



專題

報導

含銅污泥火法熔煉回收 再利用簡介

環境資源中心 洪玠育

一、前言

印刷電路板製造、銅製品製造及金屬電鍍等行業於廠內生產作業過程中，均會使用酸性藥液進行基材表面之清潔、電鍍或其它化學處理行為，並於處理加工完成後，再利用大量之清洗水來去除處理物件表面所殘留之化學藥液，以確保後續製程中各不同化學藥液槽液之清潔性，同時為避免各階段清洗水中殘留藥液濃度之累積而影響後續物件之表面清洗效果，故會再將清洗水以廢水之型態連續性排放，由於加工製造過程中所使用之基材均為含銅之材質，故清洗廢水中之主要污染物質為溶解性之銅離子，而事業機構為達到排放廢水之水質管制標準，於廢水排放前均會先經過廠內之廢水處理設施處理，當放流水質中銅離子濃度及其他管制項目低

於管制標準後才排放至廠外承受水體。

針對上述製程所產生含銅廢水之處理方式，主要利用廢水中所含之溶解性銅離子於高pH值時可形成溶解度較低之金屬氫氧化物之特性，藉由液鹼之添加以調整廢水反應之pH值，使廢水中所含之溶解性銅離子能形成溶解度較低之氫氧化銅，同時使用混凝劑、高分子助凝劑等化學藥劑，以加速廢水中金屬氫氧化物之沉降速度，並可去除廢水中非溶解性污染物質後，利用重力沉澱之方式進行固液分離，金屬氫氧化物於沉澱槽底部沉降而形成污泥後，再利用污泥脫水系統之機械擠壓方式，以降低廢棄污泥之含水率，使其形成含水率較低之污泥餅後，再以廢棄物之形態委外清除處理。

依台灣地區之實際評估及操作經驗，上



述製程廢水處理設施所產出之含銅污泥，其銅含量約為3%以上(以濕基為計算基準)，產出量約為6000~7000公噸/月，由於多以氫氧化物之形態存在，如早期均直接以廢棄物之形態進行最終之安定化處理，近年來由於國際市場上銅價之上漲，同時基於資源回收之考量，已有廠商藉由火法熔煉之方式，將含銅污泥中所含之氫氧化銅還原處理為粗銅錠，以達成回收之目標，而回收之粗銅錠則可再利用精煉等工藝流程，作為各相關銅製品或其它合金加工廠之原料。

二、回收處理流程說明

依台灣地區多年之實際操作經驗，印刷電路板製造業、銅製品製造業及金屬電鍍業等行業廢水處理設施所產出之含銅污泥主要成分變化如下：

- A.水份：40%~75%。
- B.灰份：20%~35%。
- C.可燃份：5%~25%。

而灰份中又以銅、鐵、鋁、鈣等 4種金屬為主，然而均以氫氧化物之形態存在，故如能有效將含銅污泥中之水份及可燃份去除，並利用乾燥灰化之方式，將金屬氫氧化物先行轉化為金屬氧化物，再將金屬之氧化物脫氧還原為金屬，同時去除其它雜質金屬或金屬氧化物後，即可達成回收之目標，一般含銅污泥利用火法熔煉之主要原理如下：

1. 乾燥灰化處理

由於含銅污泥中含有較高之水份，故先採用適當之熱源，將含銅污泥加熱至600~750℃之操作條件下，此時含銅污泥中所含之水份因加熱而完全蒸發，可燃份亦可完全分解為二氧化碳、水蒸氣或其它氣體化合物，同時高溫亦可使金屬氫氧化物完全轉化為金屬氧化物，其主要反應式如下：



M:表示其它金屬

2. 混料處理

將乾燥灰化完成後之氧化銅粉與含矽化合物、含鈣化合物之造渣材料或分散劑依定量化比進行混合(部份火法熔煉製程中可直接利用氧化銅粉中所含之氧化鈣及二氧化矽，而無需另行添加)，其中含矽化合物中所含之矽成份及含鈣化合物中所含之鈣成份主要作為後續脫氧反應時之造渣材料劑，同時可促進爐渣於脫氧還原過程中之分散狀況。

3. 脫氧還原處理

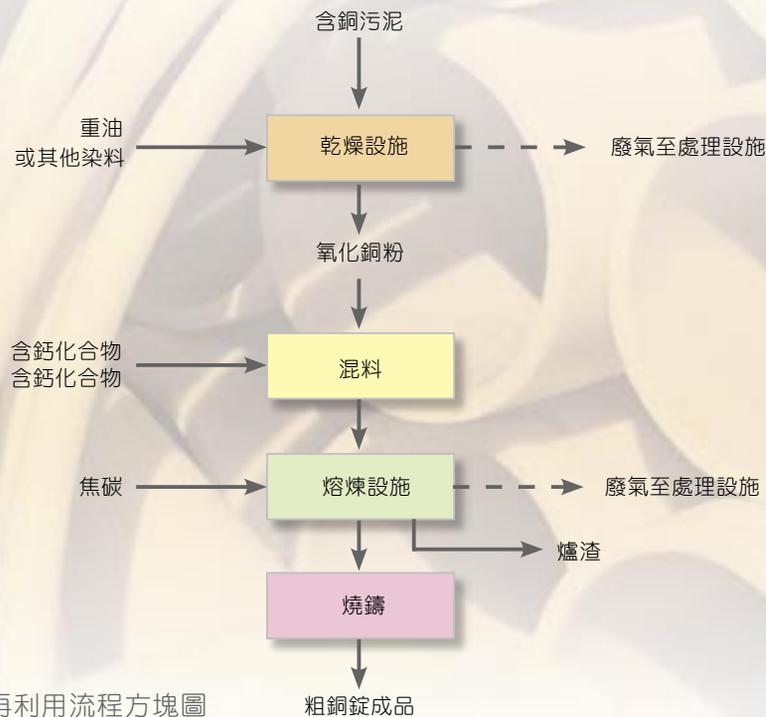
將混料完成後之原料置入熔煉爐體中(包含鼓風爐、反射爐、坩鍋爐或週波爐等)，同時加入焦炭進行脫氧還原反應，以使原料中之氧化銅及其它金屬氧化物還原為金屬，主要反應式如下：



M:表示其它金屬

4. 除渣處理

由於含銅污泥中除銅離子外，尚含有其它金屬離子，其中部份之金屬氧化物，如氧化鋅、氧化鎂等，由於其熔點高於精煉爐之操作溫度，故無法進行脫氧還原而會以爐渣之形態存在，除此之外，其它雜質金屬主要以鐵離子或鋁離子為主，為有效去除其它雜質金屬以提高粗銅錠產品之純度，故於混料作業時添加含矽化合物及含鈣化合物之造渣材料，其中含矽化合物會與鐵之氧化物反應結合為高熔點之複化合物，而含鈣化合物則會與鋁之氧化物反應結合，利用高熔點複化



圖一 再利用流程方塊圖

合物之特性，故使鐵離子及鋁離子無法於熔煉之操作溫度下進行脫氧還原，而會以爐渣之形態存在於熔融態之金屬液體表層，熔煉作業所產生之爐渣再利用人工進行排除作業，以提高粗銅錠產品之純度，其相關反應式如下：



5. 澆鑄成型

經除渣處理後，精煉爐中殘留之液體以熔融態之金屬銅為主，故可直接由精煉爐中排放至模具，待其冷卻後，即為回收之粗銅錠。

6. 再利用流程方塊圖如圖一所示。

三、結論

由於含銅污泥成分之複雜與變異性，故於造渣材料之選擇需依實際成分變化而有不同之選擇，藉以提高粗銅錠產品之純度，除

此之外，亦可藉由適當之濃縮程序，將銅含量較低之含銅污泥進行濃縮後，再利用火法熔煉之方式進行回收，以符合回收之經濟效益。

利用火法熔煉之方式進行含銅污泥中銅之回收，雖然於再利用之製程中不會產生廢(污)水，然而會有較高污染程度之廢氣排放，其中主要為粒狀物、硫氧化物、氮氧化物、揮發性有機物、一氧化碳，同時依含銅污泥性質之差異，亦可能有鉛及其化合物之產生，故應妥善進行廢氣污染之防制處理，以免造成二次污染行為。

至於還原熔煉過程中所產生之爐渣，其中亦含有一定比例之金屬銅(主要依造渣分離之效果而定)，故如能針對爐渣中所含之銅再進行其它之回收處理時，則可提升含銅污泥中銅之總回收效率。♻️