



鋼材製品業 資源化應用技術手冊



經濟部工業局

INDUSTRIAL DEVELOPMENT BUREAU
MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS

鋼材製品業 資源化應用技術手冊



經濟部工業局 編印
中華民國98年6月



目 錄

第一章 前言	1
1.1 緣起	1
1.2 技術手冊內容說明	2
第二章 產業概況	3
2.1 產業現況	3
2.2 製程概述	15
第三章 廢棄物來源、特性、產量與清理現況評估	22
3.1 廢棄物來源及特性	23
3.1.1 鋼材製品業廢棄物產生源	23
3.1.2 鋼材製品業廢棄物特性	23
3.2 廢棄物產出量及清理現況評估	23
3.2.1 廢棄物產出量	23
3.2.2 廢棄物清理現況	26
第四章 清潔生產	29
4.1 環境化設計	29
4.1.1 清潔生產介紹	29
4.1.2 減廢技術	31
4.2 廠內管理	33
4.3 鋼材製品製造業清潔生產案例	34
第五章 資源化技術及案例	42
5.1 廢酸資源化技術及案例	42
5.2 鉻酸鹽廢液資源化技術及案例	58
5.3 油泥資源化技術及案例	69
5.4 礦泥資源化技術及案例	84
5.5 污泥資源化技術	91



鋼材製品業 資源化應用技術手冊



5.6 廢溶劑資源化技術	96
參考文獻.....	106



圖 目 錄

圖 2.1	長條類軋延業生產流程	15
圖 2.2	平板軋製業生產流程	16
圖 2.3	鋼管製造業生產流程	17
圖 2.4	不銹鋼管製造業生產流程	17
圖 2.5	鋼構業生產流程	18
圖 2.6	低碳鋼/低合金鋼線材生產流程	18
圖 2.7	高碳鋼線材生產流程	19
圖 2.8	鍍面鋼材業生產流程	19
圖 2.9	鋼捲(片)裁剪業生產流程.....	20
圖 2.10	不銹鋼鋼捲(片)裁剪業生產流程.....	20
圖 3.1	鋼材製品業廢水處理流程廢棄物產生源	23
圖 3.2	96 年度鋼材製品業廢棄物類別分布	24
圖 4.1	高濃度鍍液回收槽流程改善	35
圖 4.2	逆流水洗、水洗水重複使用流程	36
圖 4.3	逆流水洗、水洗水重複使用設備	36
圖 4.4	污泥脫水改善示意圖	39
圖 5.1	鹽酸酸洗鋼捲廢酸液再生及產製氧化鐵粉流程圖	44
圖 5.2	PYROMARS 高溫焙燒回收不鏽鋼廢酸液 (HF-HNO ₃ -Me(Fe,Cr,Ni))製程	45
圖 5.3	硫酸置換蒸餾法回收廢酸液(氯化亞鐵)流程	47
圖 5.4	純化廢酸液之流程	49



圖 5.5	流體床焙燒法生產細粉狀氧化鐵粉流程	51
圖 5.6	廢酸液純化及噴霧焙燒回收處理流程	53
圖 5.7	酸液純化流程	55
圖 5.8	大氣蒸發濃縮設備構造圖	61
圖 5.9	離子交換膜將電解質分離之機構	61
圖 5.10	隔膜電解之流程圖	63
圖 5.11	流體化床電解流程圖	63
圖 5.12	鍍鎳作業採用逆滲透回收系統實例	64
圖 5.13	離子交換樹脂回收鉻酸流程	65
圖 5.14	鉻系廢液直接鉻鹽回收法流程圖	67
圖 5.15	隔膜電解及加熱蒸發濃縮設備流程	68
圖 5.16	油泥低溫溶解處理流程圖	71
圖 5.17	油泥直接壓濾處理流程	72
圖 5.18	BP 油泥萃取處理流程圖	74
圖 5.19	油泥離心處理操作流程圖	74
圖 5.20	泥燃劑製造流程圖	75
圖 5.21	不銹鋼廠油污泥產生來源流程圖	79
圖 5.22	再利用製程流程圖	80
圖 5.23	再利用質量平衡圖	81
圖 5.24	B 廠生產製造流程示意圖	84
圖 5.25	鍍錫槽陽極底泥再利用製程流程圖	88
圖 5.26	硫化銅渣熔煉處理製程流程圖	88



圖 5.27 污泥水濃縮脫水處理流程	92
圖 5.28 中鋼公司污泥集塵灰拌料流程	93
圖 5.29 污泥拌料造粒與造塊流程	93
圖 5.30 污泥造塊機例	94
圖 5.31 污泥高溫還原流程	94
圖 5.32 高溫熔融還原製程例 (FASTMET)	95
圖 5.33 烤漆鋼捲生產流程圖	97
圖 5.34 廢溶劑簡單蒸餾回收裝置	100
圖 5.35 有機混合廢溶劑之蒸餾流程圖	103
圖 5.36 廢溶劑之蒸餾及前處理與後處理流程圖	104
圖 5.37 廢塗料焚化回收熱能之流程	105



表 目 錄

表 2.1	民國 92~94 年線材生產量及產品比重變化	3
表 2.2	民國 92~94 年鋼筋生產量及產品比重變化	5
表 2.3	民國 90~94 年我國型鋼市場供需分析	6
表 2.4	民國 91~94 年鍍鋅鋼品生產量及產品比重變化	12
表 2.5	民國 91~94 年馬口鐵生產量及產品比重變化	14
表 3.1	鋼材製品主要廢棄物種類來源與特性	23
表 3.2	96 年度鋼材製品業廢棄物種類與產量	24
表 3.3	96 年度鋼材製品業各類廢棄物清理及再利用申報量	26
表 3.4	鋼材製品業各類廢棄物申報清理及再利用現況	28
表 4.1	減廢案例一原物料改變	32
表 4.2	減廢案例一製程技術之改進	32
表 4.3	廠內衍生物減量再利用案例	33
表 5.1	廢酸液經酸液純化流程及噴霧焙燒法產製再生酸 之典型製程操作參數	54
表 5.2	廢酸液經酸液純化流程及噴霧焙燒法產製再生酸 之回收率計算案例及資源化產品品質	56
表 5.3	廢酸液經純化製程處理後各種雜質之減量比例	57
表 5.4	鉻酸回收方式之比較	66
表 5.5	鉻酸回收之經濟效益分析	68
表 5.6	各類油泥之含油量	70
表 5.7	泥燃劑之成分比例及規格要求	75
表 5.8	廢油泥資源化技術評析	76
表 5.9	廢油泥資源化技術可行性評估	78
表 5.10	油泥資源化主要設備規格及容量彙整表	82
表 5.11	鍍錫槽陽極底泥成分變化統計表	85



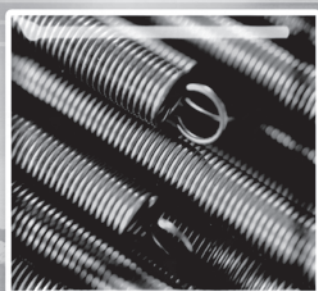
鋼材製品業 資源化應用技術手冊



表 5.12 鍍錫槽陽極底泥全量分析表	85
表 5.13 錫鉛錠及錫鉛銅錠產品規格及用途	90
表 5.14 一貫作業鋼鐵廠污泥之化學成分例	92
表 5.15 鋼鐵廠熱軋與冷軋污泥化學成分例	92
表 5.16 漆料常使用之有機溶劑特性一覽表	96
表 5.17 民國 96 年鋼材製品業相關廢溶劑申報量	97
表 5.18 民國 96 年鋼材製品業相關廢溶劑清理及再利用 申報現況	98
表 5.19 國內廢溶劑處理機構一覽表	99
表 5.20 國內廢溶劑處理機構一覽表	103
表 5.21 各種工業用再生溶劑產品	103

第一章

前言





第一章 前言

1.1 緣起

鋼鐵工業為國家建設重要基本工業，是經濟建設發展必須重視的關鍵產業，其產業關聯效果極大，下游涵蓋金屬製造業、機械業、汽車業、造船業、運輸工具業、電工器材業、土木工程及建築業等。具有帶動下游相關工業發展，改善工業結構及促進整體經濟持續成長的功能。

鋼鐵使用量被視為一個國家工業化程度指標，且鋼鐵工業亦被喻為「工業之母」，其重要性由此可見。鋼鐵生產過程需耗用大量的原料與物料，且涵蓋之製程種類繁雜，因此，相對的製程產生的副產物亦呈現量大而特性複雜的情形。以往此等副產物常被視為廢棄物，未充分再利用，僅依賴管末處理或缺乏完善管理的海拋及回填低窪地等方式處置，此等處置方式非但須投資龐大的污染防治成本，且不易符合日益嚴格的環保法規，故從製程減廢、資源回收與再生利用等方向著手解決才是治本之道。

人類經濟活動亦趨蓬勃成熟，新科技不斷的研究開發，導致可供使用之資源逐漸減少，因此在未來的世代中，主導人類經濟的活動，除了資本與技術之外，最重要將是資源的擁有。因此，資源的有效利用，將是維繫未來人類經濟活動的命脈。現在各國對於處理廢棄物的趨勢，已經全面以資源化為主，因為若能正確的把廢棄物資源化，不但可以減緩廢棄物處理設施興建的壓力，亦可創造新的利潤，降低經營成本，使資源永續利用。

為達成資源永續利用發展之目標，行政院環境保護署於民國九十一年七月正式公佈「資源回收再利用法」，為節約自然資源使用，減少廢棄物產生，促進物質回收再利用，減輕環境負荷，建立資源永續利用之社會，在可行之技術及經濟基礎下，對於物質之使用，應優先考量減少產生廢棄物，失去原效用後應依序考量再使用，其次物質再生利用，能源回收及妥善處理。故事業於進行事業活動時，應循清潔生產技術及資源回收再利用等相關原則進行，以減少資源之消耗，抑制廢棄物之產生及促進資源再利用，以節約自然資源使用，減少廢棄物產生，促進物質回收再利用，減輕環境負荷，建立資源永續利用之社會。

近年來有鑒於鋼材製品製造業，因應產業變動迅速、資源再生技術精進及提供事業單位及資源再生廠商更新、更確實之相關資訊前提下，特地將本手冊內容進行更新資料編修，以符合整體產業、廢棄物資源化及再生技術之現況。



經濟部工業局基於維護產業及環境生態之平衡發展，因此彙整國內鋼材製品業廢棄物資源化技術，以供業者參考應用，希望能提升業界對廢棄物資源化專業技術之認知，進而增進產業整體之環境績效，另可提供欲投入本產業之資源再利用業者投資之參考，達到經濟與環保相輔相成之目的。

1.2 技術手冊內容說明

「鋼材製品業」係以上游煉鋼廠冶煉產出的鋼胚半成品為原料，進行軋延、伸線、擠型、表面鍍塗處理等加工作業生產各類鋼品，再提供下游相關產業使用。

「鋼材製品業」範疇，以台灣區鋼鐵工業同業公會之分類中排除冶煉業、鋸條業及鋼鐵加工業等，其餘業別均屬之，即包括：

- 一、長條類軋延業；
- 二、平板軋製業；
- 三、鋼管業；
- 四、不鏽鋼管業；
- 五、鋼結構業；
- 六、製線業；
- 七、鍍面鋼材業；
- 八、鋼捲裁剪業；
- 九、不銹鋼板裁剪業。

本手冊將針對上述 9 類鋼材製品子行業之廢棄物資源化技術及案例進行彙集。手冊分為六章，概要說明如下：

第一章：說明本手冊編撰緣由，以及內容中所涉及之「鋼材製品業」產業範圍及各章節內容。

第二章：介紹「鋼材製品業」產業發展現況，並針對其製程進行詳述。

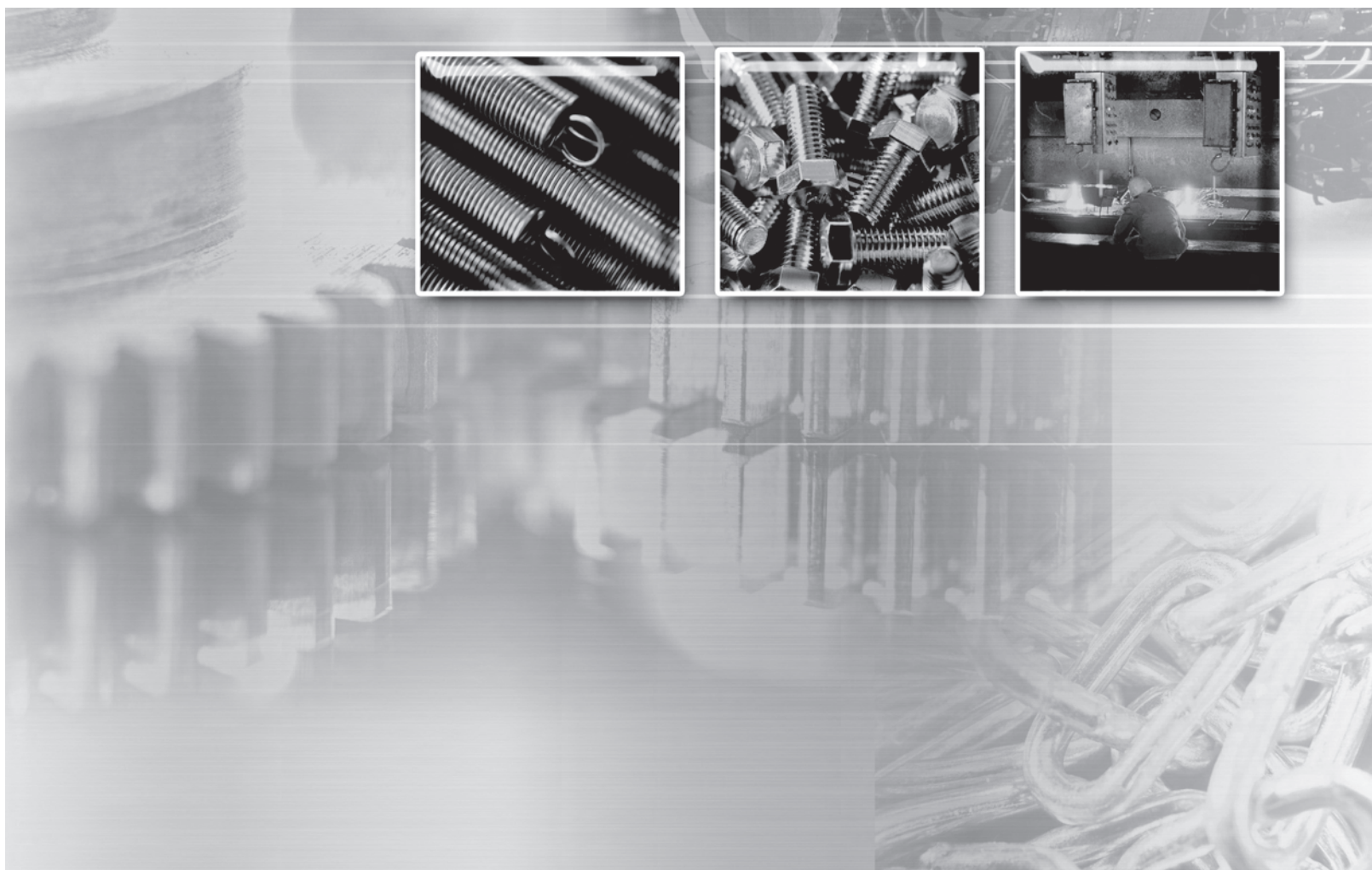
第三章：針對「鋼材製品業」製程之廢棄物來源、特性及產生量，以及主要廢棄物之清理現況進行介紹。

第四章：以廠內管理及環境化設計觀點，敘述「鋼材製品業」於產品設計及生產活動過程之污染預防策略，以供業界運用，降低產業成本，提升生產效率。並提出鋼材製品製造業清潔生產相關案例，供業者參考。

第五章：針對適用於「鋼材製品業」之國內外較成熟且較具效益的資源化技術進行介紹，並彙集實際執行之各項廢棄物資源化案例，並就資源化執行成效及經濟效益進行探討，供業者執行資源化工作之參考。

第二章

產業概況





第二章 產業概況

2.1 產業現況

以下就「鋼材製品業」9類子行業，依據台灣區鋼鐵工業同業公會所出版台灣鋼鐵年鑑統計資料，將其產業現況說明於下：

1. 長條類軋延業

(1) 線材

民國 67 年以前，線材主要來源為電弧爐煉軋鋼業及部分以拆船板軋製線材的單軋廠。中鋼公司投產後，逐漸供應不同材質的線材，導致下游加工業如鋼線鋼纜、傘骨、鉸條、螺絲螺帽等的興起。國內線材需求持續的成長，促使線材廠之設立，如豐興、官田(原名嘉益，民國 95 年更名官田)及聚亨等，也因此進口量市場占有率逐漸滑落至民國 90 年之 12.36%，民國 95 年進口量市場占有率為 31.48%。

線材主要下游加工業為扣件、傘骨、鋼線鋼纜(含伸線)及鉸條業等。我國 94 年國內所生產之棒線鋼材產品中，線材類產品占 26.2%，意即構成比為 26.2%。民國 71 年至 92 年，線材需求平均年成長率 8.1%。民國 94 年則在國內螺絲螺帽及鋼線鋼纜因中國大陸低價競爭造成出口衰退下，民國 94 年線材產量為 251.7 萬公噸，較民國 93 年衰退 10.8%，如表 2.1 所示。

表 2.1 民國 92~94 年線材生產量及產品比重變化

單位：萬公噸

類別	92		93		94	
	產量	構成比(%)	產量	構成比(%)	產量	構成比(%)
線材	279.8	30.3	282.1	28.9	251.7	26.2

資料來源：2006 鋼鐵年鑑，經濟部技術處，民國 95 年 5 月

就線材進口部分來看，民國 94 年由於螺絲螺帽及鋼線鋼纜業衰退，國內線材產量及進口量皆較民國 93 年衰退，民國 94 年線材進口量為 45.98 萬公噸，進口平均單價為 1.6 萬元台幣/公噸。而線材主要進口國為中國大陸約 12 萬公噸。以往我國線材主要進口國為俄羅斯，近年開放中國大陸線材進口後，以取代俄羅斯成為最大進口國。而我國各類棒線產品出口變化統計可看



鋼材製品業 資源化應用技術手冊



出我國出口之棒線產品比例，仍以線材出口量值最大，民國 94 年出口量、值佔所有棒線產品比率分別為 72.9%、76.7%，出口平均單價為 1.8 萬元/公噸。

短期面，螺絲螺帽業因美國景氣好轉，外銷動力增強；製線業受惠於高鐵及捷運工程之推動，景氣仍佳；鋁條業則因營建景氣回溫及中船造船訂單滿檔，需求成長，整體線材需求將呈中度成長。長期面，螺絲螺帽進入美國汽車市場，需求成長；鋼線鋼纜囿於營建業景氣低度成長，需求持平；傘骨及鋁條業外移，需求減少，整體線材需求可能衰退。

(2)棒鋼

民國 67 年以前，國內棒鋼主要供應來源為電弧爐煉軋鋼業，民國 66 年底中鋼公司投產後，料源及品質供應無虞，促使國內需求大幅成長，國內業者也擴充產能供應。目前，棒鋼主要供應來源中鋼公司及豐興鋼鐵等。民國 78 年以來，進口量市場占有率最高曾達 31.33%，95 年為 21.92%。

棒鋼係產製螺絲螺帽、手工具、汽機車零組件及揚聲器導磁零件的主要原料，民國 78 至 95 年，棒鋼需求平均年成長率 2.91%。95 年手工具、汽、機及自行車零組件產量衰退，至需求減少 6.18%。

就直棒進口部分來看，隨著國內螺絲螺帽產業的成長，直棒的產量及進口量亦隨之增加，民國 94 年由於螺絲螺帽產業出口量衰退，直棒進口量為 4.8 萬公噸較民國 93 年衰退 55.2%，進口平均單價為 2 萬元台幣/公噸。其主要進口國為俄羅斯，民國 94 年進口量為 2.9 萬公噸。而在出口方面，直棒之出口量、值比例分別為 8.6%、9%，出口平均單價為 1.8 萬元/公噸，主要出口國為中國大陸，出口量 6,800 公噸佔總出口量 22.3%。

短期面，螺絲螺帽與汽機車零組件延續前一年景氣，外銷成長；手工具需求持平；揚聲器需求續呈衰退，整體棒鋼需求將呈穩定的成長。長期面，螺絲螺帽業打入美國汽車市場（業者表示螺絲螺帽 90%外銷，民國 82 年至 92 年外銷量平均年成長率 8.4%，全球市場占有率 10.6%，預測民國 98 年至 101 年螺絲螺帽外銷量平均年成長率 6.3%，全球市場占有率 18%）；大陸汽機車市場蓬勃成長，零組件需求增加；揚聲器導磁零件業外移嚴重，需求衰退；手工具轉向高品級發展，惟有外移隱憂，整體棒鋼需求僅能微幅成長。



(3)不銹鋼棒線

國內不銹鋼棒線主要供應廠為華新麗華、榮剛材料科技及燁興等 3 家公司，前二家有煉鋼及軋鋼設備，燁興則為單軋廠，外購小鋼胚軋延不銹鋼線材。不銹鋼棒線自民國 85 年起，出口量已大於進口量，進口量市場占有率逐漸滑落至民國 95 年之 23.89%。

不銹鋼棒線主要下游行業為螺絲螺帽、車輛、五金及食品加工業。民國 79 至 95 年，不銹鋼棒線需求平均年成長率達 8.64%。民國 95 年因螺絲螺帽業需求成長，五金及食品加工業需求增加，致不銹鋼棒線需求成長 15.31%。

短期面，螺絲螺帽業需求成長，五金及食品加工業需求增加，不銹鋼棒線之需求應增加。長期面，螺絲螺帽及中國大陸汽機車業蓬勃成長，可望帶動需求的成長，預測至民國 101 年不銹鋼棒線需求平均年成長率 1.17%。

(4)鋼筋

國內鋼筋幾乎全數由國內業者（電弧爐及單軋廠）供應，中鋼公司在民國 75 年停止供應鋼筋後，僅在民國 82 年政策性的生產內銷 4,000 公噸。國內鋼筋軋延產能遠大於煉鋼產能，因此每年進口為數不少的小鋼胚以供軋延，單軋廠及電弧爐廠營運因而易受廢鋼及小鋼胚供需變動之影響。

鋼筋用戶為營建及公共工程，因此營建業的榮枯直接影響鋼筋業的盛衰。民國 79 年至 95 年，國內鋼筋需求平均年成長率 1.67%。民國 95 年民間廠房擴建、台北、高雄捷運及中、南科等公共工程帶動，鋼筋溫和成長 3.13%。

就需求趨勢來看，從民國 89 年~94 年國內鋼筋需求平均年成長率為 1.9%，成平穩趨勢，目前國內重大建設雖僅剩高捷及中、南部科學園區公共工程持續中，不過民間營建業仍在成長，民國 94 年國內鋼筋產量為 675.8 萬公噸，較民國 93 年成長，如表 2.2 所示。

表 2.2 民國 92~94 年鋼筋生產量及產品比重變化

單位：萬公噸

類別	92		93		94	
	產量	構成比(%)	產量	構成比(%)	產量	構成比(%)
鋼筋	611.6	66.2	660.0	67.5	675.8	70.3

資料來源：2006 鋼鐵年鑑，經濟部技術處，民國 95 年 5 月



(5) 型鋼

型鋼分為 H 型鋼、角鋼、U 型鋼、I 型鋼及其他型鋼。國內 H 型鋼在民國 84 年以前幾乎全數仰賴進口，東和型鋼廠在民國 84 年 7 月全能生產後，取代部分進口貨。民國 87 年更有桂裕（民國 93 年更名為中龍）及東和高雄廠投入生產 H 型鋼，民國 95 年 H 型鋼進口量市場占有率僅 2.60%，至於角鋼及 U 型鋼，國內自給率也已達 98% 以上。

型鋼以 H 型鋼需求量最大，其次依序為角鋼、U 型鋼、I 型鋼及其他型鋼。型鋼主要用在建築及公共工程，少數用在機械、運輸及金屬製品，營建業景氣的好壞關係著型鋼需求的盛衰。民國 78 年至 95 年，國內 H 型鋼、角鋼及 U 型鋼需求平均年成長率分別為 9.82%、-6.9% 及 -0.43%，角鋼及 U 型鋼呈現負成長乃因 H 型鋼需求成長快速，取代角鋼及鋼筋所致。民國 95 年光電業面板廠房擴建工程挹注需求，H 型鋼、角鋼及 U 型鋼需求分別成長 14.36%、1.54% 及 8.13%。

在我國型鋼市場近年來的供需變化，從民國 90 年開始，我國型鋼總產量已超過國內總需求量，至 94 年已經有生產剩餘 16.5 萬噸，顯示我國型鋼產從過去供不應求變化供過於求的階段。也由於國內型鋼產能過剩的緣故，因而產品需透過出口已去化過盛產品。因此，從民國 90 年起，我國型鋼產品的出口量逐年增加，到了民國 94 年出口量高達 25.7 萬公噸，出口比例也達到 15.5%，如表 2.3 所示。

表 2.3 民國 90~94 年我國型鋼市場供需分析

單位：萬公噸

項目 年	產量 A	出口量 B	進口量 C	國內總需求 D=A-B+C	需求成長率 E(%)	出口比例 F=B/A(%)	進口依存度 G=C/D(%)	國內自用率 1-G(%)
90	110.7	12.4	11.4	109.7	-27.7	11.2	10.4	89.6
91	140.9	19.9	8.7	129.7	18.2	14.1	6.7	93.3
92	167.2	33.6	7.9	141.5	9.1	20.1	5.6	94.4
93	188.1	18.4	14.8	184.5	30.4	9.8	8.0	92.0
94	165.9	25.7	9.2	149.4	-19.0	15.5	6.2	93.8

資料來源：2006 鋼鐵年鑑，經濟部技術處，民國 95 年 5 月

短期面，申請核發建造執照面積減少，液晶電子面板廠房擴建延緩，H 型鋼及角鋼需求將減少。長期面，都市更新與公共工程推動，營建業溫和成長。預測至民國 101 年，H 型鋼、角鋼及 U 型鋼平均年成長率分別為 3.00



%、0.43%及 1.13%。

2. 平板軋製業

(1) 鋼板

國內鋼板在民國 77 年以前，除了進口貨外，主要由中鋼及台灣煉鐵兩家公司供應。民國 78 年，台灣煉鐵公司遷廠暫停生產，民國 84 年元月復工生產，但僅間歇性生產，目前處於停工狀態。民國 88 年東和公司開始量產窄幅鋼板，95 年起，中龍鋼鐵亦產製窄幅鋼板。惟鋼板主要供應來源仍來自中鋼公司及進口貨，進口量市場占有率自民國 78 年以來，達 20% 以上，最高將近 40%，顯示國內業者尚有努力的空間。

鋼板的主要下游業為鋼結構及船舶製造業，其它如機械、汽機車及貨櫃業也使用鋼板。民國 78 年至 95 年，鋼板需求平均年成長率 3.50%，民國 95 年申請核發建照執照面積需求減少，製管、船舶建造及機械業生產增加，鋼板需求增加 3.22%。

短期面，國內景氣逐漸加溫，民間廠房擴建工程陸續展開；捷運工程適用用料高峰期；再加上自民國 91 年 9 月以來，船租及運價大幅上漲，船東造船意願提高，中船訂單滿檔，鋼板需求仍有不錯的成長。長期面，都市更新方案落實執行，中船船席至民國 99 年滿檔，機械業溫和成長等因素，預測至民國 101 年，鋼板需求平均年成長率 3.47%。

(2) 熱軋鋼品

國內熱軋鋼品在民國 71 年以前，端賴進口貨供應。民國 71 年中鋼公司第二階段擴建完工後，國內熱軋鋼品泰半由中鋼公司供應，發揮替代進口的效果。隨著中鋼公司三階段的擴建完工，國內熱軋鋼品自給率逐漸提高。民國 80 年，國內民營的熱軋廠安鋒公司正式投入生產，成為國內第二家熱軋供應廠。民國 86 年中鋼公司第 2 條熱軋線及中鴻熱軋產線投產的影響，國內熱軋鋼品供給大幅增加。進口量市場占有率在民國 87 年達到最低點 13.83%，民國 95 年則為 16.67%。

熱軋鋼品是產製冷軋及鍍面鋼品之原料，冷軋鋼品又是鍍鋅、彩色鋼片、馬口鐵及電磁鋼片之底材。熱軋鋼品亦可產製鋼管、鍍鋅、輕型鋼、貨櫃及容器(如瓦斯鋼瓶)，其關聯效果大。民國 78 至 95 年熱軋鋼品需求平均年成長率 4.26%，95 年冷軋及鋼管等下游產品生產增加，熱軋鋼品需求成長



3.94%。

短期面，中國大陸冷軋及鍍面鋼品強勁需求，衍生對國內熱軋鋼捲需求的增加，預估熱軋鋼品需求將有不錯的成長。長期面，熱軋主要下游產業如冷軋、鍍面等國內供給多半大於需求，再加上直接用戶如電腦機殼、自行車及涼椅等產業嚴重外移，導致對熱軋鋼品的衍生需求不再快速成長，未來需求成長的主要動力將來自冷軋及鍍面產品的直接出口。預測至民國 101 年，熱軋鋼品需求平均年成長率 2.92%。

(3)不銹鋼熱軋鋼品

國內不銹鋼熱軋鋼品在民國 83 年中鋼公司投入生產以前，只有唐榮公司不銹鋼廠產製鋼胚，委請國外或中鋼公司代軋，以供應其冷軋用料及部分酸洗後鋼捲的市場需求。民國 84 年燁聯公司的投產，國內不銹鋼熱軋鋼品由原來需仰賴進口的局面為之改觀。自民國 89 年以後，國內不銹鋼熱軋鋼品已可自給自足，出口量且大於進口量。

不銹鋼熱軋鋼品主要下游業為冷軋鋼廠、石化桶槽、機械、工廠設備及製管等行業。民國 79 至 95 年，熱軋鋼捲需求平均年成長率高達 19.49%，主要係不銹鋼冷軋鋼廠大肆擴建，以因應需求快速增加。民國 95 年冷軋鋼品、配管及構造用管業生產增加，熱軋鋼品需求成長 9.86%。

短期面，中國大陸不銹鋼冷軋鋼品因撤銷最終保障措施，國內不銹鋼冷軋鋼品恢復銷往中國大陸市場，不銹鋼熱軋鋼品需求在配管及構造用途仍可維持。預估不銹鋼熱軋鋼品需求中度成長。長期面，中國大陸經濟穩定成長，冷軋鋼品需求回復，帶動熱軋鋼品需求，不銹鋼熱軋鋼品需求將呈溫和成長率。

(4)冷軋鋼品

冷軋鋼品在民國 71 年以前，民間單軋廠即少量生產，惟絕大部分仍仰賴進口。民國 71 年中鋼公司投入冷軋生產，民國 72 年中鋼公司全能生產後，市場結構產生很大變化。隨著市場需求的成長及民間冷軋業者陸續建廠，除了少量材質、鋼種及尺寸無法自產需賴進口外，絕大部分均能自產。民國 92 年，國內冷軋業者內銷量即占國內需求量之 93.9%，進口量市場占有率僅 6.1%。

冷軋需求的主要產業有製管、電腦週邊設備、電吊扇、自行車及其零組



件、汽機車零件及鍍面業等。自民國 78 年至 95 年，冷軋鋼品需求平均年成長率 0.30%。

短期面，電吊扇、嬰兒車、自行車、燈飾及電腦機殼等製造業受產業外移及開發中國家競爭之影響，對冷軋鋼品需求減少；冷軋下游鍍鋅及彩色鋼片出口暢旺，冷軋鋼品需求增長，惟前一年比較基期偏高，預估冷軋鋼品需求僅能溫和成長。長期面，主要下游產業如自行車、電吊扇、電腦機殼等產業外移，鍍面業出口成長已成為冷軋需求成長的主要因素，過去中高度成長將不復見，冷軋鋼品需求可能持平或微幅衰退。

(5) 不銹鋼冷軋鋼品

民國 79 年不銹鋼冷軋鋼品自給率達 60%，由於需求成長快速，陸續有廠商加入生產，目前自給率已超過 100%，外銷比率也逐漸提高。從事不銹鋼冷軋生產的有唐榮、燁聯、東盟、千興、嘉發等公司。目前燁聯公司在中國大陸廣州設立聯眾不銹鋼有限公司，年產 30 萬公噸不銹鋼冷軋鋼品。

冷軋鋼品主要供應製管、鐵捲門、水塔容器等，少部分用於產製刀叉及餐椅具，因此營建業的景氣榮枯影響國內需求的成長。民國 79 年至 95 年，國內不銹鋼冷軋鋼品需求平均年成長率 5.17%，95 年因餐廚具業需求增加，致冷軋鋼品需求成長 24.53%。

短期面，房地產景氣逐漸回溫，有助於不銹鋼冷軋鋼品需求回復，不銹鋼冷軋鋼品需求溫和成長。長期面，國內建築業景氣低度成長；加工製品需求發展微幅成長，不銹鋼冷軋鋼品需求僅能低度成長。

(6) 電磁鋼片

民國 76 年以前，電磁鋼片幾乎全賴進口。民國 77 年中鋼及燁隆（民國 93 年更名中鴻公司）先後成功開發電磁鋼片，當時由於市場區隔、關稅、生產技術及成本等因素，國內業者市場占有率並不高。燁隆公司更在民國 82 年第一季宣布停產電磁鋼片，目前，中鋼為國內唯一電磁鋼片生產廠。進口量市場占有率雖有滑落現象，民國 95 年仍高達 36.13%，主要原因為電磁鋼片中有方向性及非方向性之區分，方向性電磁鋼片中鋼公司尚無法產製。

電磁鋼片主要供應電扇、馬達及變壓器製造業，民國 78 年至 95 年，電磁鋼片需求平均年成長率 1.27%。民國 95 年國內電吊扇、電冰箱、洗衣機及馬達產量衰退，電磁鋼片需求減少 27.7%。



短期面，馬達銷售量仍可延續成長，變壓器扭轉衰退之局勢，電扇銷量預估下滑；中國大陸對電磁鋼片強勁需求，帶動國內分條鋼捲銷售之成長，電磁鋼捲需求成長可預期。長期面，電扇及變壓器製造業外移嚴重，對電磁鋼片需求僅能持平甚至衰退；馬達製造業則因國產馬達品質提升，取代日貨及政府管制廢五金趨嚴，再生馬達銳減，維持穩定成長。電磁鋼片需求僅能低度成長。

3. 鋼管業

鋼管以製程區分為銲接鋼管及無縫鋼管，國內鋼管廠尚無法產製無縫鋼管。鋼管產量自民國 88 年達到高峰期後即逐漸滑落，出口量漸增，進口量市場占有率近幾年來都在 20% 上下。高興昌公司著眼於中國大陸西氣東輸及中俄跨國管線之市場，與中國大陸石油氣公司合資 2,000 萬美元(高興昌公司股份 97%，中資 3%)在江蘇設立鋼管廠。

鋼管業係熱軋及冷軋鋼品之下游產業。鋼管業產製黑鋼管及鍍鋅鋼管供應營建業，冷軋鋼管供應金屬家具及自行車業，熱軋鋼管供應運動器材及汽機車業。民國 78 至 95 年，鋼管需求平均年成長率 -0.54%。民國 95 年金屬家具、汽、機、自行車及運動器材產量減少，鋼管需求減少 0.65%。

短期面，石油煉製業需求增加；彌補嬰兒車、運動器材及汽機車業需求減少，整體鋼管需求溫和成長。長期面，自行車及汽機車與其零組件業溫和成長；家具管、涼椅及嬰兒車產業需求減少。預測至民國 101 年鋼管需求平均年成長率 0.74%。

4. 不銹鋼管業

國內主要不銹鋼製管廠有彰源、允強、新東興及昌翰等公司。由於進入障礙不高，投入容易，行業規模不大，競爭激烈，製管總產能大，產能利用率偏低。進口量市場占有率約在 10% 左右，出口量逐漸增加，民國 94 年出口依存度已達 58.99%。由於市場胃納小，彰源公司自民國 90 年以來，在江蘇陸續投資 630 萬美元，設立不銹鋼製管廠。大成公司也在石家莊及保定設立不銹鋼製管及配件廠。

不銹鋼管區分為配管及構造用管，主要用途為製造門窗、鐵門、扶梯、花管加工及公共工程欄杆。民國 79 年至 95 年，不銹鋼管需求平均年成長率高達 6.73%。95 年核發建築物使用執照面積增加，核發建築物建造執照面積減少，需求成長 0.99%。



短期面，房地產景氣逐漸回溫，惟不銹鋼管因售價高漲，導致替代碳鋼管之作用逐漸褪色，預估不銹鋼管需求溫和成長。長期面，營建業景氣低度成長，配管用途挹注不銹鋼管需求成長，預測至民國 101 年不銹鋼管需求平均年成長率 1.22%。

5. 鋼結構業

鋼結構因具高強度、高韌性、預製性及易於自動化機械施工，可大幅縮短工期，減少勞力及快速回收投資，在高層大樓及橋樑工程是極具競爭力與發展性的建築材料。

國內鋼鐵公會鋼結構小組的會員廠商有 30 家，年產能 120 萬公噸以上，未參加鋼鐵公會之小廠有 100 餘家，年產能 100 萬公噸，鋼結構年產能合計 220 萬公噸以上，但需求量僅約 100 萬公噸左右，產能嚴重過剩。

政府自民國 81 年全面實施容積率管制，造成建商大量搶建，該年申請核發建造執照面積創下高峰，民國 83 年申請核發使用執照也達到高峰，房地產景氣自此衰退，21 層以上高樓興建棟數明顯減少，另一方面，政府財政緊絀，固定投資續呈減少，這些因素皆影響鋼結構業之發展，顯而易見的是鋼結構業榮枯與房地產景氣及公共工程之推動息息相關。

鋼結構業是內需型產業，近年來國內自給率高達 93% 以上，出口比率約 3%，進口占需求約 7%，隨著產業外移，廠房建設工程及大樓的鋼結構需求減少，橋樑對鋼結構的需求則大幅增加，在國內營建業景氣僅能低度成長及囿於政府財政壓力，難以推動龐大公共工程的情況下，鋼結構業重心將擺在液晶顯示器面板大舉擴廠(估計鋼構量需求達 40~50 萬公噸)、捷運工程之持續施工。

6. 製線業

國內製線業產品包括鋼線及其製品、鋼線、鋼纜、鋼絞線、預力製品、鐵線及其製品、鋼棒、不銹鋼線及其製品、其他鋼線製品，產品繁雜，主要供應公共工程、工業機械、運輸器具、手工具、運動器材、林礦及船舶業等，屬於內需型產業。

製線業發展超過 50 年，如同其他產業，發展階段可分為仰賴進口、替代進口、自給率提高、開拓外銷及合理化等，台灣區鋼線鋼纜業工業同業公會會員廠 95 家，民國 85 年主計處工商普查調查鋼線鋼纜廠高達 216 家，與其他鋼鐵製品工業比較，製線業成本占營收之比率最高，每位員工產值高，利潤率卻最



鋼材製品業 資源化應用技術手冊



低，可見製線業面臨國內進入障礙不高、現有廠商競爭激烈、顧客力量強及供應商力量強(原料價格難議價)的局面。

國內鐵線(非鍍鋅鐵線及鍍鋅鐵線)及鋼纜銷售量統計顯示，10年來鐵線銷售量持平，單價卻降低，鋼纜銷售量增價漲，製線業者為求成長，已有華新麗華公司至中國大陸及印尼投資，志聯公司及榮周集團至中國大陸投資設廠生產。

7. 鍍面鋼品業

(1) 鍍鋅鋼品

鍍鋅鋼品含熱浸鍍鋅、電鍍鋅及鍍鋅後的彩色鋼片，由於具有優越的耐蝕性及環保意識的覺醒，需求成長快速，國內業者自民國 80 年代紛紛設廠生產供應。以熱軋鋼品為底材的熱軋熱浸鍍鋅有燁輝及廣春等公司生產，以冷軋鋼品為底材的冷軋熱浸鍍鋅有燁輝、盛餘及中鋼等公司生產，電鍍鋅有中鋼、弘運及震營等公司生產，彩色鋼片則有盛餘、燁輝及尚興等公司生產供應。鍍鋅鋼品進口量市場占有率，熱浸鍍鋅及彩色鋼片逐漸滑落，民國 95 年分別為 22.46% 及 3.1%，已充分發揮進口替代的效果，電器鍍鋅鋼品仍高達 38.6%，顯示國內業者仍有很大的努力空間。

熱軋熱浸鍍鋅用以產製 C 型鋼、樓層板及鍍鋅管，冷軋熱浸鍍鋅主要做為彩色鋼片之底材及汽車零件等，電鍍鋅供應電腦、汽車、家電及家具五金業等，彩色鋼片用以產製牆面板、鐵捲門、冷凍庫及裝潢等。民國 78 年至 95 年，熱浸鍍鋅、電鍍鋅及彩色鋼片需求平均年成長率分別為 15.2%、6.13% 及 5.38%。民國 95 年熱浸鍍鋅鋼品因汽車業及烤漆建材業需求減少，需求成長率微幅減少 0.08%；電鍍鋅鋼品在電腦業需求增加基礎上，成長 40%；彩色鋼片則因廠房擴建，需求增加 22.22%。民國 94 年國內所生產鍍塗面鋼品，以熱浸鍍鋅鋼捲片占生產量 49.2% 為最大，其次為彩色鋼捲片 19.2% 居次，如表 2.4 所示。

表 2.4 民國 91~94 年鍍鋅鋼品生產量及產品比重變化

單位：萬公噸

類別	91		92		93		94	
	產量	構成比(%)	產量	構成比(%)	產量	構成比(%)	產量	構成比(%)
熱浸鍍鋅	217.1	53.1	226.3	51.9	222.5	48.9	217.0	49.2
電鍍鍍鋅	31.7	7.8	35.0	8.0	35.1	7.7	40.2	9.1
彩色鋼捲	85.1	20.8	82.5	18.9	88.5	19.4	84.8	19.2

資料來源：2006 鋼鐵年鑑，經濟部技術處，民國 95 年 5 月



在進口量方面，以熱浸鍍鋅鋼捲片為進口鋼品主力，民國 94 年約占總進口量的 40%，近兩年以來進口量保持成長，民國 93 年進口年增率為 12.8%，民國 94 年則為 10%，年進口量達到 25.3 萬公噸。電鍍鋅鋼捲片雖在民國 93 年進口成長 6.2%，不過民國 94 年又滑落至 12.3 萬公噸。其主要進口國為日本，進口電鍍鋅鋼捲片高達 93%。而在出口值方面以電鍍鋅鋼捲片成長最多為 17.8%，較民國 93 年成長了 5.3%。

短期面，熱浸及電鍍鋅鋼品在電腦業及烤漆建材業帶動需求，預估需求將溫和成長；彩色鋼片則在營建業景氣逐漸回溫下，微幅成長。長期面，中國大陸熱浸鍍鋅產能大幅擴充，相對地將減少國內熱浸鍍鋅鋼品之需求，國內電腦與汽車業景氣由絢爛歸於平淡及營建業低度成長情況下，熱浸鍍鋅、電鍍鋅及彩色鋼片僅能低度成長。

由於國內市場趨於飽和及著眼於中國大陸廣大的市場，燁輝公司投資 80 億新台幣在中國大陸江蘇設立年產 100 萬公噸的酸洗冷軋鍍鋅烤漆線；盛餘公司也將投資 80 億新台幣在華中設立年產 20 萬公噸的鍍鋅烤漆線。

(2)馬口鐵(鍍錫鋼捲片)

馬口鐵(Tin Plate)早期稱洋鐵，正式名稱應為鍍錫鋼片。台機公司是國內最早的馬口鐵製造廠，年產能 9 萬公噸。馬口鐵上游原料為冷軋廠生產的底片，馬口鐵為製罐的原料。民國 75 年，統一實業公司與日本川崎製鐵公司共同設立鍍錫鍍鉻產線後，年產能 24 萬公噸。民國 84 年 10 月統一實業公司底片廠正式生產，年產能 60 萬公噸，不僅可滿足自用量，尚有餘力外銷。民國 85 年統一實業公司購併台機公司，成為國內馬口鐵唯一供應廠。馬口鐵進口量市場占有率自民國 80 年以來，居高不下，雖出口量持續成長，然而民國 92 年進口量市場占有率仍高達 48.6%。

國內馬口鐵主要產製食品、飲料、油脂、化學品及噴霧鐵罐，飲料罐為馬口鐵主力市場。民國 80 年至 92 年，馬口鐵需求平均年成長率呈現－4%，民國 92 年受其他包裝競爭材料的影響，需求衰退 7.8%，如表 2.5 所示。



表 2.5 民國 91~94 年馬口鐵生產量及產品比重變化

單位：千公噸

類別	91		92		93		94	
	產量	構成比(%)	產量	構成比(%)	產量	構成比(%)	產量	構成比(%)
鍍錫鋼捲	20.6	5.0	19.8	4.5	19.9	4.4	14.5	3.3
鍍鉻鋼捲	5.9	1.4	6.5	1.5	6.3	1.4	3.8	0.9

資料來源：2006 鋼鐵年鑑，經濟部技術處，民國 95 年 5 月

由於國內市場趨於飽和，著眼於中國大陸廣大的市場，短期面，受惠大陸馬口鐵需求持續成長，馬口鐵需求可望成長。長期面，全球馬口鐵需求持續成長，又以大陸成長最快。民國 97 年寶鋼產能約 15 萬噸，預估仍有供給缺口，故馬口鐵需求可望持續提升。

8. 鋼捲裁剪業

鋼捲裁剪業係廠商自生產鋼廠購買熱、冷軋鋼板捲後，經過裁邊、剪切、分條及包裝等加工，再出售給直接用戶。由於國內直接用戶生產規模小，所需規格及尺寸種類繁多，用戶若直接向鋼廠購料有單項最低訂購量之限制，將面臨積壓資金及原料無處擺放之困窘，不合經濟效益，鋼捲裁剪業即以其集貨、調節市場供需及資金調度的功能，服務客戶，鋼捲裁剪業在鋼廠出貨量排名，非居第 1 即屬第 2，可見鋼捲裁剪業在鋼鐵工業的重要性。

國內鋼捲裁剪業者為數眾多，據了解工廠規模 15 人以下的廠家占有所有裁剪業者 2/3 以上，小型廠以自有資金為主，一般而言，為維持供貨穩定，常需保有 1~3 個月的庫存量，因此裁剪業面對進貨跌價損失及倉儲積壓資金的風險。鋼捲裁剪業產品含蓋範圍多，包括鋼板、熱軋、冷軋、電磁鋼片、熱浸鍍鋅、電氣鍍鋅及彩色鋼片等，然而也有些鋼捲裁剪廠主要業務針對特定行業，因此裁剪業規模與專業也有不同。

隨著直接用戶如自行車、嬰兒車、電扇、燈飾及電腦機殼等產業外移，已逐漸產生群聚效應，為就近供料，鋼捲裁剪業春源及美亞等公司將部分資金及設備移往中國大陸生產，裁剪業未來購料對象、型態及客戶結構可能轉變，對國內鋼鐵業將有一定程度的影響。

9. 不銹鋼板裁剪業

國內不銹鋼板裁剪業者眾多，較具規模者有北部的新鋼公司(客戶為下游直接用戶)及南部的燁茂實業公司(以中盤商為主)，民國 92 年中之後，不銹鋼管廠



允強公司介入不銹鋼板裁剪業，初期月產能 1,500~2,000 公噸，不銹鋼板裁剪市場競爭更形激烈。

不銹鋼與碳鋼品質特性不同，因此裁剪業務少有重疊，即不銹鋼裁剪業者鮮少兼營碳鋼業務，而不銹鋼裁剪業務量有限情況下，不銹鋼裁剪業者兼營其他不銹鋼產品業務，如不銹鋼管及不銹鋼棒線；同時有冷軋不銹鋼單軋廠兼營裁剪業，另外亦有不銹鋼裁剪業者生產不銹鋼製品(如餐具)，在不銹鋼裁剪業領域，垂直整合程度不亞於碳鋼裁剪業。不銹鋼產品主要供應建築、運輸、食品器皿、機械、石化、發電廠、焚化爐及廢水處理設備等行業，在不銹鋼冷軋鋼捲廠前往中國大陸設廠生產下，不銹鋼板裁剪業看好其市場，正規劃跟隨。

2.2 製程概述

茲將「鋼材製品業」9 類子行業之生產製程說明如下：

1. 長條類軋延業製程概述

長條鋼製品通常以小鋼胚為素材，先將小鋼胚送入加熱爐加熱，熱胚通過連續之粗、中及精軋機連串(或往復式單座軋機)軋延成直條狀條鋼，包括鋼筋、圓條、扁鐵、方鋼、六角棒等。再由剪切機定尺剪切、包紮、檢驗後運送至下游客戶進行加工。

(1) 生產流程：如圖 2.1 所示。

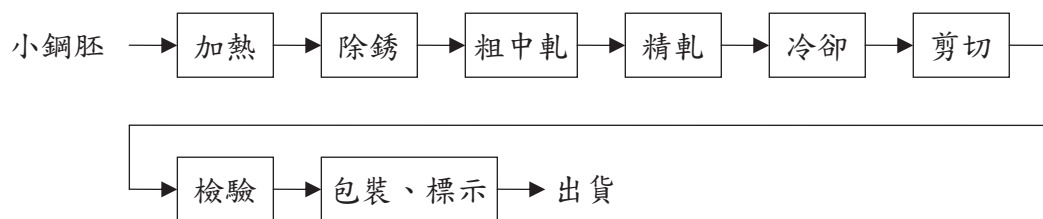


圖 2.1 長條類軋延業生產流程

(2) 主要生產設備：生產線包括加熱爐、粗軋前高壓水除鏽器、粗軋機、中軋機、精軋機、冷卻床等。

(3) 主要原物料：原料為小鋼胚，物料則有耐火材、燃料(燃料油、天然氣、液化油汽...)、水(冷卻、除鏽)、油(潤滑油、軋延油)、軋輥。

(4) 主要產品：鋼筋、圓條、扁鐵、方鋼、六角棒。



2. 平板軋製業製程概述

熱軋製程為例：熱軋鋼捲製品通常使用連鑄扁鋼胚為素材，以厚度 130 至 300 mm 間之扁鋼胚送入加熱爐再加熱，熱胚通過粗軋機及精軋機連串(或往復式單座軋機)軋延成厚度 1.0~25.4 mm 間的鋼捲後，再由盤捲機捲取成為粗軋鋼捲，待鋼捲冷卻後再送至各精整調質生產線生產成熱軋鋼捲(調質鋼捲)，供裁剪業或分條業進一步加工或供酸洗、冷軋製程產製成冷軋產品。

(1) 生產流程：如圖 2.2 所示。

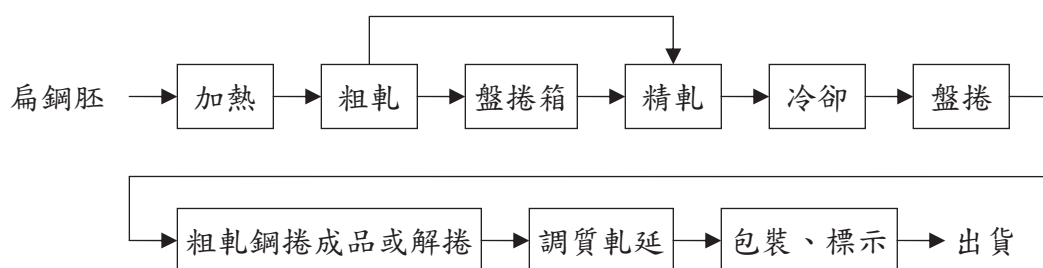


圖 2.2 平板軋製業生產流程

(2) 主要生產設備：A. 熱軋生產線包括加熱爐、粗軋前高壓除鏽器、邊軋機、粗軋機、盤捲箱、端切機、精軋前高壓除鏽器、精軋機、層流冷卻系統、盤捲機；B. 調質生產線包括解捲機、整平機、調質機、盤捲機等。

(3) 主要原物料：原料為扁鋼胚，物料則有耐火材、燃料(重油、天然氣、液化石油氣...)、水(冷卻、除鏽)、油(潤滑油、軋延油)、軋輥。

(4) 主要產品：熱軋粗鋼捲、熱軋鋼捲(調質鋼捲)、熱軋鋼板、熱軋鋼片。

3. 鋼管製造業製程概述

鋼管可分為無縫鋼管及銲接鋼管兩大類，主要用於水、電、油、氣配管、油井鑽管、鍋爐熱交換器、機械結構、車輛、傢具、展示架及運動器材等用途。

無縫鋼管係使用實心圓形、方形、多角形鋼胚或鋼錠為素材，於熱間以軋延或擠壓法製管，必要時再以冷抽或冷軋法精製。

銲接鋼管通常使用冷軋鋼捲、熱軋鋼捲、鋼板等為素材，經分條後，以孔型、輥輪、沖壓或螺旋管成形等方法形成圓筒，再經銲接、切斷等加工而成。



(1) 銲接鋼管生產流程：如圖 2.3 所示。



圖 2.3 鋼管製造業生產流程

(2) 主要生產設備：解捲機、分條機、成形機、銲接機、剪切機等。

(3) 主要原物料：原料為冷軋鋼捲、熱軋鋼捲、鋼板等，物料則有潤滑油、輥輪等。

(4) 主要產品：圓管、長方管、角管、異形管等。

4. 不銹鋼管業製程概述

不銹鋼管可分為無縫不銹鋼管及銲接不銹鋼管兩大類，主要用於耐腐蝕、耐熱及高溫用如食品工業、石化工業等之配管、鍋爐之熱交換器、機械結構、車輛、傢俱、展示架及運動器材等用途。

無縫不銹鋼管係使用實心圓形、方形、多角形鋼胚或鋼錠為素材，於熱間以軋延或擠壓法製管，必要時再以冷抽或冷軋法精製。

銲接不銹鋼管通常使用不銹鋼捲為素材，經分條後，以孔型、輥輪、沖壓或螺旋管成形等方法形成圓筒，再經銲接、切斷等加工而成。

(1) 銲接不銹鋼管生產流程：如圖 2.4 所示。

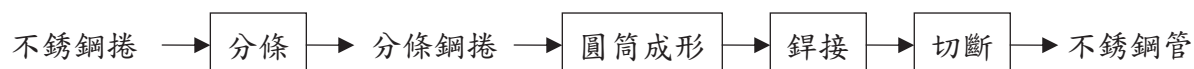


圖 2.4 不銹鋼管製造業生產流程

(2) 主要生產設備：解捲機、分條機、成形機、銲接機、剪切機等。

(3) 主要原物料：原料為不銹鋼捲，物料則有潤滑油、輥輪。

(4) 主要產品：圓管、長方管、角管等。



5. 鋼構業製程概述

鋼構產品係使用鋼板或軋延之型鋼、角鋼、槽鋼作為原料，經由切割、組立、電銲、整修、噴砂、塗裝等加工製程，做成 H 型或箱型之組件，再運送至工地組立為廠房、高樓或橋樑之大型鋼構。由於製程經鋼鐵切割、銲接和表面處理，對於環境的影響以加工過程產生的廢氣為主。

(1) 生產流程：如圖 2.5 所示。

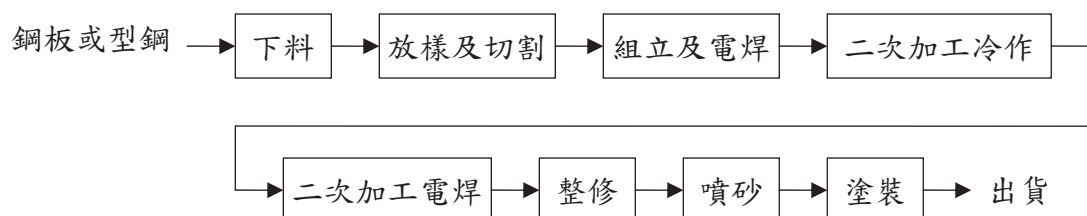


圖 2.5 鋼構業生產流程

(2) 主要生產設備：包含切割機、電銲機、研磨機、鑽孔機、冷作機、油壓機、噴砂機、噴漆機等加工設備，以及天車、吊車、堆高機等大型輸送機具。

(3) 主要原物料：原料包含鋼板或軋延之型鋼、角鋼、槽鋼，物料則有銲條、氧氣、LPG、鋼珠砂、油漆和水等。

(4) 主要產品：廠房鋼構、大樓鋼構和橋樑鋼構等。

6. 製線業製程概述

製線業以棒鋼、盤元線材為原料，經酸洗、抽線、球化退火、冷打、淬火熱處理、表面處理...等複雜製程，可製造出高附加價值產品，低碳鋼/低合金鋼線材可製造如螺絲/螺帽、揚聲器、扳手、套筒、扣件、銲條...等，另彈簧、鋼索、預力鋼線、鍍鋅鋼絞線、鋼釘、車條...為高碳鋼線材所製造，其相關生產流程說明如下：

(1) 生產流程

A. 低碳鋼/低合金鋼線材：如圖 2.6 所示。

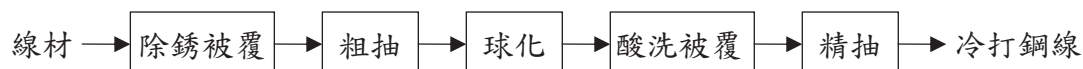


圖 2.6 低碳鋼/低合金鋼線材生產流程



B.高碳鋼線材：如圖 2.7 所示。

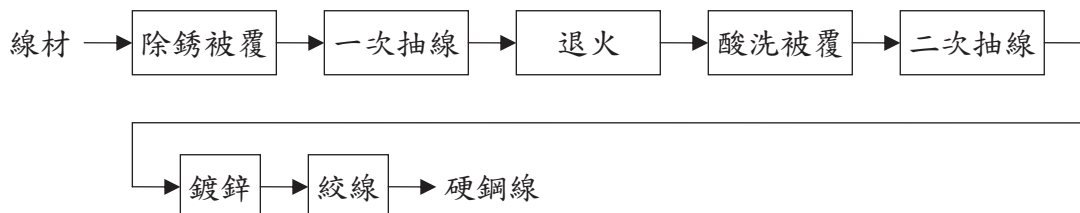


圖 2.7 高碳鋼線材生產流程

- (2)主要生產設備：酸洗槽、抽線機、退火熱處理爐、鍍鋅槽、燃線機、球化退火爐等。
- (3)主要原物料：原料為棒鋼、盤元線材等，物料則有耐火材料、燃料(燃料油、液化石油氣)、酸(鹽酸、硫酸)、水、油脂等。
- (4)主要產品：球化線材、硬鋼線、鋼索、預力鋼線、鍍鋅鋼絞線。

7.鍍面鋼材業製程概述

熱浸鍍鋅產品以不同底材可區分為熱軋鍍鋅鋼捲(HGI)及冷軋鍍鋅鋼捲(CGI)，以不同鍍層材質可區分為鍍鋅鋼捲、鍍 55%鋁鋅鋼捲(GALVALUME)及鍍 5%鋁鋅鋼捲(GALFAN)，其以 0.15~4.50mm 厚的冷熱軋鋼捲送入連續式熱浸鍍鋅生產線，經退火軟化、鍍鋅、抗指紋樹脂塗覆、調質及鉻酸處理，而後盤捲成鋼捲。

(1)生產流程：如圖 2.8 所示。

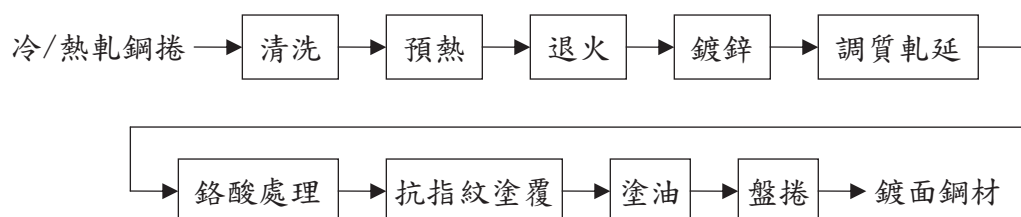


圖 2.8 鍍面鋼材業生產流程

- (2)主要生產設備：解捲機、銲接機、清洗設備、預熱爐、退火爐、鍍槽、調質機、張力整平機、鉻酸處理設備、耐指紋樹脂塗覆機、收捲機。



(3)主要原物料：原料為熱冷軋鋼捲，物料則有鹼液、爐輥、軋輥、耐指紋樹脂、鉻酸溶液、耐火材、燃料、油(軋延油、潤滑油、防銹油)等。

(4)主要產品：熱軋鍍鋅鋼捲、冷軋鍍鋅鋼捲、鍍 55% 鋁鋅鋼捲、鍍 5% 鋁鋅鋼捲。

8.鋼捲(片)裁剪業製程概述

鋼捲(片)製品通常使用熱軋鋼捲、冷軋鋼捲、塗鍍鋼捲為素材，經過分條或剪切等加工成分條鋼捲或鋼片，供加工成各類零件。

(1)生產流程：如圖 2.9 所示。

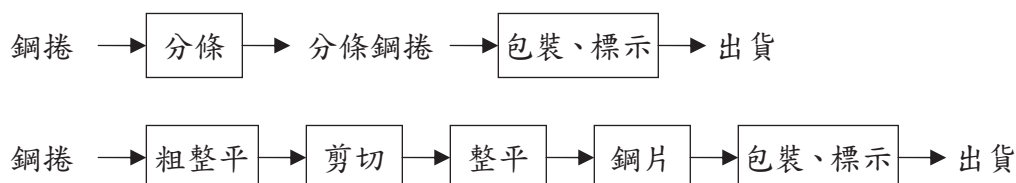


圖 2.9 鋼捲(片)裁剪業生產流程

(2)主要生產設備：解捲機、分條機、盤捲機、整平機、剪切機等。

(3)主要原物料：原料為熱軋鋼捲、冷軋鋼捲、塗鍍鋼捲等，物料則有潤滑油、整平輥等。

(4)主要產品：分條熱軋鋼捲、分條冷軋鋼捲、分條塗鍍鋼捲、熱軋鋼片、冷軋鋼片、塗鍍鋼片等。

9.不銹鋼鋼捲(片)裁剪業製程概述

不銹鋼鋼捲(片)製品通常使用不銹鋼冷軋鋼捲為素材，經過分條或剪切等加工成分條不銹鋼鋼捲或不銹鋼鋼片，供加工成各類零件。

(1)生產流程：如圖 2.10 所示。

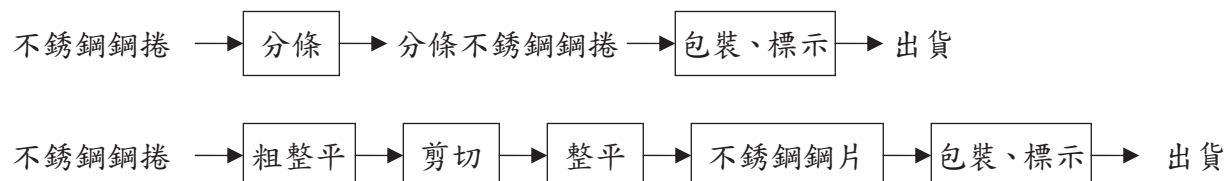


圖 2.10 不銹鋼鋼捲(片)裁剪業生產流程



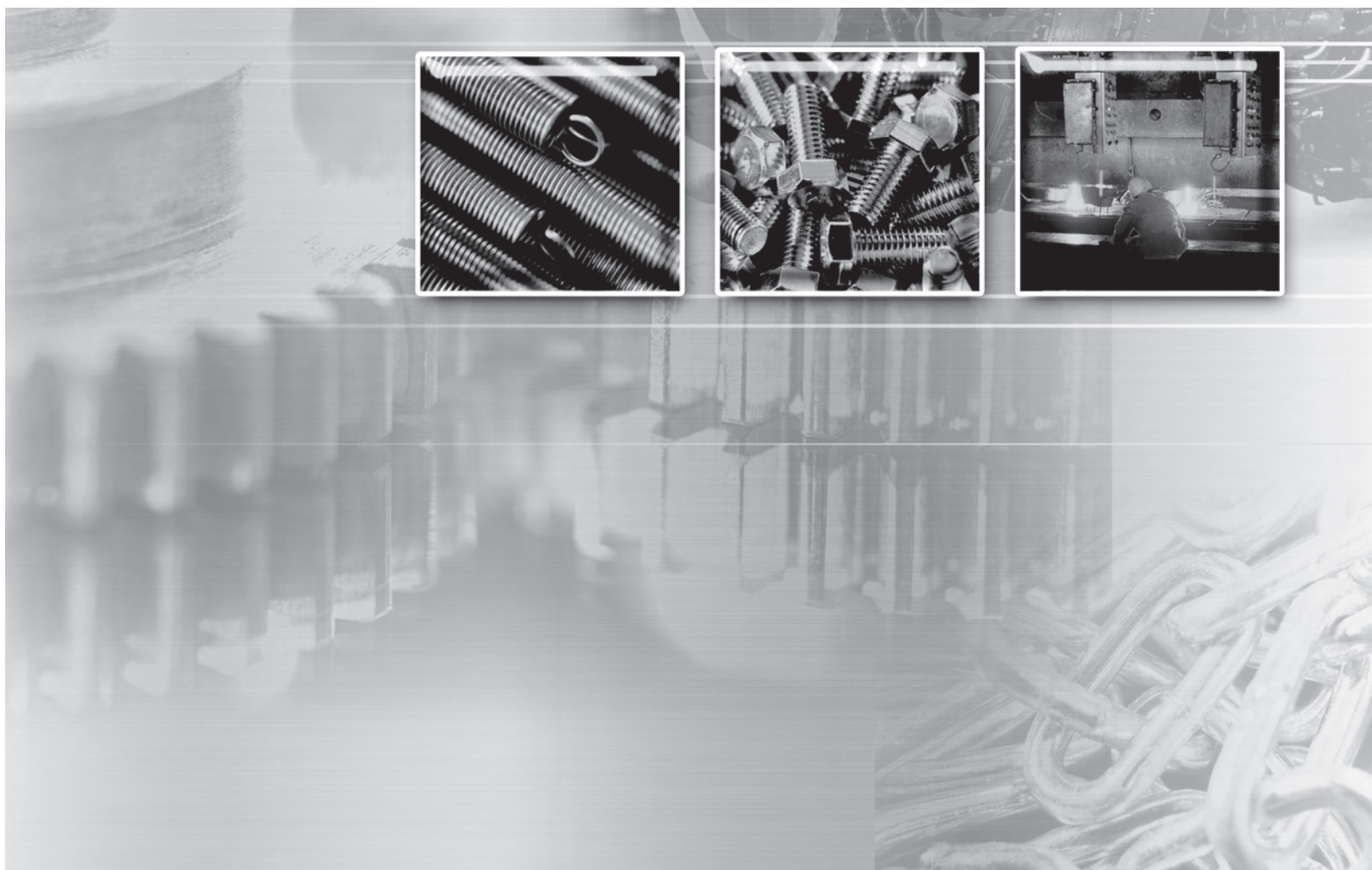
鋼材製品業 資源化應用技術手冊



- (2)主要生產設備：解捲機、分條機、盤捲機、整平機、剪切機等。
- (3)主要原物料：原料為不銹鋼冷軋鋼捲，物料則有潤滑油、整平輥等。
- (4)主要產品：分條不銹鋼冷軋鋼捲、不銹鋼冷軋鋼片。

第三章

廢棄物來源、特性、 產量與清理現況評估





第三章 廢棄物來源、特性、產量與清理現況

3.1 廢棄物來源及特性

「鋼材製品業」所產出較重要之廢棄物大致可區分為固體廢棄物與廢酸液兩大類，其中主要固體廢棄物為污泥類與爐(礦)渣；廢酸亦可區分為有害廢酸液($\text{pH} \leq 2$)與非有害廢酸液。

針對各主要廢棄物之產出及其特性，分別說明如下：

3.1.1 鋼材製品業廢棄物產生源

鋼材製品業生產製程所產出的固體廢棄物無機污泥主要來自廢水處理場，廢水經沉澱、脫水處理後之產物(如圖 3.1.a, b 所示)，其主要成分有鐵、鋅、鉻、鎳、鈣等之氫氧化物；含油污泥主要來自鋼材製品去脂、去油及鋼材表面水洗過程所排放之廢水(如圖 3.1.c 所示)，經化學處理、沉澱及脫水後所產出之污泥，其主要成分除氧化鐵、氧化鈣外還有油分。

至於廢酸則主要來自鋼材製品製程，例如冷軋、鍍面處理、抽線、鋼管等加工過程之酸洗作業，廢酸種類有鹽酸、硫酸、草酸、磷酸及鉻酸等，其中濃度較高者可以再回收，但仍有廢酸排放，所排放之廢酸可由一般廢水處理場處理(如圖 3.1.a, b 所示)，產生不同成分的污泥(屬無機污泥)，假如重金屬成分超過 TCLP 之管制值，則屬於有害事業廢棄物，廢液之 pH 若 ≤ 2 亦屬有害事業廢棄物。

3.1.2 鋼材製品業廢棄物特性

表 3.1 所示四種廢棄物，均產自各種鋼材之加工處理過程，絕大部分廢棄物均屬無害，且成分單純，以鐵或氧化鐵為主，因此容易資源化，表列以外之廢棄物數量較少，成分亦較不穩定，本章不做討論。綜合而言，鋼材製品業對環境所造成的污染較輕，廢棄物容易回收再利用，唯酸洗處理過程所產出之廢酸若未做回收處理，則必須依相關法規慎重處理，否則易造成區域土壤或地下水之污染。



鋼材製品業 資源化應用技術手冊

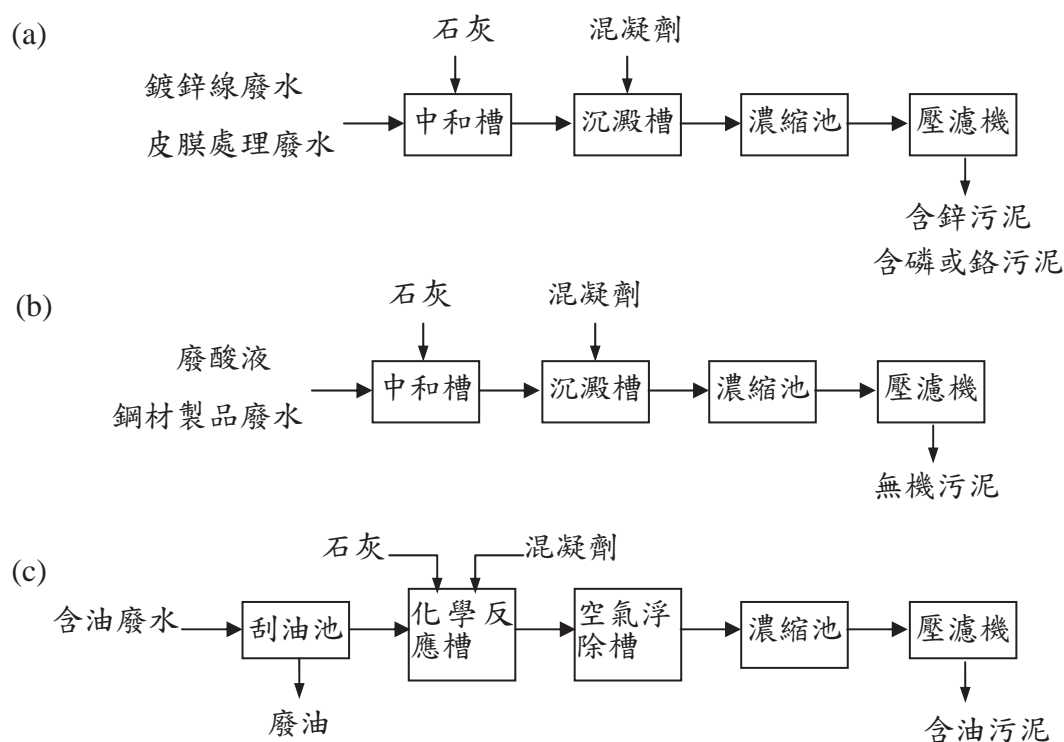


圖 3.1 鋼材製品業廢水處理流程廢棄物產生源

表 3.1 鋼材製品主要廢棄物種類來源與特性

廢棄物種類	來源(製程)	特性(物性與成分)
無機污泥	鋼材軋延製程、酸洗處理等之廢水處理產物	含金屬或非金屬氧化物
含油污泥	鋼材表面鍍塗處理、去脂處理、去油處理等之廢水處理產物	含油脂或有機碳氫化合物或其乳化物
有害廢酸液	鋼材製品製程酸洗處理、皮膜處理	鹽酸、硫酸或磷酸且 $\text{pH} \leq 2$
非有害廢酸液	鋼材製品製程酸洗處理、皮膜處理	鹽酸、硫酸、草酸或磷酸且 $\text{pH} > 2$

資料來源：本手冊整理

3.2 廢棄物產出量及清理現況

3.2.1 廢棄物產出量

依據 96 年度事業廢棄物上網申報資料進行歸納分析顯示，「鋼材製品業」製程及污染防制設施產生之主要廢棄物種類包括爐(礦)渣、廢酸、污泥、集塵灰及廢油等五大類。上述五大類廢棄物占總申報量之 96.97%，生活垃圾占 1.8%，其他廢棄物占 1.23%，詳細如圖 3.9 及表 3.2 所示。

污泥類包括無機性污泥 (D-0902)、污泥混合物 (D-0999) 及非有害油泥 (D-0903) 等，合計申報量約為 30,661 公噸，占總申報量之 16.6%。廢酸類主要



鋼材製品業 資源化應用技術手冊



為廢酸洗液 (R-2502)，申報量約為 28,418.8 公噸，占總申報量之 15.39%。爐(礦)渣類包括電弧爐煉鋼爐渣(石) (R-1203) 與非有害礦渣 (D-1202) 等，合計申報量約為 117,990.6 公噸，占總申報量之 63.9%。集塵灰類主要為非有害廢集塵灰或其混合物 (D-1099)，申報量約為 1,303.9 公噸，占總申報量之 0.7%。廢油類包括廢油混合物 (D-1799)、廢潤滑油 (含廢機油) (R-1701) 等，合計申報量約為 685.8 公噸，占總申報量之 0.4%，相關統計資料，整理於圖 3.2。有關 96 年度鋼材製品業所產出廢棄物之種類與產量，請參閱表 3.2，

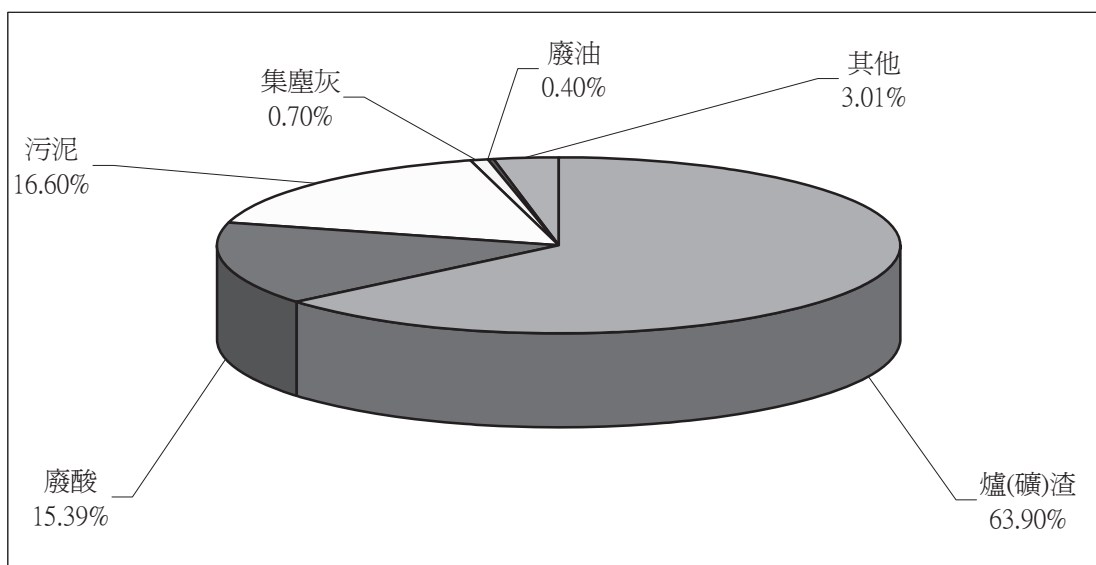


圖 3.2 96 年度鋼材製品業廢棄物類別分布

表 3.2 96 年度鋼材製品業廢棄物種類與產量

廢棄物代碼	廢棄物名稱	申報重量 (公噸)
R-1203	電弧爐煉鋼爐渣(石)	117510.46
R-2502	廢酸洗液	28418.76
D-0902	無機性污泥	27327.84
D-1801	生活垃圾	3298.15
D-0999	污泥混合物	2420.41
D-0903	非有害油泥	912.79
A-7101	電爐製鋼過程污染控制之集塵灰及污泥	779.46
D-2407	噴砂廢棄物	663.10
D-1099	非有害廢集塵灰或其混合物	524.48
D-1799	廢油混合物	465.90
D-1101	爐渣	314.54



鋼材製品業

資源化應用技術手冊



廢棄物代碼	廢棄物名稱	申報重量（公噸）
D-1399	其他單一非有害廢金屬或金屬廢料混合物	275.13
R-1701	廢潤滑油（含廢機油）	219.92
R-0701	廢木材	190.44
D-2499	其他未歸類之一般事業廢棄物	126.32
D-1202	非有害礦渣	124.96
C-0104	鉻及其化合物(總鉻)(不包含製造或使用動物皮革程序所產生之廢皮粉、皮屑及皮塊)	122.44
D-0799	廢木材混合物	120.22
C-0301	廢液閃火點小於 60°C(不包含乙醇體積濃度小於 24%之酒類廢棄物)	115.44
D-0399	廢橡膠混合物	109.08
D-0699	廢紙混合物	85.02
D-0599	土木或建築廢棄物混合物	83.54
D-0501	廢耐火材	77.12
R-2408	廢活性碳	54.94
D-0299	廢塑膠混合物	53.74
D-0701	廢木材棧板	50.42
A-8801	電鍍製程之廢水處理污泥，但下述製程所產生者除外：(1)鋁之硫酸電鍍(2)碳鋼鍍錫(3)碳鋼鍍鋁(4)伴隨清洗或汽提之碳鋼鍍錫、鋁(5)鋁之蝕刻及研磨。	46.2
R-1204	感應電爐爐渣(石)	40.66
C-0110	銅及其化合物(總銅)(僅限廢觸媒、集塵灰、廢液、污泥、濾材、焚化飛灰或底渣)	29.42
R-1201	廢鑄砂	28.42
D-0401	廢石膏	24.26
D-2403	廢活性碳	16.62
D-2201	以 PET 為片基材質的廢攝影膠片	10.12
D-0801	廢纖維	6.54
D-2504	不含塑膠、橡膠或油脂之廢馬達	4.14
D-1701	廢油漆、漆渣	3.94
D-2601	廢電線電纜（以物理處理法處理者）	3.82
D-0899	廢纖維或其他棉、布等混合物	1.79
D-0803	廢布	0.36
D-0802	廢棉屑	0.22

資料來源：行政院環境保護署事業廢棄物申報系統，本手冊編整



3.2.2 廢棄物清理現況

進一步，將 96 年度鋼材製品業各類廢棄物申報情況，依再利用及委託清理流向，整理如表 3.3。經查，目前污泥類回收再利用方式包括製磚原料、再生泥燃劑等。廢酸類回收再利用方式包括廠內線上重複使用、再生氯化鐵及氯化亞鐵等。爐(礦)渣類回收再利用方式包括建材原料、水泥原料、瀝青混凝土原料、製磚原料等。廢油類回收再利用方式包括再生泥燃劑、廢潤滑油再製成其他成品等。集塵灰類則尚無回收再利用。相關廢棄物之清理方式，請參閱表 3.4。

表 3.3 96 年度鋼材製品業各類廢棄物清理及再利用申報量

廢棄物代碼	廢棄物名稱	再利用(公噸)	委託清理(公噸)	申報重量(公噸)
R-1203	電弧爐煉鋼爐渣(石)	117510.46	0.00	117510.46
R-2502	廢酸洗液	28418.76	0.00	28418.76
D-0902	無機性污泥	291.85	27035.99	27327.84
D-1801	生活垃圾	0.00	3298.15	3298.15
D-0999	污泥混合物	0.00	2420.41	2420.41
D-0903	非有害油泥	0.00	912.79	912.79
A-7101	電爐製鋼過程污染控制之集塵灰及污泥	0.00	779.46	779.46
D-2407	噴砂廢棄物	0.00	663.10	663.10
D-1099	非有害廢集塵灰或其混合物	0.00	524.48	524.48
D-1799	廢油混合物	0.00	465.90	465.90
D-1101	爐渣	0.00	314.54	314.54
D-1399	其他單一非有害廢金屬或金屬廢料混合物	0.00	275.13	275.13
R-1701	廢潤滑油(含廢機油)	217.75	0.00	217.75
R-0701	廢木材	190.44	0.00	190.44
D-2499	其他未歸類之一般事業廢棄物	0.00	126.32	126.32
D-1202	非有害礦渣	0.00	124.96	124.96
C-0104	鉻及其化合物(總鉻)(不包含製造或使用動物皮革程序所產生之廢皮粉、皮屑及皮塊)	0.00	122.44	122.44
D-0799	廢木材混合物	0.00	120.22	120.22
C-0301	廢液閃火點小於 60℃ (不包含乙醇體積濃度小於 24%之酒類廢棄物)	0.00	115.44	115.44
D-0399	廢橡膠混合物	0.00	109.08	109.08
D-0699	廢紙混合物	0.00	85.02	85.02
D-0599	土木或建築廢棄物混合物	0.00	83.54	83.54
D-0501	廢耐火材	0.00	77.12	77.12
R-2408	廢活性碳	54.94	0.00	54.94



鋼材製品業 資源化應用技術手冊



廢棄物代碼	廢棄物名稱	再利用(公噸)	委託清理 (公噸)	申報重量 (公噸)
D-0299	廢塑膠混合物	0.00	53.74	53.74
D-0701	廢木材棧板	0.00	50.42	50.42
A-8801	電鍍製程之廢水處理污泥，但下述製程所產生者除外：(1)鋁之硫酸電鍍(2)碳鋼鍍錫(3)碳鋼鍍鋁(4)伴隨清洗或汽提之碳鋼鍍錫、鋁(5)鋁之蝕刻及研磨。	0.00	46.20	46.20
R-1204	感應電爐爐渣(石)	40.66	0.00	40.66
C-0110	銅及其化合物(總銅)(僅限廢觸媒、集塵灰、廢液、污泥、濾材、焚化飛灰或底渣)	0.00	29.42	29.42
R-1201	廢鑄砂	28.42	0.00	28.42
D-0401	廢石膏	0.00	24.26	24.26
D-2403	廢活性碳	0.00	16.62	16.62
D-2201	以 PET 為片基材質的廢攝影膠片	10.12	0.00	10.12
D-0801	廢纖維	0.00	6.54	6.54
D-2504	不含塑膠、橡膠或油脂之廢馬達	0.00	4.14	4.14
D-1701	廢油漆、漆渣	0.00	3.94	3.94
D-2601	廢電線電纜（以物理處理法處理者）	0.00	3.82	3.82
D-0899	廢纖維或其他棉、布等混合物	0.00	1.79	1.79
D-0803	廢布	0.00	0.36	0.36
D-0802	廢棉屑	0.00	0.22	0.22

資料來源：行政院環境保護署事業廢棄物申報系統，本手冊編整



鋼材製品業 資源化應用技術手冊



表 3.4 鋼材製品業各類廢棄物申報清理及再利用現況

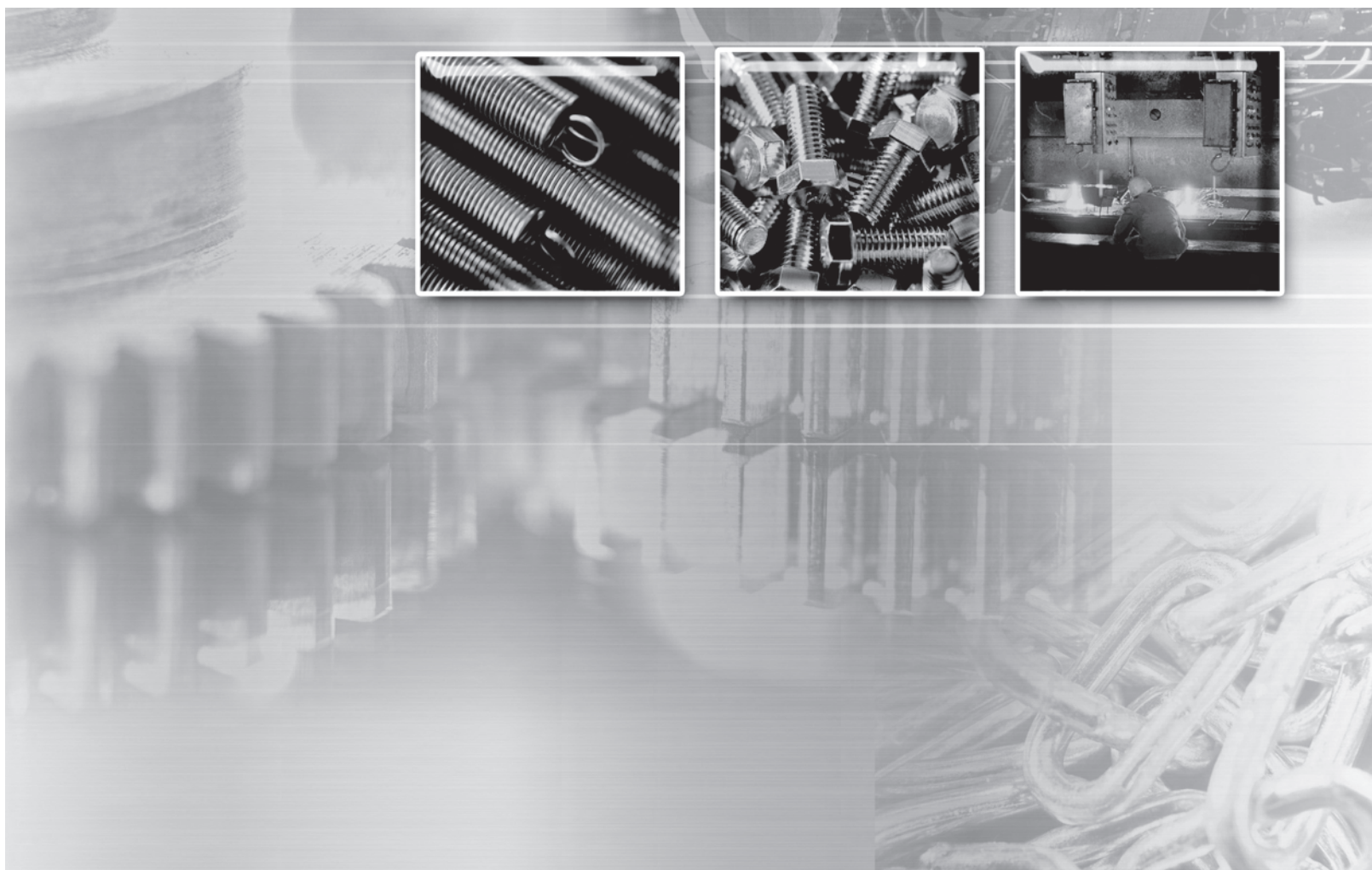
廢棄物代碼	廢棄物名稱	清理方式	
		廠外	再利用方式
D-0902	無機性污泥	1.掩埋 2.固化後掩埋 3.焚化處理	**
R-2502	廢酸洗液	焚化	再生氯化鐵
A-7101	電爐製鋼過程污染控制之集塵灰及污泥	固化處理並掩埋	**
D-0999	污泥混合物	1.掩埋 2.固化後掩埋 3.焚化處理	製磚原料
D-0799	廢木材混合物	焚化處理	**
C-0104	鉻及其化合物(總鉻)(不包含製造或使用動物皮革程序所產生之廢皮粉、皮屑及皮塊)	固化並掩埋	**
D-1399	其他單一非有害廢金屬或金屬廢料混合物	再生鋼鐵	再生鋅氧粉、再生鋼鐵、添加劑(水泥、鋼鐵、油漆、柏油及玻璃)
D-0903	非有害油泥	回收再利用、再生泥燃劑、委託焚化	再生泥燃劑
D-0299	廢塑膠混合物	焚化處理、掩埋	再生塑膠粒
D-1799	廢油混合物	回收再利用、再生泥燃劑、委託焚化	**
D-1202	非有害礦渣	委託掩埋	建材、水泥原料
D-1099	非有害廢集塵灰或其混合物	委託掩埋	**
C-0301	廢液閃火點小於 60°C (不包含乙醇體積濃度小於 24%之酒類廢棄物)	1.回收再利用 2.蒸餾回收 3.焚化處理	作為水泥窯之輔助燃料
R-1701	廢潤滑油(含廢機油)	**	廢潤滑油再製成其他成品
D-0599	土木或建築廢棄物混合物	掩埋	**
D-1101	爐渣	掩埋	製磚原料
R-2408	廢活性碳	**	再生活性碳

註：“*”表無資料

資料來源：行政院環境保護署事業廢棄物申報系統，本手冊編整

第四章

清潔生產





第四章 清潔生產

4.1 環境化設計

以往產業界強調生產規模要達到經濟規模，才能獲得最低單位生產成本及最大獲利，但並未就其原料取得及後端污染物處理與防治工作所需的成本納入計算。近年來，在國際間暢談產品生命週期評估、清潔生產、綠色生產、環境化設計及環境管理系統的潮流下，如何在激烈競爭的產業環境中，做到原物料減少使用、良率提升及成本降低，以創造獲利空間，係廠商企圖努力達成的目標。因此，業界均朝向清潔生產和廠內管理兩大方向投入研發及規劃工作，除可達到減少原物料之使用外，亦可減少、甚至避免廢棄物之產出，更進一步降低後續之廢棄物、廢水及廢氣之處理成本支出。

4.1.1 清潔生產介紹

根據 1997 年初聯合國環境規劃署 (UNEP) 的定義：清潔生產 (Cleaner Production, CP) 是指持續地應用整合性及預防性的環境策略於製程、產品及服務上，以增加生態效益和減少對於人類及環境的危害。

1. 對製程而言：清潔生產包含了節省原料及能源、避免使用毒性之原物料，並且減少排放物及廢棄物產生量，以降低其危害性。
2. 對產品而言：清潔生產在於減少整個產品於生命週期中，即從原料的取得到產品用後之最終處置，對環境所可能造成的衝擊。
3. 對服務而言：清潔生產在於達到所提供服務的過程中，減少對環境所造成的影響。

因此，在產品設計及提供服務的生命週期評估中，應將環境因素的考慮融入其中。清潔生產的推動需要藉由改變態度、有責任的環境管理及評估的科技方法來達成。

就鋼材製品業之清潔生產方向而言，包含清潔的能源、清潔的生產過程、清潔的產品等三大主題，簡要說明如下：



1.清潔的能源：

- (1)有效率的使用能源：包括利用可再生能源及合理的能源使用管理。
- (2)開發新能源：包括太陽能及替代能源的使用及提高熱能轉換效率。
- (3)節能技術的研發：提高加熱設備的能源使用效率。

2.清潔的生產過程：

- (1)原料替代：儘量以無害性原物料取代有害性原物料。
- (2)低風險設計：避免使用易燃、易爆物質，生產機器設備儘量減少高溫、高壓、高震動狀態。
- (3)提高設備效率：最佳使用量設計，避免浪費。
- (4)操作步驟最適化調整：自動化生產，簡化製程操作步驟，並充分利用生產特性，提高原物料使用率。
- (5)回收再利用：製程中之水、氣、電、原物料等充分運用或轉化成其他可用之資源加以循環使用。
- (6)生產管理：建立教育訓練及管理制度據以執行，減少人為誤差所可能造成的損壞及災害；此外，建立提案獎勵制度，以鼓勵員工提出更方便、更有效率之生產操作方式。

3.清潔的產品：

- (1)節省使用能資源：避免使用或少用稀有及貴重之原物料。
- (2)環境衝擊考量：產品使用中及廢棄後，以不影響人體健康及環境生態為主要考量因素，並且強調使用壽命的延長。

若將清潔生產的觀念運用在生產上下游的能資源問題上，可分為下列三個方向來敘述：

- 1.清潔資源的利用：從前未被考慮使用的資源，因為清潔生產技術的不斷研發而創造出新的用途及使用方式。
- 2.製程所產生廢棄物之運用：製程所產生之廢棄物，原本需花費額外費用處理，且易造成二次污染問題，由於處理技術進步，可利用新的回收再利用方式處理。
- 3.原物料、成品和下腳料之資源化：於生產過程中，有許多種非產品的物質將伴隨著產品而產生，有些是加過量的原物料，有些是不合高標準的成品瑕疵品，



或是裁切所剩的下腳料，在鋼材製品業中尤以後者為最，但其並非廢棄物，尚可回爐重製成新材料，或供應給需要較小尺寸的下游廠商予以應用，藉由產源回收和新的再利用方式，重新賦予新的用途及價值。例如：運送貨物前需要加以包裝，貨物拆解後，產生大量包裝廢棄物，透過供應商及資源化廠商的回收再利用，可大量廢棄物處理的問題及減低環境負荷。

由於世界自然資源有限，如何將資源有效分配及利用，將是人類下一步面臨的挑戰，藉由清潔生產的研究及推動，繼續朝向永續發展努力。

4.1.2 減廢技術

減廢乃是為減少廢棄物產生所進行之措施，在清潔生產中，減廢是較容易達到成本降低的方式之一，在生產前、中、後皆可實施。工業減廢不外乎 5R 原則：減量（Reduction）、再使用（Reuse）、再循環（Recycle）、回收（Recovery）、再生（Regeneration），在新興產業中更加入研究（Research）成為 6R，分別說明如下：

- 1.減量：有效率地使用資源，廢棄物的產生自然減少，生產製造過程根據標準手冊及累積的經驗，可以找出最適當的原料進料控制條件，避免添加過量而產生未反應的原料卻變成需要處理的廢棄物。另外，生產單位有效率且適度使用水資源，定期保養檢修各類水管，則能確實掌握製程用水、減少清潔用水之需求。
- 2.再使用：由製程中產生的廢棄物可作為其他製程之原料。
- 3.再循環：將使用後特性或濃度改變不多之原物料，經簡單處理程序後回到製程中使用。
- 4.回收：將產生之廢棄物或下腳料經過適當處理後，可回收使用，例如：裁切之後所餘留的下腳料部分，可以在回爐重製再生為產品。
- 5.再生：將廢棄物經過加工後成為產品之原料。
- 6.研究：研發低污染、高效率之減廢技術。

為確實執行減廢政策，達到降低環境負荷及生產成本的目的，各行業需依其產業不同的特性，確定如何實施，訂定目標及標的，使執行者有明確努力的方向與標準。一般而言，減廢方式可分為下列幾項：

- 1.來源管制：可分為改變原物料之特性與包裝材料簡化、控管。製程中原物料特性對產品品質好壞有很大的影響，因此對原物料的選擇除了品質因素必須考量



鋼材製品業 資源化應用技術手冊



外，對後續產生的污染嚴重性也是不容忽視，原物料特性的掌握及選擇，是後續處理量及難易度的重要指標。因此在不影響產品品質的原則下，所選擇的原物料可採低污染性、低消耗性、易處理、使用後可資源化的物質做為原料，可以達到減廢之目的，表 4.1 所示彙整案例，就製程原物料特性改變說明減廢的方式。

2.製程中設計：製程中改善可分改變產品設計、改進製程技術及操作參數最佳化三方面來討論。藉更有效率的生產及更有效率的原物料使用，進而提生產能，降低報廢率及處理成本。表 4.2 所示為製程技術改進之案例。

3.廢棄物資源化：實施減量使用、回收、再循環、再使用、再生及廢棄物交換等措施，如前文說明，現就資源化案例說明彙整如表 4.3 所示。

表 4.1 減廢案例－原物料改變

案例	說明
VOCs 減量	塗漆輥所產生的 VOCs 並未收集處理，因此除在塗漆輥加裝集氣罩將廢氣收集，一併送至廢熱鍋爐燃燒外，並將塗料改採低 VOCs 的塗料，從源頭加以控管。

資料來源：本手冊整理

表 4.2 減廢案例－製程技術之改進

案例	說明
化成處理液品質維護	鉻系廢水為化成處理程序所產生，後續處理產生大量的廢水污泥，藉由對化成液成分品質的控制，可明確掌握延長化成液之使用時間，更進一步對化成液加以回收再利用。
冷卻水之使用方式	鍍鋅及烤漆線需個別進行冷卻程序，直接噴灑冷卻方式，藉由分流之改善設計，加上考慮採用間接冷卻方式，除減少冷卻水用量外，更提高冷卻水之回收利用價值。
製程中 VOCs 之減量措施	塗料攪拌區所產生的 VOCs 直接以氣罩收集，但未經處理及排放至大氣，增設過濾及活性碳單元予以處理後，再排放至大氣中。
熱鍍鋅槽之廢氣處理	鍍鋅槽產生含鋅的廢氣，在增設採用槽縫側吸式氣罩予以收集後，再經袋濾集塵氣予以處理，除改善廢氣排放品質外，也提升作業環境品質。
酸洗程序之改良	由於鋼捲酸洗除銹會形成大量廢酸，檢討生銹成因，縮短鋼捲原料於室外暴露的代工時間，並予以加蓋降低銹蝕機會。此外，於酸洗前，加設機械除銹單元，以減少酸洗液的使用量。
廢酸回收場之操作改善	廢酸以蒸發焙燒方式予以回收 HCl，但袋濾集塵器之濾袋亦破損，造成氧化鐵粉末飛散，進一步清查濾袋破損原因，並將洗滌塔改採鹼液以提高處理效能，並減少濾袋破損之機率。

資料來源：本手冊整理



表 4.3 廠內衍生物減量再利用案例

案例	說明
減量 (Reduce)	<ul style="list-style-type: none"> · 廢水來源動線改善，系統簡化，減少廢水處理量及處理費用。
再使用 (Reuse)	<ul style="list-style-type: none"> · 軋延程序所使用的軋延油，回收利用前先以磁鐵將鐵屑吸除，並使用過濾系統後，予以回收利用。 · 廢酸回收場產生大量的氧化鐵粉末，將其進一步純化去除鹽分後，提高使用價值。
循環再利用 (Recycle)	<ul style="list-style-type: none"> · 電解鹼洗加熱循環後的廢鹼液，和鹼洗廢水分流，可供作中和及廢酸回收場洗滌液之使用。 · 化成處理液使用時間及品質的控制，可促進化成液的回收再利用。 · 廢水處理後可循環利用在次要目的的處所。

資料來源：本手冊整理

4.2 廠內管理

廠內管理除了製程設備上的管理外，尚有許多有助於清潔生產的管理方式，透過管理的方式達到有效運用的目的，以下為大多數廠商常用之方式：

1. 實施教育訓練，建立清潔生產的觀念

對於需要人為控制、設定的地方，要降低錯誤的發生或減少能資源的浪費，對員工實施教育訓練為不可或缺的手段。各家廠商進行的教育訓練方式不盡相同，一般而言，大都採用三階段教學：第一階段為資深員工擔任指導者進行教導，學習者觀摩並記錄心得；第二階段為學習者依學習記錄之原理及步驟進行操作模擬，由指導者在旁觀察，確認其動作之正確性，必要時予以糾正其動作；第三階段為學習者不看學習記錄，以背誦方式唸出操作步驟並執行操作程序，指導者在旁觀察，確認其正確性並適時糾正錯誤動作。此三段式教學法可避免錯誤摸索所造成之損失，也可確認學員於操作上之熟練度，以確保上線時，得以應付任何突發狀況，完成生產目標。

2. 廠內執行 5S 及保養計畫

5S 代表：清潔、清掃、整理、整頓、紀律(習慣)，在傳統產業已行之有年，工廠內執行 5S 活動，可增加環境清潔程度，落實生產紀律，提升工作士氣，為製程及產量帶來有形和無形的增加效益。

DWM 計畫(Daily-Weekly-Monthly Plan)為每日、每週、每月之清潔保養工作。按照每日維持周圍作業平台清潔；每週至少做一次作業機台下方及周圍的



清潔、每月至少做一次高架地板下方及所有地面之清潔，消除異物帶給製程上的影響，有助於良率提升、不良品降低。此外，落實保養計畫也可減少設備誤差所造成原物料之污染及浪費，也可減少不良品產出。

3. 良率改善

廠內管理無非是要提升良率，減少報廢品的產生及原物料的浪費，廠內大多數製程工程師的任務就是良率及產量的提升。良率的改善是持續性的，維持良率只是消極的做法，積極的做法是發現產品為何不良的原因，進而提出解決方案，改善製程流程加以改善。在此介紹藉由品管的手法，即時發現問題，進而解決不良的成因。

統計製程管制 (Statistical Process Control, SPC) 是指自製程中去搜集資料，加以統計分析，並從分析資料中去發覺異常原因，立即採取改正行動，使製程恢復正常的方法。

傳統的製造程序是分兩部門進行，其中：製造部門負責生產，品管部門負責成品檢查，並剔除不良品。雖然各公司大量從事此類工作，但實際上對品質的提升毫無助益，因為生產的浪費已為既成的事實，而實施 SPC，即可在生產當初就避免不良品的發生，如此，才是積極且有效提升品質的方法之道。

4.3 鋼材製品製造業清潔生產案例

本案例主要為鋼材品製造業中，生產螺絲螺帽並進口相關鋼材製品，同時也為表面處理工廠。該廠負責人本著企業與環境生態永續發展之理念，自民國 80 年起，即依據公司之成長特性，設定循環漸進的管理政策。該廠經營理念包含發展清潔生產技術及研發環保綠色產品，且設有員工訓練計畫及內稽制度，每年投注於工業減廢與清潔生產工作的經費，約占年營業額 6%，該廠目前也已通過 ISO 9001 與 ISO 14001 管理系統，並於民國 92 年以三價鉻電鍍與低污染塗裝製程獲得工業減廢績優工廠之殊榮。以下及介紹該廠重要清潔生產措施及其效益，以提供產業參考。

1. 推動管理制度的運作

藉由管理制度的推動，能夠有效防止因員工的疏失，造成物料不當使用，或者因教育訓練不足，而發生工安環保意外，造成工廠人力物力的損失。該廠管理制度包括：推動 5S 運動、推動自護制度、舉辦教育訓練活動及環境檢測



資料等。

2. 設置高濃度鍍液回收槽流程改善

再高濃度鍍液的管理上，滾鍍線與吊鍍線之電鍍槽後續流程增設高濃度回收槽，並且將鍍件上之殘留液回收，減少藥劑使用量及廢水處理負荷，其流程詳細如圖 4.1 所示。

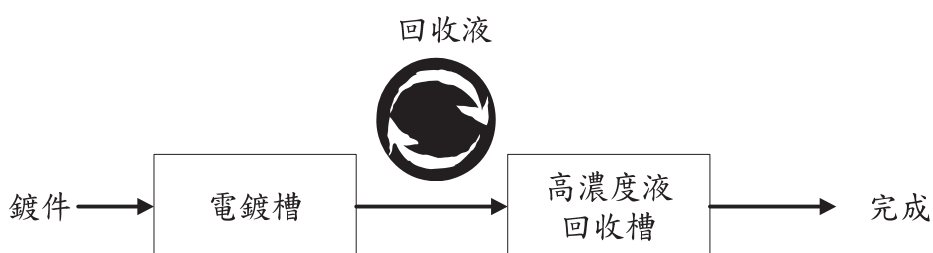


圖 4.1 高濃度鍍液回收槽流程改善

減廢績效：

(1) 能/資源

- 節省用水=576M³/年。
- 節省電鍍藥劑=576 噸/年。
- 節省廢水廢水處理藥劑=1,900 噸/年。

(2) 環境

- 減少廢水污泥(有害事業廢棄物)=3 噸/年。
- 減少廢水排放=2,476M³/年。
- 廢水處理系統穩定率達 99%。

(3) 經濟

- 節省用水=0.7 萬元/年。
- 節省電鍍藥劑加藥成本=547 萬元/年。
- 節省廢水處理成本=11 萬元/年。
- 節省廢棄物清理成本=4 萬元/年。



(4)設備

-設備投資成本=2 萬元。

3.應用逆流水洗、水洗水重複使用

採用多段逆流水洗，其方式為在浸漬脫脂、鹽酸酸洗氯化鋅電鍍程序後，分別設置三段逆流水洗槽進行鍍件清洗，以節省水洗程序之用水量，並可減少廢水量。此外，再活性單元後的第一噴洗槽水洗水循環至電解脫脂水洗程序使用。氯化鋅電鍍之水洗水循環至活化單元之第二噴洗槽使用，其流程與相關設備分別詳細如圖 4.2 與圖 4.3 所示。

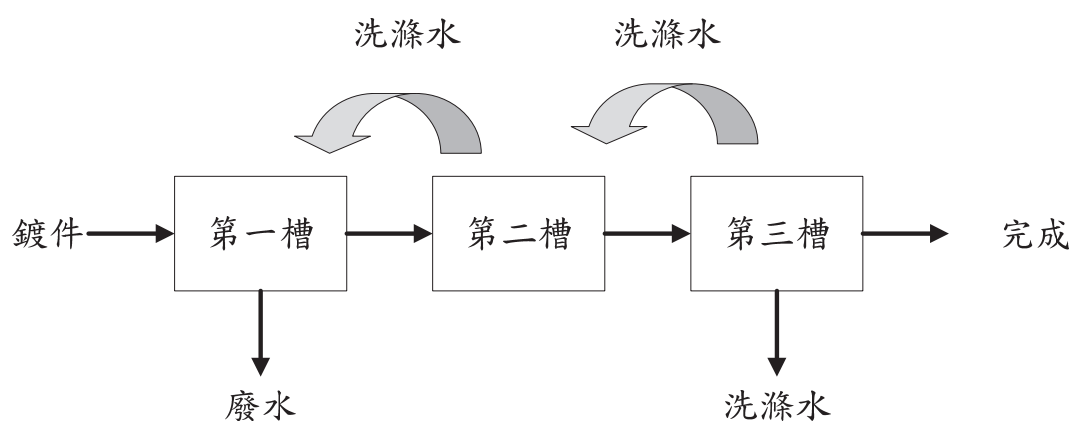


圖 4.2 逆流水洗、水洗水重複使用流程



圖 4.3 逆流水洗、水洗水重複使用設備



減廢績效：

上述設備投資費用為 15 萬元/年，產生的效益為大幅降低廢水產生量，國內表面處理業單位產品產生之廢水量為 154.4 公升/平方公尺，而本案例工廠經過節水程續導入後，單位產品廢水量僅約 60.2 公升/平方公尺，廢水排放量減少 16500 平方公尺/年，節省廢水處理成本 74.25 萬元/年，節省水費 16.5 萬元/年，績效極佳。詳細分別說明如下：

(1)能/資源

-節省用水=21,024M³/年。

-節省廢水處理藥劑=190 噸/年。

(2)環境

-減少廢水污泥(有害事業廢棄物)=22 噸/年。

-減少廢水排放=21,024M³/年。

-廢水處理系統穩定率達 99%。

(3)經濟

-節省用水=25 萬元/年。

-節省廢水處理成本=95 萬元/年。

-節省廢棄物清理成本=28 萬元/年。

4.使用低污染性脫脂劑與脫脂槽液循環回收使用

在脫脂劑的使用上，選擇低污染性脫脂劑，同時利用重力分離設施將脫脂槽液中之浮油分離去除，有效維持槽液中具有之游離鹼離子比例，確保有效之皂化能力，以延長脫脂槽液使用期限，減少廢棄槽液量。在更換槽液與製程改善後操作維護成本為 5 萬元/年，產生的效益包括：減少脫脂液使用量 7.2 噸/年、降低污泥產生量、油脂減量 189.6 公斤/年、COD 減量 426.9 公斤/年、SS 減量 11.0 公斤/年、及節省廢水處理及污泥處理費用 12 萬元/年。

5.烘乾流程熱源改善

將鍍件烘乾熱源由煤油燃料改為電氣加熱，經過這樣的改善，節省煤油量 24,000 公升/年、節省煤油費 36 萬元/年並減少 CO₂ 排放量 4,089 公斤/年。



減廢績效：

(1)能/資源減量

-節省煤油使用量=24 公秉/年。

(2) CO₂ 減量

-節省煤油之 CO₂ 減量=60.72 噸- CO₂/年。

-節省用電之 CO₂ 減量=19.83 噸- CO₂/年。

※合計 CO₂ 減量=40.89 噸- CO₂/年。

(3)經濟效益

-節省煤油使用成本=36 萬元/年。

-節省煤油空污費成本=0.5 萬元/年。

6.鍍鋅槽液管理

選用適當濃度之電鍍液比例，控制鍍鋅槽液之 CN/Zn 比例，減少鋅板之析出。獲得效益包括：減少 NaOCl 之使用量 36.7 噸/年。降低氰系沸水中之 CN⁻ 及 Zn²⁺ 濃度各 1.1 噸/年。節省氰系廢水處理費 13.7 萬元/年，氰系廢水處理成本由 147 元/立方公尺降低至 100 元/立方公尺。

7.廢水廠設施改善

在廢水廠所有藥槽均設有防液堤，並於地面鋪設環氧樹脂阻絕設施，防止溢流洩漏，並加強廢水廠操作管理。

設備改善投資費用為 50 萬元，獲得之效益包括：避免槽液洩漏造成污染，並且減少因溢流、洩漏所造成之損失。

8.改變污泥脫水方式/設計使用高效率污泥乾燥機

將濾帶式脫水機改為板壓式脫水機。設備投資 55 萬元、維修 5 萬元/年、用電增加 4 萬元/年，效益為污泥含水率由 87%降為 77%，污泥量由 23 噸/月減為 13 噸/月，節省廢棄物清理成本 150 萬元/年。為提高污泥乾燥率，自行研發電熱式乾燥機並增設污泥烘乾機設備。設備投資 100 萬元、維修成本 5 萬元/年、用電增加 4 萬元/年。獲得的效益為污泥量由 13 噸/月減為 3 噸/月，節省廢棄物清理成本 150 萬元/年。



改變污泥脫水方式，將濾帶式脫水機改為板壓式脫水機，由於污泥含水率降低，污泥重量將由 23 噸/月降為 13 噸/月。另外，增設污泥烘乾機，使含水率降為 77%，污泥重量由 13 噸/月降為 3 噸/月，相關流程詳如圖 4.4 所示。

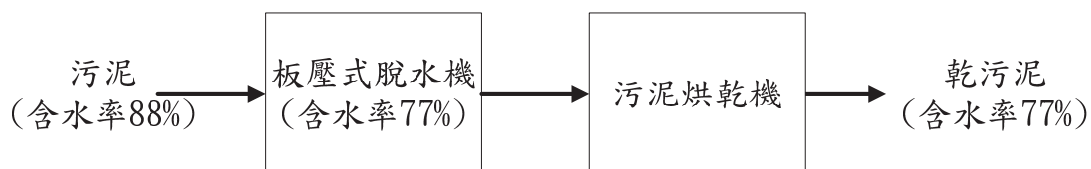


圖 4.4 污泥脫水改善示意圖

減廢績效：

(1)能/資源

- 節省用水=8,640M³/年。
- 節省高分子脫水劑=0.24 噸/年。

(2)環境

- 減少廢水污泥(有害事業廢棄物)=240 噸/年。
- 減少廢水排放=8,640M³/年。

(3)經濟

- 節省用水=10 萬元/年。
- 節省高分子脫水劑成本=4 萬元/年。
- 節省廢水處理成本=39 萬元/年。
- 節省廢棄物清理成本=300 萬元/年。
- 污泥脫水烘乾流程穩定度達 99% 以上。

9.廢鹼與廢酸液分流收集貯存使用

將廢脫脂液與廢酸液分流收集貯存，並採分批微量方式進行處理。廢脫脂液(pH=12~13) 採分批微量方式以定量泵導入綜合槽，並進行化學混凝沉澱處理，而其鹼度可減少液鹼中和劑使用量。廢酸液(pH<1)可作為氰系廢水第二氧化槽及鉻系廢水還原槽之 pH 值調整用之酸劑。



減廢績效：

(1)能/資源

-節省酸劑加藥量=66 噸/年。

-節省鹼劑加藥量=71 噸/年。

(2)環境

-減少廢水污泥(有害事業廢棄物)=15 噸/年。

-減少廢水排放=137M³/年。

(3)經濟

-節省廢水處理酸劑成本=21 萬元/年。

-節省廢水處理鹼劑成本=33 萬元/年。

-節省廢水處理成本=1 萬元/年。

-節省廢棄物清理成本=19 萬元/年。

10. 廢棄物分類回收再資源化

廠區設置廢棄物資源回收場，將所發生之廢棄物，分類為：木材類、紙類、塑膠類、金屬類、污泥類、廢油類、污泥類及垃圾類等項目。將木材類、紙類、塑膠類、金屬類及廢油類回收資源化，以達到廢棄物減量之目的，減少對環境之衝擊。

減廢績效：

(1)環境

-減少一般事業廢棄物=28 噸/年。

-實施教育訓練=2 小時/年。

(2)經濟

-節省廢棄物清理成本=17 萬元/年。

表面處理業之清潔生產主要強調三項重點：第一項為清潔能源：加強能源合理使用、盡量使用可再生的能源、新能源及各種節能技術的開發等。第二項為清潔生產製程：就是在製造過程中盡量減少用或不用毒性原料、中間產品，減少生產過程中具有高風險性因素的加入(如高溫、高壓、易燃、易爆、噪音等)，



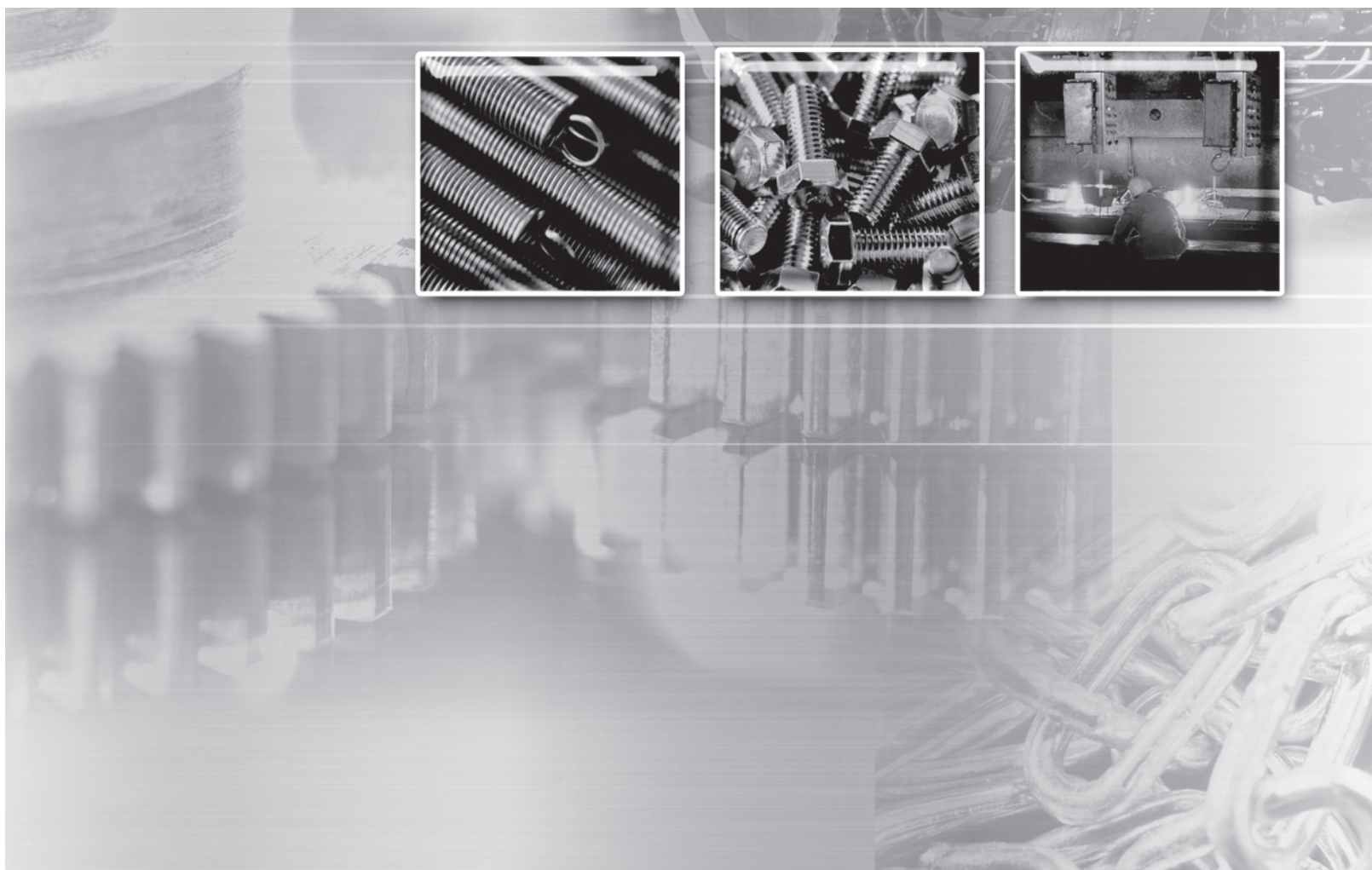
鋼材製品業 資源化應用技術手冊



採用高效率設備，改善操作步驟，回收、再利用原物料及改善工廠管理等。第三項為清潔產品：除了節約原物料與能源，少用貴重或稀有原料外，產品使用過程與廢棄後不會危害人體健康、造成環境生態衝擊為主要考量因素，產品應易於回收再利用，減少不必要功能，增長使用壽命等。

第五章

資源化技術及 案例





第五章 資源化技術及案例

如前所述，依據 96 年度事業廢棄物上網申報資料顯示，「鋼材製品業」製程及污染防制設施產生之主要廢棄物種類包括，爐(礦)渣類、廢酸類及污泥類等。其中，爐(礦)渣類目前大多再利用於道路工程粒料或直接再利用於工程填地材料用途，資源化技術層次較低，在此不再詳加介紹。茲將有關廢酸、鉻酸鹽廢液、油泥、礦泥、污泥與廢溶劑等事業廢棄物之資源化技術與案例，詳細介紹如下。

5.1 廢酸資源化技術及案例

5.1.1 廢酸資源化技術介紹

1.前言

鋼鐵廠以酸液酸洗鋼材表面氧化銹皮而產生廢酸液，普通碳鋼以鹽酸為酸洗液，廢酸液主成分為氯化亞鐵(FeCl_2)。不鏽鋼以氫氟酸及硝酸之混合酸做為酸洗液，廢酸液主成分為 $\text{HF-HNO}_3\text{-Me(Fe,Cr,Ni)}$ 。在鋼材廢酸液資源化技術尚未開發前，廢酸液通常以埋入地下隨時間礦化之方式處理。此種處理方式無法適用於地狹人稠之地區。所幸，隨著化學及材料科學工程技術之進步，量化回收廢酸液製成再生酸之技術在 1960 年代已開發出來，1970 年以來持續蓬勃發展，且廢酸資源化製程除了回收再生酸循環使用外，副產品之資源化以及排放廢氣是否符合環保法規等，更為 1980 年以後技術開發之重點。由於廢酸資源化及其副產品資源化製程技術日趨成熟，不但廢酸液可完全回收利用且排放之廢氣等皆能符合環保規定，使得廢酸液成為相當有價值之資源，且不會破壞周遭環境。

本文所介紹鋼材廢酸液之回收技術包括：噴霧焙燒法(Spray-roasting process)、流體床焙燒法(Fluidized bed roaster)及硫酸置換蒸餾法等加以論述。同時，為增加氧化鐵粉及硫酸亞鐵等副產品之價值，本文並例舉一種純化酸液之製程加以說明，另外也對流體床焙燒法如何產出細粒徑氧化鐵粉之製程作一描述，使得氧化鐵粉副產品純度更高、比表面積更高，成為更具價值之資源。而針對硫酸置換蒸餾法之硫酸亞鐵副產品如何進一步開發成色料用氧化鐵也略作闡述，此製程具有開發奈米級色料粉體之基礎，雖為早期建立之技術，但仍應具有前瞻性，如此使得鋼材廢酸液資源化技術更能達成實用、環保、完全資源化及跟上時代發展腳步之目的。



2. 鋼材酸洗廢酸之來源

熱軋碳鋼之表面因高溫氧化而具有氧化銹皮(Scale)，厚度約為 5~20mm，主要成分為氧化亞鐵(FeO)及四氧化三鐵(Fe₃O₄)。熱軋鋼捲或條棒線材鋼需先將表面之氧化銹皮以鹽酸液或硫酸液浸泡加溫洗除後才能進行冷軋鋼或抽線之製程，洗除銹皮後之廢酸液主要成分為氯化亞鐵(FeCl₂)或硫酸亞鐵(FeSO₄)。由於鹽酸再生製程之開發，及鹽酸在洗除銹皮之速率較硫酸快，鋼材表面呈現光澤等較具經濟效益考量下，1963 年以後，冷軋及線材鋼鐵廠幾乎全面改用鹽酸酸洗製程。不鏽鋼則使用氫氟酸及硝酸混合酸液洗除銹皮，且分別於熱軋及冷軋製程後各進行一次酸洗，酸液組成為 HF-HNO₃-Me(Fe,Cr,Ni)。

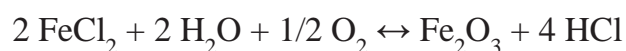
3. 回收鋼材廢酸液再利用之方法

氯化亞鐵(FeCl₂)及 HF-HNO₃-Me(Fe,Cr,Ni)酸液一般採用兩種製程回收，一為高溫(650~700℃)焙燒製程、另一為低溫(50~70℃)結晶蒸餾法製程回收鹽酸、氫氟酸及硝酸。其中高溫焙燒製程又區分為兩種，一為噴霧焙燒法(Spray-roasting process)，一為流動床焙燒法(Fluidized bed roaster)。高溫焙燒法回收再生酸之回收率與低溫結晶蒸餾法相當。各種廢酸液回收再生酸之製程原理說明如下。

(1) 噴霧焙燒法

氯化亞鐵(FeCl₂)廢酸液以噴霧液滴方式流入高溫焙燒爐內加熱分解，其回收鹽酸之製程如圖 5.1 所示。此製程首先將約 80~90℃之廢酸液導入文氏管預濃器(Venturi recuperator)，與來自焙燒爐之高溫鹽酸氣進行熱交換使廢酸液中氯化亞鐵濃度提高，並將約 400℃之鹽酸氣冷卻至約為 100℃，隨後再以去離子水吸收此鹽酸氣，將鹽酸氣轉化為再生鹽酸，濃度約為 18wt%，重覆作為鋼材氧化銹皮之酸洗液，此製程回收鹽酸之回收率高達 99%以上。未完全吸收之鹽酸氣則繼續導入洗滌塔以氫氧化鈉(NaOH)或碳酸鈉(Na₂CO₃)及硫代硫酸鈉(Na₂S₂O₃)吸收，使煙囪排放之氣體中不含任何氯氣(Cl₂)，且鹽酸氣(HCl)小於 2 mg/m³。

經由文氏管(Venturi)濃縮之廢酸液以噴嘴(nozzle)噴成霧滴後，以焙燒爐內約 650~700℃高溫含氧之燃燒氣體加熱分解成鹽酸氣及氧化鐵粉，反應式如下：

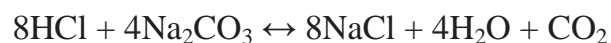
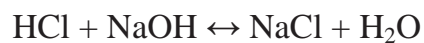


加熱分解所得副產品氧化鐵粉(Hematite, α-Fe₂O₃)為磁性材料之重要原



料，氧化鐵粉雜質含量、粒徑粗細及比表面積高低決定其等級、價位及用途。

未被吸收之鹽酸氣(HCl)於排放前，可經由氫氧化鈉(NaOH)或碳酸鈉(Na_2CO_3)轉換為 NaCl：



氯氣(Cl_2)可經由硫代硫酸鈉($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)轉換為 Na_2SO_4 ：

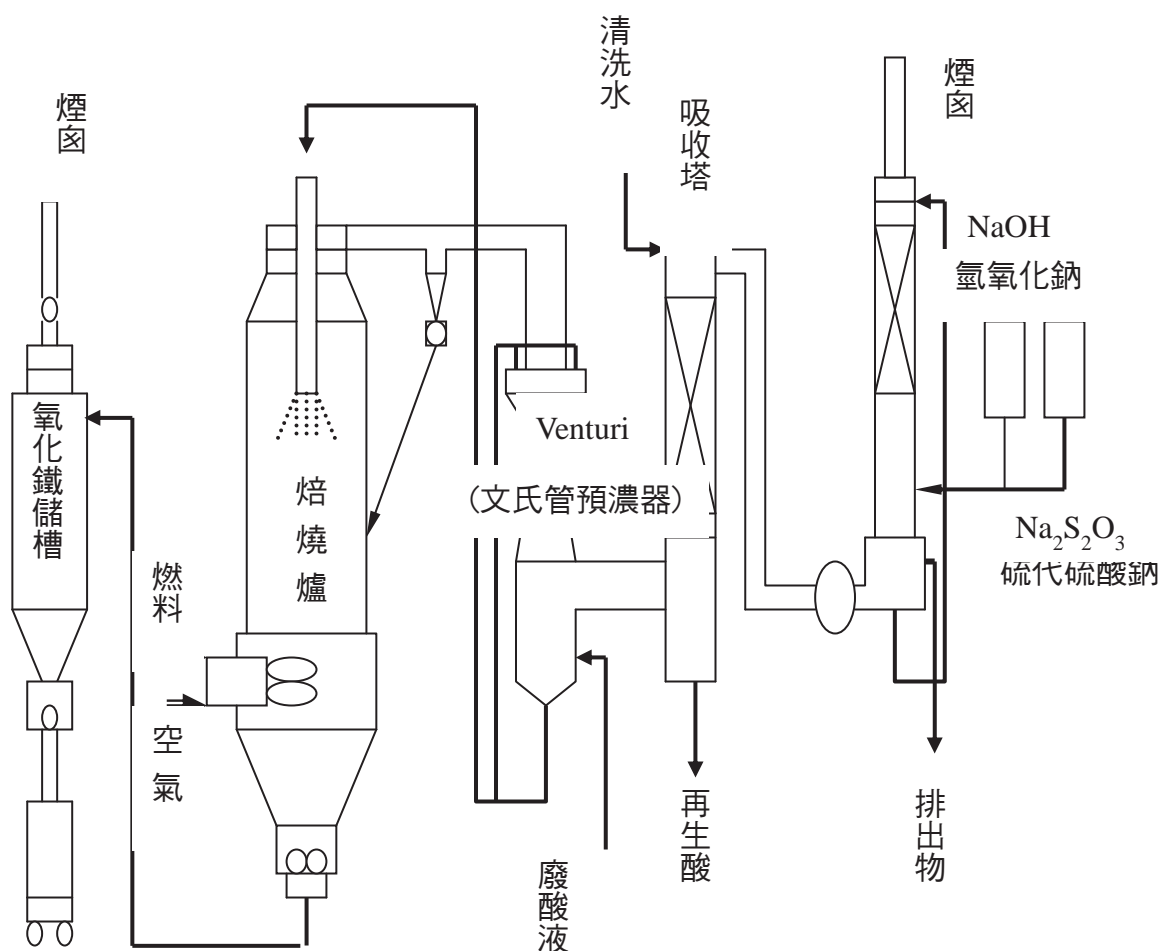
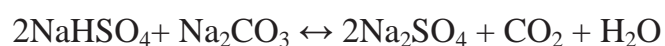


圖 5.1 鹽酸酸洗鋼捲廢酸液再生及產製氧化鐵粉流程圖



如此經由鹼液處理排放鹽酸氣及採用硫代硫酸鈉轉換氯氣，使排放之廢氣符合環保規定。噴霧焙燒法再生鹽酸之代表廠商為奧地利 Andritz-Ruthner 公司，全球約有三百座以上之鋼材廢酸液採用噴霧焙燒法回收鹽酸再生利用。此法除了具有高回收率外，副產品氧化鐵粉亦是具有商業價值之鐵氧磁材原料，因此廢酸液幾乎可完全資源化回收利用。

不鏽鋼廢酸液 $\text{HF-HNO}_3\text{-Me(Fe,Cr,Ni,Mo)}$ 亦可經由噴霧焙燒法回收氫氟酸及硝酸。噴霧焙燒法回收不鏽鋼廢酸液之製程稱為 Pyromars 製程，其與噴霧焙燒製程之主要差異，在於等溫吸收塔製程及排氣清洗製程如圖 5.2 所示。

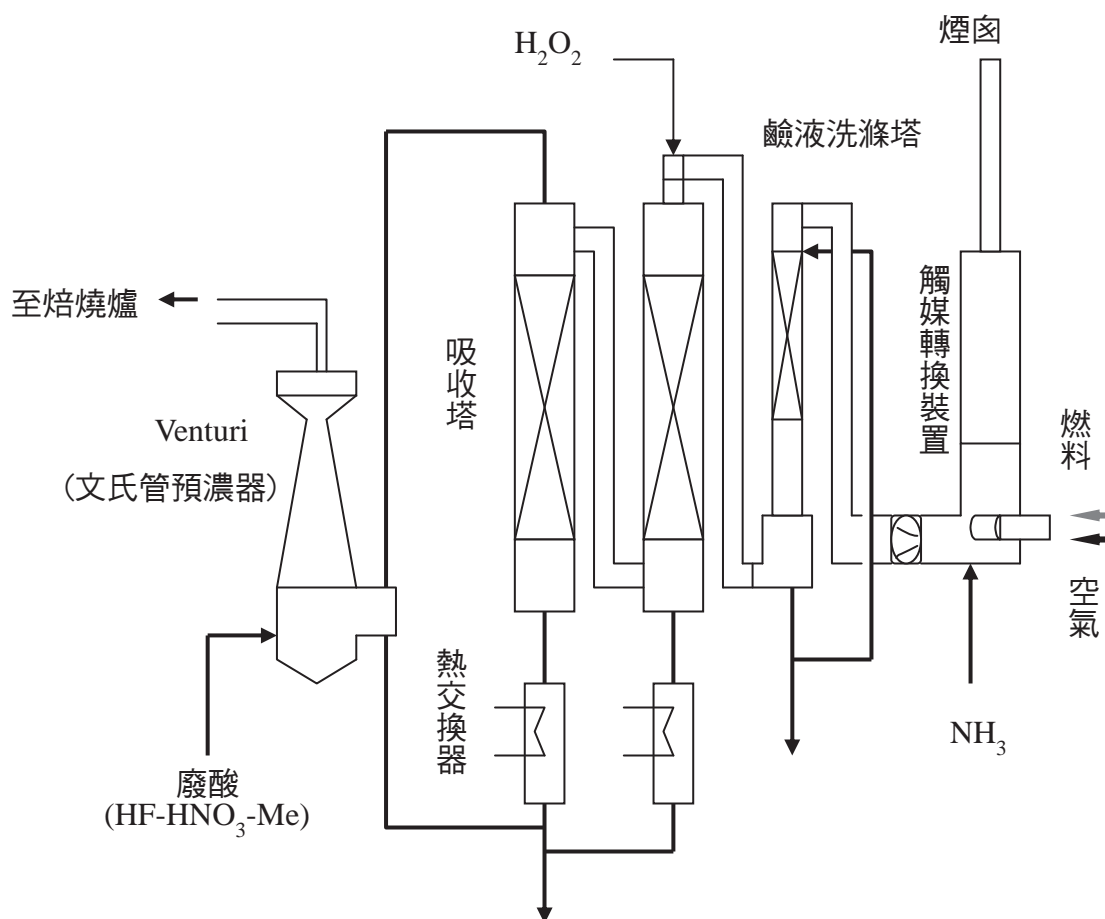


圖 5.2 PYROMARS 高溫焙燒回收不鏽鋼廢酸液($\text{HF-HNO}_3\text{-Me(Fe,Cr,Ni)}$)製程

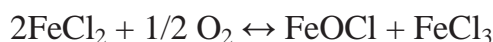
不鏽鋼廢酸液先經文氏管預濃器濃縮後，噴霧進入焙燒爐，產生 Fe-Cr-Ni 氧化物，此粉狀氧化物再經造粒後回收作為不鏽鋼熔煉原料。而高溫氣體則經由兩道吸收塔製程冷卻回收酸液，第一道冷凝之酸液可作第二道吸收塔之吸收液。第二道吸收塔同時注入過氧化氫(H_2O_2)以轉換 NO 為 NO_2 ，使吸收



轉換為 HNO_3 容易些。Pyromars 製程對 HF 之回收率可達 95%，對 HNO_3 之回收率約為 75%。未被吸收之氣體經由鹼液洗滌塔將殘餘之 HF 氣體反應移除，殘餘之氣體含有 NO_x ，則先經觸媒轉化器，以 NH_3 或尿素等做為還原劑，使 NO_x 轉換化為無害之氮氣及水。

(2) 流動床焙燒法

流動床焙燒法與噴霧焙燒法之最大差異為 FeCl_2 之加熱分解反應係在流動床之流動介質上反應，其流動介質為 1~3mm 顆粒狀之氧化鐵。流動床焙燒法之廢酸流程與圖 5.1 所示之噴霧焙燒法相同。流動床法雖不需高壓幫浦提供噴霧液滴，但需高壓鼓風機將廢酸以噴注方式打入流體化床內，並造成床體介質呈流體化狀態，反應過程所形成之氧化鐵直接於介質上形成，當顆粒過粗時會沉積於爐底並排出收集。流動床分解 FeCl_2 之溫度約為 480~500℃，但需以約 950℃ 之熱空氣才能保持流動介質達到此反應溫度，熱空氣除了提供反應溫度外，也提供了流動介質之流動力。處理 4.5m³/hr 之廢酸液其所需之空氣量約達 9,500~11,000 Nm³/hr。 FeCl_2 在流體床介質上之反應依據空氣中過量氧含量、蒸汽量及溫度而可能形成 Fe_2O_3 及 Fe_3O_4 。尤其 FeCl_2 先接觸到介質進行熱分解反應時，在 250~500℃ 之溫度區間，氧化反應可能使得其進行如下之反應：



FeOCl 及 FeCl_3 在蒸汽及含氧之空氣中氧化分解為 Fe_3O_4 。所以氧化鐵粗顆粒含有兩種組成 Fe_2O_3 及 Fe_3O_4 ，此兩種組成之比例與空氣中過氧含量控制有關。流體床焙燒法回收鹽酸率亦可達 99%，副產品為粒徑約 3mm 之顆粒狀氧化鐵粉。顆粒狀氧化鐵粉優點為緻密、鬆胚比重高達 3g/cm³ 以上，所占體積小，無粉塵；噴霧焙燒氧化鐵粉之鬆胚比重僅約為 0.5g/cm³，所占儲存空間大。但顆粒狀氧化鐵粉用途有限，因顆粒粗如未經研磨無法使用於鐵氧磁材之製造，經研磨後相對成本提高，且僅能用於低價之硬磁(永久磁石)，不具競爭力。

不鏽鋼廢酸液也可經由流體化床焙燒法回收 HF 及 HNO_3 ，其流動介質為 Fe-Cr-Ni 之氧化物顆粒。排出之 Fe-Cr-Ni 之氧化物顆粒可作為電弧爐冶煉不鏽鋼之原料。



(3) 硫酸置換蒸餾法

圖 5.3 所示為硫酸置換蒸餾法回收廢鹽酸之流程圖。首先其在氯化亞鐵(FeCl_2)廢酸液中加入高濃度之硫酸，其使其與氯化亞鐵發生如下之反應：

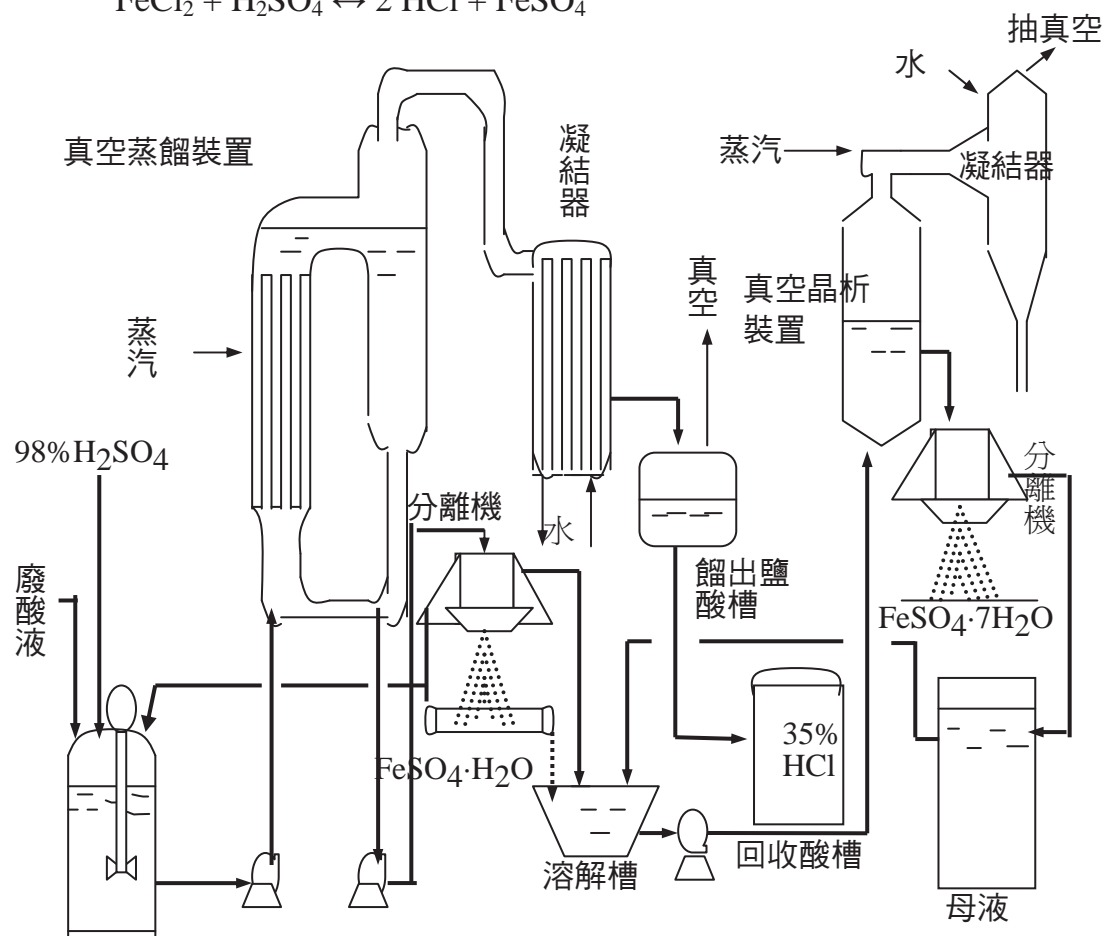


圖 5.3 硫酸置換蒸餾法回收廢酸液(氯化亞鐵)流程

反應後之酸液導入真空蒸餾裝置，利用抽真空減壓及低溫(約 $50\sim 70^{\circ}\text{C}$) 操作使 H_2O 及 HCl 蒸餾出來後，再以冷凝器冷卻鹽酸氣成為 $18\sim 35\%$ 之鹽酸，鹽酸回收率約為 98% 。而真空蒸餾器裝置底部可以分離機回收 $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 結晶。隨後將此結晶溶解於水中，再以真空晶析裝置析出純度更高之 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 結晶及硫酸。此法回收鹽酸濃度高，但回收硫酸濃度僅約為 50% ，部分硫酸轉化為 FeSO_4 ，硫酸回收率低。硫酸亞鐵可作為肥料添加劑，廢水處理之凝結劑(coagulant)，皮革之染料，除草劑等，但使用量少。硫酸置換蒸餾法為低溫製程，成本較低，但副產品 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 銷售去化較不易。如果將硫酸亞鐵製成色料用之氧化鐵則硫酸亞鐵之價值可大幅提高。



不鏽鋼廢酸液為氫氟酸及硝酸之混合酸液，亦可以硫酸置換蒸餾法回收。如同圖 5.3 所示流程，混合廢酸液與高濃度之硫酸先進行反應形成硫酸金屬鹽，產生之氫氟酸及硝酸被真空蒸餾裝置底部上升之蒸汽加熱而餾出，由冷凝器冷凝為硝氟混酸，回收再利用。

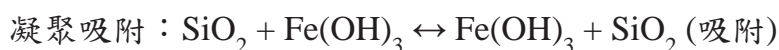
4. 純化鋼材廢酸液之方法

各種廢酸液回收再生酸液之同時，皆有副產品產生，這些副產品包括氧化鐵粉、Fe-Cr-Ni 氧化物、硫酸亞鐵結晶，以及將硫酸亞鐵中和、氧化產生黃色氧化鐵等各有其用途。廢酸液之資源化處理除了回收再生酸液循環使用外，如何產生有價值之副產品亦為資源化之重點。為產生有價值之副產品，通常需針對廢酸液進行純化處理，使副產品單價提高並確保品質符合需求，或直接由廢酸液中抽取高單價之金屬，達到廢酸液完全資源化之目標。

鋼材廢酸液可經由圖 5.4 所示之酸液純化製程，去除對應用時有害之雜質。例如應用於 MnZn 鐵氧磁材之氧化鐵粉，嚴格要求 SiO₂、P、Ca、Al、Cu 等雜質之含量，去除氧化鐵粉之雜質則須從純化廢酸液著手。圖 5.4 顯示酸液純化製程，其包括：鋼片浸漬、加 NH₃ 調整酸液 pH 值進行 Fe(OH)₂ 沉析、氧化、加凝結劑凝聚雜質及沉降過濾，使雜質隨著濾泥排除等。主要反應如下：



在浸漬槽內部分雜質 Cu⁺²、Ni⁺² 可與鋼片進行取代反應：





凝聚吸附之雜質除了 SiO_2 外，尚包括 P 與 Al 等雜質，凝聚雜質之效果與酸液 pH 調控是否最佳有關。經由圖 5.4 純化酸液之流程，可使得氧化鐵總雜質含量低於 500 ppm， SiO_2 雜質低於 100 ppm。

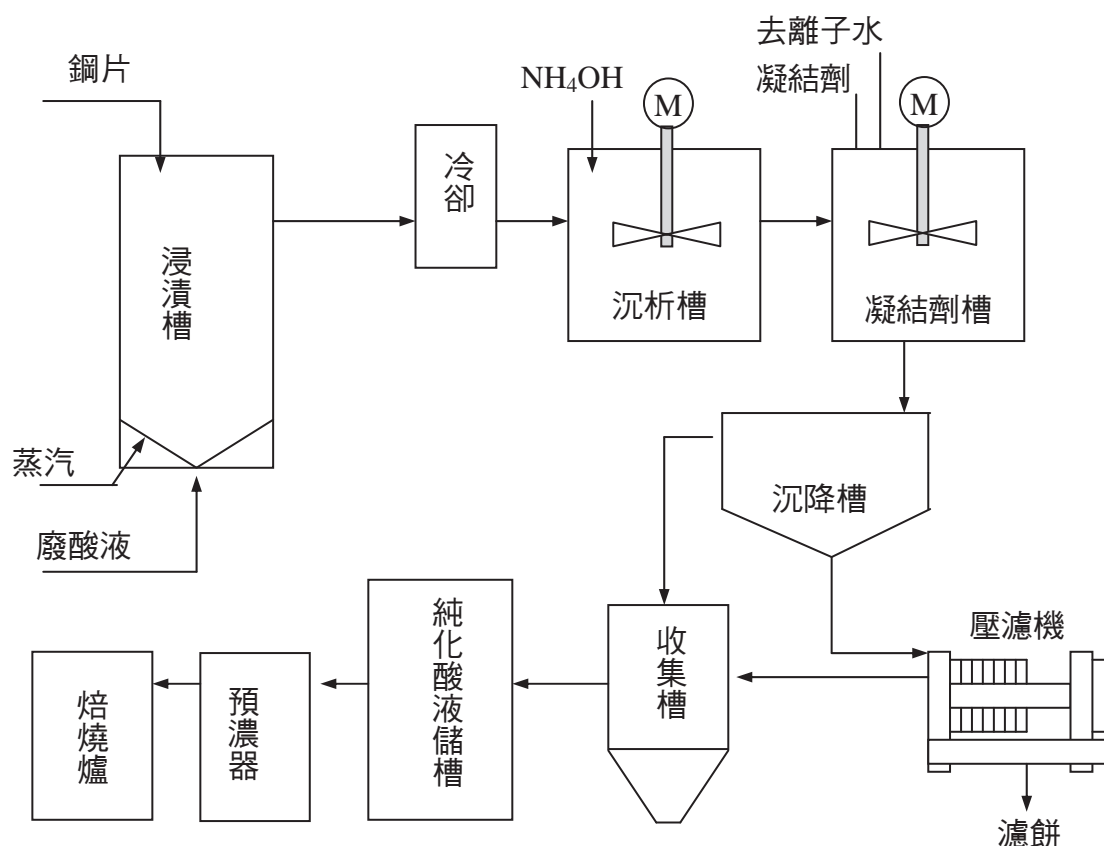


圖 5.4 純化廢酸液之流程

此酸液純化製程亦可使用 AlCl_3 於沉析反應，以 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 輔助 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 增加穩定性較佳之吸附源。有些酸液純化製程則先將 FeCl_2 氧化為 FeCl_3 ，再以有機溶媒 MIBK($\text{CH}_3\text{COC}_4\text{H}_9$) 萃取 FeCl_3 ，金屬離子及殘留酸液排出。有些酸液純化製程則將已經過圖 5.4 純化處理後之酸液再以結晶分離法去除雜質，特別是 Ni 及 P 雜質。至於硫酸置換蒸餾法中，晶析分離之酸液可經由薄膜擴散透析法進一步純化。

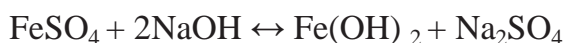


5.回收廢酸液製程副產品之資源化利用

噴霧焙燒法之副產品粉末狀氧化鐵粉基本上為球殼形氧化鐵粉，粒徑範圍約為 20~400 μm ，經過輸送撞擊管壁粉碎可得粒徑範圍為 1~120 μm ，球殼內為更細小之一次粒子，粒徑為 0.1~1 μm ，比表面積約為 3~4 m^2/g ，可作為鐵氧磁材(Ferrite)之原料。雜質含量愈低、比表面積愈高者，其等級與價位愈高。高等級之氧化鐵粉其雜質 $\text{SiO}_2 < 100\text{ppm}$ 、 $\text{P} < 20\text{ppm}$ 、 $\text{Al} < 40\text{ppm}$ 等可用於 MnZn 鐵氧軟磁、 $\text{SiO}_2 < 200\text{ppm}$ 中等級之氧化鐵粉可用於 NiZn 鐵氧軟磁(Soft ferrite)， $\text{SiO}_2 < 500\text{ppm}$ 低等級之氧化鐵粉可用於鋇系、鋇系等方性或異方性硬磁(Hard ferrite)。無法作為軟、硬性鐵氧磁材原料之低價位氧化鐵粉則可視同高純度之鐵礦，回收作為高爐煉鐵原料，或可作為煉鋼用之鐵水脫矽、脫磷劑。

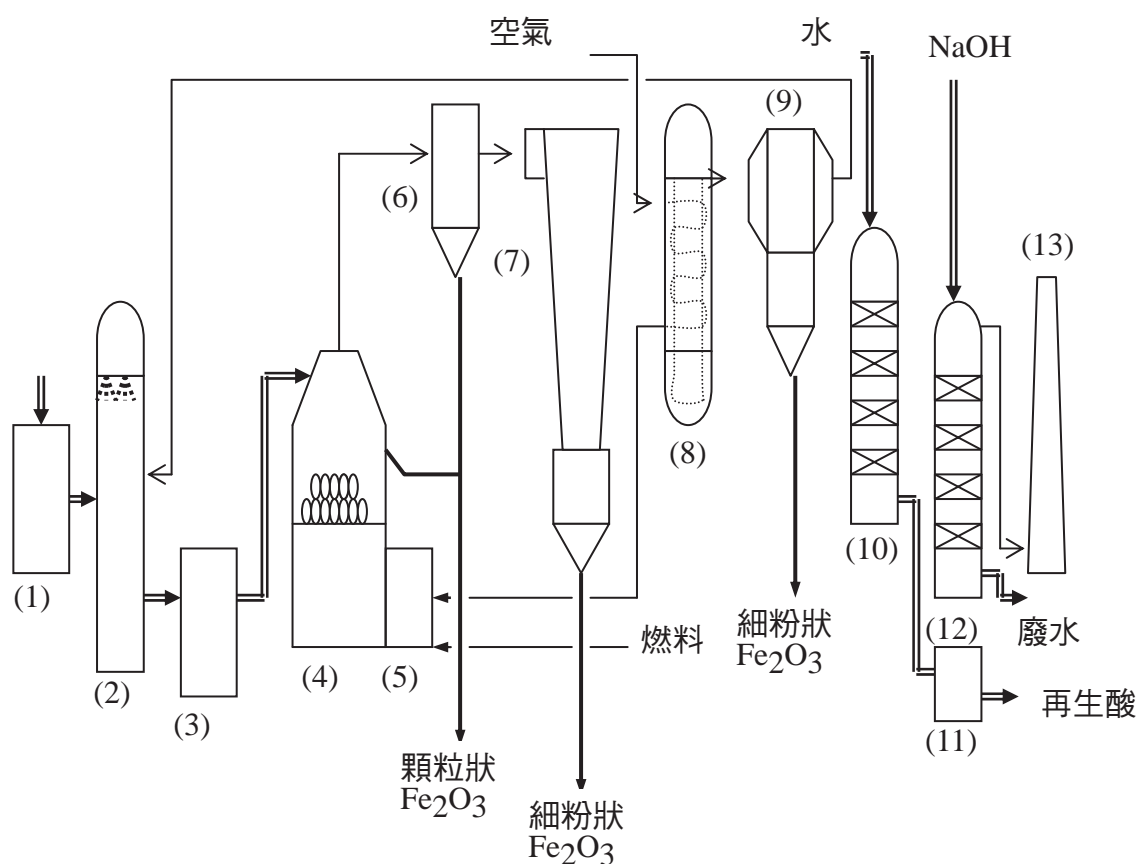
流體床焙燒法亦可產出粒徑極為細小、比表面積甚高之氧化鐵粉。如圖 5.5 所示，其回收氧化鐵之製程除了原有之流體床排出之粗顆粒外，尚包括旋風分離器製程，可從氣體中分離出細粉狀氧化鐵，以及靜電集塵器吸附氧化鐵粉，能產出此種氧化鐵粉之代表性廠家為日本新日鐵君津(Chemirite)場之廢酸回收製程，其流體床、旋風分離器及靜電集塵器所產出氧化鐵之比例分別為 23%、23%及 54%。靜電集塵器所得之氧化鐵粉其比表面積高達 5 m^2/g ，對錳鋅軟磁業者而言其為已商業化，且為高單價之氧化鐵粉原料。

硫酸亞鐵可經由 Penniman-Zoph 製程製造化學合成之黃色氧化鐵粉，此製程是將氫氧化鐵粒子作為種子(Seeds)放入含有硫酸亞鐵及廢鋼之溶液中，加熱並通入空氣(氧氣)，使得氧化鐵在種子上成長，其化學反應如下：



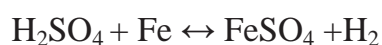
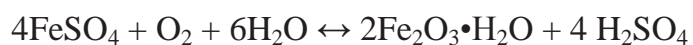
氫氧化鐵粒子作為種子





- | | |
|-----------|-----------|
| (1)廢酸儲槽 | (8)氣體冷卻器 |
| (2)熱交換器 | (9)靜電集塵器 |
| (3)酸液純化裝置 | (10)鹽酸吸收塔 |
| (4)流體床焙燒爐 | (11)再生酸儲槽 |
| (5)熱鼓風機 | (12)洗滌塔 |
| (6)集塵器 | (13)煙囪 |
| (7)旋風分離器 | |

圖 5.5 流體床焙燒法生產細粉狀氧化鐵粉流程



廢鋼必需持續作為中和劑，氧化反應必需適當控制條件才能形成之氫氧化鐵，其顏色為黃色。由於反應初期氫氧化鐵粒徑細小，為淺黃色，當反應持續進行而粒徑逐漸增加時，平均粒徑範圍為在 0.1~0.5 μm ，顏色轉為深黃色、黃紅



色等，所以反應時間依據所需之顏色而定，最後粒子經清洗、烘乾而得色料用氧化鐵。此種製程具有開發奈米級粉體之基礎，頗具發展之潛力。硫酸亞鐵經過 Penniman-Zoph 製程反應生成色料用氧化鐵，將使得硫酸置換蒸餾法更具經濟效益，達到完全資源化之目地。

合成氫氧化鐵之製程如果適當調控反應條件，可產出立方體形或圓球形之磁鐵(四氧化三鐵)，粒徑分佈窄 $0.1\sim0.3\mu\text{m}$ ，比表面積約為 $6\sim12\text{ m}^2/\text{g}$ ，可作為影印機碳粉匣(Toner)之載體(carrier)。

前述高溫焙燒法及低溫結晶分離法皆可達成回收鋼材廢酸液為再生酸之目的，而高溫噴霧焙燒法更廣為鋼鐵業者所採用，主要因為此法所得副產品氧化鐵粉為鐵氧磁材最重要之原料所致，而鐵氧磁材為電子資訊業不可或缺之零組件，隨著電子資訊業為近來產業發展之重心，因而更鞏固了以高溫噴霧焙燒法資源化鋼鐵廢酸液之地位。但是低溫結晶分離法之硫酸亞鐵具有開發前瞻性用途粉體之潛力，亦不容忽視。

5.1.2 廢酸資源化案例介紹

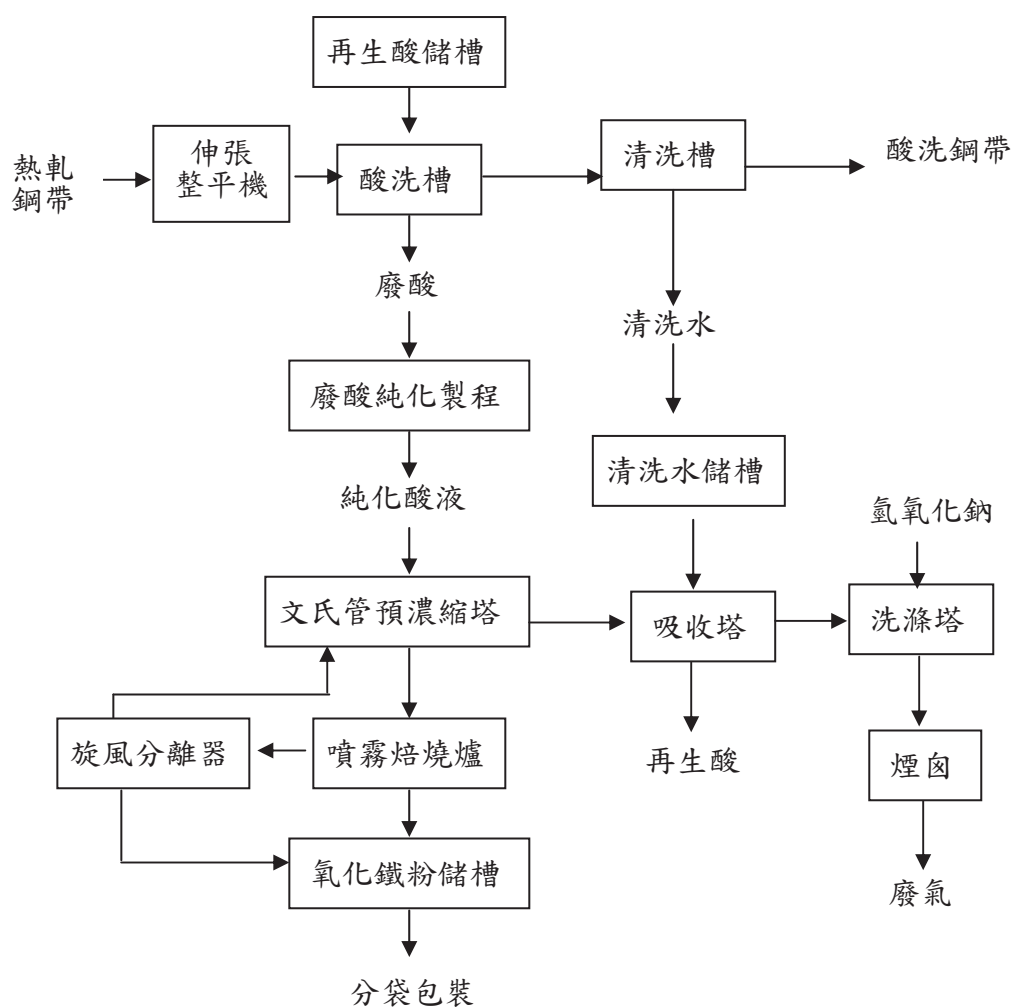
鋼材廢酸液之資源化技術包括：噴霧焙燒法、流體床焙燒法及硫酸置換蒸餾法等，各種方法之流程、廢酸回收率及副產品特性等已於 5.1.1 節一一介紹。其中，噴霧焙燒法為國內一貫作業大煉鋼廠所採用，此鋼鐵廠生產流程包括：鐵礦燒結、高爐煉鐵、轉爐煉鋼、連續鑄造、熱軋鋼板、熱軋鋼帶、熱軋鋼條、冷軋鋼片、線材，由熱軋鋼帶及條鋼後續製成冷軋鋼片及線材前，皆需進行鹽酸酸洗鋼材表面銹皮之製程，氯化亞鐵廢酸液因而產生。此鋼鐵廠不僅擁有噴霧焙燒法之製程設備可處理來自熱軋鋼帶及鋼條之廢酸液，且具有酸液純化技術及設備，產出之副產品氧化鐵粉品質適用於高品級鐵氧磁材，行銷國內外，廣為磁性材料業者所使用。另一方面，由於純化設備處理廢酸量有一定之限度，未經純化處理之酸液產出之氧化鐵粉品質，如果不合市場規格需求或售價過低，則可作為高品級鐵礦砂，進入一貫作業煉鋼廠之鐵礦燒結製程，成為煉鐵原料；或者可作為煉鋼前鐵水脫矽、脫磷劑，降低鋼液中矽、磷含量。所以此鋼鐵廠之廢酸資源化製程技術，除了可回收 16~18% 濃度之再生鹽酸重覆使用外，副產品氧化鐵粉不但可銷售，也可作為煉鋼廠鐵礦原料及脫矽、脫磷劑，達到完全資源化之成效。

本文就該鋼鐵廠廢酸資源化製程技術之實作參數舉例說明，並對產出氧化鐵粉之品質及用途略加闡述，並分析該廠廢酸資源化成效。



1. 製程實作參數

圖 5.6 所示為該廠廢酸液處理流程，其熱軋後之鋼帶，先利用伸張整平機將鋼帶上之氧化銹皮組織以機械力崩裂破壞，再以 16~18% 濃度之鹽酸以連續串聯排列之酸洗槽，清洗鋼帶表面之氧化銹皮，鹽酸中加入少量酸洗抑制劑，避免溶解過多之鋼材。鹽酸酸洗鋼帶後所得廢酸液先經酸液純化製程處理後，再經文氏管預濃縮塔將廢酸液之鐵含量及自由酸含量提高，此濃縮酸以噴嘴噴霧液滴之方式進入焙燒爐分解，高溫鹽酸氣回收成為再生酸，副產品氧化鐵粉則包裝銷售。



資料來源：中國鋼鐵公司

圖 5.6 廢酸液純化及噴霧焙燒回收處理流程



表 5.1 所示，為廢酸液經酸液純化流程及噴霧焙燒法產製再生酸，其酸液及燃料氣體流量及噴霧焙燒爐溫等典型製程參數。廢酸之處理量約為 6 m³/hr，酸液中總鹽酸量(T-HCl)約為 220 g/L，總鐵(Fe)含量約為 150 g/L。所得再生鹽酸濃度約為 18wt%，產出量為 7 m³/hr。廢酸液先經圖 5.2 所示之純化製程，以蒸汽熱間接加熱方式加熱廢酸至 90℃，使具有足夠溫度溶解廢鋼。溶解廢鋼後，酸液中自由酸 HCl 轉化成氯化亞鐵，提高酸液中鐵濃度，降低酸液 pH 值。隨後經冷卻水降溫後，以氨水調整沉析槽 pH 值約為 4，加入高壓空氣進行氧化，並加入高分子凝結劑凝聚雜質，經沉降槽分離酸液及凝聚物。分離酸液收集後，即流入圖 5.7 所示酸液再生製程之文氏管預濃縮器，凝聚物以壓濾機分離出濾餅，濾餅則予以焚化處理。文氏管預濃縮器將酸液體積濃縮 30%，提高酸液中氯化亞鐵濃度，以約 4,000 L/hr 流量噴霧進入焙燒爐，以 660℃ 以上之溫度加熱分解，鹽酸氣經由爐頂排出時溫度約為 425℃，經過兩道旋風分離過程溫度降為 350℃，之後進入文氏管預濃器與純化酸液熱交換濃縮，再以去離子水吸收此鹽酸氣而得鹽酸濃度約為 18%之再生酸。焙燒副產品氧化鐵粉於爐底溫度約為 555℃，經由氣體輸送至氧化鐵粉儲槽，進入儲槽前以袋濾器進行氣固分離，氣體粉塵分離袋溫度約為 180℃，焙燒爐採用天然氣及煉鋼廠自有之煤焦爐氣作為燃料。

表 5.1 廢酸液經酸液純化流程及噴霧焙燒法產製再生酸之典型製程操作參數

酸 液		製 程 溫 度 (°C)	
廢酸流量	6 m ³ /hr	焙燒爐燃氣口上方	660
廢酸之總 HCl 量	220 g/L	焙燒爐頂排氣管	425
廢酸之總 Fe 量	150 g/L	文氏管濃縮酸	95
再生酸量	7 m ³ /hr	吸收塔水溫	85
噴入焙燒爐酸液量	4,000 L/hr	排氣煙囪	85
吸收塔流入水量	8.00 m ³ /hr	旋風分離器 1	350
濃縮塔酸液濃縮比	30 %	旋風分離器 2	400
燃 料 氣 體 流 量		爐底氧化鐵粉	555
天然氣(NG)	380 Nm ³ /hr	氣體粉塵分離袋	180
煤焦爐氣(COG)	20 Nm ³ /hr	氣 體 壓 力 (KPA)	
氣體消耗能量	625 Kcal/L	旋風分離器	0.6
酸液純化處理流程		文氏管預濃器	6
廢酸流入量	6 m ³ /hr	吸收塔	1.5
蒸氣流入熱交換器	235 Kg/hr	排氣風扇	12

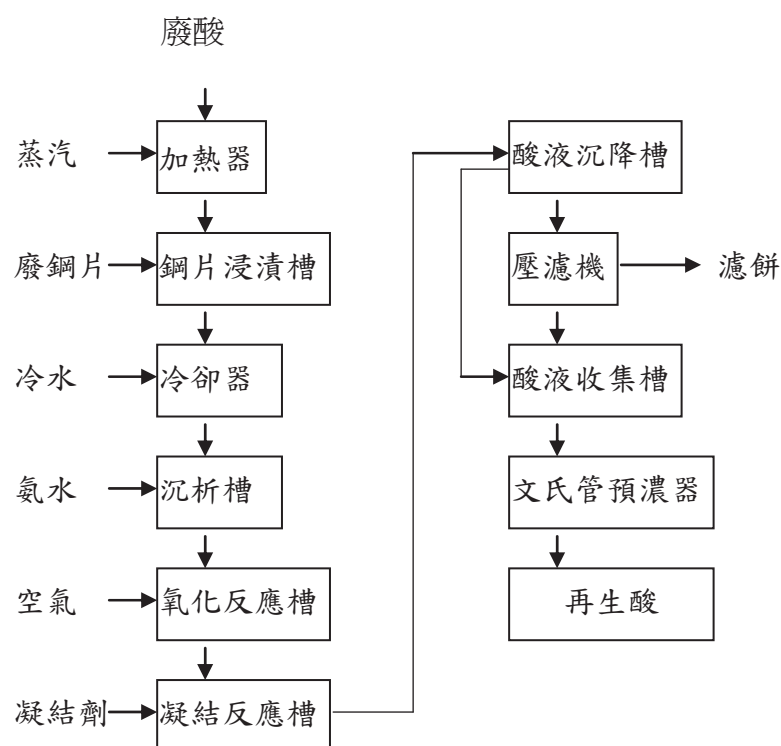


鋼材製品業 資源化應用技術手冊



廢酸加熱後溫度	90 °C	洗滌塔 1	1
冷卻水	16 m ³ /hr	洗滌塔 2	0.8 KPA
沉析槽 pH 值	4		

資料來源：中國鋼鐵公司



資料來源：中國鋼鐵公司

圖 5.7 酸液純化流程

表 5.2 所示，為廢酸經酸液純化及噴霧焙燒法資源化處理，產製再生酸之回收率計算案例。以酸液中總 Cl 流入量與 Cl 經由濾餅、氧化鐵粉、煙囪排氣、及排放水之流失量計算，Cl 回收率可達 99.67%。製程中，廢鋼、氨水、高分子凝結劑、水等為消耗材，水除部分由煙囪排出外，大部分可由水處理廠回收再利用，其它消耗材則進入濾餅中。資源化產品分別為再生酸及氧化鐵粉，再生酸中 Fe 含量僅約為 0.7 g/L，氧化鐵粉中 Fe₂O₃ 含量約為 99.3%，SiO₂ 約為 70 ppm，Al 約為 24ppm，P 約為 15 ppm，Cr 約為 10 ppm，Cu 約為 10 ppm，此為高純度、高價位之氧化鐵粉，適用於高品級錳鋅磁蕊。表 5.3 所示，為純化處理廢酸液對各種雜質之減量比例，以氧化鐵粉中各雜質在純化處理前後之含量差異計算，其中 SiO₂、P 等雜質之去除率達 85% 以上。有些雜質如 Mn、



鋼材製品業 資源化應用技術手冊



Ca、Ni 等無法經由此純化製程去除，如果需去除此類雜質，可利用結晶分離製程去除。

**表 5.2 廢酸液經酸液純化流程及噴霧焙燒法產製再生酸之回收率計算
案例及資源化產品品質**

1.廢酸流入酸液純化處理製程之流量		2.5 排放水 Cl ⁻ 流失量	
總量	210 m ³	總水量	300 m ³
時間	35 hr	HCl 濃度	0.134 g/L
流量	6 m ³ /hr	Cl ⁻ 流失量	4 Kg
2.Cl ⁻ 回收率計算		2.6 Cl ⁻ 回收率	
2.1 總 Cl ⁻ 流入量		Cl ⁻ 總流失量	85.6+38.5+9.26+4 =137.4 Kg
廢酸總量	210 m ³		
Cl ⁻ 平均濃度	200 g/L	Cl ⁻ 回收率	{1-(137.4/42,000)} × 100=99.67%
總 Cl ⁻ 流入量	42,000 Kg		
2.2 濾餅 Cl ⁻ 損失量		3.消耗材及能源	
濾餅	713 Kg	3.1 廢鋼	200 Kg/hr
濾餅 Cl ⁻ 含量	12 %	3.2 氨 NH ₃	46.5 L/hr
Cl ⁻ 損失量	85.6 Kg	3.3 高分子凝結劑	0.1 Kg/hr
2.3 氧化鐵粉 Cl ⁻ 損失量		3.4 氫氧化鈉	7.5 g/hr
氧化鐵粉重量	55,000 Kg	3.5 電流	276 kWh
平均 Cl ⁻ 含量	0.07 %	3.6 總水量	5,620 L/hr
Cl ⁻ 損失量	38.5 Kg	4.資源化產品品質	
2.4 煙囪排氣 Cl ⁻ 損失量		4.1 再生酸 Fe 含量	0.7 g/L
煙囪排氣量	8,940 Nm ³	4.2 氧化鐵粉中 Fe ₂ O ₃ 含量	99.3 %
HCl 濃度	10 mg/Nm ³		
Cl ₂ 濃度	20 mg/Nm ³	4.3 氧化鐵粉中雜質含量 (ppm)	
總 Cl 濃度	10×0.96+20=29.6 mg/Nm ³	SiO ₂	70
		Al	24
Cl ⁻ 損失量	=29.6×8,940×35× 10 ⁻⁶ = 9.26 Kg	P	15
		Cr	10

資料來源：中國鋼鐵公司



表 5.3 廢酸液經純化製程處理後各種雜質之減量比例

氧化鐵粉 內雜質元 素含量	酸液純化 處理前	酸液純化 處理後	減量比例 (%)	氧化鐵粉 內雜質元 素含量	酸液純化 處理前	酸液純化 處理後	減量比例 (%)
SiO ₂	493	70	86	Cr	106	7	94
P	150	15	90	Mn	3031	3205	-
Al	275	24	91	Ni	130	128	2
Cu	110	10	91	Ca	85	84	1

資料來源：中國鋼鐵公司

由於此廠廢酸純化製程處理廢酸量之設備能力，僅達該廠需處理廢酸量之 2/3，廢酸無法全部經由純化製程處理，所以部分廢酸液僅經由噴霧焙燒製程產製再生酸，副產品氧化鐵粉品質則可能較差。市場需求低迷時，如果不願低價賣出破壞市場行情，則必須回收處理。另外，此鋼廠為一貫作業煉鋼廠，本身具有高爐煉鐵製程、低價位之氧化鐵粉純度高達 98.5% 以上，雖不適用於鐵氧磁材，但卻是純度甚高之鐵礦原料，僅需將此粉狀氧化鐵粉經過該廠 Mini-Pellet 造粒廠造粒，藉由輸送帶傳送進入鐵礦燒結廠，即可回收作為高爐煉鐵原料。該廠冶煉某些低磷鋼種前，需將脫矽、脫磷劑吹入魚雷車之鐵水內進行脫矽、脫磷處理。脫矽、脫磷劑原料為細燒結鐵礦(Sinter fines)及石灰、螢石等，由於脫矽、脫磷劑之粒徑要求，與噴霧焙燒氧化鐵粉粒徑相當，所以氧化鐵粉可直接取代細燒結鐵礦，作為脫矽、脫磷劑，且脫磷效果相同。如此，資源化處理廢酸之所有產品幾乎皆可回收再利用，符合環保之要求。

2. 廢酸資源化成效

由於該廠處理廢酸後之產品皆可再利用及銷售，資源化成效幾乎達 100%，且完全符合環保法規要求，是目前國內酸液資源化最好之典範。廢酸經由過濾、純化、濃縮、焙燒、吸收成含鐵量甚低之再生鹽酸，濃度達 18%，可送回酸洗線重覆使用，正常運轉時酸液回收率達 99% 以上。純度高之副產品氧化鐵粉可供應鎳鋅、錳鋅鐵氧磁材業者所用，製造出各種高導磁率及低磁損之磁蕊，廣範應用於電腦資訊、通訊等產業，不但回收再生酸可節省成本，且銷售氧化鐵粉收益可觀，高純度氧化鐵粉目前售價每噸達 10,000 元以上，不亞於部分鋼鐵之售價。如以年產量 100 萬噸之冷軋酸洗鋼捲計，每小時去除 700 公斤銹皮，產生廢酸約為 6 m³/hr，單純之廢酸噴霧焙燒製程之初設成本約為 1.2 億元台



幣，每年操作維護費用包括燃料、水電、維護保養、勞力及雜項費用等共計約 5,000 萬元，回收鹽酸及銷售氧化鐵粉效益約為 9,000 萬元，設備折舊約為 1,800 萬元，回收年限約為 5.4 年($12 \div (9 - 6.8) \div 5.4$)。如果酸液經過純化處理，估計氧化鐵粉生產成本約增加 30%，因氧化鐵粉售價亦相對提高約為 30%，所以回收年限估計大致相同。

3. 結語

噴霧焙燒法處理廢酸液在此鋼鐵廠獲得甚佳之實作驗證，幾乎達到 100% 資源化及環境無污染之目標，且其近年來所引進之酸液純化製程，亦為國內目前最先進之製程，不但提高廢酸液資源化之成效，亦能提高副產品氧化鐵粉之應用價值，對提升國內外軟磁業者之產品品級頗有貢獻，此種資源化處理不但可達到污染防治及廢棄物資源化之雙重效應，對提升電子產業相關產品之競爭力亦有助益，此鋼廠自 1970 年以來已陸續運轉三座此種廢酸液資源再生工廠，績效卓著，對國家社會貢獻良多。

5.2 鉻酸鹽廢液資源化技術及案例

5.2.1 鉻酸鹽廢液資源化技術介紹

鋼材軋延加工進行鉻酸鹽皮膜處理，將表面所披覆一層氧化鐵銹皮予以去除，以利後續製程之進行，此程序一般係採用鉻酸進行化成處理，但化成液用久會老化，就必須加以置換更新，若未妥善加以處理，會對環境造成嚴重的污染。老化液過去採用稀釋方式打進廢水處理廠予以處理，傳統的化學混凝沉澱法對於處理廢水中的重金屬，在操作及設備維護良好的情況下，具有相當良好的去除效果，但所產生的污泥卻因重金屬含量偏高，屬有害事業廢棄物，其後續之處理與處置均屬不易。近年來，由於再生技術及原料價格提升，使得廠商願意加以資源化處理，進而從中獲得一些經濟利益。

資源回收再利用技術著重於廢水、廢液或污泥中重金屬之回收再利用，主要利用各類分離技術，以分離濃縮各種重金屬並予以再利用。就技術之經濟規模與適用性而言，可區分為廠內製程回收技術與廠外集中資源化技術兩類，一般常見的廠內製程回收技術，大多屬於單一回收單元技術，適用對象主要為廢水及高濃度廢液(液態廢棄物)，且所需經濟規模較小，例如蒸發濃縮法(evaporator)、電解法(electrolysis)、離子交換樹脂法(ion exchange resin)及逆滲透法(reverse osmosis)等；而廠外集中資源化技術，主要為各種化工或冶金單元所組合之整合性系統技



術，適用對象主要為高濃度廢液與污泥，且所需經濟規模較大，例如鉻系廢液及污泥回收鉻酸鹽技術、綜合污泥回收金屬技術、污泥混練再生材料技術等，本文即介紹廠內製程回收技術及鉻系廢液集中資源化技術。

1. 製程廢水回收金屬

(1) 蒸發濃縮法

蒸發濃縮法為應用原理相當簡單的一種回收技術，主要將鉻酸廢液或清洗廢水中的水分在蒸發器內予以蒸發，再將其回收到清洗槽中循環使用，而廢水中的鉻酸則經過濃縮至相當程度後，可再回到鉻酸槽中重新使用。較常應用的蒸發器，大略有下列四種形式：淋膜式蒸發器、使用廢熱之突沸式蒸發器、沉淹管式蒸發器及常壓蒸發器，而蒸發濃縮法可分為加熱器加熱濃縮、真空蒸發濃縮及大氣蒸發濃縮三種方式，分別說明如下。

A. 加熱器蒸發濃縮

主要設備有加熱器及貯槽，加熱時將液體溫度提高至 $90\sim 100^{\circ}\text{C}$ ，使其產生蒸氣蒸發而提高液體濃度。此法之操作係在一般正常氣壓下進行，可以提升之溫度有限，故蒸發量少，回收效率較低，所產生的蒸氣量不大，較難回收利用；但其設備較簡單，投資費用亦低。

B. 真空蒸發濃縮

採用真空蒸發濃縮時，由於鉻酸可能會在較高溫度下分解，故蒸發過程往往需要在真空下($0.1\sim 0.5\text{atm}$)進行，以降低廢水之沸點(維持在 $44\sim 83^{\circ}\text{C}$ 即可)。至於選擇在何種真空下操作，則隨蒸發器形式與廢液性質而定。由於真空蒸發濃縮系統為完全密閉式，所有的廢液或清洗廢水經過蒸發處理後，清水部分送回清洗槽使用，而濃縮後之鉻酸則可補回鉻酸槽重新使用，理論上不會有廢水產生。此系統之主要設備有加熱器及真空槽等，由於必須維持在真空下操作，故操作技術需要訓練，然而其回收效率可以達到相當高之程度。

C. 大氣蒸發濃縮

大氣蒸發濃縮之主要設備有熱交換器、散熱板及抽風機，此法操作上較真空蒸發濃縮法簡單，應用較廣泛。處理流程係先將廢液送入熱交換器提升溫度至 $40\sim 50^{\circ}\text{C}$ 後，再打到散熱板予以散佈，令其與由下面的排風裝置吸引進入的大氣接觸，將水分帶出而達濃縮的目的。

根據國外的處理經驗，大氣蒸發濃縮回收效率可以達到 90% 以上。然



而，由於台灣地區濕度較高，一般使用的回收效率並不如預期中理想。再者，因廢液中的雜質過高，因此業者多半與電解法併用。圖 5.8 所示，為大氣蒸發濃縮構造圖。

(2)電解法

電解法為使用相當普遍的技術，其原理係利用電化學作用，在外加電場之作用下，控制電解質離子之移動方向，以達到分離及濃縮之目的。依使用的方式不同，可分為電透析、隔膜電解及流體化床電解法。

A.電透析

此法基本上屬薄膜程序，其原理係利用滲透之理論，藉離子交換膜之良好選透性，在外加電場作用下，控制電解質離子移動方向，以達到分離及濃縮之目的。離子交換膜將電解質分離之機構如圖 5.9 所示，在膜的兩端藉提供電位差而產生一電場，迫使帶負電之陰離子往陽極方向移動，並使其被膜內表面帶正電荷之孔道所吸附，然後經由孔道內離子傳送而擴散至膜的另一端，即可達到將電解質分離或濃縮之目的。

電透析的影響因素主要有電流密度、操作溫度及濃縮液濃度三項，分別說明如下：

a.電流密度

一般而言，高電流密度會有較好的電流效率，惟當電流達到極限值時，選擇通過離子交換膜膜面的離子濃度將接近於零，反而降低電流效率。

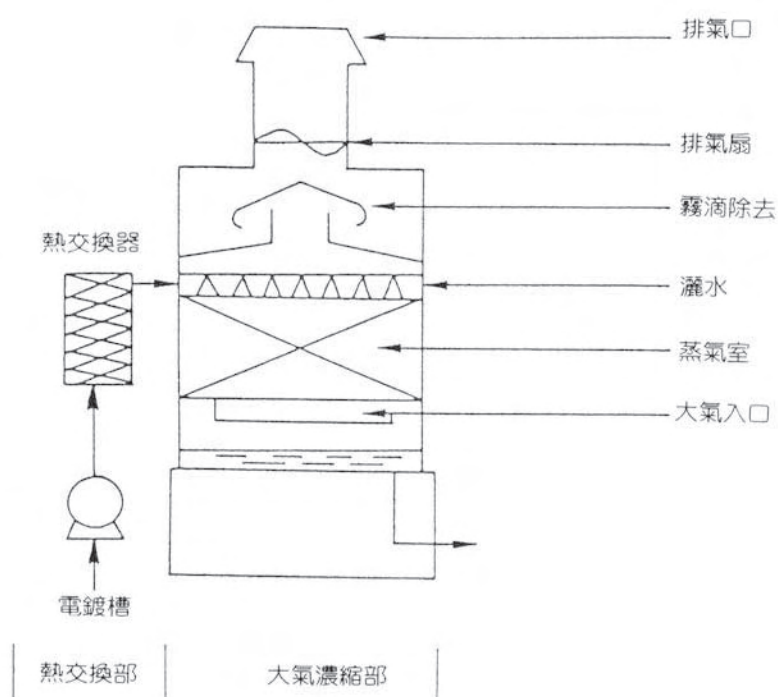


圖 5.8 大氣蒸發濃縮設備構造圖

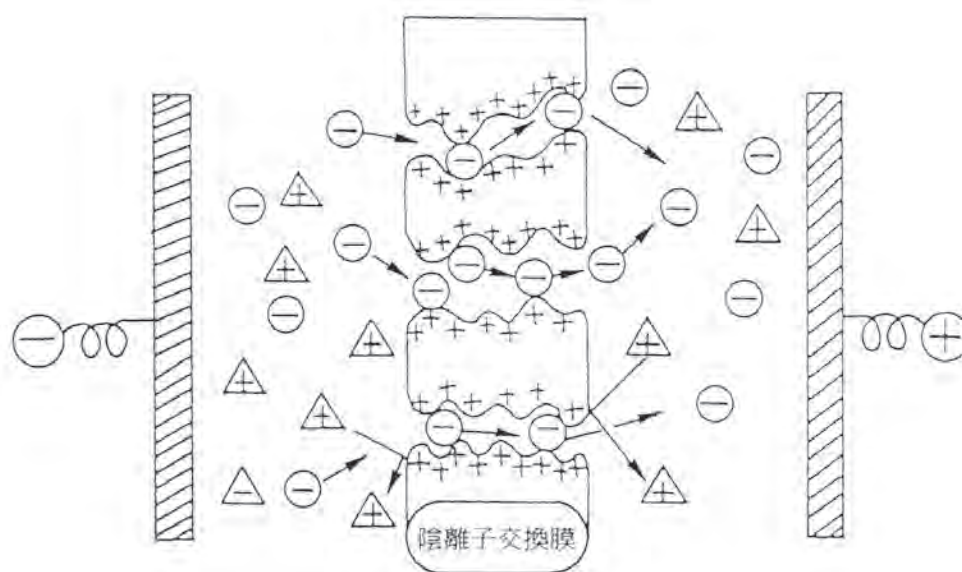


圖 5.9 離子交換膜將電解質分離之機構



b. 操作溫度

溫度會影響反應槽內溶液的粘滯係數(PA)，改變目標離子的擴散係數及移動度。因此，提高電透析系統的操作溫度，可以增加效率，但也不能太高，一般操作溫度維持在 50~60℃ 間為最佳條件。

c. 濃縮液濃度

濃縮液濃度高時，進行反應所需之電流密度亦較高，故電流強度須依濃縮液濃度作適當調整，以符合實用性。

電透析的回收處理效果，根據研究，將濃度為 625mg/L 的含鉻帶出液(dragout)，直接引入電透析槽進行分離及濃縮處理，結果發現鉻酸可在濃縮室內被濃縮成 2,500mg/L 以上。

B. 隔膜電解

隔膜電解與電透析之構造雷同，均屬於薄膜程序的一種，在電位的驅動力作用下，溶液中的離子化雜質會向兩端電極移動，因而達到去除溶液中雜質的效果。與電解法不同的是，隔膜電解只使用單一的離子交換膜，處理對象為高濃度廢鉻液，處理目的則為去除廢液中的其他金屬雜質，而直接純化回收鉻液，使其能回到化成槽中再循環使用。

隔膜電解槽的構造為槽中央放置隔膜，把電解槽分為陽極室與陰極室。陽極室以鉛板為陽極，回收液在陽極室循環；陰極室亦以鉛板為陰極，並放入擬回收之廢液。當電解反應進行時，陰極室中回收液之陰離子向陽極室回收，陽極室的金屬不純物，如鐵、鎳、銅、鋅等，則移入陰極室，附著於陰極板而被除去。隔膜電解常與大氣蒸發濃縮設備併用，目前國內相關業者已能熟練地應用隔膜電解來純化鍍液，回收效率亦可高達 90% 以上，圖 5.10 所示為隔膜電解之流程圖。

C. 流體化床電解法

此法係利用進流水將電解槽內大量的介質揚起，藉由介質在槽內不斷的移動而與電極產生撞擊作用，破壞離子間的電雙層，以降低極化作用，並藉由增加極限電流密度，減少擴散層的厚度，使流體化離子能在電極板上形成金屬而析出。

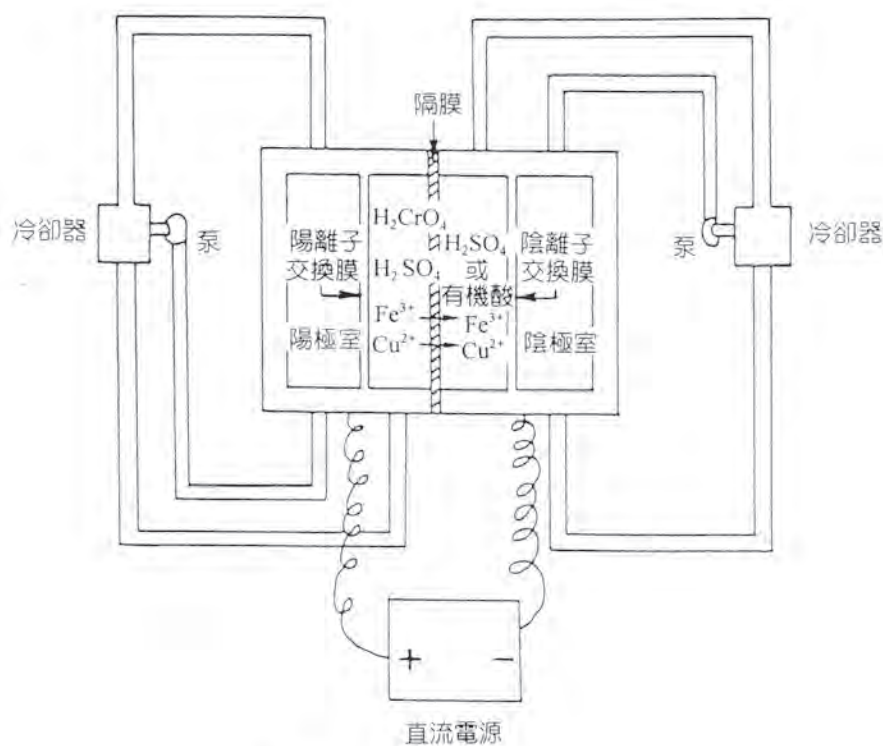


圖 5.10 隔膜電解之流程圖

流體化床電極板有網狀及片狀二種，材質為耐酸鹼之鈦金屬，操作過程中會產生 H^+ ，導致 pH 值降低，故需添加鹼劑適當調整 pH 值，而電解液之 pH 不可小於 1，有機雜質不可大於 20mg/L，電流密度必須小於 $1KA/M^2$ 。目前業者常將此設備用以回收鎳、銅等較貴重之金屬。圖 5.11 所示為流體化床電解流程圖。

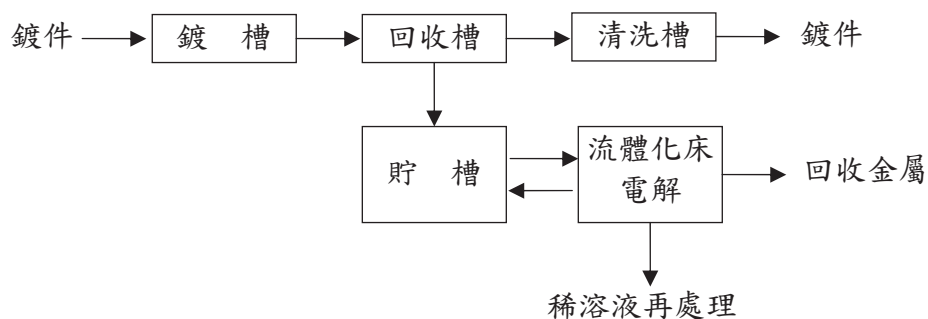


圖 5.11 流體化床電解流程圖



(3) 逆滲透法

逆滲透法是以壓力差為驅動力的滲透膜分離程序，廢液在外加壓力下選擇性地經過半滲透膜的微孔後，分為淨化的滲透液和濃縮液，濃縮液可再送回鉻酸槽中使用，純化後的水則可作為清洗水使用。此法在美國已商業化，用於大規模的酸性鍍鎳之清洗水濃縮，而國內因受限易於堵塞及沉積的問題，使用上仍不廣泛。

逆滲透技術用於電鍍廢水之回收系統實例，如圖 5.12 所示，最初清洗槽所含雜質濃度較高之清洗水，經溢流泵送至逆滲透系統處理，處理後的濃縮液回至鍍槽補充蒸發的水分及被帶出的鍍液，滲出液則回到最後的清洗槽作為補充清洗用水。由於逆滲透的濃縮能力有限，濃縮液有時需搭配採用蒸發濃縮法做進一步的處理。

商業使用的逆滲透系統有管式、螺旋纏繞式及空心纖維型三種型式，使用時各有其優缺點。

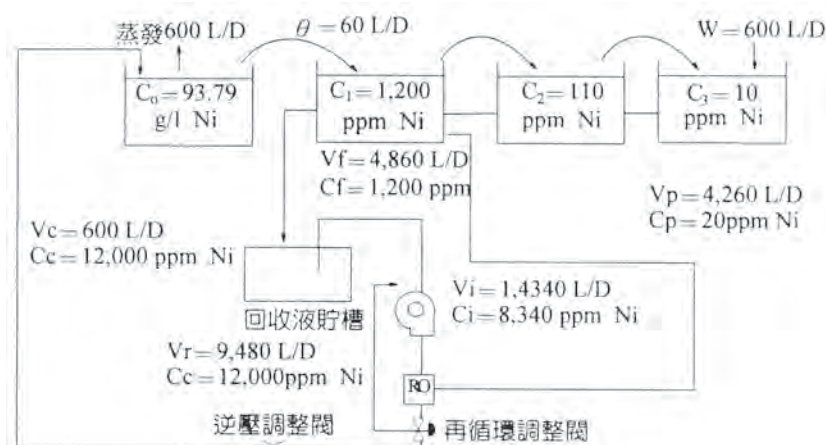


圖 5.12 鍍鎳作業採用逆滲透回收系統實例

(4) 離子交換樹脂法

離子交換現象為一種可逆的化學反應，係指溶液中可溶性離子藉由與樹脂中特定物質表面的作用基進行交換反應，而達到分離的目的。離子交換樹脂是高分子合成聚合物，在其表面分佈著許多可反應的作用基，這些反應基可以解離並與其周圍的離子進行化學反應，由於其為可逆反應，因此當反應趨近於完全飽和時，可利用酸及鹼將陽離子樹脂回復至原來的化學狀態，如



此樹脂就可進行再一次的交換反應。由於離子交換樹脂具有對高價金屬的優良交換性，已成功的應用在電鍍工業及相關廢液資源回收處理上，從廢液或廢水中回收金屬及水，有效地降低了污染負荷。

離子交換樹脂除可去除毒性高之重金屬外，對於高價值金屬的回收也有很大的效果。如鍍鉻製程中， CrO_4^{2-} 會有部分還原成 Cr^{3+} ，除少量的 Cr^{3+} 、 Fe^{3+} 、 Zn^{2+} 外，在水洗過程大約含有數十至數百 mg/L 的 CrO_4^{2-} ，就由離子交換樹脂的作用，將鉻酸回收至鉻酸槽中，其處理流程如圖 5.13 所示。清洗水經前段處理後，可循環再使用。

茲將不同鉻酸回收技術的類別、主要設備及主要特性彙整如表 5.4 所示，以利各界參考使用。

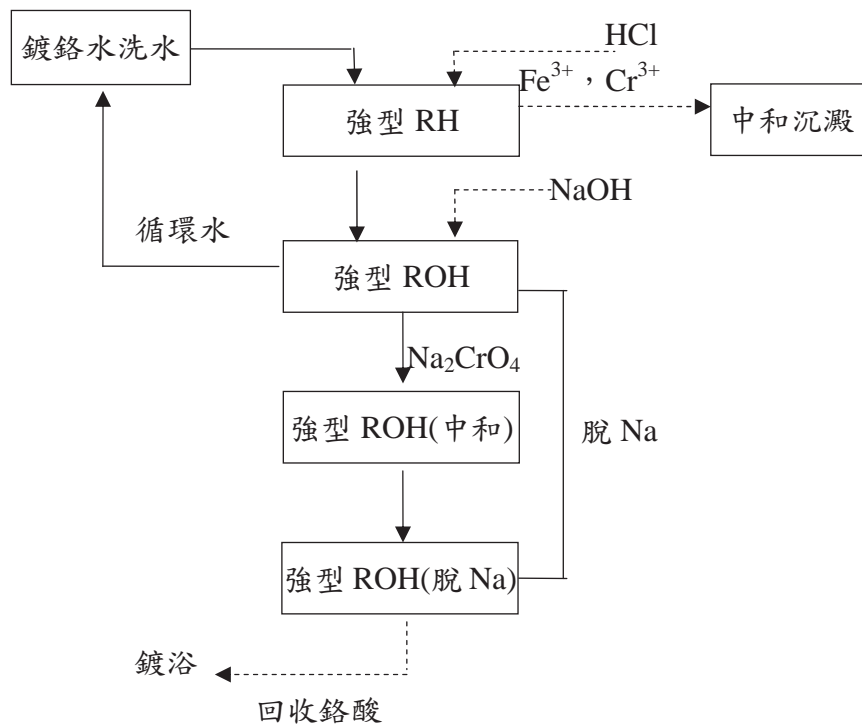


圖 5.13 離子交換樹脂回收鉻酸流程



表 5.4 鉻酸回收方式之比較

項目	區分	主要設備	主要特性
蒸發法	加熱器 蒸發濃縮	加熱器 耐蝕槽體	<ul style="list-style-type: none"> · 設置成本低，操作簡單 · 濃縮效率低 · 蒸氣不易回收再用
	真空蒸發 濃縮	真空槽 加熱器	<ul style="list-style-type: none"> · 設置成本高，操作程序多 · 濃縮效率可達相當程度 · 蒸氣可以回收再用
	大氣蒸發 濃縮	蒸發器 加熱器	<ul style="list-style-type: none"> · 常使用於鉻酸帶出液濃縮 · 設置成本不高，操作亦簡單 · 濃縮效率一般可達 90% 以上 · 蒸氣可以回收再用
電解法	電透析	電解池 半滲透膜	<ul style="list-style-type: none"> · 回收重金屬，分離雜質 · 操作簡單，所需人力少 · 半滲透膜易故障 · 可達相當高之濃縮效率
	隔膜電解	隔膜板 耐蝕槽體	<ul style="list-style-type: none"> · 可同時去除多種金屬離子 · 一般薄膜抗氧化性能較低 · 帶出液純化效率高，但處理量較小
	液體化床	鈍性鋼珠 流體化電解槽	<ul style="list-style-type: none"> · 設置成本較高，操作方便但維護較不易 · 陰/陽極板昂貴 · 重金屬回收效率相當高
逆滲透法		半滲透膜	<ul style="list-style-type: none"> · 可回收有用物質及清水 · 所需能量及人工較小 · 需較高之操作技術，薄膜易氧化
離子交換 樹脂法		前處理（過濾）設備 離子交換樹脂	<ul style="list-style-type: none"> · 適合低濃度帶出液之回收再用 · 設備低廉，操作簡單 · 再生廢液/廢料處理不易

2. 鉻系廢液集中資源化技術

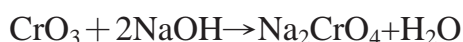
業者對於濃厚廢鉻液一般均以還原中和法處理，但應用此法不僅浪費大量處理藥劑且會產生大量污泥，不利於後續之處理與處置。

直接鉻鹽回收法（Direct Recovery Chromate Method，DRCM）在理論上及實務操作上已獲證實具有回收效益之處理方法，其處理設計程序如圖 5.14 所



示。處理原理係於鉻廢液中加入 NaOH 溶液，並調整其 pH 值約至 9~10，即可將鉻廢液中主要成分鉻酐(CrO_3)資源化為鉻酸鈉溶液，同時使其他金屬離子和氫氧根離子鍵結成不溶於水的氫氧化物沉澱，藉由過濾機將沉澱物分離去除，則可回收鉻酸鈉水溶液。但如果加入太多 NaOH 使 pH 值超過 10，則各種金屬氫氧化物的沉澱物將會再溶解成水溶性的金屬離子。

其化學式如下：



上述反應的產物鉻酸鈉 (Na_2CrO_4) 可供作染料或色料中鉻黃的原料替代品，但需控制廢液來源之雜質，否則無法達到該類產品之商品標準規格。

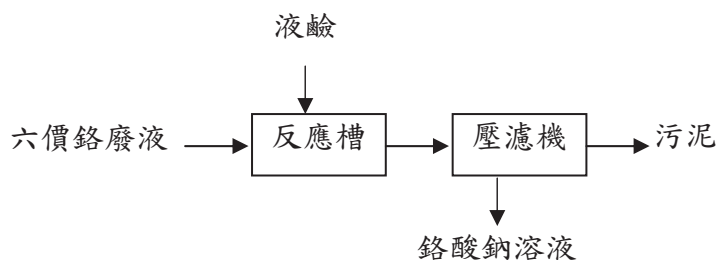


圖 5.14 鉻系廢液直接鉻鹽回收法流程圖

5.2.2 鉻酸鹽廢液資源化案例介紹

該廠為一烤漆鋼板之專業生產公司，生產製程除軋鋼製程外，尚有鍍鋅及烤漆等製程，該廠產生鉻酸鹽廢液的來源主要為鍍鋅生產線的化成處理液（7 噸/月）及烤漆生產線的化學前處理（3 噸/月），原處理方式為採用還原中和法，即將六價鉻先還原成三價鉻，再以沈澱方式予以處理，但會形成大量的污泥，需進一步加以處理處置。經過技術輔導機構進行分析發現，該廠鉻酸鹽濃度較高，若採回收方式，除可解決廢液問題，亦可獲得回收之經濟價值。

一般用於鉻酸回收如表 5.4 所示的方法，該廠經過技術輔導單位審慎評估後，採用隔膜電解及加熱蒸發濃縮的方法，其設備流程如圖 5.15 所示。該廠應用隔膜電解法將鉻酸純化，除可將三價鉻氧化成六價鉻，提高其回收率外，同時也可將



其他雜質去除，並延長鉻酸槽液老化置換的週期，減輕鉻酸廢液處理的負荷。隔膜電解處理所採用的薄膜為多孔性陶瓷膜，整套回收處理設備之經濟效益分析如表 5.5 所示，表中顯示該廠每年可回收鉻酸 1,800 公斤，減少污泥處理量 9.27 公噸，淨效益可達 28 萬元，回收期僅 9.4 月。

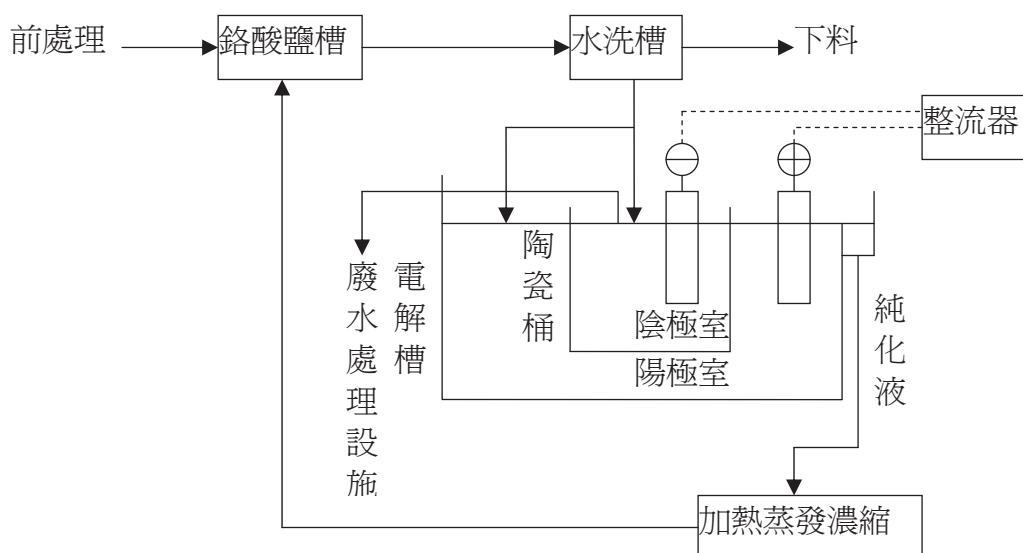


圖 5.15 隔膜電解及加熱蒸發濃縮設備流程

表 5.5 鉻酸回收之經濟效益分析

執行方案 比較項目	化成處理液品質維護				
	項目	費用（元）	百分比（%）	小計（元）	合計（元）
硬體投資 成本（A）	隔膜電解設備	70,000	31.8	220,000	269,558
	加熱蒸發濃縮	150,000	68.2		
每年操作 費用（B）	電費	16,778	33.8	49,558	
	設備折舊	32,780	66.2		
投資回收 效益（每年） （C）	鉻酸回收（1,800Kg/年）	126,000	38.0	330,478	330,478
	減少廢水處理費用	65,428	20.0		
	減少污泥處理費用	139,050	42.0		
	（9.27 噸/年）				
每年淨效益 （C－B）	280,920 元				
回收期 A/（C－B）	9.4 個月				

註：1.硬體投資成本為執行本方案所須添購或維修之硬體投資成本，包括管線、設備及人工等。

2.每年操作費用為執行本方案所須增加之操作費用。

3.設備折舊不計入。



5.3 油泥資源化技術及案例

5.3.1 油泥資源化技術介紹

1. 油泥之來源

鋼材製品業的軋延製程中，軋延油使用後產生大量的廢油，還有部分機械設備所使用的潤滑油、機油等，使用後經過油水分離機處理後，形成廢油泥，由於富含油分、水分及固形物，熱值極高。在鋼材製品業及相關產業之產生量大，其處理處置之規模有增大趨勢，茲將油泥之產生源及資源化技術介紹如下。

(1) 油泥產生源

鋼材製品業所產生的油泥係指鋼材表面鍍塗處理、去脂處理、去油處理等製程之後續廢水處理程序中所產生之含油污泥。由於廢水處理場之除油設備（API、CPI 及 DAF）可將油水分離，含油廢水經除油設備回收浮油送至貯槽後再委託清理；沉澱之殘渣含水量約為 95%，經脫水後即為油泥。

(2) 油泥產生量

鋼材製品業產生油泥最多的製程是鋼材表面鍍塗處理、去脂處理、去油處理等製程，根據環保署事業廢棄物管制中心申報系統顯示 96 年非有害油泥約有 913 公噸。

(3) 油泥之性質

油泥之成分因製程不同而稍有差異，主要成分除油分外，還有氧化鐵，氧化鈣，一般分析項目為：

- A. 含油量(oil and grease, %)
- B. 含水量(water content, %)
- C. 總固體物(total solid, TS, %)
- D. 熱值(kcal/kg)

不管資源回收再利用之目的是回收油品或其熱值，最重要的關鍵皆受到油泥中油分之含量所決定，根據文獻整理各類油泥之含油量如表 5.6 所示。其中 API、CPI 油泥之油分為 20~30%，熱值為 2,000~4,000kcal/kg，較原油槽之油泥為低，但仍可視為具適燃性的資源，適合作為替代燃料，提供熱能之回收再利用。



表 5.6 各類油泥之含油量

油泥種類	油分(%)	熱值(kcal/kg)
原油槽油泥	60~70	7,000~8,000
燃料油槽油泥	40~50	4,000~5,000
塔底油泥	20~30	3,000~4,000
API、CPI 油泥	20~30	2,000~4,000
DAF scum*	3~5	2,000~3,000

*DAF scum 含水量頗高，若經脫水程序，則可與污泥合併處理

2.現有廢油泥資源化技術

由於廢油泥之流動性大且熱值高，在處理方法選擇上，通常考慮使用焚化處理。依燃燒理論而言，如果燃燒溫度達 800℃ 以上，絕大多數的有機碳氫化合物（organic carbon compound）皆可被熱破壞分解成二氧化碳與水，達到減量及熱能回收之處理目標。然而，焚化處理設備之投資費用過於龐大，操作與維護費用亦高，係採用此法必須考量評析之重點。除了焚化處理外，固化(solidification)或安定化(stabilization)處理亦有成功之實例，固化法或穩定化法係利用有機與無機安定劑之混合體，以達到將油泥中之重金屬與油脂物質固定化的目的。此類固化劑多含有水泥、波索蘭物質與有機安定劑等成分，固化或穩定化處理之最大缺點在於廢棄物之成分與安定劑比例之控制較難，且處理後之重量及體積均增大（增大率 10~70%），違反了廢棄物處理之基本原則—減量化，除非能再進一步加以再利用。

因此，為使油泥之回收處理符合資源化之目標，茲評估下列五種廢油泥資源化技術以供參考。

(1)加熱處理法

A.高溫法

高溫法係將油泥加熱至 450℃，使油泥中之油分裂解揮發，所產生的油氣再經由冷凝單元進行油氣回收，而殘留之渣滓則以掩埋方式處理。由於高溫處理時，廢油泥中的蠟與柏油會造成裂解，而發生臭味與硫化氫，且油料回收率僅 34%。

B.低溫法

為改善高溫法所產生臭味之困擾，低溫法技術係將加熱溫度降為 130~150℃，使油泥中的蠟或重質油分之黏度降低，直接回收其溶解油及由



冷凝管回收揮發的油氣，本法之優缺點整理如表 5.7 所示。這些回收之溶解油可直接摻配燃料油進行再煉製，其操作流程如圖 5.16 所示，處理程序說明如下：

- 粘稠狀之油泥經輸送至廢油泥處理釜後，點火加熱至 60°C ，油泥即開始溶解，繼續加熱至 80°C 左右，上方會產生含油水層，此一水層排放至 CPI 進行油水分離處理。
- 再繼續加熱至 90°C 左右，輕質油分及水分開始蒸發排出，經冷卻器冷凝後流入油水分離槽。再繼續加熱至 130°C 左右，維持加熱時間約為 8 小時之後熄火。
- 靜置約 8~10 小時，使固體物沉澱至處理釜底部，溫度降至 90°C 左右，即以油泵抽送上層液至槽車，再運送至燃料油槽。
- 抽送完成後，再利用油泵將殘留管線中之油料泵回廢油泥處理釜，以防止油料因溫度下降而造成堵塞管線之情況發生。

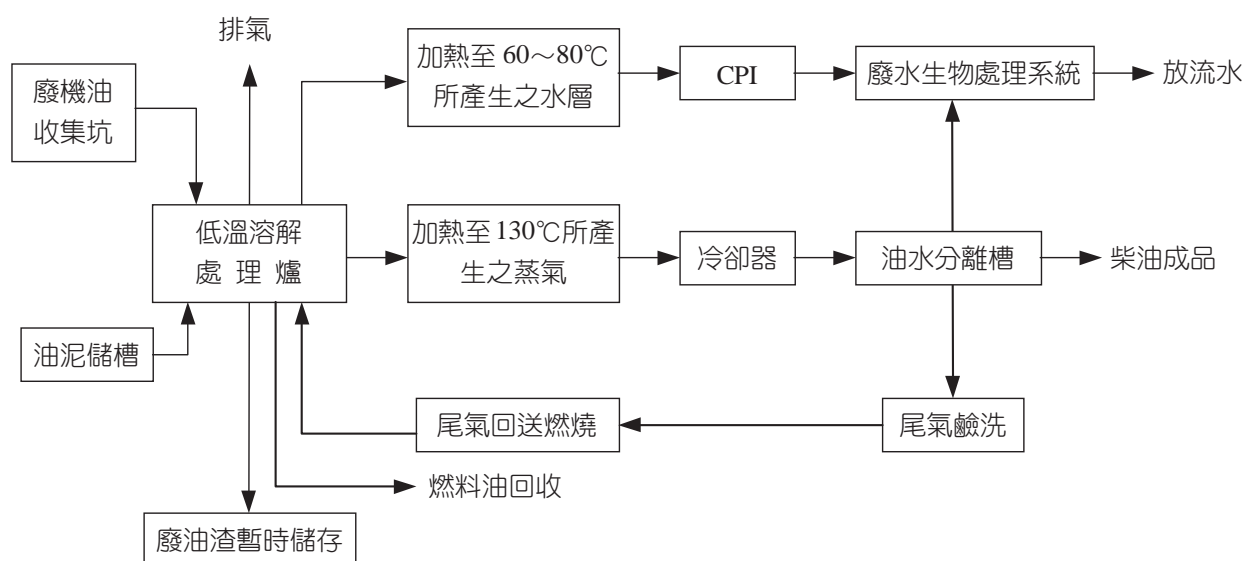


圖 5.16 油泥低溫溶解處理流程圖



(2)直接壓濾法

直接壓濾法屬物理處理方法，由於油泥中含水分達 65% 以上，油分含量約 30%，以壓濾方式去除油泥中大部分之含水分及油分，其體積減少率可達 90% 以上，此法適用於流動性較佳之油泥。

本法利用助濾劑添加於油泥中並預覆於濾布上，在終端壓力為 6kg/cm^2 之情況下，壓濾時間為 30 分鐘，將油泥中之水分與油分壓出，且破壞油泥中原有乳化狀態，壓出之油分於去乳化後自動分層，約可回收 85~90% 油分，分層後之廢水經生物處理達放流水標準後排放，廢油則送至煉油製程再煉製。而壓濾之泥餅中殘餘油分約 10%，含水率 $<50\%$ ，其處理流程如圖 5.17 所示。

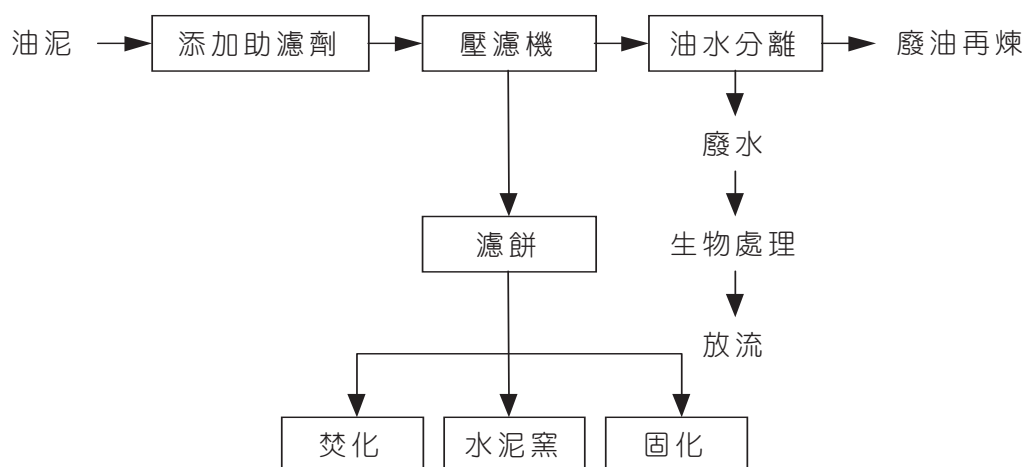


圖 5.17 油泥直接壓濾處理流程

壓濾後之濾餅熱值仍有 2,500~3,000 kcal/kg，可採焚化處理，或將濾餅送水泥窯摻配於原料中燒成，因其所含成分均屬無害，且添加之摻配量與水泥總量間之比例極小，因此對於水泥產品之品質並無影響。

(3)溶劑萃取法

廢油泥中含有許多 C4~C10 之揮發性碳氫化合物(volatile organic compounds)及油品，可以溶劑萃取將碳氫化合物分離回收，分離後之殘渣則以固化或掩埋處置。已知之溶劑萃取法有下列四種方法：

A.臨界流體萃取法(critical fluid extraction, CFE)

以臨界流液態氣體及揮發性碳氫化合物為溶劑，該法尚在實驗階段。



B. 低能量萃取法(low energy extraction process, LEEP)

以多種溶劑多段萃取回收不同之油品，本法尚在模廠階段仍未商業化。

C. 三乙胺萃取法(triethylamine extraction process，又稱 B.E.S.T 法)

本法之特色為以三乙胺(triethylamine, TEA)為萃取溶劑，藉由三乙胺在低溫時極性大可與水互溶，而高溫時三乙胺極性小可與油脂互溶之特性，在操作程序中先控制溫度在 4°C 萃取出油脂類後，再提高溫度至 54°C，將油水分層並將水分去除，最後以蒸氣汽提(steam stripping)方式回收油脂。本法為 RCC 公司 (Resource Conservation Corp.)開發之油泥處理方式，目前已商業化運轉，每公噸油泥處理費用約為台幣 1,100~4,125 元（視其處理規模而定）。

D. BP 回收法

BP 回收法為英國石油公司(British Petroleum Corp.)研發之油泥回收方法，其處理流程如圖 5.18 所示，先將油泥經壓濾脫水，操作溫度控制在 38~66°C，操作壓力為 100 psi，使油分與水分分離，再將廢油回收予以重煉，濾餅則送至萃取反應槽中，以溶劑反覆萃取其中之碳氫化合物成分。一般而言，總油分之回收率可達 98%，而最後殘渣則以固化處理，目前本法已經商業化運轉。

(4) 離心處理法

本法係利用離心原理，將成分複雜的油泥分為油、水及固體物三態，並回收油分重煉，以達到資源回收之目的，其操作流程如圖 5.19 所示，廢油藉蒸汽之熱導作用予以加熱，使其保持流動性，以利通過過濾器，將顆粒物質篩除後送入三相分離離心機，依各相比重之不同而分為三相層，油分由管線輸往貯槽暫存，再送至煉油設備回收，水分則併入生物處理系統處理，剩餘的泥渣則經脫水後焚化處理。

此處理設施之心臟部分為一三態直立式分離機，其特點為：

- A. 離心力高達 6,000 G。
- B. 每小時可處理 15~30M³ 油泥。
- C. 分離物之品質穩定，回收油分之純度高。
- D. 在不同物性之進料下仍可繼續操作。



鋼材製品業 資源化應用技術手冊

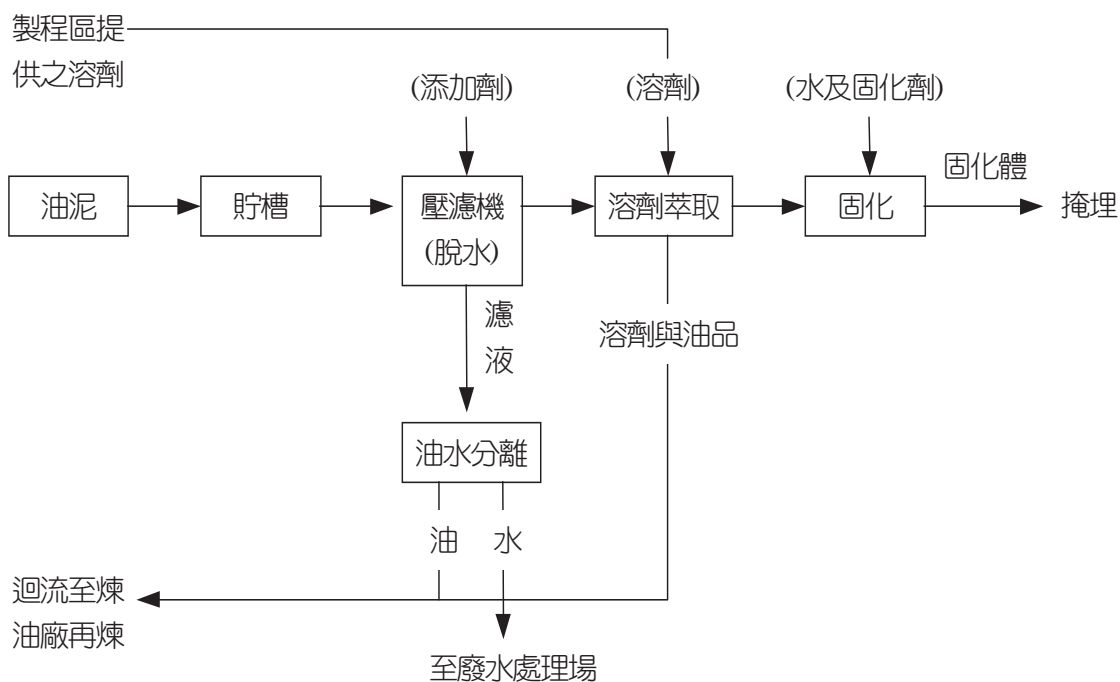


圖 5.18 BP 油泥萃取處理流程圖

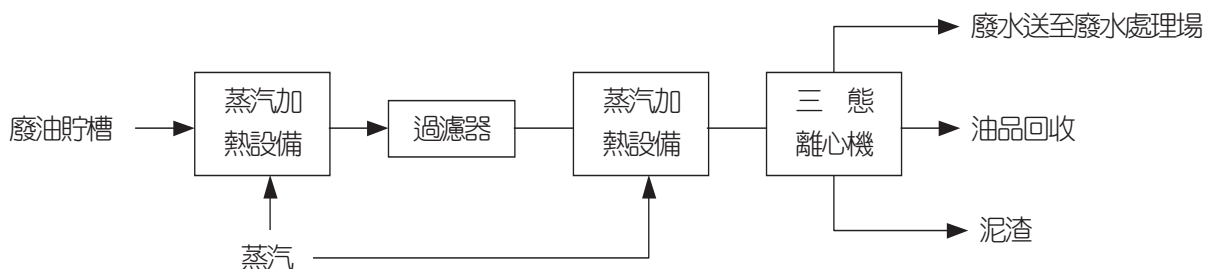


圖 5.19 油泥離心處理操作流程圖

(5) 泥燃劑製程

國內已有廠商引進日本技術，利用各事業機構產生之廢棄物，諸如油泥、廢液、廢油、廢白土、污泥及集塵灰等，依各組合物之熱值分析，經由粉碎、過篩、攪拌、輸送及混煉過程，並添加適量之乳化安定劑，製成熱值達 4,000 kcal/kg 以上之輔助燃料，稱為「泥燃劑」(slurry fuel)，其製程如圖 5.20 所示。



有關泥燃劑之成分比率及規格如表 5.7 所示，目前已使用於台灣的水泥廠旋窯中作為輔助燃料之用。

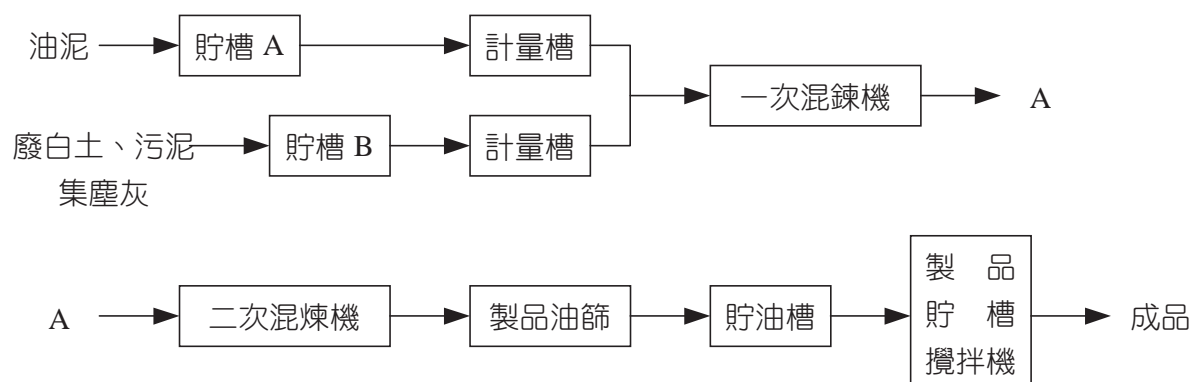


圖 5.20 泥燃劑製造流程圖

表 5.7 泥燃劑之成分比例及規格要求

成分比例		規格要求	
油 分	30~60%	熱 值	4,000~4,500kcal/kg
水 分	20~30%	黏 度	500~1,000 cp
固形物	10~50%	氮 含 量	<2,000 ppm
		最大粒徑	5 mm



3. 廢油泥資源化技術評析

根據上述各項資源化技術，就各項技術原理、流程、適用對象、成品與適用範圍、技術成熟與實績以及優缺點等要項，彙整如表 5.8 所示。

表 5.8 廢油泥資源化技術評析

技術名稱	原理、流程	適用對象	成品與適用範圍	技術成熟與實績	優點	缺點
低溫溶解法	加熱溫度至 130℃，利用沸點之不同，回收油品	較無限制	回收油重煉	已有實績	1.操作溫度低，可節省能源 2.尾氣經洗滌後排放，可改善臭味問題 3.減少煙囪廢氣之排放量	1.油分回收率僅 72.5% 2.批次操作處理量有限 3.殘渣油分含量仍高，不利於最終處置
直接壓濾法	利用經助濾劑預覆之濾布，將油泥中之水分與油分壓出分離	較無限制	回收油重煉	已有實績	1.體積減量佳且初設費低 2.操作維護容易 3.初設費用低 4.操作維護成本低	1.後續焚化處理初設費高 2.殘餘油分仍有 5~10% 3.批次操作，濾布清洗不易
溶劑萃取法	以溶劑萃取分離回收油泥中之碳氫化合物	較無限制	回收油重煉	部分技術尚在實驗階段	溶劑可回收使用，節省成本	許多方法尚在實驗階段
離心處理法	利用離心原理，將油泥分為油、水及固體物三態	較無限制	回收油重煉	已有實績	1.油分回收率可高達 95% 1.操作維護容易 2.體積減量佳 3.操作維護成本低 4.所占空間不大	1.須導入蒸汽 2.尚有泥渣處置問題 3.進料中水分須高於 25%，過低則流動性不足，易阻塞管線
製作泥燃劑	利用各事業廢棄物不同配比，製程熱值達 4,000kcal/kg 之水泥窯輔助燃料	較無限制	泥燃劑	已有實績	1.操作維護成本低 2.體積減量佳，最終處置之殘餘量最小 3.混合較低熱值廢棄物共同焚化處理	1.製程中須增加採樣分析作業 2.摻配程序及成分屬技術專利，需付專利授權使用費用



(1)國內再利技術使用現況

目前國內油泥再利用技術除前述中之「溶劑萃取法」外，其餘已成功自國外引進使用，中油公司內部使用者為：桃煉廠採低溫溶解處理法，高雄總廠為直接壓濾法，而大林廠為直接焚化法（非再利用技術）。另國內有兩家甲級廢棄物處理機構分別將油泥製作成「泥燃劑」（目前僅作為水泥業輔助燃料）及使用「離心處理法」（回收油分送中油公司重煉），其處理設備目前均正常運作中。

(2)國內處理技術與環境需求

由於鋼材製品業產生油泥數量並不多，資源化之產品目前係以泥燃劑為主，雖然，所含物質具回收價值，在選擇採用之回收處理技術所需考慮因素偏重於技術性及回收效益，包括下列各項條件：

A.回收處理須為已商業化且穩定操作之技術。

B.初設費用。

C.操作成本應符合經濟效益。

D.能源回收之用途及經濟價值。

E.操作技術之訓練完整。

F.維修保養簡易。

G.無二次公害污染問題。

(3)技術可行性

若依上述考量因素，分析各技術之可行性，其評估結果及使用現況彙整如表 5.9 所示，前四項再利用方式產生之泥渣（或泥餅）尚需經由焚化處理，而泥燃劑則主要用作水泥窯之輔助燃料，就其技術可行性而言，除直接焚化是一項昂貴且難操作維護之投資外，其餘方式均屬可行；而其經濟效益則與事業機構本身之環境條件及最終處理設備（有無焚化爐）有密切關係，尚待進一步之評估才能決定再利用之選擇方式。



表 5.9 廢油泥資源化技術可行性評估

技術方案 項目	熱處理— 低溫法	直接壓濾法	溶劑萃取法	直接焚化法	離心處理法	製作泥燃劑
1.商業化穩定 操作之技術	是	是	是	是	是	是
2.初設費	低	低	中	高	中	中
3.操作成本	中	低	中	高	中	中
4.能源回收之 用途及經濟價 值	・用途：再煉 ・降低原油煉 製成單位成本	・用途：再煉 ・降低原油煉 製單位成本	・用途：再煉 ・降低原油煉 製單位成本	・用途：廢熱 回收 ・視處理量大 小而定	・用途：再煉 ・降低原油煉 製單位成本	・用途：製作 泥燃劑 ・轉作水泥窯 輔助燃料出售
5.操作技術	簡單	簡單	較高	高	簡單	高
6.維修保養	易	易	易	較難	易	易
7.二次公害污 染防治	無需	無需	無需	需完善 之規劃	無需	無需
8.國內使用情 形	石油煉製廠廠 內設置	石油煉製廠廠 內設置	尚未引進，研 發中	石油煉製廠廠 內設置	甲級處理業使 用技術	甲級處理業使 用技術



5.3.2 油泥資源化案例介紹

1 廢棄物來源

本案例之再利用機構為一不銹鋼廠，其製程後所衍生之事業廢棄物(油污泥)，依環保署廢棄物代碼分類，屬非有害之油泥(D-09 類)，該廢棄物主要名稱為廢矽藻土油污泥，相關製程產生來源如圖 5.21 所示。

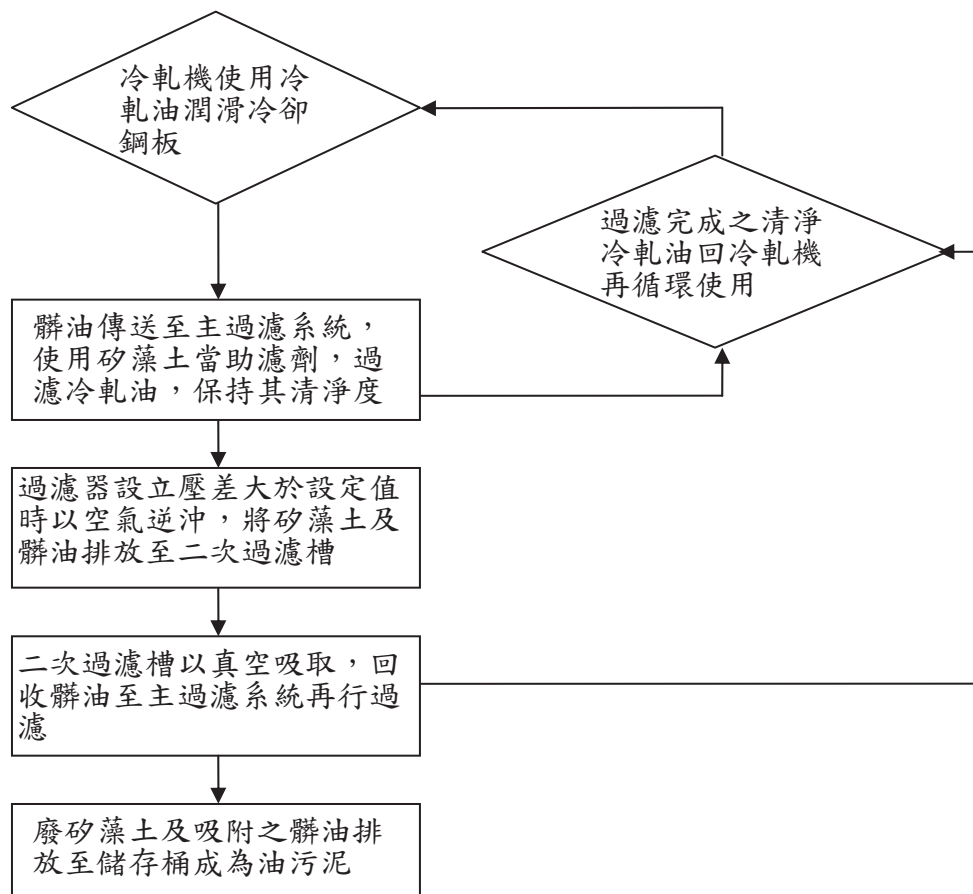


圖 5.21 不銹鋼廠油污泥產生來源流程圖

2. 再利用原理、方法

該再利用機構主要再利用原理與技術可分為液態及固體兩種不同加工方式：

- (1) 矽藻油泥經離心機脫油及水後，液態部分流入貯槽，再經由泵浦送至蒸餾反應槽內加溫，再分離成油與水。
- (2) 離心機濾後之較乾質矽藻土再由熱解設備加工去除微量油、水至乾質矽藻土為止。



該不銹鋼廠產生的廢矽藻土油污泥中，因檢驗出有少量氯成分，再利用機構處理方式分析如下：

A.通常氯氣(chlorine)係使用於氧化性殺菌用途，但過量使用將破壞不銹鋼結構(腐蝕)。

B.氯成分屬陰離子，在蒸餾過程中極易水解而產生氯化氫(HCl)，分解生成之氯化氫在水氣存在下，對煉製輸儲設備有極大的腐蝕作用，同時會促使油料中的硫化物對設備產生較多之腐蝕作用。如果沒有鹽酸(水合氯化氫)存在，硫化氫與鐵反應所生成的硫化鐵，可在煉製輸儲設備表面形成一層堅固的保護膜，防止進一步的腐蝕發生。

綜觀上二項有關氯成分衍生之問題，再利用機構於蒸餾處理加工程序流程，應留意氯成分與水極易結合之屬性，在煉製輸儲設備上採用較耐腐蝕係數之進口 316L 材料。而蒸餾加工後產生之水合氯化氫(微量稀鹽酸)，因屬少量(5045ppm=0.005%)，可採加入少量脫鹽水(即一般自來水或軟化水，亦可用蘇打水)使其中和，再行流入廢水處理設備調質後合法放流。

3.再利用製程流程圖（如圖 5.22 所示）

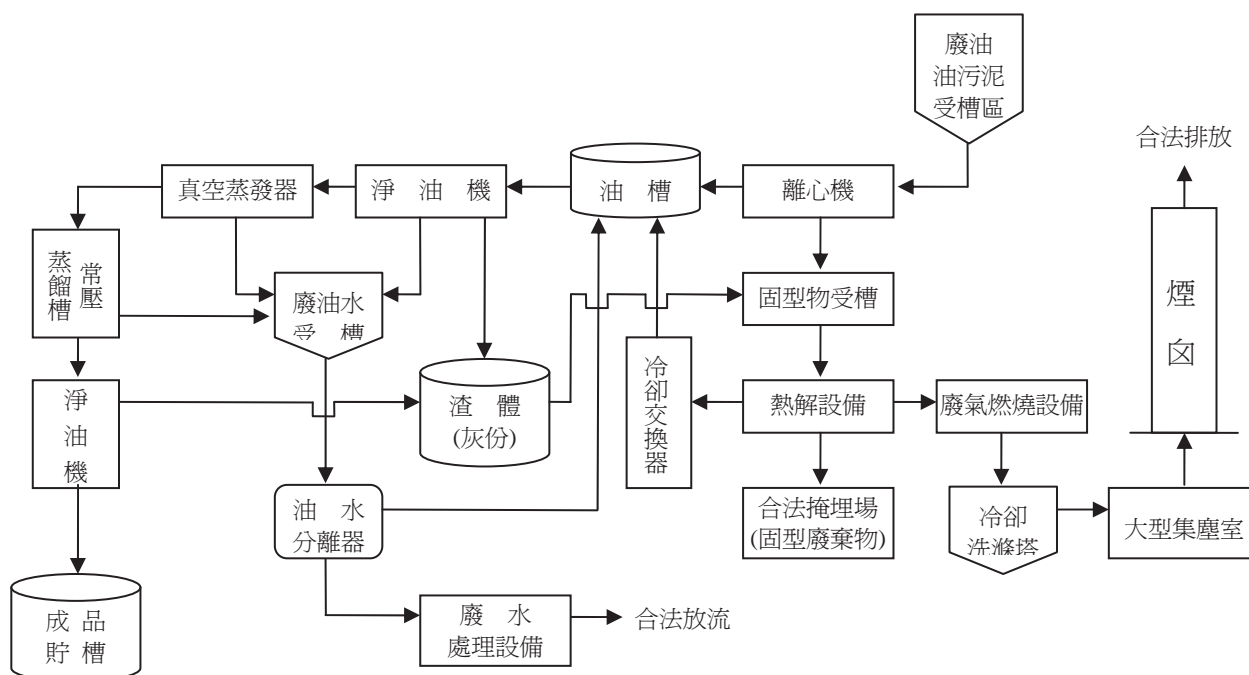
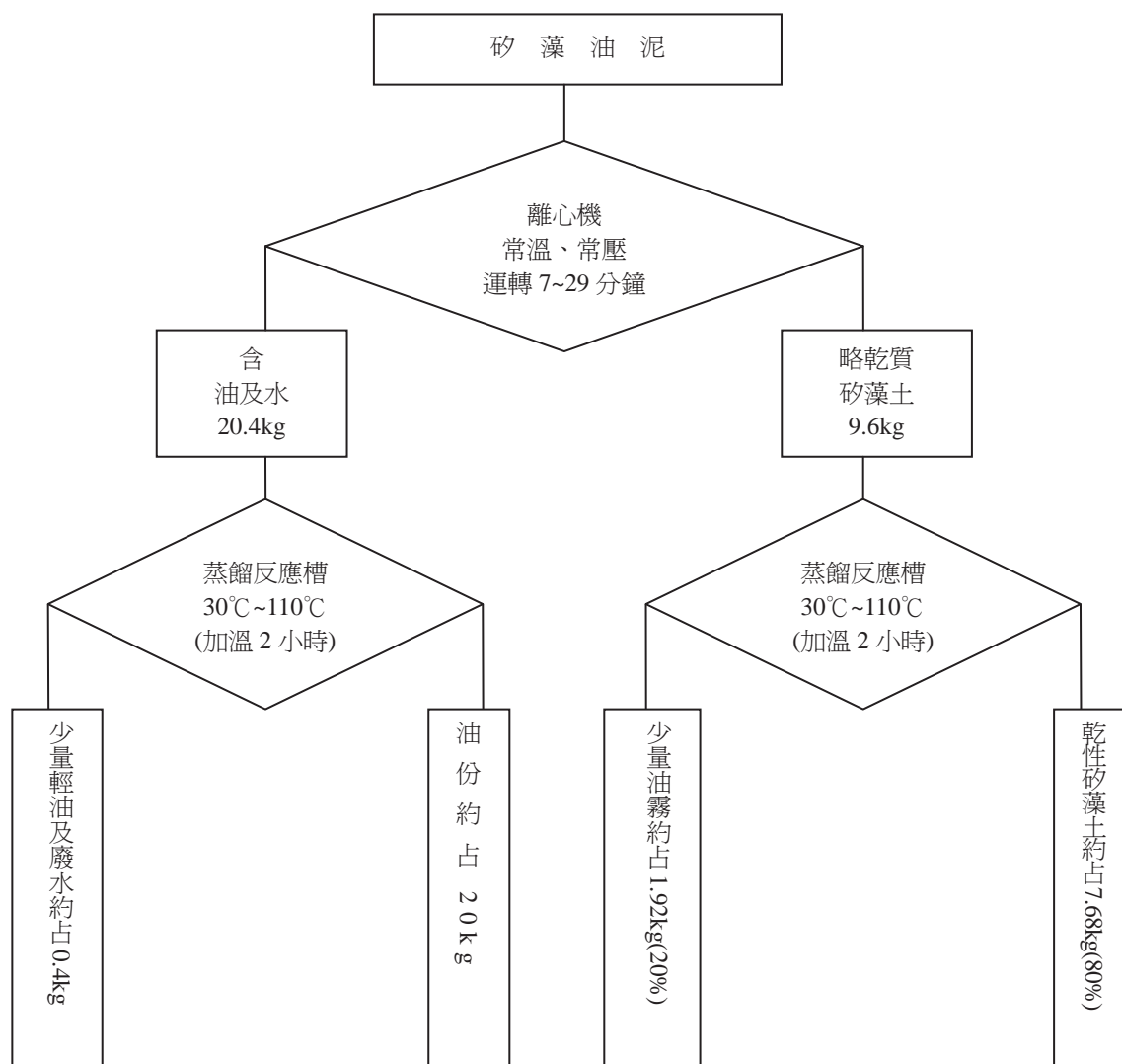


圖 5.22 再利用製程流程圖



4. 質量平衡圖(批次，如圖 5.23 所示)



註：每批次取料因來源重量不同數值亦稍有不同，實際資料相差不很明顯。

圖 5.23 再利用質量平衡圖



5.主要設備規格及容量介紹

有關油泥資源化所需設備之規格及容量，整理於表 5.10。

表 5.10 油泥資源化主要設備規格及容量彙整表

設備名稱	設備規格(尺寸)	處理功能	設計容量	實際操作量	控制條件		
					溫度	壓力	時間
固、液離心機 4 台	20 英吋口徑	固、液體分離	2 噸/H	30kg/次	常溫	常壓	7~31 分鐘
熱媒鍋爐	35 平方公尺傳熱面積	反應槽內熱媒傳導	50 萬仟卡/H	50 萬仟卡/H	最高 280℃	出油 5kg/平方公分 回油 2.5kg/平方公分	每小時
蒸餾設備	高 3.5 米 直徑 2.5 米	油、水分離	23 公噸	16 公噸/次	最高 280℃	真空	1.5 小時
淨油機二台	出口 0.6 入口 1.0 及出口 2 入口 3	油、水及固形物分離	800 公升/H 及 8000 公升/H	800 公升/H 及 8000 公升/H	70℃~90℃	常壓	每小時
廢水處理設備	主設備 4000mmL × 2500mmW × 3000mmH	調質排放	28M3/次	15M ³ /次	常溫	常壓	3 小時
熱解設備	高 8 米 直徑 2.5 米	油化處理	2.5 公噸	2.5 公噸	200℃ ~600℃	真空	2 小時
冷熱交換槽	長 10 米 寬 4 米 高 3 米	冷凝油氣	12 公噸	12 公噸	常溫	常壓	2 小時

6.二次廢棄物之清除處理方式

本再利用機構處理資源化原料，在資源化過程中產生有用之資源化再利用產品，並無太大廢棄物產生問題。廠區內可能產生廢棄物之來源，有員工生活廢棄物、辦公室垃圾、以及物料源或成品包裝之廢棄物。至於本機構處理廢矽藻土油污泥原料在加工過程中產生再生油成品外，尚有衍生少量廢棄物固形物，本廠已委請環保工程公司代為清運。

7.再利用產品名稱、產品用途、產品規格

(1)再利用產品名稱：重質燃料油

(2)產品用途：各工業生成熱源原料

(3)產品規格：依據中油公司重油產品規格標準範圍為基準，做為本機構再利用



處理加工後產出之再生油，可使用於重油摻配基材；而品質採樣檢驗將委請中油公司高雄煉油廠品保材料課化驗室以 ASTM 檢驗方法為本機構產品之摻配條件輔導，期達到符合環保署制定之法規標準。

8. 再利用產品銷售計畫

(1) 預估貯存方式與適用對象

本再利用機構把資源化物料，經物理處理後，產出之再生油，經再次蒸餾加工去除少量水及微量雜質，經泵浦輸送至貯油槽內貯存。

(2) 不銹鋼廠製程後衍生之廢矽藻土油污泥，經離心設備及蒸餾處理後，產出之重質燃料油再經由立式淨油機去除微量雜質(固形灰分)；處理加工過的重質油可供本廠生成熱源原料使用，剩餘部分亦可使用於中國石油公司重油產品之摻配材料。

(3) 重質燃料油適用對象可區分為各不同工業業者燃燒系統生成熱之原料。而適用對象大概可分下列幾種產業別：

- | | | |
|------------|-----------|------------|
| a. 煉鋼、煉鐵業。 | b. 食品加工業。 | C. 飯店、旅館業。 |
| d. 玻璃製造業。 | e. 瀝青加工業。 | F. 造紙工業。 |

總而言之只要有加熱系統行業均可使用重質燃料油作為生成熱加工燃料源。

(4) 未來產品銷售方式

經摻配完成後油品，將優先由本廠各加熱系統所需生成熱源使用。而本廠產品將重送至中油公司高雄煉油總廠品保材料課化驗室檢測，以符合環保署公告重油油品規範標準，進而達到安心使用，並不致造成排放不合標準之空氣污染源。

剩餘之重質再生油將規劃由合法中盤商代理販售至各小型工廠，以及本廠自行接洽各不同類別之工業，大致可區分為上兩種行銷方式。



5.4 礦泥資源化技術案例

1. 廢棄物來源及名稱

B 廠為馬口鐵皮之製造工廠，主要利用錫及氯化亞錫等原料進行低碳鋼鐵板之表面電鍍錫處理，由於鍍液中部分游離態之金屬離子於電鍍作業時會因氧化反應而形成金屬氧化物，並以沉澱物之型態累積於電鍍槽底部，為確保產品之品質，故廠內人員會定期進行電鍍槽沉澱底泥之排除作業，並以袋裝收集，由於底泥於排除作業時會夾帶大量之槽液而不易運送，故廠內人員再將收集完成後之底泥利用擠壓方式以降低其含水率後，再以廢棄物型態處理，濾液則排放至廢水處理廠中處理。由於此類廢棄物中含有較高之錫含量，故具有回收再利用之價值，經擠壓脫水後之「鍍錫槽陽極底泥」，廠內生產製造流程與陽極底泥之產生來源如圖 5.24 所示。

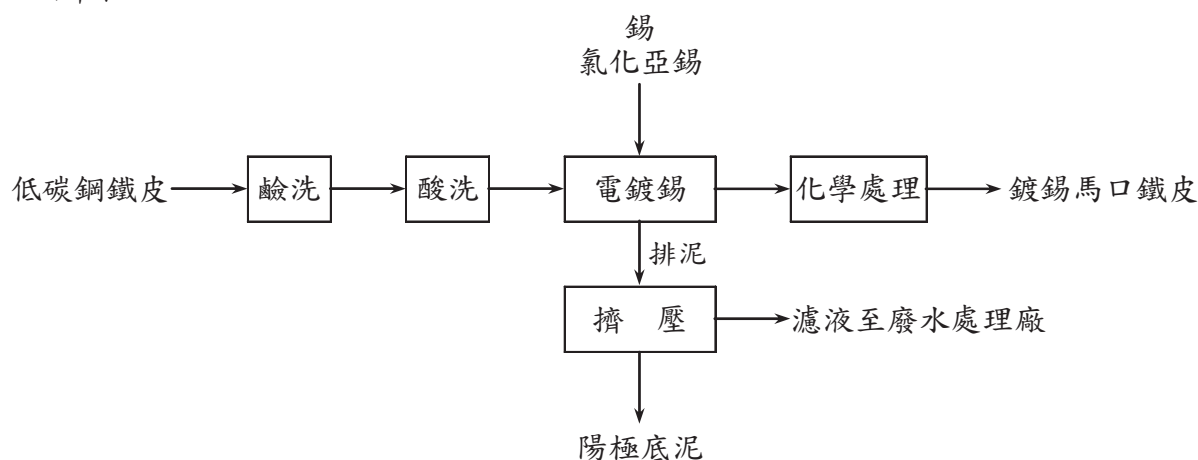


圖 5.24 B 廠生產製造流程示意圖

2. 廢棄物特性分析

再利用機構於已許可鍍錫槽陽極底泥個案再利用執行期間，針對每一批次進廠之再利用廢棄物均自利用廠內自有之 X-ray 螢光元素分析儀進行金屬含量之檢測分析，鍍錫槽陽極底泥中之主要金屬成分為錫及鐵，其它金屬含量則較低，又依再利用機構之現場實際操作記錄，以鍍錫槽陽極底泥經烘乾機處理後減少之重量為可燃分及水分之總重量，依再利用機構實際檢測資料及相關操作記錄，鍍錫槽陽極底泥中之主要成分含量變化如表 5.11 所示。



表 5.11 鍍錫槽陽極底泥成分變化統計表

主要成分			含量變化	附 記
水分及可燃分			40%~50%	以烘乾處理後減少之重量為基準
灰分	金屬物	錫	70.80%~84.88%	廠內自行以 X-ray 進行分析，且以灰分中所含金屬物為總量基準
		鉛	13.15%~28.24%	
		銅	0.19%~0.51%	
		鐵	0.21%~0.83%	
		鈣	ND~1.44%	
	非金屬物		---	X-ray 未分析，主要成分應為氧

由於電鍍底泥中所含之金屬會依活性而以金屬態及氧化態同時存在，主要僅為比例之差異，故再利用廢棄物中之錫、銅、鉛等應多以金屬態存在於陽極底泥中，而鐵、鈣等活性大之金屬則多以氧化物之型態存在，而經乾燥灰化處理後，金屬則會完全以氧化物之型態存在於剩餘之灰分中。

另針對鍍錫槽陽極底泥(單一樣品)進行之三成分及重金屬之全量分析，其檢測結果如表 5.12 所示。

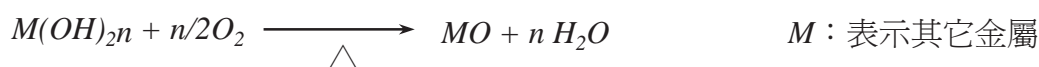
表 5.12 鍍錫槽陽極底泥全量分析表

檢測項目		重量百分率	檢測方法
水分		37.65%	105℃烘乾法
可燃分		6.53%	扣 除 法
灰分		55.82%	800℃融化法
灰分中 金屬含量	錫	54.67%	X-ray 螢光元素分析儀
	鐵	20.83%	
	銅	0.27%	
	鉛	0.33%	
	鈣	0.09%	

3. 再利用原理及方法

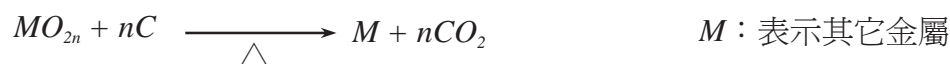
(1) 乾燥灰化

由於陽極底泥中含有大量之水分與可燃分，故先將陽極底泥以人工進料之方式導入旋轉式乾燥爐中，利用重油加熱(進料入口端溫度 250℃、出口端溫度 1,400℃)，當陽極底泥與燃燒之火燄接觸時，底泥中之水分及可燃分會因加熱而完全蒸發及去除，同時高溫亦可使確保陽極底泥中之金屬或金屬之其它化合物完全轉化為金屬之氧化物，其相關之反應如下：



(2) 脫氧還原

經乾燥灰化處理後之二氧化錫及其它金屬氧化物，再利用反射爐以重油加熱至 1,400~1,600°C，同時加入焦炭進行脫氧還原反應，將二氧化錔及其它金屬氧化物還原為金屬。其反應式如下：



(3) 除渣

由於陽極底泥之鐵含量較高，為提高產品之純度，故於脫氧還原過程中，同時加入造渣材料以去除其中之不純物，本部分之除渣主要加入含矽化物之造渣材料，利用矽化物可與鐵之氧化物結合而形成熔點較高之複合物，再以爐渣之型態排出，以去除錫泥餅中之不純物。其反應式如下：



(4) 加硫除銅精鍊

經脫氧還原及除渣後產生之粗錫錠中，仍含有少量之銅，依錫鉛錠產品之 CNS 標準規範中對銅之殘存量有一定之限制(以 S 級 Sn63 之產品而言，銅之殘存量為 0.03% 以下)，故於精製爐作業時再添加硫磺粉，並於 250~300°C 之溫度下操作，以使錫錠中所含之銅與硫磺粉中所含之硫結合反應成為硫化銅之爐渣(Cu+S→CuS)，再利用人工進行爐渣之撈除過濾而分離後，融熔態之錫鉛液再利用比重判定與分光儀檢驗之方式，以進一步調整產品之錫鉛比例，最後經澆鑄成型後即為廠內現有之錫鉛錠產品。



(5) 硫化銅熔煉處理

錫鉛錠精製作業所產生之硫化銅渣中尚含有大量之錫、鉛成分(主要來源為撈除作業時所挾帶之錫鉛液)，故於硫化銅渣中先行添加定量配比之二氧化錫粉、鉛塊及焦碳，再利用反射爐加熱熔融為錫鉛銅錠，再販售予錫基軸承合金及高溫焊料製造工廠做為原料使用，同時由於二氧化錫粉中含有鐵之氧化物，故於熔煉處理過程中再加入含矽化物之造渣材料(玻璃粉)，利用矽化物可與鐵之氧化物結合而形成熔點較高之複合物，再以爐渣之型態排出，以去除二氧化錫粉中之不純物，其相關反應式如下：

A. 除渣過程：



B. 硫化銅氧化過程：



C. 焦碳反應過程：



附記：M表示銅、錫、鉛金屬

4. 再利用流程圖

再利用製程，係單獨將陽極底泥乾燥灰化，再與其它再利用廢棄物產出之二氧化錫粉混合，藉由還原及除渣之方式生產粗錫錠，藉以取代廠內精製爐作業區之進料物，再依計畫之產品規格，於精製作業中添加定量配比之純錫錠與鉛塊，藉以生產所需規格之錫鉛錠產品，精製爐產生之硫化銅渣再添加定量配比之二氧化錫粉及鉛塊，以產製錫鉛銅錠成品，再利用流程如圖 5.25 與圖 5.26 所示。



鋼材製品業 資源化應用技術手冊

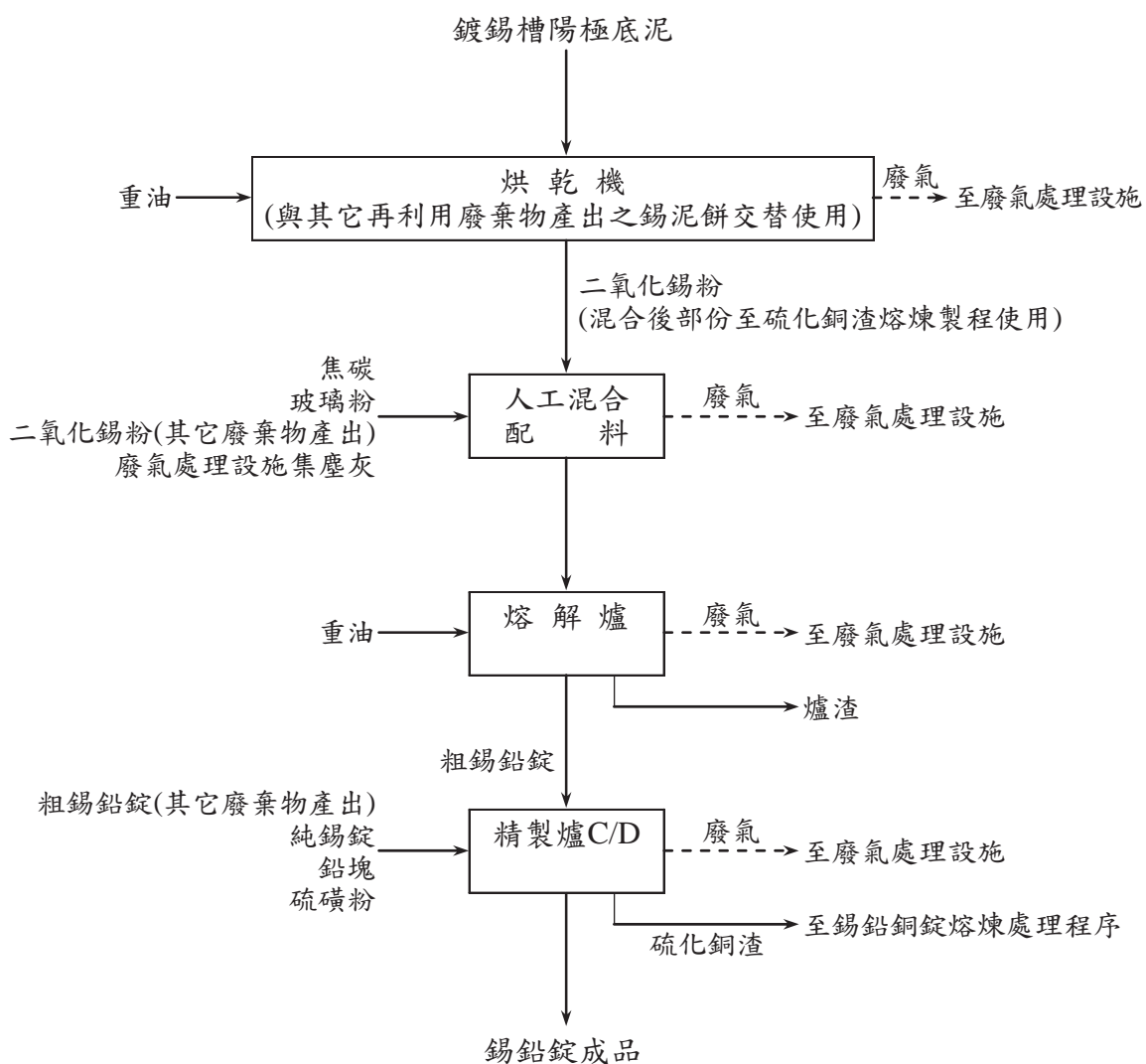


圖 5.25 鍍錫槽陽極底泥再利用製程流程圖

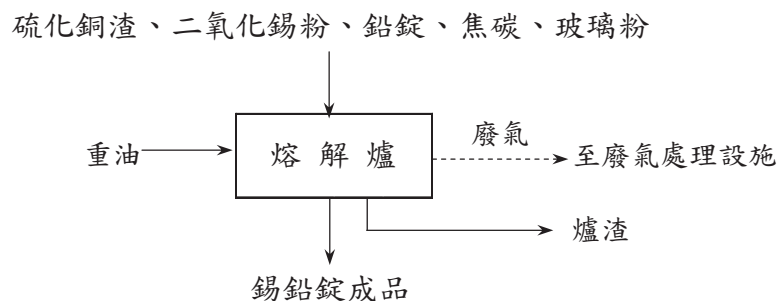


圖 5.26 硫化銅渣熔煉處理製程流程圖



5. 二次廢棄物清除處理方式

再利用機構廠內製程主要廢棄物產生來源及原因說明如下：

(1) 熔解爐作業產生之爐渣：

- a. 熔解爐中添加之原物料包含焦炭、玻璃粉等除渣劑，故於熔解爐之熔融脫氧過程中會與原料中之不純物反應而形成爐渣排出。
- b. 再利用機構廢水處理廠沉澱槽產生之含水率較高之污泥，因錫濃度較高，故回收至製程再利用，而未能回收之部分(污泥中其他不可燃之灰分)會與部分製程添加之原物料混合，形成爐渣排出。
- c. 袋式集塵器所收集之集塵灰經造粒後，亦回收至熔解爐中反應，故集塵灰中之不純物亦會與焦炭、玻璃粉等除渣劑反應而形成爐渣排出。

依再利用機構定期委託環保署認可之代檢測業者針對廠內熔解爐爐渣進行之毒性溶出試驗(TCLP)，其結果顯示其溶出液中各類管制性重金屬之溶出量均低於溶出試驗(TCLP)有害特性之認定標準，故熔解爐產出之爐渣為一般事業廢棄物。

(2) 袋式集塵器收集之集塵灰：

主要為去除廢氣中所含之粒狀污染物時所產生之粉粒體，依再利用機構現有操作檢測結果顯示，集塵灰中銅、鉛及鉻之總量較高，其餘管制性重金屬之總量則較低，故應屬有害事業廢棄物，然而由於錫之總量約為 2,5000mg/kg，故具有回收之效益。

(3) 廢水處理廠產生之污泥：

廢水處理廠產生之污泥主要來源及屬性如下：

- a. 沉澱槽定期排放之含水污泥(含水率約為 95%)：由於採廠內自行回收處理，故並未進行毒性溶出試驗之分析。
- b. 流體化床產生之碳酸銅污泥(含水率約為 10%)及經壓濾脫水後之沉澱槽廢棄污泥：依再利用機構定期委託環保署認可之代檢測業者進行之毒性特性溶出程序，其結果顯示此二類污泥溶出液中各類管制性之重金屬中，銅及鉛之溶出量已高於溶出試驗(TCLP)有害特性之認定標準，故屬於有害事業廢棄物。



(4)生活廢棄物：

由員工日常生活產生，屬於一般事業廢棄物。

(5)廢塑膠容器：

主要為承裝再利用廢棄物(廢電鍍錫液、廢氫氧化鉀溶液、廢氫氧化鈉溶液及廢磷酸三鈉溶液)之廢棄空桶，現階段利用清水進行清洗後，再以公告可直接再利用之一般事業廢棄物認定，廢塑膠容器之清洗水則排放至加鹼攪拌作業區中回收處理。

6.產品規格及用途

再利用製程產生之產品主要名稱及用途如下：

(1)錫鉛錠：可提供為印刷電路板使用之錫條、錫絲原料，亦可提供其他各項錫製品廠使用，其產品規格依業主要求及製程摻配比例，並以 63%-37%錫鉛錠、80%-20%錫鉛錠及 90%-10%錫鉛錠等三類規格製品為主要產品，同時依客戶之需求另行製作不同錫鉛配比之產品。

(2)錫鉛銅錠：可提供為錫基軸承合金及高溫焊料之原料，依相關規格為：錫含量為 50~60%、鉛含量為 25~35%、銅含量為 8~15%，其餘雜質之含量則不得超過 3%。

7.再利用產品銷售計畫

本再利用製程主要產品為錫鉛錠及錫鉛銅錠，其產品規格及用途整理如表 5.13 所示：

表 5.13 錫鉛錠及錫鉛銅錠產品規格及用途

產品名稱	規 格	用 途
錫鉛錠	依買主要求調整產品中之錫、鉛比例(以 63%-37%、80%-20% 及 90%-10% 錫鉛錠為主)，並符合 CNS 標準	1.錫條、錫絲原料 2.其他各項錫製品或合金加工廠之原料
錫鉛銅錠	錫含量為 50~60% 鉛含量為 25~35% 銅含量為 8~15% 其餘雜質之含量則不得超過 3%	錫基軸承合金及高溫焊料之原料



5.5 污泥資源化技術

鋼鐵廠污泥主要來自高爐、轉爐、電爐、冷軋、熱軋等相關製程之直接洗塵水或直接冷卻水處理系統，經由沉降、濃縮及脫水過程而產生，鋼鐵廠污泥回收利用必須根據其產出製程與污泥成分特性，選用適當的處理方法，才能資源化利用。

鋼鐵廠污泥一般分為含鐵污泥、重金屬污泥、有機污泥、含油污泥（油泥），可以採用 TCLP 分析判斷是否為有害或無害廢棄物。污泥處理方法包括：脫水乾燥、混合拌料、造粒造塊、高溫燒結、高溫焚化、直接還原、固化等技術，資源化主要用途有水泥原料添加劑、煉鐵原料、煉鋼添加劑、造磚副原料、填地掩埋等應用。

1. 鋼鐵廠污泥成分特性

一般鋼鐵廠污泥(如表 5.14 所示)主要成分為總鐵(Total Fe)，例如熱軋污泥總鐵約在 60~65% 間，可替代鐵礦，有 CaO、MgO 成分可替代助熔劑，做為煉鐵原料。雜質成分如 Zn、Pb、Na、K 等化合物，會造成冶煉爐爐壁結塊侵蝕，也會造成集塵設備如濾袋與靜電集塵機極板黏滯問題，因此，高雜質者不宜直接回收。

污泥中氯成分會腐蝕設備，如再回收進燃燒冶煉爐，容易與含油成分或有機物質生成戴奧辛，污泥中氯及油分必須特別管制。有機污泥或生物污泥來自有機廢水處理系統，因含有機碳氫化物，有惡臭味道，亦不適合直接回收。

含油污泥例如熱軋、冷軋污泥(如表 5.15 所示)，油分主要來自製程設備潤滑油流失洩漏而造成，高油分污泥即油泥必須另行脫油處理或送焚化爐焚化。重金屬污泥主要來自冷軋電鍍製程 (EGL)，其 Zn、Cr 含量很高，必須固化或委外處理。



表 5.14 一貫作業鋼鐵廠污泥之化學成分例 (乾基, wt.%)

成分 類別	C	T-Fe	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	Zn	Cr	S
高爐污泥	28	30	9.0	1.2	5.0	2.3	1.0	0.1	1.0	0.1	—
轉爐污泥	4	60	9.0	1.0	2.0	0.3	0.8	0.1	0.7	0.1	—
熱軋污泥	6.2	63.8	0.8	0.1	1.2	0.2	0.05	0.01	0.2	0.4	0.07
冷軋污泥	17.8	12.2	26.4	9.3	1.2	0.4	0.19	0.02	0.05	0.4	1.05
生物污泥	17.4	31.1	5.7	0.8	5.0	0.8	0.10	0.04	0.04	0.07	0.90

表 5.15 鋼鐵廠熱軋與冷軋污泥化學成分例 (乾基, wt.%)

成分 類別	T-Fe	C	CaO	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	Zn	Pb	Na ₂ O	K ₂ O
熱軋污泥	65	5	0.5	0.4	0.05	0.1	0.13	0.02	0.02	0.005
冷軋污泥	12	3	5.6	1.8	7.1	0.4	29.1	0.02	0.35	0.5

2. 鋼鐵廠污泥處理方法

(1) 脫水乾燥

A. 處理目的：污泥水濃縮脫水或烘乾降低污泥水分，以利後續處理利用。

B. 流程：(如圖 5.27 所示)



圖 5.27 污泥水濃縮脫水處理流程

C. 適用設備：真空脫水機、壓濾機、皮帶式脫水機、離心脫水機、滾筒式乾燥機 (旋窯)、流體化床乾燥機...



(2)混合拌料

A.處理目的：濕污泥與乾粉配料拌合成低水分混合料，可運送處理利用。

B.流程：(如圖 5.28 所示)

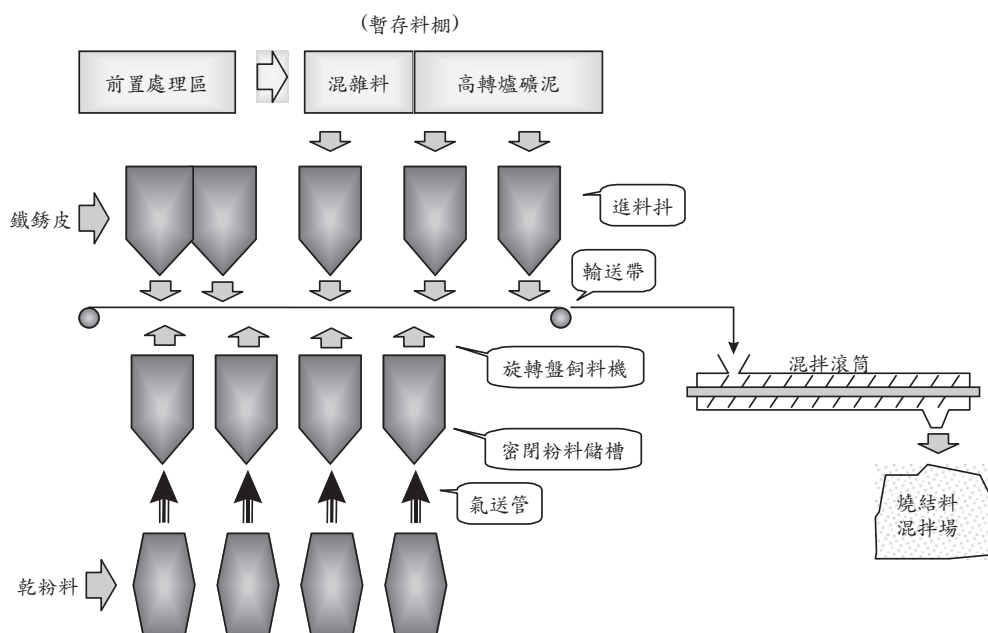


圖 5.28 中鋼公司污泥集塵灰拌料流程

C.適用設備：滾筒式混合機 (Drum Mixer)、Pug Mixer、複軸輪葉型混合機、帶型混合機 (Ribbon Mixer)、圓錐螺旋混合機 (Screw Mixer) ...。

(3)造粒與造塊 (Pelletizing / Briquetting)

A.處理目的：提升強度及物理特性，避免堵塞或粉化，可運送處理利用。

B.流程：(如圖 5.29 所示)

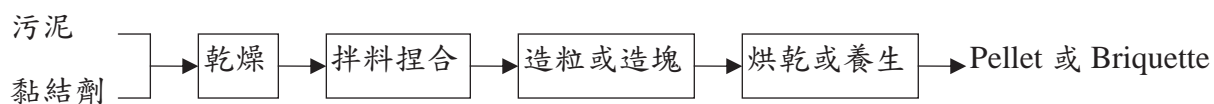


圖 5.29 污泥拌料造粒與造塊流程



C.適用設備：盤式造粒機 (Disc / Pan Pelletizer)、滾筒式造粒機 (Drum Pelletizer)、擠出式造粒機、Roller 造塊機 (如圖 5.30 所示)。

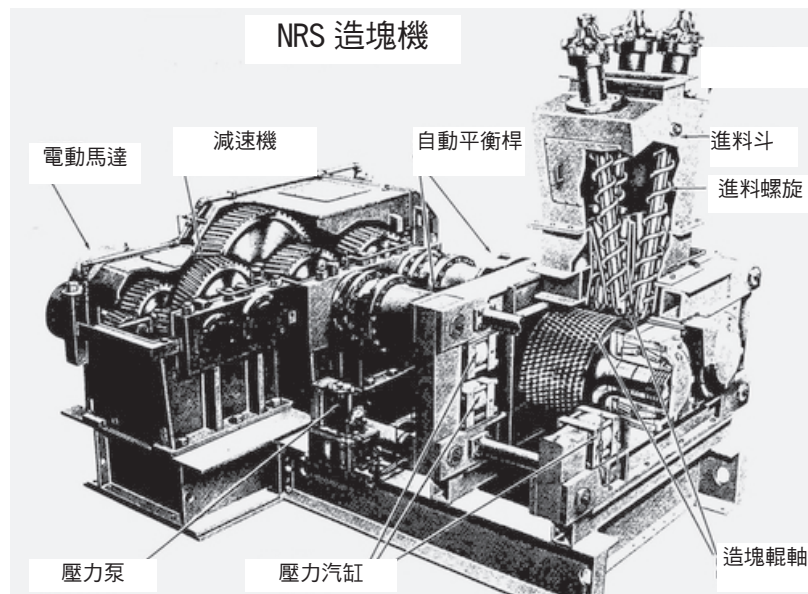


圖 5.30 污泥造塊機例

(4)高溫還原

A.目的：以約 1,000~1,200℃ 高溫直接還原製程 (DR, Direct Reduction)，處理高雜質含鐵污泥與集塵灰，提升含鐵分至 95% 以上，直接做為高爐、轉爐、電爐進料。

B.流程：(如圖 5.31 所示)

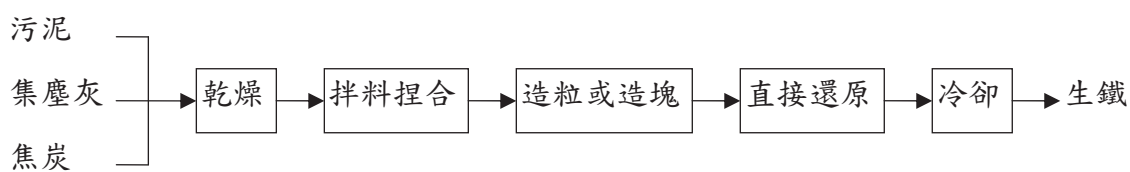


圖 5.31 污泥高溫還原流程



鋼材製品業 資源化應用技術手冊



C.適用流程：RHF (Rotary Hearth Furnace) (如圖 5.32 所示)、電漿治煉法、Rotary Kiln 、Shaft Furnace、流體化床。

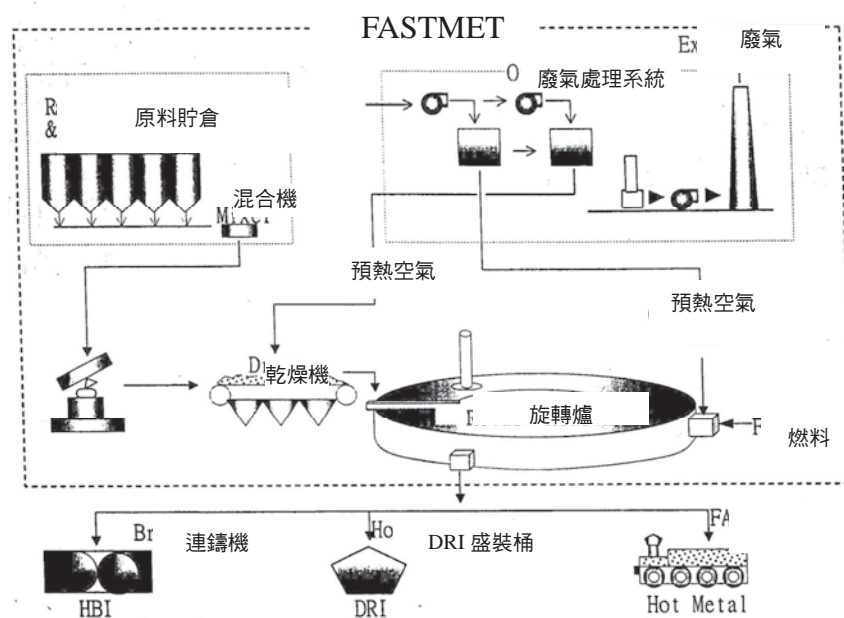


圖 5.32 高溫熔融還原製程例 (FASTMET)



5.6 廢溶劑資源化技術

1. 廢溶劑特性及鋼材製品業廢溶劑產源

工業上使用之溶劑，大都屬於有機溶劑，而有機溶劑係指在正常溫度及氣壓下為揮發性液體，且具有溶解其他物質特性之有機化合物，目前有 55 種有機溶劑列入 89.12.27 勞委會「勞工安全衛生法」之管制，而這 55 種也是工業上應用最廣泛之溶劑。常見之有機溶劑除了作為填料、稀釋、清洗等溶劑用途，以及參與化學反應之工業製程上使用外，在我們日常生活也與之息息相關，如清潔劑、稀釋劑、香蕉水、調薄水、乾洗油、去漬油、松香水、黏著劑、強力膠、金屬除污劑、油墨、油彩、油漆、凡立水、殺蟲劑、表面處理劑等都是有機溶劑混合物，可說是隨時暴露於有機溶劑下，而不可忽略其可能潛在之健康危害，數種在漆料中常使用之有機溶劑之特性如表 5.16 所示。

表 5.16 漆料常使用之有機溶劑特性一覽表

種類	密度(g/cm ³)	閃火點(℃)	沸點(℃)	自燃溫度(℃)	特性
異丙醇(IPA)	0.786	11.7	82.4	453	易燃
甲基乙基酮(MEK)	0.826	-4.4	79.6	515	芳香、易燃
丙酮	0.792	-9.4	56.2	537	芳香、易燃
乙酸丁酯	0.882	36.6	126.3	421	水果香、易燃
甲苯	0.866	4.4	110.7	536	淡香、易燃
二甲苯	0.860	27.2~46.1	135.0~150.0	527	芳香、易燃

資料來源：化學化工百科辭典，曉園出版社，81 年。

鋼材製品業的廢溶劑主要產源來自軋延鋼捲後段的烤漆製程，如圖 5.33 所示。彩色烤漆鍍面鋼捲共有底漆、面漆及背面漆三道。面漆共有四種，一般為聚酯樹脂、矽化聚酯樹脂、PVC 塑膠脂和聚二氟乙烯樹脂；背面漆採用環氧樹脂及聚酯樹脂；底漆則使用環氧樹脂。

烤漆主要製程單元有化學前處理及面漆、底漆、背面漆。

(1) 化學前處理

化學前處理步驟包括脫脂、熱水水洗、冷水水洗、表面調整(鹼液)、水洗、化學前處理液、水洗等，主要的廢水來源為化學前處理液及水洗水。

為配合不同的鋼捲種類而採用不同的化學前處理液。鍍鋅鋼板採用磷酸



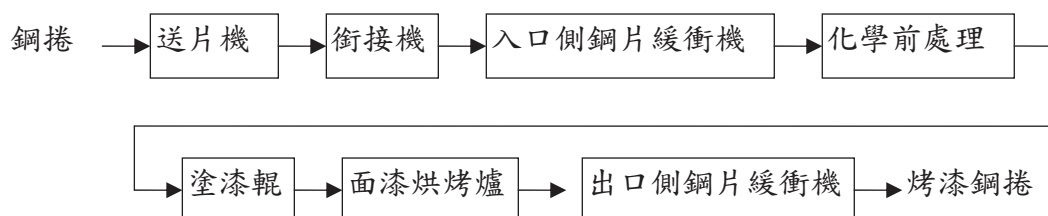
鋼材製品業 資源化應用技術手冊



鹽系，鍍鋁鋅鋼板則採鉻酸鹽系。磷酸鹽具有防蝕的作用，其方法為在鋼板上塗佈一層磷酸鹽，以作為油漆之底層即可。

(2)面漆、底漆、背面漆

烤漆製程中使用的烤漆量 10% 用於漆料調配，並產生 0.5% 烤漆量的廢溶劑及約 5% 烤漆量的廢漆。底漆及面漆烘烤爐為密閉式，有抽氣設備將揮發性物質抽至廢熱鍋爐燃燒，回收熱能。



資料來源：整理自污染防治服務團工廠輔導報告

圖 5.33 烤漆鋼捲生產流程圖

依據環保署事業廢棄物管制中心資料統計，民國 96 年鋼材製品業相關之廢溶劑申報量如表 5.17 所示，包含閃火點小於 60°C 廢液(不包含乙醇體積濃度小於 24% 之酒類廢棄物)、廢油漆與漆料共約 119 公噸。其申報之清理方式及再利用方式如表 5.18 所示，包括蒸餾、焚化、再生泥燃劑、作為水泥窯之輔助燃料等。

表 5.17 民國 96 年鋼材製品業相關廢溶劑申報量

廢棄物代碼	廢棄物名稱	總申報量 (公噸)	委託清理(公噸)	回收再利用申報量 (公噸)
C-0301	廢液閃火點小於 60°C(不包含乙醇體積濃度小於 24% 之酒類廢棄物)	115.4	115.4	0
D-1701	廢油漆、漆渣	3.9	3.9	0
合計		119.3		

資料來源：事業廢棄物管制中心申報資料彙整



表 5.18 民國 96 年鋼材製品業相關廢溶劑清理及再利用申報現況

廢棄物代碼	廢棄物名稱	廠內清理方式	廠外清理方式	回收再利用方式
C-0301	廢液閃火點小於 60°C(不包含乙醇體積濃度小於 24%之酒類廢棄物)	---	回收再利用、蒸餾回收、委託焚化處理	作為水泥窯之輔助燃料
D-1701	廢油漆、漆渣	---	回收再利用、委託焚化處理	---

資料來源：事業廢棄物管制中心申報資料彙整

2. 廢溶劑之資源化及處理現況

民國 89 年 5 月間發生高雄縣旗山溪因昇利化工公司將所收集之廢溶劑非法傾倒，造成嚴重污染之事件以來，許多使用或生產溶劑之業者，面臨廢溶劑無處可去之窘境。經過業者與政府單位的努力，開闢各項再利用與處理的途徑，壓力才得以舒緩。為了積極解決廢溶劑所造成之嚴重問題，依據行政院 90 年 1 月 17 日「全國事業廢棄物管制清理方案」，其中有關廢溶劑之具體實施措施，包括由環保署積極輔導及加速審查合法業者申請或變更廢溶劑處理等相關許可，並於 90 年 3 月 7 日所修訂之「有害事業廢棄物認定標準」中，將閃火點低於 60°C 以下之廢溶劑，並採焚化或熱處理者，得認定為一般事業廢棄物，但處理前之貯存、清除，應符合有害事業廢棄物相關規定；再者，由經濟部工業局研訂「水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料認定原則」，並由環保署於 89 年 11 月 27 日函令為依法許可之事業廢棄物處理方式，核准水泥業者以廢溶劑作為輔助燃料，以協助解決廢溶劑去處問題。

現有廢溶劑之處理方式，除了少部分由溶劑製造業者所設之簡易型焚化爐逕行處理外，亦有部分經由使用業者所設之線上回收處理設施，以回收品質較佳之溶劑進行再使用；而遭污染或純度較差無法再利用者，則委託清理機構代行清理，目前國內廢溶劑處理機構計有易增、順倉、環偉、達和清宇、圓立、水美及勝一化工等 7 家，總處理容量約為每年 46,000 公噸，如表 5.19 所示。



表 5.19 國內廢溶劑處理機構一覽表

機構名稱	處理種類	處理方式	處理量(噸/日)
易增	廢溶劑及乙醇、異丙醇、丁醇、異丁醇、環己醇、丙酮、環己酮、蟻酸甲酯、乙酸乙酯、乙酸正丁酯、乙酸異丁酯、乙酸正戊酯、甲苯、二甲苯	蒸餾	24
順倉	廢溶劑及丙酮、甲基乙基酮、甲異丁酮、二異丁酮、環己酮、醋酸乙酯、醋酸丁酯、甲醇、乙醇、異丙醇、正丁醇、異丁醇、乙二醇二乙迷、正己烷、二氯甲烷、1.1.1-三氯乙烷、三氯乙烯、四氯乙烯、甲苯、二甲苯	蒸餾	12.8
環偉	廢溶劑等	焚化	72
達和清宇	廢溶劑等	調配泥燃劑	300
圓立	廢溶劑及甲醇、異丙醇、正丁醇、異丁醇、環己醇、丙酮、甲異丁酮、環己酮、乙酸甲酯、乙酸乙酯、乙酸正丁酯、乙酸異丁酯、乙酸異戊酯、正負光阻液、去光阻液、乙二醇醚、正己烷、甲苯、二甲苯	蒸餾	360
水美	廢溶劑等	焚化	25 (廢溶劑部分)
勝一化工	僅回收自售之醋酸正丁酯、醋酸異丁酯、苯、異丁醇、丙二醇、甲醇，及其他醚類、酚類、醛類、酮類等產品	蒸餾	10

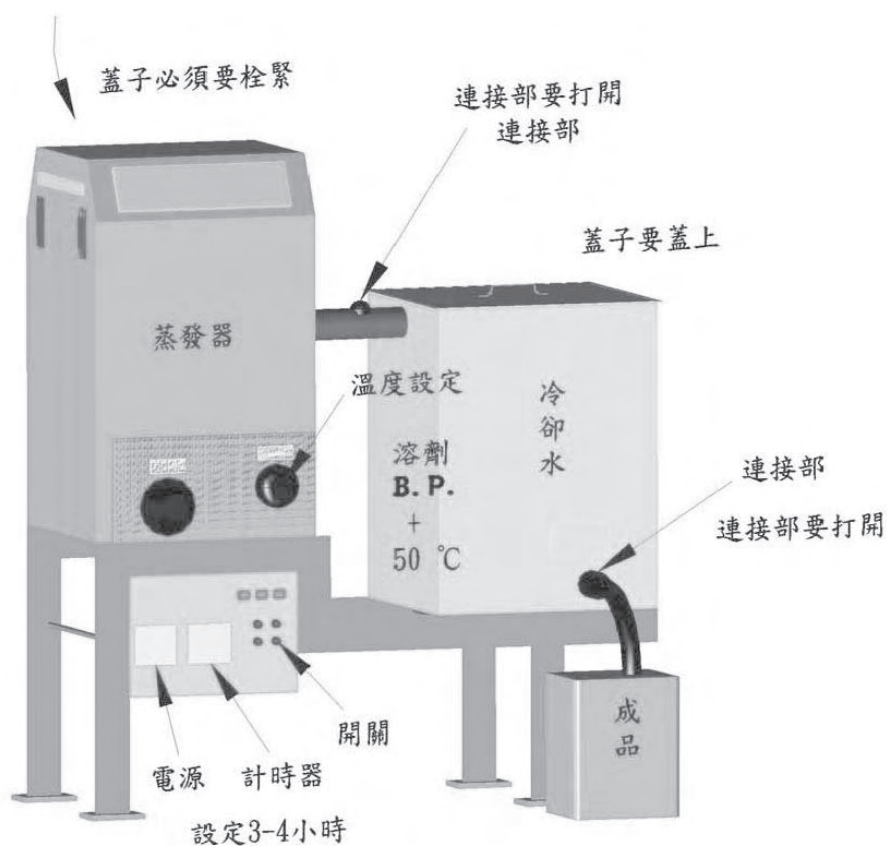
資料來源：廢溶劑回收及處理技術與案例探討，工業污染防治季刊，p.89~117，第 80 期，民國 90 年 10 月

3. 廢溶劑資源化技術

廢溶劑之妥善處理方式當以資源化為最佳策略，但究竟是物質回收或是熱能回收處理(thermal treatment)，因前者係以化學物品之回收再利用為主要用途，因此其純度等級乃為首要考慮之要項，故必須著重於蒸餾(distillation)、萃取(extraction)、滲透蒸發、擴散透析、超臨界流體萃取(supercritical fluid extraction)等各種化學分離程序；而後者則主要進行熱能之回收，而如何維持混合均勻之廢溶劑摻配技術及建立穩定之操作及控制參數乃為重點。廢溶劑以物質回收方式應是最佳之途徑，至於回收過程之殘渣，則須再以熱處理方式進行。

(1) 簡易回收裝置

此法為最簡單的現場回收裝置，乃將廢溶劑收集後，在現場以簡易型的溶劑回收裝置(如圖 5.34 所示)加溫簡單蒸餾回收，所需設備投資少，操作簡易，回收之溶劑可再使用，目前國內有不少廠家使用，但回收量限於設備容量，無法大量操作，且在特定狀況下，需考慮防爆需求。



資料來源：國內廢溶劑回收處理及處置現況，工程雙月刊第 74 期第三卷，本手冊編修

圖 5.34 廢溶劑簡單蒸餾回收裝置

(2) 蒸餾回收

有機溶劑具有低沸點及高揮發性之特點，而在常溫下即具有較高之蒸氣壓，因此可藉由沸點不同之差異，將混合廢溶劑中各不同之成分分離乃為最簡易之方式，其優點為操作簡單，可將廢溶劑回收再使用，且適合大量處理。

依據 Raoult's law，混合液中各成分之蒸氣分壓依其在水中之莫耳分率而定：

$$P_i = P_{0i} \times X_i$$

其中， P_i 為成分 i 在氣相中之蒸氣分壓， P_{0i} 為純成分 i 之飽合蒸氣壓(依溫度而定)， X_i 為 i 成分在液相中之莫耳分率，一般廢溶劑除主成分外，其餘



多以水為主，對水而言，則為 $P_w = P_{0w} \times X_w$ ，因此任何溫度之氣相總蒸氣壓 (PT) 皆為該溶劑與水之組成 ($PT = P_i + P_w$)。

若以異丙醇之蒸餾回收為例，假設原廢溶劑中含異丙醇 90%，其餘為水，則廢溶劑中異丙醇與水之莫耳分率比約為 1.5 : 0.5 (即異丙醇之 X_i 為 0.75)。在一大氣壓下異丙醇之沸點為 82.4°C ，亦即該溫度時異丙醇之飽和蒸氣壓為 760mmHg，但相對之該溫度時，水之飽和蒸氣壓僅為 385mmHg，因此初始氣相中之成分絕大部分為異丙醇，蒸餾前段所得到之餾出物，可謂純度極高之異丙醇。然而，隨著氣相中異丙醇被蒸出之比例愈來愈高，液相中異丙醇相對於水之莫耳分率即逐漸降低，所蒸出之氣體中水之比例 (P_w 愈大) 乃愈來愈高，亦即蒸餾回收之異丙醇純度愈來愈低。因此，單階段之蒸餾操作所回收之溶劑純度有一定之限制乃屬必然，化工廠之操作其實是藉由多段式之分餾塔反覆調整氣—液相中成分之組成比例，以獲得單一成分組成較高之回收液。但是對於廢溶劑回收處理業者而言，每批次所取得之廢溶劑不僅組成百分比變化不定，連成分亦為大幅度波動，因此操作條件永遠無法固定，換言之，回收之成分難以控制維持一定，這是廢溶劑不可能藉由蒸餾法回收原化學品之主要原因。此外，若除水分外，尚另含二種以上其他成分，則共沸現象更是在所難免，在共沸點 (azeotropic point) 時所獲得之餾出物永遠維持一定之組成比例，故回收高純度溶劑極為困難。

採取蒸餾法時，應針對廢溶劑成分之組成，考慮最佳之經濟效益，操作於最適合之蒸餾條件。一般而言，欲回收主成分中之 80% 是極易經由蒸餾獲得，但欲再回收殘存之 20%，則所花費之成本將更遠高於前者。由此可知，蒸餾回收所面臨之基本技術問題，在於回收率低則殘留量高，後續處理成本也偏高；但若欲提高蒸餾回收率，則多次蒸餾之成本卻更將巨幅增加。

因此，採取蒸餾法將僅限於以下之應用時機：

- A. 廢溶劑之收集管理系統，已達到除主成分外不得混雜其他成分之目標。
- B. 回收物質非以化學品為再利用目標。如前述之異丙醇若欲作為化學品之用途，則純度之要求較嚴格，但若僅以作為稀釋劑等用途，則純度要求之限制將較低。

除此之外，採取蒸餾法應注意下列事項：

- A. 捕捉揮發氣體時，應避免煙火造成之工安災害，與員工吸入時之潛在健康危害。



B. 餾出物之再純化步驟，可考慮吸附、薄膜分離等技術。

C. 塔底殘渣之再處理，一般當以熱處理方式減量為最可行。

混合廢溶劑之蒸餾流程如圖 5.35 所示，表 5.20 所示則為混合廢溶劑在下列操作條件下之回收結果。表 5.21 所示為各種工業用再生溶劑產品之例子。

A. 原料填充量：3m³/批。

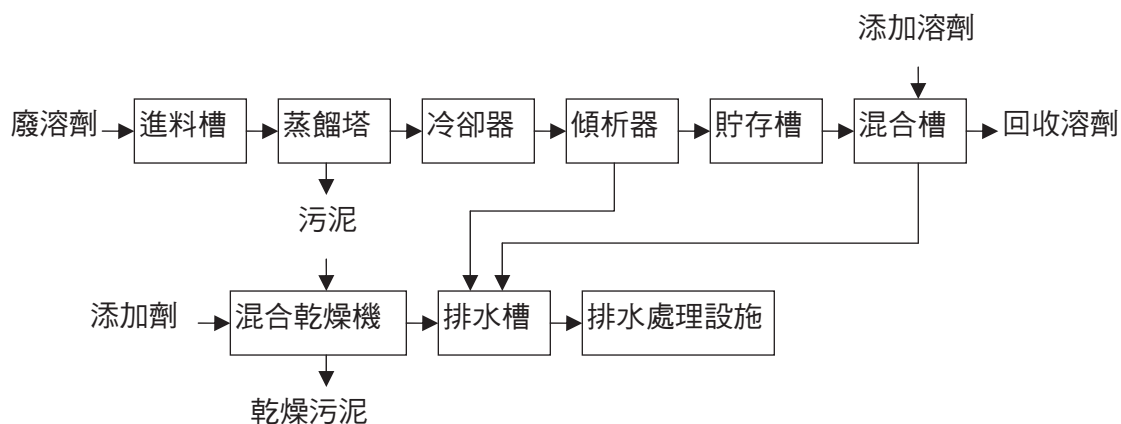
B. 蒸餾時間：4~8 小時/批。

C. 蒸餾溫度：65~100℃。

D. 使用蒸氣壓力：7kg/cm²。

E. 使用蒸氣溫度：170℃。

在回收廢有機溶劑前，其使用過之廢有機溶劑有些需經前處理。回收處置之前處理目的是為了後續的流程，去除了一些可能之干擾物質，而使後續處理流程更為順利。一般而言，如重力沈澱、過濾、浮除為一些典型的前處理技術。另外也包括其它單元：如在蒸餾(或分餾)之前，先分離高沸點物質，以利提高後段蒸發回收之純度；另外在使用活性炭吸附前，若先行以生物分解較易分解之物質，可確保活性炭使用期限延長，提高吸附能力。國內廢有機溶劑回收業者一般採取的處理流程如圖 5.36 所示。目前國內廢溶劑回收廠商，在回收廢有機溶劑時，應儘可能避免採取太多手續之前處理，因為部分前處理可能需用大量之清水，因而造成二次污染處理之負擔，而提高回收處理費用。



資料來源：經濟部工業局，事業廢棄物處理與資源化技術，P.38，民國 84 年 8 月

圖 5.35 有機混合廢溶劑之蒸餾流程圖

表 5.20 混合廢溶劑之蒸餾操作條件與回收成分

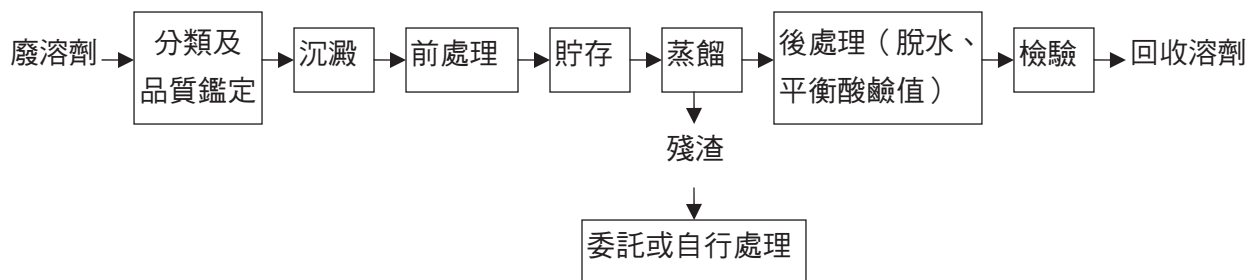
廢溶劑排出源	蒸餾溫度(°C)	蒸餾時間 (hr)	溶劑成分 (vol%)	殘渣成分 (vol%)	主要成分	備註
印刷、油墨	65~100	4	75	25	酯、酮、甲苯	照相凹版、書籍
塗料、塗裝	80~100	8	80	20	二甲苯、甲苯、酯	建築、汽車、船舶
電器	70~100	6	70	30	MEK、甲苯、Anon	磁帶、印刷、基板
接著劑	65~100	6	60	40	酯、酮、甲苯	粘著膠帶、接著劑
醫藥品	65~80	4	95	5	酒精、丙酮	抽出
食品	65~80	4	95	5	酒精、丙酮	抽出

資料來源：經濟部工業局，事業廢棄物處理與資源化技術，民國 84 年 8 月

表 5.21 各種工業用再生溶劑產品

項目	印刷、油墨	塗料、塗裝	電器	接著劑	醫藥品	食品
外觀	透明	透明	透明	透明	透明	透明
色度(APHA)	10 以下	15 以下	10 以下	10 以下	10 以下	10 以下
比重(4°C)	0.865	0.865	0.89	0.89	0.795	0.795

資料來源：經濟部工業局，事業廢棄物處理與資源化技術，民國 84 年 8 月



資料來源：清潔生產雙月刊第 25 期(民國 88 年 8 月)

圖 5.36 廢溶劑之蒸餾及前處理與後處理流程圖

(3) 廢塗料焚化回收熱能法

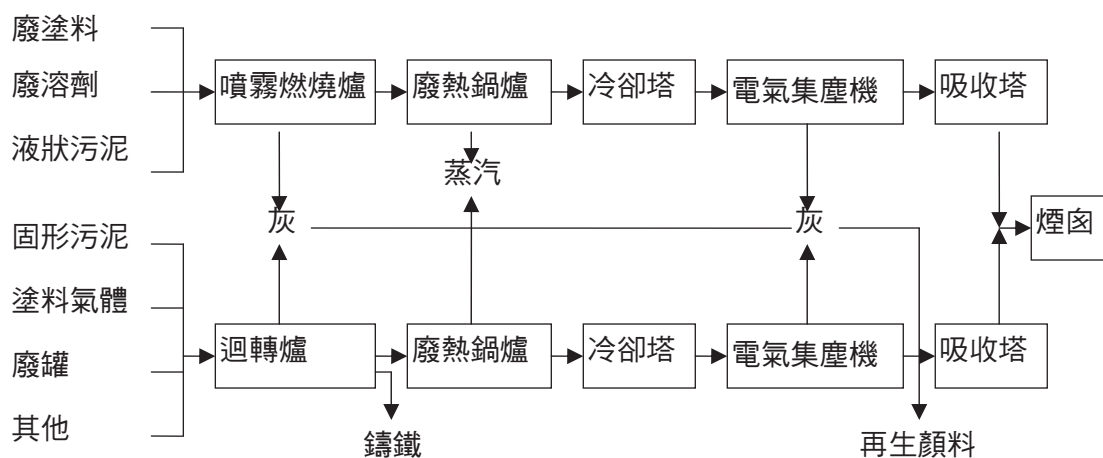
廢塗料焚化回收熱能之流程如圖 5.37 所示，主要設備如下：

A. 廢塗料之焚化爐型式

- a. 噴霧燃燒式：適合可用幫浦輸送之廢塗料，液狀污泥之焚化，簡便且經濟。有高壓噴霧、旋轉噴霧、空氣噴霧及蒸汽噴霧等方式。
- b. 旋轉爐：處理對象廣(一個爐即可處理多種廢棄物)，有逆流與並流式。
- c. 流動燃燒式：即使大容量設置面積也很小，燃燒效率高，故障少。但燃燒殘渣多時，例如廢罐壁附著有剩餘塗料，則不適合。
- d. 固定爐床式：易軟化及融化之塗料剩渣也可焚化，適於灰分少者，大型則不宜。有豎型及橫型。

B. 集塵裝置

有電氣式、洗淨式、過濾式及離心式等型式。要回收 $0.1\mu\text{m}$ 以下之細微粉末是應採用洗淨式及過濾式較為適合。若考慮壓力損失及電力消費則採用電氣式比較有利。離心式則構造簡單，適合於含塵量較高的排氣。



資料來源：經濟部工業局，事業廢棄物處理與資源化技術，民國 84 年 8 月

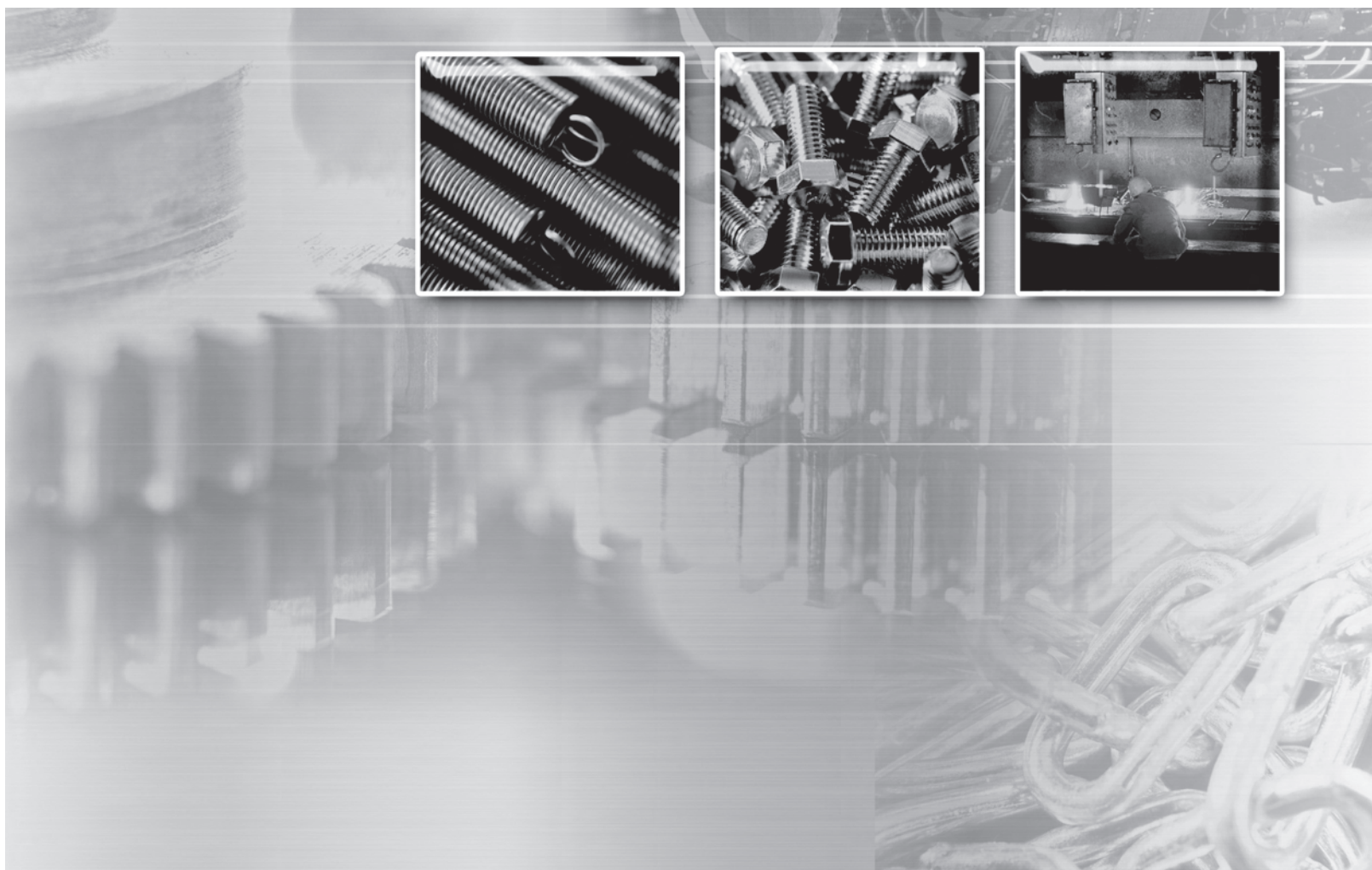
圖 5.37 廢塗料焚化回收熱能之流程

C. 氣體吸收裝置

多段塔、文氏洗滌塔(Venturi-Scrubber)、填充塔、噴霧塔等型式。多段塔適合含塵量較高的排氣，阻塞之顧慮較少。文氏洗滌塔之吸收效果較高。填充塔對總含膠量高的排氣、有阻塞的可能，需在前段併用集塵裝置。噴霧塔裝置簡單，適合於 HCl 之吸收。

附錄

參考文獻





參考文獻

1. 台灣鋼鐵年鑑，台灣區鋼鐵工業同業公會，民國 96 年。
2. 鋼鐵年鑑，經濟部技術處，民國 95 年。
3. 梁明義，陳坤銘，莊惠景，台灣地區鋼品需求預測(民國 92 年至 97 年)，台灣區鋼鐵工業同業公會。
4. 余進福，回首看看 20 歲的鋼線鋼纜業長相如何，鋼線鋼纜會訊，4 卷 8 期，pp.47~56，民國 88 年 10 月 20 日。
5. 黃清雄，產業競爭力關鍵因素之研究-以台灣區鋼線鋼纜業為例，鋼線鋼纜會訊，4 卷 12 期，pp.1~25，民國 89 年 10 月 20 日。
6. 羅永昶，我國鋼結構產業現況分析，經濟部技術服務處產業智庫，民國 92 年 4 月 22 日。
7. 電鍍業水污染防治技術，經濟部工業局工業污染防治技術服務團，財團法人中國技術服務社編印，民國 82 年 6 月。
8. 電鍍業減廢案例彙編，經濟部工業局工業污染防治技術服務團，財團法人中國技術服務社編印，民國 82 年 10 月。
9. 台中電鍍廢液處理示範中心污泥特性分析及處理處置方案評估綜合報告，經濟部工業局工業污染防治技術服務團，民國 83 年 6 月。
10. 廖錦聰等，濃厚鉻廢液資源化利用(上)，環保技術報導，第 17 期，PP.13~20，民國 83 年 4 月。
11. 廖錦聰等，濃厚鉻廢液資源化利用(下)，環保技術報導，第 18 期，PP.6~11，民國 83 年 6 月。
12. 王壬等，電鍍污泥資源化技術研究，第四屆(1994)工業減廢技術與策略研討會論文集，PP.27~40，民國 83 年 6 月。



鋼材製品業 資源化應用技術手冊



13. 電鍍業廢棄物資源化案例彙編，經濟部工業局工業污染防治技術服務團，財團法人中國技術服務社編印，民國 85 年 3 月。
14. 洪德賢，鄭弘毅，常致泰，蘇福寧，楊茂田，"燒結靜電集塵處理系統之規劃，CSC PJ-82015，民國 82 年 10 月。
15. 蔡永興，國內廢溶劑回收處理及處置現況，工程雙月刊第七十四期第三卷，p.32~41，民國 90 年 4 月。
16. 陳正澤，陳文欽、賴重光，廢溶劑回收及處理技術與案例探討，工業污染防治季刊，p.89~117，第八十期，民國 90 年 10 月。
17. 黃耀輝，有機廢液與其資源化考量，工業與污染防治季刊，p.119~138，第八十期，民國 90 年 10 月。
18. 劉恩治，液體廢棄物及管理技術，工業污染防治季刊，p.139~153，第八十期，民國 90 年 10 月。
19. 陳文卿、賴重光，廢有機溶劑處理與回收技術探討，環保月刊，p.126~143，第二期，民國 90 年 8 月。
20. 翁文爐、鄭智和，廢有機溶劑回收及純化技術之探討，環保資訊，p.21~28，第三十四期，民國 89 年 12 月。
21. 李克燮、方邦庭，溶劑回收，兵器工業出版社，民國 80 年 2 月。
22. 事業廢棄物處理與資源化技術，經濟部工業局，民國 84 年 8 月。
23. 廢棄物資源化技術資料彙編，經濟部工業局，民國 88 年 6 月。
24. 洪德賢、余承聖，"低品位氧化鐵粉廠內回收試用之評估"，CSC 內部報告，TS90773，民國 91 年 1 月。
25. 余承聖、林巖騫、陳金吉、劉明政，"低品級氧化鐵粉作為煉鋼脫磷劑之可行性評估"，CSC 內部報告，TS90780，民國 91 年 4 月。
26. 工業污染防治技術服務團，廢酸資源回收技術合作開發與推廣專案報告，經濟部工業局，民國 86~87 年。



27. 木村 修、千葉 明，” 溶媒抽出法應用於高純度酸化鐵之製造，” 粉體及粉末冶金,第 36 卷第 3 号，in Japanese, April(1989)267-271.
28. W. Karner,”New Developments in the Spray-Roasting Process for Pickle Liquor Regeneration,” Iron Oxide’91, Falmouth Associates, California, USA Sept. 16-17(1991)
29. W. Karner and W. Hofkirchner, “Modern Pickling and Acid Regeneration Technology” Modern Steel, Session 3, 2/1-2/12(1994)
30. M.J. Ruthner, ”The Importance of Hydrochloric Acid Regeneration Processes for the Industrial Production of Ferric Oxides and Ferrite Powders,” Proceedings of International Conference in Ferrites(ICF), Oct. Japan(1980)64-69
31. M. J. Ruthner, “Long Term Availability of Spray Roasted Iron Oxides for The Production of Ferrites,” Proceedings ICF-5, India(1989)23-33
32. T. Obi and T. Ohkubo,”New Processing Method of The Waste Pickling Liquor in Steel Making with Fluidized Bed Reactor,” J. of Testu to Hagane, Japan, 70[14](1984)1758-1764
33. Y. Yamazaki and M. Matsue,”Producing Ferric Oxide and Ferrous Sulfate for Magnetic Materials from Waste Pickling Acid Through Application of Crystallization Technology,” Proceedings ICF-6, Japan(1992)136-39
34. M. Tsuzaki, K. Takaki, F. Yoshikawa, M. Shimasaki,” Iron Oxide for High-Quality Soft- Ferrite, “KH-CP” , 川崎製鐵技報, 24[2](1992)148-149
35. S. Tanaka, “Ferrite Developments and the Corresponding Improvements of Iron Oxides as Raw Materials in Japan,” Iron Oxide’91, Falmouth Associates, California, USA Sept. 16-17(1991)
36. S. Wadhawan, “Raw Materials for Synthetic Iron Oxide Manufacture,” Iron Oxides’95, Texas, USA, Dec.6-8(1995)
37. T. Hara, “Updated Processs of IROX-NKK”, presented at the Proceedings of Iron



- Oxide for Hard & Soft Ferrites Conference, Pittsburgh, PA, U.S.A., 1998
38. A. Chiba and O. Kimura, "Production of Highly Pure Oxide Using A Solvent Extraction Method," Proceedings ICF-5, Japan(1989)35-42
 39. M. T. Moore, "Mono Component Magnetic Toner," Iron Oxides'95, Texas, USA, Dec.6-8(1995)
 40. Y. F. Chiu and T. H. Hung: China Steel Research Report PJ80022, 1992.
 41. RASA/NGP Process, RASA Corp., Japan, 1988, pp. 1-5.
 42. C. P. Heijwegen and W. Kat: Tech. Report A-36, ESTS Hoogovens, Netherlands, 1989, pp. 1-8.
 43. C. P. Heijwegen and W. Kat: Tech. Report A-37, ESTS Hoogovens,
 44. "Fastmet-RHF 製程簡介", Kobe Steel, 8/2000。
 45. "1993 McMaster Symposium on Ironmaking & Steelmaking", McMaster Univ., Canada, 5/1993.
 46. Ruthner-- Acid Recovery Plant and Silica Removal Plant, Internal Report , June, 21(1998)
 47. C. S. Yu, T. L. Chiu, C. L. Huang, Y. H. Hung, and Y. T. Chien, "The Characteristics of Spray-Roasted Iron Oxide Made from China Steel Corp. and Application in Soft Ferrites", Powder Metallurgy Industry, Vol. 9 Suppl. pp.74-85, June, Shanghai(1999)
 48. M. J. Ruthner, "Long Term Availability of Spray Roasted Iron Oxides for The Production of Ferrites," Proceedings ICF-5, India(1989)23-33

國家圖書館出版品預行編目資料

鋼材製品業資源化應用技術手冊/經濟部工業局編,財團法人臺灣綠色生產力基金會編著.--二版.--臺北市：工業局出版；臺北縣新店市：臺灣綠色生產力基金會發行，民 98.06

120 面；21×29.7 公分

參考書目：面

ISBN 978-986-01-8845-5 (平裝).--

1.廢棄物利用 2.工業廢棄物處理 3.鋼鐵工業

445.974

98010366

鋼材製品業資源化應用技術手冊

編 著：經濟部工業局；財團法人台灣綠色生產力基金會

發行人：杜紫軍

總編輯：許明倫

編輯企畫：楊伯耕、林明傳、林政江、余騰耀、張啟達

執行編輯：林冠嘉、張育誠、孫梓皓

出版所：經濟部工業局

台北市大安區信義路三段 41 之 3 號

(02)2754-1255

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

發行所：財團法人台灣綠色生產力基金會

台北縣新店市寶橋路 48 號 5 樓

(02)2910-6067

<http://www.tgpf.org.tw>

出版日期：中華民國九十八年六月二版

設計印刷：信可印刷有限公司

定 價：400 元

GPN：1009801362

ISBN：978-986-01-8845-5(平裝)

本書同時登載於工業廢棄物清理與資源化資訊網，網址為

<http://proj.moeaidb.gov.tw/riw>