

## 鑄造業廢棄物資源化技術評析(二)

### (5)路基回填料

經破碎、磁選及篩分等前處理流程，拌合粗粒料及添加劑成為路基回填料。使用廢鑄砂於路基回填料較原有天然砂石填充料具有較佳之不透水性，同時可減少天然細粒料之使用量，並可以符合廢鑄砂資源化再利用之情形。惟路基回填料因涉及廢鑄砂回填料需環保局檢測及經工程主管機關同意使用，過程繁複，目前國內工程單位採用意願不高。

### (6)控制性低強度混凝土細粒料替代物

控制性低強度材料(controlled low strength materials, CLSM)為一種具自我充填之材料，主要當作須回填料之替代性材料。美國混凝土協會定義為一種28天無圍抗壓強度不超過1,200 PSI(約84kg/cm<sup>2</sup>)之高流動性回填料，廢鑄砂經前處理流程後，可替代CLSM之細粒料拌合水泥、粗粒料及添加劑。使用廢鑄砂於控制性低強度混凝土細粒料除減少天然細粒料使用量，同時具有較高之彈性模數，可增強混凝土之穩定性及耐久性等性能。國內已有針對廢鑄砂產製CLSM之研究，根據實驗結果，單純以廢鑄砂、水及水泥拌製CLSM，其工作性及強度皆可達規範要求，但目前國內仍屬於實驗室階段，尚未有大規模實廠之應用。

### (7)混凝土製品之細粒料替代物

廢鑄砂可與混凝土中其他摻配料一起拌合使用於混凝土製品，以取代部分天然砂石，而由於廢鑄砂比混凝土工程所用之粗粒料輕，但比輕量粒料之限制為重，在應用上乃是取代天然細粒料，根據相關文獻顯示，其替代率約15%。

### (8)瀝青混凝土填充料或細粒料

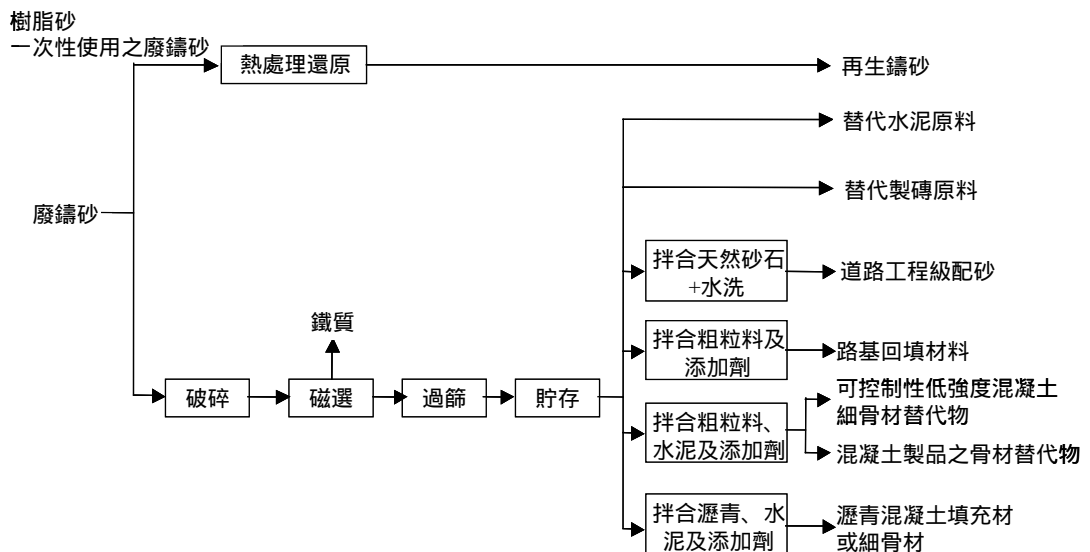
廢鑄砂之基本特性與天然細粒料相似，經破碎、磁選及篩分等前處理流程，可以替代瀝青混凝土之細粒料拌合水泥、瀝青及添加劑，製成瀝青混凝土。與傳統之瀝青混凝土填充料或細粒料比較，具有高壓縮性、低透水性、可降低原天然砂石細粒料或填充料用量等優點，但需控制填充料比例及品質管制要求。根據相關文獻顯示，其替代比例應在 15% 以內，超過 15% 易產生碎化現象。

## 2. 爐渣

爐渣性質與天然碎石相近，國內外資源化途徑多半做為道路工程或是混凝土粒料(如圖二所示)，資源化流程與前述廢鑄砂方式相同，在此不重複介紹。爐渣資源化成品品質與使用天然石料相似，甚至更為堅固，但由於造渣過程添加石灰石或生石灰之影響，爐渣中 MgO 與 CaO 等不安定物質含量較高，若充當填充材料時，必須先測定養生、膨脹是否完成，增加應用上之困難。

## 3. 集塵灰

集塵灰由於其粒徑較細，且因製程不同其性質差異性頗大，再利用之程序較為困難，同時集塵灰之產量較小，不具經濟誘因，因此國內仍以掩埋為主要處理方式。噴砂製程之集塵灰，其性質與廢鑄砂相近，且具波索蘭效應，可視為廢鑄砂，若應用於 CLSM 之添加料應為可行之資源化途徑。至於熔爐所收集之集塵灰，由於其含氯量較高，仍待進行進一步研究，以確實瞭解其可行性。



圖二、爐渣資源化流程圖

#### 四、資源化途徑評析

根據前述各項鑄造業廢棄物資源化途徑之介紹，彙整各資源化途徑之優缺點如表四所示，廢鑄砂及爐渣因性質與天然砂石極為相近，除樹脂砂及部分一次性使用之廢鑄砂採用熱處理還原方式作為再生廢鑄砂外，仍以經前處理後作為土木工程粒料替代物為主要再利用途徑。以目前國內砂石廠之實廠再利用經驗，廢鑄砂及爐渣作為替代砂石之技術性已經成熟，其無法擴大資源化用量之瓶頸在於其回收、處理及資源化產品等問題上，分別探討如下。

**表四、鑄造業廢棄物各資源化途徑優缺點評析**

資源化途徑	優點	缺點
路基回填料再利用	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.具有較佳之不透性</li> <li>2.符合資源再利用之情形</li> <li>3.可以減少天然粒料之使用</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.含水量須予以控制(不超過 6~15%)</li> <li>2.添加比例不宜過高(不超過 15%)</li> <li>3.抗壓強度較天然細粒料為低</li> </ol>
CLSM 細粒料替代物	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.符合資源再利用之情形</li> <li>2.減少細粒料使用量</li> <li>3.具有較高的彈性模數</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.因粒徑過細，僅能取代一部分天然砂石(不超過 15%)</li> <li>2.廢鑄砂品質要求較高</li> <li>3.較易碎化且需依不同性質添加不同比例之砂石粒料</li> <li>4.控制因子較複雜</li> </ol>
混凝土粒料之細粒料替代物	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.符合資源再利用之情形</li> <li>2.較原製品輕</li> <li>3.含水率較低</li> <li>4.較高的彈性模數</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.因粒徑過細，僅能取代一部分砂石(不超過 15%)</li> <li>2.廢鑄砂品質要求較高</li> <li>3.抗壓強度較低</li> </ol>
瀝青混凝土粒料	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.與傳統瀝青混凝土差異不大</li> <li>2.具有高壓縮性及較低透水性</li> <li>3.降低填充料用量</li> <li>4.符合資源再利用</li> </ol>	因粒徑過細，僅能取代一部分砂石(不超過 15%)
再生廢鑄砂	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.再生處理後成品具較高之經濟價值</li> <li>2.可於供應物料時進行回收，節省運輸成本</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.選擇性回收，無法滿足處理需求</li> <li>2.需要投入較高處理設備成本</li> </ol>
製磚及水泥原料	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.符合資源再利用之情形</li> <li>2.減少製磚及水泥原料之使用量</li> </ol>	添加比例不宜過高(用於製磚時不超過 40%，用於水泥原料時則不超過 5%)

### (一)鑄造業廢棄物之回收

目前鑄造業廢棄物回收之現況，主要問題如下：

- 1.廢鑄砂與爐渣混合收集清運：由於爐渣之產生量較小，部分鑄造廠為避免貯存之麻煩，將廢鑄砂及爐渣混合收集清運交由資源化廠處理，增加資源化廠分類貯存之困難。而資源化廠若因此而未分類即逕行處理，則影響處理成效及資源化產品之品質。
- 2.夾雜其他廢棄物共同清運：部分鑄造廠未妥善將廢棄物分類貯存，而混雜其他一般事業廢棄物(如一般垃圾)，併同鑄造廢棄物清運至資源化廠，增加前處理過程之困難。

針對上述問題，資源化廠應加強對鑄造廠宣導廢棄物分類貯存清運之觀念，並建立明確之允收標準，以降低分類前處理之困難。

### (二)鑄造業廢棄物之處理

由於鑄造業廢棄物再利用量佔資源化廠(砂石場)之處理量並不高，加上鑄造廠未做好妥善分類，業者進料(各類廢棄物)之比例多未經妥善規劃，產品品質之穩定性不容易掌控。針對此問題，資源化廠應設置廢棄物妥善分類貯存區域，並依穩定之進料比例進料，以維持產品之品質。

### (三)資源化產品之競爭力

資源化產品之市場接受度為資源化產業發展之重要關鍵，唯有確實做好品質管控，才能持續維持市場競爭力。資源化廠除依前述維持穩定之進料配比外，仍應定期進行產品品質檢驗，並追蹤下游廠商使用狀況，以確實掌控產品流向及品質。而為維持資源化廠之競爭力，業者仍應配合國內相關研究，開發附加價值高之產品，以維繫產業之發展。

### (四)資源化途徑之建議

- 1.以目前國內之再利用技術及營建材料之缺乏，廢鑄砂及爐渣作為天然砂石材料之替代物，成為道路回填材料或砂石級配料，就技術成熟度、市場接受度而言，應為目前最合適之資源化用途，但應確實做好回收、處理及產品管控，以維持產品品質。

2.就產業長期發展而言，建議廢鑄砂及爐渣可朝向 CLSM 研究，除提升產品之附加價值外，並可評估將集塵灰併同處理之可行性，提升資源化之功效。

## 五、結語

鑄造業廢棄物之性質與天然砂石相近，以國內外資源化經驗而言，廢鑄砂及爐渣再利用於土木及道路工程材料，以替代日漸衰竭之天然砂石，誠為可行之再利用途徑，唯再利用之過程應妥善做好廢棄物分類貯存、清運及穩定比例進料等品質管控，除維持資源化產品之品質，並可避免因未妥善處置而對環境產生潛在之污染可能。

集塵灰則受限於粒徑而僅能以掩埋方式處置，以國內對廢棄物資源化之需求，未來應可評估朝向更具資源化效益之 CLSM 發展，除提升資源化產品之附加價值，更可有效應用集塵灰之可資源性。

## 六、參考文獻

- 1.經濟部工業局，廢鑄砂資源化應用技術手冊，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。◆

【晶淨科技股份有限公司專案經理 張耀民 / 總經理 鄭宏德】