



鑄造業廢棄物資源化技術評析(一)

一、前言

鑄造業為國內機械工業及製造業之根本，製程產生之廢棄物主要為廢鑄砂、爐渣及集塵灰，根據國內相關研究^(註1)推估，每年產生之廢棄物總量約為 150 萬公噸 200 萬公噸，由於產生量甚為龐大，若未妥善處理將對環境造成困擾。本文針對鑄造業廢棄物之資源化技術，分別探討其回收、清除、處理及資源化產品之優劣性，並據此提出廢鑄砂、爐渣及集塵灰之最適資源化建議，作為鑄造業廢棄物處理及資源回收之參考。

二、廢棄物產源說明

國內鑄造品年產量約 150 萬公噸，而鑄鐵熔煉主要使用化鐵爐和感應爐二種，於熔煉過程中所產生之廢棄物為爐渣和集塵灰，約佔鑄造品產量之 2%。廢鑄砂為造模後產生之廢棄物，依造模方式不同，可分為廢濕模砂、廢水玻璃砂、廢樹脂砂、廢呖喃砂、廢陶瓷殼模砂等，一般皆稱為廢鑄砂。據鑄造業者估計，每生產 1 公噸之鑄造品平均需要丟棄 1 公噸之廢鑄砂，因此國內鑄造廠一年約有 150 萬公噸之廢鑄砂需要處理。

三、資源化途徑與技術原理

(一)鑄造業廢棄物之性質

各類型鑄造業廢棄物之性質依製程方式而有差異，以桃園地區某鑄造廠為例，其各項廢棄物化學成份及 TCLP 如表一及表二所示。由檢驗結果可以發現下列現象：

- 1.比較噴砂製程之廢鑄砂及集塵灰，可以發現二者化學組成成份相近(如表一)，而比較熔爐與噴砂製程之集塵灰，其化學成份(如含氯量及含泥量)差異性較大。故鑄造業廢棄物性質應取決於製程項目，而非單以種類劃分，因此各類廢棄物應依製程作適當的分類貯存，以利後段資源化應用。
- 2.由表二結果得知鑄造業廢棄物之重金屬溶出性質都低於「有害事業廢棄物認定標準」，屬廢清法規範之一般事業廢棄物。

3.造模原料係為模砂，因此廢鑄砂之性質與原料砂相近，以 SiO₂ 為主要成份。

表一、鑄造業廢棄物化學成份分析

廢棄物種類	化學組成						含泥量 Clay (%)	含氯量 Cl (mg/kg)
	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	Cr ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MgO (%)		
廢鑄砂(噴砂製程)	92.20	1.840	0.094	0.013	0.633	0.046	5.51	12.7
廢鑄砂(混砂製程)	95.80	0.954	0.287	0.002	1.060	0.020	42.9	87.4
爐渣	44.10	0.055	9.410	0.011	0.343	0.212	4.0	0.86
集塵灰(噴砂製程)	89.40	1.160	0.151	0.012	19.80	0.022	14.9	6.04
集塵灰(混砂製程)	19.00	0.784	0.189	0.003	17.70	0.008	84.2	234
集塵灰(熔爐)	68.40	0.228	1.930	0.021	1.510	0.101	60.9	3370

註：化學組成、含泥量及含氯量係分別採用不同分析方法

表二、鑄造業廢棄物重金屬溶出試驗(TCLP)

廢棄物種類	As (mg/L)	Cd (mg/L)	Cr (mg/L)	Cr ⁶⁺ (mg/L)	Cu (mg/L)	Hg (mg/L)	Pb (mg/L)	Zn (mg/L)
廢鑄砂(噴砂製程)	0.011	ND	0.017	ND	0.1	ND	0.24	0.12
廢鑄砂(混砂製程)	0.005	ND	ND	ND	ND	ND	0.22	0.19
爐渣	0.003	ND	ND	ND	0.02	ND	0.56	0.30
集塵灰(噴砂製程)	ND	0.030	0.114	ND	0.03	ND	0.56	0.29
集塵灰(混砂製程)	0.009	ND	0.044	ND	ND	ND	0.27	ND
集塵灰(熔爐)	ND	ND	0.034	ND	0.02	ND	0.45	4.32
偵測極限	0.003	0.025	0.014	0.01	0.02	0.0005	0.05	0.07
法規限值	5.0	1.0	5.0	2.5	15	0.2	5.0	-

註:ND代表低於偵測極限。

(二)鑄造業廢棄物資源化途徑

依據經濟部所公告之「經濟部事業廢棄物再利用種類及管理方式」，廢鑄砂、感應電爐爐渣及化鐵爐爐渣分別為公告之第十二項、第十六項及第十七項再利用種類，而此公告項目亦涵蓋目前可行之再利用用途(如表三)，至於集塵灰依前述公告第十二項規定，若屬集塵設備所收集之集塵灰，其主要成份為 SiO₂、Al₂O₃ 及 Fe₂O₃，則亦可歸類為廢鑄砂，其餘種類之集塵灰則仍以掩埋為處理方式。

表三、鑄造業廢棄物之公告再利用方式

種類	事業廢棄物來源	資源化途徑	備註
廢鑄砂	金屬基本工業、金屬製品製造業或機械設備製造修配業在鑄造製程產生之廢棄鑄砂，包含集塵設備收集之粉末物質，其主要成份為 SiO ₂ 、Al ₂ O ₃ 及 Fe ₂ O ₃	鑄砂原料、水泥原料、水泥製品原料、磚瓦原料、耐火工程材料、混凝土粒料、瀝青混凝土粒料、道路工程粒料、工程填地材料	
爐渣	1.金屬基本工業在感應電爐熔煉鋼鐵製程所產生之爐渣（石） 2.金屬基本工業在化鐵爐熔煉鋼鐵製程所產生之爐渣（石）	水泥原料、水泥製品原料、道路工程粒料、混凝土粒料、工程填地材料	再利用於營建工程、水泥製品、工程填地及道路工程之混凝土粒料，須先經破碎、磁選及篩分等處理

資料來源：經濟部，「經濟部事業廢棄物再利用種類及管理方式」

(三)資源化技術原理

1.廢鑄砂

廢鑄砂由於造模過程之差異而影響其性質，進而對資源化途徑產生限制，一般而言，若能回收處理為再生鑄砂，對鑄造廠而言為最具經濟性之處理方式，然而由於採用熱還原方法對原料之限制極為嚴格，目前僅有樹脂砂及部分一次性使用之廢鑄砂適用，其餘種類之廢鑄砂則因性質與天然砂石相近而採用替代天然石材、水泥原料或製磚原料之資源化途徑，處理流程雖因最終產品之差異而有不同，但皆須經過破碎、磁選等前處理步驟，以去除鑄造過程中之附著物並將廢鑄砂之粒徑趨於一致，以利後續再利用用途。廢鑄砂資源化技術流程如圖一所示，資源化途徑如下：

(1)再生廢鑄砂

此技術乃採用熱處理還原方式將廢鑄砂性狀還原，並添加必要之添加物，成為再生鑄砂，與新砂混合後再次於鑄造過程中使用，目前國內已有再利用實廠針對樹脂砂加以回收後再生利用，但由於對回收砂之性質要求較高，回收處理數量受限，且設備成本昂貴，影響處理經濟效益，不易推展業務。

(2)替代水泥原料

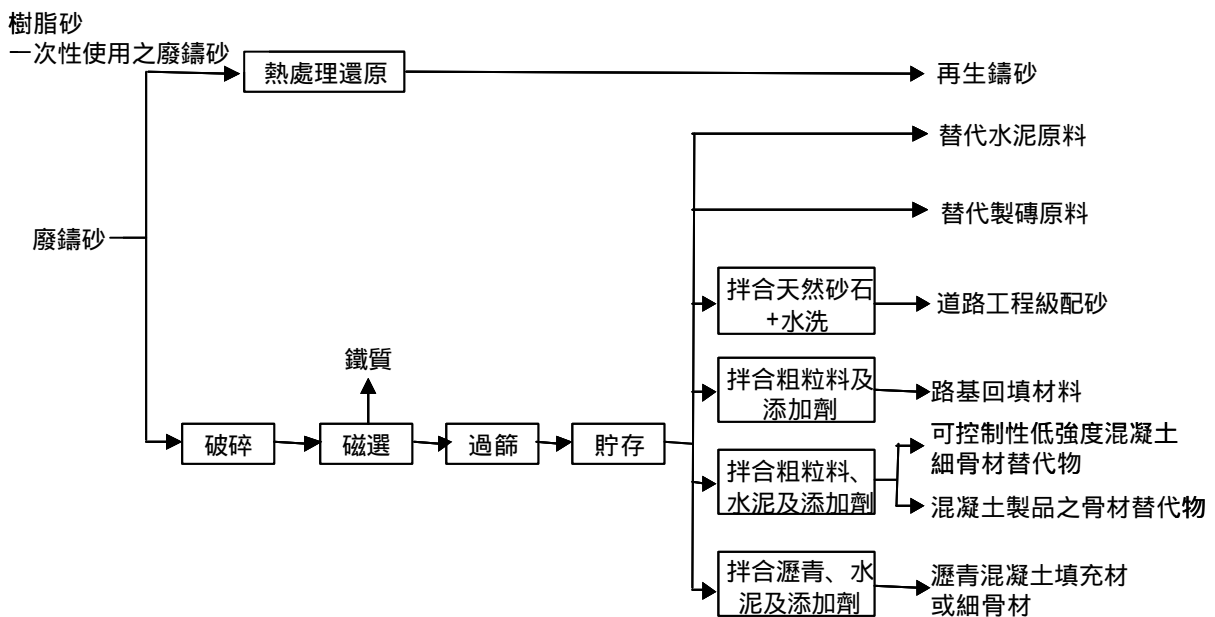
水泥廠生產水泥所需之原料包括石灰石、黏土、矽砂、鐵渣及石膏，其中石灰石、黏土、矽砂及鐵渣係送入至旋窯製成熟料，廢鑄砂由於性質與天然砂石相似，經前處理後，可添加於水泥生料中以取代部分黏土。

(3)製磚原料

製磚所需之原料主要為磚用黏土與天然細粒料，廢鑄砂經破碎、磁選、研磨等前處理步驟後化為砂質細粉，可替代部分製磚原料，減少原料之使用。

(4)道路工程級配用

廢鑄砂經過破碎、磁選及篩分等前處理流程，再拌合天然級配料，經水洗後產生道路工程級配砂。由於採用水洗方式處理，無法併同處理集塵灰，含水量需加以控制，另廢棄物添加比例不宜過高，應經過測試決定最佳配比。目前國內已有實廠混合廢鑄砂及爐渣回收處理，由於廢鑄砂及爐渣回收量並不高，以該廠處理量能而言，實際添加比例約為處理量之 1/10。



圖一、廢鑄砂資源化流程圖

註 1: (1)吳文龍，廢鑄砂資源化應用技術手冊，中興工程顧問股份有限公司，2001。

(2)呂東璇、鄭宏德、王偉哲，"廢鑄砂再利用於控制性低強度材料（CLSM）之研究"，產業環保工程實務技術研討會，第 443 頁，2003。◆

【下一期待續】

【晶淨科技股份有限公司專案經理 張耀民 / 總經理 鄭宏德】

