

**專題報導**

金、鈀貴金屬回收再利用

 環境資源中心 洪玠育

一、前言

金、鈀貴金屬之物理化學性質極為穩定且色澤瑰麗，在人類生活中常被用作貴重飾品。且於現代高科技電子技術中，因其性質優良穩定而廣為應用。舉凡日常生活與工作中相關的電子產品，無一不是科技化的產品。其中尤以3C (電腦、通訊及消費性電子產品)的發展最為耀眼，而3C 產業更朝著輕薄、短小、高性能的需求趨勢發展。許多電子製程轉變為表面黏著元件型態，以適合快速組裝及高密度的電路設計，當然晶片型電容、電阻、電感更是3C 產業不可或缺的三大被動元件。隨著台灣國內電子業蓬勃發展，其相關電子零組件製程所衍生之廢棄物日益增加，在3C產業廢棄物中混合積體電路、印刷電路板、電阻器及電容器等各類混合五金，其廢料組成包含銅、鉛、鋁、鐵及貴金屬等成份，此廢棄物中有很多是含有金、鈀之貴金屬，這些廢棄物若無妥善的回收處理方式，不僅對環境造成破壞，從貴金屬之使用和價值的角度來說，更是一種無形的浪費。因此，以3C產業含金屬廢棄物的回收處理資源化流程為例，主要著重於有價金屬的回收再利用，其中貴金屬成份主要含有金、鈀等高價值貴金屬。

含金事業廢棄物的來源主要分佈在積體電路板業及印刷電路板業。其中在積體電路板業產生含金廢棄物多半在成膜、鍍膜製程

階段中，所汰換下來的模具和衍生之廢棄蒸鍍材料，以及在其後段鍍金製程階段中，所產生的鍍金廢液、含金廢棄晶圓廢料、金粉、含金廢樹脂、含金廢觸媒、含金廢碘洗液等；而在印刷電路板業所產生含金廢棄物多半在蝕刻及表面處理後，進行的鍍鎳鍍金製程階段所產生含氰化物電鍍廢液、含金電鍍老化液、含金廢電鍍材、含金廢電路板、含金廢活性碳等。

含鈀事業廢棄物的主要來源在電子業中製造被動元件的積層陶瓷電容（晶片型）(MLCCs)所產生之含鈀廢合金複層材料。隨著國內電子產業將其產品研發目標朝更小、更薄、效率更高的方向前進時，其材料選擇開發將成為當今市場競爭之主要課題。以往工業上在選用基層陶瓷電容器的電極層材料中，鈀金屬因其導電性佳且在高溫時反應性低，經常被視為最佳之電極材料；但由於其價格昂貴，所以在開發相關含鈀合金複層材料的同時，如何有效的將鈀金屬回收再利用更顯出其重要性。

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針對製程所衍生之廢棄物檢測發現，其主要成分變化如下：

含金、鈀事業廢棄物之回收，通常可分為8個處理製程。以破碎製程、氰化離剝製

檢 測 項 目	電子零組件製程所衍生之廢棄物							
	IC	BGA 基板	電路板	晶圓	樹脂	老化液	濾心	鈀觸媒
金(mg/Kg)	1.32×10 ³	5.62×10 ³	2.86×10 ³	52.7	3.46×10 ⁴	666.6	854	N.D.
鈀(mg/Kg)	—	—	—	—	—	—	—	—
錫(mg/Kg)	1.89×10 ⁴	76.2	53.2	61.2	68.6	N.D.	18	—
鎘(mg/Kg)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	—
鉛(mg/Kg)	1.37×10 ⁴	611	261	N.D.	5.67	N.D.	N.D.	—
汞(mg/Kg)	1.13	1.16	0.374	0.072	0.489	N.D.	N.D.	N.D.
銅(mg/Kg)	9.18×10 ⁴	6.16×10 ⁵	2.12×10 ⁵	93.2	71.1	N.D.	5	486
鉻(mg/Kg)	71.5	19.5	27.5	N.D.	41.5	N.D.	N.D.	—
鎳(mg/Kg)	4.90×10 ³	5.84×10 ³	6.49×10 ³	1.84	387	12.7	45	5
水份(%)	0.28	0.32	0.36	0.16	26.7	84.97	35.14	—

程、燒成製程、酸溶解製程及電解製程來進行再利用物之處理，並經由儀器分析成分後將含金、鈀液體送至回收精煉製程中精製，將產生出來的金粉以高溫熔解製程熔解形成金及鈀之最終產品。

1. 破碎製程

電子零組件製程所衍生之廢棄物先以人工拆解後，經由破碎及分選過程而分離出混合金屬及非金屬兩部分，由於考量到固態含金事業廢棄物之金含有量，故在回收電子零組件之基板時，主要是以金含有率較高tape上的鍍金薄基板(Flexibility Board)，而非板狀印刷積板(Personal Computer Mother Board)。此種基板附屬零件較少，一般並無破碎之必要，但其鍍金或金線上會以樹脂或金屬塗裝(coating)，為提高其可溶解條件及增加與液體接觸之面積，故利用破碎機使其變形及破壞鍍金或金線之塗裝樹脂或金屬。

2. 氰酸剝離製程

將含金模具與其他含金回收物置放於裝載氰酸剝離液的溶解槽中，加熱溶解成金剝離液，並過濾去除不純之雜質，再採取樣品進行金含量成分分析，以確認金之實際含量，最後將金剝離液以指定容器貯存保管。其中含金模具於溶解槽溶出金後，以水洗淨氰酸剝離液並以硝酸液去除金以外之金屬

膜，再以水洗淨硝酸溶液，最後利用超音波洗淨槽以純水進行最終洗淨並使用乾燥機去除模具上之水分後，將模具歸還事業機構重複使用。

3. 燒成製程

含金、鈀事業廢棄物經量秤記錄後，以指定之溫度送入燒成爐中燃燒其燒成物投入王水反應槽中，加熱溶解形成金王水液，並過濾去除雜質，其中過濾之濾紙殘留物中仍殘留有部分的金、鈀，可運用燒成製程將殘留物做再處理，使殘留物中之含金、鈀確實溶解。

4. 酸溶解製程

將含金、鈀事業廢棄物及燒成物經量秤記錄後，依回收之金屬類別分別投入強酸或強氧化劑處理反應槽中與硝酸溶液加熱溶解金以外之金屬物質，再進而投入王水液加熱溶解形成金王水液。此外，鈀金屬則投入反應槽中以王水液加熱溶解形成鈀王水液，取得貴金屬的剝離沈澱物，再分別將其還原成金、鈀等金屬產品。

5. 電解製程

主要處理氰酸剝離製程之金剝離液及廢液製程中王水以外的含金廢液。處理時，將完成的金剝離液及王水以外的含金廢液投入電解回收槽中，於廢液中通入直流電，進



行電解作業，使金附著於陰極板上。再將電解後之液體過濾並與附著於極板上之金一起進行燒成，並將燒成物投入反應槽中與王水液加熱溶解形成金王水液，再將廢液導入離子交換樹脂吸附貴金屬後，含金離子交換樹脂以硫酸將其海綿金析出，再將海綿金熔煉為金塊投入製程做為原料使用；含鈀離子交換樹脂以氨水將鈀洗出，加入鹽酸形成鈀黃，再將鈀黃還原為鈀粉投入製程做為原料使用，離子交換樹脂則重複使用，最後殘餘液再進入廢水處理廠處理。再利用製程中，電解時產生之微量氰酸廢氣，及電解析出後進行王水液溶解時，所產生含有氮氧化物之酸性氣體污染物主要為HCN、NO_x、VOCs等，以密閉收集方式將前述污染物收集後並導入填充式洗滌塔處理後，排放於大氣。

6. 含金、鈀液體回收製程

將酸溶解製程、燒成製程與電解製程所產生之含金、鈀王水液投入還原槽中，再加入氨水、鹽酸將金、鈀分別還原析出，並過濾使金粉、鈀粉留於濾紙上，再以乾燥機乾燥去除金之水分。此外，將含水分之金、鈀粉採取樣品進行純度分析後並以真空方式包裝。

7. 熔解製程

將乾燥後之金粉投入電器爐內以高溫熔解，並採取樣品進行純度分析。再利用製程中，進行高溫熔解時，所產生微量之酸性氣體污染物主要為NO_x、VOCs等，以密閉收集方式將前述污染物收集後並導入填充式洗滌塔處理後，排放於大氣。金屬廢料則再精鍊，非金屬則製成人造石材製品。

8. 精煉製程

將金、鈀貴金屬精煉成市場可接受的純度，例如金回收精製成純度99%以上，再精煉成純度99.99%以上。鈀回收精製成純度40%以上，再精煉成99%純度以上。

三、結論

針對高價的金、鈀貴金屬回收再生，其經濟性及商業化程度係以倫敦金市場的登錄認定機關：倫敦金市場協會(以下簡稱LBMA：London Bullion Market Association)所提供之「再審查制度」為參考基準，這種再審查制度實施之目的是為維持世界流通之金、鈀品質之最高水準成為倫敦市場公認之流通地金、鈀。目前依LBMA所認定之溶解業者為對象，審查其金、鈀的溶解技術及分析能力並於每月公布金、鈀的交易價格，96年第1季統計每克金價格平均約有新台幣600~800元，每克鈀價格平均約有新台幣400~450元之市場價值。因此，鈀市場價格約為黃金的一半，主要被用於牙科材料、觸媒(汽車排放廢氣用)、印刷電路基板表面之鍍金液及寶飾。另以再利用處理設備之經濟性，必須考慮包括初設成本、操作維護費及有價物質回收利潤等面向，其經濟效益愈高愈佳。

綜合上述分析可知，金、鈀貴金屬的資源再生技術成熟，可提供社會充裕可用的金屬資源，減少枯竭性金屬資源的開採，避免環境的破壞。金、鈀貴金屬再生所需投入的能源數量都比從礦物冶煉來的節省，而且又少污染，為資源再生領域的典範。♻️

