

電漿熔渣中銅金屬之資源回收

李清華¹ 李文成² 陳靖良² 劉冠廷¹ 張人權¹ 伍紹文¹ 顏辰有¹

¹大葉大學環境工程學系

51591 彰化縣大村鄉學府路 168 號

²核能研究所化工組

325 桃園縣龍潭鄉佳安村文化路 1000 號

摘要

本研究主要針對含銅電子廢棄物經電漿熔融處理後熔渣中之銅金屬進行回收純化。本研究所收集之電漿熔渣經磁選、篩分後之篩下物 (-0.149 mm) 約尚含有 32% 之銅，值得進一步回收其銅金屬。本研究結果顯示，此電漿熔渣 (-0.149 mm) 經一次硫酸浸漬，於 18N 硫酸、固液比 10 g/50ml、70°C 下，浸漬 1 小時，可達成 90.56% 之銅浸漬回收率，此一次含銅浸漬液直接在室溫下靜置 48 小時，可將浸漬液中 58.28% 之銅晶析成硫酸銅晶體，而晶析過後濾液中之殘留銅金屬，經以鐵粉為置換劑，可將晶析濾液中之銅 100% 予以置換回收。另殘留於一次硫酸浸漬殘渣中之銅，則可以 18N 硫酸在固液比 5 g/50ml、70°C 下，浸漬 2 小時，可將殘渣中之銅 100% 予以浸漬溶蝕，再以鐵粉置換法，可將二次硫酸浸漬液中之銅 100% 予以置換回收。根據上述方法之實施，應可回收純化電漿熔渣中之有價銅金屬，以達成電漿熔渣之減量及銅資源永續循環使用之雙重目的。

關鍵詞：電漿，熔渣，浸漬，晶析，置換，銅

Recycling of Copper from Molten Plasma Slag

CHING-HWA LEE¹, WEN-CHENG LEE², CHING-LIANG CHEN², KUAN-TING LIU¹, REN-CHIUAN CHANGE¹,

SHAO-WEN WU¹ and CHEN-YU YEN¹

¹Department of Environmental Engineering, Da-Yeh University

No. 168 University Rd., Dacun, Changhua 51591, Taiwan, R.O.C.

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

No. 1000, Wenhua Rd., Jiaan Village, Longtan Township, Taoyuan County 32546, Taiwan, R.O.C.

ABSTRACT

The main purpose of this study was to recover copper from molten plasma slag. After magnetic separation and screening of the collected material, the slag of less than 0.149 mm in size contained 32% copper worthy of further recycling. The results revealed that 90.56% of the copper can be leached from the dross (-0.149 mm) by using 18N H₂SO₄ at a solid/liquid ratio of 10g/50mL at 70°C for one hour; moreover, 58.28% of the copper content in this leachate can be crystallized as CuSO₄·5H₂O after standing for 48 hours at 27°C without any disturbance. After crystallization, the remaining copper can be completely recovered by using iron powder replacement. Subsequently, a

second leaching treatment was performed on the residue by using 18N H₂SO₄ at a solid/liquid ratio of 10g/50mL at 70°C for 2 hours. It was also observed that 100% of the copper content in the second leachate can be recovered by iron powder replacement.

Key Words: plasma, slag, leaching, crystallization, replacement, copper

一、前言

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% [6]，加上電腦內其他印刷電路板產品（以下簡稱廢 IC 板），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，而廢 IC 板中含有大量之銅金屬，銅金屬目前之售價約為新台幣 17.8 萬元/公噸，如任其棄置無法回收，將甚屬可惜。

我國目前廢 IC 板之回收處理技術主要為粉碎回收法及燃燒回收，但由於 IC 板中含有樹脂成份，具彈性不易粉碎，如採用直接粉碎方式將需耗費較大能源，亦會產生粉塵、噪音及機具損耗等問題。故亦可採取熱處理方式來將廢 IC 板中之有機樹脂成分予以燃燒去除，以降低後續研磨所需之耗能與機具損耗，而經熱處理後之殘渣再經破碎分選方式回收其中之有價銅金屬。因此本研究將以經電漿焙燒處理後之廢 IC 板殘渣為對象，來進行後續廢 IC 板中有價銅金屬之回收純化。

本研究所收集的樣品為廢 IC 板經電漿爐以 800°C 熔融 10 分鐘後所得之殘渣。另根據本研究之先期研究結果得知，此電漿熔渣經破碎、磁選、篩分後，大於 0.149 mm 之篩上物之銅含量甚高，可直接送至煉銅廠進行銅金屬回收；而小於 0.149 mm 之篩下物（以下簡稱 -0.149 mm 電漿熔渣）約尚含有 32% 銅金屬，因此本研究乃針對此 -0.149 mm 電漿熔渣中之銅，以濕式冶煉法來進行純化回收。

二、研究方法

本研究主要之研究樣品為電漿熔渣經磁選，篩分後所得之篩下物（-0.149 mm），並針對此部份利用濕式冶煉法經由浸漬溶蝕、晶析及置換將 -0.149 mm 電漿熔渣中之銅金屬純化回收，另銅全含量之分析方法係依據環保署公告之土壤中重金屬檢測方法－水王消化法（NIEA S321.63B）[1]。本研究之各項工作內容與實施步驟如下：

（一）浸漬溶蝕

根據吳彥翬 [2]、李清華與李文成 [3] 及柯清水 [4]，

硫酸對銅金屬有良好之浸漬溶蝕效果，故本研究將以硫酸作為浸漬劑來回收 -0.149 mm 電漿熔渣中之銅金屬，並探討最佳硫酸浸漬條件，再以此條件來收集最佳含銅浸漬液，以利後續純化回收之研究。另銅金屬在潮濕的空氣中易氧化生成氫氧化銅或氧化銅，此兩者與硫酸的反應式分別如下所示 [2, 5]：

氫氧化銅與硫酸之反應式 [2]：



氧化銅與硫酸之反應式 [5]：



（二）晶析

本研究預計以晶析法來回收純化含銅浸漬液之有價銅金屬，本工作欲探討之操作條件包括靜置溫度及靜置時間，以獲得最佳之硫酸銅結晶效果，並以（3）式計算不同條件下之累積銅晶析百分率。

銅晶析百分率

$$= \frac{\text{晶析前水相之金屬重量} - \text{晶析後水相之金屬重量}}{\text{晶析前水相之金屬重量}} \times 100\% \quad (3)$$

（三）置換法

置換法乃是利用各金屬離子化之有所差異，以較卑之金屬使溶液中較貴之金屬離子還原成金屬，而各金屬間之電位差距愈大愈易置換。銅金屬置換最常使用的卑金屬為鋅粉，其次為鐵粉或鎳粉 [7]，但使用鎳粉成本較貴，故本研究預計將以鐵粉及鋅粉作為置換劑與含銅水相溶液加以置換，其鐵粉與含銅水相溶液之反應式如（4）式所示 [8]，而鋅粉及含銅水相溶液之反應推估如（5）式 [8]。另各金屬置換回收率計算方式如（6）式所示。

