

# 序

台灣是全球資訊電子產品的生產重鎮，而 IC 則為電子產品的關鍵零組件，由於 IC 產業具有資本密集與技術密集等特性，且台灣半導體封裝業之產值及技術均超越美、日、韓等國家，躍居全世界領先地位，故成為台灣在國際間最具競爭力的策略性工業。半導體封裝製程需耗用大量原料與化學品，同時於生產過程中產出大量廢壓模膠、廢水污泥及廢導線架等事業廢棄物，為妥善解決廢棄物處理問題，除傳統廢棄物清理方式外，廢棄物減量及資源化再利用將是較具經濟效益的方法，亦可達成環境保護與經濟發展兼籌並重之目標。

有鑑於此，本局特委託台灣綠色生產力基金會廣泛蒐集國內外相關資源化技術資料，並彙整編印成冊。本手冊內容共分七章，分別針對「產業概況」、「廢棄物特性與清理現況」、「清潔生產」、「廢棄物資源化技術」、「技術評估與設備選用程序」等不同面向進行探討說明，並將各類廢棄物資源化之實際執行措施彙整成「廢棄物資源化案例」，冀能提供相關業者從中汲取經驗，並作為學術研究單位及相關工程業界研究開發之參考，俾利共同促進該產業廢棄物資源化技術之落實與應用，進而開創資源永續利用。

本手冊編撰過程，感謝工業技術研究院環安中心黃進修先生、關家倫先生、日月光半導體股份有限公司葉書宏主任工程師及台灣科技大學化學工程研究所王文裕先生參與資料蒐集及編撰；成功大學資源工程研究所蔡敏行教授、工業技術研究院環安中心鄭智和經理、台灣區電機電子工業同業公會鄭富雄總幹事，以及矽品精密工業股份有限公司莊欽傑經理之審訂，使本手冊得以付梓。由於時間匆促，其實務資料之蒐集彙整不易，內容如有錯誤漏植之處，尚祈各界不吝指正。

經濟部工業局 謹識

中華民國九十三年七月

# 目 錄

第一章 前言.....	1
1.1 緣起.....	1
1.2 技術手冊內容說明.....	1
第二章 產業概況.....	3
2.1 產業現況.....	3
2.2 製程概述.....	9
第三章 廢棄物特性與清理現況.....	12
3.1 廢棄物來源及特性 .....	12
3.2 廢棄物產生量及清理現況 .....	14
第四章 清潔生產.....	23
4.1 環境化設計.....	23
4.2 廠內管理.....	29
第五章 廢棄物資源化技術.....	32
5.1 廢錫渣資源化技術.....	32
5.2 廢壓模膠資源化技術 .....	37
5.3 廢溶劑資源化技術.....	42
5.4 廢污泥資源化技術.....	50
5.5 廢電子零組件資源化技術 .....	62
第六章 技術評估與設備選用程序.....	75
6.1 資源化技術評估流程 .....	75

6.2 資源化設備選用程序 .....	77
6.3 資源化成本分析.....	84
第七章 廢棄物資源化案例.....	89
7.1 廢錫渣資源化案例.....	89
7.2 廢壓模膠資源化案例 .....	93
7.3 廢溶劑資源化案例.....	96
7.4 廢污泥資源化案例.....	100
7.5 廢電子零組件資源化案例 .....	104
名詞解釋.....	113
參考文獻.....	117

## 圖 目 錄

圖 2.1	國內半導體供應鏈架構.....	4
圖 2.2	封裝產品的演進.....	7
圖 2.3	全球封裝型態營收分布預測.....	8
圖 2.4	導線架製程方塊流程圖.....	9
圖 2.5	基板製程方塊流程圖.....	10
圖 3.1	半導體封裝主要製造流程及可能污染源 .....	13
圖 5.1	廢錫渣資源化程序.....	32
圖 5.2	水泥製造流程圖.....	38
圖 5.3	廢壓模膠資源化流程圖.....	39
圖 5.4	BMC 基本製造流程.....	40
圖 5.5	萃取精餾裝置示意圖.....	44
圖 5.6	滲透蒸發機構之示意圖.....	47
圖 5.7	滲透蒸發裝置示意圖.....	48
圖 5.8	氨浸萃取技術流程圖.....	51
圖 5.9	Am-MAR 酸浸萃取技術流程圖 .....	52
圖 5.10	污泥置換電解金屬回收處理流程 .....	53
圖 5.11	酸浸漬及煅燒法流程圖.....	56
圖 5.12	污泥乾燥氧化還原回收金屬處理流程 .....	57
圖 5.13	一般製磚流程.....	57
圖 5.14	水泥製作流程.....	59
圖 5.15	物理分離方式分離廢電子零組件流程示意圖 .....	63
圖 5.16	剪斷破碎機之結構圖.....	65

圖 5.17	球磨機之結構圖.....	65
圖 5.18	攪拌磨機之結構圖.....	66
圖 5.19	靜電分選機各型式之示意圖.....	68
圖 5.20	火煉法處理廢電子零組件流程圖 .....	69
圖 5.21	化學回收法處理流程圖.....	71
圖 5.22	電子廢料資源化處理流程圖.....	74
圖 6.1	資源化系統規劃評估實驗流程.....	76
圖 6.2	資源化設備評估流程.....	78
圖 7.1	廢錫渣再利用流程之廢氣流向圖 .....	91
圖 7.2	廢壓模膠於水泥廠資源化流程圖 .....	94
圖 7.3	廢壓模膠資源化 FRP 補強材流程圖 .....	95
圖 7.4	廢異丙醇資源化處理流程圖.....	97
圖 7.5	再利用流程圖.....	98
圖 7.6	置換法回收銅流程.....	100
圖 7.7	氧化銅法回收氧化銅流程.....	101
圖 7.8	無機性污泥作為水泥原料資源化流程 .....	102
圖 7.9	廢電子零組件物理分離處理流程圖 .....	105
圖 7.10	廢電子零組件中混合金屬資源化處理流程圖 .....	106
圖 7.11	廢電子零組件中非金屬成份資源化處理流程圖 .....	106
圖 7.12	黃金精煉資源化處理流程圖.....	107
圖 7.13	廢電子零組件裸露鍍金層資源化處理流程圖 .....	108
圖 7.14	廢電子零組件中貴金屬鈀資源化處理流程圖 .....	109
圖 7.15	廢電子零組件中貴金屬鈀資源化處理示意圖 .....	110
圖 7.16	B1 廠廢棄物處理流程圖 .....	111
圖 7.17	B2 廠廢棄物資源化處理流程圖 .....	112

## 表 目 錄

表 2.1	IC 封裝型態分類.....	6
表 2.2	全球封裝型態數量分布預測.....	8
表 3.1	半導體封裝業各製程使用原料及廢棄物 .....	12
表 3.2	封裝業各類廢棄物產生量及處理方式 .....	14
表 3.3	具清除 A-8810 廢棄物資格機構名稱及核可量 .....	16
表 3.4	具處理 A-8810 廢棄物資格機構名稱及核可量 .....	17
表 3.5	具清除 C-0301 廢棄物資格機構名稱及核可量 .....	18
表 3.6	具處理 C-0301 廢棄物資格機構名稱及核可量 .....	19
表 3.7	封裝製程用模壓樹脂成分.....	19
表 3.8	具處理 D-0299 廢棄物資格機構名稱及核可量 .....	20
表 3.9	具處理 E-0217 廢棄物資格機構名稱及核可量.....	21
表 3.10	半導體相關製造業主要廢棄物清理現況 .....	22
表 4.1	日本綠色採購調查標準化協會規定之化學物質調查清單 .....	26
表 5.1	以鉛錫合金為主之一般用焊錫之種類、級別 .....	34
表 5.2	焊錫 S 級之化學成分 .....	35
表 5.3	焊錫 A 級之化學成分.....	35
表 5.4	焊錫 B 級之化學成分 .....	36
表 5.5	膜分離方式及推動力.....	45
表 5.6	應用重金屬污泥回收處理流程前之污泥分類 .....	53
表 5.7	國內現行之建築用磚規範值.....	58
表 5.8	混凝土空心磚相關規範值.....	58
表 5.9	混凝土空心磚相關規範值.....	59

表 5.10	CNS 61 R2001 卜特蘭水泥規範化學成分規定表 .....	60
表 5.11	CNS 61 R2001 卜特蘭水泥規範物理性質規定標準 .....	61
表 5.12	破碎分類及相關設備型式 .....	63
表 5.13	破碎設備特性及適用範圍彙整表 .....	64
表 5.14	分選方式及其特點 .....	67
表 5.15	廢電子零組件資源化處理技術優缺點比較表 .....	73
表 7.1	廢錫鉛渣再利用流程之空氣污染物產生原因及種類 .....	91
表 7.2	回收溶劑產品規格表 .....	99

# 第一章 前言

## 1.1 緣起

我國半導體產業經過三十多年的發展，已成為最具發展潛力的高科技產業之一，在我國整體產業結構中占有重要的地位。半導體產業具有專業分工之產業結構，是我國與國外最大之不同點，我國半導體產業分工機制相當完備，且因封裝業的迅速發展，台灣半導體產業已構築為「實體製造中心」。

半導體封裝產業係為半導體製造之下游產業，上有 IC 設計、光罩製作、晶片製造業，下則為 IC 測試業，由於半導體產業的變動十分迅速，對封裝的技術與需求也就時有所更迭，使得產製過程產生之廢棄物種類及特性亦隨之變化，且隨著全球環保意識高漲及資源永續利用之推行，環境保護工作已為產業發展必要趨勢，故該產業之廢棄物減量、製程減廢，以及其廢棄物之資源回收與再生利用，實為該產業發展之重要課題。

經濟部工業局基於維護產業及環境保護之平衡發展，針對半導體封裝業進行廢棄物資源化技術手冊編撰工作，希望能提升半導體業者對清潔生產與廢棄物資源化專業技術之認知，並提高再利用業者對半導體業廢棄物回收再利用意願，進而增進產業整體之環境績效，達到經濟與環保相輔相成之目的。

## 1.2 技術手冊內容說明

本手冊將針對國內外半導體封裝製程廢棄物資源化技術及案例進行彙集，並進一步推廣資源化技術，邁向永續發展路程。手冊共分七章，概要說明如下：

第一章：說明本手冊編撰緣由，以及內容中所涉及之半導體封裝產業範圍及各章節內容。

第二章：介紹半導體封裝產業範圍及其分類，以及該產業發展現況，並針對封裝製程進行詳述。

第三章：針對封裝製程之廢棄物來源、特性及產生量，以及主要廢棄物之清理現況進行介紹。

第四章：以廠內管理及環境化設計觀點，敘述該產業於產品設計及生產活動過程之污染預防策略。

第五章：針對適用於該產業之國內外較成熟且較具效益之資源化技術進行探

討說明。

第六章：提供資源化技術評估流程、購置資源化設備之選用程序及成本分析之要項，供業者選用資源化技術與設備之參考。

第七章：彙集實際執行之各項廢棄物資源化案例，提供各資源化技術運作情形，以達推廣執行資源化工作之概念。

## 第二章 產業概況

### 2.1 產業現況

#### 2.1.1 前言

近年來，隨著手機、無線通訊網路、筆記型電腦及遊樂器等電子產品熱賣之賜，半導體產業逐漸蓬勃發展茁壯，圖 2.1 為國內半導體供應鏈架構，以半導體產業鏈角度來看，封裝測試作業是承接在晶圓代工之後，而半導體製程技術的快速發展演進，以及在 IC 晶片「輕、薄、短、小、功能多元化」的要求下，促使封裝技術不斷地推陳出新，並朝向高密度化、小型化、高腳數化的方向前進，俾利符合電子產品之需要並進而充分發揮其功能。

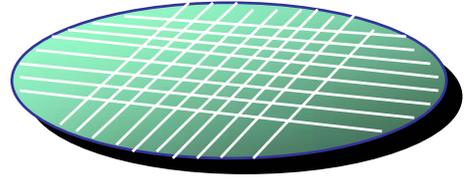
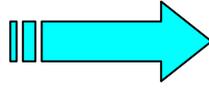
封裝之目的主要有下列四種：

1. 電力傳送
2. 訊號輸送
3. 熱的去除
4. 電路保護

所有電子產品皆以「電」為能源，然而電力之傳送必須經過線路之連接方可達成，IC 封裝即可達到此一功能；線路連接之後，各電子元件間的訊號傳遞自然可經由這些電路加以輸送，IC 封裝的另一功能則是藉由封裝材料之導熱功能將電子於線路間傳遞產生之熱量去除，以避免 IC 晶片因過熱而毀損。

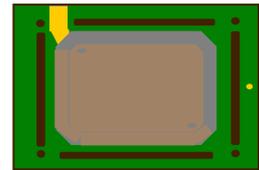
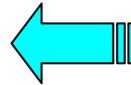
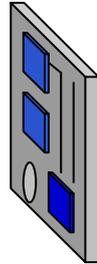
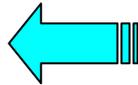
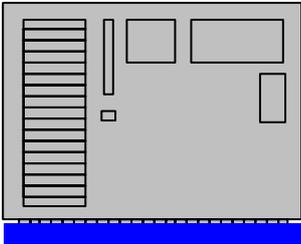
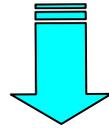
最後，IC 封裝除對易碎的晶片提供了足夠的機械強度及適當的保護，亦避免了精細的積體電路受到污染的可能性，IC 封裝除能提供上述之主要功能之外，也使 IC 產品具有優雅美觀的外表並為使用者提供了安全的使用及簡便的操作環境。

就封裝分類而言，如依晶片數目可區分為單晶片封裝(Single Chip Packaging, SCP)與多晶片封裝(Multi-chip Packaging, MCP)。



IC 設計

晶圓



機板

元件

IC 封裝

圖 2.1 國內半導體供應鏈架構

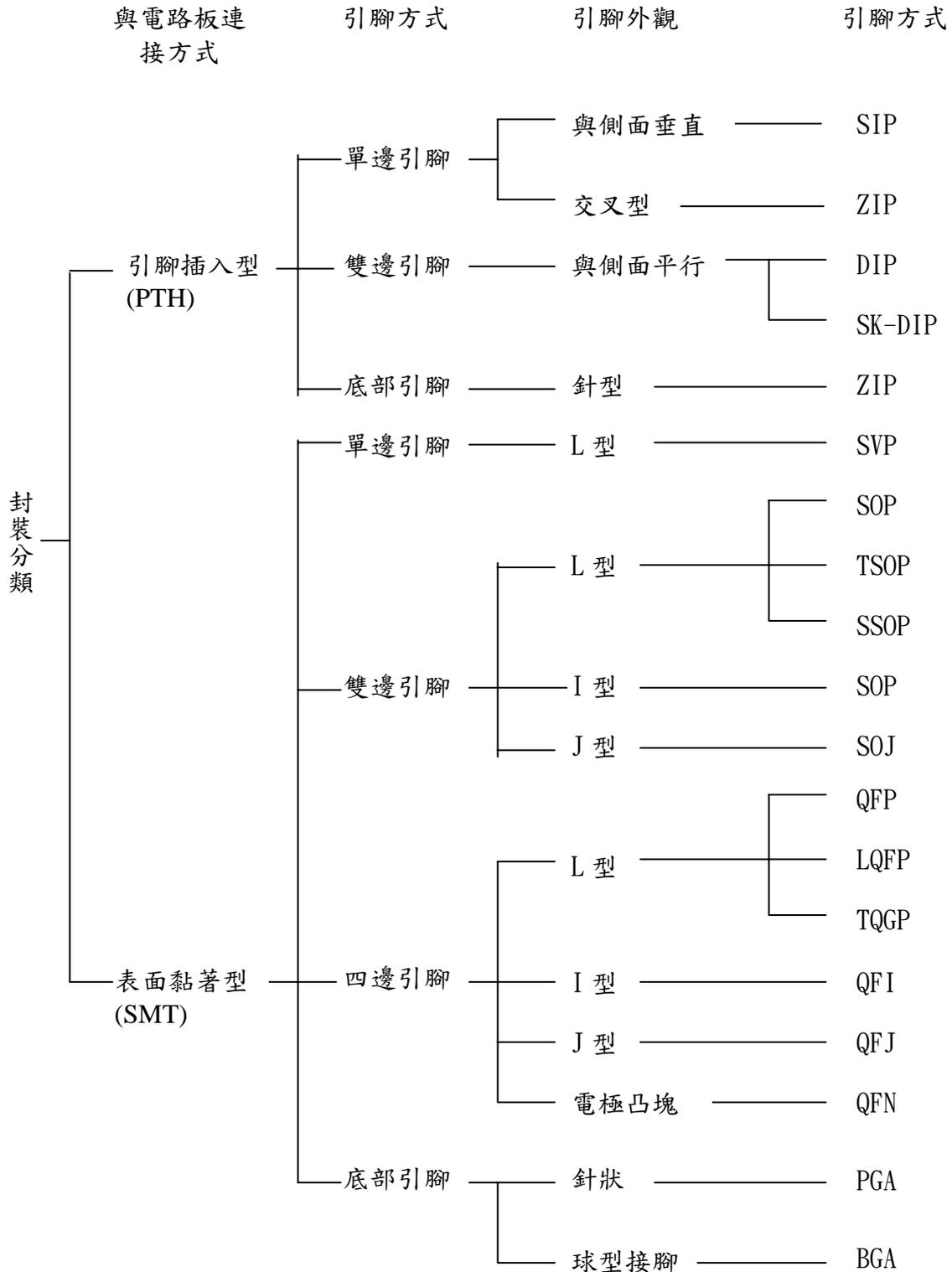
若依使用材料則分為陶瓷(ceramic)及塑膠(plastic)兩種類型，其中陶瓷封裝具備材料特性穩定及散熱性較佳等優勢，而塑膠封裝則以自動化、低成本及薄形化取勝，故目前商業應用上以塑膠封裝為主流。

另外，就元件與電路板接合方式而言，又區分為引腳插入型(Pin-Through-Hole, PTH)及表面黏著型(Surface Mount Technology, SMT)兩種封裝型態，IC封裝型態分類如表 2.1 所示。

從 IC 封裝技術演化趨勢探究，在 1980 年代以前，IC 與印刷電路板(PCB)的連接方式乃以插孔式為主，至 1980 年代以後，在電子產品輕薄短小的要求聲浪中，封裝技術轉以 SOP(Small Out-Line Package)、SOJ(Small Out-Line J-Lead)、QFP(Quad Flat Package)等型態為主，而 1990 年代封裝技術的發展更傾向於小型化、窄腳距、散熱等問題的改善，因此 1.0mm 或 0.8mm 厚的 TSOP(Thin SOP)便成為封裝產品的主流，封裝產品的演進如圖 2.2。

而近年來，隨著終端電子產品輕薄短小、高速及多功能的趨勢需求下，傳統導線架封裝產品與封裝技術已無法滿足現有 IC 技術與產品的要求，因此，陸續開發出許多新世代的封裝技術，如球格陣列封裝(Ball Grid Array ,BGA)、覆晶封裝(Flip Chip,FC)、晶圓級封裝(Wafer Level CSP,WLCSP)、3D 堆疊封裝、光電封裝、微機電封裝、奈米封裝、SOC(System-on-a-Chip)及 SIP(System-in-Package)等技術。而伴隨著封裝技術的發展演進，封裝製程對材料特性的要求也愈趨嚴苛，相對地順勢帶動高性能封裝材料市場的發展。

表 2.1 IC 封裝型態分類



資料來源：溫啟宏，IC 封裝業發展前景分析，工研院電子所，1998 年。

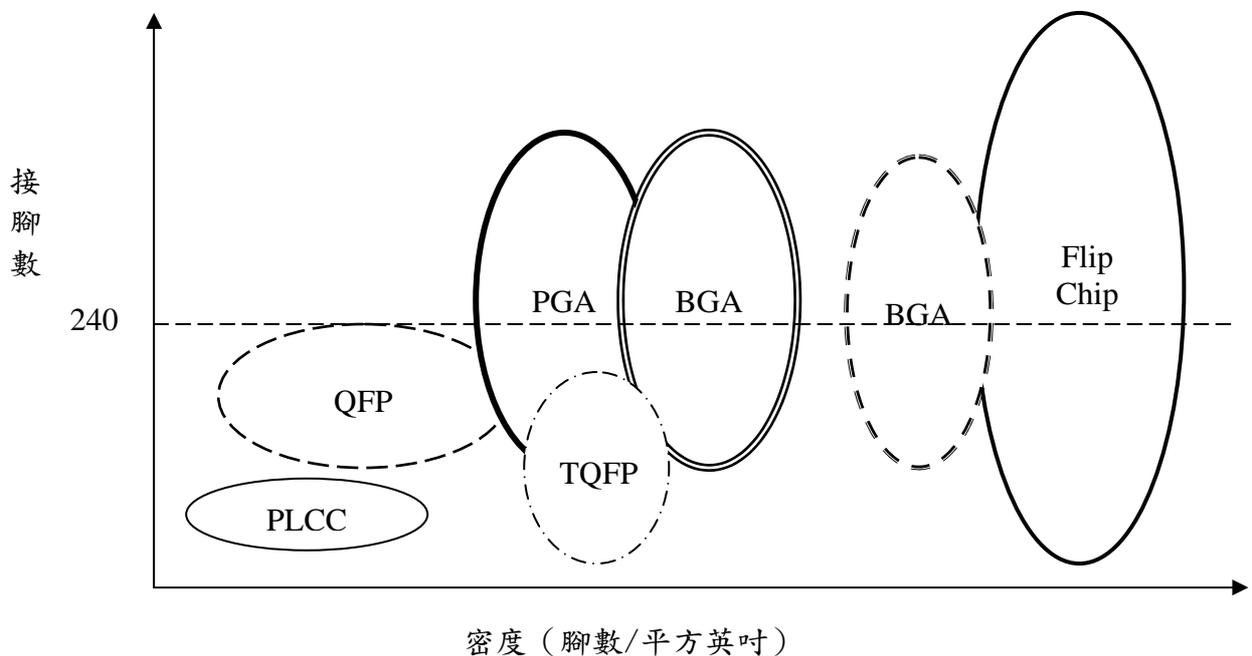
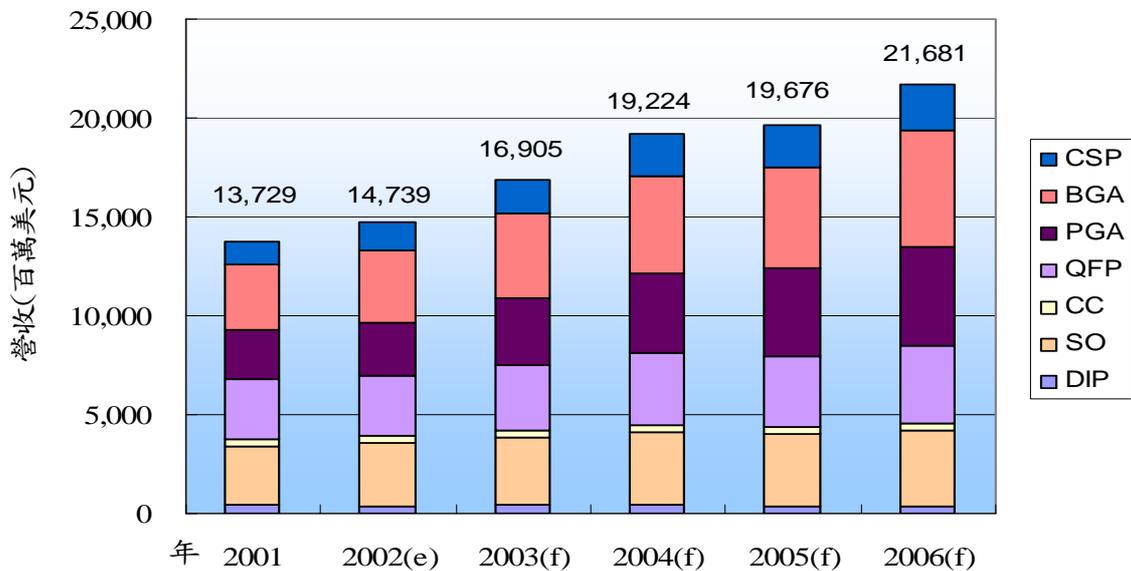


圖 2.2 封裝產品的演進

### 2.1.2 IC 封裝產業概況

依據 Electronic Trend Publications, Inc. 於 2002 年所估計的資料顯示 (參見圖 2.3), 2002 年全球封裝市場營收規模為 147 億 3,900 萬美元, 較 2001 年微幅上揚 7.4%, 並推測 2006 年之全球封裝產品總營收將可望達到 216 億 8,100 萬美元。值得注意的是, BGA 及 CSP 的營收比重呈現逐年提升的趨勢。此外, 就表 2.2 數字顯示, 傳統導線架封裝產品數量之複合成長率皆低於全球整體封裝產品數量的平均複合成長率, 反觀新世代封裝技術如: BGA 或 CSP 等產品之需求日益增大, 突顯傳統的封裝方式已無法滿足現有 IC 技術與產品的要求, 未來僅能應用於低階、低單價的產品上。

事實上, 從產業價值鏈來看, 上游產業的發展動向具備關鍵影響因素, 而在先進製程需求愈來愈高之際, 目前 Foundry 業者傾向與封裝、測試大廠共同策略聯盟, 加上 IDM 廠為降低成本, 逐步將非核心事業如封裝、測試部分切割出來, 並轉向委外代工的模式, 因此高階封裝產能的釋放將指日可待, 具備高階封裝技術的業者, 將可望成為掌握訂單的一大贏家。



資料來源：Electronic Trend Publications (2002)；工研院經資中心 ITIS 計畫整理

圖 2.3 全球封裝型態營收分布預測

表 2.2 全球封裝型態數量分布預測

項目	2001	2002(e)	2003(f)	2004(f)	2005(f)	2006(f)	CAGR
DIP	6,505	6,397	6,855	7,060	6,930	7,355	2.49%
SO	41,555	46,841	54,171	62,825	65,579	73,017	11.93%
CC	1,770	1,778	1,912	2,141	2,152	2,369	6.00%
QFP	7,493	7,925	8,954	10,306	10,737	12,347	10.50%
PGA	256	261	319	359	401	476	13.20%
BGA	2,302	2,691	3,280	3,930	4,155	4,916	16.38%
CSP	3,258	4,585	6,481	8,871	10,373	12,671	31.21%
DCA	5,410	6,053	7,188	8,341	8,784	9,895	12.83%
<b>Total</b>	<b>68,549</b>	<b>76,531</b>	<b>89,160</b>	<b>103,833</b>	<b>109,111</b>	<b>123,046</b>	<b>12.41%</b>

資料來源：Electronic Trend Publications (2002)；工研院經資中心 ITIS 計畫整理

## 2.2 製程概述

IC 封裝主流的塑膠封裝，依晶粒承載材料之不同，可分為導線架(Lead frame)封裝及基板(Substrate)封裝二種型式。導線架型式及基板型式封裝製程方塊流程如圖 2.4 及 2.5，二種封裝型式，在長烤後的製程開始有差異，導線架封裝型式須進行膠渣及導線架導腳間結線之去除、導線電鍍、及彎腳成型等製程，而基板封裝型式則須進行植球、迴錫及切單等製程；二封裝型式再經測試品檢，即完成產品製作過程，最後就可包裝出貨了。

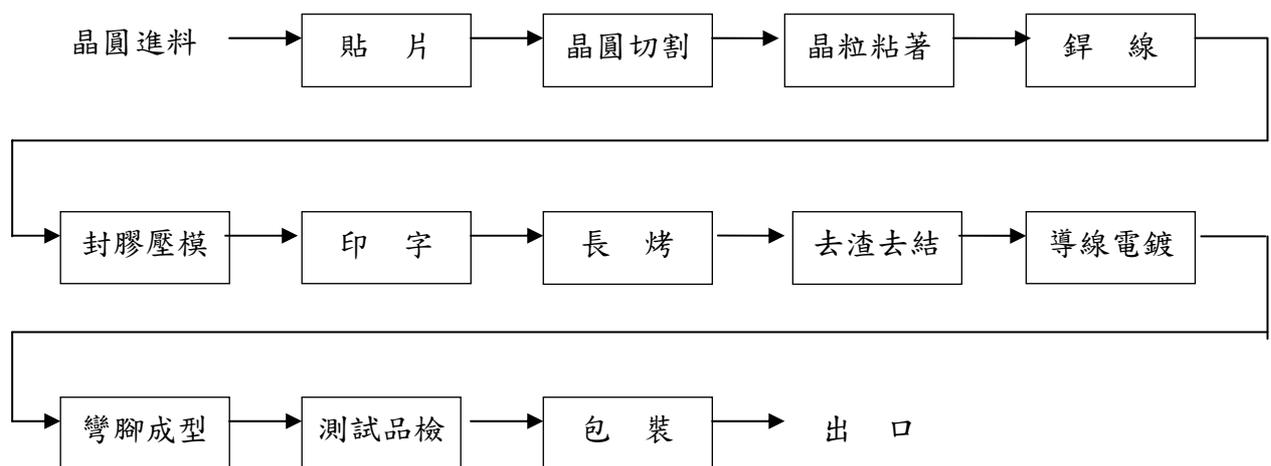


圖 2.4 導線架型式封裝製程方塊流程圖

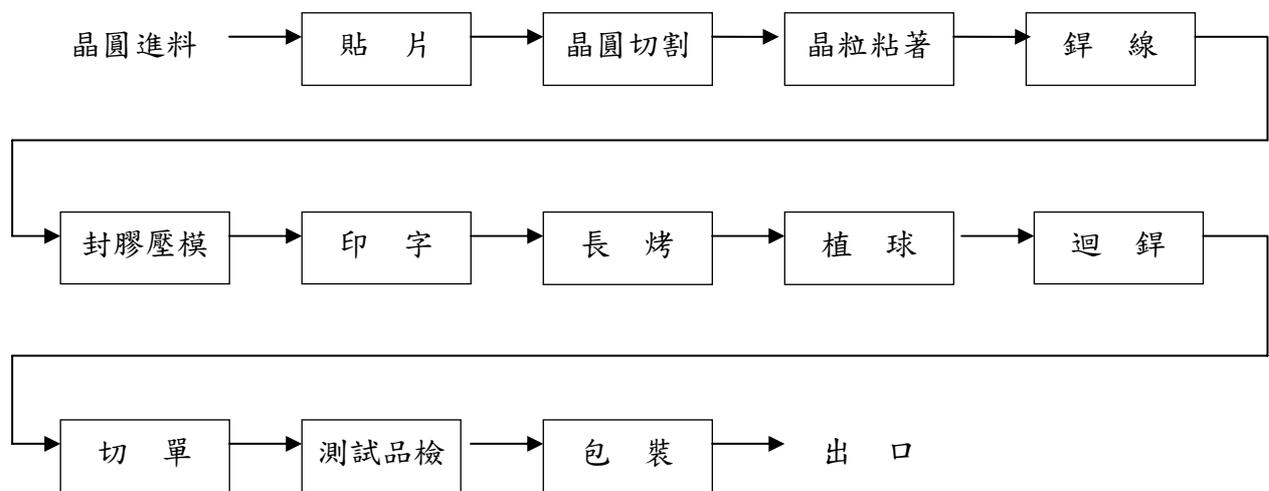


圖 2.5 基板型式封裝製程方塊流程圖

#### 1. 晶圓切割(Die sawing)

目的在將前製程完成之晶圓上的晶粒(die)切割分離，首先需在晶圓背面貼上藍色膠布(blue tape)，並置於框架上，再送入晶片切割機上以鑽石刀刀進行切割，切割完畢後，留有不良記號之晶粒將被拋棄。切割過程中使用純水及 CO<sub>2</sub> 可導掉靜電，並需調整清洗水壓及角度減少矽粉殘留。

#### 2. 晶粒粘著(Die bonding, Die Attach)

目的係將分離之晶粒放置在導線架或基板上，並利用銀膠(Silver Epoxy)黏著固定。

#### 3. 鍍線(Wire bond)

目的乃將晶粒上之接點以極細的金線(18-50 μm)連接到導線架上之內引腳，使得 IC 之電路訊號能傳輸至外界。

#### 4. 封膠壓模(Molding)

目的為將打好線之晶片封入保護膜內，以防止濕氣侵入、支持導線、散熱及提供能夠手持之形體。過程為先將鍍線完之導線架放於框架上，並預熱；再將框架置於壓模機之封裝模上；壓模機啟動後，封閉上下模，

將加熱半熔化後之樹脂擠入模中，待樹脂填充硬化後，開模取出成品。

#### 5. 印字(Marking)

印字目的在標示產品型號及產品提供者之商標。

#### 6. 長烤(Curing)

長烤之目的係在使熱固性之壓模封膠進一步硬化成需求之硬度。

#### 7. 去渣去結(Trimming)

去渣去結目的乃是將不需要的連接用材料-結線及部分凸出之樹脂切除(De-junk)。

#### 8. 電鍍(Plating)

電鍍之目的在保護導線架底材及增加 IC 後續使用銲錫性。

#### 9. 彎腳成型(Forming)

成型目的則是將外引腳壓成各種預先設計好之形狀，需考慮如何彎折外引腳成設計之形狀，同時不致破壞樹脂密封之狀態，在此製程，同時將一串的 IC 剪切成單顆 IC。

#### 10. 植球(Ball placement)

植球之目的係使錫鉛球在充滿熱風的環境下，與基板底部之錫球墊結合。

#### 11. 迴銲(Re-flow)

植球完成之基板再經過熱迴銲程序，使錫球經熔化再凝固過程正確定位於錫球墊上，並形成完美之球型。

#### 12. 切單(Singulation)

切單目的是將一串的 IC 剪切成單顆 IC。

## 第三章 廢棄物特性與清理現況

### 3.1 廢棄物來源及特性

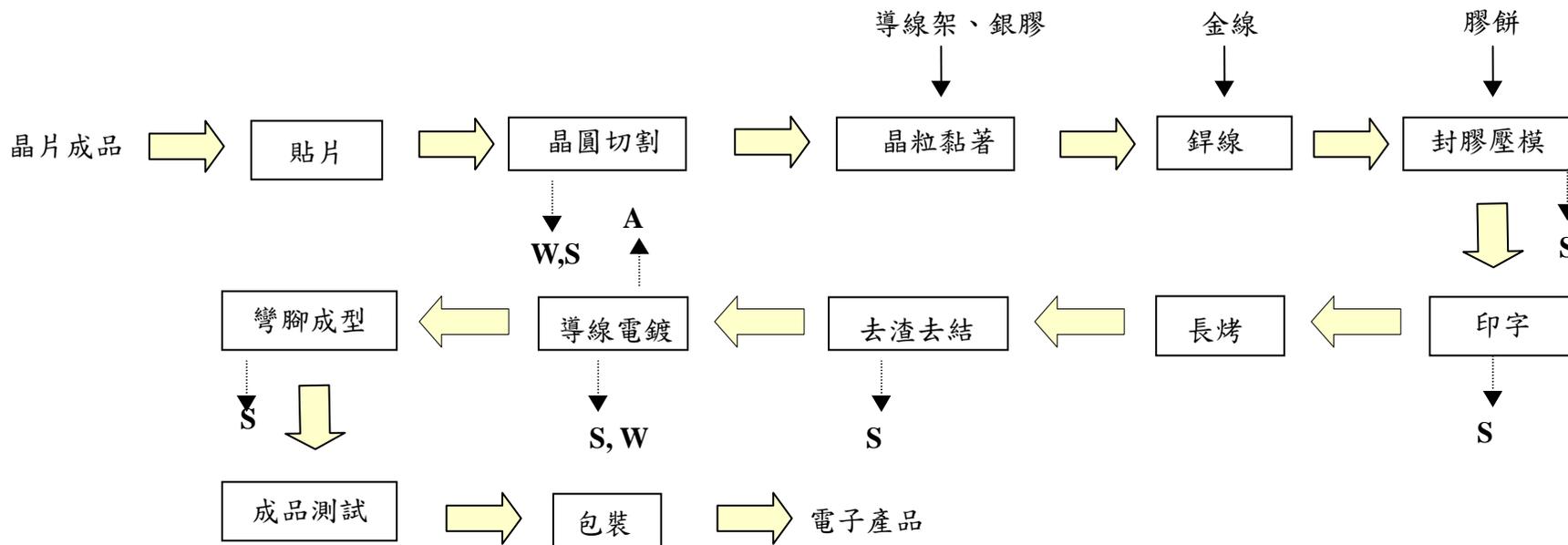
由於半導體封裝製程屬於半導體製程的一部分，晶片成品經過切割和打線的過程，切割成一顆顆的 IC 晶粒，然後將晶粒以銀膠黏著在導線架上打金線，將整個晶片組以膠餅封膠壓模，然後再以印字、長烤、去渣去結、導線電鍍、鍍錫鉛、經過清洗後、彎腳成型，就完成成品經測試後即可出貨。

圖 3.1 為整個半導體封裝製程及污染源，以廢棄物而言，在切割過程中會有廢水產生，在封膠壓模的過程中有廢壓模膠產生，在印字過程中有廢丙酮產生，導線電鍍過程會產生廢氣、廢水及廢噴砂產生，鍍錫鉛過程有廢水及廢錫渣，清洗過程中有廢丙酮產生，彎腳成型及包裝測試過程有廢 IC 產生，最後廢水處理廠有污泥產生。

至於此部分製程衍生之廢棄物產生量，其來源、種類及特性依製程別整理於表 3.1。

表 3.1 半導體封裝業各製程使用原料及廢棄物

製程	使用原料	廢棄物
貼片	晶圓	-
晶片切割	晶圓	晶片屑
晶粒黏著	BGA 基板、銀膠、導線架	廢銀膠、銀膠空罐
鐳線	金線	-
封膠壓模	膠餅	廢壓模膠
印字	丙酮、油墨	廢丙酮
去渣去結	-	邊條、碎屑
導線電鍍	硫酸、錫鉛球、剝錫劑、烷基磺酸、 烷基磺酸錫、烷基磺酸鉛	廢錫渣、廢酸及廢水
彎腳成型	-	廢導線架
成品測試	-	廢 IC
廢水處理	-	無機污泥
其他	-	廢塑膠、包裝材



註： A 代表廢氣； W 代表廢水； S 代表各類廢棄物（含固態及液態）

圖 3. 1 半導體封裝主要製造流程及可能污染源

## 3.2 廢棄物產生量及清理現況

### 3.2.1 固體廢棄物

半導體封裝業廢棄物大致分為廢錫渣、廢導線架、無機性污泥、廢丙酮、廢酸及廢壓模膠等 6 類，這六類中廢錫渣及廢導線架等具經濟價值，有業者主動進行回收，無機性污泥、廢丙酮、廢酸及廢壓模膠則需額外付費委託處理或再利用。這些廢棄物的產生量及目前處理方式整理於表 3.2。針對各項廢棄物進一步說明其特性、產生量及清除處理方式：

表 3.2 封裝業各類廢棄物產生量及處理方式

廢棄物名稱	產生量(噸/月)*	目前處理方式
無機性污泥	500	含鉛銅重金屬污泥：重金屬回收 矽污泥：掩埋處理或水泥替代原料
廢丙酮	15	純化或作為替代燃料
廢壓模膠	1500	水泥替代原料或掩埋處理
廢導線架	900	回收
廢錫渣	4	回收
廢酸	不定	回收

\*以封裝產業整體產值 800 億來推估

#### 1. 無機性污泥

##### (1) 產源及產生量

無機性污泥大致分為兩類，第一類重金屬污泥來自處理錫鉛電鍍製程產生之廢水，由於製程中使用到硫酸、錫鉛球、剝錫劑、烷基磺酸、烷基磺酸錫、烷基磺酸鉛等化學藥品，因此，廢水成分複雜，污泥重金屬成分鉛及銅含量高；第二類矽污泥來自處理研磨及切割製程產生之廢水，其中成分以矽為主。

由於各廠製程不同，因此這兩種污泥的產生量也沒有相關性，總體來說，

污泥產生量以封裝產業整體產值 800 億來推估每月約有 500 公噸。

## (2)清除處理方式

無機性污泥中重金屬污泥在環保署事業廢棄物管制中心歸類為廢棄物代碼 A-8801 電鍍製程之廢水處理污泥來進行管制。由行政院環保署事業廢棄物管制中心查詢，截至 92 年 10 月底止，合法具清除 A-8801 廢棄物資格之機構共計 33 家，詳細資料請參考表 3.3。具處理 A-8801 廢棄物資格之機構計有 6 家，詳細資料請參考表 3.4。目前這些機構之清除處理方式，有的是送往國外處理，有的則是回收其中金屬有價物質後以固化或安定化方式進行中間處理，再送入掩埋場。

矽污泥則以一般廢棄物處理，一般可作為水泥替代原料再利用或是進行掩埋處理。

表 3.3 具清除 A-8801 廢棄物資格機構名稱及核可量

縣市別	機構名稱	核可量(公噸/月)
台北市	鴻佑環保科技股份有限公司	2000
台北市	可寧衛股份有限公司	17350
台北縣	佶鼎科技股份有限公司	2090
桃園縣	北城股份有限公司	2800
桃園縣	綠峰環保工程有限公司	590
桃園縣	向揚環保工程有限公司	364
桃園縣	台清股份有限公司	990
桃園縣	上代企業有限公司	4800
桃園縣	恆達通交通股份有限公司	34000
桃園縣	勤快興業有限公司	3750
桃園縣	達清企業有限公司	7016
桃園縣	康福環保工程有限公司	4200
桃園縣	啟宏資源再生有限公司	3270
桃園縣	廣青環保科技有限公司	3300
桃園縣	台灣瑞斯曼股份有限公司(清理)	1800
桃園縣	順倉股份有限公司(清理)	2844
新竹縣	綠斯特國際有限公司	1244
新竹市	和豐環保工程有限公司	1500
新竹市	碧立清企業有限公司	830
雲林縣	筌茂實業有限公司	1530
彰化縣	碩泰環保事業股份有限公司(清理)	1500
台南縣	可寧衛股份有限公司台南縣分公司	10000
高雄市	永豐盛企業有限公司	8655
高雄市	寬正有限公司	2283
高雄市	信利環保工程有限公司	2549
高雄市	泓運汽車貨運行	6000
高雄市	綠色贏家資源再生科技股份有限公司	1000
高雄市	延侖環保服務股份有限公司	8700
高雄市	中聯爐石處理資源化股份有限公司	3000
高雄市	大典貨運有限公司	5600
高雄縣	岡聯企業股份有限公司	21440
高雄縣	鼎又工程有限公司	1560
屏東縣	賜優環保科技股份有限公司	5961

資料來源：環保署事業廢棄物管制中心(92, 10)

表 3.4 具處理 A-8801 廢棄物資格機構名稱及核可量

縣市別	機構名稱	核可量(公噸/月)
桃園縣	佶鼎科技股份有限公司	2700
桃園縣	台灣瑞斯曼股份有限公司(清理)	1800
桃園縣	順倉股份有限公司(清理)	2844
彰化縣	碩泰環保事業股份有限公司(清理)	1500
高雄市	中聯爐石處理資源化股份有限公司	2970
高雄縣	岡聯可寧衛股份有限公司	15250

資料來源:環保署事業廢棄物管制中心(92, 10)

## 2.廢丙酮

### (1)產源及產生量推估

丙酮主要用於油墨蓋印製程，產生量以封裝產業整體產值 800 億來推估每月約有 15 公噸。

### (2)清除處理方式

廢丙酮在環保署事業廢棄物管制中心歸類為廢棄物代碼 C-0301，屬閃火點小於 60°C 廢液來進行管制。由行政院環保署事業廢棄物管制中心查詢，截至 92 年 10 月底止，具清除 C-0301 廢棄物資格之機構共計 37 家，詳細資料請參考表 3.5。具處理 C-0301 廢棄物資格之機構計有 8 家，詳細資料請參考表 3.6。

目前廢丙酮的處理方式有兩種，有的純化回收丙酮，有的作為替代燃料使用。

表 3.5 具清除 C-0301 廢棄物資格機構名稱及核可量

縣市別	機構名稱	核可量(公噸/月)
宜蘭縣	幸福水泥股份有限公司東澳廠(清理)	27960
台北縣	高專能源股份有限公司	1500
桃園縣	北城股份有限公司	2800
桃園縣	綠峰環保工程有限公司	590
桃園縣	向揚環保工程有限公司	364
桃園縣	有盛環保工程有限公司	1500
桃園縣	金晨企業有限公司	700
桃園縣	台清股份有限公司	990
桃園縣	上代企業有限公司	4800
桃園縣	恆達交通股份有限公司	34000
桃園縣	達清企業有限公司	7016
桃園縣	奔騰實業有限公司	3300
桃園縣	康福環保工程有限公司	4200
桃園縣	啟宏資源再生有限公司	3270
桃園縣	廣青環保科技有限公司	3300
桃園縣	宇鴻科技股份有限公司(清理)	2000
桃園縣	順倉股份有限公司(清理)	2844
桃園縣	易增股份有限公司(清理)	6570
桃園縣	勁鍊科技股份有限公司(清理)	561
新竹市	和豐環保工程有限公司	1500
雲林縣	筌茂實業有限公司	1530
雲林縣	久榮環境科技股份有限公司	1266
台南市	南科環境技術股份有限公司	1030
台南縣	正新環保工程股份有限公司	1236
台南縣	可寧衛股份有限公司台南縣分公司	10000
台南縣	圓立環保股份有限公司	360
台南縣	鼎又工程有限公司	1560
高雄市	亞斯科技股份有限公司	1150
高雄市	達人汽車貨運股份有限公司	109
高雄市	鈺辰企業有限公司	2970
高雄市	信利環保工程有限公司	2549
高雄市	泓運汽車貨運行	6000
高雄市	環榮興資源科技股份有限公司	728
高雄市	大典貨運有限公司	5600
屏東縣	賜優環保科技股份有限公司	5961
屏東縣	連祥環保汽車貨運行	14547

資料來源：環保署事業廢棄物管制中心(92, 10)

表 3.6 具處理 C-0301 廢棄物資格機構名稱及核可量

縣市別	機構名稱	總量(公噸/月)
宜蘭縣	幸福水泥股份有限公司東澳廠(清理)	32340
基隆市	總合溶劑股份有限公司	720
桃園縣	宇鴻科技股份有限公司(清理)	3450
桃園縣	順倉股份有限公司(清理)	2844
桃園縣	易增股份有限公司(清理)	6570
桃園縣	勁鍊科技股份有限公司(清理)	561
雲林縣	日友環保科技股份有限公司	2940
高雄縣	圓立環保股份有限公司	360

資料來源:環保署事業廢棄物管制中心(92, 10)

### 3.廢壓模膠

#### (1)產源及產生量推估

廢壓模膠又稱廢膠條，其產生為經過處理後 IC 覆上膠餅，經壓模後的殘餘物，約有 50% 成為廢壓模膠，膠餅是一種含二氧化矽的樹脂，其成分如表 3.7 所示，產生量以每月生產 8 噸 IC 的製程來計算，使用膠餅約 7 噸，產生之廢壓模膠約 3 噸，產生量以封裝產業整體產值 800 億來推估約為每個月 1,500 公噸。

表 3.7 封裝製程用壓模樹脂成分

成分名	成分百分比
環氧樹脂	4-6%
酚樹脂	4-6%
溴化環氧樹脂	約 1%
氧化錒	約 0.5%
二氧化矽	87-90%
其他	約 1%

#### (2)清除處理方式

廢壓模膠在環保署事業廢棄物管制中心歸類為廢棄物代碼 D-0299 廢塑膠混

合物來進行管制。由行政院環保署事業廢棄物管制中心查詢，截至 92 年 10 月底止，具清除 D-0299 廢棄物資格之機構共計 1,220 家，詳細資料可到事業廢棄物管制中心網站查詢。具處理 D-0299 廢棄物資格之機構合法之處理機構計有 24 家，詳細資料請參考表 3.8。

由於廢壓模膠大部分的成分為二氧化矽，雖然歸類為 D-0299 廢塑膠混合物，但在處理方式上較接近無機廢棄物的處理方式，目前處理機構以掩埋處理居多，也可作為水泥二氧化矽的替代原料。

表 3.8 具處理 D-0299 廢棄物資格機構名稱及核可量

縣市別	機構名稱	核可量(公噸/月)
宜蘭縣	友固股份有限公司	1080
桃園縣	轅碩環保股份有限公司	5400
桃園縣	欣榮企業股份有限公司(清理)	40500
桃園縣	宇鴻科技股份有限公司(清理)	3450
新竹縣	弘馳股份有限公司(清理)	80
苗栗縣	廣源造紙股份有限公司	1250
台中縣	旭遠科技企業股份有限公司	6000
南投縣	環偉實業股份有限公司	1800
南投縣	巨展環保股份有限公司	2850
彰化縣	聯欣環保科技事業股份有限公司	2300
雲林縣	優加綠環境保護工程事業股份有限公司	5850
雲林縣	南亞塑膠工業股份有限公司麥寮總廠	9300
嘉義市	華碁股份有限公司	15000
嘉義縣	宏晟環保工程股份有限公司(清理)	6000
嘉義縣	達和環保服務股份有限公司	27000
嘉義縣	綠潔環保工程股份有限公司	10500
台南縣	名慶通運股份有限公司	5850
台南縣	鈴麗環保科技股份有限公司(清理)	6000
台南縣	悅瑋企業有限公司(清理)	21000
台南縣	普捷企業股份有限公司(清理)	8100
高雄縣	雄衛股份有限公司	30000
高雄縣	昌冠企業有限公司	2610
高雄縣	達和清宇股份有限公司	9000
高雄縣	綠的生活股份有限公司	9000

資料來源：環保署事業廢棄物管制中心(92, 10)

#### 4.廢導線架及廢錫渣

##### (1)產源及產生量推估

這兩類物品都屬於製程中電子下腳品，其中廢導線架產生量以封裝產業整體產值 800 億來推估每月產量推估約 900 公噸，廢錫渣產量約 4 公噸。

##### (2)清除處理方式

廢導線架在環保署事業廢棄物管制中心歸類為廢棄物代碼 E-0217 廢電子零組件、下腳品及不良品來進行管制。由行政院環保署事業廢棄物管制中心查詢，截至 92 年 10 月底止，具清除 E-0217 廢棄物資格機構共計 230 家，詳細資料可到事業廢棄物管制中心網站查詢。具處理 E-0217 廢棄物資格機構計有 18 家，詳細資料請參考表 3.9。此外，此類廢棄物已進行通案再利用許可機構為嘉瑞有限公司蘆竹廠。

廢錫渣在環保署事業廢棄物管制中心歸類為廢棄物代碼 R-1305 廢錫，目前已被經濟部及內政部公告可直接再利用。這兩類物品的處理方式都是以回收金屬為主，回收後之殘餘物則進入掩埋場。

表 3.9 具處理 E-0217 廢棄物資格機構名稱及核可量

縣市別	機構名稱	總量(公噸/月)
桃園縣	福泰多科技股份有限公司	1650
桃園縣	侑晉有限公司	2184
桃園縣	佳龍科技工程股份有限公司(清理)	3200
新竹市	金益鼎企業股份有限公司(清理)	1769
新竹縣	弘馳股份有限公司(清理)	80
苗栗縣	全亞冠科技股份有限公司(清理)	2500
台南市	揚達實業有限公司台南分公司	900
高雄市	亞鉑化工股份有限公司	750
高雄縣	久發環保工程股份有限公司	1050
高雄縣	昌冠企業有限公司	2610
高雄縣	高傑電線電纜粉碎股份有限公司	1500
高雄縣	台灣美加金屬股份有限公司	180
高雄縣	上祈企業有限公司	9000
高雄縣	郡大實業股份有限公司	3650
高雄縣	大徵金屬工業有限公司	3600
高雄縣	綠建股份有限公司	1773.2
高雄縣	碧志企業有限公司(清理)	1050
高雄縣	勤仲企業有限公司(清理)	1050

資料來源：環保署事業廢棄物管制中心(92.10)

### 3. 2. 2 結語

國內半導體產業投資額均在數百億或千億元以上，廢棄物處理與污染防治設施之費用，約占投資總支出的1~3%左右。在執行上，除了必須符合法規規定之外，亦透過環境管理系統ISO 14001之追蹤管理，導入工業減廢與資源回收再利用之技術，來降低廢棄物之清除處理成本與提升企業環保形象。

半導體相關製造業所產生廢棄物種類頗多，若以一般及有害廢棄物來區分，屬一般固體廢棄物者，如：廢水污泥、廢樹脂、廢棧板、廢包裝材、生活垃圾等大多採委託代清理機構清除處理；有害廢棄物以廢液及廢五金為主，部分於國內資源回收，部分則委由清除機構清運至海外處理。整體而言，半導體相關製造業各類廢棄物之清理現況彙整如表3.10所示，半導體封裝業廢棄物以廢壓磨膠為最大量且仍以委外最終處置為主要處理方式。

表 3. 10 半導體相關製造業主要廢棄物清理現況

行業別	廢棄物種類	清理現況
晶片製造業	廢異丙醇	回收再利用或替代燃料
	廢硫酸	回收再利用
	氟化鈣污泥	回收再利用或最終處置
	廢光阻劑	替代燃料或焚化
	廢溶劑	替代燃料或焚化
半導體封裝業	無機性污泥	大部分委外最終處置
	廢丙酮	大部分回收再利用或替代水泥原料
	廢壓模膠	委外最終處置或替代水泥原料
	廢導線架	委外最終處置或再利用
	廢酸	大部分回收再利用
	廢錫渣	回收再利用
砷化鎵光電半導體製造業	砷化鎵晶圓廢料	大部分原料商回收
	封裝不良品	部分原料商回收或委託清理
	研磨粉屑	委託清理
	蒸鍍鍋垢	大部分暫存
	廢水處理污泥	委託清理

## 第四章 清潔生產

### 4.1 環境化設計

環境化設計(Design for environment)或綠色設計(Green design)主要是期望能達到：

- 1.將產品於設計規劃初期即將對環境的衝擊(Impact)列入考量，降低產品生命週期對環境所造成的負荷；
- 2.在製造及生產過程中，降低對能源與資源的耗用，減少對原物料的使用及避免使用有害物質及毒性物質，儘量使用可再生、可回收的材料及優先以最佳可行性控制技術加強對各種污染物排放防治；
- 3.產品在使用完後能容易被妥善分類、分解、回收(Recovery)、再循環(Recycle)、再利用(Reuse)、再生(Regeneration)。

#### 4.1.1 綠色產品

環保意識的抬頭，台灣產業已能體會發展經濟的同時亦須顧及環境保護，若再不重視，資源終會耗竭。因此，歐盟、美國、日本等全球上這些已開發國家正極力推動產品的綠色標籤(Green label)活動，它們對於電子、通訊產品等在生產及製造過程中所使用的有害材料(Hazardous materials)正逐步限制使用或回收。

早期管制做法只是先詢問各製造商生產該公司產品中所含有的重金屬物質(Heavy metal)種類，如鉛(Lead)、鎘(Cadmium)、汞(Mercury)、六價鉻(Hexavalent chromium)、銻(Antimony)、鈹(Beryllium)等，發現含有時，僅以建議改善的方式通知該產品製造商改進；接著是調查產品中所使用的原物料及製造過程中，是否使用蒙特婁議定書(Montreal protocol on substances that deplete the ozone layer)中所管制的破壞臭氧層的物質(Ozone depleting chemicals, ODCs)，如第一類(Class-1) 氟氯碳化物(CFCs)、海龍(Halones)、四氯化碳(Carbon tetrachloride)、三氯甲烷(Chloroform)，第二類(Class-2) 氟氯碳氫化物(HCFCs)等，若有前述物質則要求禁用、限制使用及提出改善期限。

目前由歐盟、美國、日本等國家提出產品進入該地區限制含量的規定有：

1. 歐盟(EU)：2006年7月以後，產品中鉛、鎘、汞、六價鉻含量需低於規定值，不得含有多溴聯苯類(Polybrominated biphenyls, PBB)與多溴聯苯醚類(Polybrominated diphenylethers, PBDEs)等阻火物質。
2. 美國：2004年以後產品中鉛含量需低於規定值。
3. 日本：2004年~2005年需將鉛含量削減到低於規定值。

封裝測試業所稱的綠色產品，截至目前為止全球尚未制定一共通規範條文，但只要產品是要進入歐盟國家的產品，就必須符合歐盟廢電機電子設備指令(Waste Electrical and Electronic Equipment, WEEE Directive)及有害物質限用指令(Restriction of Hazardous Substances, RoHS)要求。

WEEE Directive 於 2003 年底已修訂指令內容，關於回收清除處理費用負擔部分說明如下：

1. 2005年8月13日前售出，供工業、貿易或公共機構所使用之電機電子設備，其回收處理費用由使用者負擔，惟對於新售出(2005年8月13日後)供前述機構使用之電機電子設備，其日後之回收處理費用由原生產者(EEE自有銷售廠牌之廠牌製造商屬之，而非OEM廠商)負擔。
2. 對於2005年8月13日前售出之舊電機電子設備，歐盟會員國亦可選擇訂定公共或企業機構使用者在汰換具同樣功能之新產品時，部分或全部負擔回收處理之費用，至於其他非前述被汰換之舊設備，需由公共或企業機構使用者負擔。

RoHS Directive 則為歐盟議會和歐盟部長級理事會一致同意自 2006 年 7 月起禁止在電子電器設備中使用鉛、鎘、汞、六價鉻等四種重金屬以及 PBB 和 PBDE 等兩種溴化物阻燃劑(Brominated flame retardant)。

由於歐盟將於 2006 年 7 月正式實施“RoHS 法案”，目前日本知名電子產品製造商均已開始加強綠色採購調查。鑒於每家產品製造商規定的調查對象物和所要求的標準不同，造成調查的困難及不一致性，由企業自

願成立的團體--日本綠色採購調查標準化協會(JGPSSI)開始統一調查對象物（共 29 類化學物質），而且還制定了標準的回覆格式。

在調查對象清單中，將 15 類在日本國內外具有法律法規限制的物質訂為“A 級”，將 14 類列為回收對象的物質（貴金屬等）訂為“B 級”，總計羅列了 29 類化學物質做為調查對象（詳見表 4.1）。

據悉，JGPSSI 將來還準備與歐洲信息通信技術製造商協會(EICTA)、及美國電子工業協會(EIA)等國際工業協會展開合作，整合業界通用之管制物質標準及標準調查格式。

表 4.1 日本綠色採購調查標準化協會（JGPSSI）規定之化學物質調查清單

化學物質調查清單	
鎘和鎘化合物 (Cadmium and Cadmium Compounds)	銻及銻化合物 (Antimony and Antimony Compounds)
六價鉻化合物 (Hexavalent Chromium Compounds)	砷及砷化合物 (Arsenic and Arsenic Compounds)
鉛和鉛化合物 (Lead and Lead Compounds)	鈹及鈹化合物 (Beryllium and Beryllium Compounds)
汞及汞化合物 (Mercury and Mercury Compounds)	鉍及鉍化合物 (Bismuth and Bismuth Compounds)
TBTO (三丁基氧化錫, Tributyl Tin Oxide)	鎳及鎳化合物 (Nickel and Nickel Compounds)
A 三丁基錫類化合物 / 三苯基錫類化合物 (Tributyl Tins / Triphenyl Tins, TBT 類/TPT 類)	B 硒及硒化合物 (Selenium and Selenium Compounds)
級 PBB (多聚聯苯, Polybrominated Biphenyls) 類化合物	級 鎂 (Magnesium)
PBDE (聚合溴化聯苯乙醚, Polybrominated Diphenyl ethers) 類化合物	溴化阻燃劑 (brominated flame retardants)
PCB (多氯聯苯, Polychlorinated Biphenyls) 類化合物	乙烯氯化物聚合物 (Vinyl Chloride Polymer)
PCN (多氯化苯, Polychloronapthalenes (三氯 以上))	鄰苯二甲酸鹽 (phthalates)
短鏈氯化石蠟 (Short Chain Chlorinated Paraffins)	銅及銅化合物 (Copper and Copper Compounds)
石棉 (Asbestos)	金及金化合物 (Gold and Gold Compounds)
偶氮色料 (Azo Colorants)	鈀及鈀化合物 (Palladium and Palladium Compounds)
消耗臭氧層物質 (Ozone Depleting Substances)	銀及銀化合物 (Silver and Silver Compounds)
放射性物質 (Radioactive Substances)	

#### 4. 1. 2 封裝測試業環境保護應對方式

台灣的半導體製造業多半屬於代工製造，為跟上國際間的環境保護潮流，業者正如火如荼展開因應對策；屬於下游的封裝測試業者也同步展開製程上原物料的管制及含危害物材料的替代方案。

以日本 SONY 公司的綠色供應鏈為例，其生產的 PS 遊戲機於 2001 年第 4 季在荷蘭因鎘含量超過法定限制值而被禁止入港，SONY 除立即做產品更新及除鎘的行動外，更立即透過該公司全球採購系統，向供應商提出在採購規範中加入禁止與限用物質的技術文件條款。

同時，整合歐盟、德、荷、美、日、瑞典及丹麥...等各國對於禁止或限用物質的標準，訂定了 SONY 技術標準「部件和材料中的環境管理物質管理規定」、環境關聯物質管理辦法及「綠色夥伴」（Green Partner，簡稱 GP）認證制度，規範內容包括原物料、產品、包裝、生產環境到管理系統，每一項皆須符合制定的標準，是目前全球最具整合性及完整性的認證，該制度亦為其他國際大廠所認同，因此取得此認證也相對提升了國際競爭力。

以下針對封裝測試業之應對現況加以說明：

##### 1. 綠色環保封裝元件

錫鉛錫已被廣泛應用於電子產品超過十數年，它提供了電子元件與印刷電路板的最佳銲接合金，具有低成本、良好銲接性、良好機械強度及最適的銲接溫度等優點；但由於電子廢棄物容易因酸雨而溶出鉛且進入地下水，影響生態環境與人體健康，因此，歐盟要求會員國以明文立法自 2006 年 7 月起全面禁止含鉛材料的使用，美、日亦採取相似的做法以避免造成日後環境之污染。因此，封裝業發展一最適之取代品，不僅是基於環境保護之考量，更具有市場競爭之契機。

目前最具希望的取代品為較高融點之錫銀銅合金，惟元件之銲接溫度須較傳統錫鉛錫高出 30~40°C，此將造成元件須承受較大之熱應力，因此，開發耐熱性更佳之封裝材料為未來必要的趨勢。

此外，由於壓模樹脂含有溴及銻的化合物作為高溫阻燃劑，一旦電子元件廢棄後，在低於 800°C 的溫度下燃燒焚化，可能產生極為穩定、不容易生物分解、且具致癌性的戴奧辛或呔喃，因此封裝業刻正積極開發

使用無鹵素壓模樹脂，期能繼無鉛化綠色產品的潮流後，進一步對環境保護做出貢獻。

## 2.IC載板及其他材料要求

IC 封裝產品可依主要載板概分為導線架(L/F)與基板(Substrate)兩類，除了導線架及基板外，其他主要材料還包括壓模樹脂、銀膠、金線、錫球及其他視產品需要而加入的電阻、電容或散熱片等。在綠色產品的規範下，所有材料供應商應齊心致力於開發提供符合禁用物質標準的封裝材料，如此才能趕上這一波產業的變動而不致遭到淘汰；封裝業者也應逐次檢討各項材料之危害物含量，使綠色產品的要求擴及所有材料而不僅限於電鍍、錫球及壓模樹脂，如此才能契合綠色產品真正的環境保護目的。

## 4.2 廠內管理

解決污染問題的對策，不外乎預防污染物的產生、減少污染物的排放及進行污染物的處理，也就是所謂的廠內管理及管末處理，前者的基本精神在於「治本」，與後者的「治標」有極大的差異；前者對解決污染問題，著實有重大的效益，不僅可有效率地使用原物料。更可預防及減少污染物的產生，進而降低管末管理成本。

封裝測試業，雖屬於半導體產業鏈下游產業，但製造過程中，所使用的化學材料種類卻不及半導體晶圓製造業來得多樣化，晶圓製造業於製程上使用許多有機化學品，其產品製造的循環時間(Cycle time)也比封裝測試業來得長，相較而言，封裝測試業對環境的衝擊較屬輕微。

目前封裝業通過 ISO 14001 驗證的公司不少，通常其在廠內管理是以 ISO 14001 環境管理系統作為管理的主軸，除了符合政府環保法規及相關法規規定外，亦加強廢水、廢氣、廢棄物、噪音等的污染改善、控制，並注重污染預防工作，節約能源資源，進行資源回收，落實持續改善。

依 ISO-14001 環境管理系統條文要求，每年須定期進行污染源清查評分，確實掌握作業及活動對環境衝擊，並擬定各項環境管理方案，持續進行減廢及污染減量，以達環境政策所承諾之持續改善及永續經營。

有關封裝測試業廠內管理可分為「源頭管理」及「製程管理」兩部分加以說明：

### 1.源頭管理

源頭管理之做法上，是對於原物料、產品，乃至於廢棄物進行適當的進出控制，以使物料使用合理化，避免物料過時或超量使用，而造成報廢品及清理費用的支出。以下提供管理參考要點：

- (1) 材料包裝材減量：透過與材料供應商溝通協調，選用特殊紙質盒子、塑膠內襯及隔板等取代原有包裝材，使內裝材料使用後，包裝材還可回收重複使用，可有效減少廢棄物的產生及保麗龍的使用。
- (2) 化學品空桶回收：責成供應商回收化學品空桶，使重複盛裝相同之化學品供應使用，以減少空桶廢棄量。
- (3) 先進先出之倉管：先入庫之材料及藥品優先配發使用，避免物料儲

存過久失效而成報廢品。

- (3) 建立物料使用基準：建立各產品別之各項物料使用基準值，並每月檢視審核，防止物料異常使用或浪費使用。
- (4) 文件系統 E 化：將公司各項程序及規範 E 化，以電子方式分發及提供閱覽查詢，可減少紙張用量、碳粉匣及墨水匣消耗及文件整理人力。
- (5) 原物料洩漏之預防：化學藥液貯槽（桶）使用耐蝕、PE 等材質之貯槽構造應適當補強，以防止其槽體變形而造成洩漏；酸性及鹼性廢液的貯槽應分別選擇耐酸及耐鹼性材質，並設置液位控制器，當液面過高時即發出警報，以防止溢滿現象而造成洩漏。

## 2. 製程管理

- (1) 換用生產效率高之設備：使用生產效率高之設備，可有效減少材料藥品之耗用，例如：淘汰傳統吊掛式電鍍設備，改用自動化之電鍍設備，可有效減少電鍍藥品之使用及廢水之產生；另汰換手動壓模機為自動壓模機也可減少廢棄之壓模樹脂量。
- (2) 傳統電鍍製程依生產量加藥：訂定生產量及藥品耗用量之基準或建立電鍍液有效產量之統計分析資料，依生產量多寡添加必要之電鍍液，避免固定加藥方式可能產生之浪費。
- (3) 改善電鍍製程：將電解去膠及電鍍製程兩條線合併為同一條線，減少環境污染、減少廢水污染並提升產量產出。
- (4) 減少槽液洩漏：對製程設備槽體及其附屬設備之管、閥件等應嚴格實行管理及檢查，減少槽液洩漏發生之可能性。
- (5) 電鍍濾芯清洗：電鍍製程所使用之濾芯因含有高量之重金屬，故為有害廢棄物，在無法尋獲合法處理商情況下，可加以清洗、脫水後，經溶出試驗合格，以一般廢棄物方式處理。
- (6) 使用回收盛盤（Tray）：使用回收之 IC 盛盤，減少新品使用，可促成盛盤回收體系形成，減少相關廢棄物產生。
- (7) 清模用導線架替代品：不使用導線架做清模使用，而使用馬口鐵之替代品，除可回收重複使用減少廢棄物外，並可減少成本。

- (8) 避免電鍍槽液之不當排放：電鍍槽高濃度廢液排放時先以適當方法進行回收後再加以處理，如採用離子交換樹脂或電解法處理回收重金屬物質。
- (9) 建立電鍍廢液緊急排放程序：建立生產段之電鍍異常排放程序，做好與廠務處理段之溝通，使能有效收集或處理排放廢液，減少廢液產生量及可能之環境衝擊。

除上述管理方式外，亦藉由加強員工訓練，增進員工對於廢棄物分類之認知，提高廢棄物分類成效，減少垃圾量，並增加廢棄物回收價值。例如對廢木材、廢壓模膠、廢布、污泥等廢棄物妥善分類，對爾後回收再利用有極大幫助。

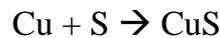
## 第五章 廢棄物資源化技術

### 5.1 廢錫渣資源化技術

廢錫渣中之主要成分為錫、鉛及銅等，如能有效將銅等不純物質去除時，便可達成再利用而取代精製爐作業過程中所需要部分添加量。因此，目前此類廢錫渣資源化技術建議以乾式熔煉為宜。現就相關資源化程序與資源化產品規範分述如下：

#### 5.1.1 廢錫渣資源化程序

一般處理程序係先將純金屬錫錠、鉛錠與廢錫鉛渣依定量比例調配後，待加熱至完全熔融狀態後，再添加硫磺粉，並於約 250°C 以上之溫度下操作，期使廢錫渣中所含銅成分與硫磺粉中所含之硫成分結合反應成為硫化銅爐渣，其反應式如下：



接著，過濾去除爐渣而與熔融態之錫鉛液分離，並調整錫鉛之比例，最後經澆鑄成型後，即為錫鉛錠產品，其流程如圖 5.1 所示。

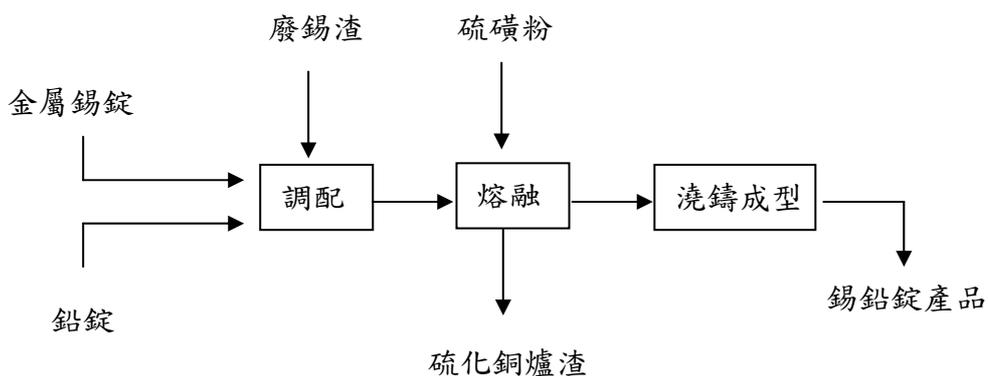


圖 5.1 廢錫渣資源化程序

### 5. 1. 2 錫鉛錠產品 CNS 標準規範

錫鉛錠產品（如錫-鉛成分百分比：63%-37%、80%-20%及 90%-10%等）於 CNS 2475 標準規範中對銅之殘存量有一定之限制（以 S 級 Sn63 產品而言，銅之殘存量為 0.03% 以下），相關規範如表 5.1、表 5.2、表 5.3、表 5.4 所示：

表 5.1 以鉛錫合金為主之一般用焊錫之種類、級別

種類	級別	符號	種類	參考值		
				固態線溫度(°C)	液態線溫度(°C)	比重
Sn95	S	—	Sn95	約 183	約 224	約 7.4
	A	Sn95A				
	B	Sn95B				
Sn65	S	Sn65S	Sn65	約 183	約 186	約 8.3
	A	Sn65A				
	B	Sn65B				
Sn63	S	Sn63S	Sn63	約 183	約 184	約 8.4
	A	Sn63A				
	B	Sn63B				
Sn60	S	Sn60S	Sn60	約 183	約 190	約 8.5
	A	Sn60A				
	B	Sn60B				
Sn55	S	Sn55S	Sn55	約 183	約 203	約 8.7
	A	Sn55A				
	B	Sn55B				
Sn50	S	Sn50S	Sn50	約 183	約 215	約 8.9
	A	Sn50A				
	B	Sn50B				
Sn45	S	Sn45S	Sn45	約 183	約 227	約 9.1
	A	Sn45A				
	B	Sn45B				
Sn40	S	Sn40S	Sn40	約 183	約 238	約 9.3
	A	Sn40A				
	B	Sn40B				
Sn38	S	Sn38S	Sn38	約 183	約 242	約 9.4
	A	Sn38A				
	B	Sn38B				
Sn35	S	Sn35S	Sn35	約 183	約 248	約 9.5
	A	Sn35A				
	B	Sn35B				
Sn30	S	Sn30S	Sn30	約 183	約 258	約 9.7
	A	Sn30A				
	B	Sn30B				
Sn20	S	Sn20S	Sn20	約 183	約 279	約 10.2
	A	Sn20A				
	B	Sn20B				
Sn10	S	Sn10S	Sn10	約 268	約 301	約 10.7
	A	Sn10A				
	B	Sn10B				
Sn5	S	Sn5S	Sn5	約 300	約 314	約 11
	A	Sn5A				
	B	Sn5B				
Sn2	S	—	Sn2	約 316	約 322	約 11.2
	A	Sn2A				
	B	—				

1. 適用範圍：本標準適用於以鉛錫合金為主之一般用焊錫，但不適用於其他含銀及含高錒量之焊料。
2. 材料及品質：焊錫之品質需均勻，且加工良好，在使用上不得具有害之缺陷。

表 5. 2 焊錫 S 級之化學成分

符號	化學成分%								
	Sn	Pb	不純物						
			Sb	Cu	Bi	Zn	Fe	Al	As
Sn65S	64~65	餘量	0.10 以下	0.03 以下	0.03 以下	0.005 以下	0.02 以下	0.005 以下	0.03 以下
Sn63S	62~64								
Sn60S	59~61								
Sn55S	54~56								
Sn50S	49~51								
Sn45S	44~46								
Sn40S	39~41								

表 5. 3 焊錫 A 級之化學成分

符號	化學成分%								
	Sn	Pb	不純物						
			Sb	Cu	Bi	Zn	Fe	Al	As
Sn95A	94~96	餘量	0.30 以下	0.05 以下	0.05 以下	0.005 以下	0.03 以下	0.005 以下	0.03 以下
Sn63A	62~64								
Sn60A	59~61								
Sn55A	54~56								
Sn50A	49~51								
Sn45A	44~46								
Sn40A	39~41								
Sn38A	37~39								
Sn35A	34~36								
Sn30A	29~31								
Sn20A	19~21								
Sn10A	9~11								
Sn5A	4~6								
Sn2A	1.5~2.5								

表 5. 4 焊錫 B 級之化學成分

符號	化學成分%				
	Sn	Pb	不純物		
			Sb	Cu	其他不純物合計*
Sn95B	93~97	餘量	1. 0 以下	0. 08 以下	0. 35 以下
Sn63B	61~65				
Sn60B	58~62				
Sn55B	53~57				
Sn50B	48~52				
Sn45B	43~47				
Sn40B	38~42				
Sn35B	33~37				
Sn30B	28~32				
Sn20B	18~22				
Sn10B	8~12				
Sn5B	3~7				

\*其他不純物為 Bi+Zn+Fe+Al+As

## 5.2 廢壓模膠資源化技術

廢壓模膠為半導體封裝廠主要廢棄物之一，由於此壓模膠主要成分為二氧化矽及熱固性樹脂等，其可資再利用應用範圍有限，故國內過去在未施行資源再利用之前，均採掩埋處理之。近年來已有實廠將廢壓模膠作為水泥廠替代原料或 FRP 補強材，此舉不僅將廢棄物資源再利用，同時解決廢壓模膠處理處置之問題。現針對上述資源化技術分述如下：

### 5.2.1 廢壓模膠替代水泥副原料資源化技術

如前所述，壓模膠主要成分為二氧化矽可替代部分水泥原物料；壓模膠另一成分為熱固性樹脂具有高熱值可部分替代燃料，利用壓模膠這二項成分特性，可明顯地看出其極適合水泥廠進行原物料替代之資源化工作。另外，發現其排放尾氣成分並無產生造成環境影響之物質，同時所生產之水泥品質並未受其影響。

#### 1. 水泥製造流程簡介

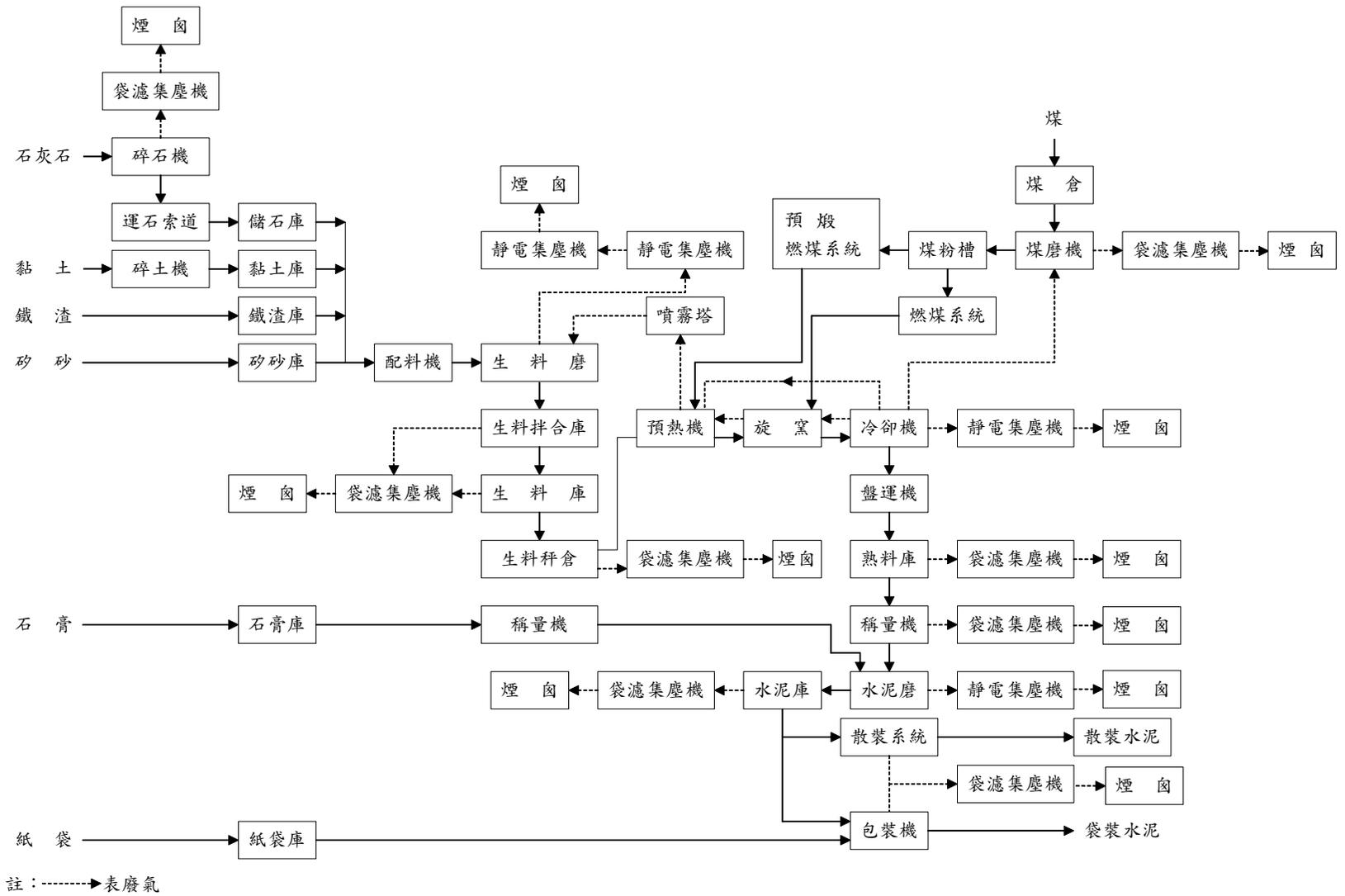
水泥製造之過程除原料之開採外，主要包括生料研磨、熟料燒成、熟料冷卻、水泥研磨及包裝出貨等五個程序，其製造流程如圖 5.2 所示，並說明如下：

##### (1) 生料研磨

水泥製程使用之主要原料為石灰石、黏土、矽砂、鐵渣等，原料自貯槽取出依比例混合後送入生料研磨，並利用旋窯廢氣為熱源，於生料磨中完成乾燥研磨及選粉作業。

##### (2) 熟料燒成

生料經研磨作業後，即可送入預熱機預熱，再進入旋窯燒灼，生料經高溫加熱起反應作用成熔融狀，即為熟料，再由旋窯出口端進入冷卻機。



資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，民國 90 年 12 月。

圖 5.2 水泥製造流程圖

### (3) 熟料冷卻

經燒成之高溫熟料，通過旋窯後即進入配置有冷卻風車之熟料冷卻機，以大量冷空氣急速冷卻至 120℃，即得墨綠色結晶粒狀生成物之熟料。

### (4) 水泥研磨

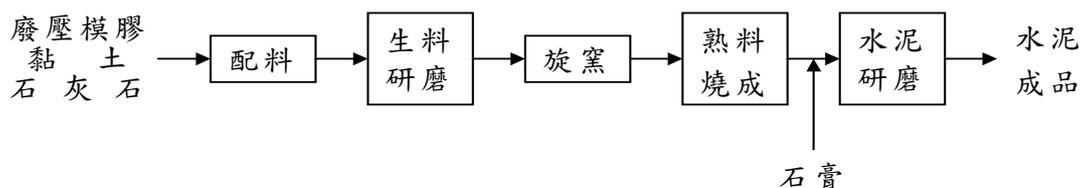
冷卻後之熟料送入熟料庫中貯存，研磨水泥時再經由稱重出料，與 5% 左右之石膏混合後送入水泥磨中研磨成水泥粉。

### (5) 包裝出貨

將暫存於水泥庫之水泥粉藉由清運機出料，並透過包裝機或散裝站分別以袋裝或散裝方式出貨。

## 2. 廢壓模膠資源化程序

首先必需將廢壓模膠經過適當破碎（如以少量添加方式進入研磨機研磨），再經由原先水泥進料品質控制後，即可進入水泥製程，同時搭配其他水泥原料混合，以旋窯高溫燒成，經由熟料加入石膏研磨而成水泥成品。廢壓模膠之添加位置可依實際現場流程決定最適添加位置，惟廢壓模膠仍需與生料完全混合，且於旋窯中燒灼，始可將廢壓模膠完全破壞且資源化。廢壓模膠資源化流程如圖 5.3 所示。



資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，民國 90 年 12 月。

圖 5.3 廢壓模膠資源化流程圖

綜觀整個資源化過程，廢壓模膠是否需要乾燥、研磨程度等均需嚴格地進行品質控制，以利於配合其他原料進行燒成。此外，由於廢壓模膠成分中亦可能含有少量硫(S)、氯(Cl)、溴(Br)、銻(Sb)等，雖說於燒灼過程均會與石灰石反應固熔並無溶出之虞，但在水泥成品檢測管控與定期空污監測亦應切實，以竟全功！

## 5. 2. 2 廢壓模膠替代 FRP 補強材資源化技術

一般熱固性塑膠乃為高度填充之複合材料，藉由精細研磨、篩分及粉末化，可將不能用之熱固性材料，按各種比率與純樹脂相拌合，使其得以再利用。但要進行此項再利用工作時，必須先考量兩個問題，亦即是否經濟？拌合材料之模造性能是否如預期？

### 1. BMC 法簡介

BMC(Bulk Molding Compound)係利用玻璃纖維與樹脂等預製成糰狀的半成品（熟料）之稱謂，其後續加工則可以熱壓或射出方式進行。由於其具備了節省人工、生產快速、產品尺寸安定等三大優點，因此受到廣泛的採用。其製造流程係使用二軸攪拌器(kneader)，藉由攪拌器混練所得之材料，直接以塊狀或以壓出計量機加工成使用者所要求之形狀，如為乾式片狀，則先經過捲筒(roller)粗碎後，再經粉碎機粉碎成最終材料；或是乾式球狀乃以攪拌器混練後，再經過製粒機中使成為粒徑3~5mm之粒狀。一般而言，開放式(open type)攪拌器混練費時，因此有時會改用加壓攪拌器，其混練時間可縮短為1/2~1/3，特別適用於乾式BMC，其基本製造流程如圖5.4所示。

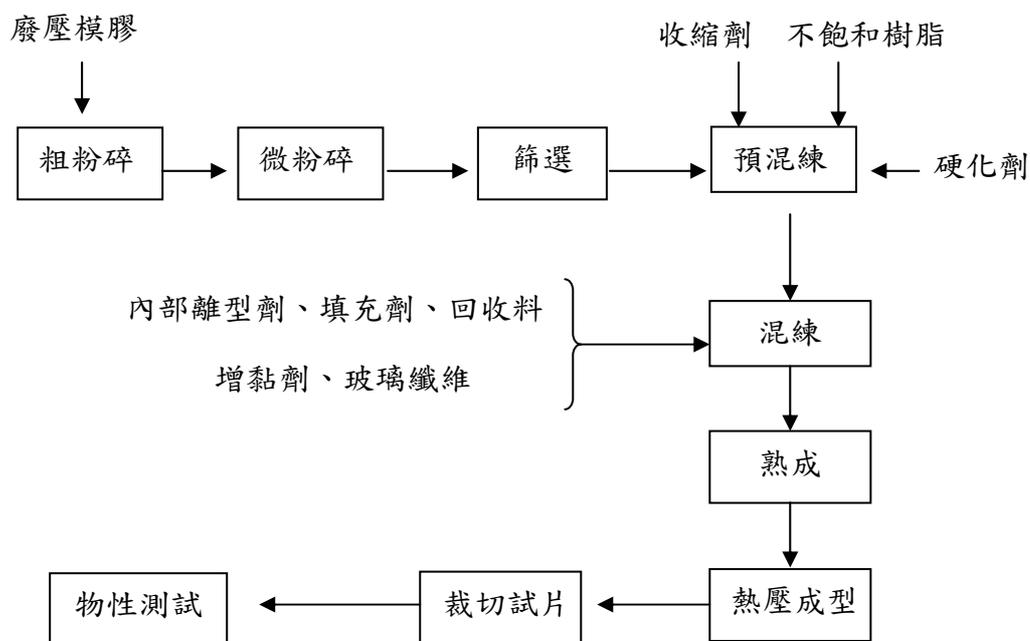


圖 5. 4 BMC 基本製造流程

## 2. 產品性能與規範

一般 BMC 製品有許多優點；如生產速率快、產量成本低廉、產品尺寸穩定性良好、可得兩面光滑之表面、依配方之調整可獲多種優異特性如高電氣性能、耐高溫、耐腐蝕、同一成品可容許厚度均勻不一等。BMC 為 FRP 一種，經加工容易變成有不同特性的成型材料，此材料的成形收縮率可接近零，實屬精密零件用成型材料。其相關物性如下所述：

### (1) 成型材料的低收縮性

BMC 在母相樹脂不飽和聚酯樹脂加低收縮劑，可以廣範圍地調節成型材料的收縮率，收縮率分為一般型材料的 0.15~0.2%，低收縮型的 0.07~0.1%，無收縮型的 0~0.05%。低收縮或無收縮型的材料可得尺寸精度良好，縮陷少、肉厚可自由變化的成型品。

### (2) BMC 的彈性率

在常溫的彈性率(E)，BMC 的 E 約為  $1000\text{kgf/mm}^2$ ，不如鋁的 E，但經肉厚、形狀的適當設計，易得鋁壓鑄品同等的剛性，亦即彎曲剛性 =  $E \times I$  (I 為斷面二次矩)，這正比於肉厚的 3 次方，只要不是很大的成型品（一邊長度不超過 300mm），可用與鋁同等或 2 倍肉厚代替。

### (3) BMC 線膨脹率

一般 BMC 的線膨脹率為  $2.0 \sim 3.5 \times 10^{-5} \text{deg}^{-1}$ ，有幅度是由於配合組成，玻璃纖維配向的影響，BMC 可藉配方而抑制為  $1.7 \sim 2.5 \times 10^{-5} \text{deg}^{-1}$ 。

## 5.3 廢溶劑資源化技術

「有機溶劑」之用途非常廣泛，在化工業、電子業等皆可見到，若是不回收利用而直接排放，不僅造成污染，亦增加生產成本。為此，如何有效回收再利用廢溶劑，將是牽涉到「污染防治」、「經濟效益」及「永續發展」等多項因數必需同時考量之重要課題。廢溶劑資源化技術，以純化與分離為主，常見方法有：蒸餾(Distillation)、膜分離、超臨界流體萃取(Supercritical Fluid Extraction)等，而這些方法可應用於不同之處理程序上，現將其分別敘述如下：

### 5.3.1 蒸餾

含水之廢溶劑常會形成共沸物(尤其是醇類之廢溶劑與水最為常見)，若欲利用蒸餾方法來提純有機溶劑，常需藉由在溶液中加入一種新的成分，利用其與水分及有機溶劑間的作用力之不同，改變原來雙成分之間的相對揮發度，如此即可用一般的精餾方法來分離水與有機溶劑。如果所加入的新成分能與被分離系統中的一個或幾個成分形成最低共沸物，新成分以共沸物的形式從塔頂蒸出，這種精餾操作便稱為「共沸精餾」。加入的新成分常被稱為「共沸劑」。如果加入的新成分並不和原系統中的任一成分形成共沸物，而其沸點又較原有的任一成分為高，將隨底流離開精餾塔，這便是「萃取精餾」，所加入的新成分稱為「溶劑」。現針對「共沸精餾」及「萃取精餾」分述如下：

#### 1. 共沸精餾

共沸精餾與萃取精餾的基本原理是一致的，所不同的是在於共沸劑與所欲分離之溶液混合時，除了影響其相對揮發度外，同時還會與其中一個成分形成共沸物。因此，上述之萃取精餾所討論之溶劑相關問題，原則上都適用於共沸劑。

共沸物的形成對於用精餾方法分離液體混合物的條件有很重大的影響，因此共沸現象一直是許多研究工作的對象。根據二元系統成分的活度係數與組成的關係可知，純成分的蒸汽壓相差愈小，則愈可能在較小的正(或負)偏差時就形成共沸物，而且共沸組成愈接近莫耳分率，隨著純成分蒸汽壓差的增大，最低共沸物向含低沸點成分多的濃度區移動，而最高

共沸物則向含高沸點成分多的濃度區轉移。系統的非理想程度愈大，則蒸氣壓一組成曲線就愈偏離直線，極值點也就愈明顯。

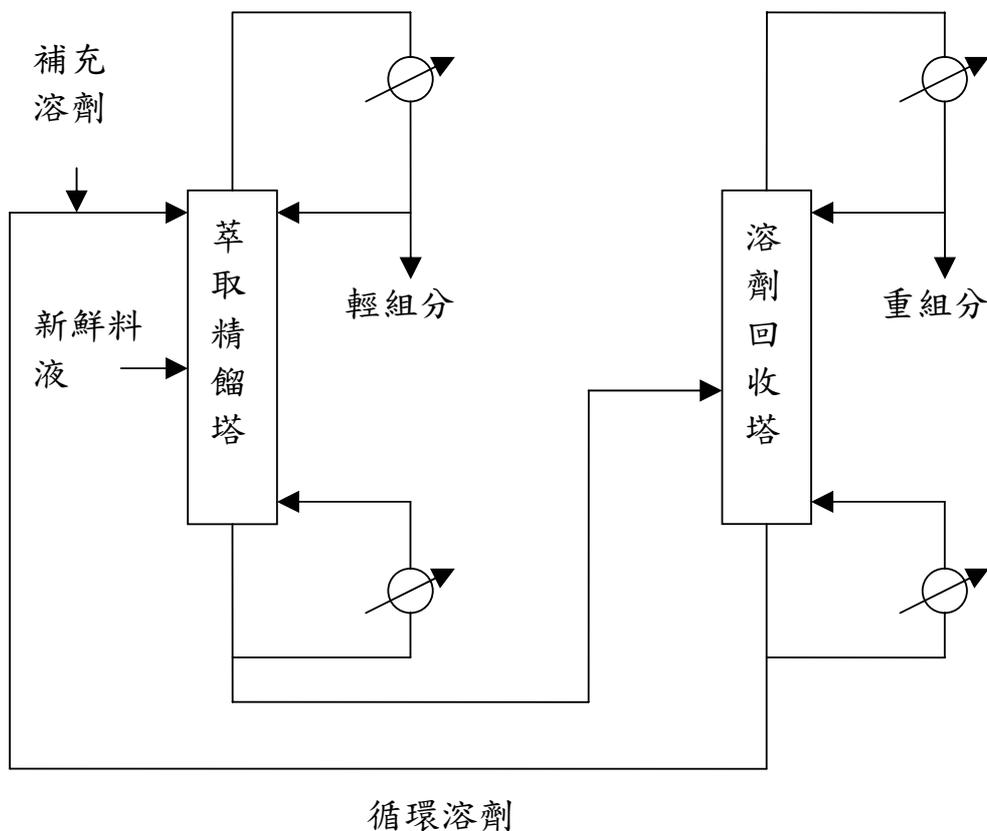
共沸劑至少應與原溶液的成分之一形成一個共沸物，而且該共沸物的沸點應該明顯地低於（或高於）原溶液成分之沸點或原溶液共沸物的沸點。為了達到分離之目的，並不一定要求原來兩成分之一作為純產品分離出來。共沸劑可能同時與兩成分形成共沸物，而此兩成分共沸物會有明顯之沸點差，如此，即可再用一般之精餾方法將其分別純化，達到最終提純之目的。共沸劑之選用除需符合能形成共沸物之需求外，還應考慮下述條件：

- 共沸劑的用量少，汽化所需熱量少，操作程序較經濟。
- 共沸劑容易回收，最好能用冷卻分層的方法回收，一般還可用萃取、鹽析、不同壓力下精餾等等。
- 共沸劑的熱穩定性好、不腐蝕、無毒性。
- 共沸劑價格低廉，容易取得。

進行共沸精餾的精餾塔，常常不代表整個流程所需投資的主要部分。回收共沸劑的設備在全部投資中所占的比例也不小，通常還需要有調配進料的設備。例如用共沸精餾分離二元共沸物時，一般都是先經過初步精餾，使進料液組成接近共沸組成以後，才送入共沸精餾塔。

## 2. 萃取精餾

萃取精餾裝置如圖 5.5 所示。主要設備是萃取精餾塔。由於溶劑的沸點高於原溶液各成分的沸點，所以它總是從塔底排出的，為了在塔的絕大部分塔板上均能維持較高的溶劑濃度，溶劑加入口一定要在原料進入口以上。但一般情況，它又不能從塔頂引入，因為溶劑入口以上必須還有若干塊塔板，組成溶劑再生段，以便使餾出物從塔頂引出以前能將集中的溶劑濃度降到可忽略的程度。溶劑與重成分一起自萃取精餾塔底引出後，送入溶劑回收裝置。一般都使用蒸餾塔將重成分自溶劑中蒸出，溶劑自回收塔引出，重新返回萃取蒸餾塔使用。整個流程中溶劑係循環再生利用，故其損失不大，只需添加少量新鮮溶劑補償即可。



資料來源：廢有機溶劑回收之清潔生產－純化方法，清潔生產雙月刊，第 25 期，民國 88 年 8 月

圖 5.5 萃取精餾裝置示意圖

萃取精餾能否達成所希望處理之目標，溶劑的選擇常是問題的關鍵，一般來說，萃取精餾的溶劑應符合下述要件：

- 能使原有成分的相對揮發度依所希望的方向改變，並有較大的選擇性。
- 易於從被分離之混合物中得到再生，其包括不與原有成分起化學反應，不形成共沸物，並與原有成分有一定的沸點差等。
- 適宜的物性，能與原有成分有較大的相互溶解度，而分布在塔盤上，產生分層現象；而對於黏度、比重、表面張力、比熱等影響板效率和熱量消耗的物性亦需考量。
- 溶劑使用安全、無毒性、不腐蝕、熱穩定性好、價格便宜、來源豐富等。

### 5. 3. 2 膜分離

隨著產業的不斷發展，對分離技術的要求是愈來愈高，分離的難度也愈來愈大。為了適應這些要求，除了對一些歷史較久的單元操作，例如精餾、吸收等加以改進以外，新的分離方法也不斷的湧現。膜分離技術便是新出現的分離方法中最重要的一種。

膜分離乃是指分子混合狀態的氣體或液體，經過特定的膜的滲透作用，改變其分子混合物的組成，直至能使某一種分子從其他混合物中分離出來，從而實現混合物分離之目的。

膜分離的作用機構原理往往用膜孔徑的大小與透過粒子(分子或離子)的大小為模型來說明。實質上，它是由於分子間力的作用而引起的；它同膜滲透過程的物理化學條件及膜與被分離物質間的作用有關。

膜分離的推動力來自於膜兩側化學勢之差，即膜兩側的壓力差、電位差和濃度差。在溶液系統中應用的膜分離法彙集如表 5.5 所示。

表 5. 5 膜分離方式及推動力

膜分離方式		適用範圍	推動力
滲透法	反滲透	分離小分子	壓力差
	超過濾	分離大分子	
電滲析法	電滲析	分離小分子	電位差
	電泳	分離大分子	
濃度滲透法	擴散透析	分離小分子	濃度差
	滲透蒸發	分離大分子	濃度差與壓力差

上述之多種膜分離法中，較可能用於廢溶劑回收純化的操作方法由相關資料顯示當屬擴散透析(Diffusion dialysis)及滲透蒸發(Pervaporation)兩種。以下我們將分別針對兩種操作方法的原理、流程、特性及其適用性作概要說明：

#### 1. 擴散透析(Diffusion dialysis)

擴散透析屬於一種薄膜分離程序，擴散本質上是一種熱能平衡的效

應，其現象為溶質由高濃度區移向低濃度區；透析則是一種溶液中的溶質穿透隔膜的現象。各種不同的溶質可藉由其擴散性差異而被分離，薄膜則扮演隔膜的角色，使溶質穿透而由高濃度區移向低濃度區。事實上，酸是一種溶質，其擴散穿透薄膜，到另一側的水流中（溶劑）。此等現象是一種遷移現象，而非交換現象。

基於電中性原理，離子交換膜兩側均保持離子電位中性。為此，兩側的陰離子必須以等速率方式穿透交換膜而互相交換，或每一陰離子擴散須伴隨一陽離子。由於氫離子的物理尺寸相當小，所以極容易伴隨與其連結的陰離子（如  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{F}^-$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$  或  $\text{SO}_4^{2-}$  等）而遷移穿透選擇性離子交換膜；相對的金屬離子物理尺寸較大，所以較不易與其連續的陰離子穿透，但金屬離子滲透(leakage)仍會發生。

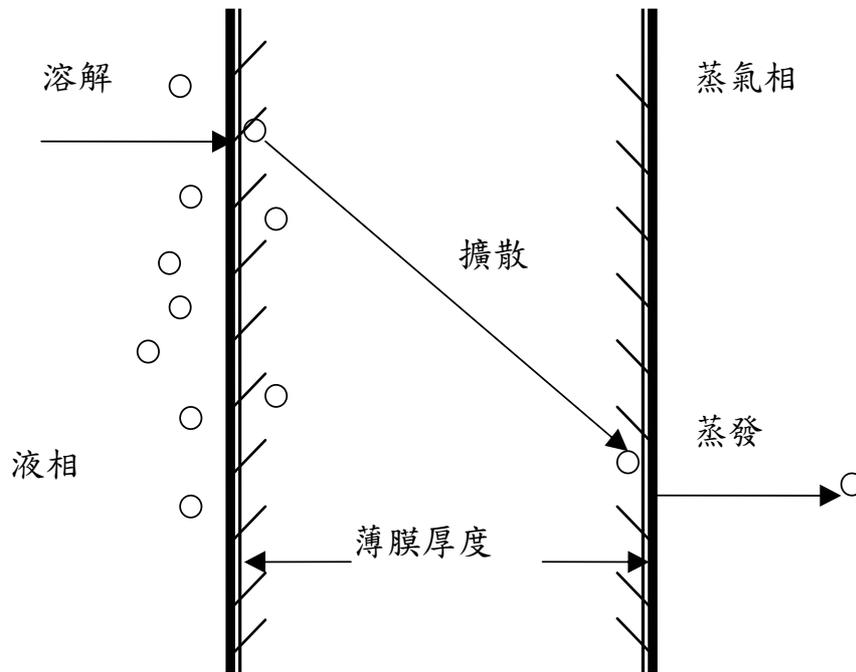
## 2.滲透蒸發(Pervaporation)

基於省能源及設備簡單的優點，滲透蒸發程序在分離共沸物，熱敏感混合物和沸點相近溶液方面廣泛的被研究應用，尤其針對醇類水溶液及有機廢水的分離方面，各類有關薄膜材質的開發及改質等文獻報告不斷有學者提出。其分離程序主要分成三步驟，即

- (1)液體進料溶解進入薄膜中。
- (2)進料物種在薄膜中傳送。
- (3)在薄膜的下游界面揮發，同時被帶離薄膜。

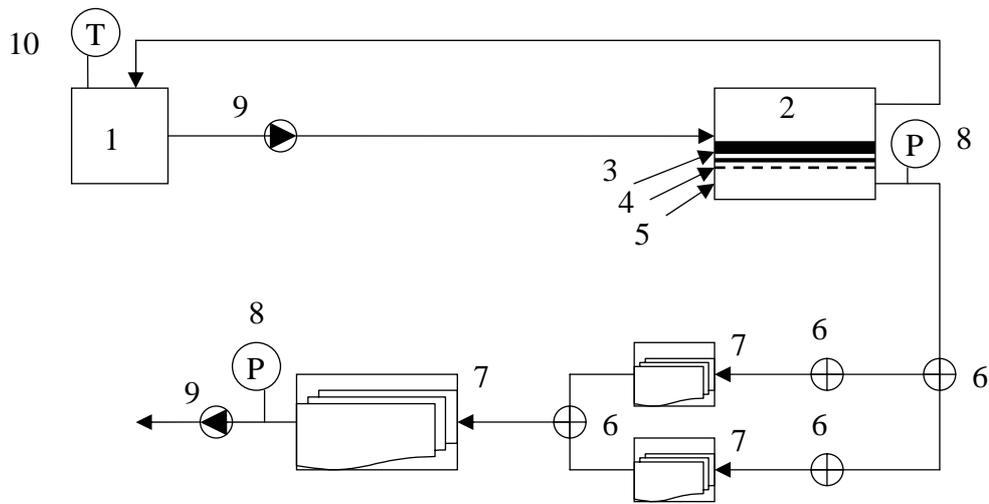
圖 5.6 為上述機構之示意圖，而整個分離程序可藉由圖 5.7 之裝置流程而達成。有關滲透蒸發程序之優點列舉如下：

- 節省能源。
- 易於分離共沸物。
- 可用於多成分含水混合物之脫水。
- 可作多重目標應用。
- 不必考慮產物受共沸劑污染之影響。
- 不必考慮處理廢料所引發之環境污染問題。
- 易於操作。
- 不占空間。



資料來源：廢有機溶劑回收之清潔生產－純化方法，清潔生產雙月刊，第 25 期，民國 88 年 8 月

圖 5.6 滲透蒸發機構之示意圖



- |         |            |
|---------|------------|
| 1. 進料   | 6. 鐵氟龍閥    |
| 2. 滲透槽  | 7. 利用液態氮冷卻 |
| 3. 薄膜   | 8. 真空度計    |
| 4. 膜支撐體 | 9. 循環泵     |
| 5. 多孔板  | 10. 溫度計    |

資料來源：廢有機溶劑回收之清潔生產—純化方法，清潔生產雙月刊，第 25 期，民國 88 年 8 月

圖 5.7 滲透蒸發裝置示意圖

### 5.3.3 超臨界流體萃取

超臨界萃取是利用一維持在高於溶劑之臨界點的溫度及壓力，作萃取操作，而從液體或固體分離出所欲之物質。超臨界流體之特異萃取性能很早就被發現，在早期已開發成功之所謂溶劑脫瀝青(Rose)製程，之後，應用於天然物萃取之研究，1978 年更由德國 Hag 公司將其商業化運轉用於萃取咖啡因。由於成效極佳，很快推展至其它地區，同時相關之專利、研究，亦大量增加。究其原因，應為其提供傳統分離程序所不欲達成之效能。一般而言，利用超臨界流體作為萃取溶劑之特點有下述幾項：

- 以二氧化碳為萃取劑時，無毒且不殘餘，安全性高。
- 選擇低臨界溫度流體，製程可在低溫操作，適合熱敏感性物質。彈性大，可處理多種原料。
- 萃取劑分離容易，產品品質佳。

- 在溶解力或分離效率不佳時，可添加少量之共溶媒來調整物性，提高萃取性能。
- 可與吸附、層析等分離並用來提高分離效應，達到高度分離之效果。
- 質傳速度快。
- 密度與液體類似，但黏度低、擴散性高，從質傳面來考慮有其優點。
- 適合高黏度或低濃度物質之處理。

雖然超臨界流體有上述許多優異特性，但在實際應用面仍侷限在某些特定用途上。主要原因為此類操作有如下之缺點：

- 須高壓裝置，設備製作困難，投資大。
- 高壓狀態下之物性、相平衡資料不足，萃取機構不清楚。
- 經濟性資料不足。
- 分離精密度不足：產品差別化困難，因此在處理對象成分複雜時，選擇率偏低。
- 共溶劑(co-solvent)之選擇亦需用試誤法，目前尚無理論基礎可預測。

## 5.4 廢污泥資源化技術

由於半導體封裝業產生之污泥屬無機污泥居多，其中有含重金屬有害性污泥（含銅量約有 1~5%，含水率約為 75%）及一般性無機污泥。以實際資源化現況，目前被採用之資源化技術，據瞭解：含重金屬有害性污泥大概只有配合印刷電路板相關行業之含銅污泥（含銅量約有 5~10%，含水率約為 75%）資源化再利用；矽污泥則可考量添加一定比例作為製磚或水泥副原料。

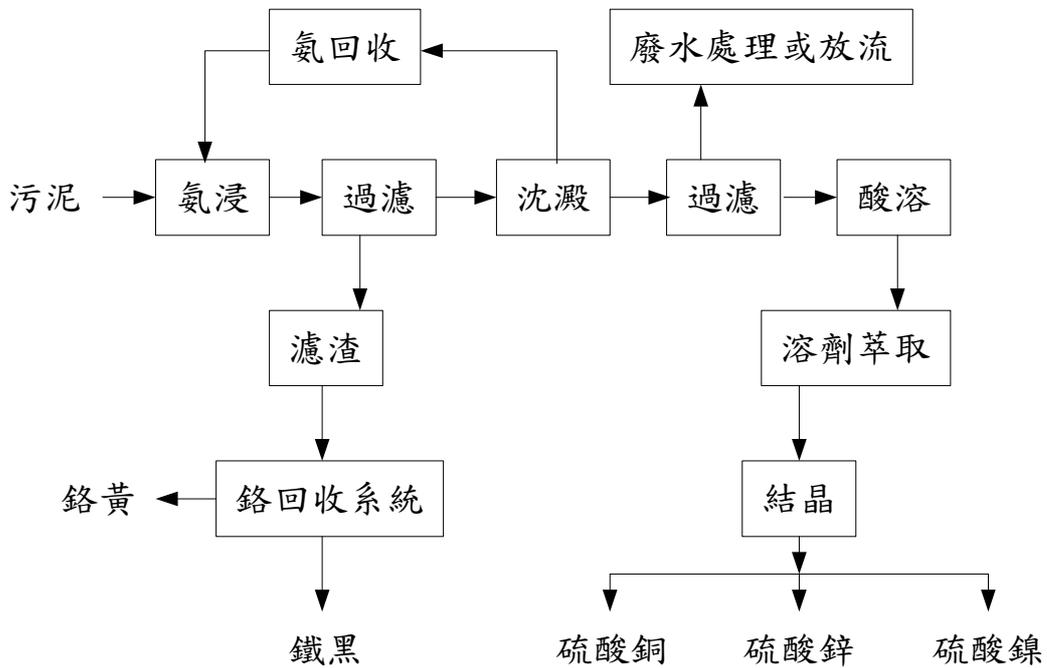
上述含銅污泥資源化技術及矽污泥資源化技術各有其特點，分別說明如下。

### 5.4.1 含銅污泥資源化技術

含銅污泥資源化技術可概分為濕式處理、濕乾式處理、乾式處理等，如以技術來評估，各類技術均成熟；但如何提高資源化經濟效益則為關鍵所在。茲將各回收處理技術說明如下：

#### 1. 濕式處理－氨浸萃取技術

由於氨浸萃取技術早在 1970 年代已有文獻記載，但只有中國大陸在最近十年有實廠運轉之文獻記載。並在美國、加拿大等國及工研院化工所均曾以氨浸萃取技術，進行重金屬污泥資源化研發工作，其處理流程如圖 5.8，由於污泥中之重金屬成分多以氫氧化物方式存在，經過碳酸氨溶液浸漬後，形成鎳、銅、鋅、鎘等可溶性錯氨碳酸鹽存於溶液中，而鉻與鐵金屬元素則因形成錯氨鹽後會繼續水解產生氫氧化物沈澱，過濾固液分離後，濾渣經過鉻回收系統可得鉻黃及鐵黑等資源化產品，而濾液則經過置換、萃取及結晶等步驟可得硫酸鹽產物。但是氨浸法則需面對如何加強氨浸提高浸出率及氨之回收率等問題。

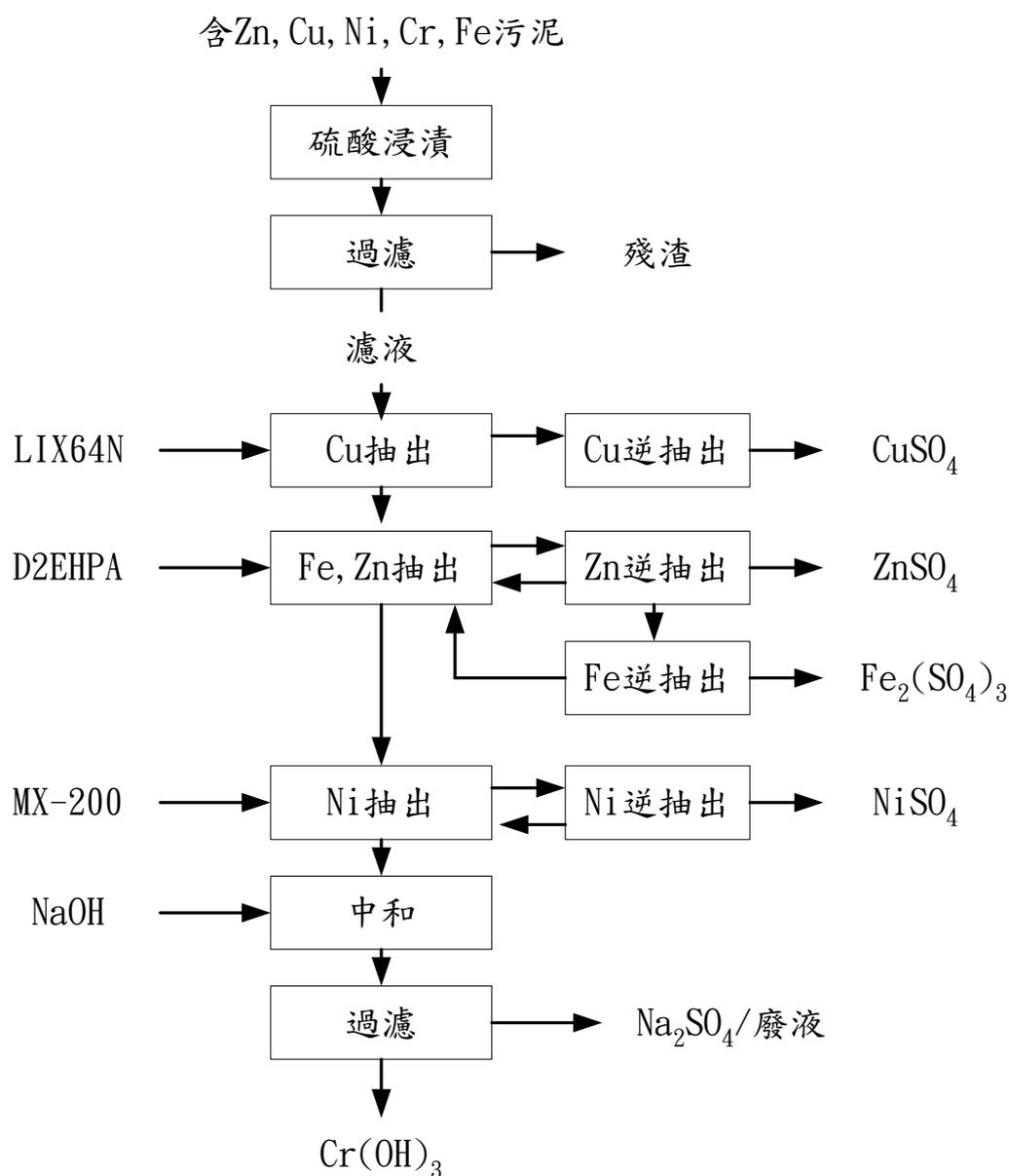


資料來源：印刷電路板製造業廢棄物資源化案例彙編，經濟部工業局，民國 85 年 5 月。

圖 5.8 氨浸萃取技術流程圖

## 2. 濕式處理－酸浸漬技術

瑞典 Am-MAR (Ammonical Carbonate Leaching-Metals and Acid Recovery) 處理重金屬流程已完成模廠規模，而電鍍污泥所含重金屬除了利用氨浸漬外，還可考慮利用 MAR (Metals and Acid Recovery) 法，使用  $H_2SO_4$  對重金屬污泥進行浸漬，再利用 Lix 系列萃取劑萃取金屬，經過  $H_2SO_4$  反萃後可獲得各種硫酸鹽結晶，其處理流程如圖 5.9 所示。但其操作程序需經過多次的萃取與反萃，步驟較為繁複。



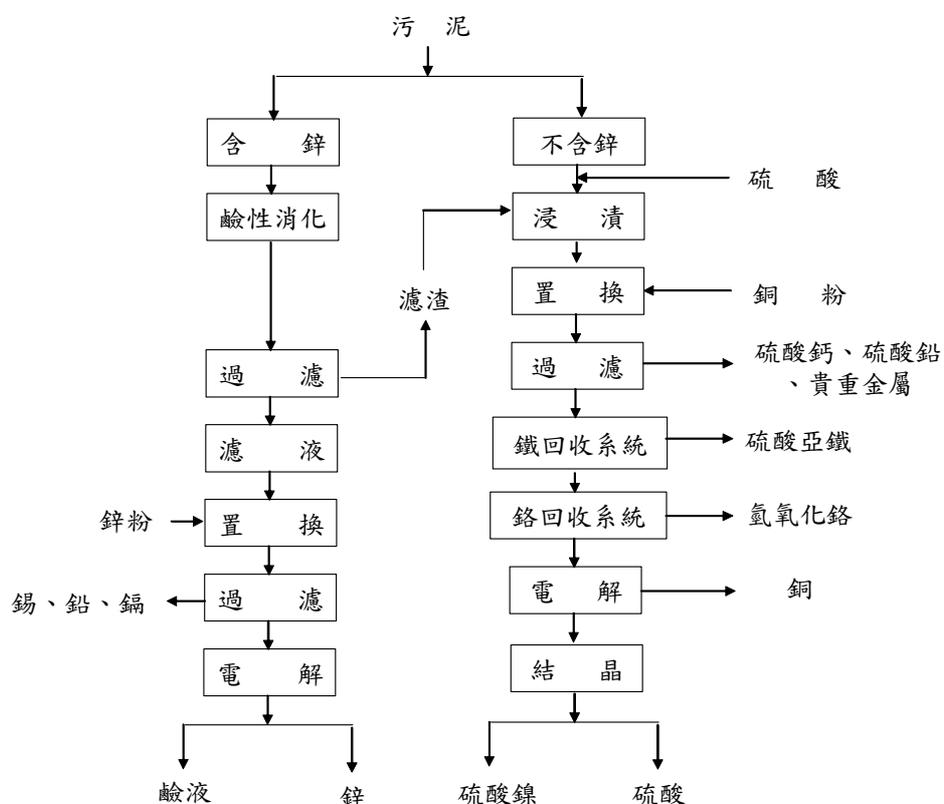
資料來源：印刷電路板製造業廢棄物資源化案例彙編，經濟部工業局，民國 85 年 5 月。

圖 5.9 Am-MAR 酸浸萃取技術流程圖

### 3.濕式處理－置換電解回收金屬

利用置換、電解、結晶等傳統化工單元，整合成為從污泥中資源回收重金屬之流程，其技術代表者為美國 Recontek 公司之重金屬污泥資源回收處理流程（如圖 5.10 所示）。首先此技術應用前，應先將污泥分為二類，亦即含鋅及不

含鋅兩類，其兩類典型之組成如表 5.6：



資料來源：印刷電路板製造業廢棄物資源化案例彙編，經濟部工業局，民國 85 年 5 月。

圖 5.10 污泥置換電解金屬回收處理流程 (Recontek)

表 5.6 應用重金屬污泥回收處理流程前之污泥分類

A 類 (含鋅)	B 類 (不含鋅)
Cu : 8~10%	Cu : 1~2%
Ni : 0.5%	Ni : 8~10%
Sn : 0.5%	Sn : 0.1%
Pb : 4~5%	Pb : 0.1%
Fe : 2~3%	Fe : —
Cr : 1~2%	Cr : 1~2%
Zn : 8~10%	Zn : —
Cd : 0.1%	Cd : —

資料來源：印刷電路板製造業廢棄物資源化案例彙編，經濟部工業局，民國 85 年 5 月。

### (1)A 類污泥 (含鋅)

係利用鹼性消化來溶解鋅、鉛及鎘，而銅、鎳、鐵與鉻則不溶。當反應完成，污泥經過濾後，不可溶（濾渣）之部分送往 B 類污泥之處理系統。濾液則送往置換系統(cementation system)。在置換系統內，加入足量鋅粉，任何陰電性較鋅為高之金屬(鉛、鎘)都會被沈澱出來。鉛與鎘經乾燥後即可出售。此時，溶液之中僅剩鋅以鋅酸鈉( $\text{Na}_2\text{ZnO}_2$ )之形式存在。以電解法處理之後即可回收鋅。而剩餘之鹼性溶液則可回收再利用。

### (2)B 類污泥 (不含鋅)

A 類污泥經鹼化過濾後之濾渣（含銅、鎳、鐵、鉻）與 B 類污泥混合攪拌後以硫酸浸洗(leach)，將污泥中之銅、鎳、鉻與其他金屬溶解、充氣、加溫等程序亦同時施行以加速反應。在反應完成後，加入足量之銅粉可將貴金屬（尤其是銀）沈澱出來。經過濾後，不溶物（硫酸鈣、硫酸鉛、銀）經乾燥可以出售給貴金屬精製商。濾液中含有銅、鎳、鐵、鉻等金屬經蒸餾程序後，濾液中之氯化物、硼酸鹽，以 HCl 及  $\text{HBO}_3$  之形態回收，硝酸鹽則分解為  $\text{N}_2$  與  $\text{H}_2\text{O}$ ，剩餘物經加水，過濾後可再送往鐵回收系統，鐵被轉化成硫酸亞鐵( $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )之形態回收，如回收品質良好的話，可以售予肥料製造商或水處理公司。鉻則以  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  之形態回收並出售給不鏽鋼工業。經鐵、鉻回收系統後，濾液中僅剩銅及鎳，將濾液利用電解法回收銅，此法可將濾液中之硫酸銅濃度降低至 500 mg/L，而回收陰極銅之純度可達 99%。濾液此時被送往鎳回收系統進行鎳回收，鎳回收係用蒸發及結晶法，其原理特點為硫酸鎳之溶解度隨  $\text{H}_2\text{SO}_4$  濃度升高而降低。因此，利用蒸發去除濾液中之水分以提高  $\text{H}_2\text{SO}_4$  濃度， $\text{NiSO}_4$  因此得以結晶析出。為避免溶液之密度增大而減緩沈降率，此一程序至溶液密度達 50~60 波美(Beo)可以視為完成，雖此溶液之中尚含有  $\text{NiSO}_4$ 。蒸發之水分經收集後，可以回用。經過濾清洗後，鎳在其鹽類中之含量約在 23~25%，可以出售給鎳之製造廠。剩下之濾液為不含金屬之硫酸溶液濃度達 75%，可以回用於廠內。

由於進廠處理之廢液或污泥成分變化多端，因此某些物質，例如：鈉與鐵會在濾液中累積。因此，需要後處理來去除回收累積之不純物。鈉可以經由蒸發、結晶之方式以硫酸鈉之形態回收，而蒸發之水則可以回收再用。99%的鐵是隨著含鋅污泥一同進入處理廠，只有極少部分會在鹼性消化時溶解；大部分將會進入酸性消化系統。在酸性消化系統中，部分會溶解而以  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  之形態存在，加入  $\text{H}_3\text{PO}_4$  後會形成磷酸鐵( $\text{FePO}_4$ )沉澱。經過濾後再將之轉化成氧化亞

鐵出售。

#### 4.濕式處理－磷酸浸漬技術

日本 Yoshizaki 和 Tomida(2000) 發表使用 20%磷酸及 2% $H_2O_2$  浸漬活性污泥，其中含有害重金屬 As、Cd、Cr、Cu、Hg、Ni、Pb、Zn 和 Fe、Mn 等金屬成分。經過 1 小時的浸漬，除 Cr、Fe、Hg 的溶出率在 50-60%之間，其餘金屬元素可達 80%以上，而 Pb 的浸出率更可達 100%，比使用 1N HCl、 $H_2SO_4$  和  $HNO_3$  的浸漬效果更理想，其後再利用樹脂離子交換法回收金屬成分，而磷酸則可回收循環使用，節省操作成本。

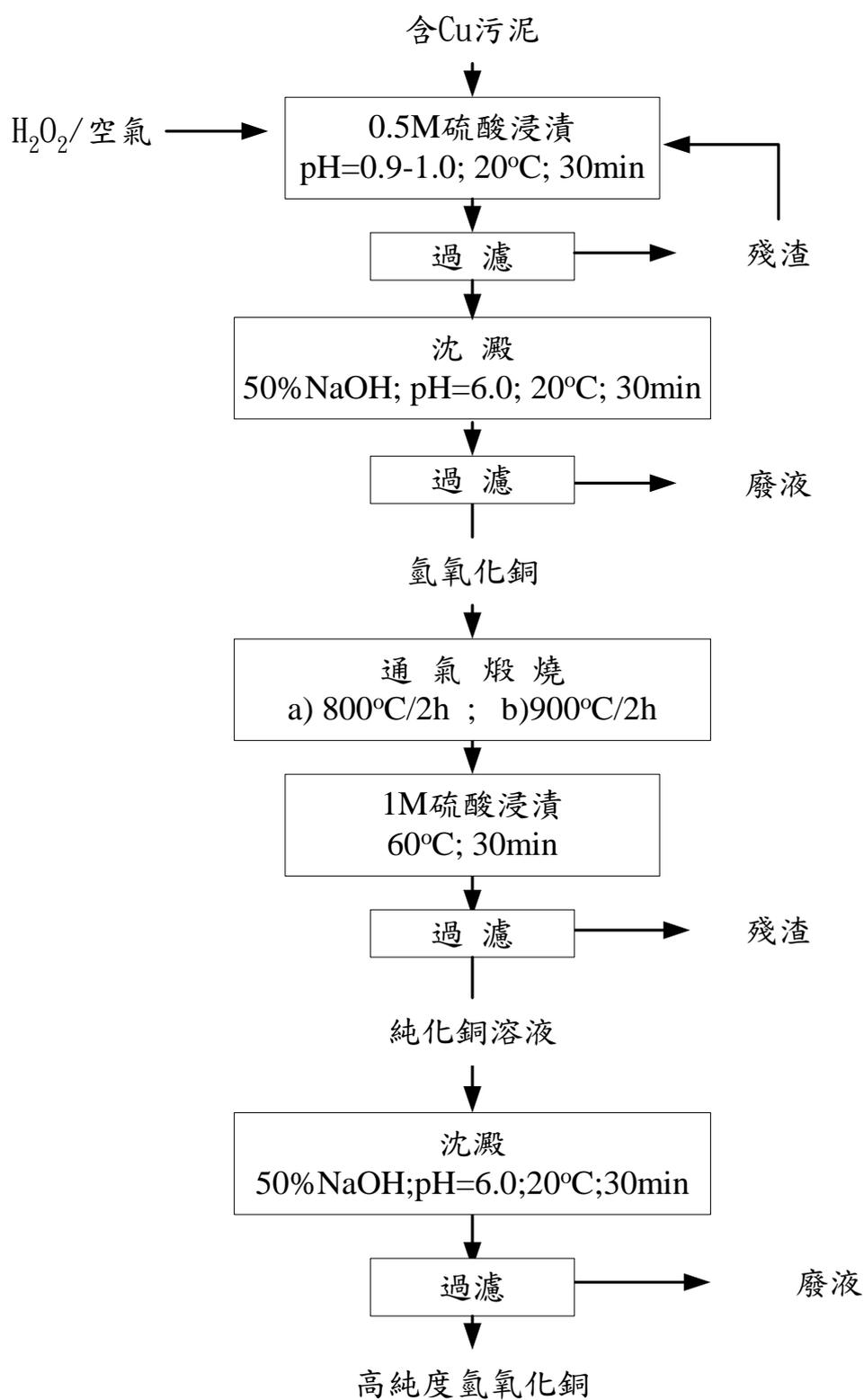
#### 5.濕乾式處理－酸浸漬及煅燒技術

另外 Jitka Jandova 等人則將重金屬污泥經曝氣硫酸浸漬後，在浸漬液中添加 50%NaOH，調整 pH 至 6.0 使產生沉澱，再將沉澱物經 800~900°C 煅燒後，可以生成如  $FeAl_2O_4$  等難溶於酸之尖晶石礦物相及氧化銅相，因此利用酸浸漬可以獲得較純的含銅溶液，最後再加入 50% NaOH 使產生氫氧化銅沉澱，其處理流程如圖 5.11 所示，但是其缺點則是需要消耗巨額能源。

#### 6.乾式處理－乾燥氧化還原回收金屬

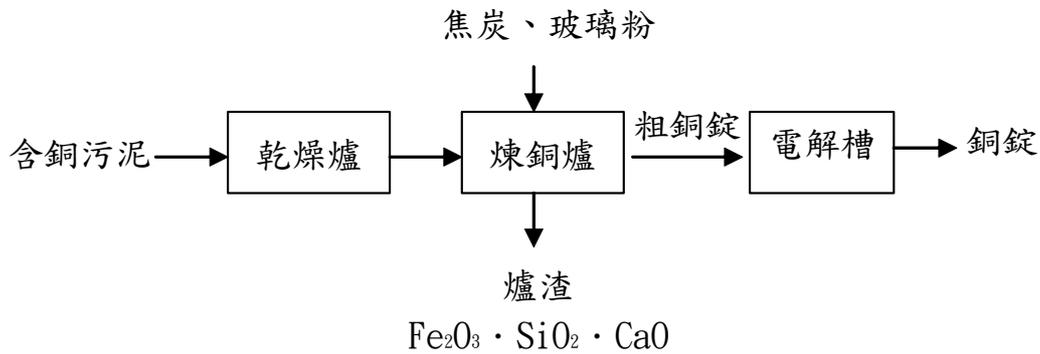
由於廢水污泥中含較高之水分，本技術首先利用乾燥設備進行前處理。經初步烘乾後之污泥，必需進一步進行乾燥，以確保污泥中之水分因加熱後完全蒸發。同時將污泥中之金屬氫氧化物轉化成金屬氧化物，一般於 600~750°C 高溫環境下進行。經乾燥、氧化處理後之金屬氧化物，再進行更高溫(1,300~1,600°C)之還原反應(同時加入焦炭)，其目的是將金屬氧化物還原為金屬。

如以廢水污泥成分來分析，除了銅離子外，鐵離子含量也不低。為提高銅之純度等級，建議於還原反應程序中，同時加入含矽化物之造渣材料，其目的在於結合鐵氧化物成為熔點較高之複合物，並以爐渣方式排出。經以上程序之後，預估所得之銅之純度等級約為 90%左右。為了提高銅成分含量，可再利用電解方式進行精製工程。以上所述之流程如圖 5.12 所示。



資料來源：Jitka Jandlova, Tatana Stetanova, Romana Niemczykova, Recovery of Cu-concentrates from waste galvanic copper sludges, Hydrometallurgy, Vol. 57 pp77~84, 2000.

圖 5. 11 酸浸漬及煅燒法流程圖



資料來源：含重金屬污泥的再資源化技術，污泥處理與處置技術研討會，經濟部，民國 80 年 3 月。

圖 5.12 污泥乾燥氧化還原回收金屬處理流程

#### 5. 4. 2 矽污泥資源化技術

矽污泥資源化技術可概分為製磚資源化技術、水泥原料替代資源化技術等，如以技術來評估，各類技術均成熟；但如何符合磚塊品質要求及避免二次污染則為關鍵所在，茲將各回收處理技術說明如下：

##### 1. 製磚資源化技術

一般製磚製程之主要原料為黏土，如能添加一定比例之無機污泥作為副原料，而且不造成磚塊品質要求及二次污染問題，應是值得鼓勵之事。原料摻配後，經研磨、混合及加入一定比例之水分後，以生煤做為燃料，再經成型、疊杯、乾燥、燒成等步驟，使黏土與污泥燒結，一般製磚流程如圖 5.13 所示。

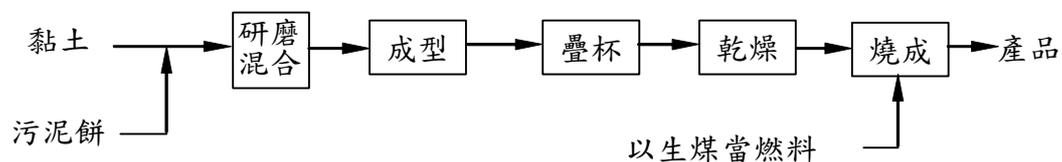


圖 5. 13 一般製磚流程

如前所述，原本製磚技術相當成熟，其整個管控重點在於添加量比例與磚

塊品質要求等。一般而言，污泥應用於製磚方面之主要試驗項目為抗壓強度、吸水率、體積收縮率及 TCLP 等。而污泥添加量愈大，其抗壓強度愈低，吸水率及體積收縮率愈高。表 5.7 為國家規範 CNS 對建築用普通磚所規定之規範值。

表 5.7 國內現行之建築用磚規範值

種類	吸水率	抗壓強度	尺寸許可差
一級磚	< 15%	> 150 kg/cm <sup>2</sup>	15%
二級磚	< 19%	> 100 kg/cm <sup>2</sup>	20%
三級磚	< 23%	> 75 kg/cm <sup>2</sup>	30%

註：建築用普通磚之尺寸應為長 230 mm、寬 110 mm 及高 60 mm

資料來源：CNS 382 R2002，民國 67 年。

另外，值得一提的是混凝土空心磚有別於高溫燒製而成之建築用磚，混凝土空心磚則是使用水泥固結骨材而成之磚。根據國家規範 CNS 8905 A2137 混凝土空心磚規範，混凝土空心磚可依品質分為 A 種磚（普通輕質基本磚）、B 種磚（防水中質基本磚）、C 種磚（普通重質橫筋磚），如表 5.8 乃針對上述 A、B 與 C 三種磚所訂定之規範值。

表 5.8 混凝土空心磚相關規範值

種類	氣乾容積比重	全斷面抗壓強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	吸水率 (g/cm <sup>3</sup> )	透水性(cm)	最大吸水率之含濕率(%)
A 級磚	< 1.7	40	0.45	10 以下	40 以下
B 級磚	< 1.9	60	0.35	10 以下	40 以下
C 級磚	—	80	0.20	10 以下	40 以下

資料來源：CNS 8905 A2137，民國 89 年。

一般混凝土空心磚可再依單位重分為重質磚(>2,002 kg/m<sup>3</sup>)、中量質磚(>1,680 kg/m<sup>3</sup> 至 ≤2,002 kg/m<sup>3</sup>) 及輕質磚 (>1,362 kg/m<sup>3</sup> 至 ≤1,682 kg/m<sup>3</sup>) 等三類，混凝土空心磚之尺寸亦有相關規定值如表 5.9 所示。

表 5.9 混凝土空心磚相關規範值

形 狀	尺 度			許可差
	長度	高度	厚度	長、寬與厚度
基本磚	390 mm	190mm	190mm	±2mm
			140mm	
			90mm	
異形磚	與基本磚尺度相同之橫筋磚與角磚，其尺度及許可差比照基本磚			

資料來源：CNS 8905 A2137, 民國 89 年。

## 2. 水泥原料替代資源化技術

水泥廠生產水泥所需之原料包括石灰石、黏土、矽砂、鐵渣及石膏，其中石灰石、黏土、矽砂及鐵渣係送入至旋窯製成熟料之生料，石膏則是熟料送入水泥磨時所需添加之摻料。水泥製造之過程除原料之開挖外，主要包括生料研磨、熟料燒成、熟料冷卻、水泥研磨及包裝出貨等五個程序，其製造流程如圖 5.14 所示。污泥則可於水泥生料中添加以取代部分之黏土，一般添加率以不超過 0.1% 為宜。至於國內常見之水泥種類，以卜特蘭水泥為主，另有應用於水泥壩料的砌壩水泥。該二類水泥皆有其相關規範，表 5.10 與表 5.11 分別是卜特蘭水泥之化學與物理性質標準規定表。

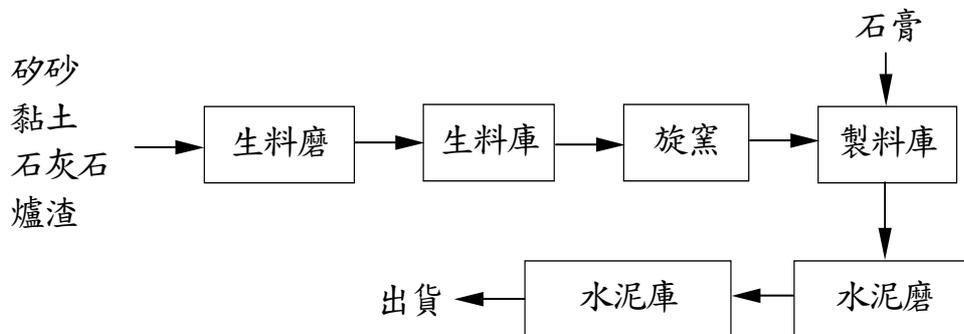


圖 5.14 水泥製造流程

表 5.10 CNS 61 R2001 卜特蘭水泥規範化學成分規定標準

水泥型別	I	IA	II及IIA	III及IIIA	IV	V
二氧化矽 最小值%	—	—	20.0	—	—	—
氧化鋁 最大值%	—	—	6.0	—	—	—
氧化鐵 最大值%	—	—	6.0	—	6.5	—
氧化鎂 最大值%	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
三氧化硫 最大值%						
當鋁酸三鈣為 8% 以下時	3.0	3.0	3.0	3.5	2.3	2.3
當鋁酸三鈣為大於 8% 時	3.0	3.5	*	4.5	*	*
燒失量 最大值%	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	3.0
不溶殘渣 最大值%	4.30	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
矽酸三鈣 最大值%	—	—	—	—	35	—
矽酸二鈣 最小值%	—	—	—	—	40	—
鋁酸三鈣 最大值%	—	—	8	15	7	5
鋁鐵酸四鈣加兩倍之鋁酸三鈣 或固溶體採用兩者中之最適合者 最大值%	—	—	—	—	—	25.0

註：符號“\*”表該項不適用。

資料來源：CNS 61 R2001，民國 90 年

表 5. 11 CNS 61 R2001 卜特蘭水泥規範物理性質規定標準

水泥型別	I	IA	II	IIA	III	IIIA	IV	V
壩料之空氣含量，體積百分率：								
最大值，%	12.0	22.0	12.0	22.0	12.0	22.0	12.0	12.0
最小值，%	—	16.0	—	16.0	—	16.0	—	—
細度或比表面積 m/kg <sup>2</sup> (兩者選一)								
濁度計法，最小值	160	160	160	160	—	—	160	160
氣透儀法，最小值	280	280	280	280	—	—	280	280
強度，各試驗齡期強度不得少於下列各值：								
抗壓強度 (psi)								
1 天	—	—	—	—	1800	1450	—	—
3 天	1800	1450	1500	1200	3500	2800	—	1200
7 天	2800	2250	2500	2000	—	—	1000	2200
28 天	4000	3200	4000	3200	—	—	2500	3000
凝結時間 (兩法任用其一)：								
吉爾摩氏針法								
初凝時間 (分鐘)，不小於	60	60	60	60	60	60	60	60
終凝時間 (分鐘)，不多於	600	600	600	600	600	600	600	600
費開氏針法								
初凝時間 (分鐘)，不少於	45	45	45	45	45	45	45	45
不多於	375	375	375	375	375	375	375	375

資料來源：CNS 61 R2001，民國 90 年

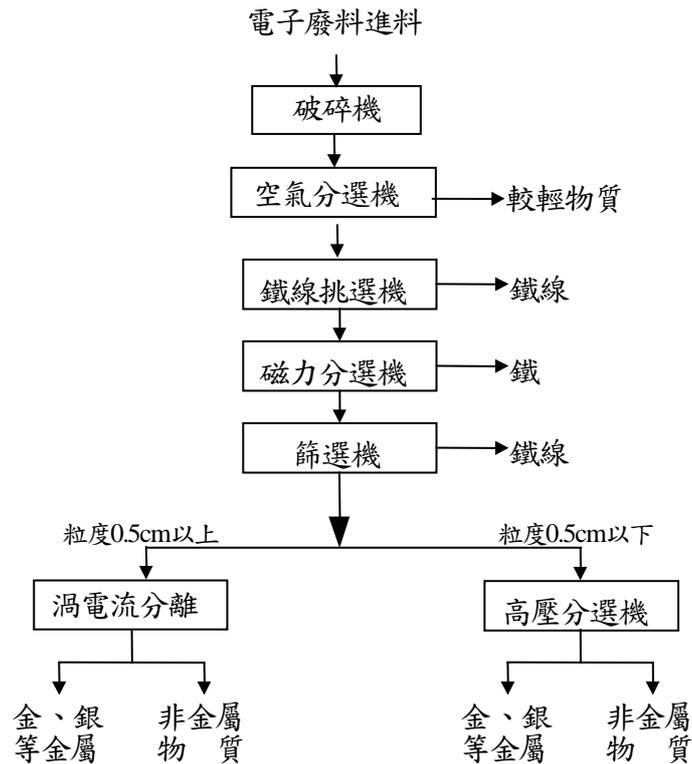
## 5.5 廢電子零組件資源化技術

由於廢電子零組件中含有金、銀、鈮、鉑等有價金屬或是銅、鉛、鋅、鋁、錫、鐵等可回收金屬，深具資源化價值。因此，綜觀國內外各國（如美國、日本、臺灣、加拿大及歐洲各國）對於相關資源化技術均積極研發。彙集文獻資料顯示，目前常被採用之廢電子零組件資源化技術（金屬回收）計有：物理分離法、火煉法、焙燒／電溶精煉法、化學回收法等。由於上述技術各有其特點，因此可依需要及考量最佳資源化效果及最低之處理風險，可個別單元操作或組合單元整合操作。依序分別說明物理分離法、火煉法、焙燒／電溶精煉法、化學回收法等技術特點，最後再闡述非金屬部分之資源化技術。

### 5.5.1 物理分離法

本方法適合於體積較大之電子零組件廢料，首先以軋碎機先行予以破碎，再經空氣分選程序，篩選去除破碎之電子零組件廢料中較輕部分；另外，較重之金屬部分則再以磁選機將鐵金屬與其他非金屬分離，分離出之非鐵金屬中含有銅、鋁、鎳及少量金、銀等貴金屬。分離出之非鐵金屬則可再以渦電流或靜電分選等方式，再將貴金屬中金、銀之濃度富集之。總之，物理分離之整體處理流程示意如圖 5.15 所示。

如前所述，破碎為物理分離法之第一道步驟，極為重要。因此，在設備選擇上，應考量廢棄物被破碎物性質及縮減比大小而定，如因需要欲獲得特定之尺寸大小，不妨經過多道不同破碎程序為宜。一般而言，破碎尺寸大小分類可概分為三類，亦即：粗碎、中碎、細碎等，其相關設備及機械型式如表 5.12 所示。另外，針對一些軟性及韌性材質廢棄物，較適合使用之破碎設備，如複合切斷式破碎機、剪斷破碎機、球磨機(Ball Mill) 振動磨機(Vibration Mill)、棒磨機(Rod Mill)及攪拌磨機(Agitation Bead Mill)等。綜合以上說明，各類破碎設備之特性及適用範圍則彙整如表 5.13 所示：



資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，民國 90 年 12 月。

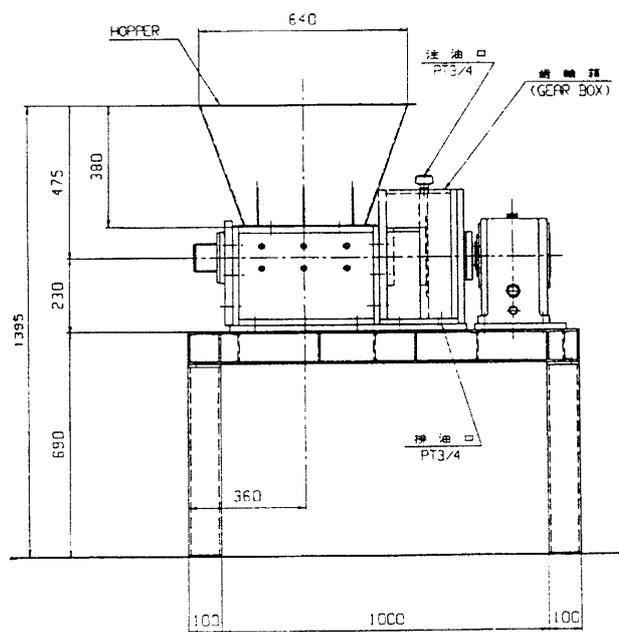
圖 5. 15 物理分離方式分離廢電子零組件流程示意圖

表 5. 12 破碎分類及相關設備型式

破碎類別	餵料粒度	破碎後粒度	設備型式
粗碎	1, 500~500 mm之間	400~150 mm之間	顎形破碎機或偏心破碎等
中碎	400~150 mm之間	100~50 mm之間	小型顎形破碎機或錐形破碎機等
細碎	100~50 mm之間	30 mm以下	錐形破碎機、衝擊破碎機、轉輪破碎機等

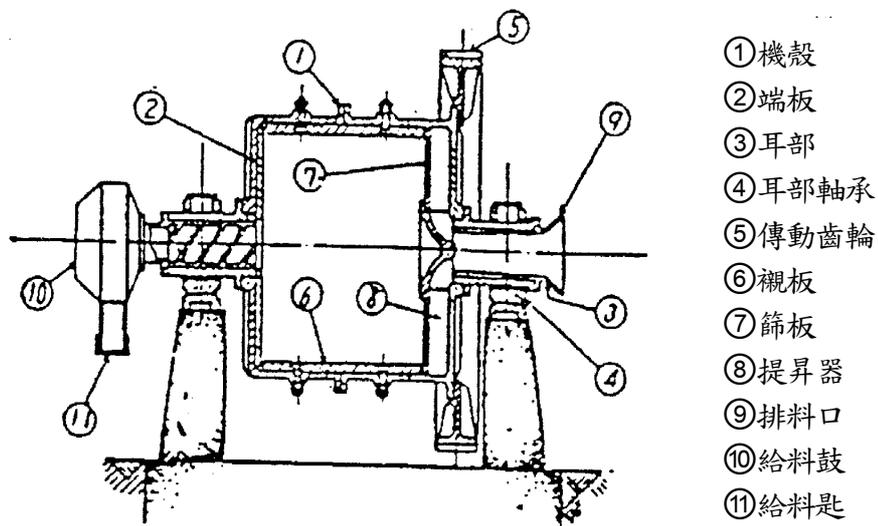
表 5.13 破碎設備特性及適用範圍彙整表

設備名稱	設備特性	適用範圍
鄂型破碎機	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 構造簡單</li> <li>- 工作可靠</li> <li>- 製造容易</li> <li>- 維修方便</li> </ul>	應用於粗碎階段
偏心破碎機	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 主體由兩圓錐體組成</li> <li>- 以懸軸型最為普遍</li> <li>- 中碎及細碎機型又稱為錐形破碎機</li> </ul>	具粗碎、中碎及細碎三種機型
轉輪破碎機	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 構造簡單</li> </ul>	應用於中、細碎作業
衝擊破碎機	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 利用擊槌之衝擊力及物料與碎料板間的撞擊進行破碎</li> </ul>	應用於粗碎及中碎作業
剪斷破碎機 (如圖 5.16 所示)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 以少許動力即可發揮極大之破碎力</li> <li>- 迴轉速率低</li> <li>- 無噪音、振動、發熱等現象</li> </ul>	適用於軟性與韌性材料(如塑膠、橡膠、海綿、輪胎等)，不適合應用於脆性材質
複合切斷式破碎機	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 切斷力強</li> <li>- 方便處理大型廢棄物</li> <li>- 慢速切斷，不易產生火花及防止火災發生</li> <li>- 刀刃使用壽命較長</li> <li>- 破碎粒徑較小</li> <li>- 分類效率及純度增加</li> </ul>	適用於大尺寸之可燃及不可燃廢棄物
球磨機/棒磨機 (如圖 5.17 所示)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 磨棒及磨球可配合處理之物料大小進行調整</li> <li>- 可同時混裝大小不同之磨球提升粉碎效率</li> </ul>	適用於多數之脆性材質
振動磨機	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 由兩管狀磨筒組成</li> <li>- 磨筒內之磨球與磨筒做反方向運動</li> </ul>	適用於細磨作業
攪拌磨機 (如圖 5.18 所示)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 可用於乾磨與濕磨</li> <li>- 節省能源</li> <li>- 效率高</li> <li>- 沒有噪音及發熱之問題</li> </ul>	適用於研磨微細粉末



資料來源：廢棄物資源回收及處理設備-破碎，經濟部工業局，民國 88 年 6 月。

圖 5.16 剪斷破碎機之結構圖



資料來源：廢棄物資源回收及處理設備-破碎，經濟部工業局，民國 88 年 6 月。

圖 5.17 球磨機之結構圖

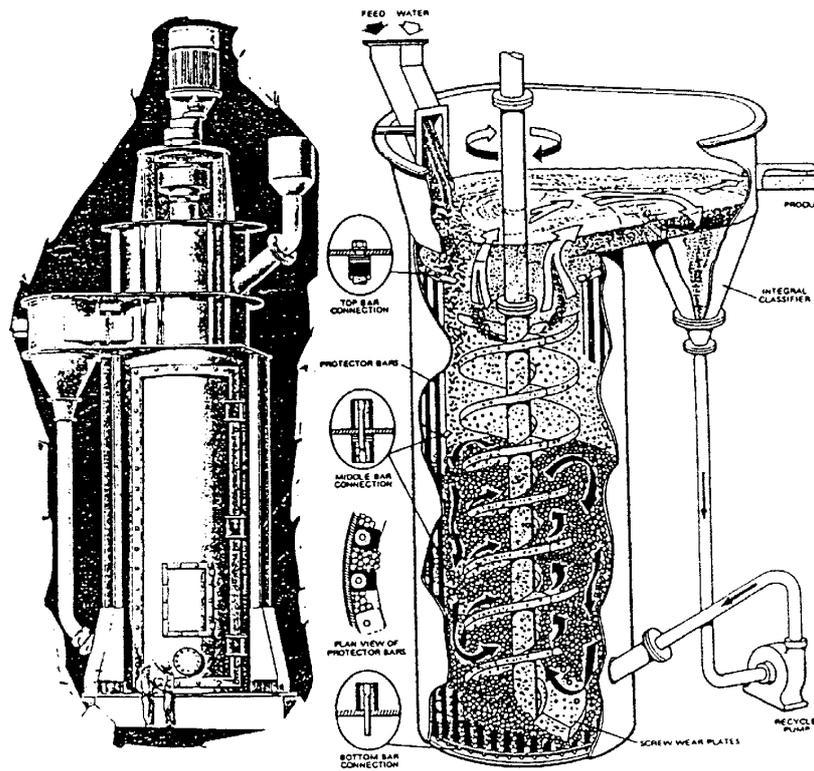


圖 5. 18 攪拌磨機之結構圖

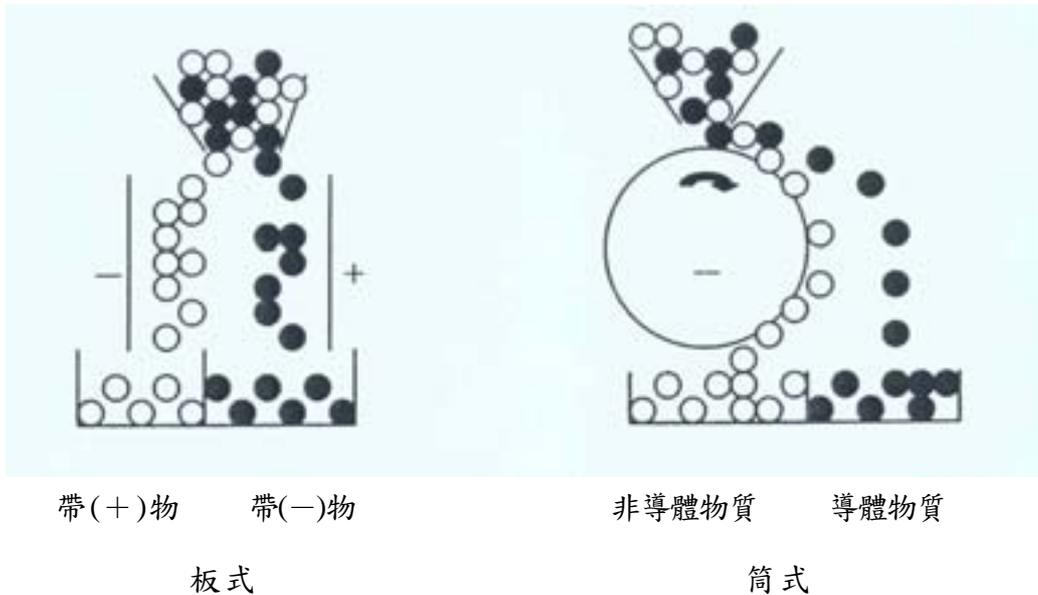
有別於一般廢電子零組件，由於已經封裝過之廢電子零組件，其中含有熱固性樹脂材料，因此在破碎過程中，建議採用較適合之剪切作用力為主之粉碎設備來操作為宜。同時為了可獲得較佳之處理效果，建議廢電子零組件在破碎前，應先將 IC 板上之電子零件予以去除，再分別將兩者分開進行資源化處理為宜。

完成破碎後之物料，尚需經過分選後始達到有效利用之目的。因此，必須依各物料特性來採用適當之分選設備，現依分選特點彙集於表 5.14 中，供卓參。

如就金屬回收角度來看，利用物理分離法所獲得之金屬料，除非原廢電子零組件成分極為單純，否則其中金屬料部分於實際現況必仍含有其他雜質，且可能其純度尚無法達到市場需求之標準。因此，此方法只能作為廢電子零組件資源化之前處理步驟，仍需再進一步處理，才有利於有價金屬回收。

表 5. 14 分選方式及其特點

分選方式	分選特點	備註
篩選	利用物質顆粒大小不同，選用適當篩孔徑達到分選之目的	篩網型式可分為固定篩、震動篩、曲面篩等
重力分選	利用物質不同比重在介質中運動狀態不同予以分選	一般有風選或浮沈分選，介質可為空氣、水、懸浮液等
磁選	利用物質磁性強度之不同而予以分開	非金屬物質為非磁性物質，故可利用其磁性之不同而予以分開。一般設備有磁選輪、筒型磁選機、十字帶磁選機、感應輪磁選機等類型
渦電流分選	利用物質導電度不同予以分選，當導電體通過磁場時會產生感應電流，此感應電流會產生與磁場方向相反之相斥力，而予以分離之方式	-
靜電分選	利用物質導電性不同，同性電相斥，異性電相吸之原理而將不同物質分離	一般有板式及筒式靜電分選機，其分選示意如圖 5. 19 所示
浮選	利用氣泡將水溶液中疏水性物質予以吸附或附著，使其與氣泡一起浮上，而與親水性物質分離	一般空氣導入之方式有吹入式、機械攪拌捲入式等方式



資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，民國 90 年 12 月。

圖 5.19 靜電分選機各型式之示意圖

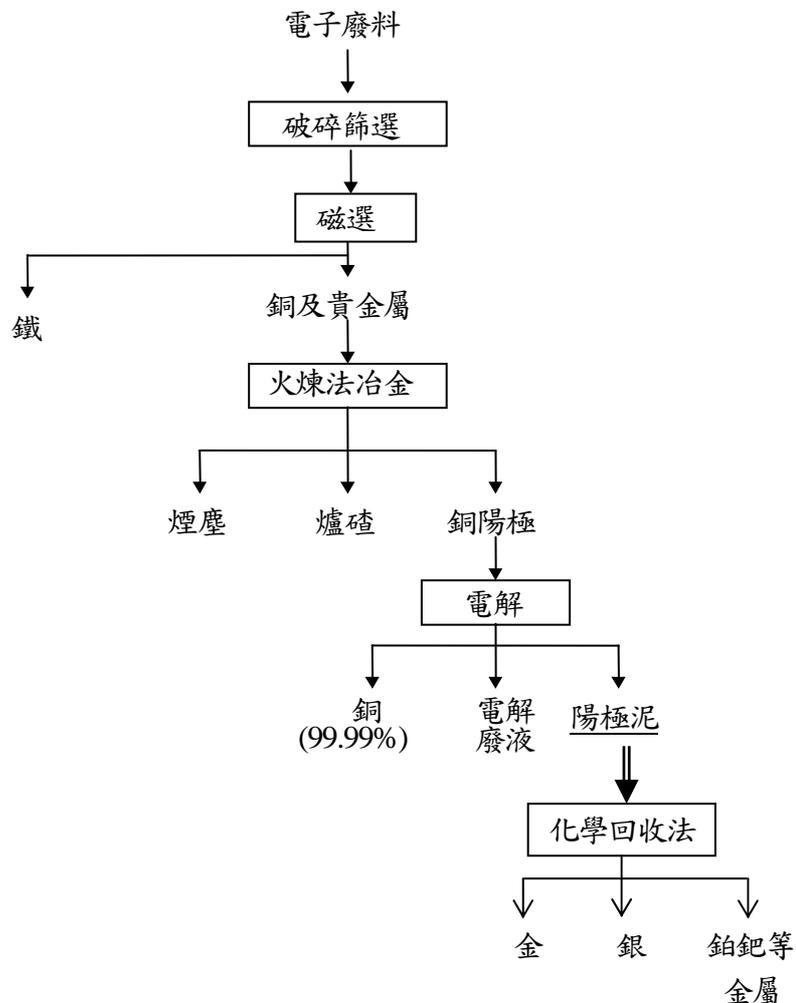
### 5.5.2 火煉法

廢電子零組件經破碎篩選後，若發現其金屬料中含貴金屬成分較低且存在一些不純物時，建議以熱處理方式先將不純物去除，此方法就是火煉法。採用火煉法之目的，即在於去除不純物（如鋅、鐵、鉛、鎳、錫等），因為這些不純物均比銅更易於被氧化。於高溫及強氧化之條件下，可將其氧化並利用造渣材料作用生成爐渣，即可得銅合金、金、銀等金屬。接著，建議以電解精煉方式來回收銅，沉積於陽極泥中之金、銀等金屬，則再以化學回收法處理回收，其主要處理流程如圖 5.20 所示。

談及火煉法所使用之主要設備—冶煉爐，其型式有很多種，即轉爐或反射爐，而冶煉爐之燃料一般可採用重油、電熱、電弧、電漿及焦炭等。進料前冶煉爐預先加熱至 1,200°C 以上，爐底最好留存少許液體銅或細料，以防進料衝擊而損壞襯裡。至於原料要進爐前，建議先壓成塊狀為宜，進料加滿後由於不斷加熱逐漸熔融，體積減小，因此在一段時間後，可繼續加料，直至爐內熔融液體之體積，為冶煉爐容積之 25% 為止。

於熔融期間，爐料逐漸氧化，故在全部熔化後，可加入適當之造渣材料，如矽砂、石灰石等，然後轉動爐體，將爐渣排出，再將爐體轉正，通進壓縮空氣，將銅及不純物氧化。

在除去鉛、砷、銻等物時，要在氧化期間，加入適量之造渣材料，如除砷用石灰石，並在必要時延長氧化期間，氧化時所產生之爐渣，約為進料之 15~20%，其中含有 40~50%之銅及少許貴金屬，應以小鼓風爐處理，回收有價金屬。



資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，民國 90 年 12 月。

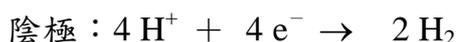
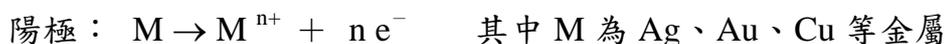
圖 5. 20 火煉法處理廢電子零組件流程圖

### 5. 5. 3 焙燒／電溶精煉法

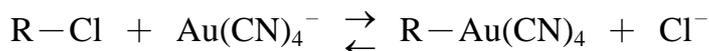
如前所述，由於半導體封裝製程係將矽晶片以銀膠黏著於導線架上，再以樹脂封裝。因此，此類廢棄物如直接進行粉碎分選，極易因導線架與樹脂膠合，而使單離粒度下降，將導致分選處理之困難。同時，由於分選後仍夾雜部分樹脂，易造成後續金屬回收率下降。

基於以上之認知，建議可利用樹脂封裝物易於焙燒氧化之特性，先將其以 400~800°C 之高溫焙燒去除，而後所得之金屬導線架與樹脂填充物灰渣，利用金屬具延展性及韌性，於自體研磨過程中互相撞擊，使金屬部分與樹脂灰渣分離，再經過篩分離，即可將二者分離，所得之金屬物因已去除有機物質，可直接融鑄成含銅之貴金屬錠，供貴金屬精煉回收使用。

至於後續之貴金屬精煉回收則建議採用電溶精煉法，其主要設備一電解槽，其構造為陰陽極間以耐酸鹼陽離子交換膜（如：Nafion 膜）分隔，同時以 6 N 鹽酸為陽極電解液，NaOH 為陰極電解液，前述製程中所生之含銅貴金屬錠置於陽極籃內作為犧牲陽極，陰極為不鏽鋼板。其原理為通電電解後，陽極之金氧化並與鹽酸生成  $\text{AuCl}_4^-$ ，此  $\text{AuCl}_4^-$  再以適當之還原劑還原為金屬態。其氧化還原反應式如下：



至於電鍍後老化液可使用氯型陰性離子交換樹脂回收金，其反應式如下：



離子交換樹脂可採用耐酸鹼及有機溶劑之材質，具有活性交換機制之不溶性高分子聚合物，粒度為 0.3~1.2 mm 之均勻球形顆粒，通常可吸附金量達 15~20% (w%)。樹脂吸附飽和後，利用熱濃硫酸將樹脂上官能基分解，藉由金元素不溶於濃硫酸且比重大之特性，將金以元素態粉末自樹脂中回收。據瞭解利用此方法所回收之金，回收率達 98% 以上，純度為 99.5% 以上。總之，廢電子零組件成分較複雜者，建議採用此整合流程。

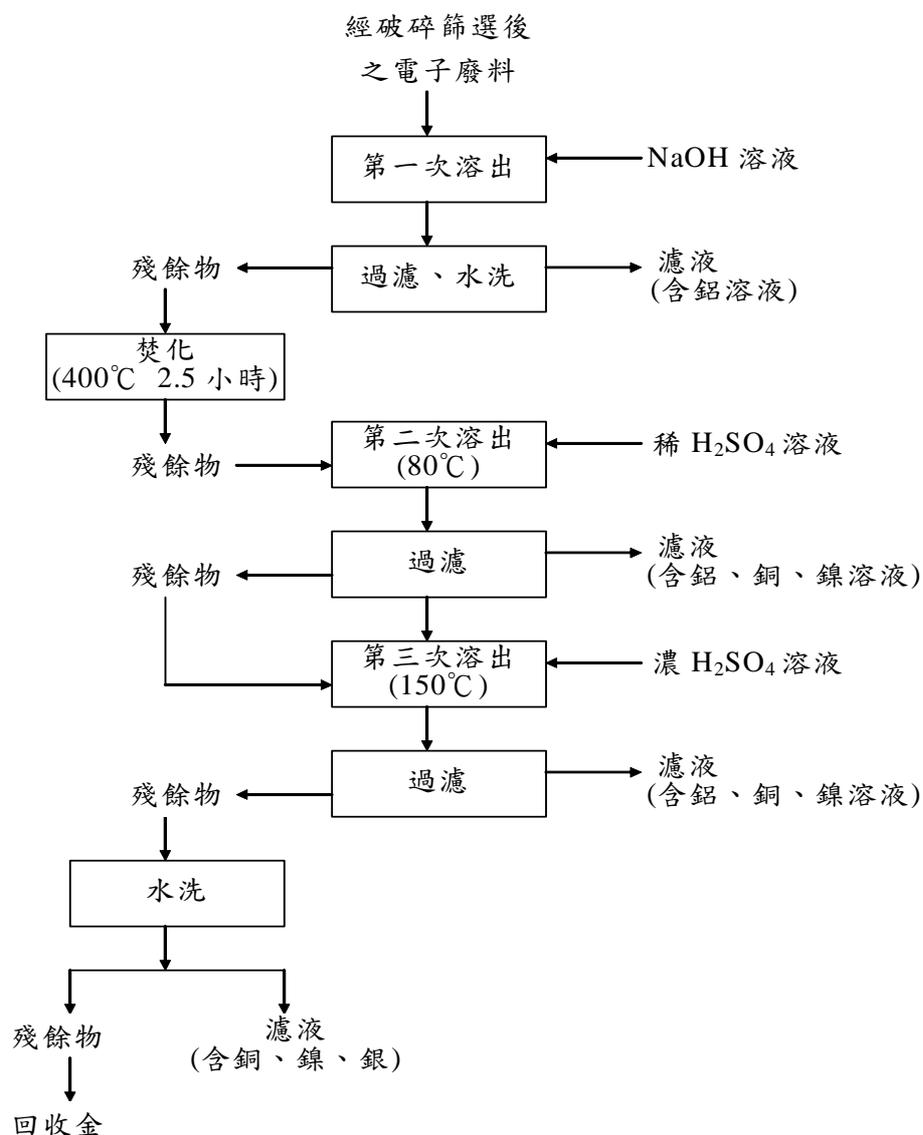
#### 5.5.4 化學回收法

化學回收法，顧名思義係利用鹼液、酸液、氰化液將廢電子零組件中之有價金屬溶蝕回收。廢電子零組件經過前處理如破碎、篩選、渦電流分離、高壓分選等步驟所篩選出之含貴金屬物質，其成分可能含有銅、鎳、金、銀等金屬，若其中所含之貴金屬如金、銀等濃度較高，可採化學回收濕式冶金法將各金屬分離之，其處理流程如圖 5.21 所示，並說明其主要步驟如下：

1. 以 20% NaOH 溶液與廢電子零組件反應約 4~12 小時，將鋁溶出。
2. 經 NaOH 溶液溶出後之殘餘物，以煅燒法將有機成分破壞。
3. 再以稀硫酸溶液溶出銅、鎳。

#### 4. 殘餘物再以濃硫酸溶出銅、銀。

廢電子零組件經溶出後可回收大部分之銅、鋁、金、銀等金屬，最後需廢棄之殘餘物約占進料量之 12~20%。據瞭解，化學回收濕式冶金法目前已廣泛應用於廢電子零組件回收貴金屬，其中以氰化液來剝離廢料中含金之成分，其回收率可達 85~95%，所得之金溶液再送至精煉廠回收純金，具有經濟效益。惟於資源化過程中，因使用大量之酸液及氰化液，會產生廢氣及水洗廢水，將造成二次污染，必需再加以防治。



資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，民國 90 年 12 月。

圖 5.21 化學回收法處理流程圖

### 5.5.5 非金屬部分資源化技術

以往在廢電子零組件資源化技術之探討上，大多著墨於具有資源化價值之貴金屬回收，非金屬部分則採掩埋處置，但近年來已有許多文獻及實例針對非金屬部分之資源化技術探討，使此部分之廢棄物亦可獲得高附加價值之資源化產品。「人造木材之製造」、「地磚及浪板填充料」、「替代混凝土」等資源化途徑為目前較成熟方式，現概述如下：

#### 1. 人造木材之製造

廢電子零組件中屬非金屬部分，經過上述前處理後予以收集後，再粉碎至 5 mm 粒徑以下，並混合均勻，參考一般平面型塑合板之製造方法，添加適量之膠合固化劑，膠結劑可使用尿素樹脂或美耐明等樹脂，先以 30~50 kgf 之冷壓壓力壓合，再以溫度 140~160°C，壓力 30~50 kgf 之熱壓成型，以獲得人造木材之成品。

#### 2. 地磚及浪板填充料

廢電子零組件中屬非金屬部分經粉碎後，可提供作為替代地磚及浪板製造之填充料，傳統之填充料使用碳酸鈣粉，由文獻資料顯示，以此非金屬部分之粉末替代部分填充料，再以傳統製程製造，所獲得之產品經檢驗後，均可符合產品之相關品質標準。

#### 3. 替代混凝土

以廢電子零組件中屬非金屬部分粉碎至 2.5 mm 粒徑以下，混合 40% 不飽和聚酯樹脂，於常溫常壓下，製成厚 1.6 mm 板狀樣品，由文獻資料顯示，檢驗其抗折強度為一般水泥產品之二倍，其密度僅約一般水泥產品之 60%，可提供作為一般之建設工程使用。

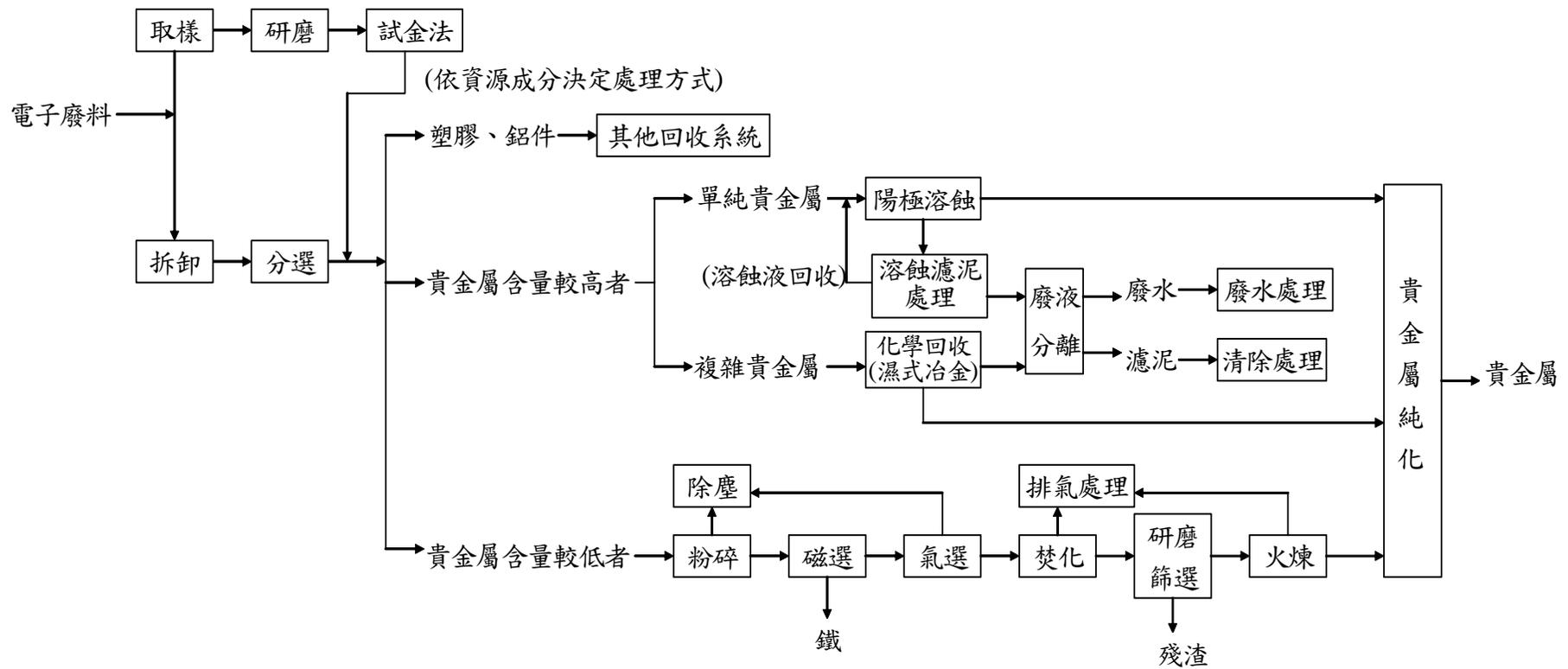
### 5.5.6 結論

由半導體封裝廠所產生之廢電子零組件種類及特性各不相同，且其中可供資源化之成分比例各異，故於進行廢棄物資源化處理時，應儘量依其類別分別選擇適合之處理技術。綜合前述之各種資源化技術，其優缺點整理如表 5.15 所示。而於規劃廢電子零組件資源化技術時，可採各種技術搭配交互應用，以獲得最佳之資源化效果，其典型之處理流程如圖 5.22 所示。

表 5. 15 廢電子零組件資源化處理技術優缺點比較表

資源化技術	優點	缺點
物理分離法	<ul style="list-style-type: none"> <li>程序簡單，粉碎後即可送至精煉廠回收金屬或進行非金屬資源化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>僅為前處理步驟，仍須配合後續精煉步驟。</li> </ul>
化學回收法	<ul style="list-style-type: none"> <li>技術成熟，且已有實廠運轉。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>若廢料成分複雜，須先篩選。</li> <li>無法將金屬完全萃取出。</li> <li>處理後之廢棄物不易處理。</li> <li>會產生廢水需處理。</li> </ul>
火煉法	<ul style="list-style-type: none"> <li>減量效率高。</li> <li>基材有機物質可完全破壞，並可提供熱值。</li> <li>燃燒後之金屬殘渣可精煉回收。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>會產生廢氣，需妥善處理。</li> </ul>
焙燒／電溶精煉法	<ul style="list-style-type: none"> <li>貴金屬回收效率高。</li> <li>成本低。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>會產生廢水需處理。</li> </ul>

資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，民國 90 年 12 月。



資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，民國 90 年 12 月。

圖 5.22 電子廢料資源化處理流程圖

## 第六章 技術評估與設備選用程序

本章節將針對「半導體封裝業」產生各類廢棄物欲進行資源化工作時，如何評估與選用設備之程序，舉出相關基本原則及注意事項。

### 6.1 資源化技術評估流程

工廠在規劃設置回收系統時，一般必須藉由系統化的程序指導，才能建立確實符合工廠需求的設備，進而達到廢棄物減量及原物料回收之預期目標。各廠可依本身製程特性，規劃完整的設備選用系統之作業程序及預定進度。在先期的系統評估方面有以下三個步驟：

1. 第一階段：清算製程污染源
2. 第二階段：資源化系統實驗規劃評估流程
3. 第三階段：評估資源化設備

針對每一污染源，找出其可應用之資源化方案，並進一步評估各項資源化方案對減少污染產生量之預期效果，且有些資源化方案可能因工廠既有場地面積不足，在此一工作階段即可予以過濾刪除。在執行此階段時，亦可考慮聘用顧問，以協助提供資源化技術建議及評估。此階段可再細分為三項步驟，各步驟如下：

1. 找出可應用之資源化方案，並選擇較重要者。
2. 針對較重要之資源化方案，評估預期之資源化成效。
3. 將評估結果做成記錄，並進行分析。

資源化系統實驗規劃評估係於設備規劃前，透過實驗確認資源化流程的可行性，如圖 6.1，包括以下步驟：

1. 背景資料：製程概述、廢棄物質量、場地狀況、人員狀況
2. 適用性研究：廢棄物品質分析、類似工廠處理經驗蒐集、資源化可行性實驗、綜合評估、流程建議、模擬實際計劃
3. 模擬實驗（模廠試驗）：資源化效率驗證、操作穩定性、未來擴展彈性、工程設計資料求取（蒐集）、經濟效益評估
4. 起動試車：硬體單元測試、資源化設備性能及穩定性測試、人員訓練、操作維護說明書

由於完整的資源化技術評估作業程序較為複雜，從評估供應商到完成回收系

統之設置，所需之工作相當複雜，工廠可考慮聘請在此領域有專長及經驗之專職顧問，以充當工廠與供應商之間的溝通橋樑。

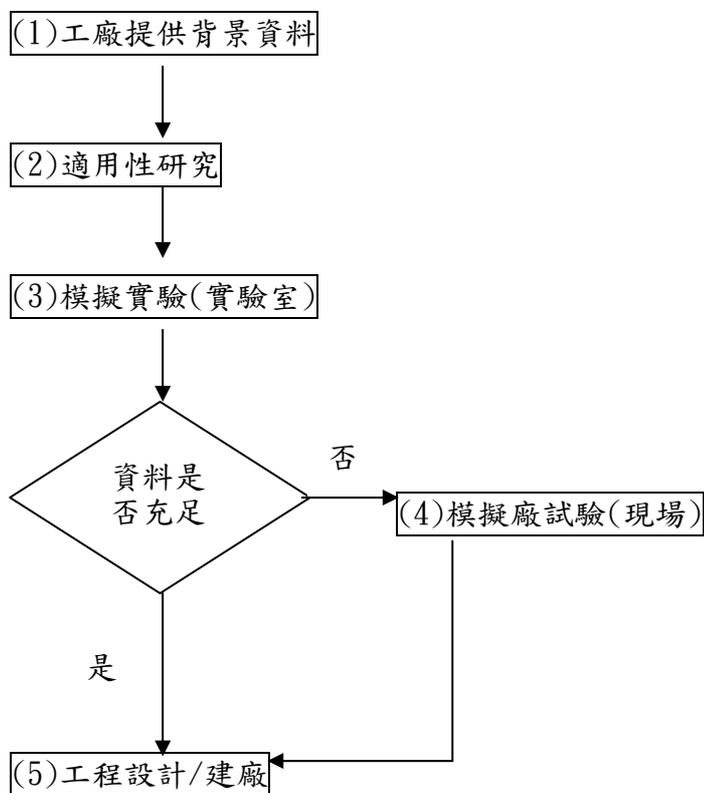


圖 6.1 資源化系統規劃評估實驗流程

## 6.2 資源化設備選用程序

圖 6.2 說明理想的資源化設備評估程序，包括工廠、技術顧問單位、及工程施工單位四個角色的分工合作以及密切配合。工廠在遭遇廢棄物資源化問題時，首先委託技術顧問單位進行規劃，技術顧問單位在接受委託之後，站在工廠的立場運用其專業知識，謀求解決方案，若是工廠可運用已有的經驗進行規劃，則在背景資料蒐集及擬定基本的處理流程之後進行基本設計及細部設計，在這過程之中，顧問公司應對其設計的理念及所選流程的優缺點充分與委託者(工廠)溝通說明，若處理流程有多重選擇時，仍由委託者做最後的決定。

若是技術單位在初步評估之後，認為現有資料無法進行處理場的流程規劃，則應向工廠提出評估建議書，再由顧問洽詢研究單位進行流程評估研究，以提供技術顧問單位所需的資料，以便完成規劃。工程單位只在細部設計之後，按照其規格要求施工，並依照規格驗收。性能試車則在技術顧問單位的指導下進行，直到正式運轉為止，性能的優劣則由技術顧問單位負責。

上述過程的優點是將規劃設計與工程施工分段進行，規劃設計階段，技術顧問單位較能站在工廠的立場選擇適當的處理方式，若在現有經驗上無法立即進行流程規劃，亦能建議工廠先進行研究計劃，取得資料之後再進行工程化，較能有效的降低建廠後運轉不順利的風險。

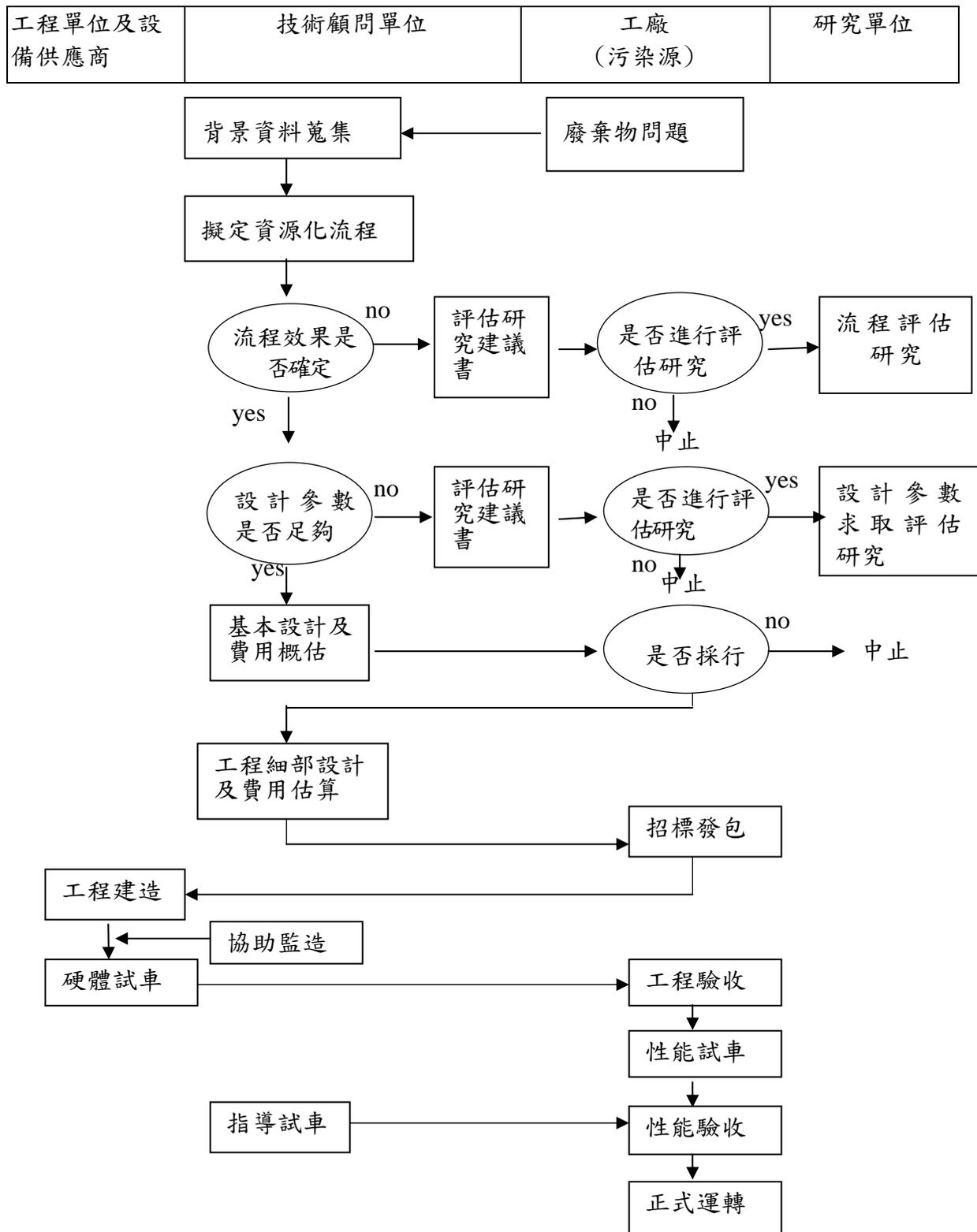


圖 6.2 資源化設備評估流程

## 1.聘任顧問

一般來說，顧問之工作項目包含：

- 廠內製程單元之污染源清查。
- 分析統計各製程單元之廢污物產生量，並研提可行的資源化方案。
- 評估及選擇合適的回收系統供應商。
- 撰寫回收系統採購說明書，內容包括可行性試驗、設備詳細規格、人員訓練與試車，以及設備處理功能等。
- 協助調整或更改現有製程設備，以配合回收系統之設置。
- 協助廠方審核各回收系統供應商所提之規劃設計書，並就技術觀點提供工廠具體意見。
- 決定回收系統供應商後，繼續協助可行性試驗等相關工作的進行，並監督其執行過程，評估其結果。
- 合約書可能需依可行性的試驗結果加以修改，顧問可進一步審核其更改內容，及其處理功能的保證。
- 評核得標廠商所提供的系統配置圖、製造流程圖，以瞭解廢液或廢棄物收集系統的設置、二次污染的處理情形、洩漏時之處理措施，以及剩餘廢棄物的處置方式是否均能符合環保規定。
- 回收系統正式試車前審核操作維護手冊的完整性。
- 將回收系統之安裝、試車及操作訓練等過程全程錄影，以進一步審核系統的功能。
- 提供廠方操作人員之定期訓練，並校正回收系統之程式控制器準確性。

## 2.設備選用程序

相關購置回收系統之各階段工作內容說明如下：

### (1)訂定回收系統採購說明書

工廠應依本身的需求訂定回收系統採購說明書，內容載明回收系統所需達到的功能要求，並分寄各回收系統供應商。此階段可分為五項步驟，各步驟工作內容說明如下：

- ①工廠之技術人負責擬定回收系統採購說明書，並經由工廠決策人員核可。

- ②將採購說明書寄至各回收系統供應廠商。
- ③供應商至現場會勘，並採集水樣進行可行性試驗。
- ④採訪類似回收系統之供應商或製造商。
- ⑤供應商提出回收系統規劃設計書。

## (2)審核回收系統規劃設計書，並簽訂合約。

審核各供應商所提之回收系統規劃設計書，找出其遺漏的地方，並選出較合適之供應商。在規劃書中應詳列系統之主要設備單價明細，一般濕式回收系統之主要設備可能包括泵、液位控制、警報器、桶槽、管件、pH 校正系統、過濾器、攪拌裝置、定量泵、設備平台、設備標示牌、洗眼器及淋浴器等。

審核供應商之規劃設計書後，最好能再與供應商討論，並進一步提出問題，必要時需經試驗確定，因可行性試驗可對回收系統是否能達到預期之處理功能，提供廠內確實的保證。

## (3)修改廠內製程設備

完成回收系統採購合約之簽訂後，進行廠內製程必要之修改工作，以因應回收系統的設置。

## (4)回收系統設置及備用零件貯存

回收系統之備用零件應在系統未設置前就應備妥，且回收系統供應商有必要提供廠方備用零件清單，有時供應商提供之備用零件種類及數量超過實際需要，而造成浪費。因此廠方需先評估備用零件清單的內容。此方面廠方可向已設相同種類回收系統之工廠請教。一般的經驗是 pH 計及一些控制零件應比攪拌設備更須準備備品；緊急採購這些零件所花費的時間亦應考慮在內，對於所採購的備用零件應妥善貯存，並予以編號，以利需要時容易取得。

回收系統也應編號以利辨認，編號的方式可將該系統所在之製程線及製程槽納入，此編號可用在採購說明書、訂單及運送該系統之包裝上，整個採購過程即可以此編號系統進行追蹤，並方便查核作業的進行。所有的採購項目可依編號整理成一張清單，並將設備之相關資料納入清單中，如設備之預期處理功能等數據，其組成之電機機械設備、建造材料設備、尺寸及其相關設計圖編號、預期及實際進貨日期、訂單編號等等，

有些重要的閥件，可考慮另列一張清單。

### (5)系統測試與試車

設備在設置前應先行測試，以確保電氣及機械系統的完善，經測試後再行安裝。試車時應進行回收處理前後之取樣檢測工作，以做為評估系統是否能達到預期處理功能。取樣的位置包括進流口及出流口或設備操作前後，樣品應分為三份，工廠保留二份，系統供應商一份，雙方分別檢測後互相印證之。樣品應依標準程序妥善保存、運送，並分析之。檢測結果再由雙方共同評估，若無法對檢驗結果達成共識，則應將第三份樣品送交第三個檢測機構檢測之。

在執行最後階段的測試時，最好能使用相當量的廢液或廢棄物來測試，回收系統的付費方式，盡可能的話，除了運費與設置費外，工廠應保留 10~15% 的設備費用，以防設備無法達到預期功能。保留的期限以在設備設置並達成預期之處理功能後六個月內為限。

設備之安裝費用一般可保留 10% 做為尾款，直到水力、機械及電氣等操作問題完全解決後，方才給清，有時設備供應商會將此費用提高 2%，以充當利息之損失。

## 3. 供應商評估

### (1) 供應商評估及選擇

在選擇回收系統供應商時，一般可依據下列項目來判斷供應商的技術能力及所提供的回收系統之優缺點。

- 供應商的員工、工程師、專屬技術專家、實驗人員及銷售人員等人數。
- 所欲購置之回收系統，該供應商已在市場上推行多久。
- 供應商之年營業額多少，對同類型工廠之營業額如何。
- 供應商對於處理購置該項回收系統的工廠，所編制之人力架構如何。
- 哪些物料、配件由其他廠商供應。
- 地區代理商服務及維修能力。
- 是否有供應同類型工廠的其他回收系統。
- 各附屬零件（如泵之軸封、馬達、攪拌器、樹脂、塔槽、偵測儀等）之代理商。

- 系統故障是否能退回。
- 系統運送方式及裝設進度表。
- 是否需加裝隔離設施，以維護製程較敏感的儀器。
- 可提供多少份系統之操作維護手冊。
- 對該工業製程單元瞭解程度。
- 系統之備用零件取得的難易度，以及是否已將備用零件包括在報價單內。
- 買方是否可參與系統設置之規劃設計的審核工作。
- 系統搬運及重新設置是否方便。
- 現有場地面積是否足夠。
- 置放系統之平台的防蝕措施如何。（採不鏽鋼或玻璃纖維的平台較普通的鋼板耐蝕）
- 哪些零件可在當地購買，而不抵觸系統保證書的內容。
- 製程產能加倍，該設備應做哪些更改。
- 系統是否容許 24 小時連續操作。
- 系統是否能被一般運送的貨櫃所容納。
- 廠區配置圖是否與實際狀況吻合。
- 製程上應做哪些修改，以配合此項設備的設置。
- 該系統需多少操作人力、維護頻率及時間如何。
- 是否可先瀏覽該系統之操作維護手冊。
- 該系統日常維護項目有哪些。

其他次要判斷的項目包含：

- 哪些零件最容易故障，修復需多少時間。
- 系統操作時，會有哪些狀況產生。
- 是否需額外加裝廢氣處理設施或排氣設施。
- 是否提供該系統之操作維護核對表格，以利系統之管理維護。
- 系統栓緊零件（栓、螺絲、螺帽）是否使用不鏽鋼材。
- 控制盤是否有中文標示。

- 誰來負責安裝試車人員之差旅及膳雜等費用。
- 供應商提供所需準備之備用零件是如何決定的。

澄清上述的問題後，若能親自訪視幾家新設（三家）或已設（三年）回收系統之工廠，以做為最後選擇回收系統供應商的依據，因經由現場訪視，可進一步瞭解供應商的服務品質及技術能力，以及該系統實際操作情形，並藉由與現場操作人員聊天來查詢回收系統實際操作上的問題所在，再向供應商詢問澄清之。

## (2)代理商服務及維護能力評定

回收系統之地區代理商的服務及維護能力，也是決定回收系統廠牌的重要因素。因回收系統運達工廠後，接下來的系統安裝、試車及操作人員訓練等工作，可能就交由當地代理商負責（一般視廠方與供應商的合約而定），由於各家代理商之技術能力不盡相同，例如有些代理商僅能提供所需附屬零件的更換，有些代理商則可提供此套系統所有技術維修之服務工作。若代理商對工廠製程有相當的瞭解，對往後的維修工作將更有幫助，所以工廠在合約書內應與原設備供應商，釐定清楚地區代理商的責任範圍。

## 6.3 資源化成本分析

廢棄物資源化成本之分析不易，原因包括產源不確及不穩定性，廢棄物質量之變易性、產品市場之隱晦與閉塞、收集轉運之暢通性不足等。同時，資源化產品之市場性分析也不易，包括產品規格及供需配合特性、行銷管道、市場價格、經營方式等層面。因資源化產品市場銷售網不易建立、缺乏國外市場資訊、買賣憑證取得困難、資源化成本過高、再生原料市場價格偏低、國外市場價格競爭等問題之變異性非常大，使得成本分析不易。但投資風險仍然得靠成本分析始得釐清，因此對資源化系統的成本分析仍須進行，主要分析項目主要包括投資成本、回收效益、淨效益及回收期限等。

以下則以系統化流程，說明其成本分析之要項。

### 1. 回收處理系統要素評估

(1) 廢棄物之來源、數量及成分穩定性

(2) 處理規模

(3) 物料運輸成本：依地域性而異

(4) 投資模式

- 委託代清除處理
- 成立處理體系
- 申請事業廢棄物再利用計畫
- 設置廠內回收處理設備

(5) 資源化產品

### 2. 處理容量規劃

(1) 基本資料

① 處理量

② 人員編制

③ 反應操作條件

- 反應莫耳比
- 反應溫度
- 反應壓力

(2) 質量平衡

(3) 系統物料數量計算

(4) 槽體體積

### 3. 設備規劃

(1) 模廠材質、設備選用及安裝配管

- 材質耐蝕、能承受溫度變化

(2) 模廠操作試驗及樣品監測分析

- 試車確保無洩漏
- 控制因子操作試驗
- 試驗參數檢討修正

(3) 模廠功能改善

- 設備功能改善
- 操作方式調整
- 設定最佳操作參數

(4) 資源化廠先期規劃

- 尺寸放大考量因子
- 處理容量規劃
- 整廠設備規劃
- 人員編製

(5) 操作參數

(6) 系統設計

(7) 設備材質、施工、基地大小

(8) 污染防治

- 尾氣處理
- 洩漏偵測
- 貯槽防溢

(9) 設備單元

- 進料系統、反應系統、卸料系統、分離系統、熱能供應及整廠儀表監控系統

#### (10)設備設計考量要點

- 貯槽、反應槽：操作量、溶液性質及溫度
- 輸送泵：輸送溶液性質
- 管件：輸送量、溶液性質及溫度
- 儀表：操作方便、耐蝕、價錢
- 特殊設備：物料處理量

#### (11)設備適用材質

- 貯槽
- 冷凝吸收器
- 熱交換器
- 固體分離機
- 輸送泵
- 管件

### 4.資源化系統效益評估

- (1)經濟效益分析—包括廠內資源回收設備、回收物質產值、處理藥品費、污泥處理費。
- (2)成本分析—包括初設成本、操作維護成本、設備折舊。
- (3)經濟效益分析—包括回收物質產值、清理費用收費。
- (4)資源化廠設置經費概算

#### ①工程預算

- A. 工程款部分
- B. 材料料款部分
- C. 其他費用

#### ②物料成本分析

#### ③資源化產品產值

#### ④資源回收廠經濟效益分析

##### A. 初設成本

- 廠房建設
- 貯槽
- 回收設備
- 其他費用

##### B. 每年操作維護成本

###### a. 人事及管銷費

- 人事費單價
- 管銷費單價

###### b. 維護保養費：以初設成本之 10%估算

- 原料費
- 水電費
- 燃料費
- 廢棄物回收運費
- 回收產品運費

##### C. 每年節省回收費用（含廢棄物代處理費）

##### D. 設備折舊

$$\text{設備投資還原因子(CRF)} = i(1+i)^n / [(1+i)^n - 1]$$

$$i(\text{綜合年利率}) = 6.3\%$$

（資料來源：臺灣銀行 92 年 12 月 5 日基本放款利率四捨五入）

$$n(\text{設備使用年限}) = 10 \text{ 年}$$

$$\text{設備折舊費} = \text{初設成本} \times \text{設備投資還原因子}$$

##### E. 均化值

$$\text{均化係數} = i[(1+i)^n - (1+e)^n] / (i-e)[(1+i)^n - 1]$$

$$i(\text{綜合年利率}) = 6.3\%$$

$$e(\text{物價上漲率}) = -0.2\%$$

(資料來源：經濟部統計處最新經濟指標摘要 91 年消費者物價年增率 [http://210.69.121.6/gnweb/news/hot\\_files/gnHot\\_12.xls](http://210.69.121.6/gnweb/news/hot_files/gnHot_12.xls))

$n$  (設備使用年限) = 10 年

均化年操作維護費 = 操作維護費  $\times$  均化係數

均化年節省回收費 = 節省回收費  $\times$  均化係數

均化年淨效益 = 均化年節省回收費 - 均化年操作維護費

#### F. 投資效益

本益比 = 均化年節省回收費  $\div$  (設備折舊費 + 均化年操作維護費)

現值因子 = 初設成本  $\div$  均化年淨效益

投資報酬率  $F$

現值因子 =  $(1+F)^n - 1 / F(1+F)^n$

$n$ (設備使用年限) = 10 年

投資回收年限  $N = \ln[A / (A - P \times i)] / \ln(1+i)$

$A$  = 均化年淨效益

$P$  = 初設成本

$i$  (綜合年利率)

#### G. 處理成本

每年回收產品收入

固定成本 = 設備折舊費

營運成本 = 每年操作維護費 - 每年回收產品收入

每公噸處理成本 = (固定成本 + 營運成本)  $\div$  設計處理容量

## 第七章 廢棄物資源化案例

### 7.1 廢錫渣資源化案例

#### 7.1.1 廢錫渣資源化錫鉛錠替代原料

##### 1. 前言

事業產生之廢錫渣依再利用廢棄物成分分析，廢錫渣中之主要成分為錫、鉛及銅等，故如能有效將銅等不純物質去除時，便可達成再利用而取代精製爐作業過程製造錫鉛錠所需要部分添加原料量（如純錫錠及純鉛錠等）。本案例乃參考國內專業產製錫鉛合金錠工廠之技術水準與能力評估其再利用可行性，建議產生本案例廢棄物之事業與相關可行之再利用機構可參考以下規劃為之。

##### 2. 處理流程

一般而言，廢錫渣資源化錫鉛錠替代原料之處理流程可分為四個主要處理單元，亦即「廢棄物進廠分析」、「進料調配」、「再利用處理」、「污染防治」等，現分述如下：

##### (1) 「廢棄物進廠分析」

建議每批次進廠之廢錫渣應先進行成分分析，同時將分析結果標示於該批廢錫渣並做好貯存工作。

##### (2) 「進料調配」

根據錫鉛錠產品之規格需求（63%錫-37%鉛、80%錫-20%鉛或 90%錫-10%鉛等）進行原料（如純金屬錫錠、鉛錠）及廢錫渣之理論需求重量計算，並秤重調配。

##### (3) 「再利用處理」

首先將精製爐加熱至 200°C 以上，再將已秤重調配完成之原料（如純金屬錫錠、鉛錠）及廢錫渣置入精製爐中，維持爐溫於 200°C 以上之條件下至完全溶解並持續攪拌。然後進行適量硫磺粉之添加以去除銅等不純物。另外，整個過程中爐渣上浮撈除過濾工作應隨時維持進行為宜。最後在溶解液

體倒出澆鑄至模具成型為錫鉛錠產品前，建議應先取熔解液體樣品進行成分分析進行比對是否符合錫鉛錠規格；如無法符合錫鉛錠規格時，再依實際狀況補充添加純金屬錫錠或鉛錠，並重複上述取樣成分分析之步驟至符合規格需求為止，其再利用流程如圖 5.1 所示。

#### (4) 「污染防治」

再利用處理過程可能衍生污染型態為空氣污染與廢棄物，其相關污染防治設施及建議，茲分述如下：

##### A. 空氣污染防治

空氣污染物產生原因及種類，如表 7.1。至於再利用過程中之廢氣流向，則如圖 7.1 所示。總之，精製爐所產生之粒狀物、硫氧化物及氮氧化物可利用氣罩收集，直接再利用密閉管道導入填充床式洗滌塔及煙霧消除器串聯之處理設備進行污染物之減量後，再由排放管道排放至大氣中。至於人工混合配料區於作業時所產生之粒狀污染物，則利用氣罩收集後，直接導入袋式集塵器之處理設備進行污染物之減量後，再由排放管道排放至大氣中。另外，重油儲槽產生之揮發性有機物量甚少，且經儲槽周圍之大氣稀釋後濃度極低，故可忽略不予進行廢氣收集，僅需設置相關之監測設施即可。

##### B. 廢棄物處理

再利用過程中主要之廢棄物產生來源如下：

###### a. 袋式集塵器收集之集塵灰：

主要為袋式集塵器去除廢氣中所含之粒狀污染物所產生之粉體，而以集塵灰之型態排出，本類廢棄物可回收再利用。

###### b. 精製爐作業區產生之爐渣(再利用製程產生)：

精製爐作業區於再利用製程中，因於熔煉過程中需添加硫磺粉以去除錫鉛錠中所含之金屬銅，故會形成硫化銅之黑色爐渣排出，屬有害事業廢棄物建議應定期檢測分析。

表 7.1 廢錫鉛渣再利用流程之空氣污染物產生原因及種類

空氣污染物產源	產生原因及種類
精製爐	<p>精製爐利用重油加熱，由於操作溫度低於各類金屬之氣化溫度，故無金屬物揮發之虞，其主要之污染物為燃燒重油所產生之粒狀物、硫氧化物、氮氧化物。</p> <p>精製爐中雖有添加硫磺粉，然而由於精製爐之操作溫度尚未達到硫磺粉之燃燒溫度，故硫磺粉可視為完全與銅反應為硫化銅爐渣，而忽略對排放廢氣所產生之影響。</p>
人工混合配料區	主要為原料混合作業時所產生之粒狀污染物。
重油儲槽	重油儲存時，因儲槽之呼吸閥所洩漏之少量重油蒸氣，以揮發性有機物表示。

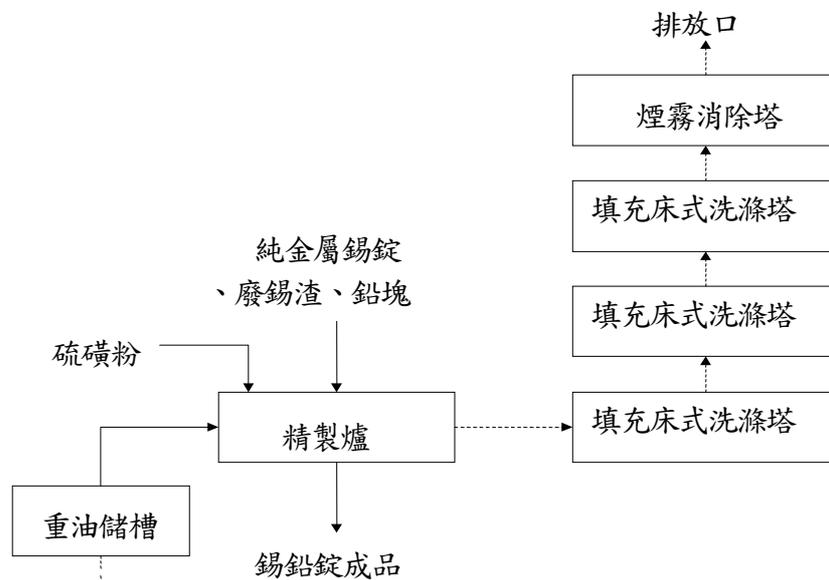


圖 7.1 廢錫渣再利用流程之廢氣流向圖

## 7. 1. 2 結語

整個再利用方式乃採用批次作業，如衡量本案廢錫渣成分特性，再來評估其相關設備處理量與廢錫渣再利用量關係，大致分析如下：

由於精製爐為主要設備，如以每只精製爐之有效容積 300 公升且錫鉛熔解液體（扣除爐內之殘存量）比重 8.0 為例，每只精製爐之錫鉛錠產量約為 2 噸／批（操作時間為 24 小時／批），每個月以 25 個工作日計算時，每只精製爐之最大產能為約 50 公噸／月。

至於廢錫渣再利用量則需依欲生產之產品規格（如 63%-37%錫鉛錠、80%-20%錫鉛錠、90%-10%錫鉛錠或其他符合 CNS 2475 錫條中國國家標準規格之製品等）及主要原料（如純金屬錫錠與鉛塊等）而定。以生產 63%-37%規格之錫鉛錠成品為例：

如前所述，專供廢錫鉛渣再利用處理之一座精製爐，其每月之最大產能為 50 公噸（每月以 25 個工作天計算），產製 63%-37%錫鉛錠產品為主，故廠內原各類原料每月最大之需求狀況如下：

錫錠需求量：50 公噸/月×63%=31.5 公噸/月

鉛錠需求量：50 公噸/月×37%=18.5 公噸/月

如利用廢錫鉛渣取代廠內使用之原料，於產能不變之條件下，每月可降低純金屬錫錠與鉛塊使用量。

## 7.2 廢壓模膠資源化案例

### 7.2.1 廢壓模膠替代水泥副原料資源化

#### 1. 前言

由於廢壓模膠其中含有具熱值之熱固性樹脂，可提供作為物料再利用之用途有限，但利用其含有二氧化矽可作水泥之原料及其熱值燃燒產生之熱能，可提供作為水泥廠替代原料及燃料之用，而僅需將廢壓模膠予以適當之前處理後，即可搭配其他水泥原料進入水泥窯中燒成。目前國內尚無半導體封裝業廢壓模膠再利用實例，但已有類似廢棄物（亦即製造封裝材之廢料）再利用案例，深入探討發現，其再利用案例之作法可直接供半導體封裝業廢壓模膠採用，故此處即舉該再利用案例來說明並規劃廢壓模膠再利用構想，以供參考。

#### 2. 處理流程

以生產卜特蘭水泥之工廠，其日產量約為 2,000 公噸熟料為例。一般水泥工廠除傳統原料（如石灰石、黏土等）外，可將廢壓模膠作為廠內原料之一，且少量添加於正常製程中。當將廢壓模膠添加於製程前，需先經過乾燥、破碎、研磨等程序後，再與其他原料（如碳煤灰等）一併進入水泥旋窯中，其中廢壓模膠於製程中高溫下與石灰石反應而固熔，於正常操作條件下，水泥成品均可符合規範，其資源化流程如圖 7.2 所示。

依圖 7.2 中之流程所示，首先廢壓模膠必須經過前處理始可進入製程，一般廢棄物先於 200~300°C 進行乾燥後，再加以研磨，研磨階段採二套研磨設備，分別為粗磨及細磨。粗磨使用葉片切碎方式；細磨部分使用管磨(Tube mill)及滾磨(Roller mill)機磨成粉末，其粉末顆粒大小控制在 88 μm 篩之篩餘為 15~20%。廠內管磨及滾磨之配置可視現場操作狀況可採串聯或並聯方式操作。

由於資源化處理流程中所處理之廢壓模膠，其主要成分二氧化矽占 60% 以上，熱固性樹脂約占 10~30%，因此極適合以水泥窯資源處理。但是，有些廢壓模膠中可能含有少量之銻（以  $SbO_3$  之型式約占 1~5%），恐不利於水泥成品之品質，經水泥成品溶出試驗結果發現，銻之溶出量為約為 0.3~0.8 mg/L，尚不至影響水泥成品之品質。目前可設定生產之水泥產品品質標準中銻之含量上限為 25 ppm，其銻添加廢壓模膠之最適摻配率約 0.1% 為宜。

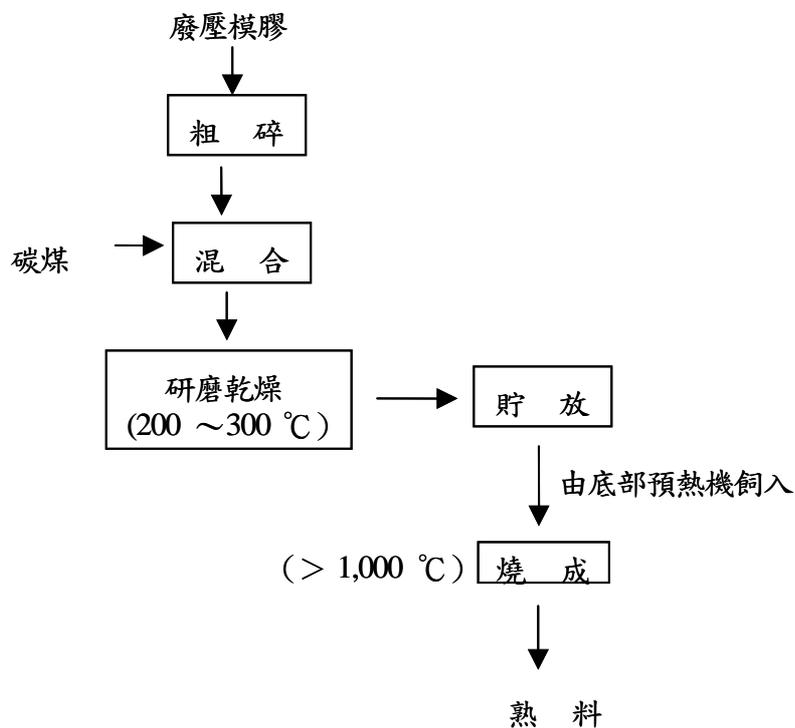


圖 7.2 廢壓模膠於水泥廠資源化流程圖

## 7. 2. 2 廢壓模膠替代 FRP 補強材資源化

### 1. 前言

半導體業封裝過程產生廢壓模膠，成分主要為二氧化矽、樹脂。如前所述，一般熱固性材料乃為高度填充之複合材料，藉由精細研磨、篩分及粉末化，可將不能用之熱固性材料，按各種比率與純樹脂相拌合，使其得以再利用。

### 2. 處理流程

本案例再利用機構為生產強化 FRP 補強材之工廠，藉由廢壓模膠、熱固性樹脂及玻璃纖維等材料複合拉擠成型以達補強效果，其再資源化過程如圖 7.3 所示：

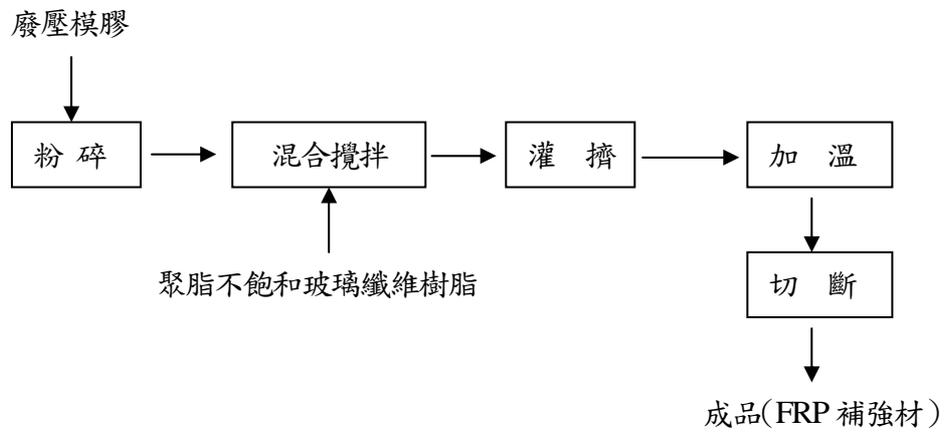


圖 7.3 廢壓模膠資源化 FRP 補強材流程圖

### 7.2.3 結語

#### 1. 廢壓模膠替代水泥副原料資源化

廢壓模膠為半導體業封裝製程所產生之下腳料，其主要成分為二氧化矽及熱固性樹脂，若以棄置掩埋，則於環境中長期不易腐化，但若利用其特性，適量添加於水泥窯內作為副原料，經類似廢棄物實廠操作及檢測結果證實，並未造成水泥品質之改變，且亦無產生二次公害之虞。因此，值得提供半導體封裝廠及水泥廠業者共同應用推廣。

#### 2. 廢壓模膠替代 FRP 補強材資源化

由於 BMC 法具備了節省人工、生產快速、產品尺寸安定等三大優點，因此受到廣泛的採用。但要進行此項再利用工作時，必須先考量兩個問題，亦即是否經濟？拌合材料之模造性能是否如預期？

## 7.3 廢溶劑資源化案例

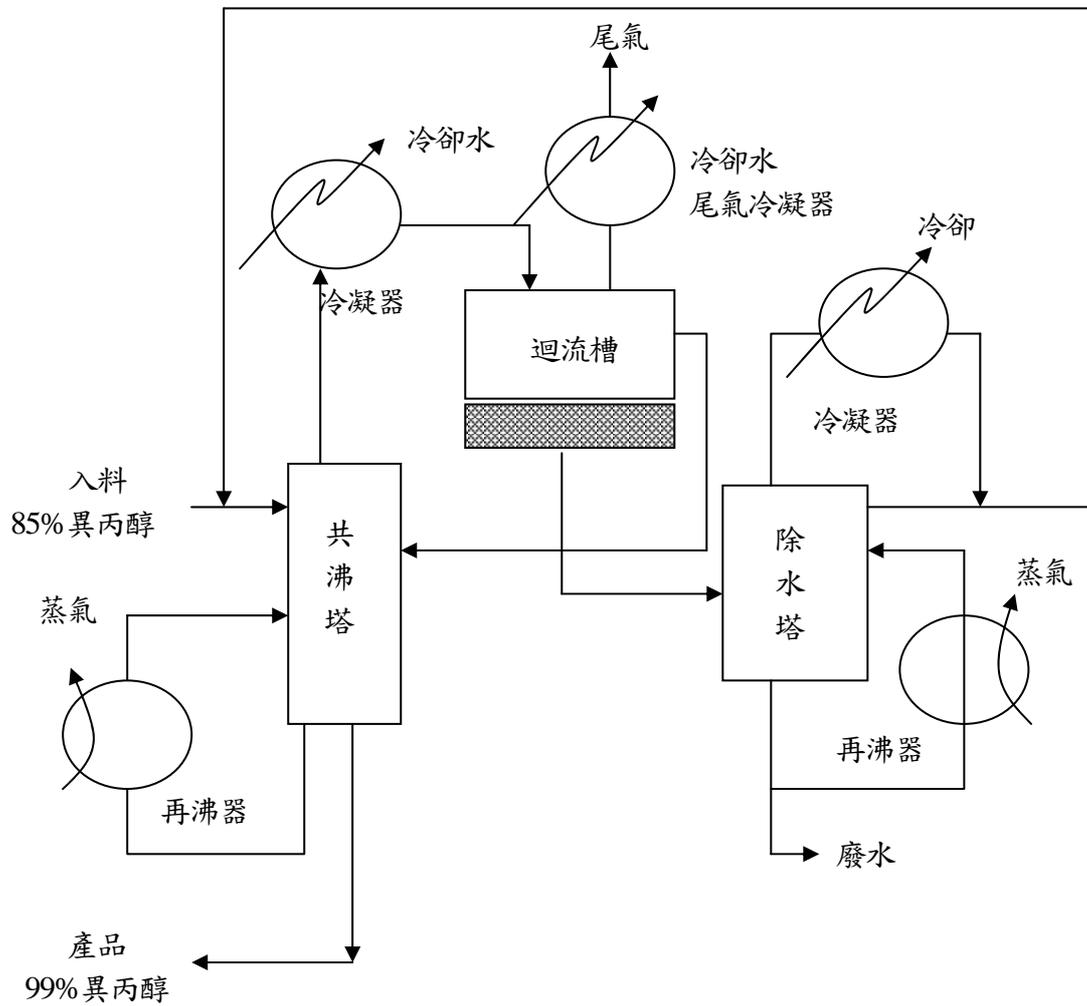
### 7.3.1 廢異丙醇回收資源化

#### 1. 前言

當製程清洗用之異丙醇含水量超過一定濃度時，則無法繼續使用而排放成為廢液，此廢液中異丙醇之濃度約為 80~95%，對於純度要求極高之業者而言則視為廢液，但對一般化工廠製程，其純度仍可使用，因此將此廢溶劑經過有效處理，提供其他工業製程使用。

#### 2. 處理流程

本案再利用機構為專業再利用工廠，其資源化處理流程如圖 7.4 所示。由於半導體封裝廠之廢異丙醇溶劑中均含有水分，於純化時是以共沸蒸餾方式將水與異丙醇予以分離，其中所使用之共沸劑為非含苯之飽和溶劑，可於製程中不斷循環使用。整個製程係採常壓連續密閉式操作，其中離開迴流槽之尾氣(Vent gases)則再經過尾氣冷凝器(Trim cooler) 後排至大氣。



資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，民國 90 年 12 月。

圖 7.4 廢異丙醇資源化處理流程圖

### 7.3.2 廢丙酮回收資源化

#### 1. 前言

半導體封裝業產生之廢丙酮依環保署有害事業廢棄物認定標準，其閃火點低於 60°C。因此，屬於有害事業廢棄物中之易燃性事業廢棄物。

#### 2. 處理流程

蒸餾的基本原理是利用各種物質之沸點不同，以及物質的氣液平衡關係來達到分離的目的。本案處理之溶劑種類以主成分及水混合為主，在蒸餾技術領域中屬於單純技術。蒸餾過程中液體的組成隨著蒸發之進行而一直改變，因此若欲明確說明該系統之質量變化需以微分方程式方可描述。本案例採批次操作，因此屬於微分蒸餾（臥式蒸餾釜）。至於整體作業處理流程，則如圖 7.5 所示。

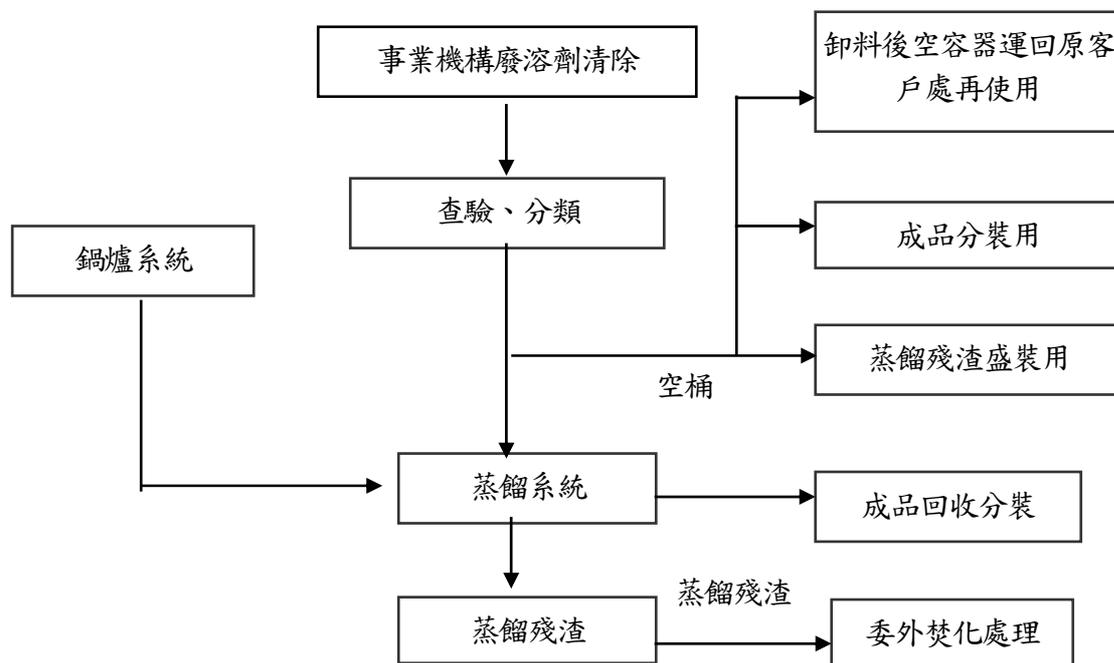


圖 7.5 再利用流程圖

### 7.3.3 結語

#### 1. 廢異丙醇回收資源化

一般而言，廢異丙醇濃度約有三種不同等級，亦即 60% 以下、60%~85%、85% 以上者。目前基於經濟效益考量，再利用機構較願意收受異丙醇廢液濃度 85% 以上者，可直接進入製程處理，再製為濃度 99% 以上之工業級異丙醇，其相關用途包括作為工業原料、製造丙酮及其衍生物、作為溶劑使用（可用於香精油及其化油類，生物鹼、膠、樹脂等之溶劑，塗裝溶劑等）、液體燃料之防凍劑、脫水劑、防腐劑等。

#### 2. 廢丙酮回收資源化

廢丙酮濃度達 40% 以上才有回收資源化價值，而且固形分必須低於 25%。因為，固形分會形成蒸餾殘渣，減少溶劑回收率及增加蒸餾殘渣之焚化數量，亦即增加操作成本。因此，從本案例發現再利用機構接收廢棄物溶劑成分愈高且固形分比例愈低愈好，此可供事業做為廠內管理之參考。

廢丙酮經回收後，所產製之產品規範則如表 7.2 所示，一般產品規範要求重點為比重、純度、酸分、水分、外觀、色度、加熱殘分等。至於其用途則可用於壓克力單體及農藥原體之製造、乙炔運輸之載體溶劑、油漆、塗料等。

表 7.2 回收溶劑產品規格表

回收產品名稱	比重	純度	水分	酸分	外觀	色度	加熱殘分 (g/100ml)
丙酮	0.81	95%	1%	0.01	無色透明	5	0.1

## 7.4 廢污泥资源化案例

### 7.4.1 含銅污泥资源化

#### 1. 前言

由於半導體封裝業產生之污泥屬無機污泥居多，其中有含重金屬有害性污泥（含銅量約有 1~5%，含水率約為 75%），此乃經還原、氧化、酸鹼中和後，再經凝集、過濾而產生。如第五章所述，含銅污泥资源化技術，乃應用置換、電解、還原及氧化等方式，而大部分技術台灣均有工廠設立運作中，如昶昕、碩泰、永源及衛司特等。建議半導體封裝業產生含銅量較低之污泥能搭配印刷電路板相關行業含銅量較高之污泥资源化再利用，現列舉較可行處理案例說明如下：

#### 2. 處理流程

##### (1) 置換取銅

調配好「適當銅污泥」後，再以鹽酸（硫酸或硝酸）溶解，接著進行過濾去除 PAC 等雜質，然後於溶液中加入鐵屑，則氯化銅溶液之銅（因電位差之故）會被鐵所置換形成銅金屬析出。另外，溶液為含二價之氯化亞鐵，再通入氯氣，則氯化亞鐵形成三價之氯化鐵，而氯化鐵則可做為印刷電路板之蝕刻液使用或做為廢水凝集劑代替 PAC 使用。其流程如圖 7.6：

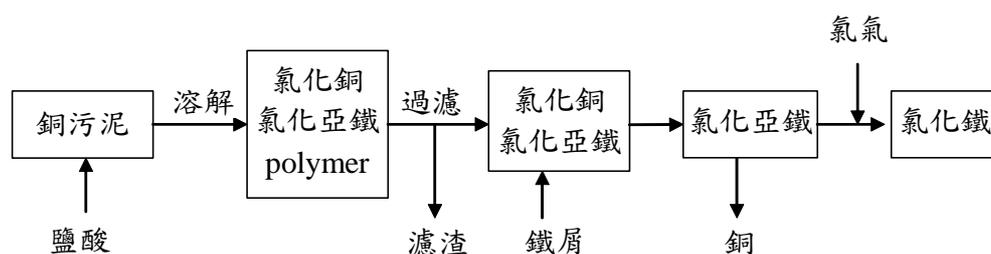


圖 7.6 置換法回收銅流程

##### (2) 回收氧化銅

此方法是將調配好「適當銅污泥」先以酸（硫酸）溶解後去除聚合物（polymer），然後含銅液再加入氫氧化鈉，使其再形成氫氧化銅及氫氧化鐵等

物，於反應槽中再加入過氧化氫或高錳酸鉀等氧化劑後，形成氧化銅及氧化鐵的沉澱物以及副產物  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ，其流程如圖 7.7：

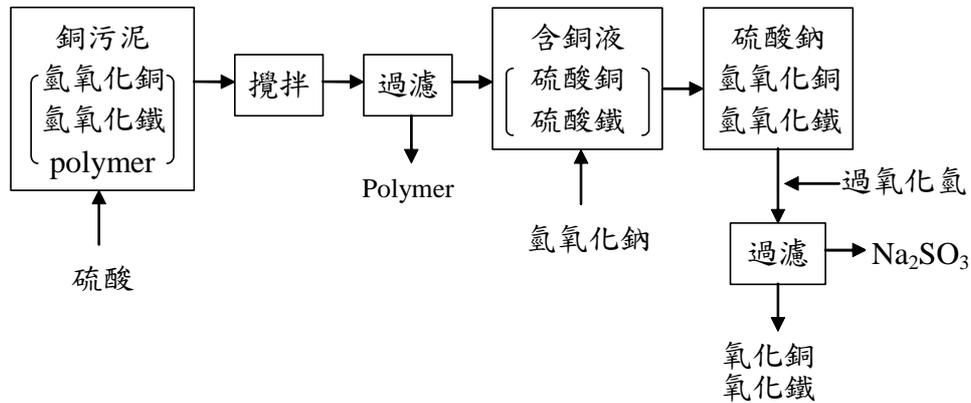


圖 7.7 氧化銅法回收氧化銅流程

### (3) 煅燒法

先調配好「適當銅污泥」，經烘乾、乾燥等程序來確認污泥中水分完全蒸發，同時將污泥中之金屬氫氧化物轉化成金屬氧化物，一般於  $600\sim 750^\circ\text{C}$  高溫環境下進行。經乾燥、氧化處理後之金屬氧化物，再進行更高溫 ( $1,300\sim 1,600^\circ\text{C}$ ) 之還原反應 (同時加入焦炭)，其目的是將金屬氧化物還原為金屬，其流程如圖 5.11 所述。

## 7.4.2 一般無機污泥資源化

### 1. 前言

半導體封裝業產生之部分一般無機污泥，其主要成分為  $\text{SiO}_2$  即適合以替代原料方式應用於相關建材方面，如水泥等。此類與晶圓代工廠 (也是半導體業之一) 產生之廢污泥其成分不同，建議勿混淆。

一般此類污泥產生來自廢水處理，係利用化學混凝處理，將加工研磨製程產生之原廢水，其主要懸浮固體為研磨砂，懸浮固體以 PAC 沈澱劑凝聚而沈澱，以達固液分離作用，上澄液經砂濾器處理回收再利用，沈澱之泥漿則迴流至濃縮槽經壓濾機將污泥脫水成泥餅。

### 2. 處理流程

本案再利用機構為水泥公司，主要是利用石灰石及黏土為原料，無機性污泥可以補充主要原料所含成分不足，亦可以替代黏土原料使用，如  $2\text{CaO}$ (石灰石)+ $\text{SiO}_2$ (二氧化矽) $\rightarrow \text{C}_2\text{S}$ ( $2\text{CaO}$ 、 $\text{SiO}_2$ ) 為水泥成分，其資源化過程如圖 7.8 所示。

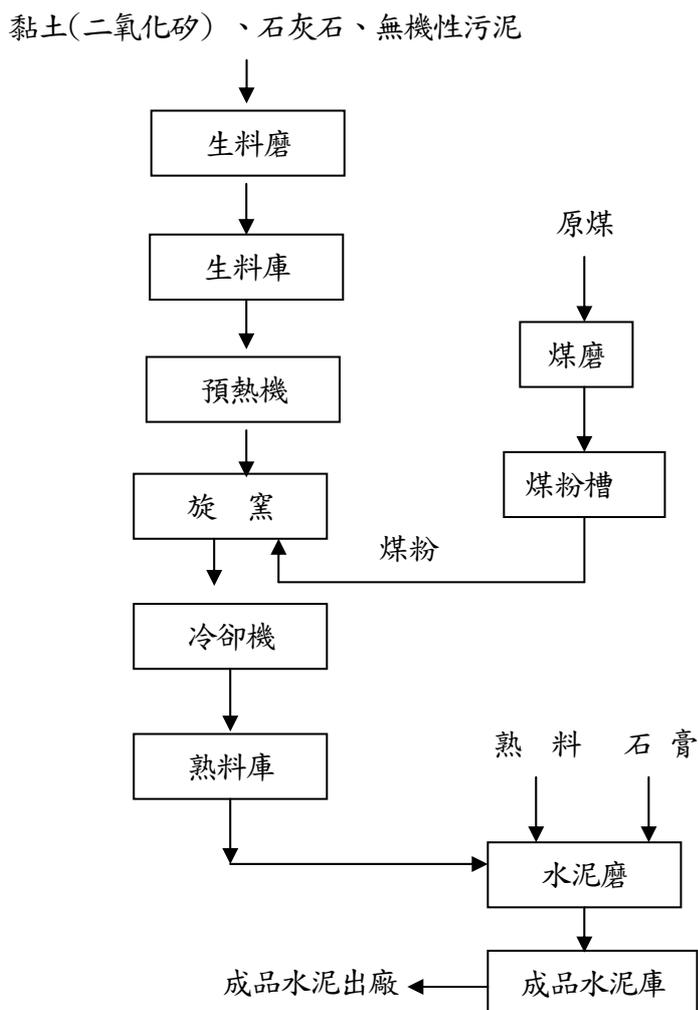


圖 7.8 無機性污泥作為水泥原料資源化流程

### 7. 4. 3 結語

#### 1.含銅污泥資源化

置換法、氧化銅法及煨燒法等方法，因其處理方法的不同，其處理的費用亦有不同，如考量「初設成本」、「年操作維護費用」、「年投資費用」、「資源化收入」等因素，評估得到「年總淨效益」為置換法>煨燒法>氧化銅法。總之，含銅污泥如無資源回收，勢必固化掩埋之，不僅形成有價物的浪費且固化處理成本高。

#### 2.一般無機污泥資源化

無機性污泥分布範圍極廣，本案例是加工研磨之廢水處理，經由沈澱過濾後之污泥，主要成分為二氧化矽。此種成分為水泥原料之一，水泥業應用此類污泥替代黏土使用頗為適當。

## 7.5 廢電子零組件資源化案例

### 7.5.1 廢電子零組件資源化（一）

#### 1. 前言

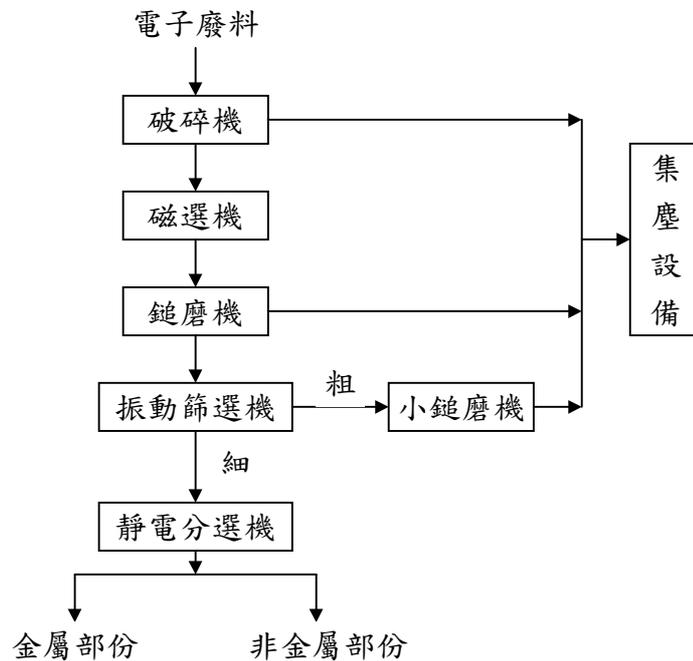
本案例之再利用機構為國內專業電子廢料資源化處理工廠，廢棄物主要包括半導體工廠之電子廢料、下腳料及環保署基管會認證之消費後廢電腦。目前該再利用機構現有之製程可處理或資源化廢棄物種類，如廢 IC、廢晶片、廢電阻、廢電容器、廢電腦拆解之零組件、廢儀表及周邊設備、廢陶瓷電容器、廢陶瓷電路板、廢印刷電路板及邊料、廢電線、廢電纜、鍍貴金屬廢端材、下腳料、渣屑、老化液、含貴金屬廢觸媒、廢電信交換機等。

#### 2. 處理流程

本案例處理流程主要有六大單元，亦即「金屬與非金屬分離」、「混合金屬分離及資源化」、「非金屬物質資源化」、「黃金精煉資源化」、「鍍金層資源化處理」、「鈹精煉資源化」等，現分述如下：

##### (1) 金屬與非金屬分離

由於廢電子零組件成分精密而複雜（如金屬及非金屬膠合問題），因此如何適當分離成為首要步驟。首先可利用人工拆解方式先將體積較大廢棄物依照金屬類及非金屬類作初步分離，其後再利用各種物理分離設施（如破碎機、磁選機、鉅磨機、振動篩選機、靜電分選機等）搭配使用進行細部分離金屬類及非金屬類，其處理流程如圖 7.9 所示。



資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，民國 90 年 12 月。

圖 7.9 廢電子零組件物理分離處理流程圖

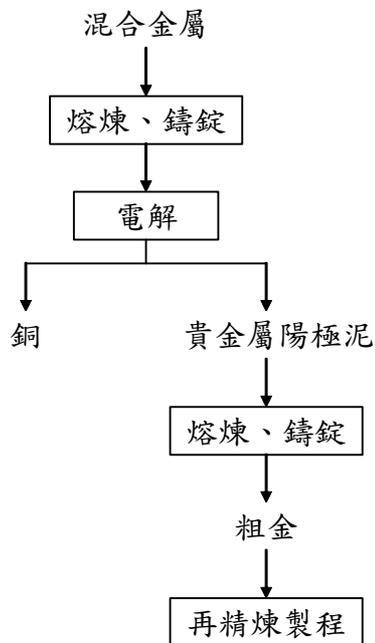
## (2) 混合金屬分離及資源化

經過分離粉碎後之物質包括兩部分，亦即「混合金屬部分」及「非金屬部分」。其中「混合金屬部分」可採用貴金屬精煉技術進行資源化工作，就如第五章所述：將此混合金屬先經過高溫熔煉鑄錠後，以此粗銅錠為陽極，純銅片為陰極，進行電解，陽極之粗銅錠逐漸溶解，並於陰極析出純銅回收，而當陽極完全溶解後收集陽極泥，此陽極泥再經熔煉鑄錠後成貴金屬錠，以供後續精煉純化。其處理流程如圖 7.10 所示。

## (3) 非金屬物質資源化

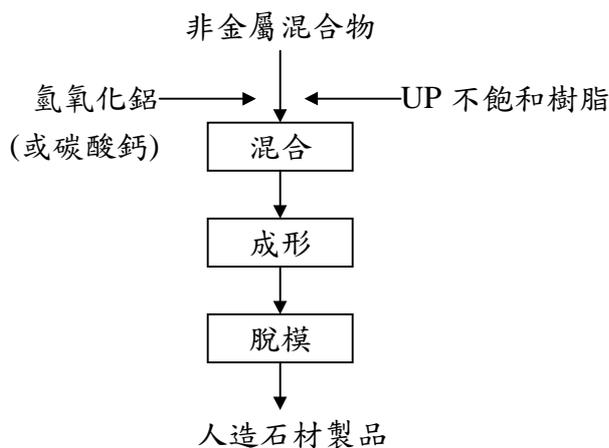
至於經分離破碎後之「非金屬部分」則包括玻璃纖維、樹脂等碎渣，一般而言其量大於「金屬部分」甚多，如未善加利用誠屬可惜。本案之再利用機構即以添加氫氧化鋁（或碳酸鈣）、UP 不飽和樹脂等原物料，再加以混合均勻後，壓延成型即製成所謂「人造大理石板」、「圍牆磚」、「文化石」、「人造大理石地磚」等資源化產品，而此資源化產品最後再經過

廢棄物毒性特性溶出試驗 (TCLP) 後，均低於認定溶出標準值，其資源化處理流程如圖 7.11 所示。



資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，民國 90 年 12 月。

圖 7.10 廢電子零組件中混合金屬資源化處理流程圖

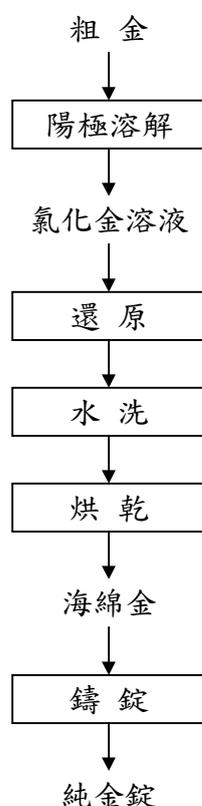


資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，民國 90 年 12 月。

圖 7.11 廢電子零組件中非金屬成分資源化處理流程圖

#### (4)黃金精煉資源化

如前所述，經物理分離後所得「混合金屬」，再以熔煉、鑄錠、電解等程序後，可將銅與其他貴金屬分離。後者之貴金屬中可能含有金、銀等金屬，可再予以精煉，即獲得純度具經濟價值之貴金屬。因此，再利用機構利用電溶精煉法選擇性還原方式將黃金再予以資源化，以此方式所獲得之黃金純度可高達 99.99%。其處理流程如圖 7.12 所示。



資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，民國 90 年 12 月。

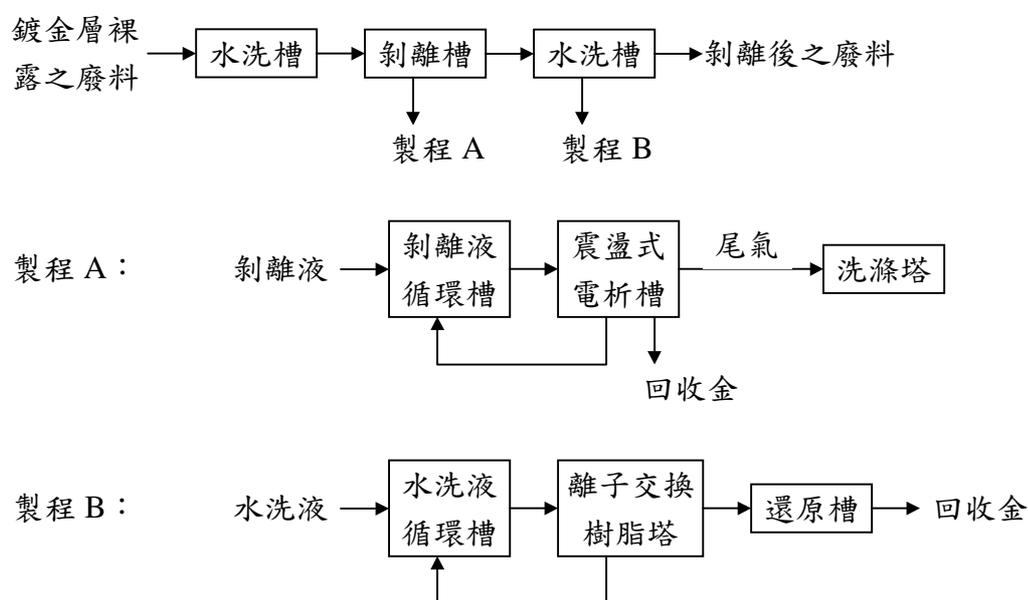
圖 7.12 黃金精煉資源化處理流程圖

#### (5)鍍金層資源化處理

一般廢電子零組件中有些貴金屬部分是裸露於表層，此類廢電子零組件僅需將貴金屬部分剝離或溶蝕即可，而不需經過粉碎等步驟，是屬較易資源化者，其處理流程如圖 7.13 所示，亦即將已分類裸露鍍金層廢棄物經

水洗後，再以氰化鈉剝離液剝離，繼續經電析或離子交換樹脂將貴金屬予以回收之。

值得一提的是，關於電析槽部分，係以不鏽鋼為陰極，石墨為陽極，再配合電子式振盪器，來藉由流體化現象而提升電解效率。換言之，利用電析槽中陽極分解來破壞  $CN^-$ ，陰極回收金，如此可達到貴金屬回收並破壞氰化物之雙重目的。

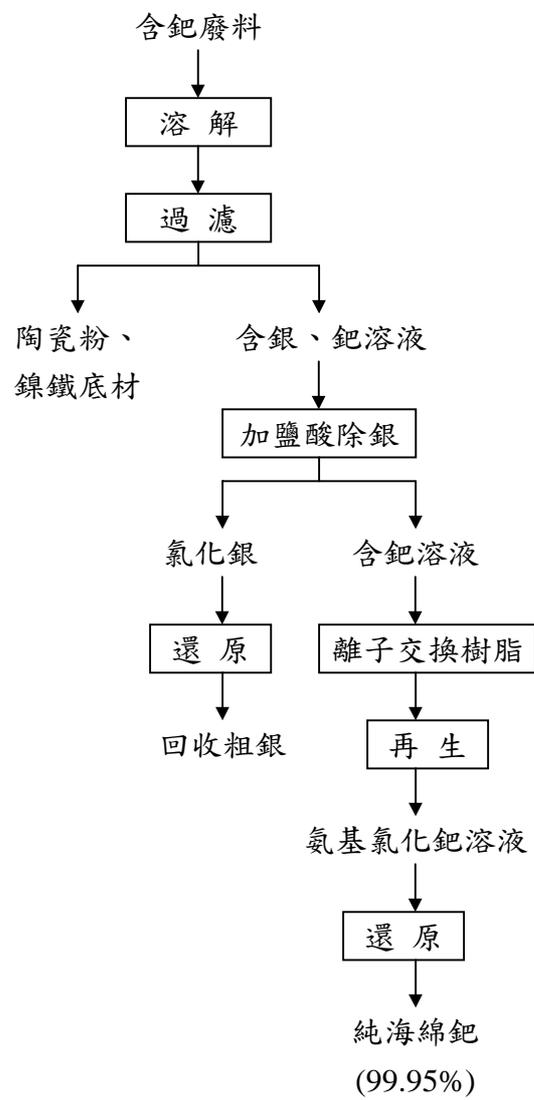


資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，民國 90 年 12 月。

圖 7.13 廢電子零組件裸露鍍金屬資源化處理流程圖

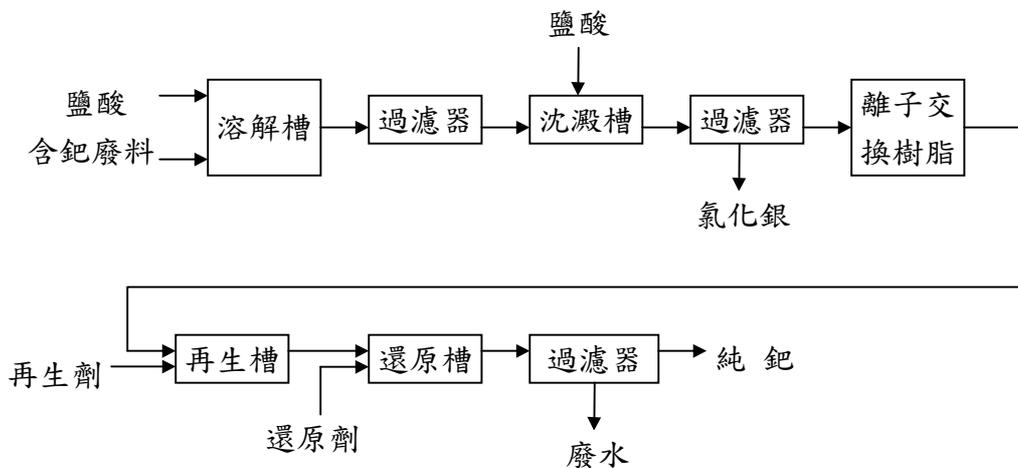
#### (6) 鈀精煉資源化

關於此部分工作，不一定需要，但若廢電子零組件中含有貴金屬鈀(Pd)者，本案再利用機構則利用溶解、沈澱、離子交換樹脂等方式進行資源化工作。其資源化處理流程及示意圖如圖 7.14 及圖 7.15 所示。



資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，民國 90 年 12 月。

圖 7. 14 廢電子零組件中貴金屬鈳資源化處理流程圖



資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，民國 90 年 12 月。

圖 7.15 廢電子零組件中貴金屬鈀資源化處理示意圖

## 7.5.2 廢電子零組件資源化（二）

### 1. 前言

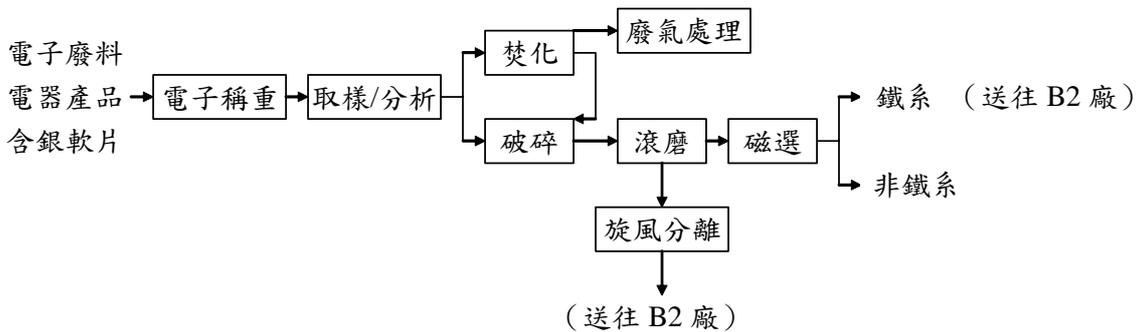
本案例再利用機構位於國外，主要從事廢電子零組件之資源化及處理業務，目前設有二座處理工廠，一為專門粉碎各地清運至廠內之廢電子零組件(以下簡稱 B1 廠)，一為將前者已熔融或粉碎之廢料進行提煉(以下簡稱 B2 廠)，二廠於該國境內均屬於領有合格證照之廢棄物處理業。

### 2. 處理流程

現分別針對 B1 廠及 B2 廠之處理流程說明如下：

#### (1) B1 廠處理流程

焚化、粉碎、分選等單元為 B1 廠主要設施，首先接受之廢電子零組件，依其特性進行焚化、粉碎、分選等前處理，以利後續送入 B2 廠處理。其處理流程如圖 7.16 所示。該廠之作業程序為進廠之廢電子零組件經採樣分析後，由操作人員依其特性裁定為直接破碎（破碎粒徑約為 10~15 mm）或焚化處理（焚化之溫度約為 800°C），其目的在於減少廢料體積或分離破碎機無法處理之廢料。經過破碎後粉屑或焚化產生之殘渣則送入 B2 廠進行資源化。



資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，民國 90 年 12 月。

圖 7.16 B1 廠廢棄物處理流程圖

## (2)B2 廠處理流程

基本上，B2 廠整個流程乃設計為一綜合性事業廢棄物資源回收處理型態與案例（一）相似，亦即該廠處理流程可處理固體及液體廢棄物，同時可將廢電子零組件中含貴金屬部分予以分離、回收、精煉，所回收之金及銀之純度可達 99.99% 以上，鉑及鈮之純度可達 99.95% 以上，其較完整之處理流程如圖 7.17 所示。

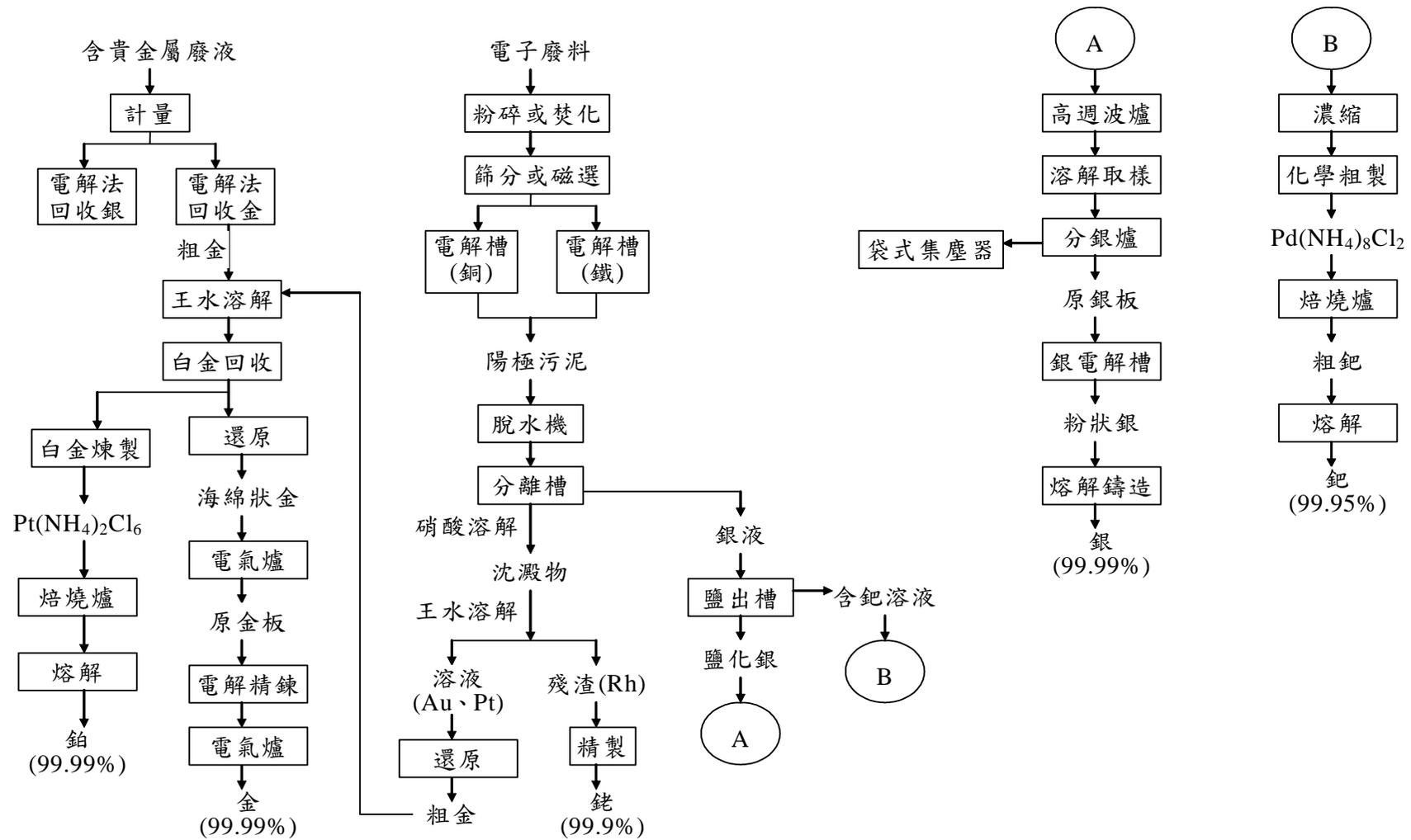
## 7.5.3 結語

### 1. 廢電子零組件資源化（一）

本案例之再利用機構為國內少數具備廢電子零組件資源化處理製程之工廠，其業務主要協助環保署處理基金會回收之資訊類廢棄物，以及國內半導體業者所產生之廢電子零組件，經過廠內製程處理後，其資源回收率達 99% 以上。其成果不僅協助政府機關及半導體業者解決廢棄物之問題，同時也建立國內自行回收及資源化處理有害廢棄物之能力。

### 2. 廢電子零組件資源化（二）

對於國內相關事業而言，廢電子零組件境外處理方式已行之多年，而本案例再利用機構也具有多年歷史，無論在廢棄物收集清運及處理技術上，均自成一體完整之體系，利用物理化學方式依廢棄物之特性分別資源化處理，可提昇資源化效率，而經過處理後之無價值、無害化之廢棄物則都依法送至合格之掩埋場作最終處置，兼顧經濟與環保之效益。



資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，民國 90 年 12 月。

圖 7.17 B2 廠廢棄物資源化處理流程圖

# 名詞解釋

## 1.封裝測試

在半導體製程上，主要可分成 IC 設計、晶圓製程 (Wafer Fabrication，簡稱 Wafer Fab)、晶圓測試 (Wafer Probe)，及晶圓封裝 (Packaging)。

晶圓測試是對晶片上的每顆晶粒進行針測，在檢測頭裝上以金線製成細如毛髮之探針 (Probe)，與晶粒上的接點 (Pad) 接觸，測試其電氣特性，不合格的晶粒會被標上記號，而後當晶片依晶粒為單位切割成獨立的晶粒時，標有記號的不合格晶粒會被淘汰，不再進行下一個製程，以免徒增製造成本。

晶圓封裝，是整個半導體製程中的最後一道手續，它主要是將切割出來的單顆 IC 包入封裝材質之中。

## 2.半導體 (Semiconductor)

是一種導電性介於超導體及絕緣體之間的元素，一般規定電阻率在 10 的負 3 次方歐姆厘米和 10 的負 9 次方歐姆厘米之間。典型的半導體是以共價鍵結合為主的，以共價鍵結合的元素晶體矽和鍺，III 族和 V 族元素組成的 III V 化合物，II 族和 VI 族元素組成的 II VI 化合物，構成了目前大部分主要的半導體材料。

## 3.BGA (Ball Grid Array，球閘陣列封裝)

BGA 球閘陣列封裝為第三代面矩陣式 (Area Array) IC 封裝技術，係在晶粒底部以陣列的方式佈置許多錫球，以錫球代替傳統以金屬導線架在周圍做引腳的方式。此種封裝技術的好處在於同樣尺寸面積下，引腳數可以變多，其封裝面積及重量只達 QFP 的一半，目前資訊家電與 3C 產品已多應用 BGA 封裝技術。BGA 封裝在電子產品中，主要應用於 300 接腳數以上高密度構裝的產品，如晶片組、CPU、Flash、部分通訊用 IC 等；由於 BGA 封裝所具有的良好電氣、散熱性質，以及可有效縮小封裝體面積的特性，使其需求成長率遠高於其他型態的封裝方式。

## 4.QFP(Quad Flat Package)

為傳統的插入裝配型封裝方式，是在 IC 四邊各有一列端子的表面裝配型封裝方式。但是當外部端子數目再增加時，QFP 的裝配不良率便會大幅提高。因而為了配合電子產品輸出入接腳越來越多的要求，QFP 這種僅利用載板周邊

接腳的封裝方式，逐漸被 BGA 這種利用載板底面長有矩陣式錒錫球的封裝方式所取代。因此，QFP 僅適用於 200 腳數以下的封裝，超過 300 隻腳以上的 IC 封裝，將朝 BGA 發展。

#### 4. DIP (Dual in-line package, 雙排標準封裝)

為一種積體電路封裝的標準，它是將在矽晶圓上蝕刻的微電子電路，包裝在矩形塑膠或陶瓷的容器內，並與晶片兩長邊面朝下方伸出的針腳連接，雙排標準封裝的設計可使電路板的製造方便容易，但是對現代的晶片來說，因為需要連接的針腳很多，所以雙排標封裝就不是很好的設計。

#### 5. 導線架

其作用為傳輸積體電路內之電子元件功能至外部之系統板。在製作上，以化學蝕刻或機械沖壓方式，在銅合金或鐵鎳合金片上將積體電路腳架形狀壓印成型於積體電路上面。

導線架是封裝的三大原料（導線架、金線、封裝膠）中，最重要的一種原料。積體電路中除了極少數的簡單功能晶片直接封裝(Molding)外，每一個積體電路的每一片晶片都必須有一導線架配合，以組合成一個完整可使用的積體電路。導線架依功能可分為單體導線架及積體電路導線架，單體導線架中又含支援電晶體、二極體和發光二極體等產品；積體電路導線架則用於半導體封裝，作為晶片及印刷電路板線路連接之媒介，不同積體電路採用不同的封裝方式，所用的導線架亦不同。

#### 6. 凸塊(Bump)

在晶圓上所長的金屬凸塊，每個凸點皆是 IC 信號接點。金屬凸塊多用於體積較小的封裝產品上，例如錒鉛凸塊不使用傳統打線、引腳技術，適合高腳數 IC 產品封裝。凸塊種類有金凸塊(Gold Bump)、共晶錒鉛凸塊(Eutectic Solder Bump)及高鉛錒鉛凸塊(High Lead Solder Bump)等。

#### 7. 覆晶(Flip Chip, F/C)

Flip Chip 技術是一種將 IC 與基板相互連接的先進封裝技術，在封裝的過程中，IC 會被翻覆過來，讓 IC 上面的接合點(Pad)與基板的接合點相互連接。由於成本與製程因素，使用 Flip Chip 接合的產品通常可分為兩種形式，分別為使用於低 I/O 數 IC 之 FCOB(Flip Chip on Board, 覆晶式組裝)及使用於高 I/O 數 IC 之 FCIP(Flip Chip in Package, 覆晶式構裝)。

Flip Chip 技術應用的基板包括陶瓷、矽晶片、高分子積層板以及玻璃

等，其應用的範圍包括高階電腦、PCMCIA 卡、軍事設備、個人通訊產品、鐘錶以及液晶顯示器等。使用 Flip Chip 技術有兩大好處：

可降低晶片與基板間的電子訊號傳輸距離，適用在高速元件的封裝。

可縮小晶片封裝後的尺寸，使得晶片封裝前後大小差不多。

## 8.減廢(Waste minimization)

美國環境保護總署(EPA)最早用於有害廢棄物(hazardous waste)，即指任何藉有害廢污之減量、減毒措施，以達到減少有害廢棄物貯存(storage)、處理(treatment)或處置(disposal)設施負荷之目的。廣泛來講，即「廢(waste)」之排出在生產過程或在進入處理系統之前即予控制，減少其廢污之產量、降低廢污之濃度、改變廢污之污染特性、回收再利用以控制排放等，以減少不必要之廢污產生，甚至可回收再利用，進而減少所需處理之負荷，達到經濟並有效地解決工廠廢污問題之目的。

根據美國國會技術評估局(Congressional Office of Technology Assessment, OTA)認為工業減廢乃從工廠內部改善(in-plant changes)做起，在生產過程中減少廢污之產生，但並不包括一旦產生廢污後之減毒、減量在內。

## 9.Pollution prevention pays (污染預防划得來，簡稱 3P)

亦即所謂 3P 計畫，最早由 3M 公司於 1974 年提出，其意義為「藉由污染預防措施執行，可以獲致多方面的利益」。3P 計畫的基本觀念就是(1)污染物質就是未能利用的生原料；(2)「污染物質」加上「創新技術」就等於「可能有價值的資源」。

## 10.清潔生產(Cleaner production)

1997 年初聯合國環境規劃署(UNEP)的定義：清潔生產(Cleaner Production, CP)是指持續地應用整合且預防的環境策略於製程、產品及服務，以增加生態效益和減少對於人類及環境的危害。

- (1) 對製程而言：清潔生產包含了節省原料及能源、不用有毒原料、並且減少排放物及廢棄物的量及毒性。
- (2) 對產品而言：清潔生產在於減少整個產品生命週期(亦即從原料的萃取出到最終的處置)對環境的衝擊。
- (3) 對服務而言：清潔生產在於減少因提供服務，而對於環境造成影響，因

此在設計及提供服務的生命週期中，都應該將環境的考慮融入其中。

#### 11.環境管理系統標準(ISO 14000)

國際標準組織(International Organization for Standardization, ISO)為了將國際環境管理制度整合進而標準化，遂於1996年訂定ISO 14000系列之國際環境管理標準。ISO 14000是為保護環境而制定，最終目的促使企業界能結合企業管理體系理念以更有效率的保護環境。

#### 12.廠內管理(House keeping)

在工廠生產過程中藉由一些管理方式的改良，以達成減廢的目的。常見的方法有：(1)調整操作步驟，(2)廢棄物分流收集，(3)物料庫存改善，(4)製造時程改善，(5)損失防止及(6)人員訓練等。

當然前述所述要做好操作的管理，必須要由主管階層上鼓勵、獎勵，以使員工努力於減廢。

#### 13.永續發展(Sustainable development)

是1992年6月聯合國在巴西里約熱內盧召開「地球高峰會議」所揭示的地球環境觀念。亦即人類的各種活動必須考慮環境的負荷能力及資源節約與有效利用，使地球上之生態環境能永續發展。

本項觀念應用於工業生產上稱之為「永續經營」更適切，其乃是針對國家政策、工廠產品及生產製程等做設計，以免除或減少人類經濟活動對環境的衝擊。簡言之即「為環境而設計」。

## 參考文獻

- 1.鄭智和，廢印刷電路板之處理技術介紹，電路板會刊，第十四期，民國 90 年 10 月。
- 2.電路板業回收設備選用手冊，經濟部工業局，民國 84 年 5 月。
- 3.印刷電路板製造業廢棄物資源化案例彙編，經濟部工業局，民國 85 年 5 月。
- 4.財團法人台灣綠色生產力基金會，資源化工業輔導計畫，經濟部工業局，民國 91 年 12 月。
- 5.工研院，經濟部八十六年度污染防治技術開發及推廣計畫—總報告，經濟部，民國 86 年 6 月。
- 6.再生技術再生資源回收再利用教育訓練班(新竹-半導體及光電業)講義，經濟部工業局，民國 92 年 9 月。
- 7.光電產業（TFT-LCD 製造業）廢棄物再利用示範觀摩研討會講義，經濟部工業局，民國 92 年 9 月。
- 8.資源化產業資訊月刊，經濟部工業局，第五期，民國 92 年 8 月。
- 9.半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，民國 90 年 12 月。
- 10.九十年度電子產業污染防治講習班第 9001 期講義，環保署環訓所，民國 90 年 4 月。
- 11.事業廢棄物回收再利用速報，行政院環保署，第六期，民國 87 年 8 月。
- 12.事業廢棄物回收再利用速報，行政院環保署，第十三期，民國 88 年 3 月。
- 13.事業廢棄物回收再利用速報，行政院環保署，第十四期，民國 88 年 4 月。

國家圖書館出版品預行編目資料

半導體封裝業資源化應用技術手冊

/經濟部工業局，財團法人台灣綠色生產力基金會編著

—初版—台北市：工業局出版，

台北縣新店市：台灣綠色生產力基金會發行，民 93

148 面；21×29.7 公分

參考書目：面

ISBN 957-01-7532-X (平裝)

1.廢物技術 2.工業廢物處理

445.97

93010408

**半導體封裝業資源化應用技術手冊**

編 著：經濟部工業局；財團法人台灣綠色生產力基金會

發行人：陳昭義

總編輯：曾聰智

編輯企畫：王義基、余騰耀、張啓達、洪文雅、李明美、林金美

編輯委員：王文裕、黃進修、葉書宏、關家倫 (依姓氏筆畫順序排列)

出版所：經濟部工業局

台北市大安區信義路三段 41 之 3 號

(02)2754-1255

<http://www.moeaidb.gov.tw>

發行所：財團法人台灣綠色生產力基金會

台北縣新店市寶橋路 48 號 5 樓

(02)2910-6067

<http://www.tgpf.org.tw>

出版日期：中華民國九十三年七月初版

設計印刷：信可印刷有限公司

工本費：500 元

GPN：1009301863

ISBN：957-01-7532-X (平裝)