

摘要

國內液晶面板的需求量越來越高，使得背光模組關鍵零組件需求量大增，其中最重要的元件為 CCFL (Cold Cathode Fluorescent Lamp 冷陰極螢光燈管)。傳統的汞滴填充日光燈管所使用之汞為液態汞，容易揮發產生危害，目前冷陰極螢光燈管之製程則使用固體汞齊合金，雖然減少了汞揮發的問題，但產生的廢汞齊如何妥善處理仍是一個重要課題。

本研究以負壓高溫爐設備，進行廢汞齊合金回收再利用之可行性實驗，於負壓環境下操作可避免汞經高溫處理時逸散於環境中，確保操作人員的安全及避免環境的污染。實驗結果發現廢汞齊可回收之汞含量平均濃度為 4.398g/kg，已經超過法規所規定之標準值 260mg/kg。廢汞齊合金進行回收時其操作溫度必須達 750°C 以上及運轉時間必須達六小時以上才能得到較好的回收率。回收後液態汞之純度為 99.95%，若再進行多次蒸餾後可使液態汞之純度達 99.995% 以上。經真空高溫爐處理後之廢汞齊合金含有貴重金屬，若能回收再利用，則整個廢汞齊的回收資源化可達零廢棄物及永續環境之目標。

關鍵詞：資源回收、冷陰極螢光燈管、廢汞齊、負壓高溫爐、零廢棄物

Abstract

The domestic demand of Liquid Crystal Display panel is getting higher. As a result, the demand of the back light module also increases, in which the most important component is CCFL (Cold Cathode Fluorescent Lamp). Traditionally, the filling of mercury in the fluorescent lamp uses liquid mercury, which evaporates easily creating environmental problems. Currently, solid amalgam alloy is used in the cold cathode fluorescence lamp, it reduces the mercury volatility problems. However, how to deal with the waste amalgam is an important issue which remains to be resolved.

This research conducted the feasibility study of using a low-pressure, high-temperature furnace to recycle waste amalgam alloy. Low pressure environment avoids emission of mercury vapor during recycling, which ensures safety of personnel and avoids environmental pollution. The experimental results reveal that the average content of the waste amalgam alloy reaches 4.398g/kg, which is higher than the regulated value of 260mg/kg. The operating temperature must reach up to at least 750°C and the operating time must take more than six hours to ensure good recovery efficiency. After recycling, the purity of the liquid mercury is 99.95%, which can be further purified to be greater than 99.995 % after multiple distillations. After recycling by the low-pressure furnace, the amalgam alloy contains noble metals. If these metals can be recovered and re-utilized, then the whole recycling process can meet the goal of zero waste and sustainable environment.

Keywords: Resource Recycling 、 Cold Cathode Fluorescent Lamp 、 Waste amalgam 、 Vacuum Ovens 、 Zero Waste.

誌謝

終於要畢業了，看著曾經一起修課的同學一個個接著畢業，真是令我羨慕不已，二年的在職進修，除了學習上有不同的體會之外，最大的成就在於個人所獲得的價值。

口試期間承蒙 蔡春進教授、洪益夫教授、簡弘民博士及余榮彬博士之建議及細心指正，使得論文能備臻完整，特此銘謝。

研究期間，感謝工研院証賢先生協助實驗檢測與分析，以及家任、嵩豪、于超於論文上的協助、指導，得以順利完成。

最後將完成論文的喜悅，獻給我的雙親及關心我的朋友們，感謝您們一路的支持及關懷。



目 錄

中文摘要	i
英文摘要	ii
誌謝	iii
目錄	iv
表目錄	vi
圖目錄	vii
第一章 前言	1
1.1 研究緣起	1
1.2 研究目的	2
1.3 研究流程	3
第二章 文獻回顧	4
2.1 冷陰極管的介紹	4
2.1.1 冷陰極燈管製程	9
2.2 汞的危害及特性	7
2.2.1 汞對人體健康之危害	9
2.3 回收汞基本原理與方法	11
2.3.1 國內汞燈管之清理方式	12
2.3.2 國內廢含汞燈之處理方式	14
2.4 廢含汞燈管處理技術	16
2.4.1 日本廢含汞燈管之處理技術	16
2.4.2 瑞典廢含汞燈管之處理技術	20
2.4.3 美國廢含汞燈管之處理技術	22
2.4.4 本研究方法與各國處理方式之比較	25
第三章 實驗方法與設備	27
3.1 實驗原理	27
3.2 實驗方法與流程	28
3.2.1 實驗方法	28
3.2.2 實驗流程	30
3.3 實驗設備與操作條件	31
3.3.1 實驗設備	31
3.3.2 實驗操作條件	33
3.4 檢測方法	35
第四章 結果與討論	40

4.1 廢汞齊合金全量分析.....	40
4.2 廢汞齊合金回收效率分析結果	40
4.2.1 時間對回收效率之影響.....	43
4.2.2 加熱溫度對回收液態汞影響.....	47
4.2.3 冷凝溫度對回收效率之影響.....	49
4.2.4 真空抽吸壓力對回收效率之影響說明	50
第五章 結論與建議.....	52
5.1 結論.....	52
5.2 建議.....	52
參考文獻	54



表 目 錄

表 2-1	汞於自然界中之背景濃度	8
表 2-2	汞之基本特性與毒害性	8
表 2-3	乾式與濕式處理方式之分析比較	11
表 2-4	各國處理汞廢棄物的方法與成本分析	26
表 3-1	實驗操作條件	34
表 3-2	有毒重金屬之毒性特性溶出程序(TCLP)溶出標準	38
表 3-3	水溶液和固體樣品中重金屬檢測之樣品有效期限、需用消化 體積和建議的樣品採集體積	39
表 4-1	廢汞齊合金處理前汞全量分析表	41
表 4-2	廢汞齊合金處理前樣品含汞分析表	41
表 4-3	負壓高溫爐處理後汞收集量	42
表 4-4	廢汞齊經各溫度處理後之汞收集量	43
表 4-5	700°C 廢汞齊合金之加熱時間與處理效率	43
表 4-6	750°C 廢汞齊合金之加熱時間與處理效率	44
表 4-7	800°C 廢汞齊合金之加熱時間與處理效率	45
表 4-8	850°C 廢汞齊合金之加熱時間與處理效率	46
表 4-9	溫度對廢汞齊之回收量	48

圖目錄

圖 1-1	廢照明光源回收清除處理體系	2
圖 1-2	研究流程	3
圖 2-1	CCFL 製程	5
圖 2-2	廢直式燈管回收處理流程圖	15
圖 2-3	日本野村興產株式會社回收汞處理流程圖	17
圖 2-4	日本 Daiso 公司之濕式廢日光燈管處理操作流程圖	19
圖 2-5	日本 Daiso 公司之乾式處理廢日光燈管之處理流程圖	20
圖 2-6	瑞典 MRT 廢含汞燈管處理技術流程圖	22
圖 2-7	美國 AERC 汞蒸餾回收處理流程圖	23
圖 2-8	美國 SepaDyne 汞回收處理流程圖	24
圖 2-9	美國 MRS 去除/回收含汞廢棄物處理流程圖	25
圖 3-1	汞蒸汽壓與溫度之關係圖	28
圖 3-2	負壓真空高溫爐處理廢汞齊合金流程圖	29
圖 3-3	負壓真空高溫爐系統流程圖	30
圖 3-4	密閉破碎機	31
圖 3-5	磁選機	32
圖 3-6	負壓真空高溫爐	32

圖 3-7	冷凝系統.....	32
圖 3-8	緊急收集設備.....	33
圖 3-9	活性炭吸附桶.....	33
圖 3-10	操作溫度與汞產生量之關係圖.....	34
圖 3-11	TCLP 流程圖.....	37
圖 4-1	700°C 廢汞齊合金之加熱時間與處理效率關係圖.....	44
圖 4-2	750°C 廢汞齊合金之加熱時間與處理效率關係圖.....	45
圖 4-3	800°C 廢汞齊合金之加熱時間與處理效率關係圖.....	46
圖 4-4	850°C 廢汞齊合金之加熱時間與處理效率關係圖.....	47
圖 4-5	冷凝溫度對回收效率關係圖.....	49
圖 4-6	廢汞齊合金溫度與回收率關係圖.....	50
圖 4-7	真空抽吸壓力對回收效率關係圖.....	50

