

渦電流分選與資源化評析(三)

(二)廢電冰箱資源化處理

家電產品帶給人們便利的生活，但廢家電的冷媒及重金屬，卻是危害環境的殺手。以往對於一般廢棄物的處理多以掩埋為主，然而廢家電中潛藏許多有害廢棄物（如電視螢幕中的螢光粉、電冰箱、冷氣機中的冷媒及洗衣機中的玻璃纖維強化塑膠(fiberglass reinforced plastics, FRP)等，若不加以妥善處理，對環境造成的污染甚為可觀。

從環保署基管會資源回收網之資料顯示，92年廢電冰箱回收量約有32萬台左右，廢電冰箱在廢家電產品中算是體積最龐大的，由於不易壓縮且數量多，因此造成堆積與處理上的問題。加上傳統的電冰箱冷媒與發泡隔熱材料中的氟氯碳化物，受國際蒙特婁公約管制，廢電冰箱如隨意棄置或是不當的拆解，將使氟氯碳化物溢散至大氣中造成嚴重的污染。

廢電冰箱的種類雖然繁多，但組成大致相同，以目前的處理流程可分為前段人工拆解及後段機械處理等二部分，廢電冰箱處理流程如圖二所示。

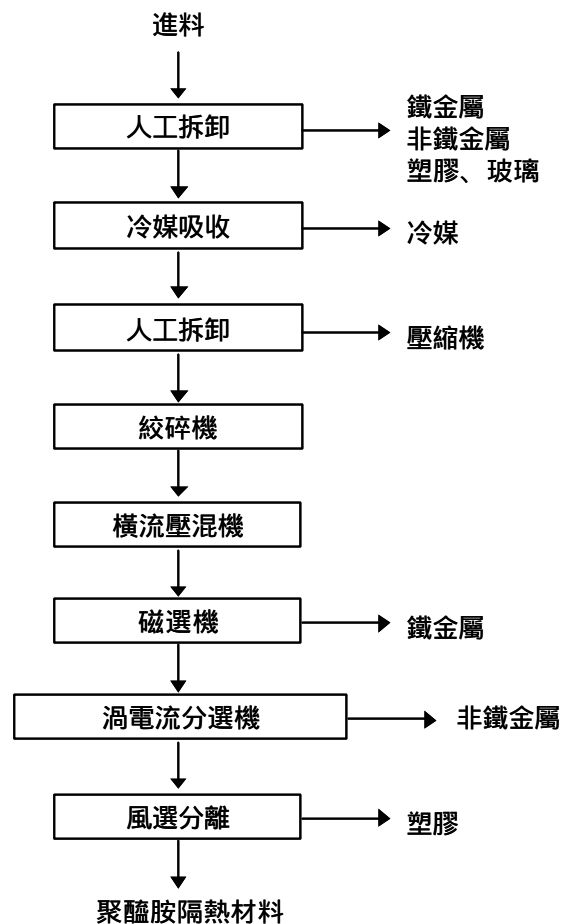
1.前段人工拆解：

前段人工拆解首先以滾筒輸送帶與機械架輔助人工作業，先將較大的鐵金屬、非鐵金屬、塑膠、玻璃等零組件拆除並分類回收，再用冷媒吸收器將壓縮機內的冷媒回收後再拆除壓縮機。

2.後段機械處理：

經人工拆除後剩餘之機體部分送入粗絞破碎機預碎，再進入橫流壓混機內粉碎，將冰箱內的聚氨酯 (polyurethane reaction, PUR) 發泡材切割至0.2mm以下，使發泡劑充分脫出；最後利用超低溫回收設備，以液態氮液化出冷媒。剩餘的鐵、鋁、銅、塑膠等物質，先以磁選機分離出鐵金屬，再以渦電流進一步分離非鐵金屬，最後再利用重力風選設備將輕重物質分離。經回收的鐵金屬可送至鋼鐵廠作冶煉原料，而回收的鋁、銅等金屬則做鋁合金。至於回收的

PS、PP 等廢塑膠料可抽粒製成二次塑膠原料供塑膠射出成型使用或直接壓鑄成型。



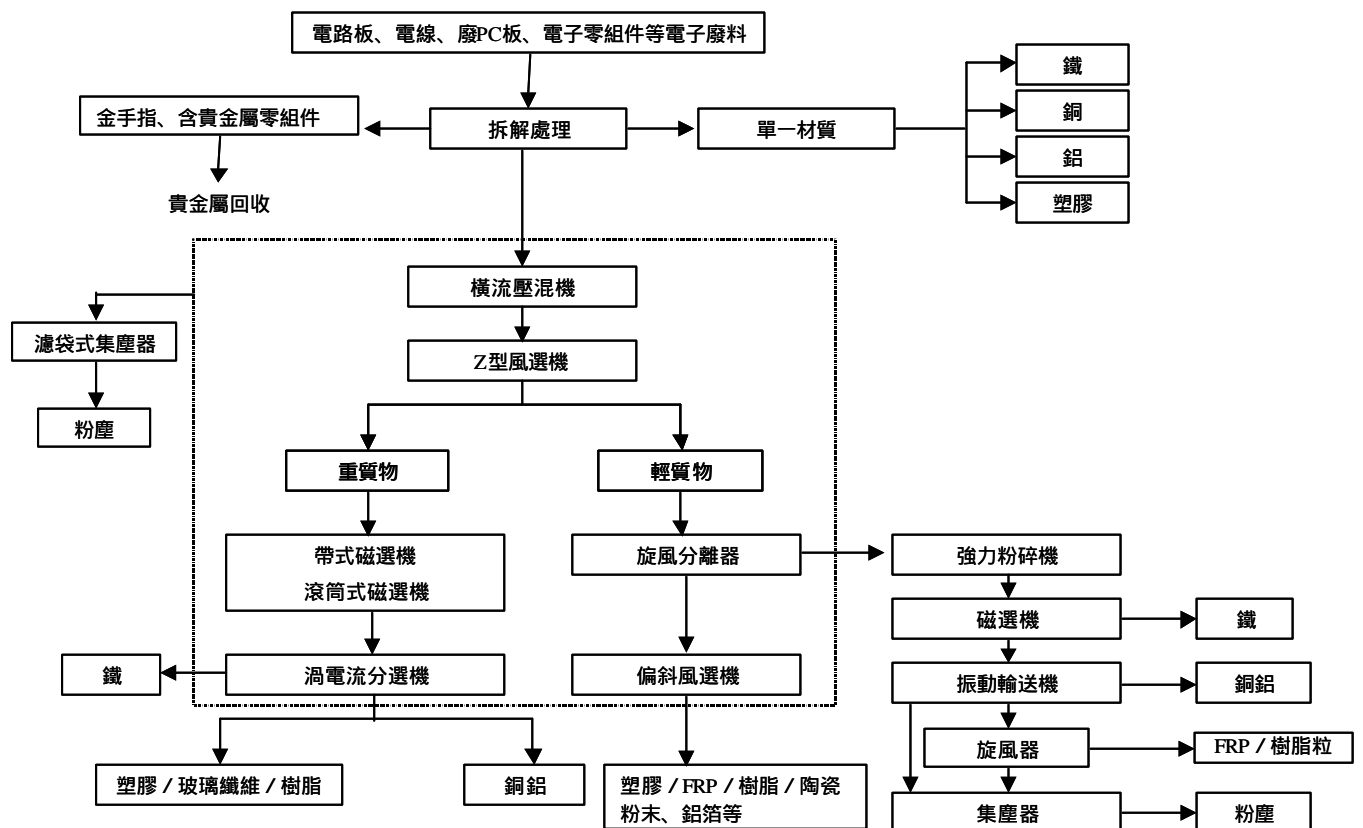
圖二、廢電冰箱處理流程

(三)電子廢料資源化處理

近年來由於電子資訊產業蓬勃發展，各式各樣的電子產品到處充斥，隨著汰舊換新，使得電子資訊廢棄物相對暴增，如何處理這些因科技所產生之廢棄物，已是當前最迫切需要解決之問題。電子資訊產品如電腦主機、監視器、印表機、鍵盤 PDA、行動電話及電子字典等產品，其主要組成以塑膠（PS、ABS）外殼、鐵質支架及鋁質主體為主，另外相關之控制元件及基板其組成成份則相當複雜，如主體之主要材料是由高分子聚合樹脂、玻璃纖維及銅箔等所組成，電路板上之 IC 及各式元件，如電容、電阻、電感、濾波器、變壓器等及按鍵開關，其接點亦多含有金、銀、鉑、鈀等貴重金屬，如何有效的將這些有價貴重金屬從電子廢料中回收利用是值得探討的。

廢電腦、廢 PC 板、廢 IC 與各種廢電子零組件，先經由人工拆解分類，回收含貴金屬及單一材質零組件，剩餘含銅 PC 板等零組件，先以橫流壓混機粉碎，利用 Z 型風選機將輕質物與重質物分離，輕質物經旋風分離器除塵處理收集後，

再經第二段分選程序處理以強力粉碎機粉碎，粉碎物以螺旋輸送機送至帶式磁選機將鐵物質分離後，剩餘非鐵物質以振動輸送機過篩，並於其出口處設置二組吸嘴，第一段先將粉塵、鋁箔等物質吸除，再經第二段吸嘴處理吸除物以旋風分離器除塵回收塑膠、樹脂等物質，振動輸送機出口則收集非鐵金屬如銅、鋁等。重質物經帶式、滾筒式磁選機及渦電流分選機處理後，可將鐵、銅、鋁、塑膠、玻璃纖維等材質分離回收，經由上述粉碎、分選系統回收鐵、銅/鋁、玻璃纖維/樹脂等材質，其處理流程如圖三所示。



圖三、電子廢料處理流程圖

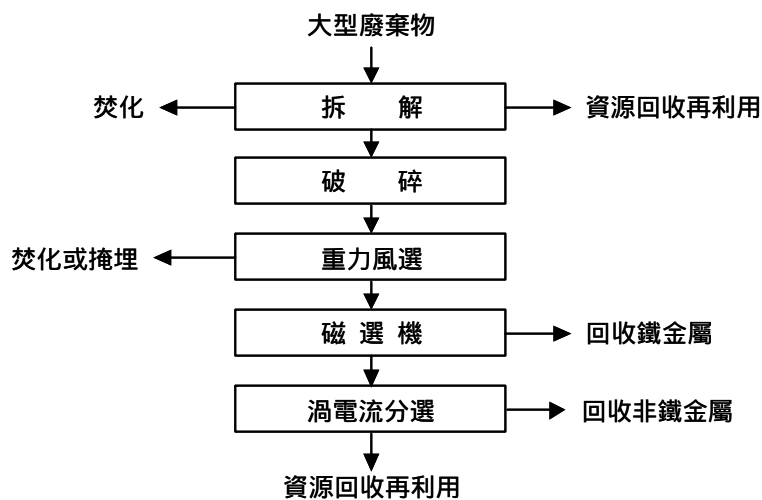
(四)都市大型廢棄物資源化處理

近來全球的垃圾數量在環保運動推行後，雖已大幅減少，但是仍有許多尚有利用價值的資源，卻依然被視為垃圾一併丟棄或掩埋，造成不必要的資源浪費，環境污染的嚴重性已不可忽視，因此尋求一個符合經濟考量並正確處理垃圾的方法，有其重大意義。

一般而言生活廢棄物可區分為：可燃物如家具、紙張及木材等。不可燃物如塑膠、小型家電、鐵及鋁罐等。依材質可分為；可燃物、不可燃物、鐵金屬、非鐵金屬（如鋁、銅等）等。如何利用有效率的方式分類回收可再利用的物質，為

處理都市生活大型廢棄物的首要關鍵。

在日本為減少日益增加之廢棄物，並解決各種資源廢棄物之堆積問題與資源回收再利用，及延長焚化爐與垃圾掩埋場之使用年限，將所收集的大型廢棄物，先經由人工挑選及拆解將可回收再利用之資源取出，同時將大型廢棄物分為可燃性與不可燃性，可燃性廢棄物經由切斷機切斷減容後送入貯存槽暫存，一段時間後再送至焚化爐焚化處理，而不可燃性之廢棄物經由破碎機破碎處理，送至磁選機分選出鐵金屬，其餘物質再經過渦電流分選設備分選出非鐵金屬與其他物質，其處理流程如圖四所示。



圖四、大型廢棄物處理流程

利用渦電流分選非鐵金屬之技術，在國外已有相當的發展，因此目前國內之渦電流分選設備皆由國外進口，但進口設備價格過高，致使成本相對提高，因此國內廠商已積極開發國人自製之渦電流分選設備，目前此分選設備經過功能測試後之結果顯示，鋁、鐵及塑膠罐之分離幾乎可達到 100 %，而不規則粒徑之銅、鋁等金屬之分離也可達 90 % 以上，相信再過不久國人將有自製的渦電流分選設備。

五、結語

利用渦電流分選設備自廢棄物中分選出有價非鐵金屬，在操作上不但簡單，又可取代大量的人力，更不會有污染產生；另一方面又可提高分選效率，使資源回收工作更趨於完善，確實是一頗具潛力且值得推廣的分選設備。◆

【參考文獻】

1. Edison, T. A., "Ore Separator", U. S. Patent 400, 317, March 26, 1889.
2. Norrgran, D. A. and Wernham, J. A., "Recycling and Secondary Recovery Applications Using An Eddy-Current Separator", Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc, AIME, Preprint No. 91-36, 1991.
3. Scholemann, E., "Eddy-Current Separation Methods", in "Progress in Filtration and Separation", Ed. by R. J. Wakeman, Elsevier Scientific Publishing Company, PP. 29-82, 1979.
4. Rousseau, M and Melin, A., "The Processing of Non-Magnetic Fractions from Shredded Automobile Scrap : A Review", Resources, Conservation and Recycling, Vol. 2, pp. 139-159, 1989.
5. Dalmijn, W. L. etc., "Low-Energy Separation of Nonferrous Metals by Eddy-Current Techniques", Proceedings of International Recycling Congress, pp. 930-935, 1979.
6. Schloemann, E., "Eddy-Current Techniques for Segregating Nonferrous Metals from Waste", Conservation and Recycling, Vol. 5, No. 2/3, pp. 149-162, 1982.
7. Eriez Manufacturing Company, "Recovery of Non-Ferrous Metals from Auto Scrap", Report of Test No. 90-477, 1990.
8. Aletr, H, etc., "Pilot Studies Processing MSW and Recovery of Aluminum Using An Eddy-Current Separator", Proceedings of the Fifth Mineral Waste Utilization Symposium, pp. 161-168, 1976.
9. Kelly, E. G. and Spottiswood, D. J., "Introduction to Mineral Processing", A Wiley-Interscience Publication, 1982.
10. 楊金鐘, "渦電流分離法與資源回收", 礦冶, 第33卷, 第3期 pp. 142-152, 1989
11. 翁林廷彬, "渦電流分選特性之研究", 礦冶, 第40卷, 第2期 pp. 108-114, 1996
12. 翁林廷彬, "渦電流分選應用研究", 工業技術研究院能源與資源研究所, 1992
13. 楊奉儒、蔡憲坤, "高科技工業廢棄物再生技術研究", 工業技術研究院能源與資源研究所, 2000
14. 財團法人中技社, "廢棄物資源回收及處理設備-破碎", 經濟部工業局, 1999
15. 經濟部技術處技術尖兵 - 科技論壇, 第084期, 12月號, 2001
16. 經濟部技術處技術尖兵 - 科技論壇, 第079期, 07月號, 2001
17. 博克來網路書店 <http://gaia.org.tw>
18. 正合興重工業股份有限公司 <http://www.chhm.com.tw>
19. 惠嘉電實業股份有限公司 <http://www.fgd.com.tw>

【工業技術研究院環安中心副研究員 莊鈺賢】