

## 廢 IC 板電漿熔渣之資源回收

陳慧憶<sup>1</sup> 陳弘梅<sup>1</sup> 劉冠廷<sup>1</sup> 林佩瑩<sup>1</sup> 郭碧芳<sup>1</sup> 李文成<sup>2</sup> 李清華<sup>1</sup>

<sup>1</sup>大葉大學環境工程學系

彰化縣大村鄉山腳路 112 號

<sup>2</sup>核能研究所化工組

桃園縣龍潭鄉佳安村文化路 1000 號

### 摘要

本研究主要針對廢 IC (積體電路) 板經電漿熔融後熔渣中之金、銀、銅進行回收研究, 本研究方法包括破碎研磨、篩分、磁選、浸漬溶蝕及溶蝕效率分析等。本研究顯示, 廢 IC 板電漿熔渣之比重為 3.47、水份為 0.23%, 而灰份為 101.81%。熔渣經過粉碎、磁選後可得 6.62% 之含鐵物, 而不感磁物中含有金 0.0010%、銀 0.0392% 及銅 33.94%。另不感磁物經篩分得知 100 目 (0.149mm) 以上之熔渣含銅量較高, 可直接將其售予煉銅廠作為冶銅之原料, 而 100 目以下, 因其粒徑較小且尚含有金、銀、銅有價物, 故本研究以鹽酸、硫酸、氨水、硫脲等浸漬劑來進行金、銀、銅之浸漬溶蝕研究。本研究結果顯示以硫脲浸漬效果最好, 其最佳浸漬條件為: 硫脲 2.5g, 硫酸濃度 7.2N, 硫酸鐵 3.3g, 固液比 0.03 (1.5g/50mL), 在室溫下浸漬 2 小時, 可得金、銀、銅 100% 之浸漬回收率。

**關鍵詞:** IC 板, 回收, 金, 銀, 銅, 浸漬

## Recycling of the Plasma Slag in Scrap IC Boards

HEI-YI CHEN<sup>1</sup>, HUNG-MEI CHEN<sup>1</sup>, KUAN-TING LIU<sup>1</sup>, PEI-YING LIN<sup>1</sup>, BI-FANG GUO<sup>1</sup>,  
WEN-CHENG LEE<sup>2</sup> and CHING-HWA LEE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Environmental Engineering, Da-Yeh University

No. 112, Shanjiao Rd., Dacun, Changhua, Taiwan 51591, R.O.C.

<sup>2</sup>Chemical Engineering Division, Institute of Nuclear Energy Research, Atomic Energy Council, R.O.C.

No. 1000, Wenhua Rd., Jia-an, Longtan Shiang, Taoyuan County, Taiwan 235, R.O.C

### ABSTRACT

In this study, various methods for grinding, screening, magnetic separation and leaching are adopted to recover the valuable gold, silver and copper metallic components from the slag of plasma-treated scrap integrated circuit (IC) boards. The results of the compositional analysis reveal that the specific gravity, iron content, moisture and ash content of this slag are 3.47%, 6.62%, 0.23% and 101.08%, respectively. After magnetic separation, the fraction of non-ferrous metal larger than 100 mesh (0.149mm), containing mainly copper, can be sold directly to a copper smelter, moreover, the gold, silver and copper components can be recovered by leaching. The leaching result indicates that a 100% recovery of gold, silver and copper can be achieved by using a thiourea leaching solution.

**Key Words:** integrated circuit boards, recycling, gold, silver, copper, leaching

## 一、前言

根據李清華等 [6] 指出台灣全年主機板產量約為八千六百五十餘萬片，全球市場佔有率達 74%，加上電腦內其他 IC 板產品，推估約每年可達 10 億片以上，這意味著國內每年將會產生數量龐大之廢 IC 板，這些廢 IC 板含有有害重金屬，如任其棄置將會對環境造成相當程度之危害，另廢 IC 板中所含之金屬如金、銀、銅為有價金屬，其中金之售價約為新台幣 86.8 萬元/公斤，銀之售價約新台幣 1.5 萬元/公斤，而銅金屬之售價約為新台幣 25.7 萬元/公噸，如任其棄置無法回收，將甚屬可惜。有鑑於此本研究規劃回收廢 IC 板有價之金、銀、銅金屬，以達成廢 IC 板減量及資源回收之雙重目的。

由於電腦科技的日益發達及電腦機種的快速更新，國內每年也產生大量淘汰的廢棄電腦，因此本研究將以廢電腦中所拆解出來之廢 IC 板，經由電漿熔融技術，在 800°C 下將廢 IC 板之有機塑膠樹脂脆化，並予以粉碎，再利用篩分、磁選、浸漬溶蝕等方法來回收電漿熔渣中之金、銀、銅有價金屬。

## 二、研究方法

本研究採用經電漿熔融處理後之廢 IC 板熔渣為樣品，經研磨篩分後，利用磁選方式將鐵物質與非鐵物質予以分離，所得之非鐵物質再利用篩分及浸漬溶蝕方法將金、銀、銅金屬予以溶出以利於後續之純化回收。以下將敘述本研究之各項工作內容與實施步驟。

### (一) 收集廢 IC 板電漿熔渣

本研究收集廢電腦及手機，以人工拆解方式獲得廢電腦及手機中之廢 IC 板，將這些廢 IC 板置於核能研究所提供之電漿爐內（內腔：90 cm×70 cm×80 cm；火炬：200 KW），在溫度 800°C 下，予以焙燒 10 分鐘，以將廢 IC 板中之樹脂燃燒分解，而焙燒後有價金屬與玻璃纖維則留存於熔渣中，再將此熔渣研磨至直徑小於 2 mm 之物質，並經適當的混合以利後續實驗之進行。

### (二) 成分分析

本研究利用感應耦合電漿光譜分析儀（inductively coupled plasma, ICP）及原子吸收光譜儀（atomic absorption spectrometer, AA），進行電漿熔渣中所含之金、銀、銅成分

及其含量分析，以作為後續規劃電漿熔渣中有價金屬回收流程之依據。由於感應耦合電漿光譜分析儀（ICP）及原子吸收光譜儀（AA）僅能分析液態樣品，而電漿熔渣屬固態樣品，故須先將其進行消化步驟，而不同之消化方法將會造成不同之分析結果，為獲得較為準確之金、銀、銅含量分析結果，本研究採用環境檢驗所公告方法之土壤中重金屬檢測方法—王水消化法 [2]（NIEA S321.63B）進行銅含量分析，另以污泥及沉積物中重金屬檢測方法—酸消化法 [3]（NIEA R353.00C）之增加銀回收率步驟，進行金、銀含量分析。

本研究也針對電漿熔渣進行比重、水分、灰份及可燃份等基本性質分析測定，比重測定方法依據文獻 [8] 中之固體密度之測定方法，利用威爾比重瓶（Weld pycnometer）進行比重之測定。水分及灰份則參考環檢所所訂定之「廢棄物含水量測定方法—間接測定法 [1]（NIEA R203.01T）」及「廢棄物灰份測定方法 [4]（NIEA R205.01C）」，以了解原始電漿熔渣含水率及特性灰份含量，而樣品之可燃份則由樣品總重量減去水份和灰份而得之。

### (三) 篩分

本研究利用 20 目（0.840mm）、50 目（0.297mm）、100 目（0.149mm）及 200 目（0.074mm）等篩網，將樣品予以篩分，篩選出最適合後續實驗之樣品大小，並分析各篩網上各重金屬之組成含量，以了解各類重金屬粒徑分布，並可藉此結果來評估後續浸漬溶蝕實驗樣品之選擇。

### (四) 磁選

本研究利用人工磁選方式將研磨後之廢 IC 板中鐵金屬予以回收去除，以利後續浸漬溶蝕實驗之進行。

### (五) 浸漬溶蝕

本研究首先利用鹽酸、硫酸、氨水、硫脲四種浸漬劑，予以浸漬溶蝕非鐵金屬中之金、銀、銅有價金屬，並探討浸漬劑濃度、浸漬時間、浸漬溫度、氧化劑添加量及不同固液比等五項操作因子對金屬浸漬之影響。本研究使用之浸漬樣品為 1g，浸漬液體積 50mL，並使用磁石攪拌器攪拌，攪拌轉速為 150rpm，經過濾後之濾液定量至 100mL，再進行濾液中金、銀、銅含量分析，以作為判斷浸漬回收率之依據，各金屬浸漬回收率之計算方式如下：