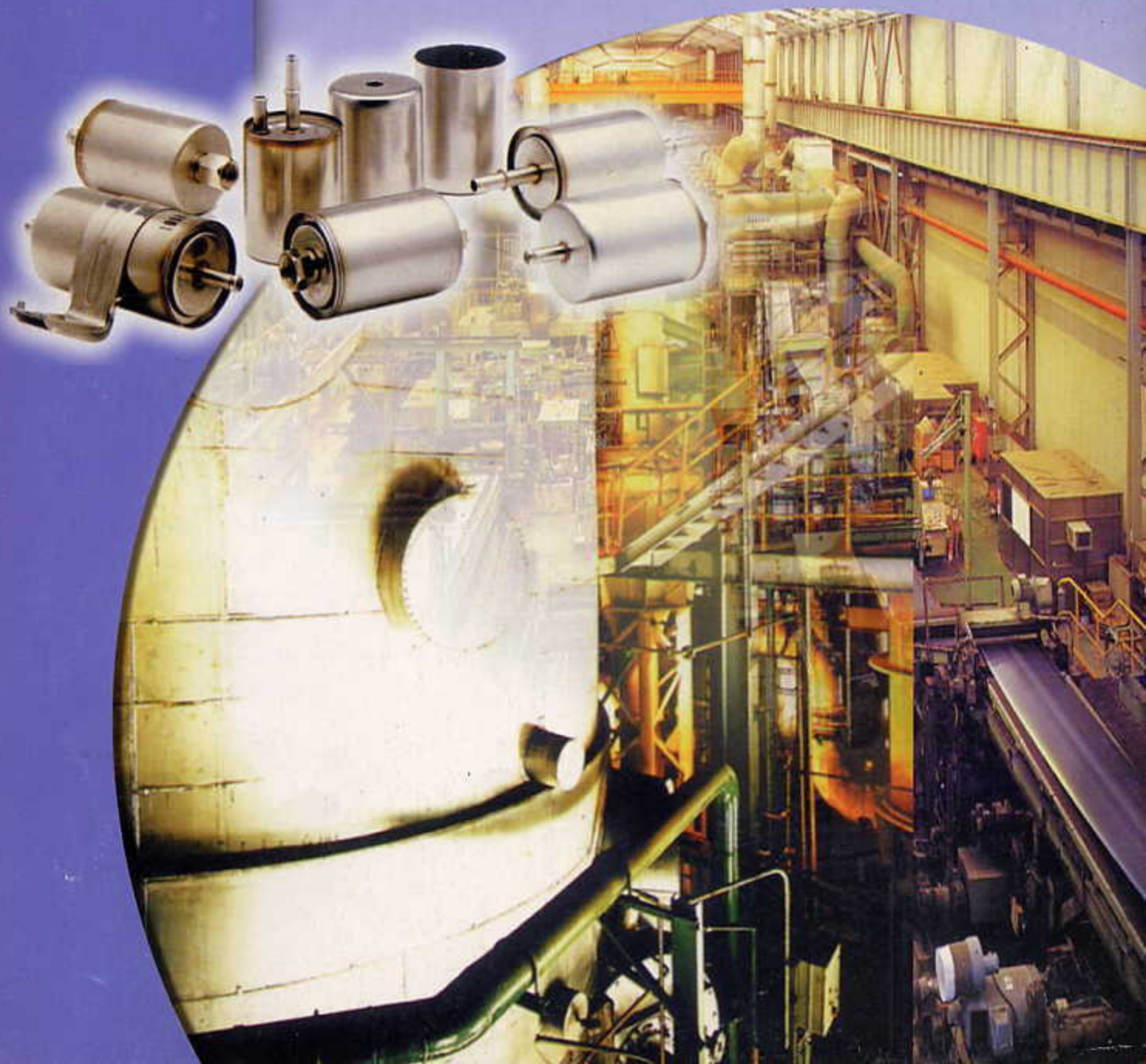


廢硝酸混酸資源化 應用技術手冊



誌 謝

本「廢硝氟混酸資源化應用技術手冊」之印行，首先要感謝工業局永續發展組施組長延熙、黃副組長孝信及潘技士建成從手冊編輯開始，至草稿討論、審核及定稿期間，親自參與、指導，並給予支持與鼓勵。此外，亦感謝所有編審委員(名單如附表)於編輯期間不辭勞苦的協助審查文稿，提供寶貴的經驗，以作為本手冊初稿之修改及補充的依據，使其更切合業者的實用需求。最後對於參與編輯工作之本公司人員盡心盡力的工作態度，表達感謝與敬佩之意。

中興工程顧問股份有限公司 謹識

附表 廢硝氟混酸資源化應用技術手冊編審委員名單

姓 名	職 稱	單 位
徐永錢	教 授	台灣科大化工系
陳志恆	副教授	台北科大材料資源系
黃孝信	副組長	工業局永續發展組
楊萬發	教 授	台灣大學環工所
鄭智和	經 理	工研院環安中心

(依姓名筆劃排列)

目 錄

	<u>頁次</u>
第一章 前言.....	-1-
第二章 產業概況.....	-3-
2.1 產業結構.....	-3-
2.2 產業現況.....	-8-
第三章 製程概述.....	-16-
3.1 不銹鋼品製造流程.....	-16-
3.2 不銹鋼酸洗製程.....	-30-
第四章 廢硝氟混酸特性與處理現況	-32-
4.1 廢硝氟混酸來源、組成及性質特性	-32-
4.2 廢硝氟混酸產生量及處理現況.....	-36-
第五章 廢硝氟混酸資源化技術評析及案例彙編	-39-
5.1 國內外廢硝氟混酸資源化利用概況	-39-
5.2 廢硝氟混酸資源化技術及案例.....	-41-
5.2.1 Ruthner(噴霧焙燒)法	-41-
5.2.2 擴散透析法	-47-
5.2.3 離子交換樹脂法	-55-
5.2.4 硫酸置換法	-60-
5.3 廢硝氟混酸資源化技術評析.....	-66-
第六章 廢硝氟混酸資源化技術效益評估範例	-70-
6.1 廢硝氟混酸硫酸置換法資源化廠之先期規劃	-70-
6.1.1 硫酸置換回收技術基本原理	-70-
6.1.2 廢硝氟混酸集中回收處理要素評估	-71-
6.1.3 處理容量規劃	-72-
6.1.4 整廠設備規劃	-76-
6.2 資源化廠效益評估範例.....	-80-
6.2.1 資源化廠設置經費概算	-80-
6.2.2 資源回收廠經濟效益分析	-84-

6.2.3	不同設廠規模之投資方案分析	-92-
6.2.4	不同設廠方案之經濟效益比較	-95-
6.3	提高廢硝氣混酸資源化應用業者應配合注意事項	-96-
	參考文獻	-98-

表目錄

	<u>頁次</u>
表 2.1-1 不銹鋼分類及代表性鋼種一覽表	-5-
表 2.1-2 主要不銹鋼種用途	-7-
表 2.2-1 台灣地區主要不銹鋼品生產量統計	-9-
表 2.2-2 台灣不銹鋼板廠製程及生產概況一覽表	-12-
表 2.2-3 我國不銹鋼板捲 89 年產能統計表	-13-
表 2.2-4 我國不銹鋼棒條類產能統計	-14-
表 2.2-5 台灣不銹鋼棒線廠製程及生產概況一覽表	-15-
表 3.1-1 不銹鋼形鋼的種類及製造方法	-21-
表 3.1-2 鋼材變態的種類	-26-
表 4.1-1 酸洗液氫氟酸及硝酸組成百分比	-32-
表 4.1-2 廢硝氟混酸成份一覽表	-33-
表 4.1-3 廢硝氟混酸金屬離子濃度分析結果一覽表	-34-
表 4.1-4 廢硝氟混酸氟化物、硝酸鹽氮及自由酸分析結果一覽表	-35-
表 4.2-1 不銹鋼製品酸洗製程廢硝氟混酸產量推估一覽表	-37-
表 5.1-1 廢硝氟混酸資源化技術專利資料摘要表	-40-
表 5.2.1-1 噴霧焙燒法廢硝氟混酸回收之經濟效益評估	-46-
表 5.2.2-1 擴散透析法廢硝氟混酸回收之經濟效益評估	-54-
表 5.2.3-1 樹脂吸附法廢混酸回收之經濟效益評估	-59-
表 5.2.4-1 酸洗原液的配制標準	-62-
表 5.2.4-2 廢酸成份.....	-63-
表 5.2.4-3 回收酸成份	-63-
表 5.2.4-4 硫酸置換法廢混酸回收之經濟效益評估	-65-
表 5.3-1 廢硝氟混酸資源回收技術評析	-68-
表 5.3-2 不同技術案例之經濟效益比較一覽表	-69-
表 6.1.3-1 系統物料質量及性質一覽表	-74-
表 6.1.3-2 系統貯槽容量規劃一覽表	-75-
表 6.1.4-1 廢硝氟混酸資源回收廠設備適用材質	-78-

表 6.1.4-2 設備單元操作潛在障礙及設計考量	-79-
表 6.2.1-1 廢硝氟混酸資源回收廠工程預算	-81-
表 6.2.1-2 硫酸亞鐵 CNS、JIS、GB 各產品標準規範編號	-83-
表 6.2.1-3 物料購買成本及資源化產品產值	-83-
表 6.2.2-1 硫酸置換法廢混酸集中資源回收廠之經濟效益分析	-88-
表 6.2.2-2 硫酸置換法廢混酸廠內資源回收之經濟效益評估	-91-
表 6.2.3-1 硫酸置換法廢混酸集中資源回收廠之經濟效益分析	-93-
表 6.2.3-2 硫酸置換法廢混酸廠內資源回收之經濟效益評估	-94-
表 6.2.4-1 不同設廠方案之經濟效益比較一覽表	-95-

圖目錄

	<u>頁次</u>
圖 2.1-1 不銹鋼產業之架構圖	-4-
圖 2.1-2 不銹鋼產品分類架構圖	-6-
圖 2.1-3 台灣不銹鋼製品之應用情形	-7-
圖 2.2-1 我國不銹鋼產業上游廠商分佈圖	-9-
圖 2.2-2 我國不銹鋼產業上游廠商結構圖	-10-
圖 2.2-3 我國不銹鋼產業中下游廠商結構圖	-11-
圖 2.2-4 台灣不銹鋼產業結構(平板類)及 89 年產能示意圖	-13-
圖 3.1-1 不銹鋼板熱軋製造流程圖	-19-
圖 3.1-2 不銹鋼板冷軋製造流程圖	-19-
圖 3.1-3 不銹鋼棒線製造流程圖	-20-
圖 3.1-4 等邊角鋼，熔接槽形鋼的製造工程(沃斯田鐵系).....	-22-
圖 3.1-5 無縫鋼管熱擠製法的製造工程	-23-
圖 3.1-6 有縫不銹鋼管製造流程圖	-25-
圖 3.2-1 不銹鋼板片類酸洗流程圖	-31-
圖 3.2-2 不銹鋼棒線類酸洗流程圖	-32-
圖 4.1-1 工廠硝氟混酸原液(以 55%計)使用量分佈百分比	-33-
圖 4.2-1 工廠廢硝氟混酸產生量分佈百分比	-36-
圖 4.2-2 不鏽鋼廢酸處理流程圖	-37-
圖 4.2-3 工廠廢硝氟混酸處理方式分佈百分比	-38-
圖 5.2.1-1 噴霧焙燒法處理流程(Ruthner 法).....	-42-
圖 5.2.1-2 Y 廠電弧爐—熱軋—冷軋生產製程	-43-
圖 5.2.1-3 廢酸液噴霧焙燒回收處理流程	-44-
圖 5.2.2-1 廢酸擴散透析機構示意圖	-47-
圖 5.2.2-2 N 廠電弧爐—熱軋—冷軋生產製程	-50-
圖 5.2.2-3 硝氟混酸回收流程	-51-
圖 5.2.2-4 硝氟混酸回收系統質量平衡圖	-52-
圖 5.2.3-1 離子交換樹脂酸回收示意圖	-55-

圖 5.2.3-2 H 廠生產製程圖.....	-56-
圖 5.2.3-3 樹脂吸附法回收廢酸流程	-57-
圖 5.2.4-1 硫酸置換法處理流程	-60-
圖 5.2.4-2 硫酸置換法回收廢混酸流程圖	-62-
圖 6.1.3-1 硫酸置換法質量平衡圖	-74-

第一章 前言

工業製程廢棄物之資源化，係以資源回收再利用之技術，將廢棄物轉換成有用之物質，以減少對環境生態之衝擊，達到自然資源保育之目的，並提昇工業經營之效率。在現今環保意識日愈提昇及全球資源日益匱乏之趨勢下，廢棄物資源化再利用之推廣，應可營造工業良好潔淨之形象，並使環境保護與經濟發展得以相輔相成。

酸為多種工業製程之基本化學原料，其功能隨著不同製程而有所差異，在金屬工業、電子工業及玻璃製品業等主要應用於物件表面加工處理，在石化產業、化學原料製造業及化學製品業等則用於消耗性原料用途。

通常酸液經使用後會產生部份無法於原製程再使用的不純酸液，即為所謂之廢酸。國內主要廢酸包括廢鹽酸、廢硫酸、廢硝酸、廢氫氟酸、廢硝氟混酸、廢磷酸及廢醋酸等七大類，其產生源種類極為多樣化，而特性亦隨產源不同而各有差異，如廢酸液中自由酸濃度、有機物種類及濃度、金屬離子種類及濃度、及部份為兩種以上酸液混合者等，其中就廢硝氟混酸而言，國內較具規模或較主要之產生源為不銹鋼壓延及製品加工之表面酸洗製程。

綜觀國內不銹鋼廠酸洗製程所產出廢硝氟混酸之處理方式，以規模較大的廠商而言，於設備投資興建時即考慮到大量酸洗廢液處理之必要性，故同時搭配興建酸液再生回收設備，主要回收系統為離子交換樹脂法及 Ruthner 法等兩種方法；至於中小型工廠，則大都未設酸回收設備。廠商未經回收之廢酸或經回收後老化廢液及殘酸，一般均送至廠內廢水處理設施，以傳統之中和沉澱法處理，沉澱後之污泥再委託公民營代清除處理業加以清理，惟處理後產生之污泥呈膠性、體積龐大，加上國內污泥相關處理設施嚴重不足，業者在「花錢仍處理不好」的情況下，亦不乏有伺機排放者；其餘未設置酸回收設備又沒有廠內廢水處理設施者，則需委託公民營代清除處理業，因此，目前國內中小型不銹鋼業者普遍仍陷於廢硝氟混酸處理所費不貲的困境。

事實上，「廢酸」與「資源」僅一線之隔，經過適當分離、純化及加工處理程序，即可將已被混合稀釋之物質再濃縮、或製成再生酸重回製程循環使用，進而呈現多方面的效益，諸如提昇產業競爭力、降低環境污染風險等。環顧世界各工業先進國家均已有相關資源化再利用經驗，而就國內而言，若干大型不銹鋼廠之廢硝氟混酸資源化工作推動模式及經驗，亦相當值得引為借鏡。

鑑於國內大型不銹鋼廠所採用之廢硝氟混酸資源化處理技術，一般均需較大規模方具經濟效益，且投資金額龐大，較不適用於廢酸產生量較小規模的工廠，此外，廢酸資源化技術選用之考量因素極廣，一般廠商難以評估何種資源化技術較為適用，經濟部工業局爰委託中興工程顧問公司，調查瞭解廢硝氟混酸資源化處理現況，並蒐集彙整國內外廢硝氟混酸資源化技術，編製「廢硝氟混酸資源化應用技術手冊」(以下簡稱本手冊)，俾供不銹鋼業者未來進一步於廠內自行或結合同業聯合籌組共同清除處理機構，推動廢硝氟混酸資源化時之應用參考，以解決廢棄物污染問題，並提昇產業競爭能力，達到環境保護與經濟發展兼籌並重的目標。

本手冊共計包含六章，第一章首先說明編輯本手冊之緣由及目的。第二章產業現況及第三章製程概述作為背景描述，其中除了對產業現況做整合性的報導外，另說明不銹鋼冶煉、鑄造及軋延、酸洗等製程，使讀者對不銹鋼產業及廢硝氟混酸產源有一概要性的瞭解。

第四章廢硝氟混酸特性與處理現況，則針對廢硝氟混酸產源、特性做一說明，並調查推估其產生量及國內處理現況，以作為評析並推動廢硝氟混酸資源化之基礎。

第五章不銹鋼廢硝氟混酸資源化技術評析及案例彙編，乃說明國內外廢硝氟混酸資源化利用概況及國內未資源化之原因分析，並對國內外較成熟之資源化技術做一探討說明並列舉相關案例說明其資源化成效。

第六章廢硝氟混酸資源化技術效益評估範例，試就成熟之資源化技術中挑選一例，進行設廠先期規劃及效益評估，俾作為業界推動廢硝氟混酸資源化之參考範例，此外，並列述為提高資源化成效，業者於廠內管理上應配合注意之事項，以供業界參照應用。

第二章 產業概況

2.1 產業結構⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾

鋼鐵材料可分為普通鋼(碳鋼)及特殊鋼兩大類別，其中普通鋼的用途廣泛，但容易生銹，且會被各種化學品腐蝕，為改善普通鋼之耐蝕性，通常於鋼中添加鉻、鎳、鉬、錳、鈦等特殊元素，製成種類繁多之特殊鋼，其中以不銹鋼佔最大宗。不銹鋼顧名思義即是其在大氣中完全不生銹，主要原理在於不銹鋼內鉻(Cr)的添加，可使鋼鐵表面生成連續氧化鉻(Cr_2O_3)薄膜以保護鋼材不致生銹。一般而言，特殊鋼的鉻含量介於 10.5%~30%時被定義為不銹鋼。

不銹鋼的出現甚早，在二十世紀初，人們即發現在在鋼材中加入合金元素鉻可增進其耐蝕性，此發現對於鋼鐵材料的應用範疇產生極大的突破，此後歷經數十年的發展，如今不銹鋼的製造在鋼鐵業中已成為極重要的一環；由於其相較於一般鋼材而言具有更佳的耐蝕性、抗氧化性、耐熱性及高溫中仍能保持原有機械性質等特性，在應用上已深入工業及一般應用領域，除了廣泛使用於機械、電機關鍵零組件及手工具之材料外，更深入建築、家具及其他家庭用品等民生用途產業。圖 2.2-1 為不銹鋼產業之架構圖，包括上游之煉鋼業將原料製成鋼胚，提供給中游產業進行軋延及冷軋、熱軋、裁剪、製管等之一次加工；一次加工後之不銹鋼鋼板片、棒線製品再提供下游產業使用，進行後續二次加工製程。

不銹鋼消費增長與該國經濟發展息息相關，且運輸費用佔銷售價格之比重相當低，屬國際化程度較高之鋼材，廠商可拓展外銷市場以調節產銷。不銹鋼歷經長時間的發展，針對各式各樣的用途已發展成為一龐大而完整的體系；就不銹鋼的合金組成可分為(1)鉻鎳錳系，(2)鉻鎳系，(3)鉻系，(4)低鉻系等四大類，如以鋼種編號分類則可分為(1)200系：即鉻鎳錳系，(2)300系：即鉻鎳系，(3)400系：即鉻系，(4)500系：即低鉻系及(5)600系：為鉻鎳系中之析出硬化型等五大類。綜合不銹鋼特性、組成及鋼種編號，彙整其分類及特點如表 2.2-1 所示。

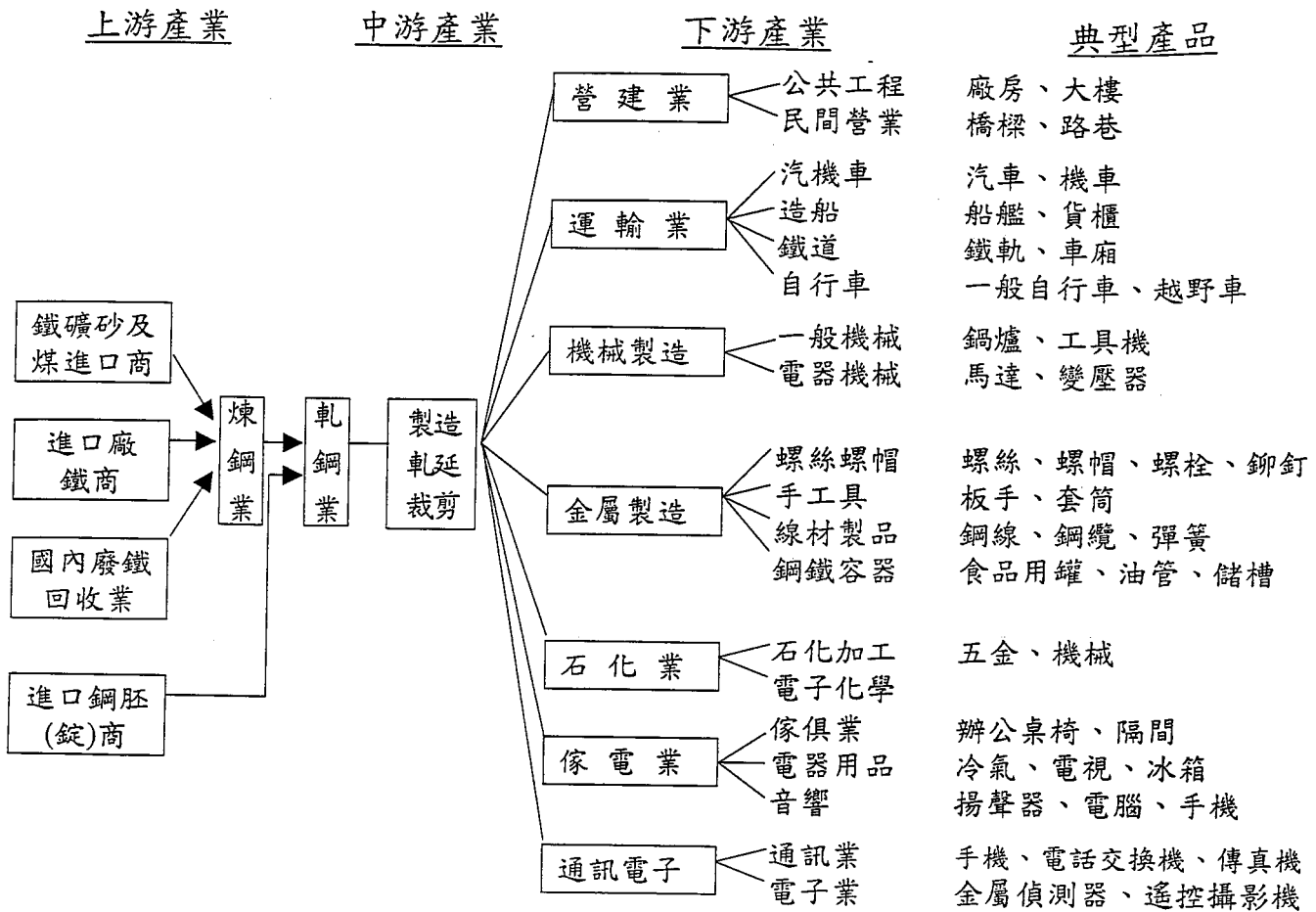


圖 2.1-1 不銹鋼產業之架構圖

不銹鋼產品種類繁多，其中以 300 系及 400 系應用較普遍，300 系除含鉻外，鎳含量約在 6~22% 之間；400 系鎳含量僅約 0~2.5%；304 不銹鋼耐蝕性佳，加工成型性優良，量產技術成熟，是目前使用量最大也是最被廣泛使用的不銹鋼材料。各系列的不銹鋼種，又依各種用途分別有不同的製品形狀，主要包括熱軋不銹鋼板片、冷軋不銹鋼板片、不銹鋼棒線、不銹鋼鋼管及不銹鋼型鋼(參見圖 2.1-2)。

表 2.1-1 不銹鋼分類及代表性鋼種一覽表⁽¹⁾

體系	顯微結構	鋼鐵編號	代表鋼種	用途	特點
1. 沃斯田鐵系 (Austenitic)	沃斯田組織 g 相(FCC)	200 系 300 系	201、202、 205、301、 302、304、 308、310、 316、317、 321、348	1. 化工設備 2. 紡織機械 3. 交通工具 4. 醫療衛生器材 5. 食品加工機械 6. 建材 7. 裝飾品	1. 極佳的耐蝕性 2. 衝擊性能佳 3. 加工韌性優良
2. 肥粒體系 (Ferritic)	肥粒組織 α 相(BCC)	400 系	405、409、 430、434、 436、444、 446	1. 石油精煉設備 及其焊接內襯 2. 耐氧化性之隔 襯 3. 硝酸工業 4. 廚具	1. 耐蝕、耐銹性佳 ，具抗氯之應 力腐蝕穿孔及 間隙腐蝕 2. 價格適中
3. 麻田散體系 (Martensitic)	麻田散組織 α' 相(BCT)	400 系 500 系	410、420、 430、440A 、501	1. 醫療用具 2. 家庭用刀/剪等	1. 硬化狀態的耐 蝕性佳，勝過退 火狀態 2. 價格低，強度高
4. 雙相系 (Duplex)	沃斯田組織、肥 粒組織	300 系含 Cr、Ni、 Mo、Ti	329、Alloy 2205	1. 耐海水用材料 2. 造紙工業	1. 在鹽化環境下耐 孔蝕性佳 2. 強度高
5. 析出硬化型 (Precipitation- hardening)	1. 奧斯田組織 2. 半奧斯田組織 3. 麻田散組織析 出異相	600 系含 Cr、Ni、 Al 或 Cu	630、631、 632、635	1. 航空工業 2. 火箭工業	1. 強度優異，強度 重量比高 2. 耐蝕性、延展性 及焊接性能佳

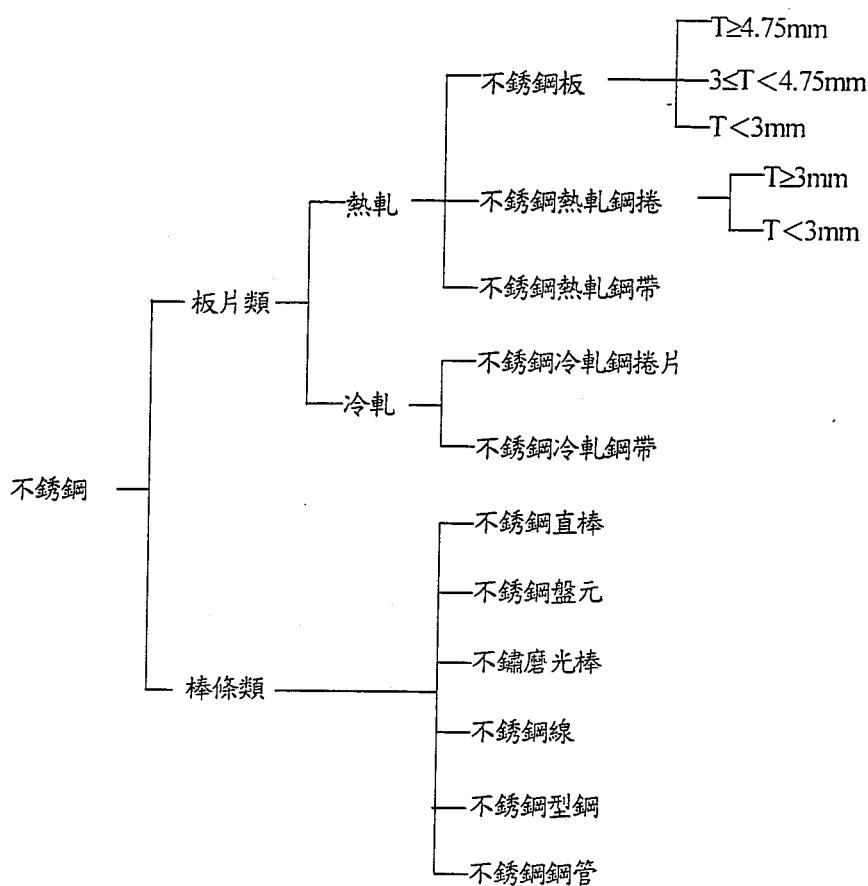


圖 2.1-2 不銹鋼產品分類架構圖⁽³⁾

一般而言，不銹鋼板廠的初級產品可區分為熱軋的 No.1 產品及冷軋板，在一般使用上是以冷軋品為主佔 70%，而熱軋的 No.1 產品主要做為冷軋板的原料及工業用途(如圖 2.1-3)。以目前國內不銹鋼板冷軋廠之初級產品而言，由於退火製程的差異，可區分為(1)退火酸洗線所製成之一般級冷軋品(2B 或 2D)與(2)光輝退火線(BAL)所製成之亮面冷軋品(BA)二大類。其中 2B 產品因經過酸洗，表面呈霧面(無發散光澤)，主要應用於沖壓加工、製管及其他工業用途上。而 BA 產品具表面光澤可供下游客戶直接剪裁製成最終產品，可應用於建築裝潢、廚具、電器、水塔。另外為了增加不銹鋼板美觀與使用性，一部分的冷軋板曾經表面加工成 No.3、No.4、HL(髮絲—hair line)的拋砂品及 No.8 的鏡面板(如表 2.1-2 所示)，這些表面處理品主要應用於裝潢電梯、廚具。

不銹鋼棒條類產品則可再製為不銹鋼型鋼、不銹鋼直棒及不銹鋼盤元，在不銹鋼盤元的下游使用方面，以螺絲、螺帽為最大宗，約佔 60%，如圖 2.1-3 所示。

表 2.1-2 主要不銹鋼種用途⁽¹⁾

品名	表面符號	表面加工狀態	加工方法	用途
原料	No.1(原面)	銀白色無光澤	經熱軋後施以熱處理、酸洗或相當之處理者(冷軋板之原料)	用於不太重視表面光澤及平滑之耐蝕工業，如化學用槽
冷軋品	2B/2D(霧面)	銀白色之無光澤表面	經冷軋後施以熱處理、酸洗或相當之處理者，亦包括用鈍面處理軋輥做輕度之冷加工者	適合深沖壓加工，工業用途熱交換器及屋頂排水管
	BA(光輝亮面)	具近鏡面光澤之加工	經冷軋後施以輝面處理者	用於廚具、餐具、電器、醫療器材、建築裝飾、製管、沖壓加工
二次加工品	HL(髮絲面)	具長而連續之研磨紋路	以適當粒度(通常150~240號)之研磨帶施以如毛髮樣之連續附著研磨者	用於建築裝飾、如電梯、扶梯、門面等
	No.3(粗砂)	有光澤之粗加工表面具連續細紋路	以100~120號粒度之研磨帶研磨加工者	用於建材及廚房用品等的中度拋光面
	No.4(細砂)	有光澤之精細加工表面具連續細紋路	以50~180號粒度之研磨帶研磨加工者	用於建材及醫療設備及食品設備等一般拋光面
	No.8	反射率最高之鏡面加工	以BA板作底材用研磨帶拋光研磨	用於鏡子、反射器、建材、裝飾

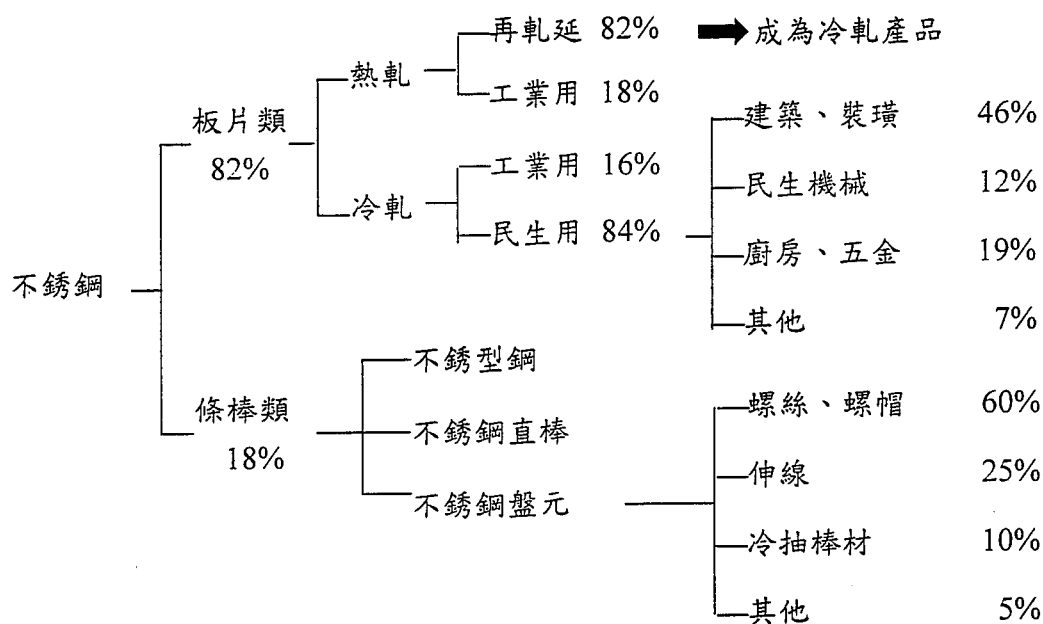


圖 2.1-3 台灣不銹鋼製品之應用情形⁽²⁾

2.2 產業現況⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾

當早期西方國家及日本因新製程開發成熟，在大量的生產不銹鋼的同時，台灣的不銹鋼材料幾乎完全仰賴進口，當時的不銹鋼製品價格昂貴，甚至被視為奢侈品，直至民國 72 年唐榮引進電爐及 AOD 製程設廠投產才正式開啟台灣不銹鋼產業發展傳奇的序幕。80 年代是台灣不銹鋼產業發展的高峰期，隨著全球不銹鋼投資熱潮中，千興、嘉發、長銘、東盟、及燁聯相繼設廠投產，即使在民國 86、87 年間由於東南亞金融風暴的影響使得日、韓兩國不銹鋼工業遭受重創的同時，台灣的不銹鋼工業仍保持穩定的成長。

我國不銹鋼工業目前已有相當的規模，在短短的 10 餘年間由全球不銹鋼第二大進口國，轉變為世界不銹鋼平板類第七大生產國，並有超過 30% 的不銹鋼產品外銷至全球各地，成為世界不銹鋼的主要輸出國之一。依據台灣區鋼鐵工業同業公會之統計，台灣地區不銹鋼年產量已由民國 85 年之 1,307,629 公噸/年，大幅成長為民國 89 年之 2,310,915 公噸/年，成長率達 76% 以上(詳表 2.2-1 所示)，平均年成長率粗估達 19%。

國內目前共有 11 家不銹鋼上游廠商，工廠家數分佈主要集中於南部地區，如圖 2.2-1 所示；除中鋼公司為一貫作業高爐廠外，其他為電爐廠及不銹鋼板片類的冷軋單軋廠，圖 2.2-2 為我國不銹鋼工業上游廠商之產業結構圖，中、下游廠商則包括 15 家製管、20 家表面處理、30 家裁剪工廠及其他，其中裁剪工廠大部份兼營鋼材之進出口(詳見圖 2.2-3)，以下分別依不銹鋼板片類及不銹鋼棒線類產品說明國內主要上游廠商之製程及生產現況。

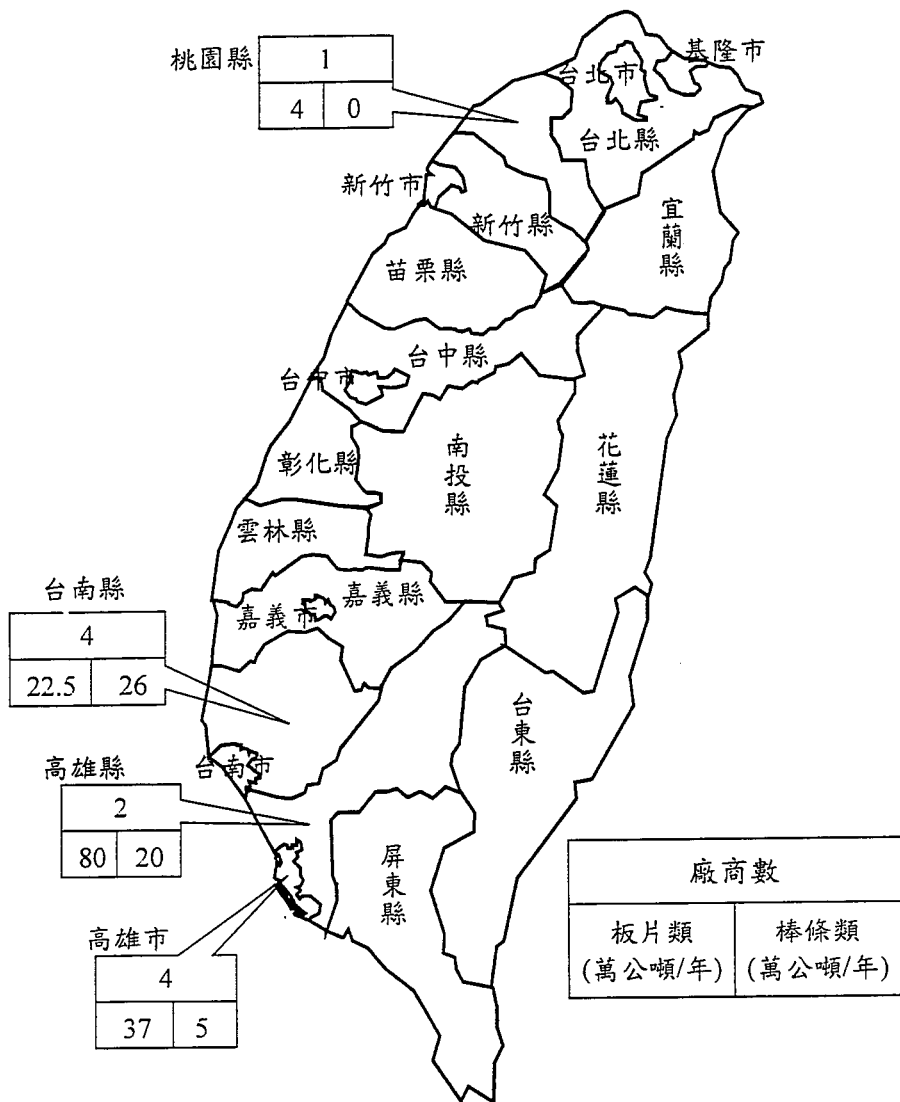
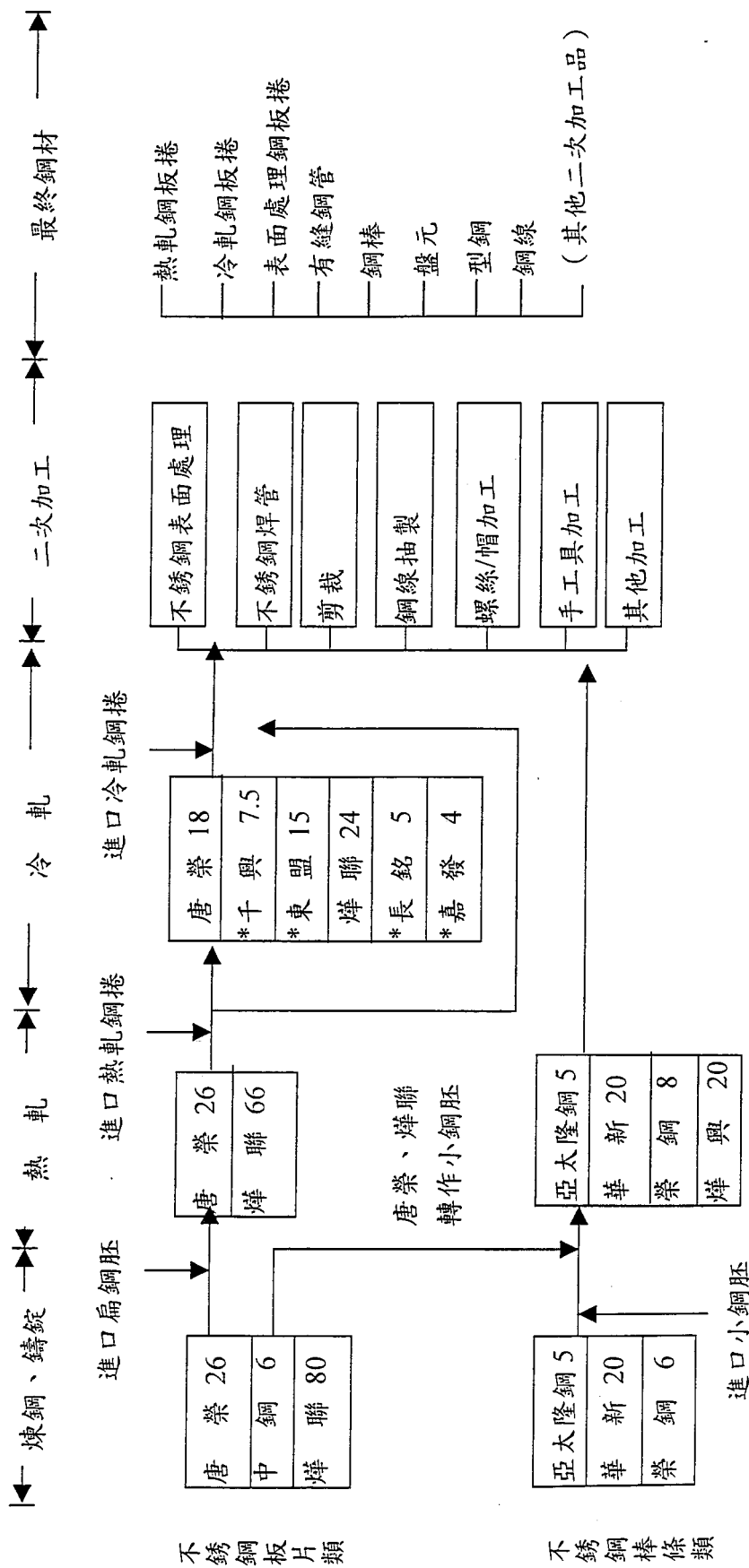


圖 2.2-1 我國不銹鋼產業上游廠商分佈圖

表 2.2-1 台灣地區主要不銹鋼品生產量統計⁽³⁾

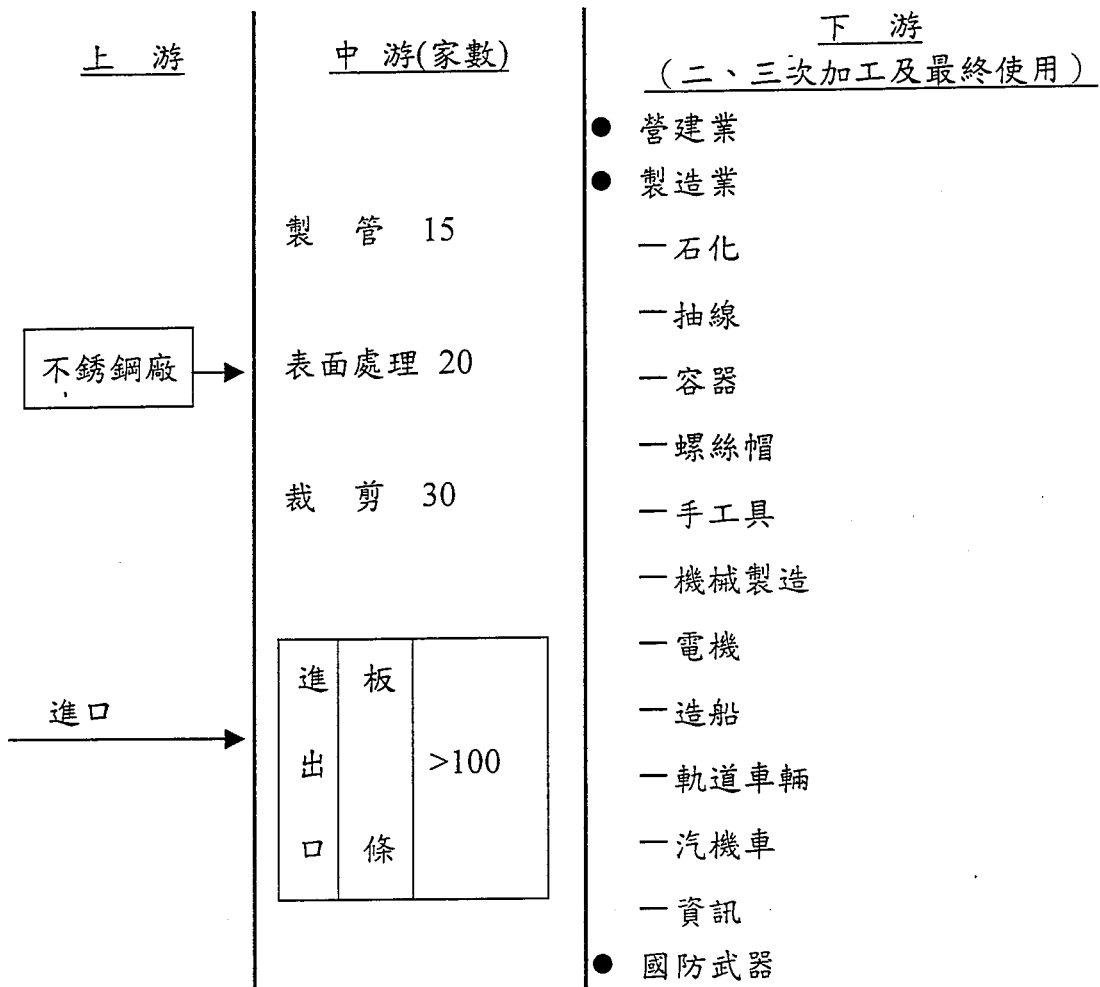
單位：公噸

項目 年度	熱軋 不銹鋼板片	冷軋 不銹鋼板片	不銹鋼 棒線	不銹鋼 鋼管	不銹鋼 型鋼	合 計
民國 85 年	510,785	556,640	124,611	109,950	5,643	1,307,629
民國 86 年	614,315	642,829	189,346	126,114	7,741	1,580,355
民國 87 年	739,475	729,336	177,578	138,388	5,940	1,790,717
民國 88 年	947,581	863,060	204,767	147,336	5,772	2,168,516
民國 89 年	1,125,483	851,604	181,129	148,390	4,309	2,310,915



註：
 1. 我國特殊鋼工業中尚未有無縫鋼管之產製。
 2. *表示為單軋廠，數字表示年產能，單位為萬公噸。
 3. 資料調查至87年底。

圖 2.2-2 我國不銹鋼產業上游廠商結構圖(2)



註： 1. 裁剪廠大部份兼營進出口。
2. 產量調查至 87 年底，數字表示年產量，單位為萬公噸。

圖 2.2-3 我國不銹鋼產業中下游廠商結構圖⁽²⁾

一、不銹鋼板片類

目前生產不銹鋼板的主要廠家有中鋼、唐榮、燁聯、東盟、千興、長銘及嘉發等七家，其中擁有不銹鋼煉鋼設備業者有燁聯、中鋼及唐榮三家，可提供扁鋼胚，燁聯採電爐-熱軋-冷軋之一貫作業，製程較完整且產能較大，居業界領導地位，中鋼製程為高爐-熱軋，唐榮製程為煉鋼、冷軋，由於缺少熱軋線，目前由中鋼代軋，冷軋製程廠商有東盟、千興、長銘、嘉發等四家公司，各廠之製程及生產概況彙整如表 2.2-2。

表 2.2-2 台灣不銹鋼板廠製程及生產概況一覽表⁽¹⁾

廠商	中鋼	唐榮	燐聯	東盟	千興	長銘	嘉發
冶煉方式	BOF→VOD	EAF→AOD	EAF→MRP→VOD	—	—	—	—
熱軋	連續式	委外代軋	四軋可逆箱軋	—	—	—	—
冷軋		二十軋式 Z-Mill×3 台	二十軋式 Z-Mill×3 台	二十軋式 Z-Mill×2 台	二十軋式 Z-Mill×1 台	二十軋式 Z-Mill×2 台	窄幅軋延機
退火方式		退火酸洗線×2 光輝退火線×1	退火酸洗線×2 光輝退火線×1	退火酸洗線×1 光輝退火線×1	退火酸洗線×1	光輝退火線×1	窄幅光輝 退火線×1
生產鋼種	300 系	300 系	300 系、400 系	300 系、400 系	300 系	300 系、400 系	300 系、400 系
產品別	熱軋黑皮	No.1、2B、BA	熱軋黑皮、No.1、2B、BA	2B、BA	2B	BA	BA

國內不銹鋼熱軋鋼板捲於燐聯公司投產後，供不應求仰賴進口之局面為之改觀，對不銹鋼中下游獲取穩定料源頗有幫助，目前國內不銹鋼熱軋鋼板捲之年產能約 118 萬噸(表 2.2-3，含燐聯 95 萬噸及中鋼 23 萬噸)。中鋼熱軋設備產能，除軋延自身所生產之不銹鋼鋼胚外，部分產能則用以代軋唐榮所生產之不銹鋼胚料。燐聯產製之熱軋不銹鋼板捲除了供應冷軋用料外，部份外售其他冷軋廠商(目前以千興及東盟為主)。

我國不銹鋼板業由於冷軋廠已可由國內取得充分料源，逐漸建立較完整之上下游體系，不銹鋼冷軋鋼板捲目前產能約 97.5 萬噸(表 2.2-3)，生產廠家有唐榮(20 萬噸)、燐聯(36 萬噸)、東盟(15 萬噸)、千興(7.5 萬噸)、長銘(15 萬噸)及嘉發(4 萬噸)等，若包含燐聯、千興公司籌建中年產能分別 8 萬噸及 7.5 萬噸，90 年我國不銹鋼冷軋鋼板捲年產能將增為 113 萬噸。

千興公司為掌握不銹鋼熱軋鋼板捲料源以供應其冷軋用料，目前正積極籌設不銹鋼煉鋼及熱軋生產線，規劃年產能分別為煉鋼 62.7 萬噸、熱軋 60 萬噸，預計於 92 年中投產，屆時國內不銹鋼板捲煉鋼及熱軋年產能分別可提升為 207.7 萬噸及 178 萬噸。有關各鋼廠之產業結構及產能詳表 2.2-3 及圖 2.2-4。

表 2.2-3 我國不銹鋼板卷 89 年產能統計表⁽⁴⁾

單位：萬公噸/年

公司名稱	現行產能				籌建中產能			
	煉鋼	熱軋	No.1	冷軋	煉鋼	熱軋	冷軋	預計投產日
中鋼	16	23						
唐榮	29			20				
燁聯	100	95	25	36			8	90.05
東盟				15				
千興				7.5	62.7	60	7.5	冷軋 90.10 煉鋼、熱軋 92
長銘				15				
嘉發				4				
合計	145	118	25	97.5	62.7	60	15.5	

註 1：No.1 係指不銹鋼熱軋鋼板卷經退火酸洗之鋼材。

註 2：燁聯及千興公司不銹鋼冷軋鋼板卷籌建中之年產能分別為 8 萬公噸及 7.5 公萬噸，預計於 90 年 5 月及 10 月投產，擴建案若如期完成，90 年國內不銹鋼冷軋鋼板卷年產能可達 113 萬公噸。

註 3：千興公司籌設中不銹鋼煉鋼年產能為 62.7 萬公噸，預計每年可生產熱軋不銹鋼板卷 60 萬公噸，92 年中若建廠案順利投產，國內不銹鋼板卷煉鋼及熱軋年產能分別可提升為 207.7 萬公噸及 178 萬公噸。

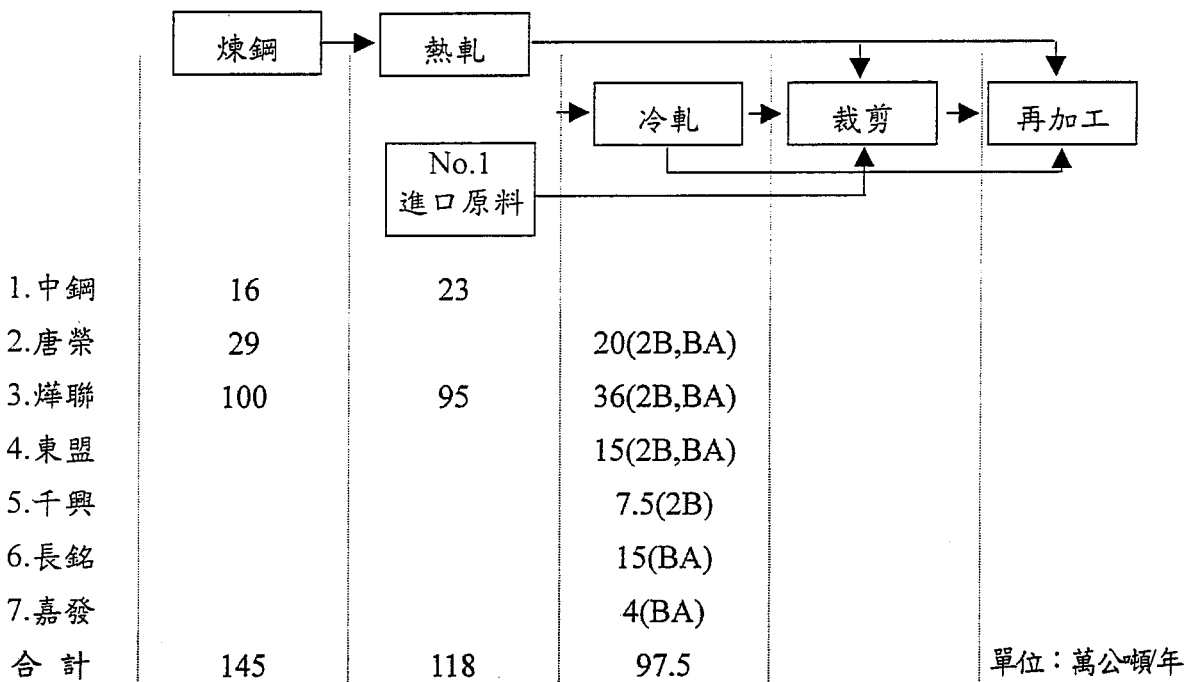


圖 2.2-4 台灣不銹鋼產業結構(平板類)及 89 年產能示意圖⁽⁴⁾

二、不銹鋼棒條類

不銹鋼在棒條類方面的生產設備，通常可依生產規劃作不同的調配，因此各廠通常不僅生產一類鋼種（如不銹鋼板類廠），其產能規劃通常僅能做為參考，表 2.2-4 為我國 89 年各廠的產能規劃狀態。在不銹鋼棒條類方面，目前有華新麗華鹽水廠、燐興公司、榮剛重工及亞太隆剛鋼鐵公司等四家在生產，各廠之製程及生產概況彙整如表 2.2-5，其中華新麗華鹽水廠及燐興公司皆以不銹鋼盤元為主，又燐興製造盤元所需的小鋼胚(billet)，目前係由同一集團的燐聯鋼鐵所供應；而榮剛重工及亞太隆剛則以直棒為主，其所需的胚料可自行煉製，亦有部份外購；除了不銹鋼盤元、直棒等不銹鋼條類產品以外，各廠亦同時生產其他類鋼材，其間之搭配比例，完全看各廠在營運面的規劃，與設備能力的關係較小。

表 2.2-4 我國不銹鋼棒條類產能統計⁽²⁾

單位：萬公噸/年

公 司	煉鋼及 連鑄	熱軋	酸洗	退火	精整 磨光	產 品 規 劃	備 註
亞太隆鋼	8	8	—	2		棒鋼、線材 5 不銹鋼棒 1 鍛鋼 2	
燐興實業	25	20	8.3	6	—	不銹鋼盤元 6 合金鋼 3 碳 鋼 14	胚料由燐聯供應
榮鋼重工	6	3+5	—	—	—	高合金 2 不銹鋼棒 2 合金鋼 碳 鋼	部份胚料外購
華新麗華 鹽水廠	20	20	12	—	—	不銹鋼盤元 12 合金鋼、碳鋼 8	
合 計	59	56	20.3	16	—	不銹鋼棒盤元 高合金鋼 低合金鋼 碳 鋼 電磁鋼片	

表 2.2-5 台灣不銹鋼棒線廠製程及生產概況一覽表

廠 商	亞太隆剛	華新麗華	榮剛重工	燁興
冶煉方式	EAF→LF/ESR →VOD	EAF → MRP → VOD	EAF→VD/VOD	—
產品別	不銹鋼棒	不銹鋼盤元	不銹鋼棒	不銹鋼盤元
生產鋼種	300 系、400 系	300 系、400 系	300 系、400 系	300 系、400 系

不銹鋼工業具有資本密集、技術密集、建廠時間長及產業關聯大等特性，雖為特殊鋼產業之一環，然而卻是特殊鋼產業中唯一可大量生產的鋼種。

以台灣而言，不銹鋼產量佔特殊鋼總產量的 96%，因此台灣的特殊鋼產業幾乎是以不銹鋼為主體架構而成的工業。基本上，台灣不銹鋼工業之發展以支援國家建設為主，並充裕供應國內工業之需要，因此近 10 年來不銹鋼工業快速發展亦相對支援與帶動相關產業的發展，例如螺絲螺帽、自行車、工業配管、建築、裝潢、民生機械、及至於電子資訊的週邊零組件等等，其對提升我國工業製造能力與產業升級貢獻良多。而從更深層面來看，不銹鋼工業的快速發展亦著實改變人民的生活習慣，近年來由於大量生產的因素，不銹鋼在台灣成為物廉價美的工程材料，不銹鋼的使用更深入每一個家庭，舉凡家中食用器具、水塔、裝潢均大幅採用不銹鋼製品，形成台灣特有的不銹鋼文化。

第三章 製程概述

3.1 不銹鋼品製造流程

不銹鋼為高鉻(12%以上)低碳(一般在 0.08%以下)的特殊鋼。傳統不銹鋼之製造流程主要包括 1.冶煉 2.鑄造成型 3.軋延成型 4.加工製造 5.熱處理等五項，說明如下：

一、冶煉⁽⁵⁾

製造鋼材首先需有鋼液，鋼液的產生可由高爐或直接還原爐將鐵礦還原冶煉成鐵水，也可以電爐熔煉廢鋼，然後經轉爐、精煉爐等除去雜質和添加合金，再澆鑄成所需要的鋼胚。簡而言之，熔煉與精煉即是將鐵礦或廢鋼轉變成所需鋼液之過程；熔煉作業的重點在於熔解，精煉作業的重點在鋼液品質之改善，以期達到高鉻低碳等目的。

二次精煉為生產不銹鋼非常重要的製程，以下分別說明其代表性技術 AOD 精煉法及 VOD 精煉法：

1. AOD 精煉法(argon oxygen decarburization，氬氧脫碳法)

AOD 精煉法係在大氣壓下由轉爐爐底吹入氧氣及惰性氣體(氬氣、氮氣)將 CO 稀釋，降低爐中 CO 的分壓，因此可以抑制 Cr 的氧化損失而進行脫碳。

該法係由美國 Union Carbide 自 1954 年開始研究，於 1968 年美國 JOSLYN 公司首先將之用於工業生產。當時所用的 AOD 設備只有 15 噸；1971 年日本金屬工業會社相模原製造所，設置了當時世界最大的 55 噸 AOD 設備；此後，日本各生產不銹鋼的公司亦陸續採用 AOD。在美國大約有 90%的不銹鋼採用 EAF/AOD 製程進行熔煉與精煉，到了 1990 年全世界不銹鋼產量 1,045 萬噸中，由 AOD 法生產者約佔 75%，國內目前唐榮不銹鋼廠有 45 噸的 AOD 設備，於民國 73 年開始冶煉不銹鋼。

2. VOD 精煉法(vacuum oxygen decarburization，真空氧氣脫碳法)

六十年代中期，美國 Crucible 公司(1964 年)和日本金屬工業會社(1966 年)均先後注意到，降低電弧爐中 CO 分壓，可有效的減少不銹鋼精煉過程中的氧化損失，而提出不銹鋼新煉鋼法專利。1967 年西德 Edeltahlwerke Witten 和 Standard Messo 公司進而發明了爐外精煉之 VOD 法。此後，不銹鋼的熔煉技術，迅速進入了嶄新的歷史階段。

VOD 是一種將熔化和精煉過程分別於不同設備中進行的方法。初期熔煉在轉爐或電弧爐中完成，然後將鋼水倒入盛鋼桶，利用真空抽氣設備，使系統內的壓力降低，以達到 CO 分壓降低的目的，爐外精煉法不僅使脫碳過程中 Cr 的損失降至最低，而且使生產力大幅提高。

1968 年以後，日本各大鋼鐵公司和各不銹鋼專業廠相繼採用了 VOD。這對日本後來成為世界最大的不銹鋼生產國有很大貢獻。國內採 VOD 精煉者則有中鋼公司、華新麗華公司及燁聯公司。

二、鑄造成型⁽⁵⁾

冶煉完成之特殊鋼液以連續澆鑄機澆鑄成各種形狀之鋼錠、鋼胚，以供後續各類不銹鋼品之軋延用，鑄造成型的方式有：

1. 連續鑄造法(continuous casting)

1951 年蘇聯最早將連續鑄造法用於不銹鋼的生產，其後為澳洲和英國。而日本則在 1955 年後相繼引入不銹鋼生產設備而進行生產。連續鑄造法係將鋼液以連續鑄造機(continuous casting machine)澆鑄成各種形狀鋼胚，以供後續軋延者。

連續鑄造法產率高、品質偏析少，且可省略開胚製程，故不銹鋼的鑄造除少數特殊者，大部分採用連續鑄造法，鑄造完成的鋼胚依其形狀及用途可分為：

- (1) 扁鋼胚(slab)—可製成鋼片及鋼板等
- (2) 大鋼胚(bloom)—可製成形鋼、小鋼胚、圓鋼、鋼軌等
- (3) 小鋼胚(billet)—可製成鋼管、擠壓的鋼材等

2. 鑄錠澆鑄法(ingot casting)

鑄錠澆鑄法係將鋼液注入鋼錠模(ingot mould)中，使之冷卻，凝固成

鋼錠以供軋延或鍛造。一般鑄型有正錐形和倒錐形兩種，為提高不銹鋼的利用率，大多採用倒錐形鑄型，每鑄錠的重量由數百公斤至 20 公噸大小不等，小鋼錠可直接軋製鋼材，而大鋼錠則先經開胚成扁鋼胚、大鋼胚或小鋼胚，再供後續軋製成鋼品。

鑄錠澆鑄法之鋼水可由鑄型下部(下鑄法)或上部(上鑄法)注入鑄型，採用何種方式與產品品種和生產率有關。雖然採用鑄錠法時的工作環境較差，除了高溫並且有大量的粉塵之外，其效率也很低，但是對急遽凝固時易於產生開裂的鋼種，如 Martensite 系的 SUS440 鋼等，在使用連鑄法時有許多的困難，所以通常使用鑄錠法。

3. 鑄成鑄件(castings)

將鋼液注入成形之鑄模中澆成鑄件，適用於形狀較複雜，不需再軋延或鍛造，可直接使用或經輕微加工即可使用者。

三、軋延成形⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾

鋼液鑄成之鋼胚、鋼錠可依需要熱軋或冷軋成板片、棒線、形鋼或鋼管製品，生產製程分述如下：

1. 不銹鋼板片

不銹鋼板片依其製造方法有熱軋產品及冷軋產品，若依產品厚度分類則可分成厚板(6mm 以上)、中板(3~6mm)、薄板(3mm 以下)三種，厚中板一般都用 4 重式軋延機製造，薄板也有在 Hot Strip Mill 生產，對於不銹鋼的量產最有助益而為現在生產主流的是以 Strip 方式來製造薄板，其中以 Tandem Mill 為大量生產方式，以及以 Steckel Mill、Planetary Mill 為多樣化的生產方式。

冷軋製程所能生產的是在熱軋上難生產的尺寸及需要精確尺寸且表面精美的產品，由於加工硬化很大，因此軋延機一般都用 work roll 較小的 Sendzimir Mill 來軋延，也能做包含調質軋延及熱處理等各種的材質及表面加工。其製造流程如圖 3.1-1 及圖 3.1-2 所示。

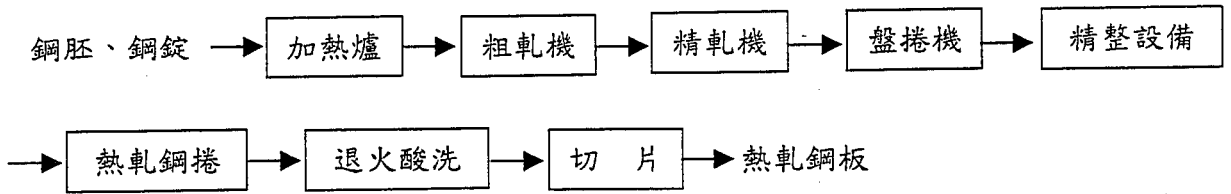


圖 3.1-1 不銹鋼板熱軋製造流程圖

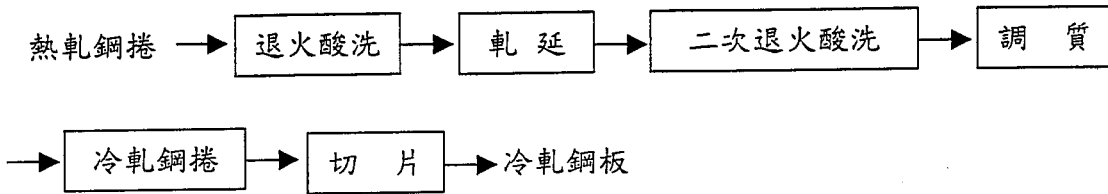


圖 3.1-2 不銹鋼板冷軋製造流程圖

2. 不銹鋼棒線

熱軋棒鋼及線材的製造可分成從熔解到熱軋為止的製程，以及軋延後的熱處理精整、檢查的二次製程，其概略如圖 3.1-3 所示。

熱軋棒鋼分成大形棒鋼(100mm ϕ 以上)、中形棒鋼(50~100mm ϕ)小形棒鋼(50mm ϕ 以下)三種。大形及中形棒鋼的軋延設備為 2 重連續式軋延機，或者一軸式的 3 重式軋延機。而小形棒鋼及線材則以全連續式高速軋延機為生產的主流。線材由於二次加工工程的合理化要求所生產 5.5~40mm ϕ 的鋼捲，其單重也大形化增加到 2 噸。熱軋棒鋼的生產尺寸在 13~220mm ϕ 之間。

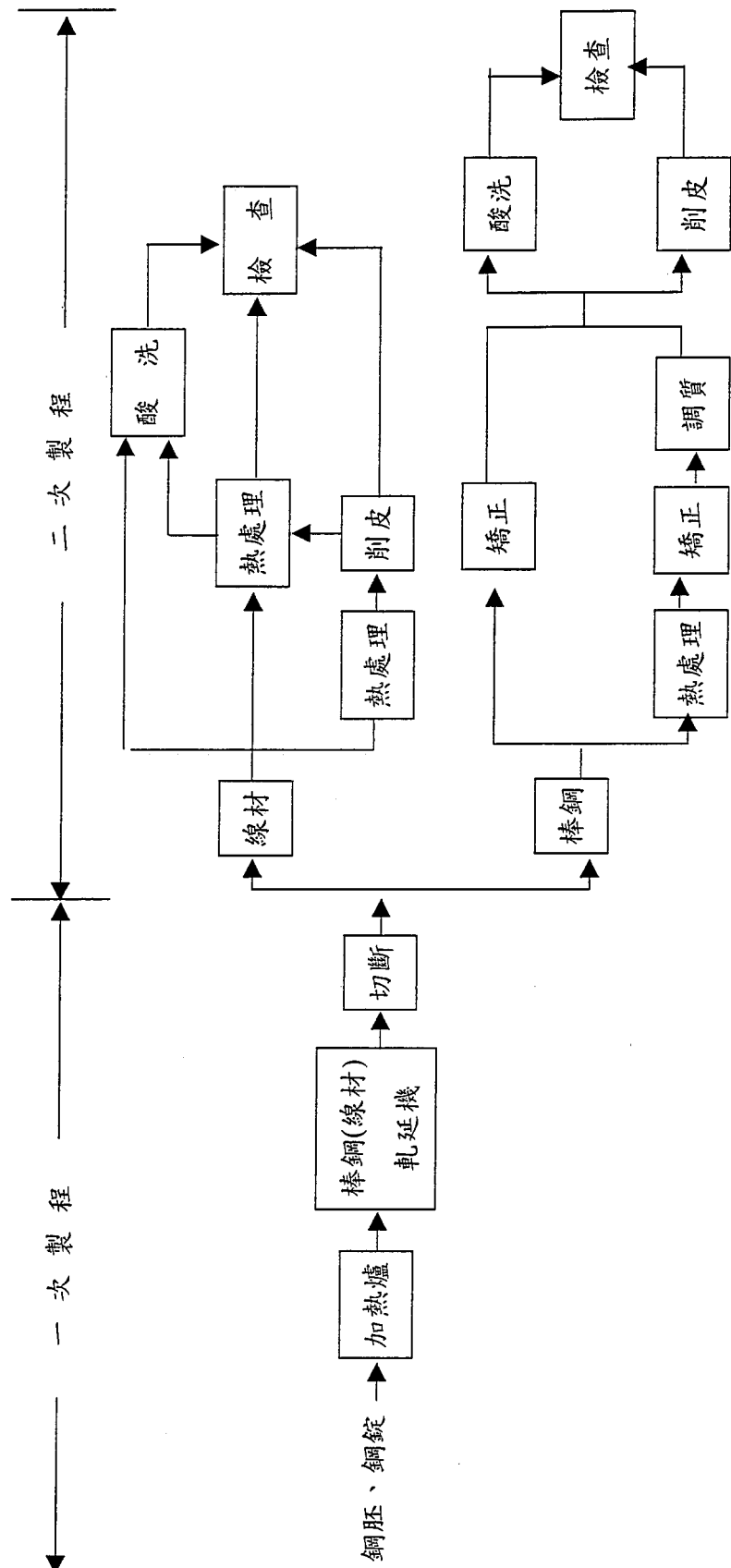


圖 3.1-3 不銹鋼棒線製造流程圖

3. 不銹鋼形鋼

不銹鋼形鋼依形狀分有角鋼(L形鋼)、槽形鋼(U形鋼)、H形鋼、扁鋼(一形鋼)及其它特殊形狀鋼等，而由其製造方法也分成熱軋產品及冷軋產品。表 3.1-1 所示為不銹鋼形鋼的種類及製造方法的概要。

等邊角鋼是產量較多的形鋼，也是軋延產品的主流。而產量較少的種類，則以熱擠製或熔接的方法來製造。這些產品中，像使用在工廠設備等之耐腐蝕構造材，大都直接使用熱軋後之產品，而用在裝飾方面的，則使用經過細密構思而有優美圖案之 hairline 研磨品，或鏡面研磨品。

冷軋產品則主要做成分切(slitting)料及 forming roll 加工的原料，而使用在裝飾方面。

圖 3.1-4 所示為由熱軋來生產等邊角鋼，及以熔接來製造槽形鋼的基本製程。

表 3.1-1 不銹鋼形鋼的種類及製造方法⁽⁶⁾

種 類		主 要 製 造 方 法	
		熱 間 製 造	冷 間 製 造
山形鋼	等邊角鋼	• 熱間壓延 • 熱間壓出	• foaming(Slitting 材) • 冷間壓延(熱間壓延材)
	不等邊角鋼	• 焊接(等邊角鋼，平鋼) • planer 加工(等邊角鋼)	• foaming(Slitting 材)
槽 形 鋼		• 焊接(等邊角鋼) • 熱間壓延 • 熱間押出	• foaming(Slitting 材)
H 形 鋼		• 焊接(平鋼) • 熱間壓延 • 熱間押出	—
平 鋼		• 熱間壓延 • shearing(板) • plasmacut(板)	• slit(冷軋鋼捲) • 抽拉(熱間壓延材)
其他異形鋼		• 熱間壓延 • 熱間押出	• foaming(slitting 材， pipe) • 抽拉(熱間壓延材)

()內所示為原材料

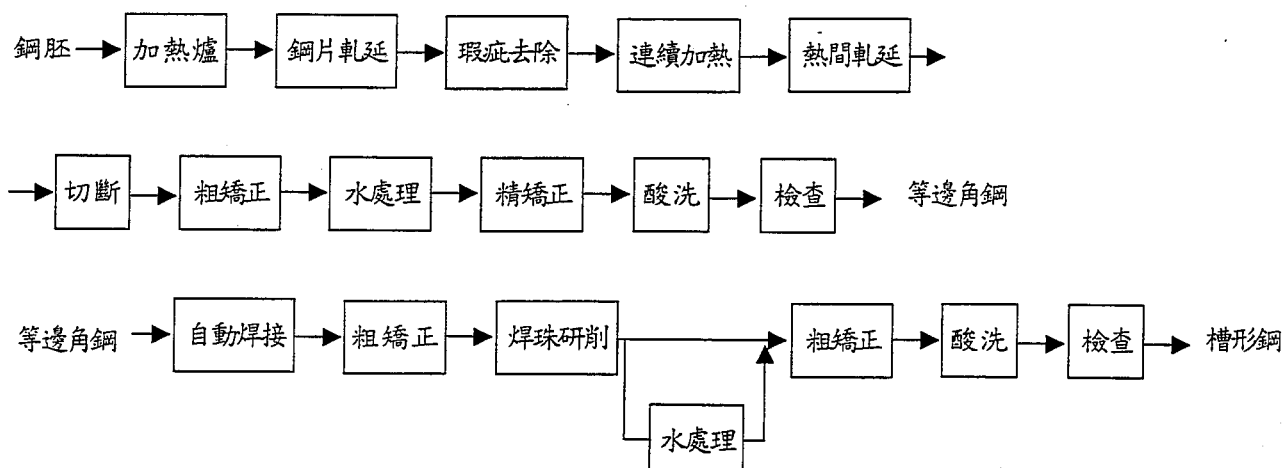


圖 3.1-4 等邊角鋼，熔接槽形鋼的製造工程(沃斯田鐵系) (4)

4. 不銹鋼鋼管

不銹鋼鋼管依其製造方法可分成無縫鋼管、有縫(焊接)鋼管，若依精整過程則可分熱(加熱)精整鋼管及冷(常溫)精整鋼管。

(1) 無縫鋼管

無縫鋼管製造原理係以實心柱形、方形或多角形鋼錠或鋼胚為原料，以穿孔或擠製等方式迫使材料塑性變形，製成中空厚壁的管胚，在經伸長和軋軋成所需外徑和厚度之母管，再經整徑機、矯直機加以精整，至所需尺寸鋼管。因無鋼板結合之熔接縫，故稱為無縫鋼管。無縫鋼管製法有穿孔法(piercing)、熱擠製法(extrusion)等類。

a. 穿孔法：

利用圓柱形鋼棒，使其通過兩個旋轉方向相同之圓錐形軋輪間，軋輪間有一固定心軸，當鋼料前進時，心軸阻止其前進，因而產生穿孔(piercing)作用，至於孔的大小，則由心軸控制。由此法製造之無縫鋼管，直徑可達 6 吋；若欲製造直徑達 14 吋的大型管則需在穿孔軋輪上實施第二次穿孔；若欲製造直徑 24 吋的管子，則管子需再加熱，在旋轉軋軋機上利用兩邊穿孔加以製成。

b. 熱擠法

係藉壓力輔助，擠製熱作金屬成最後管之形狀之方法，一般採用直接擠製法，但內有心軸以成型管徑，其生產步驟為加熱胚料置於模內，含心軸的模子推進胚料，壓製桿前進並擠製金屬沿著心軸流向模子，整個操作必須快速，製管速度可至 3m/s，低碳鋼管可以冷擠成型，但大多數合金需加熱至 1,300°C。

不銹鋼因抗拉強度大而加工性差，故大多以熱擠製法來製造。其製程如圖 3.1-5 所示。用熱擠製法無法製造的厚管壁大管徑鋼管，則採用 Elhardt Push Bench 法來製造，而大管徑或中管徑之長管，則以 Mannesman Plug Mill 法來製造。

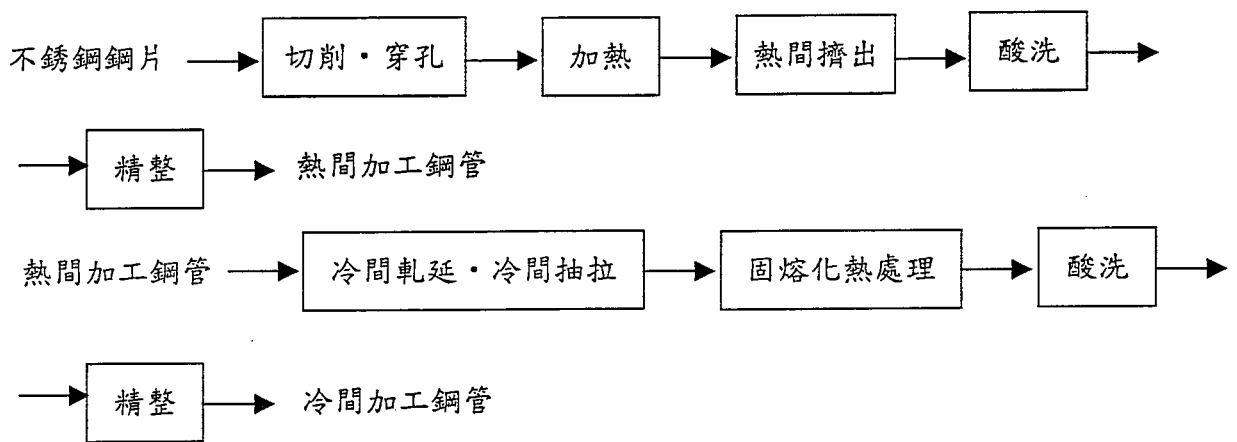


圖 3.1-5 無縫鋼管熱擠製法的製造工程

(2) 有縫鋼管

有縫鋼管製造原理係使用鋼板為原料，經裁剪至所需之寬度，然後以冷加工成型方式，成形板材至管件形狀，再以熔接方式結合鋼板接縫處，再經精整、矯直而成為鋼管，為有別於無縫鋼管，故以鋼板熔接結合之鋼管，於商品分類上亦稱有縫鋼管。目前製法有對頭熔接(butt welding)、電氣對頭熔接(electric butt welding)、搭熔接(lap welding)等類。

a. 對頭熔接：

間隔式和連續式對頭熔接均可使用，主要係加熱之製管板條

兩側有些許斜削，以便於成型圓柱管能密切配合。

間隔式製管步驟為：板條加熱至可熔接階段，由連接於抽拉鏈上的鉗子挾持料端，抽拉經過熔接鐘，此時板條成形為一圓柱管且兩側互相熔接。最後管子經由矯正和光製軋輪加以矯正和去除垢皮。

連續式製管步驟為：利用捲板條並用閃光熔接上標其兩端，形成連續板帶，當板帶進入爐中，火焰衝擊板帶邊緣使其達到熔接溫度，離開爐子後，板條進入依序列水平和垂直軋輪中，成型管子。以對頭熔接之管子直徑可達 3in。

b. 電氣對頭熔接：

管子電氣對頭熔接前，須先將鋼板冷加工成形至所需熔接的形狀，而所採取之冷加工法，一般採用軋壓成形(roll forming)，即讓板材通過一連續軋輪組，以漸進式改變形狀至熔接形狀，於軋輪成型機端部的熔接裝置具有三個中心軋輪和壓力軋輪以支持成型管子於固定位置及供給電流生熱的兩個電極軋輪。此法可製造壁厚 1/8-1/2 吋、直徑大至 36 吋的管子；惟大型管子常用大型、特殊結構壓床成型，再以潛弧熔接上標製造。

c. 搭熔接：

管子之搭熔接是當板條從爐中取出，在板條兩邊加以斜削，然後抽拉入成型模子或軋輪，利用兩邊重疊以成型圓柱管的方法。其步驟為將彎板條再加熱後，通過兩槽形軋輪，在兩軋輪間有一固定心軸配合管內徑。彎板條的兩端可在軋輪和心軸間利用壓力來搭接。此法可製造直徑 2~6 吋之管子。

國內並無廠家生產無縫不銹鋼管，故國內不銹鋼管產業係以有縫不銹鋼管為主，一般有縫鋼管製程可分為成型、熔接、冷卻、焊道研磨、矯圓、切管等六大步驟，請參見圖 3.1-6，其中以成型及熔接製程為較具關鍵技術者，焊接後不銹鋼管之後續作業方法視用途而有不同。裝飾用管以拋光、配管用管經氬弧焊接後產生之氧化膜則須經拋光及酸洗處理。

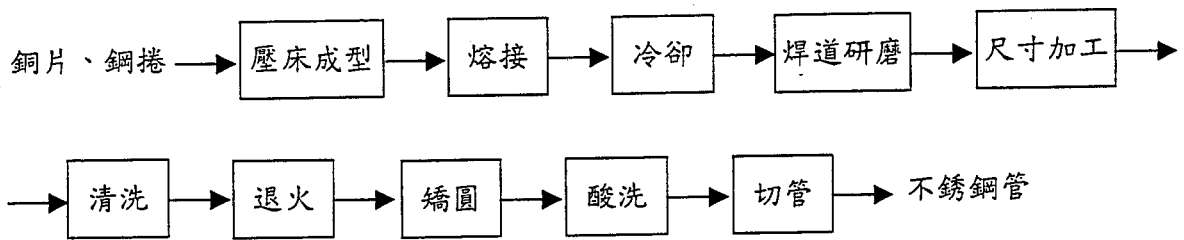


圖 3.1-6 有縫不銹鋼管製造流程圖

四、加工製造⁽⁵⁾

不銹鋼的成型製程除上述鑄造成型及軋延成型外尚包括下列六種加工製造法，簡要說明如下：

1. 鍛造(forging)

係將特殊鋼加熱到其溶點以下，然後從上下左右加力，以改變材料的高度、寬度而得預定的形狀，加熱的目的為使鋼材軟化、分子易於流動，以免成型時發生裂紋。

2. 拉製(drawing)

將直徑較大的材料通過拉模，使直徑變小，長度增加，可製造較小線徑的金屬線。

3. 擠製(extruding)

在擠型機內加力通過擠模，以擠出預定形狀的管、條件。

4. 板金壓製(pressing)

把材料放在壓模上，使壓筒從上方以適當速度壓下以得到中空成品。

5. 切削(machining)

把材料用適當的刀具切削得到所要求的形狀，包括車(turning)、銑(milling)、刨(planing)、鑽(drilling)等。

6. 熔接(welding)

把材料以適當的方法熔接起來，組成所要求的形狀。

五、熱處理⁽⁵⁾

鋼材須經適當的熱處理才能發揮其特性，所謂「熱處理」就是「將鋼材適當地加熱與冷卻，使其產生再結晶、原子擴散、或相變態，以調整其內部組織，達到所需要性質的一種處理方式」。鋼材因溫度改變所呈現的性質，若有明顯的不同，稱為變態(transformation)，鋼的變態種類如表 3.1-2。

表 3.1-2 鋼材變態的種類⁽⁵⁾

變態	溫度°C	內 容	備註
A0	210	雪明碳鐵之磁性變態又稱居里點	鋼
A1	730	共析變態，沃斯田鐵 波來鐵	鋼
A2	770	鐵的磁性變態(α 鐵 β 鐵)	鐵、鋼
A3	910	鐵的同素變態(α 鐵 β 鐵)	鐵、鋼
A4	1400	鐵的同素變態(γ 鐵 δ 鐵)	鐵、鋼
ACm	730~1145	過共析鋼中雪明碳鐵的固溶與析出	鋼
加熱時變態	AC ₃	波來鐵 沃斯田鐵	鋼
	AC ₃	肥粒鐵固溶於沃斯田鐵中	鋼
	Acm	雪明碳鐵固溶於沃斯田鐵中	鋼
冷卻變態 (連續)	Ar ₁	沃斯田鐵→波來鐵	鋼
	Ar ₃	肥粒鐵從沃斯田鐵中析出	鋼
	Ar'	沃斯田鐵→波來鐵(細、中)	鋼
	Ar''	沃斯田鐵→麻田散鐵	鋼
	Ma	開始生成麻田散鐵之溫度	鋼
	Mf	麻田散鐵變態完成之溫度	鋼
冷卻變態 (恆溫)	A _B	沃斯田鐵→變韌	鋼

一般特殊鋼熱處理最常用的方法有正常化、退火、淬火及回火四種，熱處理的原則不外加熱與冷卻兩種方法之靈活運用，而控制這兩種方法之主要因素就是溫度與速度。

1. 正常化(normalizing)：

正常化是使鋼料內部組織達到標準狀態的一種熱處理，其加熱溫度一般控制在 AC_3 或 AC_m 以上 $30\sim 60^\circ C$ ，然後靜置空冷或爐冷，亞共析鋼加熱至 AC_3 溫度以上，由沃斯田鐵相冷卻至肥粒鐵和波來鐵組織，過共析鋼加熱至 AC_m 溫度以上，冷卻至雪明碳鐵和波來鐵。正常化熱處理的目的有三：

- (1) 將鑄造所產生或由不當熱處理所得之粗大組織微細化。
- (2) 消除常溫加工或鑄造時所產生之內部應力。
- (3) 將鋼材之結晶組織、機械性質及物理性質標準化。

正常化熱處理通常有三種操作方法，即 1.普通正常化；2.二段正常化；3.恆溫正常化。

2. 退火(annealing)

退火即是將鋼材加熱至臨界溫度(critical temperature)以上，保持一定時間，然後以適當的方法冷卻，其目的有五：

- (1) 將鋼材軟化，降低硬度。
- (2) 消除加工時所產生的內部應力。
- (3) 調整結晶組織。
- (4) 改善切削性或常溫加工性。
- (5) 獲得所希望之機械性質或物理性質。

依照目的和操作方式，一般可分為完全退火、軟化退火、球狀化退火、擴散退火、弛力退火、等溫退火。對特殊鋼而言，退火熱處理佔相當重要的角色，不管軋鋼品、鑄鋼品或鍛鋼品，均需經過退火熱處理以調整其組織、改善其特性。

3. 淬火(quenching 或 hardening)

將特殊鋼加熱到沃斯田鐵溫度(亞共析鐵 AC_3 以上，共析鋼和過共析鐵 AC_m 以上)，保持適當的時間，使它急冷，則可阻止 Ar1 變態(波來鐵變態)，而得到高硬度的麻田散鐵組織，這種使特殊鋼料硬化的處理方法稱之為淬火。

特殊鋼因材質、尺寸大小及特性需求的不同，在淬火時須選擇適當的冷卻方式及冷卻劑，冷卻的方法有直接冷卻、噴霧冷卻、時間性冷卻等，而冷卻劑有水、油、鹽浴、苛性溶液等，須依據特殊鋼的材質、尺寸大小及特性需求，在熱處理時選擇適當的冷卻方式及冷卻劑。

4. 回火(tempering)

回火主要是在淬火硬化或正常化後的鋼材，再度加熱至變態溫度以下，以適當的冷卻速率冷卻，以增加鋼材的延展性和韌性或消除淬火應力，改善鋼材尺寸精確度的熱處理方式，其主要目的有三：

- (1) 使特殊鋼材淬火後的麻田散鐵及殘留沃斯田鐵組織安定化。
- (2) 消除鋼材內部應力。
- (3) 調節硬度以得到適當的韌性。

實用上，回火可分為低溫回火及高溫回火。工具、刀具等硬度要相當高的零件，一般採用 $150\sim 200^\circ\text{C}$ 的低溫回火，其主要目的在消除淬火鋼內的殘留應力，同時使尺寸不致變化，硬度也不會降低太多。構造用鋼為顧及強度及韌性的要求，多採用高溫回火，溫度範圍在 $500^\circ\text{C}\sim 650^\circ\text{C}$ 。含有鉻、鎳、鈮、錫等的特殊鋼，易於與碳結合成碳化物，在回火時反而有硬度升高的現象稱為二次硬化(secondary hardening)，特殊鋼在做回火處理時，必須注意回火溫度及冷卻速率的控制，以避免回火脆化的發生。

特殊鋼的熱處理除上述的正常化、退火、淬火及回火外，通常還利用滲碳、滲氮之表面硬化以達到高耐磨及高韌性的要求，利用麻回火(Martempering)和沃斯回火(Austempering)以避免在冷卻過程物件變形、龜裂或殘留較大應力，也可利用熱加工處理(thermechanical treatments)以提高特殊鋼的材料強度，且同時保有高延展性和韌性。

不銹鋼的熱處理，可包括以下程序：

1. 沃斯田體系的熱處理：包括固溶化熱處理、安定化熱處理及應力消除熱處

理。

2. 麻田散體系的熱處理：包括低溫退火、完全退火、恆溫變態退火、淬火及回火。
3. 肥粒體系的熱處理：退火為唯一的熱處理方法。
4. 析出硬化系的熱處理：包括固溶化熱處理、時效熱處理及析出硬化熱處理。

3.2 不銹鋼酸洗製程⁸⁾

板片類與棒線類不銹鋼在加工製程中，均需經過退火熱處理以調整其組織、改善其特性，依鋼材表面是否發生氧化可分為光輝退火及退火酸洗。

鋼材若在還原性氣體內退火，因不接觸氧氣，鋼皮表面不致產生氧化膜，可保持鋼材表面原有之光澤，又稱為光輝處理；若在退火爐將鋼材置於大氣中退火處理，則鋼材表面產生氧化膜被覆層，即所謂的銹皮，必須加以去除。

一般清除表面銹皮的方法有物理方法及化學方法兩種，前者有拋光法和利用鋼材與氧化銹皮可塑性不同，而採用的拉伸矯正或平整法。化學方法主要是將鋼材以酸液進行清洗，酸液之種類因產品之材質與製程而異，普通鋼常用的酸洗液有硫酸、鹽酸，不銹鋼則多用硝酸、氫氟酸或混酸進行酸洗；目前工廠中的酸洗線多同時併用物理方法作為輔助處理。

不銹鋼的氧化銹皮呈黑色，外層為金屬氧化物，中層為尖晶石，內層為不含鎳鉻之合金鋼。此三層極不容易溶於酸，一般利用電解或鹽浴方式先使皮膜崩裂、鬆動，再以酸處理將底材溶解使皮膜無所依附而掉落。配管用鋼管類則多不經上述作業而直接酸洗。至於使用硝酸混酸液之組成配比則因各廠產品之材質與製程而略有不同，通常硝酸的濃度為 10~15%，氫氟酸的濃度為 2~5%。

茲將不銹鋼板片類及不銹鋼棒線類之酸洗流程簡述如下以供參考。

一、不銹鋼板片類

不銹鋼板片類之酸洗流程如圖 3.2-1 所示，在生產線高速化的需求下，為了有效除去鋼材表面的銹皮，多同時併用物理方法作為輔助處理，在不銹鋼板片酸洗製程中，多利用電解方式先使皮膜崩裂、鬆動，以便於後續酸洗處理可順利將底材溶解、使皮膜無所依附而掉落。

此外，在化學反應過程中，溫度控制往往是決定反應速率之重要參數，溫度愈高反應速率愈快，但昇高溫度亦必須消耗大量的能源，因此鋼材酸洗線的溫度控制需在反應效率及能源使用上取得一最佳操作條件。

酸洗槽是酸洗作業的主要部分，鋼帶通過成排之酸洗槽(視產能配置 2~6 槽)，使其與高溫之酸液接觸反應而進行除銹；酸洗槽內鋼帶通過之速度、酸洗液溫度及濃度，均採自動化控制以使酸洗作業得以穩定進行。

一般酸洗槽的溫度多控制在 50~60°C，酸液加熱的方式則可分為直接加熱及間接加熱等兩種，將蒸氣直接吹入酸洗液中的直接加熱法，因直接通入蒸氣之熱量至酸洗液中，故其加熱效率較佳，但有降低酸洗液濃度之缺點；間接加熱法雖可避免酸液稀釋，但熱效率較差，設備維護保養也較困難，近年來污染防治及廢棄物減量日受重視，因此業者多採用間接加熱法控制酸洗線之操作溫度。

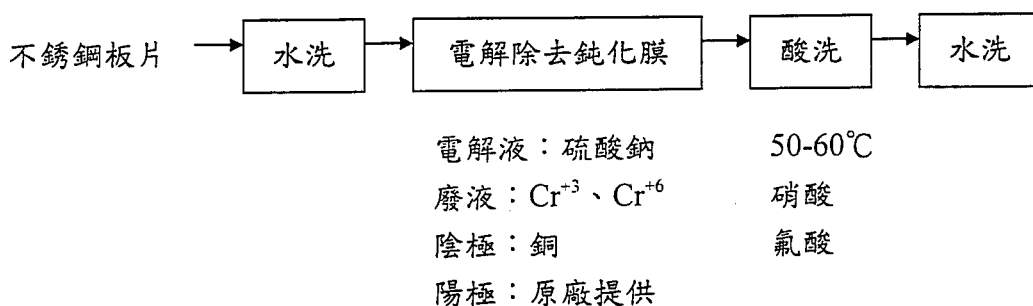


圖 3.2-1 不銹鋼板片類酸洗流程圖⁽⁸⁾

二、不銹鋼棒線類

不銹鋼棒線類之酸洗流程如圖 3.2-2 所示，在酸洗之前，多使鋼材先通過含有氫氧化鈉、硝酸鈉及氯化鈉之鹽浴槽，使表面銹皮鬆動、破裂，以提高後續酸洗效率，在鹽浴後以 70°C 硫酸，及 45°C 硝氟混酸先後進行酸洗。

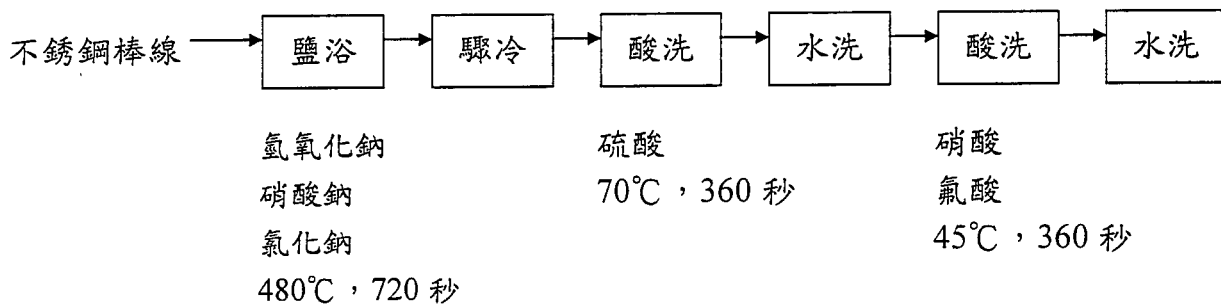


圖 3.2-2 不銹鋼棒線類酸洗流程圖⁽⁸⁾

第四章 廢硝氟混酸特性與處理現況

4.1 廢硝氟混酸來源、組成及性質特性

一、硝氟混酸酸洗液性質與使用量⁽⁹⁾

對於硝氟混酸酸洗液之建浴濃度，各廠依製程設計及產品材質要求而互有差異，根據工研院民國 83 年調查資料，不銹鋼板材酸洗線之氫氟酸使用濃度為 1.5~2%(v/v)，硝酸使用濃度為 6~25%(v/v)，不銹鋼棒線類酸洗線之氫氟酸使用濃度為 3~4%(v/v)，硝酸使用濃度為 9~10%(v/v)，至於不銹鋼管類酸洗線之氫氟酸使用濃度為 7~8%(v/v)，硝酸使用濃度為 5~6%(v/v)。

根據經濟部工業局「工業廢棄物共同清除處理計畫」，於民國 90 年調查國內主要具有不銹鋼酸洗製程業者，根據回收 17 家調查資料，其中生產不銹鋼板片類 4 家，氫氟酸使用濃度為 1~4%(v/v)，硝酸使用濃度為 8~20%(v/v)；生產不銹鋼棒線類 5 家，氫氟酸使用濃度為 3~10%(v/v)，硝酸使用濃度為 10~30%(v/v)，生產不銹鋼鋼管類 8 家，氫氟酸使用濃度為 0.1~7%(v/v)，硝酸使用濃度為 1~27%(v/v)，不同鋼品使用之硝氟混酸酸洗液性質彙整如表 4.1-1 所示。

表 4.1-1 酸洗液氫氟酸及硝酸組成百分比⁽⁹⁾

成份及組成 產品種類	83 年調查資料(註)		90 年調查資料	
	氫氟酸濃度 %(v/v)	硝酸濃度 %(v/v)	氫氟酸濃度 %(v/v)	硝酸濃度 %(v/v)
不銹鋼板片	1.5~2	6~25	1~4	8~20
不銹鋼棒線	3~4	9~10	3~10	10~30
不銹鋼管(配管部份)	7~8	5~6	0.1~7	1~27

至於混酸使用量，由工業局 90 年調查資料經以 55%(v/v)氫氟酸原液及 55%(v/v)硝酸原液換算合計使用量計(硝酸原液採 68%(v/v)者亦換算為

55%(v/v))，使用量大於 100 公噸/月者計 5 家，10~100 公噸/月者 3 家，小於 10 公噸/月者 8 家，另有一家係採用南韓 ST204A 藥粉配製酸液，因其成份不明，故無法適當換算，其分佈百分比詳如圖 4.1-1 所示。

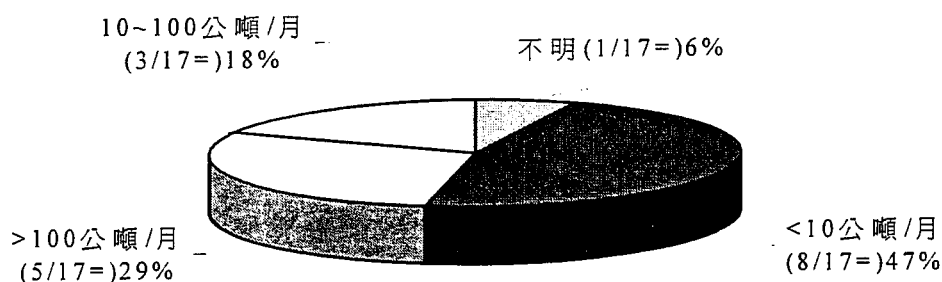


圖 4.1-1 工廠硝氟混酸原液(以 55%計)使用量分佈百分比

二、廢硝氟混酸組成及性質特性⁽⁸⁾

酸洗製程所使用之硝氟混酸液，隨著金屬離子及雜質的濃度增加而逐漸喪失其溶蝕金屬的功能，通常當硝氟混酸液金屬濃度 5~6%時，就必須將老化液排出更換新的酸液。根據工研院 84 年辦理工業減廢技術擴散及資訊服務中心計畫—不銹鋼酸洗廢液資源化技術開發，對於國內某一不銹鋼廠老化廢硝氟混酸液之成份分析資料如表 4.1-2 所示，其中硝酸：6~12%、氫氟酸：2~5%、Fe：23,400~66,600mg/L、Pb：2~8mg/L、Cu：149~528mg/L、Ni：3,601~10,794mg/L、Cr：3,984~21,480mg/L。

表 4.1-2 廢硝氟混酸成份一覽表⁽⁸⁾

編號	pH	硝酸 (%)	氫氟酸 (%)	Fe (mg/L)	Pb (mg/L)	Cu (mg/L)	Ni (mg/L)	Cr (mg/L)
1	1.85	6.20	3.62	23,400	7.39	360	3,601	3,984
2	1.73	11.84	4.98	38,520	2.75	288	10,794	18,252
3	1.75	7.11	2.84	27,720	3.00	528	10,620	4,056
4	1.60	0	4.31	66,600	2.77	198	9,578	21,480
5	1.31	11.4	2.09	60,240	2.70	197	9,737	7,056
6	1.65	0	3.81	64,080	2.92	149	7,010	17,544

另根據工業局「工業廢棄物共同清除處理計畫」，於民國 90 年針對不銹鋼板片、不銹鋼棒線及不銹鋼管等產品類別，各篩選兩家代表性工廠進行老化酸液採樣分析，在酸液之各金屬離子濃度分析測定(如表 4.1-3 所示)方面，結果顯示其中鐵、鉻、鎳金屬離子濃度較高，分別為：鐵：2~5%、鉻：1,292~7,960mg/L、鎳：1,376~17,810mg/L。但樣本各金屬離子濃度與產品類別並無明顯相關性，理論上金屬離子濃度之高低應隨所累計酸洗之不銹鋼量增加而增加。

氟化物、硝酸鹽氮及自由酸測定結果則如表 4.1-4 所示，氟化物濃度 14,282~43,059mg/L，硝酸鹽氮濃度 62,000~262,000mg/L，此外，在自由酸測定時發現，當 pH>3.5 時溶液產生渾濁情形，其因廢液中含有高濃度金屬離子，而產生氫氧化物沈澱，同時開始消耗氫氧化鈉，如界定中性為自由酸終點則測定結果會有偏高，故實驗測定自由酸之終點定為 pH=3.5，測定結果自由酸濃度 74,252~184,909mg/L。

表 4.1-3 廢硝氟混酸金屬離子濃度分析結果一覽表

單位：mg/L

來源	項目 產品	鎘 (Cd)	鉛 (Pb)	銅 (Cu)	鋅 (Zn)	鎳 (Ni)	總鉻 (Cr)	鐵 (Fe)	錳 (Mn)	總金屬 濃度
A1 廠	板片	<0.004	10.0	78.0	1.2	5,250	2,130	31,960	304.0	39,733
A2 廠	管	<0.004	0.0	320.0	3.6	11,600	7,960	28,865	1,405.0	50,154
A3 廠	線	<0.004	0.0	3,106.0	0.5	17,810	4,425	52,615	598.0	78,555
A4 廠	板片	<0.004	0.0	52.5	2.3	1,376	1,292	19,560	82.5	22,365
A5 廠	管	<0.004	0.5	233.0	1.2	9,587	2,152	25,364	851.2	38,189
A6 廠	線	<0.004	0.0	1,138.0	1.1	8,865	3,030	34,140	587.5	47,762

表 4.1-4 廢硝酸混酸氟化物、硝酸鹽氮及自由酸分析結果一覽表

來源	項目 產品	氟化物 (mg/L)	硝酸鹽氮 (mg/L)	pH	自由酸 pH=3.5 (CaCO ₃ mg/L)	比重
A1 廠	板片	14,282	62,000	1.51	21,888	1.210
A2 廠	管	43,059	211,200	2.07	156,940	1.240
A3 廠	線	32,033	102,670	2.13	92,020	1.200
A4 廠	板片	14,359	112,400	2.89	80,988	1.120
A5 廠	管	28,340	262,000	1.62	184,909	1.272
A6 廠	線	23,190	121,000	1.35	74,252	1.160

4.2 廢硝酸混酸產生量及處理現況

一、廢硝酸混酸產生量

依工業局民國 90 年執行「工業廢棄物共同清除處理計畫」，對於國內具有不銹鋼酸洗製程業者之調查資料，17 份有效問卷中廢硝酸混酸之產生量，每月大於 2,000 公噸/月者計 2 家，1,000~2,000 公噸/月者 4 家，100~500 公噸/月者 1 家，10~100 公噸/月者 5 家，小於 10 公噸/月者 5 家，其分佈百分比如圖 4.2-1 所示。

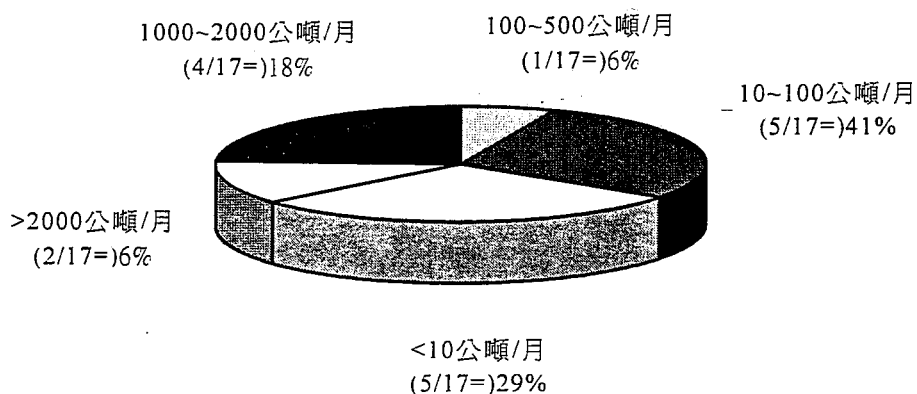


圖 4.2-1 工廠廢硝酸混酸產生量分佈百分比

以各廠單位產品量相對產生之廢酸量進行統計，則各種不鏽鋼品廢混酸主要產生工廠之單位產品廢酸量中板片類約為 0.063~0.065 公噸/公噸，平均約為 0.064 公噸/公噸，棒線類約為 0.110~0.145 公噸/公噸，平均約 0.125 公噸/公噸，鋼管類約為 0.064~0.076 公噸/公噸，平均約為 0.066 公噸/公噸。目前台灣地區各種不鏽鋼品生產量情形按表 4.2-1 所示，分別為不銹鋼板片類 1,977,807 公噸/年(內含熱軋不鏽鋼板片 1,125,483 公噸/年、冷軋不鏽鋼板片 851,604 公噸/年)、不鏽鋼棒線 181,129 公噸/年及不鏽鋼鋼管 98,927 公噸/年(以總產量 148,390 公噸/年，其中不鏽鋼鋼管中約 2/3 產量屬配管用鋼管須經酸洗處理，其餘 1/3 產量屬裝飾用管無須經酸洗處理之方式估計)，故台灣地區廢硝酸混酸之產量可估算如表 4.2-1，合計廢酸產量約 155,704 公噸/年。

此外，根據工研院民國 85 年辦理「工業減廢技術擴散及資訊服務中心

計畫」—不銹鋼酸洗廢液資源化技術開發，亦分別對於不銹鋼板片、不銹鋼棒線及不銹鋼管等產品推估其單位產品之廢酸產量，與 90 年調查資料相較，兩組資料相去不大，顯示確可作為業界廢酸量推算之依據。由於近年來不銹鋼產量已大幅提昇，據以推估國內硝酸混酸產生量，已自民國 84 年之 79,000 公噸/年增加至民國 89 年之 155,704 公噸/年，成長將近 2 倍。

表 4.2-1 不銹鋼製品酸洗製程廢硝酸混酸產量推估一覽表⁽⁹⁾

數量 產品種類	85 年調查資料			90 年調查資料		
	84 年生產量 (公噸/年)	單位產品 廢酸量	廢酸產量 (公噸/年)	89 年生產量 (公噸/年)	單位產品 廢酸量	廢酸產量 (公噸/年)
不銹鋼板片	750,000	0.044	33,000	1,977,087	0.064	126,534
不銹鋼棒線	300,000	0.14	42,000	181,129	0.125	22,641
不銹鋼管 (配管部份)	70,000	0.059	4,000	98,927	0.066	6,529
合計	1,120,600	—	79,000	2,257,143	—	155,704

二、廢硝酸混酸處理現況

硝酸混酸已廣泛用於不銹鋼工業表面銹皮之去除，使能得到表面品質較佳之鋼材製品，但經過酸洗製程後所產生的含酸廢液處理卻是一項頗為棘手之環保問題，根據工業局民國 90 年對於國內 17 家不銹鋼廠廢酸現行處理方式之調查結果，典型之處理流程如圖 4.2-2 所示。

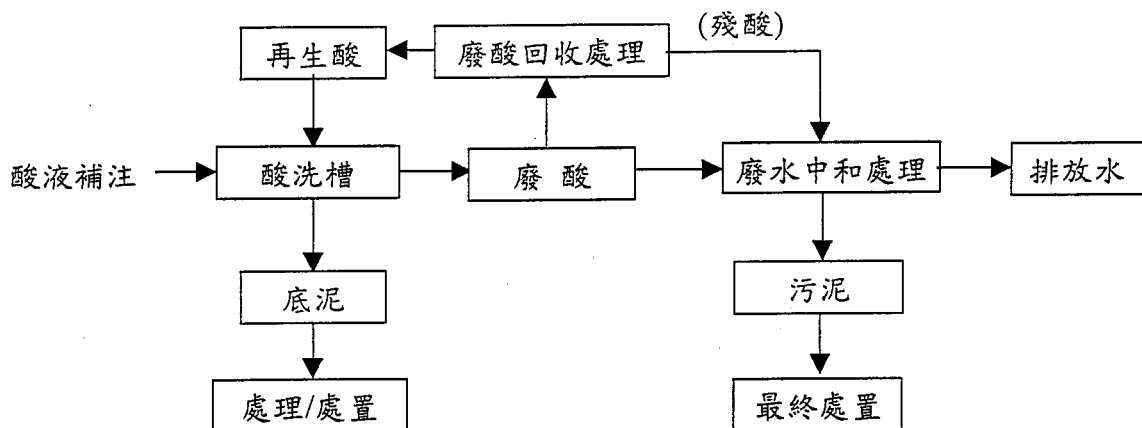


圖 4.2-2 不銹鋼廢酸處理流程圖

規模較大的廠商(不鏽鋼品月產量 500 公噸以上者)於設備投資興建時即考慮到大量酸洗廢液處理之必要性，故同時搭配興建酸液再生回收設備，主要回收系統為離子交換樹脂法及 Ruthner 法等兩種方法。依前述調查資料，採離子交換樹脂法回收系統者共九套，其中兩套已廢棄停用。使用中者四套為瑞典 Scanacon 公司產品，其餘三套為國內廠家開發之產品。採 Ruthner 方法者只有一套。此外也有代理商推介薄膜擴散透析法，但國內迄今沒有工廠使用。

至於中小型工廠則大都未設酸回收設備，產生之廢酸或經回收後老化廢液及殘酸，大都納入廢水中和處理，通常先以 NaHSO_3 還原鉻成三價，再以鈣鹼中和處理，使未消耗的氫氟酸和氟化物生成氟化物沉澱，有害金屬離子則生成氫氧化物沈澱，產生之污泥經脫水後再委外進行最終處置；但廢硝氟混酸以中和處理，產生之硝酸鈣仍存在於廢水中，排放後容易造成承受水體優養化。

統計硝氟混酸處理方式，17 家工廠中計有 8 家設有酸回收設備及廢水中和處理設備，合計廢酸處理量為 8,607 公噸/月，佔 87%，另有 7 家僅設有廢水中和處理設備，合計廢酸處理量為 1,239 公噸/月，佔 13%，未自設廢水處理設施者計有兩家，其清理方式分別為委外處理(0.44 公噸/月)及廠內暫時貯存(5.5 公噸/月)，其分佈百分比亦詳圖 4.2-3。

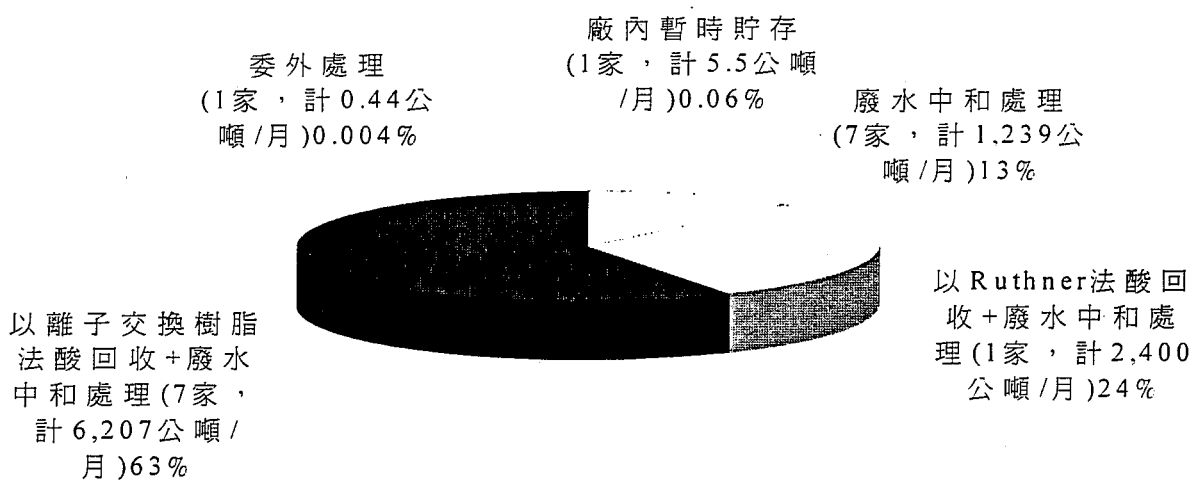


圖 4.2-3 工廠廢硝氟混酸處理方式分佈百分比

第五章 廢硝氟混酸資源化技術評析及案例彙編

5.1 國內外廢硝氟混酸資源化利用概況

硝氟混酸已廣泛用於不銹鋼工業表面銹皮之去除，使能得到表面品質較佳之鋼材製品，但經過酸洗製程後所產生的含酸廢液處理卻是一項頗為棘手之環保問題，規模較大的廠商於設備投資興建時即考慮到大量酸洗廢液處理之必要性，故同時搭配興建酸液再生回收設備，國內主要回收系統為離子交換樹脂法及 Ruthner 法(噴霧焙燒法)等兩種方法。

至於中小型工廠則大都未設酸回收設備，產生之廢酸或經回收後老化廢液及殘酸，大都納入廢水處理系統以鈣鹼加以中和，使未消耗的氫氟酸和氟化物生成氟化物沉澱，有害金屬離子則生成氫氧化物沈澱，產生之污泥經脫水後再委外進行最終處置。

對於設有再生回收設備之廠家，均將處理再生後之硝氟混酸重回酸洗製程參配新酸使用，屬廠內再利用模式，並沒有酸液實際排出廠外行為，其資源再生比例亦隨各廠酸液所含金屬種類、濃度、操作參數而有極大的差異；未設置廢酸回收設備之廠家，則將廢酸與酸洗製程廢水一併納入廠內廢水處理系統加以稀釋、中和，這些特有的處理模式使得硝氟混酸不容易以使用量、排出量、廢棄量或處理量等資料，全面展現廢硝氟混酸之資源化概況及比例，有關工業局民國 90 年針對部份不銹鋼廠廢酸現行處理方式之調查結果則詳見 4.2 節所示。

國外部份，根據中國大陸國家環境保護局資料統計，中國大陸於 1988 年廢硝氟混酸產生量為 3,524.8 公噸，廢酸的處理量為 2,279.4 公噸，計算處理率約為 65%，其中，產生的回收酸共計 492.8 公噸，以回收酸產量與廢酸處理量的比例來看資源化成效，回收再生率約為 22%。(15)

不銹鋼廢硝氟混酸之處理或資源化回收方式，隨著各廠廢酸特性及技術經濟規模而異，若以處理規模及途徑之角度，一般可概分廠內燒焙回收、廠內套裝設備回收及廠外集中資源化等，其中廠內套裝回收設備應用領域較廣，可隨廢酸種類及特性調整，且經濟規模較小，故可廣泛應用於產量較小之廢酸產生源，此外

，廠外集中資源化，對於廢酸產量小、產生頻率不定之業者亦為另一選擇方式，但對於廢酸產生者而言，需考量合理之清運成本及運送過程之安全性，於資源化處理廠而言，由於廢酸來源複雜，其資源化成效將與廢酸之濃度、組成有極大的相關性，必須嚴格控管進廠物料性質。

為提供讀者瞭解各技術之可行性及研究發展趨勢，特蒐集相關專利資料並彙整摘述如表 5.1-1，供為參考。

表 5.1-1 廢硝氟混酸資源化技術專利資料摘要表

編號	回收酸	產生源	技術摘要	資料來源	專利擁有者
1.	HNO ₃ 、HF	不銹鋼酸洗	薄膜擴散透析配合電透析法及逆滲透膜法	STEULER 廢酸廢水專利回收技術	德國 STEULER Industriewerke GmbH
2.	HF、HNO ₃	鋼鐵酸洗	擴散透析+隔膜電解法	USA 專利(1977) 編號：5244551	Metallgesellschaft /Brucken et al
3.	HF、HNO ₃	鋼鐵酸洗	溶劑萃取法 · di-ethylhexyl phosphoric acid · Tributyl phosphate	USA 專利(1979) 編號：4166098	Solex Research Corp./Watanabe et al.
4.	HNO ₃ 、HF	鋼鐵酸洗	蒸發—冷凝—結晶法	USA 專利(1981) 編號：4252602	Ruthner 公司 / Krepler
5.	HNO ₃ 、HF	鋼鐵酸洗	蒸發—冷凝—結晶法	USA 專利(1981) 編號：4255407	Oy W. Rosenlaw /Puurunen
6.	HF-HNO ₃	鋼鐵酸洗	在混酸中加入 H ₂ SO ₄ 後加熱，HF-NHO ₃ 蒸發為氣體，其冷凝回收，金屬則留在 H ₂ SO ₄ (液相)中分離	USA 專利(1985) 編號：4526650	Outokumpu Oy/ Blomquist et al.
7.	NHO ₃ -HF、HCl、H ₂ SO ₄ 、Fe ₂ O ₃ 、Fe	不銹鋼酸洗	溶劑萃取法 · di-(2-ethylhexyl) phosphoric acid · Tributyl phosphate	USA 專利(1986) 編號：4565675	Kawasak Steel Corp. /Uchino et al.
8.	HNO ₃ 、HNO ₃ -HF	鋼鐵、不銹鋼酸洗	噴霧焙燒(200-500°C) 吸收/冷凝(0-70°C)	USA 專利(1992) 編號：5149515	Maschinenfabrik Andritz Actiengesellschaft/Kaner et al.
9.	HF-HNO ₃	鋼鐵酸洗	電透析法	USA 專利(1992) 編號：5139632	Allied-Signal 公司 /Chlanda et al.
10.	HF-HNO ₃	不銹鋼酸洗	觸媒氧化還原法	USA 專利(1998) 編號：5785765	Condoroil Impianti s.r.l./ Zavattoni

5.2 廢硝氟混酸資源化技術及案例

5.2.1 Ruthner(噴霧焙燒)法

一、噴霧焙燒法技術說明⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾

噴霧焙燒法(spray roaster)始於奧地利的 Ruthner 公司，故又稱為 Ruthner 法，其關鍵技術在於採用噴霧反應爐。該法可分為有附加廢酸純化和未附加廢酸純化兩種。

噴霧焙燒法的處理流程如圖 5.2.1-1 所示。從酸洗機組將廢酸及清洗水分別排入廢酸及清洗水貯槽。廢酸用泵從貯槽內抽出，經機械過濾器去除雜質後，進入預濃縮器。預濃縮器內的廢酸通過兩組壓縮空氣泵，一組使廢酸在預濃縮器內循環；另一組將廢酸送到噴霧焙燒爐頂，藉由噴嘴呈霧狀噴入爐內。

噴霧焙燒爐下部有三個橫向佈置的燃燒器。由燃燒器產生的熾熱氣體直接對霧狀廢酸進行焙燒，生成氟化氫及硝酸氣體和粉末狀氧化金屬(鐵、鎳、鉻等)。少量氧化金屬隨反應氣體從焙燒爐頂進入雙旋風分離器。被旋風分離器分離的氧化金屬由回灰管返回焙燒爐，與爐內氧化金屬一起從爐底藉由風力輸送裝置，排入氧化金屬貯倉。視實際需求，可以利用造粒機造粒，或用包裝機裝袋、裝桶後再加以進一步利用。

經除塵的反應氣體，從雙旋風分離器進入預濃縮器底部，被在預濃縮器內循環的廢酸再次淨化、冷卻後，進入吸收塔底部。清洗水從貯槽用泵經機械過濾器後，用一組壓縮空氣泵送入吸收塔頂。反應氣體與清洗水在吸收塔內進行逆流吸收，從塔底得到游離酸約為氫氟酸 2~5%、硝酸 8~15%左右的再生酸，藉重力流入再生酸貯槽，回用於酸洗機組。

吸收塔頂的尾氣，則藉由排氣風機經煙囪排出，同時利用排氣風機使整套再生系統處於負壓操作狀態。

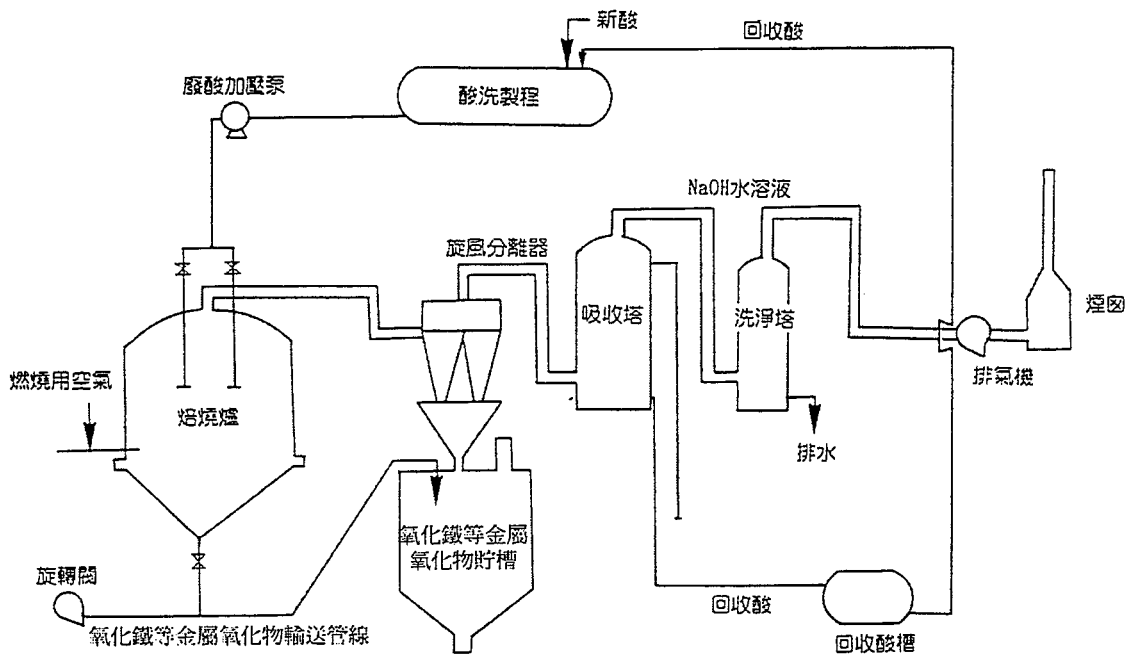


圖 5.2.1-1 噴霧焙燒法處理流程(Ruthner 法)⁽¹¹⁾

二、噴霧焙燒法回收廢硝酸混酸應用實例

1. 前言

Y 工廠為國內首座擁有煉鋼、熱軋及冷軋完整製程之一貫作業不銹鋼廠，民國 89 年之營業額已達 350 億以上，全廠員工人數約 1,500 人，該廠鋼鐵生產採先進之電弧爐、轉爐及真空精煉爐三段式煉鋼製程，如圖 5.2.1-2 所示，所生產的鋼品大都為上游產品，主要包括鋼胚、熱軋鋼捲、冷軋鋼捲等。

該廠除不斷改善生產製程及設備外，為善盡環境保護責任，於投資購置最新式污染防治設備亦不遺餘力，對於由鋼鐵生產製程中所伴生大量無法直接再利用的物料的管理更為重視，其清理作業除遵循政府法規辦理外，並積極自行研發或引進國外先進技術，依「減量化」、「回收」、「資源化再利用」、「安定化」等邏輯順序應用於製程中所伴生之龐大物料，並以「零」棄置為最終目標，期能消弭對環境的負面影響，進一步降低營運成本，達到「永續發展」的終極目的。

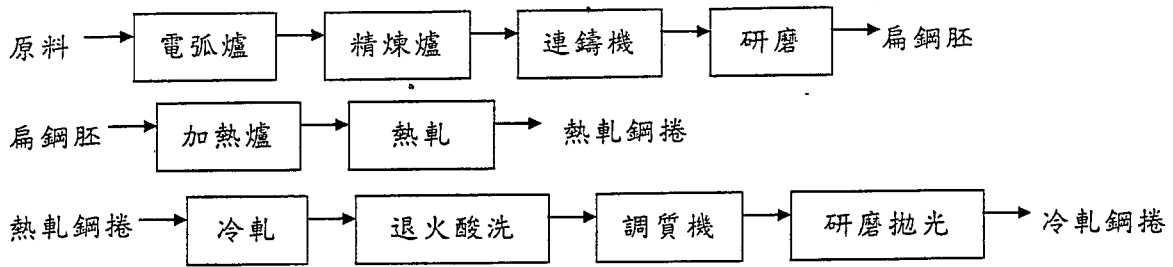


圖 5.2.1-2 Y 廠電弧爐—熱軋—冷軋生產製程

2. 製程及原理

該廠熱軋後的鋼帶，其表面因高溫氧化而披覆一層氧化銹皮，此一銹皮必須在冷軋前予以去除，該廠為將此一銹皮去除以利後續冷軋製程，乃採用 2~5% 氫氟酸及 8~15% 硝酸配置而成之混酸，以連續串聯排列之酸洗槽將銹皮完全反應去除。

對於上述酸洗製程所產生的廢硝酸混酸液處理問題，該公司於設廠規劃時即一併設置廢酸再生工廠，採用 Ruthner 公司所發展的噴霧焙燒法 (spray roasting process)，將酸洗製程產生之廢硝酸混酸再生重覆使用，該廢酸再生設備自民國 84 年設置迄今運轉情況良好。

廢酸再生處理流程如圖 5.2.1-3 所示。首先是將廢酸液經由過濾槽去除雜質，再經過預濃縮塔提高廢酸液濃度後，輸送至焙燒爐頂部，以高壓噴嘴將廢酸液均勻噴灑於爐內，藉由爐內約 600~650°C 的高溫焙燒氧化為粉狀之鐵、鉻、鎳等金屬氧化物與酸氣體，氣體部份經旋風分離器將粒徑較小之金屬氧化物再次分離後，輸送至預濃縮塔進行熱交換，再送至吸收塔以清洗水吸收生成再生硝酸、氫氟酸，並送回酸洗製程重覆使用，經過焙燒製程所回收之氫氟酸可達 98% 以上之回收率，而硝酸則有 70~75% 的回收率，其餘廢氣經處理符合排放標準後即可排放至大氣中。而金屬氧化物經加水造粒後，重回煉鋼爐再用。

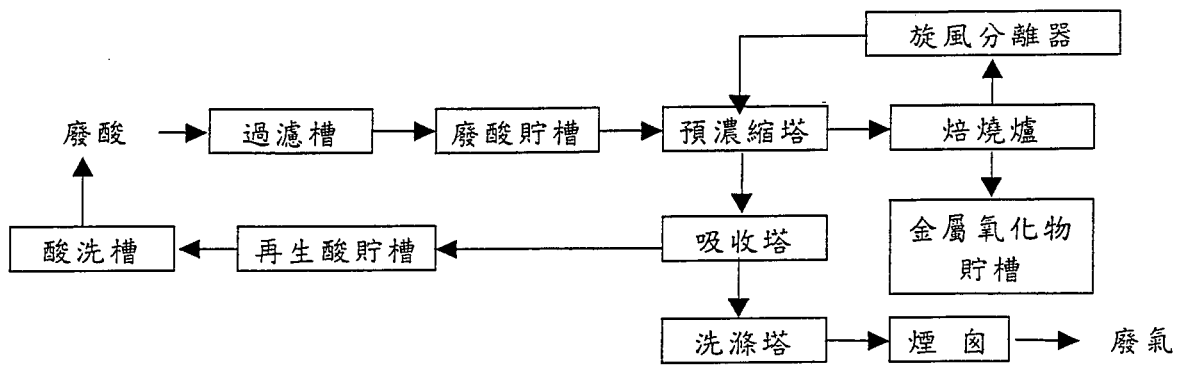


圖 5.2.1-3 廢酸液噴霧焙燒回收處理流程

該廠廢酸再生製程之操作，完全採用自動化控制模式，操作人員按三班編制，進行每班固定之巡檢，故能完全掌握設備異常狀況。在操作維護之管理方面，依該廠生產作業之規定，均已制訂標準操作程序，設備安全工作程序及維護作業規範，層層督導，確實執行，管理制度完備，堪稱嚴謹。

3. 資源化成效

該廠年產 36 萬噸之冷軋酸洗鋼捲，廢酸噴霧焙燒回收設備之設計處理量為 4,500 公升/小時，初設成本(含廠房土建)約為 1.5 億元。

目前實際處理量約在 3,000 公升/小時，採 24 小時運轉，總計年處理量約 2.6 萬噸，於估算經濟效益時，參考行政院主計處物價統計月報，依據投資設廠年(84 年)與現今(89 年)「躉售物價指數」之差異，將初設成本轉換為 14,452 萬元，此外，在評估回收及可節省效益時，則將該回收方式與目前一般廢硝氟混酸處理方式一例如排入廢水系統中和處理，進行比較，分析可節省回收項目為中和藥劑購置費及污泥委外處理費用，評估結果如表 5.2.1-1 所示。

經估算(方法請參閱第 6.2.2 小節)，每年操作維護費用包括人事管銷、燃料、水電、維護保養等費用等共計約 2,512 萬元，每年回收及可節省費用包括再生酸回收效益、廢酸處理藥劑費及污泥委外處理費等共計約 8,645 萬元。由估算結果得知，本方案之益本比為 1.99，大於 1，顯示年節省回收大於年成本，就整體效益而言該設備值得開發投資。

投資報酬率為 48.8%，大於本分析所假設之綜合年利率(8%)，投資回收年限則為 2.28 年。經考量固定成本、每年操作維護費支出及回收酸收入計算單位處理成本，由於本方案具有可觀之再生酸回收效益，遠大於固定成本及操作維護費支出，使單位處理成本為負值，也就是說處理每公噸之廢硝氟混酸可有 137 元的收益。

4.結語

焙燒之方式可將金屬與酸分離，而後分別回收。此方法特點在於酸與金屬(以氧化物形態)都可以回收再利用，但以應用於不銹鋼酸洗廢硝氟混酸而言，所含之金屬離子成份複雜，導致焙燒後之金屬氧化物無法有效純化而較不具回收價值，該廠係將其回爐再煉，節省委外處理費用，達到污染防治及廢棄物資源化的雙重效益，其推展實績足為其他業者之觀摩典範。

表 5.2.1-1 噴霧焙燒法廢硝酸混酸回收之經濟效益評估

單位：新台幣元

項次	項目	單位費用	費用
成 本 設	廢酸回收設備	144,520,000 元/組	144,520,000
	合計		144,520,000
維 護 成 本 每 年 操 作	1.人事及管銷費	616,000 元/人年	3,696,000
	2.維護保養費	10%初設成本	14,452,000
	3.水電費		3,780,000
	4.燃料費費		17,496,000
	合計		25,116,520
每 年 節 省 回 收 費 用	1.回收 55%硝酸	4,000 元/公噸	16,258,896
	2.回收 55%氫氟酸	21,000 元/公噸	33,945,660
	3.節省廢酸處理藥品費(消石灰)	5,000 元/公噸	16,431,780
	4.節省廢酸污泥處理費 (含水率 70%)	8,000 元/公噸	19,813,248
	合計		86,449,584
折 舊	設備投資還原因子		0.149
	設備折舊費		21,533,480
均 化 值	均化係數		1.1712
	均化年操作維護費		29,416,468
	均化年節省回收費		101,249,753
	均化年淨效益		71,833,285
投 資 效 益	益本比		1.99
	現值因子		2.0119
	投資報酬率		48.8%
	投資回收年限		2.28
處 理 成 本	每年回收酸收入		50,204,556
	固定成本		21,533,480
	營運成本		-25,088,036
	小計		-3,554,556
	每公噸處理成本		-137

註：本經濟效益評估假設條件說明：

- 1.參考行政院主計處物價統計月報「躉售物價指數」，依據投資設廠年(84 年=101.01)與現今(89 年=97.32)差異，將初設成本 15,000 萬元轉換為 14,452 萬元。
- 2.綜合年利率=8%
- 3.物價上漲率=4%
- 4.設備使用年限=10 年

5.2.2 擴散透析法

一、擴散透析法技術說明⁽¹²⁾⁽¹³⁾

1. 原理及設備概述

擴散透析法是一種薄膜分離程序。利用溶液中酸濃度差，及酸與金屬鹽類二者之間不同的擴散性差異原理，並且利用陰離子交換膜具有選擇透過性，只允許陰離子可以通過的特性，使酸與金屬鹽分離，而達到廢酸中回收酸的目的。陰離子交換膜可使用在無機酸的回收，如 HCl、H₂SO₄、HNO₃、HF、HBO₃、MSA(烷基磺酸)等。

擴散透析器的構造係由若干張隔板和離子交換膜相間放置，組成薄膜堆(membranestack)，膜堆外用夾板夾緊成一個整體，並使其保持密封不漏水。廢酸在擴散透析器本體內的交替分離係採對流(counter-current)擴散方式，水由本體的上端流入，廢酸液則由本體下端注入。當在擴散透析膜堆中，酸由酸溶液側擴散至水側，則大部份的金屬污染物仍殘留在酸溶液中。同時即由酸回收系統產生二股溶液：一股為純化回收之酸溶液，另一股則為含大量金屬污染物的殘酸溶液。經純化回收之酸溶液即可送回酸貯槽再利用，而含大量金屬污物的殘酸溶液即可送至其他金屬回收系統(如電解系統)、體積減量系統或逕送至廢水處理系統處理，擴散透析回收系統流程如圖 5.2.2-1 所示。

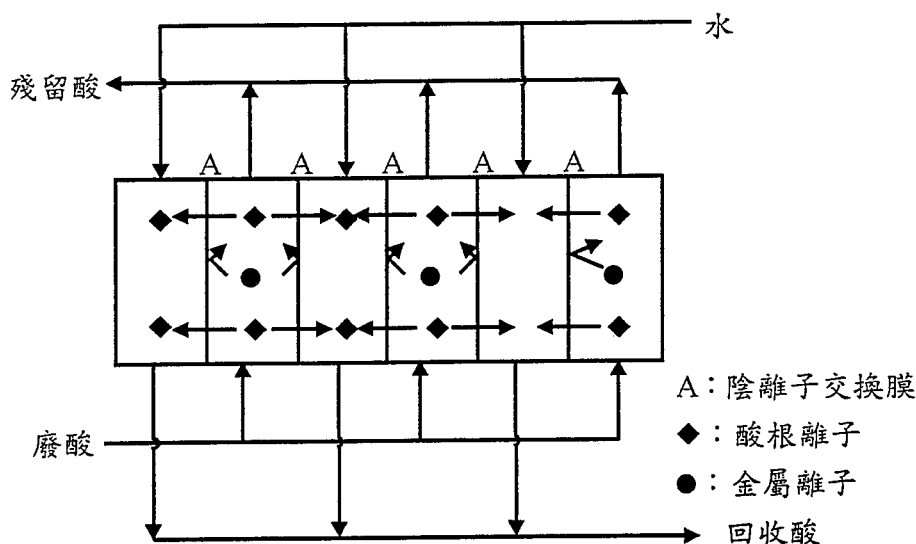


圖 5.2.2-1 廢酸擴散透析機構示意圖⁽¹³⁾

陰離子交換膜對金屬離子擴散有相當的抑制作用，但是金屬的滲漏(leakage)還是會發生，金屬的滲漏率和酸的回收率是由溶液與交換膜的接觸時間所控制。因此，最大酸回收率及最小金屬離子滲漏率為找尋的平衡點。擴散透析回收系統的關鍵零組件為陰離子交換膜，交換膜的優劣會影響酸的回收率及金屬離子的滲漏率，而其耐用性及價格亦影響整體設置及操作成本，因此選擇陰離子交換膜應考量其是否具有下列優良的特性：

- (1)低電阻。
- (2)高離子選擇性。
- (3)優良機械強度及韌性。
- (4)優良化學穩定性及耐久性。
- (5)優良尺寸穩定性。
- (6)在較大面積中呈平坦及性質均一性。
- (7)合理價格。

2.擴散透析操作控制因子

擴散透析應用於廢酸回收中，其設備效率評估主要考量酸回收率及濃度和金屬離子的去除效率，而影響酸回收率及濃度和金屬離子去除效率的操作控制因子，包括操作時間、進料流率、流率比(水/進流酸)、酸濃度、金屬離子濃度等。以下即針對各項控制因子進行說明：

(1)操作時間

當廢酸及水流入擴散透析膜堆中，酸即開始進行擴散透析，由於起始操作時，交換膜兩側酸的對數平均濃度差最大，故酸之遷移率最大，隨著時間增加，對數平均濃度差逐漸變小，即遷移率逐漸變小，當達 1.5~2.0 小時，遷移率即趨近於穩定，此時酸回收率可趨近於 90% 左右。

(2)進料流率

透析膜堆之處理容量決定於進料流率。在一固定交換膜面積的透析膜堆中，較低的進料流率使廢酸與交換膜有一較長的接觸

時間，並可得到較高的酸回收率；但相對的，較低進料流率處理同體積的廢酸，則需更高的設備投資成本及操作成本。儘管酸回收率隨著流率降低而增加，但一般認為，較具經濟效益的流率為 $1.0\sim 1.2\text{L/hr}\cdot\text{m}^2$ ，其酸回收率可達 80% 以上。

(3) 流率比(水/進料)

除進料流率外，流率比也控制酸回收效率。通常回收酸的濃度隨著流率比增加而降低，而酸回收量則隨著流率比增加而增加。一般對於含較高金屬離子的進料，較適當的流率比為 1.0~1.2 之間。

(4) 酸濃度

通常酸回收率隨著進料廢酸濃度增加而增加，主要原因為交換膜兩側酸的對數平均濃度差隨進料廢酸濃度增加而增加。

(5) 金屬離子濃度

各種不同的金屬離子對酸的回收率及對金屬離子滲漏率均有不同程度的影響，主要原因在於酸對各種金屬鹽的分離因子均有所差異。再者，金屬離子濃度增加，將導致酸回收率降低且金屬離子滲漏率增加。

二、擴散透析法回收廢硝酸混酸應用實例⁽¹⁴⁾

1. 前言

在日本目前採用擴散透析法回收硝酸混酸的案例有新日鐵八幡製鐵所、日本不鏽鋼鹿島製造所、日本冶金及日本精線等四家。本案例之 N 廠為日本大型不鏽鋼工廠之一，全廠員工人數約 1,500 人，專門生產不鏽鋼板、不鏽鋼管及其他不鏽鋼鑄件，製程採電弧爐—熱軋—冷軋一貫作業，在製程規範的設計上，可生產最大寬度為 1,600mm、厚度 0.1~7.0mm 之不鏽鋼製品，其製程完整且產能大(每年五十萬噸)，位居日本業界領導地位。

該廠係將不銹鋼連續酸洗過程中產生含硝酸及氫氟酸之廢混酸，以擴散透析法回收硝酸與氫氟酸之混酸於製程上再使用，由於該設備安裝簡便、操作容易，回收效率高、二次衍生污染性低，確實可

達到資源回收、降低生產成本及節省污染防治費用的目的。

2. 製程及原理

N 廠為日本大型不鏽鋼工廠之一，其生產製程採電弧爐—熱軋—冷軋一貫作業，由電弧爐，然後經 AOD 精煉，再澆鑄成扁鋼胚，送入熱軋製程(如圖 5.2.2-2 所示)。

熱軋鋼板捲在準備機組併捲、焊接，進入熱軋帶鋼退火、酸洗機組進行熱處理並經酸洗後，以冷軋機延軋成厚度 0.3~7.0mm 之鋼片，再進行退火、酸洗，然後經橫切或縱切機組分張或分條，最後進行成品分類、包裝。

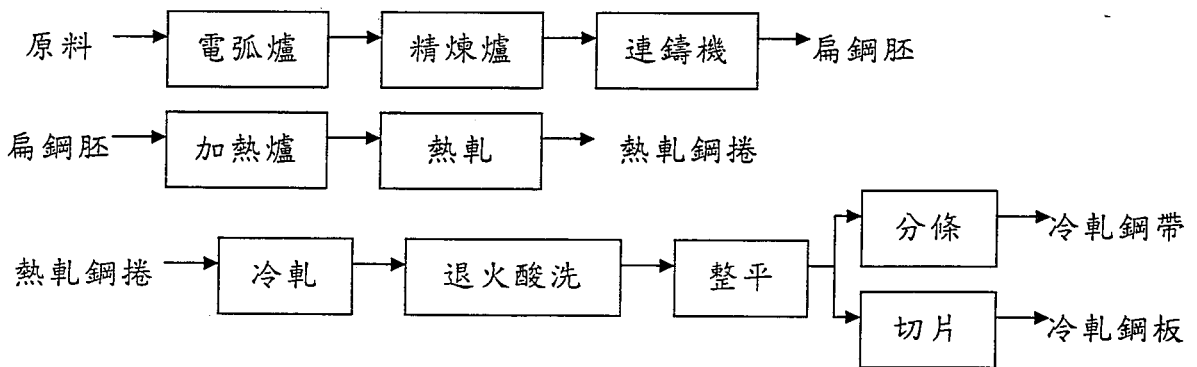
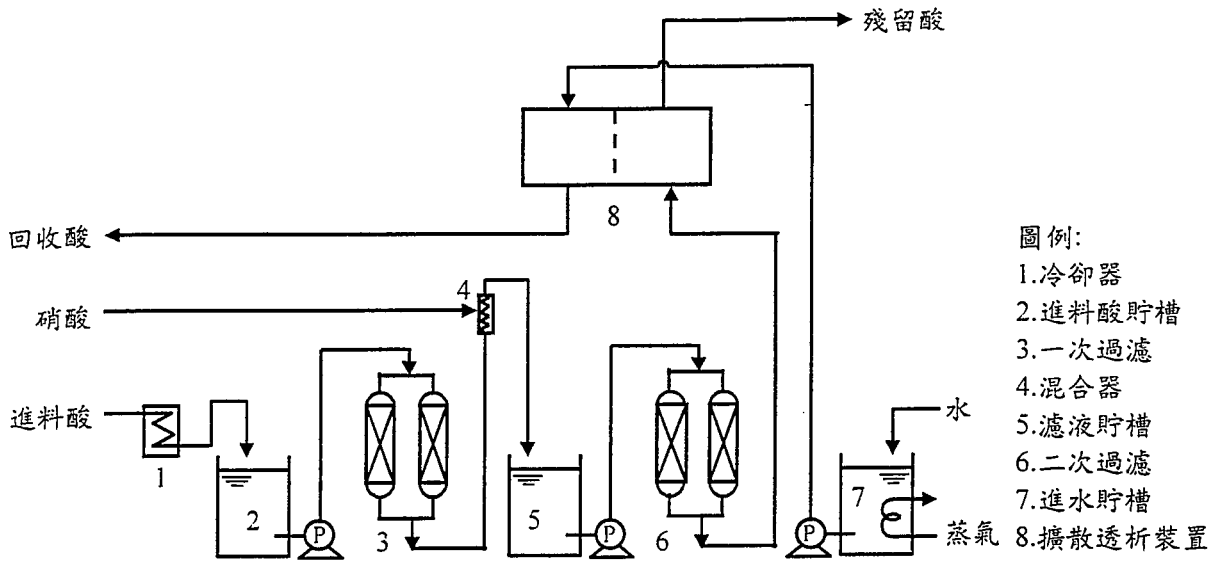


圖 5.2.2-2 N 廠電弧爐—熱軋—冷軋生產製程

酸洗不銹鋼時，採用 12%硝酸和 2.5%氫氟酸之與水組成的混酸；鋼帶連續酸洗過程中，酸的濃度逐漸降低，而金屬鹽類濃度逐步提高。當酸洗液失去酸洗能力時，則須排出處理。對於酸洗製程所產生的廢硝酸混酸，該廠係採用擴散透析法回收再生，廢酸處理量為 250L/hr，處理流程如圖 5.2.2-3 所示。



圖例：
 1.冷卻器
 2.進料酸貯槽
 3.一次過濾
 4.混合器
 5.濾液貯槽
 6.二次過濾
 7.進水貯槽
 8.擴散透析裝置

圖 5.2.2-3 硝氟混酸回收流程⁽¹⁴⁾

(1)廢酸前處理

退火酸洗使用後的廢酸含有殘餘鋼材表面剝落之銹皮、雜質及鐵、鎳及鉻等重金屬離子，其中之 SS 濃度高達數百 ppm；而擴散透析法使用之離子交換薄膜厚度在 1~2mm，溶液中過高之 SS 將阻塞薄膜而影響擴散透析效率，並減少薄膜之使用壽命，因此本系統設有廢酸前處理過濾設備，利用一次過濾器去除廢酸中大顆粒雜質，再將濾液經過二次過濾器，使進入系統廢硝氟混酸液之 SS 控制在 10ppm 以下。

(2)擴散透析裝置

在一定交換面積下，廢酸處理容量決定於進料流率，本系統流速為 1~2cm/min，並採對流擴散方式，經前處理後的廢酸液由裝置下端注入，水則由裝置的上端流入，在擴散透析膜兩側，由於廢酸及水分子之滲透壓不同，使得游離分子得以擴散方式經由薄膜滲入水中，而使水中游離酸濃度逐漸增加，而大部份的金屬污染物仍殘留在酸溶液中，達到酸與雜質分離回收的目的。

同時由系統產生二股溶液：一股為含大量金屬污染物的殘酸溶液，自系統上方泵送至廢酸處理系統，另一股為純化回收之酸溶液，自系統底部流出至回收酸貯槽，經薄膜透析後酸的濃度亦

稍有提高，但仍達不到酸洗要求的濃度，必須補充一部分新的硝酸(65%)和氫氟酸(55%)調整濃度後，才能重回酸洗製程使用，系統質量平衡詳如圖 5.2.2-4 所示。

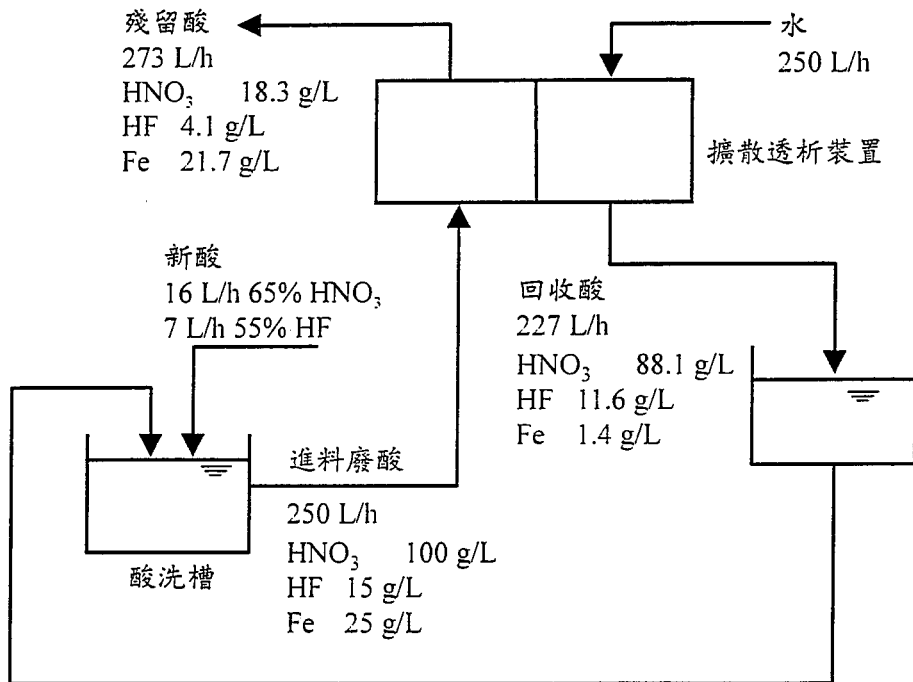


圖 5.2.2-4 硝氟混酸回收系統質量平衡圖⁽¹⁴⁾

3. 資源化成效

該廠採用擴散透析法進行廢硝氟混酸回收再生，其固定成本為廢酸回收設備乙套共計 2,054.4 萬日元，設計處理量為 250 公升/小時，設備大小約 3m×5m×5m，每年操作維護費用包括人事管銷、水費、電費及蒸汽費用共計 1,152 萬日元；回收效益則包括：

- (1) 節省廢酸處理加藥費：414 萬日元/年(消石灰：單價 20,000 日元/公噸)。
- (2) 酸回收再生效益：1,650 萬日元/年(65%硝酸：單價 65,000 日元/公噸、55%氫氟酸：單價 250,000 日元/公噸)。
- (3) 節省污泥處理費：2,160 萬日元/年(污泥處理：單價 15,000 日元/公噸)。

相關之經濟效益評估如表 5.2.2-1 所示，由估算結果得知益本比

為 2.57 大於 1，顯示年節省回收大於年成本，就整體效益而言該設備值得投資；其投資報酬率為 160%，大於本分析所假設之綜合年利率 (9%)，投資回收年限則為 0.67 年。

經考量固定成本、每年操作維護費支出及回收酸收入計算單位處理成本，由於本方案具有可觀之再生酸回收效益，可以平衡操作維護費支出，使單位處理成本僅為 139 日元。

4. 結語

擴散透析法應用於廢酸回收再利用，具有佔地面積小、耗電少、操作容易及適用性廣泛等優點，硝酸回收率達 80% 以上，氫氟酸回收率約 70%，可節省約三分之一之廢酸處理加藥費，大幅降低污泥產生量，並使放流水之硝酸鹽氮濃度降低，減輕環境負荷。且所需經濟規模較小，較適合應用於廢酸產生量規模較小的產業，於廠內製程逕行回收再利用，值得國內產業界參考應用，以達到資源回收、降低成本、減少污染的目的。

表 5.2.2-1 擴散透析法廢硝酸混酸回收之經濟效益評估

單位：日元

項次	項目	單位費用	費用
成本 初設	廢酸回收設備	20544,000 日元/組	20,544,000
	合計		20,544,000
維護 成本 每年 操作	1.人事及管銷費	2,400,000 日元/人年	7,200,000
	2.操作維護保養費	電費：15 日元/kw·hr 水費：50 日元/m ³ 蒸汽：3,000 日元/噸	4,320,000
	合計		11,520,000
回收 費用 每年 節省	1.回收再生酸	65%硝酸：65,000 日元/公噸 55%氫氟酸：250,000 日元/公噸	16,500,000
	2.節省廢酸處理(消石灰)費	20,000 日元/公噸	4,140,000
	3.節省之污泥處理費	15,000 日元/公噸	21,600,000
	合計		42,240,000
折舊	設備投資還原因子		0.257
	設備折舊費		5,280,000
均化 值	均化係數		1.0760
	均化年操作維護費		12,395,520
	均化年節省回收費		45,450,240
	均化年淨效益		33,054,720
投資 效益	益本比		2.57
	現值因子		0.6215
	投資報酬率		160.0%
	投資回收年限		0.67
處理 成本	每年回收酸收入		16,500,000
	固定成本		5,280,000
	營運成本		-4,980,000
	小計		300,000
	每公噸處理成本		139

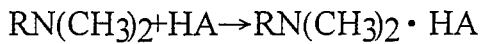
註：本經濟效益評估假設條件說明：

- 1.綜合年利率=9%
- 2.物價上漲率=4%
- 3.設備使用年限=5 年

5.2.3離子交換樹脂法

一、離子交換樹脂法技術說明(8)(13)

弱鹼性陰離子樹脂具有一級銨、二級銨及三級銨等型態之弱鹼性官能基。這類樹脂實用上為如苯銨之有機自由鹼類而非以氫氧基之形態出現。因此這類樹脂不能取代陰離子，但可以吸附與強酸有關之陰離子，如硫酸、硝酸、鹽酸、氟酸等。



*A：酸根

樹脂吸附法即係利用此類具吸附酸特性之樹脂，填裝於吸附塔內，當含有金屬離子及剩餘自由酸的廢酸液通過樹脂床時，樹脂即吸附廢酸中的自由酸，殘留的酸及金屬離子則排出塔外。當樹脂吸附飽和，再以軟水將吸附飽和酸之樹脂沖洗而成回收酸。樹脂吸附法回收廢酸機制如圖 5.2.3-1 所示。

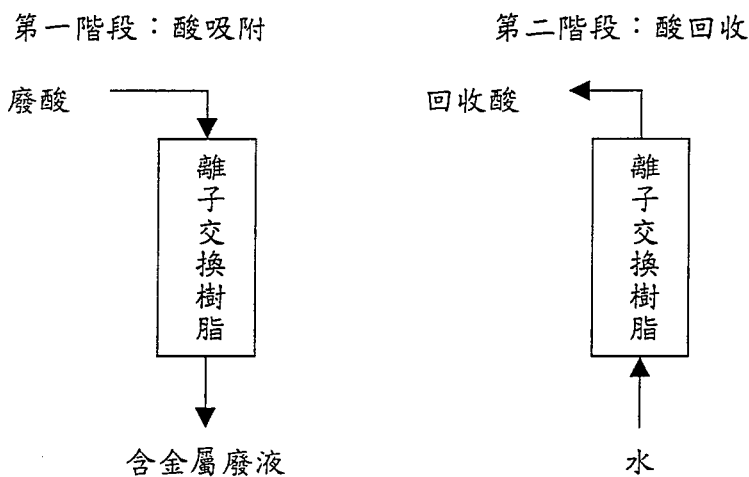


圖 5.2.3-1 離子交換樹脂酸回收示意圖

本法由於投資成本較低，且操作方便，故廣為國內大型不鏽鋼廠採用，惟其亦僅能回收廢酸中之自由酸。

二、離子交換樹脂法回收硝氟混酸應用實例

1. 前言

H 廠為一生產 300 系不鏽鋼盤元(條)為主之大型不鏽鋼廠。該廠設置乙套樹脂吸附法廢混酸回收設備將軋鋼熱處理後之酸洗過程中

產生含硝酸及氫氟酸之廢混酸，以樹脂吸附其中的自由酸，回收於製程上再用，由於該設備安裝簡便、操作容易，確實可達到資源回收、降低生產成本及節省污染防治費用的目的。

2. 製程及原理

H 廠之生產製程如圖 5.2.3-2 所示，對於經退火爐熱處理之盤元經酸洗去除銹皮後加工製成直棒、條鋼盤元及線材盤元，產品直徑範圍約為 5mm~30mm，月產量約為 10,000 公噸。

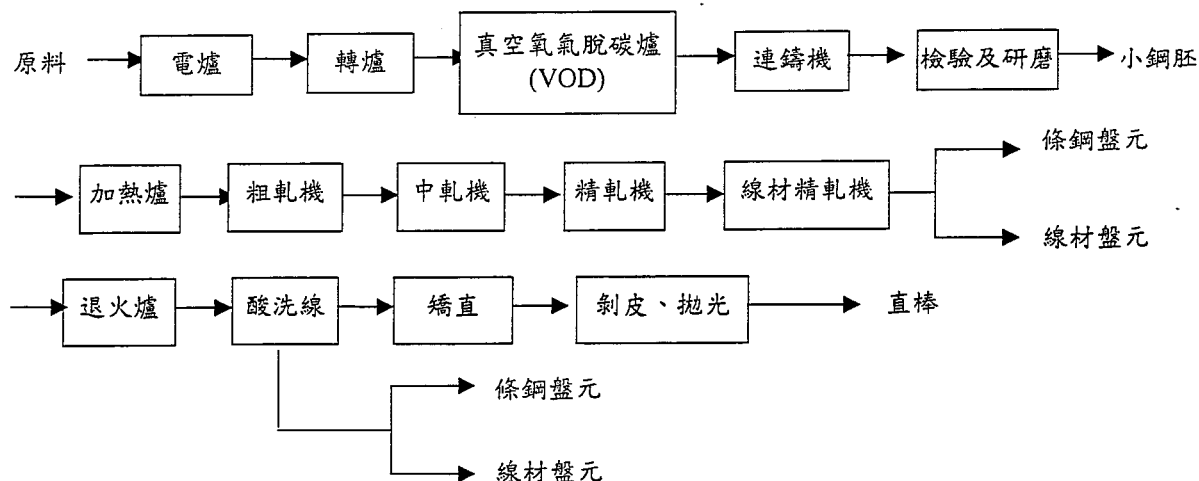


圖 5.2.3-2 H 廠生產製程圖

H 廠之樹脂吸附法廢混酸回收設備流程如圖 5.2.3-3 所示，係利用一特殊吸附酸之樹脂，填裝於吸附塔內，當含有金屬離子及剩餘自由酸的廢酸液通過樹脂床時，樹脂即吸附廢酸中的自由酸，殘留的廢酸及金屬離子則排出塔外。當樹脂吸附飽和，再以軟水將吸附飽和酸之樹脂沖洗而成回收酸。

該廠計有兩條酸洗線，一條為三槽之配置，另一條為四槽之配置，酸洗線混酸配比中氫氟酸約為 3~5%、硝酸約為 10~15%。

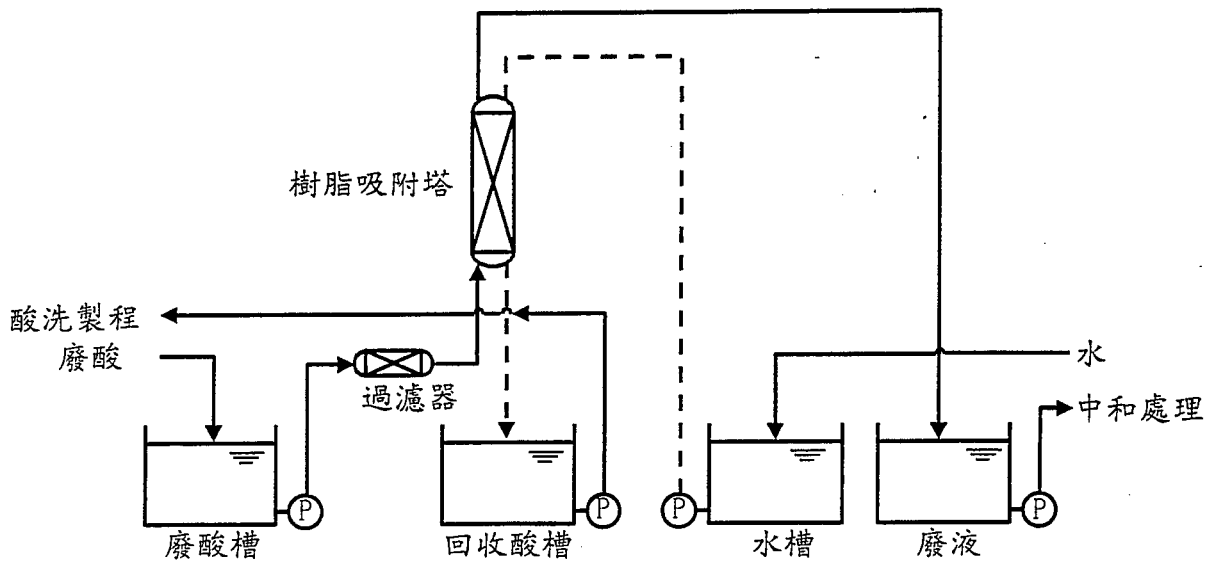


圖 5.2.3-3 樹脂吸附法回收廢酸流程⁽¹³⁾

3. 資源化成效

H 廠樹脂吸附法廢混酸回收設備之固定成本為廢酸回收設備乙套共計 2,000 萬元，設計處理量為 4,000 公噸/月，目前實際處理量約為 2,000 公噸/月。

於估算經濟效益時，參考行政院主計處物價統計月報，依據投資設廠年(83 年)與現今(89 年)「躉售物價指數」之差異，將初設成本轉換為 2,069 萬元，此外，在評估回收及可節省效益時，則將該回收方式與目前一般廢硝酸混酸處理方式一例如排入廢水系統中和處理，進行比較，分析可節省回收項目為中和藥劑購置費及污泥委外處理費用，評估結果如表 5.2.3-1 所示。

經估算(方法請參閱第 6.2.2 小節)，每年操作維護費用包括人事及管銷費、動力費用、水費、純水再生費、維護保養費、樹脂更換等共計 2,967 萬元/年、回收效益包括節省污泥委外處理費 668 萬元/年，廢混酸處理藥品費 719 萬元/年，回收硝酸(換算為 55%)916 萬元/年及氫氟酸(換算為 55%)1,145 萬元/年，合計每年節省 3,449 萬元/年。由估算結果得知，本方案之益本比為 1.07 接近於 1，計算所得之投資報

酬率為 24.2%，大於本分析所假設之綜合年利率(8%)，投資回收年限則為 4.50 年。經考量固定成本、每年操作維護費支出及回收酸收入計算單位處理成本為 506 元。

4. 結語

樹脂吸附法廢混酸回收設備用於回收硝酸及氫氟酸，雖然回收率不高(硝酸約 70%、氫氟酸約 50%)，惟由於設備固定成本低廉，相較於節省及回收之大額費用，具有相當高之經濟效益。

表 5.2.3-1 樹脂吸附法廢混酸回收之經濟效益評估

單位：新台幣元

項次	項目	單位費用	費用
成 本 設	廢酸回收設備	20,691,000 元/組	20,691,000
	合計		20,691,000
維 護 成 本 每 年 操 作	1.人事及管銷費	616,000 元/人年	1,848,000
	2.動力費用	2.6 元/k.w-hr	79,872
	3.水費		10,560,000
	4.純水再生費		15,120,000
	5.維護保養費	初設成本之 10%	2,069,100
	6.樹脂更換(8 枝/每週)	150 元/支	62,400
	合計		29,670,272
每 年 節 省 回 收 費 用	1.回收 55%硝酸	4,000 元/公噸	9,163,200
	2.回收 55%氫氟酸	21,000 元/公噸	11,453,400
	3.節省廢酸處理(消石灰)費	5,000 元/公噸	7,193,940
	4.節省廢酸污泥處理費 (含水率 70%)	8,000 元/公噸	6,684,000
	合計		34,494,540
折 舊	設備投資還原因子		0.149
	設備折舊費		3,082,959
均 化 值	均化係數		1.1712
	均化年操作維護費		34,749,823
	均化年節省回收費		40,400,005
	均化年淨效益		5,650,182
投 資 效 益	益本比		1.07
	現值因子		3.6620
	投資報酬率		24.2%
	投資回收年限		4.50
處 理 成 本	每年回收酸收入		20,616,600
	固定成本		3,082,959
	營運成本		9,053,672
	小計		12,136,631
	每公噸處理成本		506

註：本經濟效益評估假設條件說明：

- 1.參考行政院主計處物價統計月報「躉售物價指數」，依據投資設廠年(83 年=94.07)與現今(89 年=97.32)差異，將初設成本 2,000 萬元轉換為 2,069 萬元。
- 2.綜合年利率=8%
- 3.物價上漲率=4%
- 4.設備使用年限=10 年

5.2.4 硫酸置換法

一、硫酸置換法技術說明⁽¹³⁾⁽¹⁵⁾

硫酸置換法是將硫酸加入廢酸中與業已形成金屬鹽之消耗酸進行置換反應，反應後之酸液(含廢酸中原所含之自由酸)，被塔底上昇的蒸汽加熱，再導入真空蒸發裝置，利用減壓操作使水及酸氣排出後，再以冷凝器將其冷凝回收酸液。

處理流程如圖 5.2.4-1 所示，系統中廢硝氟混酸與高濃度硫酸同時由蒸發器頂部供給，廢酸中不論游離酸或金屬鹽均依複分解釋出，由蒸發器底上昇的蒸汽加熱蒸發，由冷凝器冷卻後回收氫氟酸及硝酸，此外，廢酸中之水份則被循環硫酸抽出後流入塔內，此時廢酸中之氫氟酸及硝酸已大致被排出，故由蒸發器底排出的循環硫酸液內，氫氟酸及硝酸的比例甚低，將循環硫酸液導入固液分離器，使溶解之金屬離子析成硫酸鹽而分離，可在固液分離器底回收 FeSO_4 等金屬鹽。

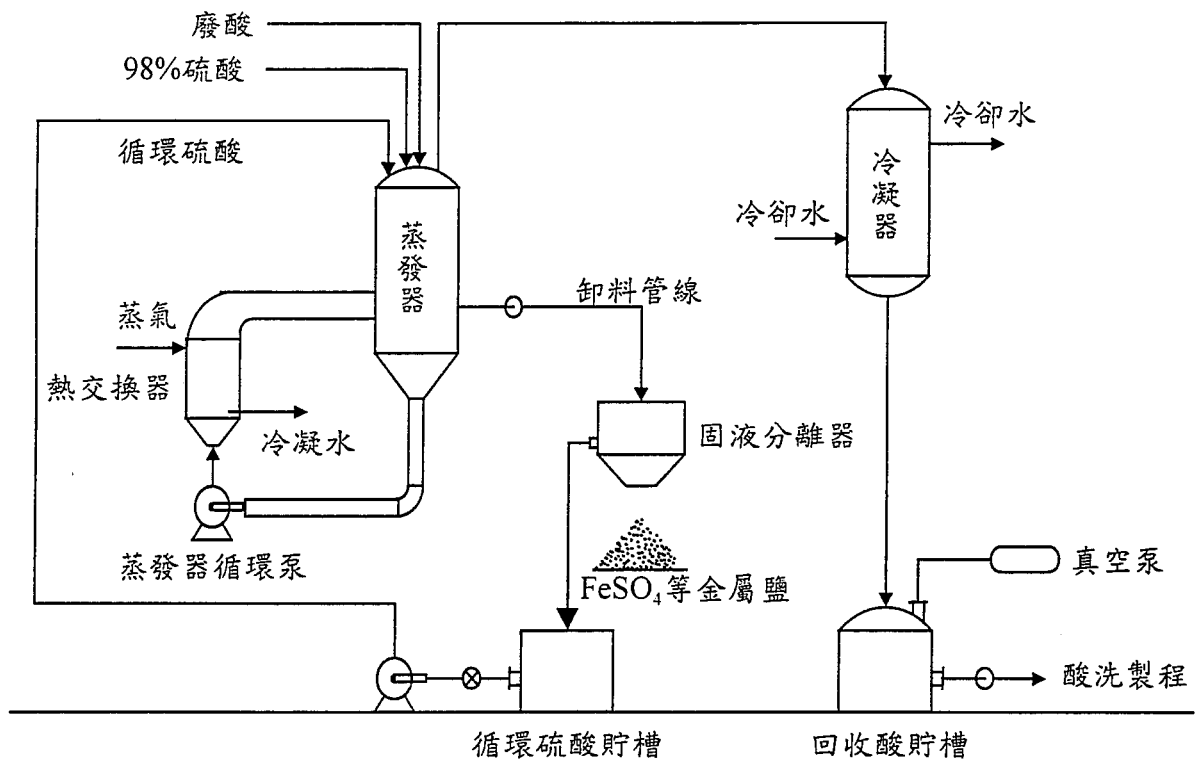


圖 5.2.4-1 硫酸置換法處理流程⁽¹⁶⁾

二、硫酸置換法回收硝氟混酸應用實例⁽¹⁵⁾

1. 前言

T 廠為位於中國大陸山西省之軋鋼廠，主要生產冷軋不銹鋼板，產品厚度 0.1~3.0mm，設計年產不銹鋼板 3 萬公噸。該廠自行研發設置硫酸置換法廢混酸回收設備，將不銹鋼連續酸洗過程中產生含硝酸及氫氟酸之廢混酸，以硫酸置換、真空減壓及蒸發回收之原理回收硝酸與氫氟酸之混酸於製程上再使用，由於該設備回收效率高、二次衍生污染性低，確實可達到資源回收、降低生產成本及節省污染防治費用之目的。

2. 製程及原理

T 廠以熱軋板捲為原料，在準備機組併捲、焊接、經熱軋帶鋼退火、酸洗機組(簡稱熱線)進行熱處理並經酸洗後，以冷軋機將厚度 4mm 的帶鋼軋至 0.3~3.0mm，再送冷軋帶鋼退火、酸洗機組(簡稱冷線)進行成品熱處理和酸洗，然後經橫切或縱切機組分張或分條，最後進行成品分類、包裝。

為了去除鋼材表面之氧化銹皮，冷軋前必須進行酸洗。T 廠共有三條酸洗線，分別為熱線、冷線及光亮線。有 25m³ 的酸洗槽三個，15m³ 的酸洗槽 2 個。酸洗不銹鋼時，採用 15% 硝酸和 3~5% 氫氟酸之混酸酸洗。鋼帶連續酸洗過程中，酸的濃度逐漸降低，而金屬鹽類濃度逐步提高。當酸洗液失去酸洗能力時，則須排出處理。T 廠之硫酸置換法廢混酸回收流程如圖 5.2.4-2 所示，說明如下：

廢酸由酸洗製程排出後泵送至廢酸貯槽(13)，再用泵送入廢酸計量罐(5)，在真空作用下進入蒸發器(2)，同時，以硫酸計量罐(4)吸入作置換用的濃硫酸。蒸發器內保持 86.7 kpa 的真空度，控制蒸發溫度為 40~50°C。混酸用加熱器(1)間接加熱，並使酸液在蒸發器和加熱器之間循環流動。混酸蒸發以蒸發器頂部進入冷凝器(3)間接冷凝後，得到成品回收酸。回收酸以冷凝器底部流入接收罐(8)，用泵送回酸洗製程重覆使用。

加有濃硫酸之廢酸液由於加熱、循環、蒸發使鐵離子濃度逐漸增

加。當鐵離子濃度達 75g/L 時，就成為渣液，以加熱器(1)底部排入漿液緩沖罐(7)，經攪拌、冷卻，形成結晶，流入離心機(9)，分離出硫酸鹽和循環酸，循環酸進入循環酸貯槽(15)可重覆使用。殘渣經離心機自動卸料須另行清理。系統中之真空通過循環水箱(10)、小泵及水力噴射泵(11)維持。

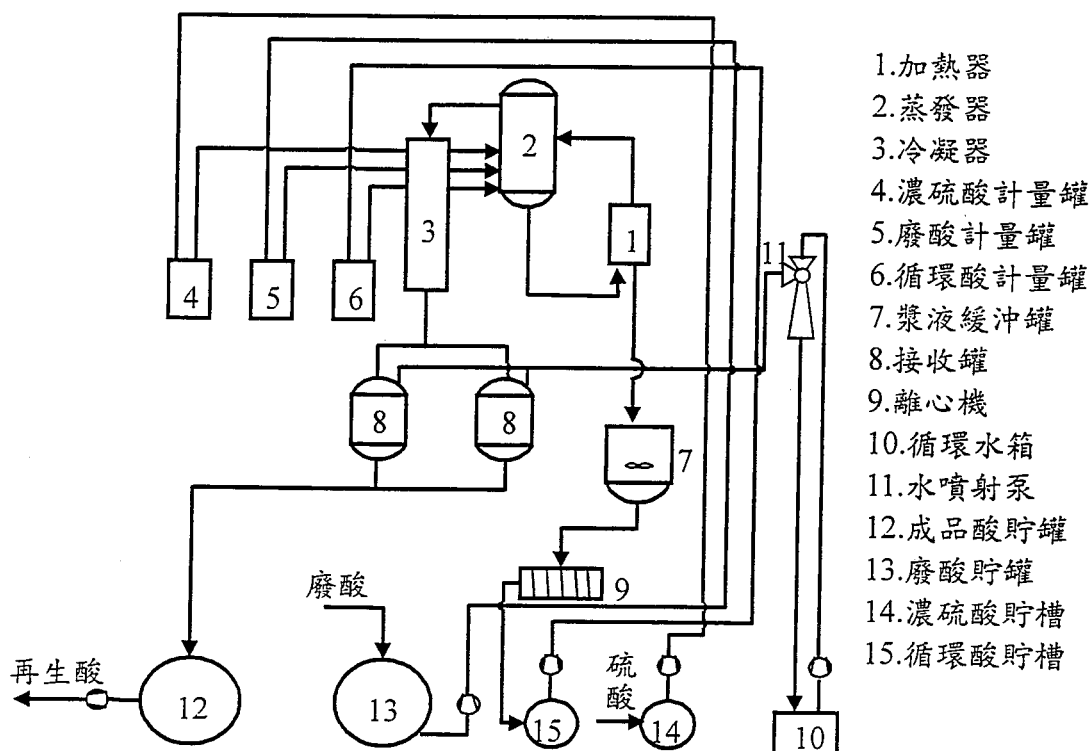


圖 5.2.4-2 硫酸置換法回收廢混酸流程圖⁽¹⁵⁾

該廠酸洗線規定採用 2~5%HF 和 12~15% HNO_3 與水組成的酸洗原液。總酸度為 4.5~5.0N。酸洗後，當鐵離子含量達 25~40g/L 時，即成為廢酸。酸洗原液的配製標準及廢酸成份如表 5.2.4-1 及表 5.2.4-2 所示。

表 5.2.4-1 酸洗原液的配製標準⁽¹⁵⁾

酸槽容量 (m^3)	加酸量(tonne)	總酸度 (N)	硝酸根 (N)	氟根 (N)	鐵離子 (g/L)
15	HF 1.5, HNO_3 2.5	4.5~5.0	2.50	2.5	<10
25	HF 2.5, HNO_3 4.25				

表 5.2.4-2 廢酸成份⁽¹⁵⁾

總酸度 (N)	硝酸根 (N)	氟根 (N)	鐵離子 (g/L)	鉻離子 (g/L)	鎳離子 (g/L)
1.8~2.5	1.2~1.7	0.6~0.8	25~40	2~3	1~2

廢酸經處理，金屬離子去除後，酸的濃度亦稍有提高，但仍達不到酸洗要求的濃度，必須補充一部分新的硝酸和氫氟酸後，才能用於酸洗。回收酸的成份如表 5.2.4-3 所示。

表 5.2.4-3 回收酸成份⁽¹⁵⁾

總酸度 (N)	硝酸根 (N)	氟根 (N)	鐵離子 (g/L)	鉻離子 (g/L)	鎳離子 (g/L)
1.89~2.65	1.24~1.80	0.65~0.85	1.7	—	—

3. 資源化成效

該廠之硫酸置換法廢混酸回收設備設置於 1985 年，達設計能力年產不銹鋼 3 萬公噸時，每年可回收廢酸 5,000 公噸，其初設成本包括廠房建設、廢酸回收設備及其他費用共計 245.2 萬人民幣，每年操作維護費用包括人事及管銷費、原料費、維護保養費、水電費及蒸汽費用共計 52.1 萬人民幣；回收效益則包括節省廢混酸廢水處理鹼液 (33%) 消耗量 1,980 公噸/年、回收硝酸(換算為 98%)765 公噸/年及氫氟酸(換算為 50%)400 公噸/年，合計每年節省 172.5 萬人民幣，相關之經濟效益評估如表 5.2.4-4 所示。

經估算，本方案之益本比為 2.11 遠大於 1，顯示年節省回收大於年成本，就整體效益而言該設備值得投資設置。計算所得之投資報酬率為 57%，大於本分析所假設之綜合年利率(7%)，該廠設置此設備之回收期限約 2.0 年。經考量固定成本、每年操作維護費支出及回收酸收入計算單位處理成本，由於本方案具有可觀之再生酸回收效益，大於固定成本及操作維護費支出，使單位處理成本為負值，也就是說處理每公噸之廢硝氟混酸可有 100 元人民幣的收益。

4. 結語

硫酸置換法用於大型不銹鋼廠酸洗線之硝酸、氫氟酸回收是可行

的，回收的再生酸用於不銹鋼酸洗時，其效能與新酸接近，可有效降低新酸使用量。

此外，由於硝酸、氫氟酸是一種強腐蝕性物質，因此本設備對於材料的選擇十分慎重，如設備重要處理單元之蒸發器即係選用玻璃鋼增強聚丙烯板製造，可在系統所設定之高溫及高真空度條件下正常運轉，而不致腐蝕受損，可作為借鏡。

表 5.2.4-4 硫酸置換法廢混酸回收之經濟效益評估

單位：人民幣

項次	項目	單位費用	費用
初設成本	1.廠房建設	735,450 元/組	735,450
	2.廢酸回收設備	1,470,900 元/組	1,470,900
	3.其他費用	245,150 元/組	245,150
	合計		2,451,500
每年操作維護成本	1.人事及管銷費	—	170,847
	2.原料費 98%硫酸	195 元/公噸	78,001
	3.維護保養費		69,787
	4.水電費		151,997
	5.蒸汽		49,999
	合計		520,631
回收每年節省費用	1.回收 98%硝酸	430 元/公噸	329,078
	2.回收 50%氫氟酸	2,600 元/公噸	1,040,003
	3.節省廢酸處理鹼液費	180 元/公噸	356,397
	合計		31,854,492
折舊	設備投資還原因子		0.142
	設備折舊費		348,113
均化值	均化係數		1.1747
	均化年操作維護費		611,585
	均化年節省回收費		2,026,919
	均化年淨效益		1,415,334
投資效益	益本比		2.11
	現值因子		1.7321
	投資報酬率		57.0%
	投資回收年限		1.91
處理成本	每年回收酸收入		1,369,081
	固定成本		348,113
	營運成本		-848,450
	小計		-500,337
	每公噸處理成本		-100

註：本經濟效益評估假設條件說明：

- 1.所列費用以該廠完工年(1985年)之營運收支估算。
- 2.綜合年利率=7%
- 3.物價上漲率=4%
- 4.設備使用年限=10年

5.3 廢硝酸混酸資源化技術評析

不鏽鋼酸洗製程產生之高濃度廢硝酸混酸，可利用 Ruthner 法、擴散透析法、離子交換樹脂法及硫酸置換法等予以資源回收。針對各類資源化技術特點說明分析如下：

一、Ruthner(噴霧焙燒)法

噴霧焙燒法之主要步驟係將廢酸經由加壓噴嘴分散成霧狀後，進入約 800°C 的焙燒爐中，分解生成酸氣與金屬氧化物的微粒，再以水吸收酸氣而回收得再生酸液，並與金屬氧化物微粒分離。

本法的特點是酸(含自由酸及已與金屬反應之消耗酸)與金屬(鐵、鎳、鉻等)都可以回收再利用，無廢水或污泥等處理衍生物產生。應用限制在於焙燒屬高溫操作程序，高溫耐蝕設備費用較高，加上需設置空氣污染控制設備，整體之投資成本極為高昂，佔地大，系統採連續式運轉，操作人力及技術性需求高，設備在高溫下操作，折舊率高且不易維修，加上需配合設置空氣污染防治設備，整體而言，較適用於大廠，小廠對其高投資負荷及操作維護支出不易承擔。

二、擴散透析法

擴散透析法係利用離子交換薄膜(ion exchange membrane)及滲透壓(osmotic pressure)原則處理回收廢酸，薄膜將反應槽分成兩室，以濃度差為趨動力，其特點為可利用重力進料，且擴散透析亦不消耗能量，整體而言耗能低，且系統屬模組化設備，安裝簡便，操作維護容易；缺點是僅能回收廢酸中之自由酸，且殘留之含重金屬廢液須進行後續處理，故選用評估時需一併考量處理衍生物之處理處置途徑及其費用。

三、離子交換樹脂法

樹脂吸附法係利用陰離子交換樹脂對於酸之選擇性吸附特性，填裝於吸附塔內吸附回收廢酸中的自由酸，當樹脂吸附飽和，再以軟水將吸附飽和酸之樹脂沖洗而成回收酸。

本法之優點在於高度商業化，設備安裝簡便，投資成本較低，且操作方便，缺點為僅能回收廢酸中之自由酸，需定期更換樹脂床，且殘留的含重金

屬廢液須進行後續處理，故選用評估時需一併考量處理衍生物之處理處置途徑及其費用。

四、硫酸置換法

硫酸置換法是將硫酸加入廢酸中與業已形成金屬鹽之消耗酸進行置換反應，反應後之酸液(含廢酸中原所含之自由酸)導入真空蒸發裝置，使其蒸發排出，即可得回收酸。

本法的優點包括可同時回收廢酸中之自由酸及消耗酸，酸回收率高，可回收金屬，無廢水及污泥產生，其裝置簡單、應用原理及操作技術與一般化工單元操作類似，國內工程建造廠商即能規劃設置，因此設備投資成本較為低廉；應用限制在於應用於硝酸、氫氟酸回收上，由於此混合酸種為強腐蝕性物質，因此，本設備對於材料的選擇十分慎重，需在系統所設定之高溫及高真空度條件下正常運轉，而不致腐蝕受損。

上述各項廢酸資源回收技術，就其資源化產品、硝酸與氫氟酸回收率、操作條件、人力需求、佔地面積、處理衍生物、技術特點及應用限制等項目，綜合評析如表 5.3-1 所示；其中 Ruthner 法是一種全面性減產與資源回收之系統，但投資成本極為高昂，適用於大型工廠；擴散透析法及離子交換樹脂法投資成本低，且操作方便，惟酸回收率較差，硫酸置換法有較佳之酸回收率，無殘留廢液處理問題，回收技術無須仰賴國外，費用較低，可進一步評估其經濟效益，俾利推廣應用。

此外，為便於將估算結果進行比較，依據前文各案例經濟效益分析結果截取主要參數，如：初設成本、操作維護費、再生酸收入、益本比、投資報酬率、投資回收年限及每公噸處理成本等，彙整如表 5.3-2 所示；惟各案例設廠時空背景並不相同，前文已註明分析假設條件及各項物料單價，讀者於參考評選之際應適度加以轉換，特別是國外案例，另需考量國內與案例所在地之薪資制度、物價、幣值等各項差異，方不致造成太大的偏差。

表 5.3-1 廢硝氟混酸資源回收技術評析

技術名稱	Ruthner 法	擴散透析法	離子交換樹脂法	硫酸置換法
原理	利用焙燒法分離酸與金屬，並分別回收酸及金屬再利用	利用陰離子交換膜選擇性讓酸透過之特性回收酸	利用陰離子交換樹脂選擇性吸附酸之特性回收酸	加入硫酸與廢酸置換反應，並分別回收酸及金屬再利用
資源化產品	硝酸、氫氟酸、氧化鐵等	硝酸、氫氟酸	硝酸、氫氟酸	硝酸、氫氟酸、硫酸亞鐵等
硝酸回收率	75%	80%	70%	85%
氫氟酸回收率	98%	70%	50%	99%
操作方式	連續操作	連續操作	批次操作	批次操作
操作溫度	600~800°C	常溫	常溫	50~120°C
人力需求(8hr)	3 人	1 人	1 人	2 人
佔地面積	較大(約 500M ²)	小(約 50M ²)	小(約 50M ²)	中等(約 300M ²)
處理衍生物	—	含重金屬廢液	含重金屬廢液 廢樹脂	—
技術特點	<ol style="list-style-type: none"> 1.可同時回收廢酸中之自由酸及消耗酸，酸回收率高 2.可回收金屬，無廢水及污泥產生 	<ol style="list-style-type: none"> 1.工程技術及操作簡單 2.投資成本低 	<ol style="list-style-type: none"> 1.工程技術及操作簡單 2.投資成本低 	<ol style="list-style-type: none"> 1.可同時回收廢酸中之自由酸及消耗酸，酸回收率高 2.可回收金屬，無廢水及污泥產生 3.投資成本低
應用限制	<ol style="list-style-type: none"> 1.連續式操作，投資成本高，有經濟規模限制 2.維修不易 3.操作技術性高 4.需設置空氣污染控制設置 	<ol style="list-style-type: none"> 1.酸回收率較低 2.薄膜套裝設備須仰賴國外 3.殘留之含重金屬廢液須進行後續處理 	<ol style="list-style-type: none"> 1.酸回收率較低 2.離子交換樹脂須定期更換 3.殘留之含重金屬廢液須進行後續處理 	<ol style="list-style-type: none"> 1.須消耗硫酸 2.工程技術及操作較複雜

表 5.3-2 不同技術案例之經濟效益比較一覽表

技術名稱	Ruthner 法	擴散透析法	離子交換樹脂法	硫酸置換法
所在區域	台灣	日本	台灣	中國
設廠年份	民國 84 年	—	民國 83 年	1985 年
處理量(公噸/月)	2,160	180	2,000	415(回收酸)
硝酸回收率	75%	80%	70%	—
氫氟酸回收率	98%	70%	50%	—
人力需求	6 人	3 人	3 人	27 人
佔地面積(M ²)	500	50	50	700
初設成本	144,520,000 元	20,544,000 日元	20,691,000 元	2,451,500 人民幣
操作維護費	25,116,520 元	11,520,000 日元	29,670,272 元	520,631 人民幣
硝酸單價(元/公噸)	55% : 4,000 元	65% : 65,000 日元	55% : 4,000 元	98% : 430 人民幣
氫氟酸單價(元/公噸)	55% : 21,000 元	55% : 250,000 日元	55% : 21,000 元	50% : 2,600 人民幣
再生酸收入(元/年)	50,204,556 元	16,500,000 日元	20,616,600 元	1,369,081 人民幣
益本比	1.99	2.57	1.07	2.11
投資報酬率	48.8%	160.0%	24.2%	57.0%
回收年限	2.28	0.67	4.5	1.91
處理成本(元/公噸)	-137 元	139 日元	506 元	-100 人民幣

第六章 廢硝氟混酸資源化技術效益評估範例

廢酸資源回收方式隨著廢酸特性、濃度、所含金屬種類與濃度及技術經濟規模而有極大的差異，在第五章已介紹四項廢硝氟混酸資源化技術，其中 Ruthner(噴霧焙燒)法是一種全面性減產與資源回收系統，投資成本高昂，屬設廠時搭配興建之酸液再生設備，故多見於大型工廠；擴散透析法及離子交換樹脂法投資成本低廉、操作方便且安裝容易，雖然酸回收率較差，仍普遍為中、小型工廠所採用；硫酸置換法有較佳之酸回收率，無殘留廢液處理問題，其裝置簡單、設備投資成本低廉，但國內目前尚未有實廠設置。

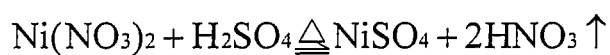
鑑於 Ruthner(噴霧焙燒)法、擴散透析法與離子交換樹脂法在國內已有實廠，或設備供應商推介使用，評估選用所需之參考資料及分析數據可自設備供應商及設備使用者之處取得；本章節乃以國內尚未有實廠設置之硫酸置換法為範例，介紹說明採用該技術之評估要素、設備容量規劃及應如何進行經濟效益評估，以及搭配不同設廠方案(廠外集中資源化及設置廠內回收設備)估算其處理成本及設備回收期限，提供擬投入廢硝氟混酸資源回收相關業者參考比較之用。

6.1 廢硝氟混酸硫酸置換法資源化廠之先期規劃

6.1.1 硫酸置換回收技術基本原理

硫酸置換法係將含有鐵、鎳、鉻之廢硝氟混酸中加入硫酸，使其與廢酸中的亞鐵離子發生反應，再將反應後之酸液導入真空蒸發裝置，利用減壓操作，使水、HF 及 HNO₃ 餾出後，再以冷凝器將其冷凝回收硝氟混酸。

在廢酸中添加硫酸，使廢酸中 FeF₃、Fe(NO₃)₃ 與硫酸發生反應，所添加的硫酸量，需遠超過理論化學計量，其主要原因為使複分解反應完全，將廢酸中氟鹽與硝酸鹽完全分解生成硝氟混酸而被回收，其反應方程式如下：





當添加過量的硫酸時，因硫酸具有脫水作用，故過量的硫酸會降低硝氟混酸在廢酸與硫酸的混合液中的溶解度，相對增加混合液中 HF 與 HNO₃ 的揮發性。因此，廢酸溶液中大部份的氟離子與硝酸根可利用添加硫酸及真空蒸發方式回收到較高濃度的硝氟混酸。

6.1.2 廢硝氟混酸集中回收處理要素評估

廢硝氟混酸硫酸置換法回收技術，由實驗室試驗及模廠印證結果，得知對氫氟酸回收率可達 99% 以上，硝酸回收率可達 85% 以上，回收效果良好，若擬建立廢硝氟混酸集中處理回收廠，需針對以下重點進行評估：

一、廢硝氟混酸之來源、數量及成份穩定性

建立廢硝氟混酸集中處理回收廠，首先需考慮的重點為廢酸之來源及產生數量。此外，各來源廢酸成份穩定性亦為一重要考量因子，就成份而言，應注意重點在於廢硝氟混酸中鐵及其他金屬離子濃度；鐵離子濃度愈高，則所產生的硫酸鹽鐵量愈多，但每批次進廠濃度範圍應儘量一致，必要時可適度混合調整，以降低回收廠操作控制之變異性。

二、處理規模

依據第四章工業局民國 90 年於不銹鋼產業廢硝氟混酸產生量(約 13,000 公噸/月)及已採酸回收設備回收處理量(約 8,600 公噸/月)之調查評估，尚未採酸回收設備回收處理之廢硝氟混酸約 4,400 公噸/月，考量不銹鋼廠之區域分布及硫酸置換法在國內並無實廠設立，所以建議回收廠之處理量可設計在 1,000 公噸/月左右，經過一定時期運轉後，視市場需求及回收效益，再進一步評估擴大處理量能或另於其他區域設廠之必要性。

三、物料運輸成本

廢硝氟混酸集中回收處理，需要考慮廢酸及回收酸之運輸成本是否經濟。建議以 50 公里之範圍為服務區域，而每公噸廢酸及回收酸之平均運費

應在 500 元上下，且此運輸費用必需列入廢酸處理成本計算。

四、投資模式

廢硝氟混酸集中處理回收廠投資模式，依法令規範、成立要件及資金來源可區分為公民營清除處理機構、共同清除處理機構或成立第二類代處理機構等三種方式。

以公民營清除處理機構而言，係專以清除處理廢酸為營業目的，並取得合理利潤。而共同清除處理機構，顧名思義係由產生廢酸之業者共同投資，或聯合有意願投資者(技術供應者為最佳)合作投資，其優點為未來較無廢酸來源匱乏之困擾；缺點則為投資者眾多，經營政策較易產生歧見。至於第二類代處理機構係指由個別產生源自行投資建廠，主要處理本廠之廢酸，並利用設備尚有之處理容量餘裕，協助其它業者處理。其優點為藉由協助其它業者處理廢酸所得之收費效益，提升處理廠之經濟效益；缺點則為其它業者將考慮委託處理費用是否合乎其經營成本，進而決定是否委託處理，如此可能導致廢酸來源不穩定。

五、資源化產品市場

廢酸集中處理回收廠可產出硝酸及氫氟酸產品，可再供應給廢酸產生源使用，就市場需求而言，只要價格合理，應無滯銷之虞。

6.1.3 處理容量規劃

一、基本資料說明

1. 廢硝氟混酸處理量

硫酸置換法係採批次式操作，前文建議回收廠之處理量可設計在 1,000 噸/月左右，因此以每批次廢硝氟混酸處理容量為 5,000 公升(換算重量為 6.05 公噸)進行規劃，經試驗結果包括進料、反應及卸料等，每批次操作時間約需 4 小時，每日以 24 小時操作共計可操作六批次，則每日處理量約為 36 公噸，每月工作 25 日，則規劃之資源回收廠每月廢硝氟混酸處理量可達 900 噸。

2. 人員編制

本資源回收廠業務單純，因此規劃設置總經理兼廠長 1 人，會計 1 人，品管 1 人，機電維護工程師 2 人，操作人員每班 3 人，每日分 3 班操作，整廠人員編制共計 14 人。

3. 反應操作條件

按工業局「工業廢棄物共同清除處理計畫」所進行之真空濃縮設備模廠實驗，考量硝酸及氫氟酸之回收率，其所建議之反應最佳操作條件如下：

(1)反應莫耳比： $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{HNO}_3=3.6/1$ 。

(2)反應溫度：85~90℃。

(3)反應壓力：真空度 700 mmHg。

二、質量平衡

1. 基本流程及質量平衡

系統設備包括反應濃縮槽一套、冷凝吸收器一套、硝氟混酸回收槽一套、反應後漿料緩衝槽一套及過濾機一套，廢酸及置換用的濃硫酸分別泵送入反應濃縮槽，混酸蒸發後進入冷凝吸收器，得到成品回收酸；酸液中金屬離子濃度因加熱、循環蒸發而逐漸增加生成渣液，由濃縮槽底部排入漿料緩衝槽，經攪拌、冷卻，形成結晶，以過濾機分離出硫酸鹽和 70% 循環酸，循環酸進入循環酸貯槽，可重覆使用。以每批次處理 6.05 公噸(5,000L)廢硝氟混酸，計算操作之質量平衡如圖 6.1.3-1 所示，其中每批次尚需添加 98% H_2SO_4 0.79 公噸，另回流濾液量為 70% H_2SO_4 3.27 公噸。

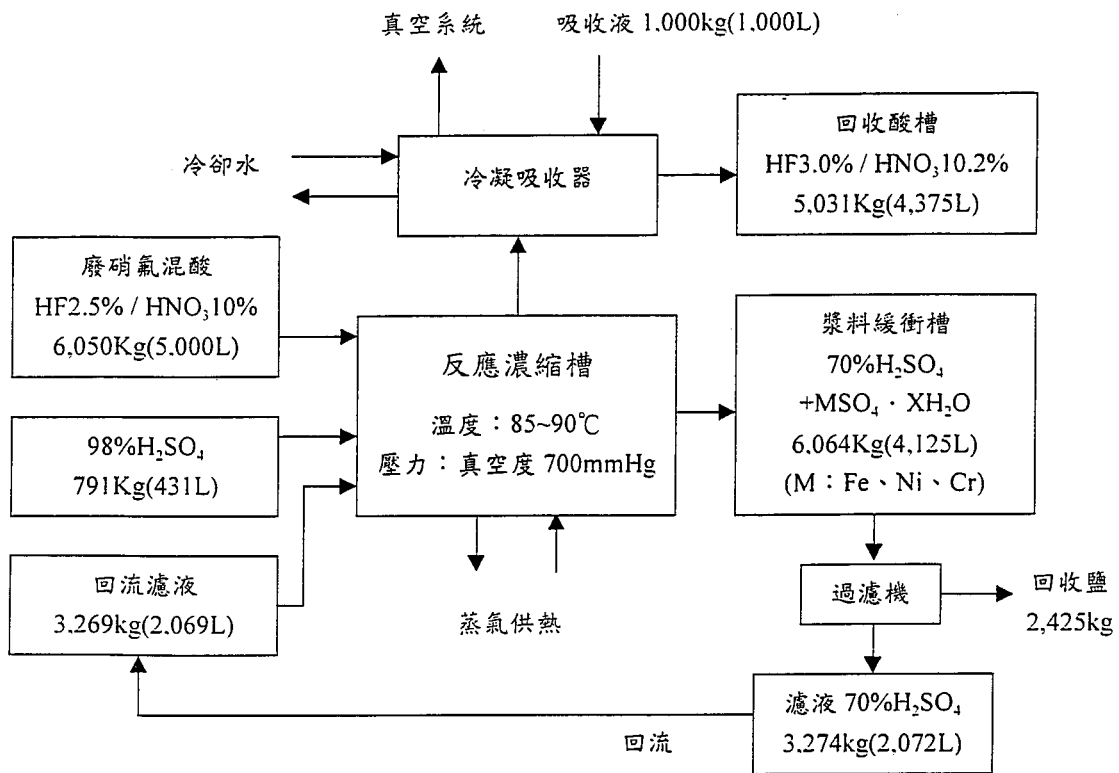


圖 6.1.3-1 硫酸置換法質量平衡圖

2.系統物料性質

處理之廢硝氟混酸中，硝酸佔 10%，氫氟酸佔 2.5%，依據質量平衡彙整之物料質量及性質如表 6.1.3-1。

表 6.1.3-1 系統物料質量及性質一覽表

性 質 \ 物 料	廢硝氟混酸	物料 (98% H ₂ SO ₄)	回收酸	回流濾液 (70% H ₂ SO ₄)
質量流率(Kg/批次)	6,050	791	5,031	3,274
體積流率(L/批次)	5,000	431	4,375	2,072
金屬鹽 (g/L)	35	0	0	0
HF (g/L)	30	0	34	0
HNO ₃ (g/L)	121	0	117	0
H ₂ SO ₄ (g/L)	0	1,803	0	1,106
H ₂ O (g/L)	1,024	37	999	474
比重	1.21	1.84	1.15	1.58

3.系統物料數量計算

硫酸置換法反應需消耗 98%硫酸，可回收硝氟混酸，廢酸液中金屬離子則生成硫酸鹽，依據質量平衡計算每日各物料消耗或產生數量：

(1)98%硫酸添加量： $791 \times 6 = 4,746(\text{kg/day})$

(2)10.2%硝酸及 3.0%氫氟酸回收量： $5,031 \times 6 = 30,186(\text{kg/day})$

(3)硫酸鹽產生量： $2,425 \times 6 = 14,550(\text{kg/day})$

三、槽體體積規劃

由操作反應質量平衡及各物料數量，綜合系統各桶槽體積建議如表 6.1.3-2 所示，以下說明其體積規劃基礎：

(1)反應濃縮槽

進料體積為 7,500 (5,000+431+2,069) L，一般進料體積佔反應濃縮槽體積 80%，所以反應濃縮槽體積至少 9,375L，應以 9,400L 較為恰當，建議採 2 槽同時操作，每槽體積 4,700L。

(2)漿料緩衝槽

反應後漿料緩衝槽體積至少為 $4,125 \div 0.8 = 5,156(\text{L})$ ，建議以 5,200L 較為恰當。

(3)回收酸槽

回收酸槽體積至少為 $4,375 \div 0.8 = 5,469(\text{L})$ ，建議以 5,500L 較為恰當。

表 6. 1. 3-2 系統貯槽容量規劃一覽表

區域	項目	數量	容量
物料貯槽區	廢硝氟混酸貯槽	1	10,000L
	98% H_2SO_4 貯槽	1	10,000L
	回流濾液貯槽	1	6,000L
反應槽區	反應濃縮槽	2	4,700L
	反應後漿料緩衝槽	1	5,200L
	回收酸槽	1	5,500L

6.1.4 整廠設備規劃

一、設備單元

廢硝氟混酸回收廠製程設備單元包括進料系統、反應系統、卸料系統、冷凝系統、固液分離系統、硫酸鹽再結晶系統、真空系統、熱能供應及整廠儀錶監控系統，各系統所含之主要設備單元如下：

1. 進料系統

包括過濾機、廢硝氟混酸貯槽、98%硫酸貯槽、廢硝氟混酸進料泵、98%硫酸進料泵、回收濾液硫酸進料泵、濾液預熱熱交換器、批次流量計及液位計。

2. 反應系統

包括反應蒸發器、熱交換器、循環泵、液位監控、溫度監控、壓力監控及除霧塔。

3. 卸料系統

包括含有冷卻夾套之緩衝槽、緩衝溶液緊急抽送泵及液位計。

4. 冷凝系統

包括冷凍機、冷凝吸收器、回收酸貯槽、回收酸循環吸收泵及液位計。

5. 硫酸鹽再結晶系統

包括硫酸鹽再結晶槽(含有冷卻夾套)、離心分離機、回收濾液暫存槽、回收濾液泵、輸送機及卸料斗。

6. 固液分離系統

包括滾筒式過濾機、回收濾液硫酸槽及液位計。

7. 真空系統

包括水槽、真空復水器、射水泵及冷凝熱交換器。

8. 熱能供應

反應所需之熱能主要由鍋爐供應。

9. 整廠儀錶監控系統

包括溫度、壓力、液位及閥件等控制元件。

二、設備設計考量要點

廢硝氟混酸回收廠之設備規格規劃，主要有貯槽、輸送泵、管件、儀錶控制、特殊設備等，設計規劃考量重點說明如下：

1. 貯槽

各貯槽體積主要根據每日處理 36 噸廢硝氟混酸來計算，規劃體積大小如表 6.1.3-2 所示；貯槽材質則依所接觸之溶液性質及溫度來考量。

2. 輸送泵

依據輸送揚程及輸送量選用輸送泵，至於輸送泵材質則以輸送液體性質來作考慮。

3. 管件

管件之管徑大小是以輸送量作依據，管件材質則依所接觸之溶液性質及溫度來考量。

3. 儀錶

儀錶控制係以操作方便為主要考慮，此外，耐蝕亦是儀錶材料必備條件。

4. 特殊設備

包括冷凝吸收器、熱交換器、滾筒式過濾機、離心分離機、冷凍機及鍋爐等，其大小必須依據物料處理量來設計，並考慮接觸物料性質選用構成之材質。

由於硝酸、氫氟酸是一種強腐蝕性物質，因此本設備對於材料的選擇十分慎重，如設備重要處理單元之蒸發器材料即需選用 Teflon 塗佈製造，可在系統所設定之高溫及高真空度條件下正常運轉，而不致腐蝕受損；各設備操作條件、溶液性質及適用材質彙整如表 6.1.4-1 所示；此外，依據物料性質，各設備單元操作運轉可能之潛在障礙，亦需於規劃設計時一併納入考量(詳如表 6.1.4-2)。

表 6.1.4-1 廢硝氟混酸資源回收廠設備適用材質

設備名稱	操作條件及溶液性質	適用材質
廢酸貯槽	溫度：常溫 壓力：1atm 溶液性質：HF、HNO ₃ 、H ₂ O	PE、PP、C-PVC
98%硫酸貯槽	溫度：常溫 壓力：1atm 溶液性質：98%H ₂ SO ₄	PE、PP、U-PVC、C-PVC
反應濃縮槽	溫度：120℃ 壓力：真空度 700mmHg 溶液性質：HF、HNO ₃ 、H ₂ SO ₄ (40%)、H ₂ O	C.S.Teflon coating
回收酸貯槽	溫度：40℃ 壓力：真空度 700mmHg 溶液性質：HNO ₃ 、HF、H ₂ O	C.S. Teflon coating C.S. PP lining
濾液貯槽	溫度：常溫 壓力：1atm 溶液性質：H ₂ SO ₄ (70%)、H ₂ O	C.S. PP lining、C.S. C-PVC lining
液體輸送泵	溫度：常溫 壓力：1atm 溶液性質：HNO ₃ 、HF、H ₂ SO ₄ 、H ₂ O	PP、PVDF
泥漿輸送泵、閥件	溫度：50-80℃ 壓力：真空度 700mmHg 溶液性質：MSO ₄ 、HNO ₃ 、H ₂ SO ₄ 、H ₂ O	PVDF
真空泵	溫度：25-40℃ 壓力：真空度 700mmHg 溶液性質：HNO ₃ (微量)、HF(微量)、H ₂ O	C.S.陶瓷軸心
冷凝吸收器	溫度：25-40℃ 壓力：真空度 700mmHg 溶液性質：HN O ₃ 、HF、H ₂ O	石墨
熱交換器	溫度：50-120℃ 壓力：真空度 700mmHg 溶液性質：MSO ₄ 、HN O ₃ 、HF、H ₂ SO ₄ 、H ₂ O	石墨
離心分離機	溫度：50-80℃ 壓力：1atm 溶液性質：MSO ₄ 、H ₂ SO ₄ (70%)	C.S.Hypalon lining C.S. IIR lining C.S.Rubber lining.

表 6.1.4-2 設備單元操作潛在障礙及設計考量

設備單元	操作障礙	設計考量
廢酸進料單元	廢酸中含不溶物導致資源化產品含有雜質	在進料貯槽前按裝過濾器，濾心或濾袋採 5 μ m 孔隙度
廢酸、硫酸貯槽	進料體積不易量測(腐蝕性高)	各槽體安裝超音波或電磁式液位計，其材質須耐蝕性
反應濃縮槽緩衝容量	因反應濃縮槽體積小，且少量硫酸鹽液滴被帶到回收酸中，造成回收酸中含有金屬離子	在反應濃縮槽設計上預留緩衝空間，上端加裝除霧塔或氣液分離器可以將硫酸鹽液滴隔除，避免被帶出，其材質須能耐硫酸、硝酸混酸及反應高溫
反應濃縮槽循環泵	因廢酸中加入硫酸(98%)會析出硫酸鹽結晶顆粒，導致離心式泵葉片受阻產生磨損，無法轉動	採用 Teflon bellow seal 內裝自冷式軸封，配合 PVDF 塑鋼材質，可耐強酸及顆粒狀液體之循環泵
反應濃縮槽之液位計	進料體積不易量測(腐蝕性高)	槽體按裝電容式液位控制器，其接觸材質為 Teflon 披覆
反應濃縮槽之溫度計	熱電偶耐蝕性不佳(SUS316)	採用陶瓷保護管熱電偶或非接觸式紅外線測溫計
控制閥	手動控制球閥(PVDF)，操作不便，且熱脹冷縮，導致氣密性輕微下降	採用氣動控制閥(PVDF 或 Teflon)
冷凝吸收器	冷凝吸收溶液溫度過高，導致吸收效率下降	採兩段式冷凝吸收回收酸，第一段以熱交換器降低溫度，第二段以降膜式吸收器吸收回收酸另增加一冷凍機及冷卻水塔供應低溫冷卻水並以回收酸供為循環吸收液，以提升回收酸濃度
真空系統	以水封式真空泵抽真空，少數的硫酸鹽液滴被帶出時，會在真空泵中累積，影響真空度	採用耐蝕真空復水器或陶磁軸封之真空泵
離心分離機	離心分離後濾餅排除方式	採用附裝自動刮刀底部排料之離心機或使用滾筒式真空過濾機

6.2 資源化廠效益評估範例

6.2.1 資源化廠設置經費概算

一、工程預算

就 6.1 小節建議之設廠條件、處理流程及設施規模，參酌近年來土木工程與機電設備造價、材料價格、廠商訪價資料，估算廢硝酸混酸回收廠工程預算，並依項目類別劃分為工款、材料料款、其他費用等三大部份，工程預算總額 3,566 萬元(已包含加值營業稅)，估算細項分列如表 6.2.1-1 所示。其內容說明如下：

1. 工款部份

涉及土木工程、鋼結構廠房新建工程、儀控工程、電器部份、機械設備安裝、管線安裝等項目所需支出之費用，共計 1,220 萬元，其中廢酸貯槽佔 372 萬元。

2. 材料料款部份

包含儀器控制材料、動力電氣材料、照明工程材料、接地材料、機械設備及管線材料之費用，共計 1,790 萬元。

3. 其他費用

包含利潤及管理費、安全衛生措施費、工程綜合保險(含第三人意外責任險)、品質執行費及現場監工人員所需之費用，共計 556 萬元。

表 6.2.1-1 廢硝酸混酸資源回收廠工程預算

項次	說 明	數量	單位	單 價(元)	總 價(元)
壹	工款部份				12,200,000
一	土木工程	1	式	3,630,000	3,630,000
二	鋼結構廠房新建工程	1	式	3,160,000	3,160,000
三	儀控工程	1	式	250,000	250,000
四	電氣部份	1	式	260,000	260,000
五	機械設備安裝	1	式	340,000	340,000
六	管線安裝	1	式	600,000	600,000
七	廢酸貯槽	1	式	3,720,000	3,720,000
八	雜費	1	式	240,000	240,000
貳	材料料款部份				17,900,000
一	儀器控制材料	1	式	2,610,000	2,610,000
二	動力電氣材料	1	式	470,000	470,000
三	照明工程材料	1	式	420,000	420,000
四	接地材料	1	式	50,000	50,000
五	機械設備	1	式	11,980,000	11,980,000
六	管線材料	1	式	2,370,000	2,370,000
參	其他費用				5,560,000
一	利潤及管理費	10	%	30,100,000	3,010,000
二	安全衛生措施費	2	%	30,100,000	600,000
三	工程綜合保險 (含第三人意外責任險)	1	式	205,105	240,000
四	品質執行費 (含施工細部設計)	1	式	600,000	630,000
五	現場監工人員	18	人月	60,000	1,080,000
	預算總額				35,660,000

二、物料成本分析和資源化產品產值

以每月處理廢硝酸混酸量 900 公噸為計算基準，彙整物料成本和資源化產品產值說明如下：

1. 物料成本分析

98%硫酸置換法系統反應需消耗 98%硫酸，其使用數量及購買成本計算如下：

$$\text{硫酸添加量} : 4,746(\text{kg/day}) \times 25(\text{day/month}) = 118,650(\text{kg/month})$$

需添加 98%硫酸約為 118.650 公噸/月，而 98%硫酸購買價格為 3,000 元/公噸，經計算可得耗用 98%硫酸使用成本為每月 355,950 元。

2. 回收資源化產品產值

硫酸置換回收資源化產品有硝酸、氫氟酸及硫酸鹽三項，以每月處理廢硝酸混酸量 900 公噸為計算基準，彙整其資源化產品產值及用途如下：

(1) 硝酸

$$\begin{aligned} \text{回收硝酸} &: 30,186(\text{kg/day}) \times 10.2\% \div 55\% \times 25(\text{day/month}) \\ &= 139,953(\text{kg/month}) \end{aligned}$$

回收 55%硝酸有 139.953 公噸/月，而 55%硝酸購買價格為 4,000 元/公噸，經計算可得回收硝酸之產值為 559,812 元/月。

(2) 氫氟酸

$$\begin{aligned} \text{回收氫氟酸} &: 30,186(\text{kg/day}) \times 3.0\% \div 55\% \times 25(\text{day/month}) \\ &= 41,163(\text{kg/month}) \end{aligned}$$

回收 55%氫氟酸有 41.163 公噸/月，而 55%氫氟酸購買價格為 21,000 元/公噸，經計算可得回收氫氟酸之產值為 864,423 元/月。

(3) 硫酸鹽

$$\begin{aligned} \text{硫酸鹽產生量} &: 14,550(\text{kg/day}) \times 25(\text{day/month}) = 363,750 \\ &(\text{kg/month}) \end{aligned}$$

考量廢硝酸混酸液中含高濃度之鐵、鉻及鎳等金屬離子，與硫酸

反應一併生成硫酸鹽，如果無法加以純化將不具回收價值，若以硫酸亞鐵($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)而言，其用途包括氧化鐵的色料、水及污水處理劑、催化劑、特殊用於合成氨、肥料、飼料添加劑、還原劑、除草劑、木材防腐劑等。

資源回收所得之硫酸亞鐵產品，分析其成份及特性，可依各類規範來作成產銷等級。如化學試藥級、肥料級、廢水處理用等等；表 6.2.1-2 為所蒐集中國國家標準(CNS)、日本工業標準(JIS)、中華人民共和國國家標準(GB)及美國試驗之標準規範編號。綜上所述，系統所需之支出成本及資源化產品產值整理如表 6.2.1-3 所示。

表 6.2.1-2 硫酸亞鐵 CNS、JIS、GB 各產品標準規範編號

規范編號 產品級別	中國國家標準 (CNS)	日本工業標準 (JIS)	中華人民共和國 國家標準(GB)
化學試藥	1729	K8978	—
肥料級	12029	—	—
水處理劑	草擬中	—	10531-89
飼料級	—	—	8252-87

表 6.2.1-3 物料購買成本及資源化產品產值

項目 物料	98%硫酸	55%硝酸	55%氫氟酸
數量(公噸/月)	118.650	139.953	41.162
單價(元/公噸)	3,000	4,000	21,000
成本(元/月)	-355,950	+559,812	+864,423

註：-代表支出，+代表收入。

6.2.2 資源回收廠經濟效益分析

廢硝酸混酸資源回收廠經濟效益，僅針對回收廠製程區(製程設備、公用設備、貯槽)做效益分析，至於週邊廠房(辦公室、配電室、消防設施倉庫等)及土地使用並不列入，此外，考量廢硝酸混酸液中除鐵離子外，另含鉻及鎳等金屬離子，將與硫酸反應一併生成硫酸鹽，如果無法加以純化將影響資源化產品銷售等級，所以此部份資源回收效益暫不列入計算，以下分別就廠外集中資源化及設置廠內回收設備進行經濟效益分析。

一、集中資源回收廠經濟效益分析

集中資源回收廠財務分析考量項目包括初設成本、每年操作維護成本、設備折舊費、回收酸(55%硝酸及 55%氫氟酸)及廢酸代處理費收入等，並就上述項目進行投資效益及處理成本計算，詳細之分析結果如表 6.2.2-1 所示，各項目內容說明如下：

1. 初設成本：35,660,000 元

(1) 廠房建設：8,480,000 元

(2) 廢酸貯槽：3,720,000 元

(3) 廢酸回收設備：17,900,000 元

(4) 其他費用：5,560,000 元

2. 每年操作維護成本：29,559,426 元/年

包括人事及管銷費、維護保養費、原料費、燃料費、水電費及廢硝酸混酸、回收酸之清運費等。

(1) 人事及管銷費(24 小時操作)：8,624,000 元/年

• 人事費單價：40,000 元/人月 × 14 月/年 = 56,000 元/人年

• 管銷費單價：以人事費的 10% 估算為 5,600 元/人年

• 人事及管銷費合計

$(56,000 + 5,600) \text{ 元/人年} \times 14 \text{ 人} = 616,000 \text{ 元/人年} \times 14 \text{ 人} = 8,624,000 \text{ 元/年}$

(2) 維護保養費：3,566,000 元/年

以初設成本之 10% 估算，為 3,566,000 元/年

(3) 98% H_2SO_4 原料費：4,271,400 元/年

$$118.650 \text{ 公噸/月} \times 3,000 \text{ 元/公噸} \times 12 \text{ 月/年} = 4,271,400 \text{ 元/年}$$

(4) 水電費：2,400,000 元/年

• 電費：約 1,800 度/日 \times 4 元/度 \times 25 日/月 \times 12 月/年 = 2,160,000 元/年

• 水費：約 20,000 元/月 \times 12 月/年 = 240,000 元/年

(5) 燃料費：4,320,000 元/年

$$360 \text{ 元/公噸蒸汽} \times 1,000 \text{ 公噸蒸汽/月} \times 12 \text{ 月} = 4,320,000 \text{ 元/年}$$

(6) 廢酸回收運費：5,400,000 元/年

$$900 \text{ 公噸/月} \times 500 \text{ 元/公噸} \times 12 \text{ 月/年} = 5,400,000 \text{ 元/年}$$

(7) 回收酸(產出量預估為理論量之 90%)運費：978,026 元/年

$$(139.953 + 41.163) \text{ 公噸/月} \times 0.9 \times 500 \text{ 元/公噸} \times 12 \text{ 月/年} = 978,026 \text{ 元/年}$$

3. 每年節省及回收費用：47,781,738 元/年

包括回收酸(55%硝酸及 55%氫氟酸)費用及廢酸代處理費收入：

(1) 回收硝酸(55%)(產出量預估為理論量之 90%)：6,045,970 元/年

$$139.953 \text{ 公噸/月} \times 4,000 \text{ 元/公噸} \times 0.9 \times 12 \text{ 月/年} = 6,045,970 \text{ 元/年}$$

(2) 回收氫氟酸(55%)(產出量預估為理論量之 90%)：9,335,768 元/年

$$41.163 \text{ 公噸/月} \times 21,000 \text{ 元/公噸} \times 0.9 \times 12 \text{ 月/年} = 9,335,768 \text{ 元/年}$$

(3) 廢酸代處理費：32,400,000 元/年

$$900 \text{ 公噸/月} \times 3,000 \text{ 元/公噸} \times 12 \text{ 月/年} = 32,400,000 \text{ 元/年}$$

4. 設備折舊

在進行投資效益分析前，必須將初設成本於一假設之設備使用年限內分年攤提，並考量綜合年利率計算設備折舊費，計算說明如下：

$$(1) \text{設備投資還原因子(CRF)} = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} = 0.149$$

i (綜合年利率)=8%， n (設備使用年限)=10 年

$$(2) \text{設備折舊費} = \text{初設成本} \times \text{設備投資還原因子} \\ = 35,660,000 \text{ 元} \times 0.149 = 5,313,340 \text{ 元}$$

5. 估算項目之均化值

為進行後續投資效益分析，需將每年操作維護費及每年節省回收費，考量綜合年利率、物價上漲率及設備使用年限等因子加以均化，在此假設綜合年利率為 8%，物價上漲率為 4%，設備使用年限則以 10 年估算，詳細效益計算說明如下：

$$(1) \text{均化係數} = \frac{i[(1+i)^n - (1+e)^n]}{(i-e)[(1+i)^n - 1]} = 1.1712$$

i (綜合年利率)=8%， e (物價上漲率)=4%， n (設備使用年限)=10 年

$$(2) \text{均化年操作維護費} = \text{操作維護費} \times \text{均化係數} \\ = 29,559,426 \text{ 元} \times 1.1712 = 34,620,000 \text{ 元}$$

$$(3) \text{均化年節省回收費} = \text{節省回收費} \times \text{均化係數} \\ = 47,781,738 \text{ 元} \times 1.1712 = 55,961,972 \text{ 元}$$

$$(4) \text{均化年淨效益} = \text{均化年節省回收費} - \text{均化年操作維護費} \\ = 55,961,972 \text{ 元} - 34,620,000 \text{ 元} = 21,341,972 \text{ 元}$$

6. 投資效益

利用益本比、投資報酬率及投資回收年限，評估本設廠方案之投資效益；益本比為「均化年節省回收費÷(設備折舊費+均化年操作維護費)」，計算得益本比為 1.4，顯示年節省回收大於年成本，就整體效益而言值得開發投資。

計算投資報酬率為 59.3%，大於本分析所假設之綜合年利率(8%)，至於投資回收年限則為 1.86 年。

$$(1) \text{益本比} = \text{均化年節省回收費} \div (\text{設備折舊費} + \text{均化年操作維護費}) \\ = 55,961,972 \text{ 元} \div (5,313,340 \text{ 元} + 34,620,000 \text{ 元}) = 1.40$$

$$(2) \text{現值因子} = \text{初設成本} \div \text{均化年淨效益} \\ = 35,660,000 \text{ 元} \div 21,341,972 \text{ 元} = 1.6709$$

(3)投資報酬率 F

$$\text{現值因子} = \frac{(1+F)^n - 1}{F(1+F)^n}, n(\text{設備使用年限}) = 10 \text{ 年}$$

$$\text{投資報酬率 } F = 59.3\%$$

$$(4)\text{投資回收年限 } N = \frac{\ln[A/(A-P \times i)]}{\ln(1+i)}$$

$$A = \text{均化年淨效益}, P = \text{初設成本}, i(\text{綜合年利率}) = 8\%$$

$$\text{投資回收年限 } N = 1.86$$

7、處理成本計算

處理成本計算項目包括固定成本及營運成本，固定成本即為考量綜合年利率，將初設成本於預計使用年限內計算分年攤提之設備折舊費，營運成本則為每年操作維護費支出扣除回收酸收入之淨值，由估算結果得知，每公噸之處理成本為 1,805 元。

$$(1)\text{每年回收酸收入} = \text{回收 } 55\% \text{硝酸收入} + \text{回收 } 55\% \text{氫氟酸收入} \\ = 6,045,970 \text{ 元} + 9,335,768 \text{ 元} = 15,381,738 \text{ 元}$$

$$(2)\text{固定成本} = \text{設備折舊費}$$

$$(3)\text{營運成本} = \text{每年操作維護費} - \text{每年回收酸收入} \\ = 29,559,426 \text{ 元} - 15,381,738 \text{ 元} = 14,177,688 \text{ 元}$$

$$(4)\text{小計} = \text{固定成本} + \text{營運成本}$$

$$(5)\text{每公噸處理成本} = (\text{固定成本} + \text{營運成本}) \div \text{設計處理容量}$$

$$\text{設計處理容量} = 900 \text{ 公噸/月} \times 12 \text{ 月/年} = 10,800 \text{ 公噸/年}$$

$$\text{處理成本} = 1,805 \text{ 元/公噸}$$

表 6.2.2-1 硫酸置換法廢混酸集中資源回收廠之經濟效益分析

單位：新台幣元(900 公噸/月)

項次	項目	單位費用	費用	計算說明
初設成本	1.廠房建設	8,480,000 元/組	8,480,000	1-(1)
	2.廢酸貯槽	3,720,000 元/組	3,720,000	1-(2)
	3.廢酸回收設備	17,900,000 元/組	17,900,000	1-(3)
	4.其他費用	5,560,000 元/組	5,560,000	1-(4)
	合計		35,660,000	
每年操作維護成本	1.人事及管銷費	616,000 元/人年	8,624,600	2-(1)
	2.維護保養費	10%初設成本	3,566,000	2-(2)
	3.98%硫酸原料費	3,000 元/公噸	4,271,400	2-(3)
	4.水電費		2,400,000	2-(4)
	5.燃料費		4,320,000	2-(5)
	6.廢酸回收運費	500 元/公噸	5,400,000	2-(6)
	7.回收酸運費	500 元/公噸	978,026	2-(7)
	合計		29,559,426	
回收費用 每年節省	1.回收 55%硝酸	4,000 元/公噸	6,045,970	3-(1)
	2.回收 55%氫氟酸	21,000 元/公噸	9,335,768	3-(2)
	3.廢酸代處理費	3,000 元/公噸	32,400,000	3-(3)
	合計		47,781,738	
折舊	設備投資還原因子		0.149	4-(1)
	設備折舊費		5,313,340	4-(2)
均化值	均化係數		1.1712	5-(1)
	均化年操作維護費		34,620,000	5-(2)
	均化年節省回收費		55,961,972	5-(3)
	均化年淨效益		21,341,972	5-(4)
投資效益	益本比		1.40	6-(1)
	現值因子		1.6709	6-(2)
	投資報酬率		59.3%	6-(3)
	投資回收年限		1.86	6-(4)
處理成本	每年回收酸收入		15,381,738	7-(1)
	固定成本		5,313,340	7-(2)
	營運成本		14,177,688	7-(3)
	小計		19,491,028	7-(4)
	每公噸處理成本		1,805	7-(5)

二、廠內資源回收經濟效益分析

對於大型之不銹鋼廠因其本身廢酸產生量大，亦可將本硫酸製換回收設備設定為廠內回收系統，其經濟效益分析與集中資源化回收廠之差異在於每年操作維護成本及節省回收費用計算項目有所不同，經濟效益分析考量原則與 6.2.2-一小節相同，並依據上述差異要點更新資料，詳細之經濟效益評估如表 6.2.2-2 所示，所更新的資料內容說明如下：

1. 每年操作維護成本

(1) 人事及管銷費

由於是廠內回收系統，因此在人員編置上僅需設置操作人員，可降低人事及管銷費支出，以操作人員每班 3 人，每日分 3 班 24 小時操作，編制 9 人計算，人事及管銷費合計 5,544,000 元/年。

• 人事費單價：40,000 元/人月 × 14 月/年 = 56,000 元/人年

• 管銷費單價：以人事費的 10% 估算為 5,600 元/人年

• 人事及管銷費合計

$(56,000 + 5,600) \text{元/人年} \times 9 \text{人} = 616,000 \text{元/人年} \times 9 \text{人} = 5,544,000 \text{元/年}$

(2) 廢硝氟混酸於廠內進行回收，因此不需考量廢硝氟混酸及回收酸之清運成本。

2. 每年節省及回收費用

以廠內回收處理的角度而言，並沒有廢酸代處理費一項收入，而是將該回收方式與現行處理方式—例如排入廢水系統中和處理，進行比較，分析可節省回收項目為中和藥劑購置費及污泥委外處理費用。

(1) 節省之廢酸處理藥品(消石灰)費：5,806,020 元/年

以添加消石灰(純度 90%)、單價 5,000 元/公噸估算：

$(41.163 \text{ 氫氟酸}(55\%) \text{公噸/月} \times 55\% \div 20 + 139.953 \text{ 硝酸}(55\%) \text{公噸/月} \times 55\% \div 63) \times (74/2) \div 90\% \times 5,000 \text{ 元/公噸} \times 12 \text{ 月/年} = 5,806,020 \text{ 元/年}$

(2) 節省之廢酸污泥處理費：6,727,166 元/年

以生成氟化鈣污泥、含水率 70%、委外處理費 8,000 元/公噸估算
 $41.163 \text{ 氫氟酸}(55\%)\text{公噸/月} \times 55\% \div 20 \times (78/2) \div 70\% \times 8,000 \text{ 元/公噸}$
 $\times 12 \text{ 月/年} = 6,727,166 \text{ 元/年}$

由估算結果得知，廠內回收方案之益本比為 1.13，略小於廠外回收之益本比 1.40，但兩方案估算結果均大於 1，顯示年節省回收大於年成本，就整體效益而言均值得開發投資。

投資報酬率為 22.2%，大於本分析所假設之綜合年利率(8%)，其中由於廠外回收方案具有可觀之廢酸代處理費收入(設定為 3,000 元/公噸)，因此其投資報酬率 59.3%遠高於廠內回收方案，至於廠內回收方案之投資回收年限則為 4.85 年。

經考量固定成本、每年操作維護費支出及回收酸收入等，計算每公噸之處理成本為 929 元，與廠外處理方案相較之下，由於不需要額外之清運成本及管理人員編制，僅為廠外處理成本每公噸 1,691 元之 55%。

表 6.2.2-2 硫酸置換法廢混酸廠內資源回收之經濟效益評估

單位：新台幣元(900 公噸/月)

項次	項目	單位費用	費用	計算說明
初設成本	1.廠房建設	8,480,000 元/組	8,480,000	同 6.2.2 節一之 1-(1)
	2.廢酸貯槽	3,720,000 元/組	3,720,000	同 6.2.2 節一之 1-(2)
	3.廢酸回收設備	17,900,000 元/組	17,900,000	同 6.2.2 節一之 1-(3)
	4.其他費用	5,560,000 元/組	5,560,000	同 6.2.2 節一之 1-(4)
	合計		35,660,000	
每年操作維護成本	1.人事及管銷費	616,000 元/人年	5,544,000	1-(1)
	2.維護保養費	10%初設成本	3,566,000	同 6.2.2 節一之 2-(2)
	3.98%硫酸原料費	3,000 元/公噸	4,271,400	同 6.2.2 節一之 2-(3)
	4.水電費		2,400,000	同 6.2.2 節一之 2-(4)
	5.燃料費		4,320,000	同 6.2.2 節一之 2-(5)
	合計		20,101,400	
每年節省回收費用	1.回收 55%硝酸	4,000 元/公噸	6,045,970	同 6.2.2 節一之 3-(1)
	2.回收 55%氫氟酸	21,000 元/公噸	9,335,768	同 6.2.2 節一之 3-(2)
	3.廢酸處理藥品費	5,000 元/公噸	5,806,020	2-(1)
	4.廢酸污泥處理費 (含水率 70%)	8,000 元/公噸	6,727,166	2-(2)
	合計		27,914,924	
折舊	設備投資還原因子		0.149	同 6.2.2 節一之 4-(1)
	設備折舊費		5,313,340	同 6.2.2 節一之 4-(2)
均化值	均化係數		1.1712	同 6.2.2 節一之 5-(1)
	均化年操作維護費		23,542,760	參照 6.2.2 節一之 5-(2)
	均化年節省回收費		32,693,959	參照 6.2.2 節一之 5-(3)
	均化年淨效益		9,151,199	參照 6.2.2 節一之 5-(4)
投資效益	益本比		1.13	參照 6.2.2 節一之 6-(1)
	現值因子		3.8968	參照 6.2.2 節一之 6-(2)
	投資報酬率		22.2%	參照 6.2.2 節一之 6-(3)
	投資回收年限		4.85	參照 6.2.2 節一之 6-(4)
處理成本	每年回收酸收入		15,381,738	同 6.2.2 節一之 7-(1)
	固定成本		5,313,340	同 6.2.2 節一之 7-(2)
	營運成本		4,719,662	參照 6.2.2 節一之 7-(3)
	小計		10,033,002	參照 6.2.2 節一之 7-(4)
	每公噸處理成本		929	參照 6.2.2 節一之 7-(5)

6.2.3 不同設廠規模之投資方案分析

目前國內之代清除處理業中，並沒有以廢硝酸混酸處理或資源化為經營項目者，在初探此業務領域、不知市場接受度之情況下，若設計處理規模太大，唯恐業者一次投入過多資本卻無法達到預期之營業數量，因此本小節另以一月處理量 600 公噸之設廠方案，以相同方式分析估算其單位處理成本、投資報酬率及設備回收期限等，提供擬投入廢硝酸混酸資源回收市場之相關業者參考比較，待設廠完成正式營運後，若廢酸來源穩定、經營績效良好，得視市場需求再行評估是否進一步進行擴廠計畫。

與 6.2.2 小節採用月處理量 900 公噸之設廠方案相較，主要差異在於本方案有較低之初設成本，此外，與處理量相關之參數：如水電、燃料及原料使用量，回收酸數量等，亦隨之不同；至於計算所用之綜合年利率、物價上漲率與設備使用年限等假設條件則維持不變，就廠外集中資源化及設置廠內回收設備之分析結果分別如表 6.2.3-1 及表 6.2.3-2 所示。

表 6.2.3-1 硫酸置換法廢混酸集中資源回收廠之經濟效益分析

單位：新台幣元(600 公噸/月)

項次	項目	單位費用	費用
初設成本	1.廠房建設	5,250,000 元/組	5,250,000
	2.廢酸貯槽	2,480,000 元/組	2,480,000
	3.廢酸回收設備	15,070,000 元/組	15,070,000
	4.其他費用	3,830,000 元/組	3,830,000
	合計		26,630,000
每年操作維護成本	1.人事及管銷費	616,000 元/人年	8,624,600
	2.維護保養費	10%初設成本	2,663,000
	3.98%硫酸原料費	3,000 元/公噸	2,847,600
	4.水電費		1,600,000
	5.燃料費		2,880,000
	6.廢酸回收運費	500 元/公噸	3,600,000
	7.回收酸運費	500 元/公噸	652,018
	合計		22,866,618
每年節省回收費用	1.回收 55%硝酸	4,000 元/公噸	4,030,646
	2.回收 55%氫氟酸	21,000 元/公噸	6,223,846
	3.廢酸代處理費	3,000 元/公噸	21,600,000
	合計		31,854,492
折舊	設備投資還原因子		0.149
	設備折舊費		3,967,870
均化值	均化係數		1.1712
	均化年操作維護費		26,718,383
	均化年節省回收費		37,307,981
	均化年淨效益		10,526,598
投資效益	益本比		1.21
	現值因子		2.5298
	投資報酬率		38.0%
	投資回收年限		2.94
處理成本	每年回收酸收入		10,254,492
	固定成本		3,967,870
	營運成本		12,612,126
	小計		16,579,996
	每公噸處理成本		2,303

表 6.2.3-2 硫酸置換法廢混酸廠內資源回收之經濟效益評估

單位：新台幣元(600公噸/月)

項次	項目	單位費用	費用
初設成本	1.廠房建設	5,250,000 元/組	5,250,000
	2.廢酸貯槽	2,480,000 元/組	2,480,000
	3.廢酸回收設備	15,070,000 元/組	15,070,000
	4.其他費用	3,830,000 元/組	3,830,000
	合計		26,630,000
每年操作維護成本	1.人事及管銷費	616,000 元/人年	5,544,000
	2.維護保養費	10%初設成本	2,663,000
	3.98%硫酸原料費	3,000 元/公噸	2,847,600
	4.水電費		1,600,000
	5.燃料費		2,880,000
	合計		15,534,600
每年節省回收費用	1.回收 55%硝酸	4,000 元/公噸	4,030,646
	2.回收 55%氫氟酸	21,000 元/公噸	6,223,846
	3.廢酸處理藥品費	5,000 元/公噸	3,870,660
	4.廢酸污泥處理費 (含水率 70%)	8,000 元/公噸	4,484,777
	合計		18,609,929
折舊	設備投資還原因子		0.149
	設備折舊費		3,967,870
均化值	均化係數		1.1712
	均化年操作維護費		18,194,124
	均化年節省回收費		21,795,949
	均化年淨效益		3,601,825
投資效益	益本比		0.98
	現值因子		7.3935
	投資報酬率		5.9%
	投資回收年限		11.63
處理成本	每年回收酸收入		10,254,492
	固定成本		3,967,870
	營運成本		5,280,108
	小計		9,247,978
	每公噸處理成本		1,284

6.2.4不同設廠方案之經濟效益比較

為便於將估算結果進行比較，彙整各方案之益本比、投資報酬率、投資回收年限及每公噸處理成本如表 6.2.4-1；首先就廠外集中資源化之投資模式而言，兩種設廠規模計算所得之益本比分別為 1.21 及 1.40，均大於 1，顯示年節省回收大於年成本，就整體效益而言，兩種方案均值得開發投資。

至於投資報酬率分別為 38%及 59.3%，均大於本分析所假設之綜合年利率(8%)，設備回收年限分別為 2.96 年及 1.86 年，在處理成本計算上，月處理量 600 公噸規模之單位處理成本為 2,303 元，將處理量提昇至每月 900 公噸，則可使單位處理成本降為 1,805 元，降低了 78%。

若採設置廠內回收設備方式，兩種設廠規模計算所得之益本比分別為 0.98 及 1.13，顯示月處理量降至 600 公噸規模將使益本小於 1，此外，投資報酬率為 5.9%，亦低於本分析所假設之綜合年利率(8%)，設備回收年限則高達 11.63 年，超出 10 年之設定值，就投資獲利之角度而言，此設廠規模並沒有實質收益，應採提高處理容量之方向進行規劃。

在單位處理成本上，由於廠內回收方案無需額外清運成本支出以及可採較為精減之人員編制，若以月處理量 900 公噸之規模計算每公噸之處理成本為 929 元，僅約為廠外集中資源化費用之一半。

綜合而論，處理規模越大，單位處理成本越低，而廠內回收又較廠外集中資源化為低，但並非一味增大處理容量或完全採廠內回收即可獲得較高利潤；廠內回收方案由於沒有「委託處理費」收入，因此必需在廢酸產生達一定數量以上方能平衡設廠投資成本，而以營利為目的之廠外集中資源化，則需視廢酸來源決定適當之設廠規模，不論以廠內回收角度或經營投資廢棄物資源化事業，在設廠規劃時均需廣泛蒐集背景資料審慎評估，以使投資方案可落於最佳經濟效益之處。

表 6.2.4-1 不同設廠方案之經濟效益比較一覽表

項目	廠外集中資源化		設置廠內回收設備	
	600	900	600	900
處理容量(公噸/月)	600	900	600	900
益本比	1.21	1.40	0.98	1.13
投資報酬率	38.0%	59.3%	5.9%	22.2%
投資回收年限	2.96	1.86	11.63	4.85
每公噸處理成本	2,303	1,805	1,284	929

6.3 提高廢硝酸混酸資源化應用業者應配合注意事項

硝酸混酸已廣泛用於不銹鋼工業表面銹皮之去除，但經過酸洗製程後所產生的含酸廢液處理卻是一項頗為棘手之環保問題，國內不銹鋼工業產能龐大，產生之廢硝酸混酸數量相當可觀，除少數幾家大型工廠設有廠內廢酸回收再生設備外，大多數之工廠諱於技術能力不足或未達經濟規模，均將廢酸排至廢水處理設備進行中和處理，不但浪費有用資源，中和沉澱後產生大量之重金屬污泥，亦成為後續處理處置之一大難題。

就資源回收循環利用之考量，廢硝酸混酸仍是具有再利用價值之資源，而現今工程技術的成熟度及回收設備之高度商業化，亦為廢硝酸混酸回收提供強而有力的後盾，然各廠所排放之廢酸均有相當程度之差異，採用之資源回收方式及技術亦隨著廢酸特性、濃度、所含金屬種類與濃度而有所不同，在酸回收的同時，如何有效利用產源工廠之製程管理，控制廢酸液之特性及組成並有效維持恆定，以符合進廠資源化需求，將成為左右資源化效益高低之關鍵，以下茲就提高廢硝酸混酸資源化效益業者應配合注意事項，擇要說明如下：

一、瞭解廢硝酸混酸性質及組成

廢酸特性、濃度、所含金屬種類與濃度，與選用資源化技術及回收成效具高度的相關性，以中小型不銹鋼工廠廢酸處理模式而言，多將酸液與其他製程廢水一併納入廢水處理設備，故往往缺乏廢酸產量、性質等基線資料及數據，若擬朝資源化處理方式規劃，首要步驟即是瞭解廢硝酸混酸性質及組成，清查、建立之資料項目至少需包含廢酸量、廢棄頻率，酸液比重，硝酸、氫氟酸百分比，自由酸及鎘、鉛、銅、鋅、鎳、總鉻、鐵、錳等金屬離子濃度。

二、維持廢硝酸混酸產源及性質恆定

若廢酸之產生數量、頻率不定，或其性質及組成歧異度過高，對於回收設備操作參數設定上往往是極大的困擾，因此工廠酸洗線應以導入全面品質管理方式及觀念，建立標準化酸洗程序及紀錄表單，控制並維持廢硝酸混酸產源及性質恆定，以將影響酸液性質之不確定因素降至最低，以利資源回收。

三、調整廢硝酸混酸性質以符合資源化需求

廢酸液中所含金屬雜質之種類與濃度，可能影響資源回收產品硫酸亞鐵之銷售等級，有必要時需檢視酸洗操作程序並加以適當調整，例如縮短酸洗時間，可降低廢酸液中金屬雜質濃度。

參考文獻

1. 黃慶淵、傅次韓，台灣不銹鋼產業發展現況與未來展望，中國礦冶工程學會會刊，第 44 卷，第二期，p.9~p.16，民國 89 年 6 月。
2. 1999 特殊鋼年鑑，經濟部技術處，民國 89 年。
3. 鋼鐵資訊月刊，第 130 期，台灣區鋼鐵工業同業公會，民國 90 年 5 月。
4. 林淑敏，我國不銹鋼板捲現況與展望，產業調查與技術季刊，第 137 期，交通銀行，民國 90 年 5 月。
5. 邱江明，特殊鋼的生產製程，唐榮鐵工廠股份有限公司鋼鐵研究，第 78 期，p.1~23，民國 82 年 9 月。
6. 蔡武雄，不銹鋼製造技術，中國鋼鐵股份有限公司技術與訓練，第 18 卷，第 5 期，p.39~50，民國 82 年 10 月。
7. 蕭春木，我國不銹鋼管產業之生產技術，產業調查與技術季刊，第 122 期，交通銀行，民國 86 年 7 月。
8. 工業減廢技術擴散及資訊服務中心計畫－不銹鋼酸洗廢液資源化技術開發，經濟部工業局，民國 85 年 7 月。
9. 工業減廢技術擴散中心計畫－全國廢酸調查，經濟部工業局，民國 84 年 6 月。
10. 黃順明，廢酸資源化再生技術介紹(1)噴霧焙燒法，工業污染防治報導，第 108 期，經濟部工業局，民國 86 年 3 月。
11. 廢棄物資源化技術資料彙編，經濟部工業局，民國 88 年 6 月。
12. 黃順明、張玉霞，擴散透析法應用於廢酸回收再利用技術介紹，工業污染防治報導，第 105 期，經濟部工業局，民國 85 年 12 月。
13. 工業污染防治技術服務計畫－廢酸資源回收技術開發與推廣，經濟部工業局，民國 87 年 6 月。
14. 村田德治，廢硝酸、廢弗酸，產業廢棄物處理とリサイクル事典，p.227~231。

15. 國家環境保護局，鋼鐵工業廢棄物治理，工業污染治理技術彙編—固體廢棄物卷，p.105~207，中國環境科學出版社，1992年。
16. 工業污染防治技術服務計畫—廢酸資源回收技術開發與推廣，經濟部工業局，民國89年12月。

廢硝酸混酸資源化應用技術手冊

出版日期：中華民國九十年十二月

發行人：施顏祥

總編輯：林鴻祺

編輯企劃：江東法、吳幸娟、蕭志清、吳文龍、劉建民

發行所：經濟部工業局

台北市信義路三段41-3號

TEL：(02)2754-1255

FAX：(02)2704-3753

<http://www.moeaidb.gov.tw>

出版所：中興工程顧問股份有限公司

台北市南京東路五段171號

TEL：(02)2769-8388

FAX：(02)2763-4555

<http://www.sinotech.com.tw>

美工排版：中興工程顧問有限公司

印刷承製：信懋印刷

版權所有 翻印必究

工本費：新台幣貳佰五十元整