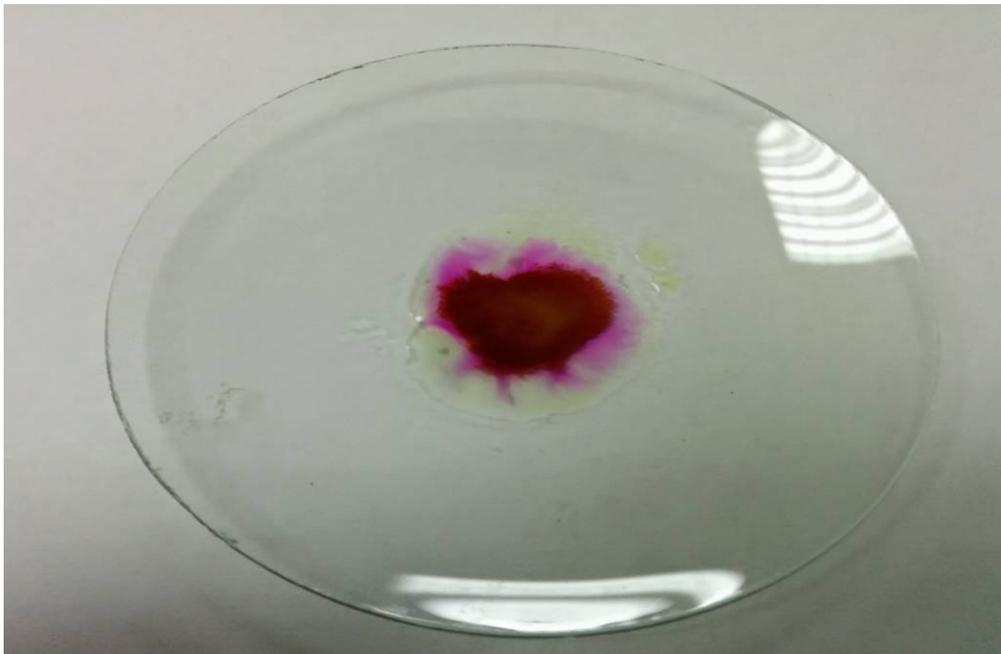


圖 27(a) 加入鉍酸鈉後 7 秒後出現紫色色澤(不銹鋼排氣管)

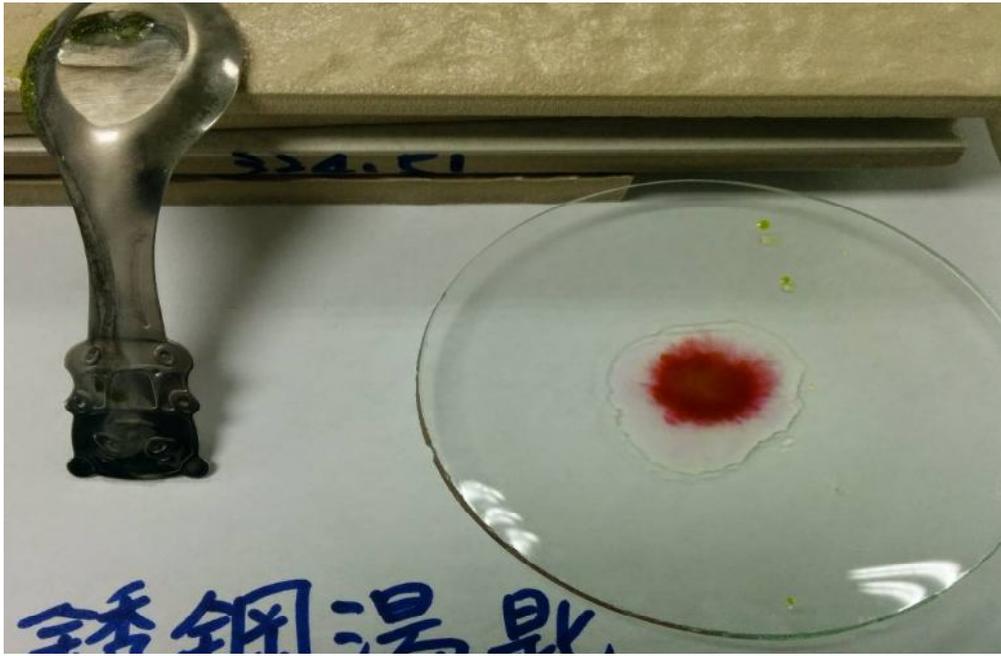


圖 27(b) 加入鉍酸鈉後 3 秒後出現紫色色澤(不銹鋼湯匙)

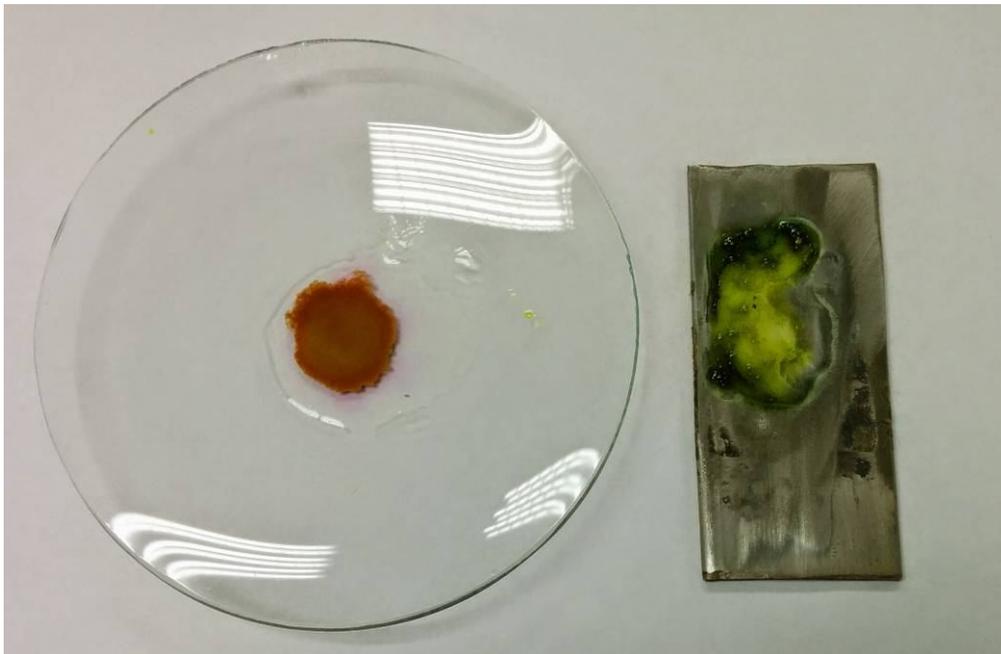


圖 27(c) 加入鉍酸鈉後 40 秒後出現紫色色澤(304 不銹鋼鋼片)

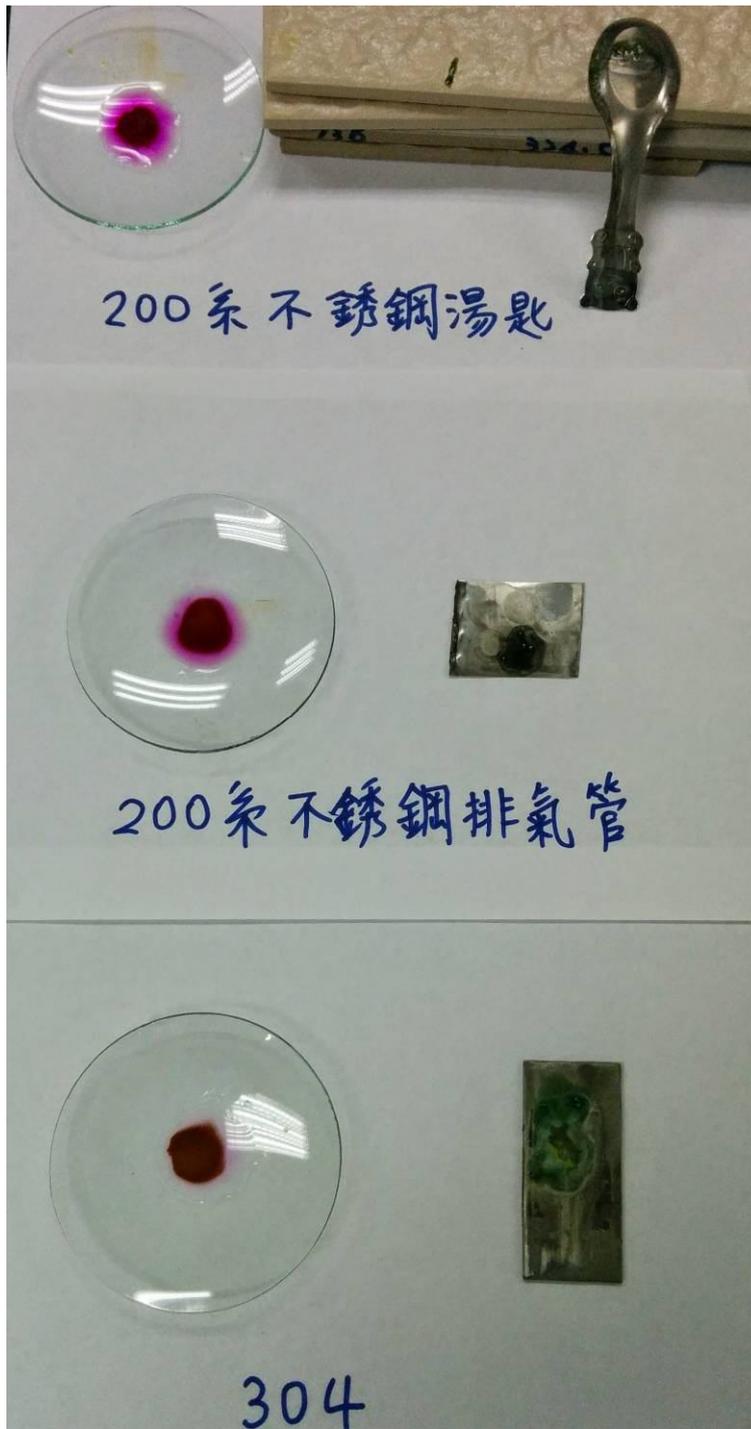


圖 28 3 種試片紫色色澤深淺比較