

# 目 錄

第一章 前言.....	1
第二章 產業概況.....	3
2.1 產業現況.....	3
2.2 製程概述.....	8
第三章 廢棄物特性與處理現況.....	12
3.1 廢棄物來源及特性.....	12
3.1.1 固體廢棄物.....	12
3.1.2 高濃度廢液.....	13
3.2 廢棄物產生量及處理現況.....	15
3.2.1 廢棄物產生量.....	15
3.2.2 處理現況.....	17
第四章 清潔生產.....	19
4.1 廠內管理.....	19
4.1.1 原料管理.....	19
4.1.2 製程管理.....	20
4.2 環境化設計.....	22
4.2.1 原料替代.....	22
4.2.2 製程改善.....	23
第五章 資源化技術.....	34
5.1 DMF 回收技術.....	34
5.2 氣態廢溶劑回收技術.....	39
第六章 設備選用程序與評估.....	41
6.1 設備選用程序.....	41

6.1.1 作業程序.....	41
6.1.2 顧問聘請.....	43
6.2 供應商評估.....	44
6.2.1 供應商評估及選擇.....	44
6.2.2 代理商服務及維護能力評定.....	46
<b>第七章 資源化案例.....</b>	<b>47</b>
7.1 含 DMF 廢水之回收處理.....	47
7.2 流體化床吸附系統回收處理氣態溶劑.....	48
7.3 增加濃縮設備提升 DMF 回收產能.....	54
7.4 DMA 去除系統純化排放水回收再利用.....	60
<b>名詞解釋.....</b>	<b>63</b>
<b>參考文獻.....</b>	<b>68</b>
<b>附錄 技術供應商名錄.....</b>	<b>70</b>

# 圖 目 錄

圖 2.1	國內 PU 合成皮歷年來產量變化圖.....	5
圖 2.2	PU 合成皮乾式法製造流程示意圖.....	8
圖 2.3	乾式 PU 合成皮生產流程.....	9
圖 2.4	PU 合成皮濕式法製造流程示意圖.....	10
圖 2.5	濕式 PU 合成皮生產流程.....	11
圖 3.1	PU 合成皮製造流程.....	12
圖 4.1	聚胺酯乾式皮結構圖.....	24
圖 4.2	現行乾式聚胺酯合成皮製造流程.....	25
圖 4.3	環保型乾式皮無溶劑貼合製造基本流程（一）.....	27
圖 4.4	環保型乾式皮無溶劑貼合製造基本流程（二）.....	27
圖 5.1	DMF 分解反應式.....	35
圖 5.2	DMF 回收處理基本流程設計.....	36
圖 5.3	DMF 回收處理流程圖.....	37
圖 5.4	濕式洗滌設備圖.....	40
圖 7.1	PU 合成皮乾式製程及污染來源.....	49
圖 7.2	流體化床系統(GASTAK)設備流程圖.....	50
圖 7.3	氣態廢溶劑回收流程圖.....	52
圖 7.4	氣態廢溶劑回收程序設備.....	52
圖 7.5	溶劑純化分離流程.....	53
圖 7.6	C 工廠 PU 合成皮製程.....	55
圖 7.7	單塔式脫水設備.....	57
圖 7.8	雙效式脫水設備.....	58
圖 7.9	DMA 去除系統處理流程圖.....	61

# 表 目 錄

表 2.1	合成皮公會之 PU 合成皮製造會員廠分佈地區 .....	4
表 2.2	研究發展委員會會員分佈地區 .....	4
表 2.3	PU 合成皮業資本額統計表 .....	4
表 2.4	民國 86 至 90 年 PU 合成皮年產量與用途之分配情形 .....	6
表 2.5	民國 86 至 90 年 PU 合成皮業內銷、直接外銷、合作外銷統計 .....	6
表 3.1	PU 合成皮業固體廢棄物種類、來源及特性／成份 .....	13
表 3.2	PU 合成皮業高濃度廢液種類、來源及特性／成份 .....	13
表 3.3	DMF 廢水回收程序之蒸餾殘渣成份分析 .....	14
表 3.4	PU 合成皮業廢棄物產生量推估 .....	16
表 3.5	PU 合成皮業廢棄物處理方式之處理量推估 .....	18
表 4.1	無溶劑貼合 PU 合成皮物性測試結果 .....	26
表 4.2	新、舊製程生產速率比較表 .....	28
表 4.3	PU 合成皮揮發性有機氣體(VOC)之人體危害性 .....	29
表 4.4	無溶劑貼合製程成本變動統計表 .....	31
表 4.5	單一溶劑 PU 樹脂產品物性規格 .....	31
表 4.6	各類溶劑之蒸發熱量 .....	33
表 5.1	DMF 之物理性質 .....	35
表 7.1	DMF 回收設備之效益評估 .....	48
表 7.2	G-AC 活性碳之性質 .....	51
表 7.3	氣態廢溶劑回收製程之效益評估 .....	54
表 7.4	脫水設備之效益評估 .....	59
表 7.5	DMA 去除系統之效益評估 .....	62

# 序

主導人類經濟的發展，除資本與技術外，最重要的是資源的掌握，因此，資源的有效利用，將是維繫未來人類經濟活動永續的命脈。廢棄物產生量多寡與資源有效運用具高度關聯性，本局自民國七十九年起，即積極推動工業減廢與污染預防工作，協助輔導產業界進行產源減量及資源回收再利用，並將輔導成果彙整，其中PU合成皮業部份於民國八十五年編撰成「PU合成皮業廢棄物資源化案例彙編」供業界參考運用。

鑑於產業變遷、廢棄物資源化技術精進及因應九十一年七月公布之「資源回收再利用法」產源減量及資源回收再利用精神，本局委託財團法人台灣綠色生產力基金會將上述案例彙編重新編修成本手冊。本手冊除更新產業現況及資源化技術外，因應源頭減量及清潔生產等理念，並增闢「清潔生產」一章，說明如何透過廠內管理及環境化設計，推動清潔生產；另為便於產業於增設廢棄物資源化相關設備之選購，增加「設備選用程序與評估」及「技術供應商名錄」；除此，增列「名詞解釋」便於查詢，期編修後之手冊能成為業界廢棄物資源化之實用工具書，並對於廢棄物資源化技術之認知逐步提升，以擢升企業環保及經營績效。

本手冊編修過程，感謝健強高科技股份有限公司鄭敏欽總經理及江建協先生、工研院環安中心賴慶智經理及蔡梵正先生等參與資料蒐集及編修，以及台灣大學環境工程研究所楊萬發教授、台北科技大學環境規劃與管理研究所張添晉教授及材料及資源工程系陳志恆教授等委員之審訂，使本手冊得以付梓。但由於時間匆促，其實務資料蒐集彙整不易，內容如有錯誤漏植之處，尚祈不吝指正。

經濟部工業局 謹識

中華民國九十一年十二月

# 第一章 前言

國際上有愈來愈多的學者預言，二十一世紀將是爭奪資源的世代，亦即主導人類經濟的活動，除了資本與技術之外，最重要將是資源的擁有。因此，資源的有效利用，將是維繫未來人類經濟活動的命脈。現在各國對於處理廢棄物的趨勢，逐步以資源化為主，因為若能正確的把廢棄物資源化，不但可以減緩廢棄物處理設施興建的壓力，亦可創造新的利潤，降低經營成本，使資源永續利用。

為達成資源永續利用，在可行之技術及經濟基礎下，對於物質之使用，應優先考量減少產生廢棄物，失去原效用後應依序考量再使用，其次物質再生利用，能源回收及妥善處理。故事業於進行事業活動時，應循清潔生產技術及資源回收再利用等相關原則進行，以減少資源之消耗，抑制廢棄物之產生及促進資源再利用，以節約自然資源使用，減少廢棄物產生，促進物質回收再利用，減輕環境負荷，建立資源永續利用之社會。

聚胺基甲酸乙酯(polyurethane)即所謂之 PU，其主要用途為製成泡棉及合成皮，其中以後者用途最廣，較為人熟知。由於 PU 合成皮觸感柔軟、透氣性等均較 PVC 佳，而且能忍受相當寬廣的溫度範圍，製成品如皮包、皮衣、塑膠皮鞋等具高貴感、皮面花紋及色彩多樣化以及價格平實，產量約佔全亞洲的三成以上。而在享受成果之餘，PU 合成皮乾式製程中揮發之有機揮發化合物(VOCs)及濕式製程之二甲基甲醯胺(dimethyl formamide, DMF)粗液、蒸餾殘渣及廢離型紙等廢棄物，產生量每年約 43 萬餘噸，其中 DMF 粗液具再生利用價值。在資源有限下，除從源頭減量外，更應朝向資源化再利用著手，以使每一份資源都能達到最有效運用。

本手冊共分七章，除「前言」外，先以「產業概況」作為 PU 合成皮業之背景描述，說明該產業之現況、困難及未來之發展方向。「廢棄物特性與處理現況」則針對廢棄物來源、特性、產生量及目前處理現況做一說明。「清潔生產」則從廠內管理及環境化設計角度切入說明相關生產活動及產品之污染預防工作。「資源化技術」則針對目前之資源化技術探討說明。「設備選用程序與評估」

則提供購置回收系統設置之選用程序及評估要領，並於附錄提供技術供應商或代理商名錄，期能提供業者在選用回收設備時，得以參考應用。「資源化案例」則蒐集工廠已執行之各項資源化工作，加以簡要說明，並評估其資源化之成效，使業者能汲取資源化的經驗及認同資源化的效益，進而推動執行廢棄物資源化的工作。

## 第二章 產業概況

### 2.1 產業現況

#### 2.1.1 產業結構

PU 合成皮業一般劃分為三類型工廠，茲說明如下：

1. PU 樹脂工廠：以甲苯二異氰酸酯(toluene diisocyanate, TDI)、二苯甲基二異氰酸酯(methylene di-para-phenylene isocyanate, MDI)及多元醇(polyols)為主要原料，聚合反應製成 PU 樹脂。
2. PU 合成皮製造廠：買進 PU 樹脂，然後塗覆至基布上製成 PU 合成皮（原皮）。
3. PU 合成皮加工廠：將原皮剪裁，加工縫製成皮包、皮鞋、皮衣等。

PU 合成皮製造廠即為本文探討之對象，根據台灣區合成皮工業同業公會（以下簡稱合成皮公會）之會員資料及相關資料統計，現有會員 18 家，其分佈情況如表 2.1 所示，以彰化縣 7 家最多，其次為台中縣 3 家，工廠多集中在中部地區；研究發展委員會（由合成皮公會上、下游所組成）會員 35 家，共分為四組：原料組、起毛布組、離型紙組、機械組等（部份為代理上述四種材料之貿易公司），其分佈情況如表 2.2，工廠多集中於北部。資本額在 10 億以上的共有 7 家，比例為 36.3%，其累計資本比例高達 86%，其資本額統計如表 2.3 所示，由於此行業屬資本與技術密集之產業，故投資金額較高。另股票上市公司目前有：三芳、大洋、延穎、上曜、合發、尚鋒、南亞、普大等八家公司；上櫃的公司有信立公司，上市及上櫃公司比例高達 47.4%。



表 2.1 合成皮公會之 PU 合成皮製造會員廠分佈地區

區別	縣別	廠 商	小計	合計	百分比(%)
北區	台北縣	大洋、南亞	2	4	22.2
	桃園縣	建全、勝宏	2		
中區	台中縣	移新(蕙利)、優笠發、喬國	3	10	55.6
	彰化縣	合發、尚鋒、延穎、建強興業、普大、裕鋒、普裕	7		
南區	台南縣	上曜、信立	2	4	22.2
	高雄縣	三芳、上穎	2		
總 計			18	18	100

註：以所設工廠所在地為準。

資料來源：90 年台灣區合成皮工業同業公會之會員資料及相關資料統計。

表 2.2 研究發展委員會會員分佈地區

區別	縣市別	廠 商	小計	合計	百分比(%)
北區	台北市	互祥、永聖、江發、佳美、佳值、瑋璿、樂業、越雋、台素、惠人	10	23	65.7
	桃園縣	大恭、立大、生光、石梅、佳龍、南璋、昌易、潤榮、吉鈿、樺欣	10		
	新竹縣	展宇、凱化、宏茂	3		
中區	台中縣	鈺豐、聯福、麗嘉、金明、日勝	5	9	25.7
	彰化縣	大穎、僑瑞、民環、弘裕	4		
南區	台南縣	永捷	1	3	8.6
	高雄縣	台精、台灣石化	2		
總 計			35	35	100

註：以所設工廠所在地為準。

資料來源：台灣區合成皮工業同業公會。

表 2.3 PU 合成皮業資本額統計表

幣別：新台幣

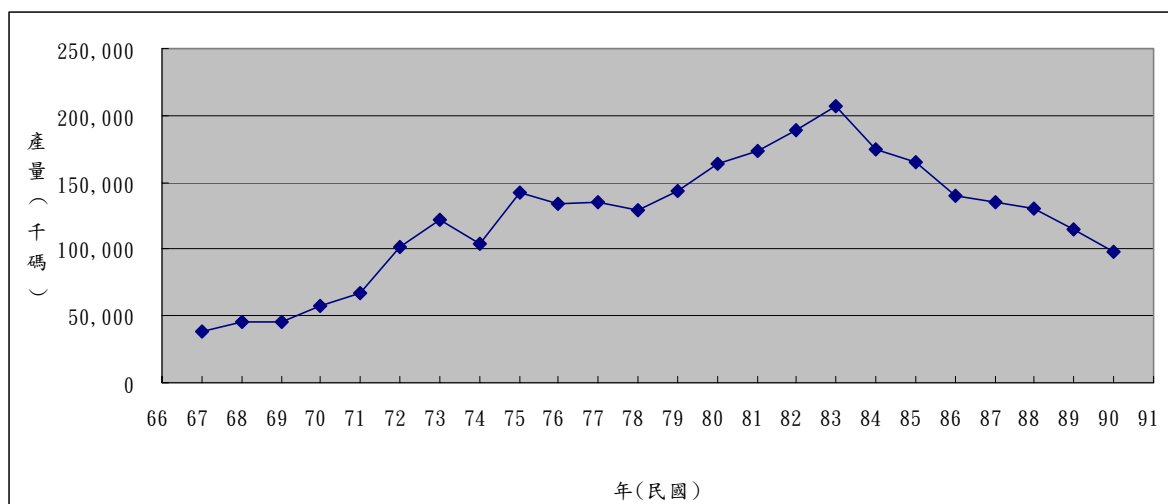
登記資本額(元)	企業家數	所佔比例(%)	累計資本(萬元)	累計資本比例 (%)
10 億以上	7	38.9	2,330,200	86.11
5~10 億	5	27.7	278,000	10.27
1~5 億	3	16.7	84,000	3.11
1 億以下	3	16.7	13,900	0.51
總 計	18	100	2,706,100	100

資料來源：ChemNET 計畫，台灣區合成皮工業同業公會整理。

### 2.1.2 產量及設備

國內 PU 合成皮年產量自民國 67 年以來之變化趨勢如圖 2.1 所示，從民國 67 年的產量為 38,650 仟碼之後逐年遞增，除了民國 74 年因石油危機略有下降外，一直呈現上漲局面，至 83 年的歷史高峰達 206,541 仟碼，產量居世界第一位，約佔全球總產量五成。自 83 年下半年起，因全球需求量降低及部份廠商轉移至大陸生產，影響合成皮的訂單，因而產量逐年下降。表 2.4 為民國 86~90 年 PU 合成皮年產量與用途之分配情形，其中濕式合成皮在過去五年大幅成長 20%，而乾式合成皮產量則未見成長且有衰退之現象，其主要原因為濕式合成皮品質及觸感較佳，利潤亦較高，且國內廠商為因應競爭，而逐漸走向高單價產品之故。PU 合成皮之用途以鞋用最多，約佔 76~85%，皮包用 3~16%，成衣次之。但值得注意的是，PU 合成皮之下游加工業已因勞力密集而大多數轉移至東南亞或中國大陸。國內生產之 PU 合成皮據估計超過 80% 是轉口銷往大陸，而且部分廠家已於大陸投資生產 PU 合成皮。

在銷售方面，合成皮下游應用產業如鞋業、皮包等的生產據點，已有八成以上移往大陸及東南亞等地，其生產所需原料，除產品層次較低就近購料外，目前仍以台灣為最大供應地，且總公司與設計部門仍設於台灣，只是將生產階段在大陸或東南亞進行，也就是產銷通路以「外銷」為其重點，84~86 年內銷約佔 35%，外銷約佔 65%，87~90 年外銷呈逐年下降趨勢，主要是台商大陸投產，造成外銷量比率下降，其統計數據如表 2.5 所示。



資料來源：ChemNET 計畫，台灣區合成皮工業同業公會統計、整理。

圖 2.1 國內 PU 合成皮歷年來產量變化圖

表 2.4 民國 86 至 90 年 PU 合成皮年產量與用途之分配情形

單位：千碼

年	86		87		88		89		90	
製法 用途	濕式	乾式	濕式	乾式	濕式	乾式	濕式	乾式	濕式	乾式
鞋用	83,972	22,892	87,669	19,142	96,306	16,524	84,898	15,154	70,787	12,161
皮包用	3,635	18,198	2,049	15,250	1,422	5,587	1,542	2,069	1,481	1,627
衣用	409	2,570	812	1,741	417	992	397	1,372	581	1,493
其他用	5,983	2,590	5,617	3,163	6,272	2,784	8,177	1,217	8,210	1,260
小計	93,999	46,250	96,147	39,296	104,417	25,887	95,014	19,812	81,059	16,541
合計	140,249		135,443		130,304		114,826		97,600	

資料來源：ChemNET 計畫，台灣區合成皮工業同業公會統計、整理。

表 2.5 民國 86 至 90 年 PU 合成皮業內銷、直接外銷、合作外銷統計

單位：千碼

年	乾式			濕式			總計
	內銷	直接外銷	合作外銷	內銷	直接外銷	合作外銷	
86	4,853 (3.6)	15,437 (11.5)	23,511 (17.4)	39,999 (29.7)	17,011 (12.6)	33,968 (25.2)	134,815 (100)
87	12,303 (9.6)	23,449 (18.3)		54,859 (42.7)	37,733 (29.4)		128,344 (100)
88	6,664 (5.3)	17,135 (13.5)		58,754 (46.3)	44,459 (35.0)		127,012 (100)
89	3,363 (3.0)	15,029 (13.4)		54,547 (48.7)	39,029 (34.9)		111,968 (100)
90	2,586 (2.7)	12,488 (13.1)		52,584 (55.2)	27,625 (29.0)		95,283 (100)

註：1、由於以往有外銷退稅問題，分為合作外銷及直接外銷，87 年度起，僅分為內銷及外銷兩部份。

資料來源：ChemNET 計畫，台灣區合成皮工業同業公會統計、整理。

2、( ) 內為百分比。

到目前為止，國內 PU 合成皮廠商擁有乾式 PU 合成皮製造機 48 台，溼式 PU 合成皮製造機 57 台，總產能約 4 億碼。由於合成皮產品特色為「訂單生產」，以近年來 1 億碼之產量而言，稼動率約為 25~30%，造成廠商經營極大的挑戰。

### 2.1.3 產業面臨之困難

PU 合成皮產業所面臨之問題有勞工不足、原料上漲、下游加工業外移、環保問題等，茲將主要問題分述如下：

#### 1.原料成本高漲

PU 合成皮之主要原料包括底布、PU 樹脂、溶劑、顏料與離型紙等。各項原物料價格上漲迅速，未來仍有再漲之趨勢。由於 PU 樹脂所需原料聚酯多元醇類化合物與聚異氰酸酯(TDI、MDI)等大多從日本(70%)、美國、歐洲進口補充(六輕南亞工廠於 90 年 5 月正式生產 TDI，年產 30,000 公噸)；離型紙則是全靠進口。原料成本高漲，卻無法反應於售價，獲利嚴重衰退，已嚴重影響 PU 合成皮業之生機。

#### 2.PU 合成皮之下游加工業

由於鞋業、皮包業、皮衣業等下游加工業因勞力密集，而紛紛轉投資至東南亞或中國大陸等有廉價勞力與工資的地區去設廠。隨著下游業者的外移，合成皮製造業亦可能配合下游業外移。但目前，下游業者仍仰賴國內廠商提供合成皮。

#### 3.環保問題

溼式合成皮製程之二甲基甲醯胺(DMF)廢水污染，因設置回收設備具經濟效益，並可降低原料成本，故業者皆大力投入。但乾式合成皮製程之氣態廢溶劑污染，則因回收處理技術及安全性(回收設備常發生火災)的考量，投資金額龐大，因而多數業者仍有所遲疑，未來若環保單位稽查時，必將遭受衝擊。

### 2.1.4 未來發展趨勢

PU 合成皮工業在國內發展已近 40 年，在此期間無論在 PU 樹脂之配合開發、底布生產技術的提升、製程自動化的推動、皮面花紋多樣化的設計及色料附著研究等都有很大的成就。未來發展之趨勢如下所述：

1.PU 合成皮係屬流行性且變化多之衣物材料，下游加工業雖然 80%以上均移往大陸，但國內 PU 合成皮材質精良、開發快、能力強，產量約佔全亞洲的 30%以上，而且售價平實，為今日台灣仍能持續發展之原因。

2.下游加工業外移嚴重，在「就地取材」的採購原則下，國內已有業者至大陸投

資設廠或整廠外移，國內廠商如何在「接近市場」及「保留技術」間取得平衡是一大考驗。

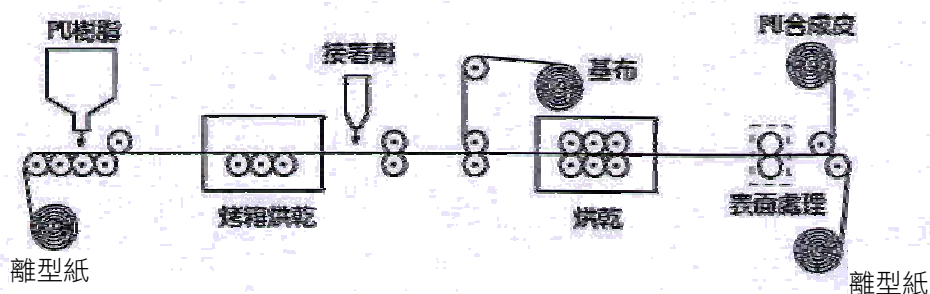
- 3.我國合成皮業發展重心已由早期之乾式製程，發展為以濕式製程為中心，目前更朝「超細纖維」PU合成皮方向發展，以創造更高利潤及提昇競爭力。
- 4.在合成皮業逐漸走向高單價產品領域之際，如何因應大陸、韓國業者之競爭，未來又如何提升品質、研發技術、開發新式樣、降低成本及提高附加價值，以國際化眼光及國際產業分工型態來自我調適，確保合成皮業能持續發展，為業者未來發展之目標。

## 2.2 製程概述

國內 PU 合成皮業製造方式皆十分雷同，通常可分為乾式及溼式製程，乾式合成皮及濕式合成皮在用途和價格皆明顯不同。

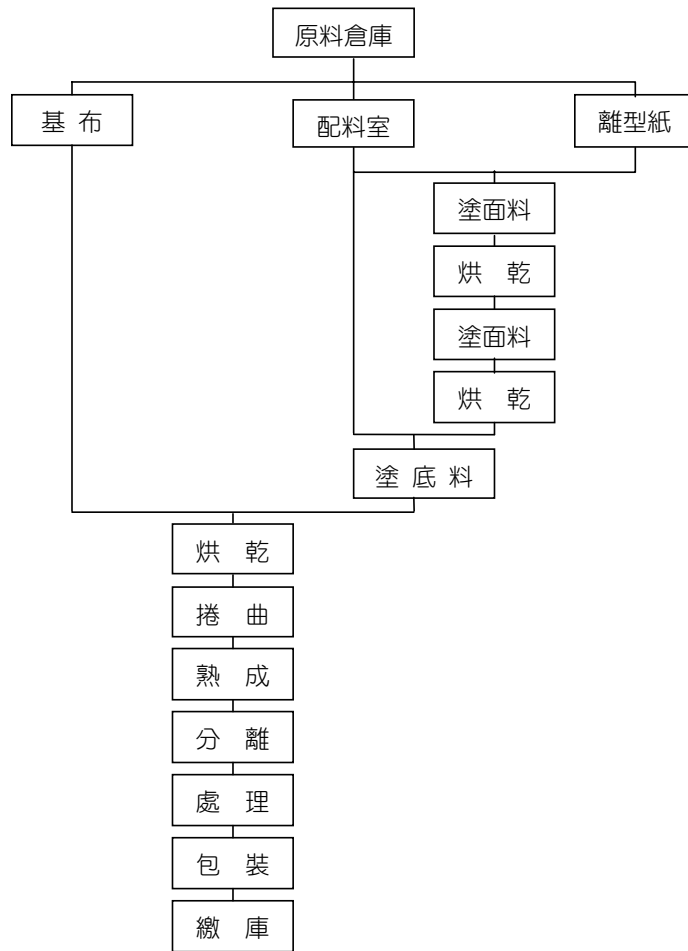
### 2.2.1 乾式製程

乾式 PU 合成皮是將樹脂塗佈於基布(backing fabrics)後，直接加熱除去溶劑乾燥熟成即可，主要溶劑為丁酮(MEK)、甲苯(toluene)、二甲基甲醯胺(DMF)及醋酸乙酯(EAc)。乾式製造方式可分為轉移法(transfer coating)與直接塗佈法(direct coating)，國內多採用轉移法，其簡單流程示意如圖 2.2 所示。轉移法生產時，必須使用離型紙(releasing paper)，首先將皮膜塗佈於離型紙上，並將接著劑(binder)塗佈於底布或皮膜上，兩者再予貼合，經熟成室(2~3 天)熟成後再將離型紙分離。乾式製程生產流程如圖 2.3，各步驟簡述如下：



資料來源：PU 合成皮業廢棄物資源化案例彙編，85 年 6 月

圖 2.2 PU 合成皮乾式法製造流程示意圖



資料來源：PU 合成皮業廢棄物資源化案例彙編，85 年 6 月

**圖 2.3 乾式 PU 合成皮生產流程**

### 1. 塗面料

面料的成份包括樹脂、溶劑、色彩及助劑。將溶劑加入樹脂中調整至所需黏度，視產品需要而調整適當配料，多數的產品僅塗佈一層面料，除非特殊的產品才需塗二層面料。

### 2. 塗底料

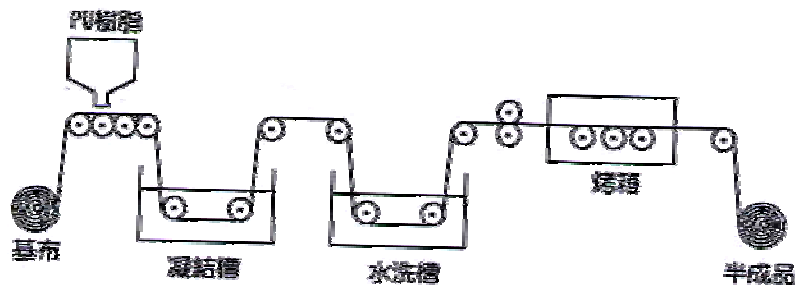
底料的成份包括樹脂、架橋劑、促進劑、填充劑及溶劑。

### 3. 烘乾

每塗佈一次皆需經過烘乾，將溶劑帶離皮膜後乾燥。

### 2.2.2 溼式製程

溼式 PU 製程是藉溶劑擴散交換作用，將溶劑脫除而固化，稱之為溼式凝結法。凝結過程中主要係利用 PU 樹脂所含之溶劑和凝結液之間勢能差異，進行質量交換。選用溶劑以親水性、高沸點為佳，目前均使用 DMF，凝結液則為水。濕式凝結法製得之合成皮在構造上是一種多孔皮膜，具透氣、透濕特性，且觸感柔軟又具厚實感，與天然皮革極為相似。其簡單流程示意如圖 2.4 所示，圖 2.5 為濕式製程生產流程，各步驟簡述如下：



資料來源：PU 合成皮業廢棄物資源化案例彙編，85 年 6 月

圖 2.4 PU 合成皮濕式法製造流程示意圖

#### 1. 塗佈

濕式製程中塗佈方式可分為直接塗佈凝結法及浸漬凝結法。

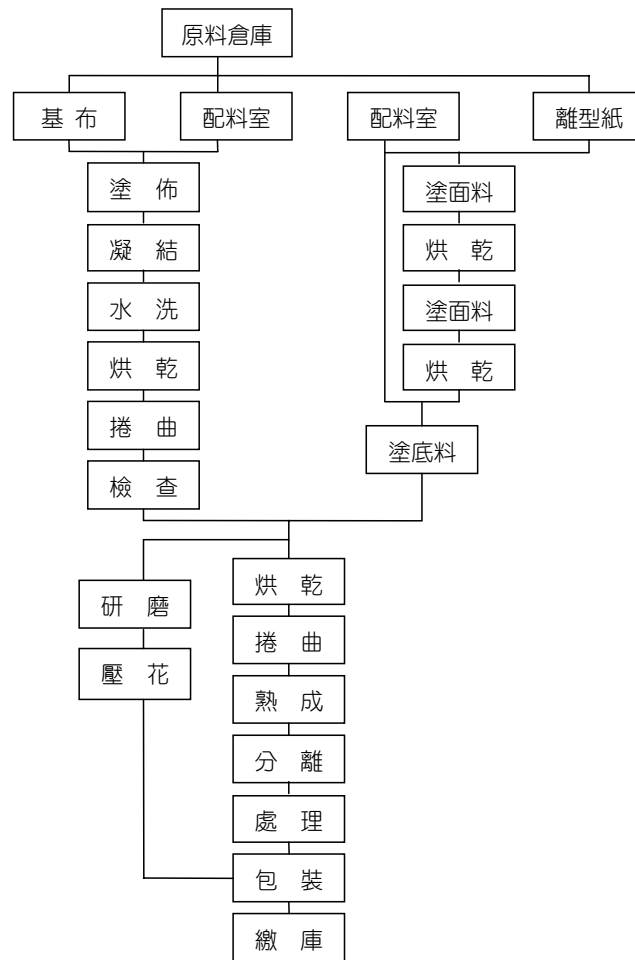
#### 2. 凝結、水洗

以溫度而言，若凝結液溫度較低時，合成皮表面凝結速度快，而內層則較慢，將發生 DMF 脫除不完全；反之如凝結液溫度過高，則剝離強度弱，皮料有捲縮現象。DMF 在凝結及水洗過程中析出，凝結槽內 DMF 濃度約在 7~20wt % 左右，而水洗槽內 DMF 濃度則較凝結槽為低，製造過程中 DMF 不斷被水析出，濃度逐漸上升，為控制槽內 DMF 濃度維持在某一數值，須將含高濃度 DMF 水溶液排出後補充清水。

濕式製程中又可分為底料(base)製造和面料(top skin)表面加工二部分，所謂底料即為與乾式製程中面料貼合之皮膜，而面料表面加工則須將濕式製程之半

成品，藉由研磨機或壓花機的處理而得到絨面或壓花面產品。

濕式製程製造速度較乾式製程慢，且濕式半成品除少數直接再加工外，多數需再經乾式製程加工，但在資料統計時則不論是否再經乾式製程，皆列為濕式製程產品計算。



資料來源：PU 合成皮業廢棄物資源化案例彙編，85 年 6 月

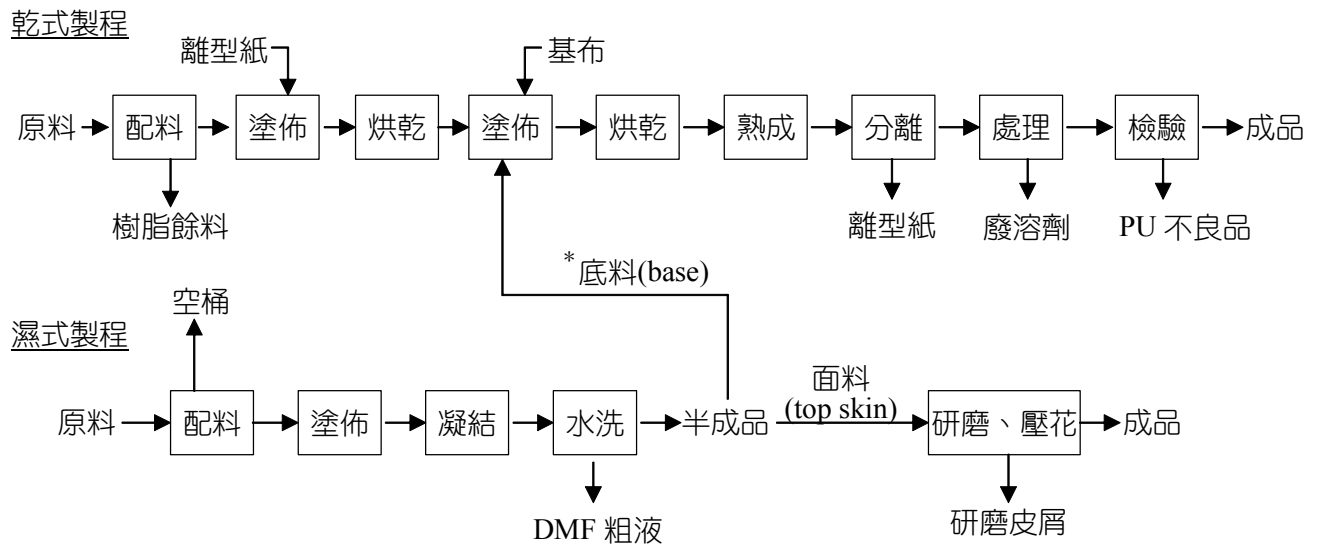
圖 2.5 濕式 PU 合成皮生產流程



## 第三章 廢棄物特性與處理現況

### 3.1 廢棄物來源及特性

PU 合成皮業由於各廠製程頗為雷同，故其廢棄物之產出種類及特性亦頗為類似，通常其製造流程如圖 3.1 所示，各製程產生之固體廢棄物及高濃度廢液來源及特性分述如下：



\*：係為與乾式製程中面料貼合之皮膜，由於濕式製程製造速度較慢，多數半成品再經乾式製程加工。

資料來源：PU 合成皮業廢棄物資源化案例彙編，85 年 6 月

圖 3.1 PU 合成皮製造流程

#### 3.1.1 固體廢棄物

根據工業污染防治技術服務團廢棄物調查資料，重新彙整而得，固體廢棄物主要來自配料、分離、檢查、研磨及 DMF 回收等，其各製程廢棄物種類、來源及特性／成份彙整如表 3.1。

表 3.1 PU 合成皮業固體廢棄物種類、來源及特性／成份

製程	廢棄物種類	產生來源	特性／成份
配料	原物料空桶	貯存原物料、溶劑、色料、助劑等之鐵桶、紙桶、塑膠桶。	沾有原物料、色料、助劑等。
	廢樹脂	經塗佈加工後之樹脂餘料（已硬化）。	PU 樹脂。
分離	廢離型紙	1.在乾式製程中，當面料（貼離型紙）與底料（貼基布）貼合、熟成後，需將離型紙分離，始得成品。可重複使用 8~9 次後，需廢棄。 2.長度不足 50 碼時，亦需廢棄。	離型紙經表面塗佈處理，塗佈種類為矽膠及非矽膠兩種。
檢查	PU 不良品	在 PU 製程中可能有塗佈不均勻或色度、光澤不佳之不良品。	PU 合成皮。
研磨	研磨皮屑	濕式製程之半成品，需藉由研磨機處理而得到絨面產品，加工過程中會產生少量粉屑。	PU 皮屑、布屑、砂紙屑。
DMF 回收	蒸餾殘渣	回收 DMF 廢水中之 DMF 時，廢水中懸浮固形物於蒸餾後形成黏稠狀污泥。	DMF、染料、布屑、填充物、凝結樹脂、雜質等。

### 3.1.2 高濃度廢液

高濃度廢液主要來自配料及濕式水洗等製程，其廢棄物種類、來源及特性／成份彙整如表 3.2。

表 3.2 PU 合成皮業高濃度廢液種類、來源及特性／成份

製程	廢棄物種類	產生來源	特性／成份
配料	廢溶劑	桶槽、幫浦、反應槽清洗之廢溶劑。	DMF、丁酮、甲苯
	廢樹脂	經塗佈加工後之樹脂餘料（未硬化）。	PU 樹脂及溶劑混合液
濕式水洗	DMF 粗液	濕式製程中水洗槽及乾式製程塗佈機之空氣污染防制設備（洗滌塔）所產生之 30%以下 DMF 粗液。	30%以下之 DMF 水溶液

另在 PU 濕式合成皮塗佈機之水洗過程中，樹脂及基布所含之染料、布屑、填充物、凝結樹脂及雜質等固形份(solid content)約在 0.1%以下，伴隨著 DMF 廢液送至回收工廠處理，經蒸餾後會在回收釜內形成黏稠狀污泥之蒸餾殘渣。工業污染防治技術服務團曾採取兩家生產廠之蒸餾殘渣樣品進行分析，分析結果如表

3.3 所示。由該表可知兩廠所產生之蒸餾殘渣成份明顯有差異，其殘渣性質可能受合成皮種類、製程及回收系統操作狀況等多重因素影響，其影響因素分述如下：

1. 於 DMF 回收設備的脫水程序中，廢水中之固形份將在蒸發罐中進行固形份濃縮，並定時排出高濃度固形份至乾燥器或沉降槽中處理，兩種處理方式中以乾燥器最為常用。乾燥器在真空狀態下以蒸氣加熱將 DMF 及水蒸出送回收系統再處理，固形份則由乾燥器清出後形成蒸餾殘渣，沉降槽則經沉降後，將上層液送回處理系統，下層固形份則可再進一步處理以回收殘餘之 DMF。因此，使用不同固形份處理系統所得蒸餾殘渣之固形份濃度將有明顯差異，其中以使用乾燥器方式可得較乾之蒸餾殘渣。
2. 目前乾燥器大多使用蒸發釜(pan dryer)系統以提升固形份之濃度，使 DMF 漏失量減少，並提高 DMF 回收率。由於各廠操作情形各異，乾燥時間各有長短，以致固形份可能以稀污泥狀或乾餅狀變成蒸餾殘渣。
3. 蒸餾殘渣中含有 DMF 與固形份，於清除處理時應注意 DMF 可能之污染問題。原則上應儘可能乾燥，除可增加 DMF 回收量外，剩餘之蒸餾殘渣亦較有利於直接掩埋或焚化處理。

表 3.3 DMF 廢水回收程序之蒸餾殘渣成份分析

項 目	樣 品 一	樣 品 二
含水率(%)	2.24	9.48
灰 分(%)	5.06	14.77
可燃分(%)	92.70	75.75
高位發熱量(kcal/kg)	6845	6196
低位發熱量(kcal/kg)	6395	5151
元素分析：碳(%)	42.57	40.31
氫(%)	8.09	7.19
氮(%)	4.19	0.62
氧(%)	44.80	50.39
硫(%)	0.14	1.2
氯(%)	0.21	0.29

表 3.3 DMF 廢水回收程序之蒸餾殘渣成份分析 (續)

項 目	樣 品 一	樣 品 二
總量：銅(mg/kg)	1.2	3.5
鎳(mg/kg)	0.1	0.4
鉛(mg/kg)	1.4	3.7
鋅(mg/kg)	99.1	95.4
鉻(mg/kg)	3.9	31.6
錳(mg/kg)	0.44	14.0
鈷(mg/kg)	ND(<0.63)	ND(<2.03)
鉬(mg/kg)	ND(<5.04)	ND(<16.25)
TCLP：鎳(mg/L)	0.02	ND(<0.016)
鉛(mg/L)	ND(<0.2)	ND(<0.2)
鉻(mg/L)	0.39	1.06
汞(mg/L)	ND(<0.001)	0.001
砷(mg/L)	ND(<0.001)	ND(<0.005)

註：TCLP 溶出液之 Cr<sup>6+</sup> 檢驗因加展色劑後呈混濁，無法比色

資料來源：PU 合成皮業廢棄物資源化案例彙編，85 年 6 月。

## 3.2 廢棄物產生量及處理現況

為瞭解國內 PU 合成皮業之廢棄物產生量及處理現況，由台灣區合成皮工業同業公會（以下簡稱合成皮公會）與 PU 合成皮業者於民國 91 年共同進行資料提供及彙整工作，結果整理如下：

### 3.2.1 廢棄物產生量

由於 PU 合成皮業皆以合成皮之碼數為生產計量，故擬以「單位產品廢棄物量」（噸／百萬碼）來推估廢棄物總產量，經整理調查資料後，推估 PU 合成皮業 90 年各類廢棄物之產生量如表 3.4 所示，PU 合成皮廢棄物總產量達 435,761 噸／年，其中以 DMF 粗液、蒸餾殘渣及廢離型紙為主。表 3.4 中單位產品廢棄物量之推估方式不完全相同，而廢棄物總產量則由合成皮公會統計之年度總產量與單位產品廢棄物量相乘而得。至於廢溶劑、原料空桶及研磨皮屑等單位產品廢棄物量 P<sub>50</sub>（常態累積或然率 50% 相對應之變數值）分別為 3、1.5、16 噸／百萬碼。

除了上述之固體廢棄物外，PU 合成皮業最明顯的污染問題大多來自溶劑，一

為濕式製程產生之高濃度 DMF 廢水，另一為乾式製程產生之氣態廢溶劑。濕式製程平均每一碼濕式皮投入 0.8 公斤 DMF，若以 90 年濕式合成皮產量 81,059 千碼推估，則 90 年約投入 6.4 萬噸 DMF，若以產生濃度 15%DMF 廢水估計，則全國每年約產生 43 萬噸 DMF 廢水，數量十分龐大。

國內 PU 合成皮業所產生之固態廢棄物有廢空桶、廢離型紙、PU 不良品、研磨皮屑、蒸餾殘渣、已硬化樹脂、一般生活垃圾等，其產生量隨著產業外移及 PU 產量的減少以及單位垃圾處理費的增加，使業者無不想盡各種辦法來減少廢棄物產生量，其中不外乎可回收再利用廢棄物比率增加、廠內廢棄物自行焚化的量增加、自行清除處理能力的開發等，使得委託代清除清運量逐步減少。

表 3.4 PU 合成皮業廢棄物產生量推估

廢棄物種類	推估方式	單位產品廢棄量 (噸/百萬碼)	廢棄物總產量* (噸/年)	備註
廢溶劑	P <sub>50</sub> (配合資料分析) <sup>2</sup>	3	316	以總產量為基準
原料空桶	P <sub>50</sub> (配合資料分析) <sup>2</sup>	1.5	158	以總產量為基準
廢離型紙	平均使用 8 次即丟棄，若月產量 80 萬碼乾式 PU 皮，即有=10 萬碼離型紙，約 2 噸/萬碼離型紙	25	1,630	濕式產量約有 60%為底料 (base)，仍需乾式塗佈，故以乾式產量及 60%濕式產量為基準
PU 不良品	1.不良品率約 1% 2.不良品重約 10 噸/萬碼	10	1,053	以總產量為基準
研磨皮屑	P <sub>50</sub> (配合資料分析) <sup>2</sup>	16	519	濕式產量約有 40%為面料(top skin)，故以 40%濕式產量為基準
蒸餾殘渣	P <sub>50</sub> (配合資料分析) <sup>2</sup>	20	1,621	以濕式產量為基準
DMF 粗液	濕式 BASE 生產約產生 5.3Kg/碼粗液，塗佈機空氣污染防治洗滌設備約有 0.25 噸/萬碼	5,300 (濕式) 26 (乾式)	430,043	—
廢樹脂	P <sub>50</sub> (配合資料分析) <sup>2</sup>	4	421	以總產量為基準
合計			435,761	—

\*：廢棄物總產量 = 年度總產量 × 單位產品棄量。

註 1：90 年 PU 合成皮總產量=105,248 千碼、乾式產量=16,541 千碼、濕式產量=81,059 千碼及其他半成品。

註 2：P<sub>50</sub> 為常態累積或然率 50%相對應之變數值

資料來源：合成皮公會之資料彙整。

### 3.2.2 處理現況

依據工業污染防治技術服務團資料，重新調查而得，目前國內 PU 合成皮業廢棄物處理方式以廠內自行處理（含焚化）、廠外回收再利用及委託代清除處理業處理為主。各項處理方式之處理量推估如表 3.5 所示。

- 1.廢溶劑：以委託代清除處理業回收再利用為主。
- 2.廢離型紙：離型紙經多次使用後，於檢紙過程中淘汰而產生廢離型紙，然因其表面有矽膠或非矽膠之塗佈物，將導致造紙廠篩網阻塞，故無法以廢紙回收再利用。目前除部份品質較佳者於廠內回收作為 PU 成品包裝(25%)，或者於廠外回收作為包裝材料(30%)外，其餘皆以廠內自行處理(45%)。
- 3.PU 皮不良品：除 38%廠外回收再利用外，23%委託代清除處理業處理，其餘皆為自行清除處理(39%)。
- 4.蒸餾殘渣：以廠內自行處理(5%)及委託代清除處理業處理(95%)為主。

綜合現場訪視及調查結果得知，PU 合成皮業廢棄物產量不大，但廢棄物處理方式目前採用資源回收比例不高，仍以廠內自行處理（含焚化）及委託代清除處理為主。

表 3.5 PU 合成皮業廢棄物處理方式之處理量推估

單位：噸／年

廢棄物名稱	推估方式	處理方式					合計
		廠內回收再 再利用	廠外回收再 再利用	廠內暫 時貯存	廠內自 行處理	委託代 處理業	
廢溶劑	廠內回收再利用 29%，委託代處理業 57%，自行處理 14%	91.7	—	—	44.3	180	316
原料空桶	廠外回收再利用 70%，委託代處理業 30%	—	110	—	—	48	158
廢離型紙	廠內回收再利用 25%，廠外回收再利用，30%，廠內自行處理（含焚化）45%	407.5	489	—	733.5	—	1,630
PU 不良品	廠外回收再利用 38%，委託代處理業 23%，廠內自行處理（含焚化）39%	—	400.1	—	410.7	242.2	1,053
研磨皮屑	廠內回收再利用 60%，委託代處理業 30%，廠內自行處理（含焚化）10%	311.4	—	—	51.9	155.7	519
蒸餾殘渣	廠內自行處理（含焚化）5%，委託代處理業 95%	—	—	—	81	1,540	1,621
廢樹脂	廠內自行處理（含焚化）35%，委託代處理業 62%，廠內暫存 3%	—	—	12.6	147.4	261	421
DMF 粗液	廠內（委託）回收再利用 100%	430,043	—	—	—	—	430,043
合 計		430,853.6	999.1	12.6	1,468.8	2,426.9	435,761

## 第四章 清潔生產

本章將從「廠內管理」與「環境化設計」等層面探討 PU 合成皮業的清潔生產製程，分述如下：

### 4.1 廠內管理

藉由廠內管理來達到污染防治目標往往是最簡易，也是花費最少的，因經由管理防止物料不當使用、槽液洩漏或不當排放等情事，相對地杜絕了污染物的產生，是污染防治工作上最佳的治本之道。廠內管理的重點依原料管理及製程管理兩方向分述如下：

#### 4.1.1 原料管理

對於原物料及產品，乃至於廢棄物進行適當的進出控制，可使物料使用合理化，避免物料過期或超量使用，而造成報廢品及處理／處置費用的支出。在原料管理方面，可朝下列四點著手：

##### 1. 物料平衡

針對每一操作單元做物料平衡，例如：儲存、配料、塗佈、熟成、後處理等，每一單元分別做總物料平衡，及針對使用之溶劑做物料平衡。再依據每一單元物質平衡之結果，追蹤可能損失之步驟，算出損失之金錢，再估算處理所產生廢棄物需花費之金額。

##### 2. 改進原料之儲存及操作

追蹤各單元中損失大及廢棄物產生量大者，進行操作改善。此外，對於原料的儲存必須確定無洩漏。廢棄物之運送及處理二次污染（例如：離型紙及廢料之焚化，是否有二次污染問題等）。此外，用容器以及大型桶槽儲存較 55 加侖桶為佳，例如以大型桶槽儲存溶劑，可相對減少所需的表面積，進而減少揮發及逸散損失。

##### 3. 減少毒性物質的使用

儘量減少毒性溶劑，如三氯乙烯(trichloro ethylene)及甲苯等溶劑之使用。



#### 4. 嚴格防止污染物外洩及操作意外

良好的維護及正確的操作，可防止設備老化或失常造成的溶劑洩放。例如：桶槽、風管及機台等均必須定期的保養及檢查。對於毒性溶劑更須做下列的管理，以防止意外：

- (1) 對於毒性物質允許之設計量及實際操作量詳加調查。
- (2) 每個容器均安裝有溢流警鈴。
- (3) 定期檢查警鈴的功能。
- (4) 過期容器的維護。
- (5) 訂立所有裝洩或傳輸操作的標準作業程序及管理辦法。
- (6) 加裝備用容器。
- (7) 以良好的管閥洩料。
- (8) 使用連鎖(interlock)裝置，避免液體流至洩漏處。
- (9) 禁止操作者未經連鎖裝置操作或改變設定點。
- (10) 將未使用之儲槽或管線隔離獨立。
- (11) 記錄意外洩漏所造成之金錢損失。

#### 4.1.2 製程管理

##### 1. 廢液減量

- (1) 維持現有設備，集中生產排程

由於廢水中尚有醇類及酯類，故可連續三或四槽生產相同之多元醇，因此廢水中過量的醇類可以回槽再使用，相對地醇類即可加入較少的量，並經由數次循環，則原料的使用及廢水將會減少許多。

- (2) 修改現有設備，增加冷凝管數及收集桶

因 PU 使用之聚酯多元醇種類較多，難以排程，則可於反應槽中增加 2~3 套之冷凝管。

- (3) 增加反應設備

反應槽固定化，準備 3~4 個反應槽，每個反應槽就固定生產一種多元

醇，如此方便收集廢水，可回槽使用而不致混用。

## 2. 廢氣減量及處理改善

- (1) 首先應在反應槽上裝置冷凝器，使蒸發的有機溶劑可經冷凝器冷凝回槽，如此可避免因反應時間長而揮發過多溶劑，造成 PU 樹脂之固形份過高，而必須再添加工溶劑。如此即可減少溶劑之損失。
- (2) 於反應槽口及罐裝洩料口，應加裝中央集氣設備，將揮發之氣體吸集並冷凝，然後排入廢水池。如此可避免製程區充滿揮發性之有機溶劑，亦可減少燃燒爆炸之潛在危險，並改善操作人員之工作環境，減少揮發性有機氣體造成的危害。
- (3) 在多元醇反應中加入己二酸(adipic acid)易引起粉塵，故宜加裝集塵系統，將粉塵吸集集中處理，改善工作環境。

## 3. 廢棄物減量及處理改善

- (1) 一般不易損壞之大包裝如 500 公斤之太空包裝袋，大都是完整的，應加以整理，可以轉售給有需求之廠商再利用。
- (2) 儘量使用大型儲運方式如儲槽，以減少使用包裝儲存容器。
- (3) 聚異氰酸酯亦可使用儲槽，未來如國內可自製 TDI 則可使用儲槽儲存，避免使用桶子。
- (4) 盛裝聚異氰酸酯之 53 加侖桶於原使用完畢後可加入熱水，使異氰酸基(NCO)反應完畢，如此方可利於回售廠商再利用。
- (5) 各種添加劑之包裝及灌裝時之濾網應集中委外由專業代處理業處理。

## 4. 員工訓練

減廢的成敗關鍵主要決定生產、維修、污染防治、物料管理等相關人員是否用心地執行，因此必須加強員工訓練，藉以建立正確的減廢觀念與技巧，主要訓練內容如下：

- (1) 從環境、經濟、法規、責任等方面說明減廢的重要性。
- (2) 強調並說明減廢對員工工作環境和工廠附近社區環境改善的效益及好處。
- (3) 說明工廠管理階層對執行減廢的政策及獎勵措施。

(4)說明正確的操作處理步驟、適當的設備使用及維修檢視程序等。

## 4.2 環境化設計

本節主要針對「原料替代」及「製程改善」兩方面著手進行 PU 合成皮業製程改善之可能性分析，分述如下：

### 4.2.1 原料替代

傳統 PU 合成皮製程使用溶劑型 PU，在生產過程中又須把所有之溶劑蒸發，業者所使用之溶劑中，只有 DMF 可回收，其餘溶劑如 MEK 及甲苯，皆排放至大氣中，造成大量污染。解決方法是使用不含溶劑之替代原料：(1)無溶劑濕氣反應 PU 熱熔膠接著劑；(2)單一溶劑 PU 面料樹脂；(3)低污染水性油墨。分述如下：

#### 1.無溶劑濕氣反應 PU 熱熔膠接著劑

熱熔膠之特點為不含溶劑，室溫為固態，其分子結構中含有活性官能基，亦即高分子體之末端為異氰酸基(NCO)，在聚異氰酸酯(polyisocyanate)，如：TDI、MDI、HMDI 等過剩的狀態(NCO/OH>1)，與聚醚或聚酯或蓖麻子油等反應，將所製造的化合物塗佈於物體表面時，藉空氣中的濕氣而再進行交聯反應，硬化後形成塗膜層。空氣中的濕度愈高或氣溫高時，硬化時間愈快。結構中之 NCO 比率愈高，高分子體分歧度愈多，或分子量愈小時，塗膜趨硬而脆，具較佳之耐化學特性、耐溶劑性及耐磨耗性，故宜適當利用 1,4-丁二醇(1,4-butane diol)、1,5-戊二醇 (1,5-pentane diol)及聚醚乙二醇(polyether glycol)等醇類，調整塗膜硬度、彈性等性質。

此類熱熔膠有優秀的物性、作業性及密著性等，但仍須注意很多技術問題。因濕氣硬化熱熔膠對濕氣很敏感，故須注意正確處理程序及可用的有效時間，在高濕度地區，反應時間較短。熱熔膠的著色可添加乾燥顏料，一般用後者，此方法因游離的聚異氰酸酯易與顏料中的水份或不純化學官能基反應，為了獲得安定的熱熔膠，在顏料加展色料(vehicle)前，先預與 TDI 反應，使顏料活性消失後再加工。

熱熔膠通常不需再加催化劑，有時為了增加乾燥速率，可用適當的催化劑，例如：三級胺。三級胺有時會促進異氰酸的二量化或三量化，提早膠凝化，故其使用時間較短。添加 Dabcoot 型催化劑（用量為固含量的 0.25%）會顯著加

速硬化反應，在添加後約 2~3 週，預聚物即會膠凝化。

## 2. 單一溶劑 PU 面料樹脂

單一溶劑 PU 樹脂僅溶解於 DMF 溶劑，優點為 DMF 之水溶性高，溶解度為 98 克 DMF/100 克水，回收性高，可當作表面層，脂肪族 PU 具有不黃變特性。

PU 粒料之種類可分為聚酯型(polyester)、聚醚型(polyether)及共聚合物型。硬度可分為軟質、中硬質及硬質，由顆粒型 PU 所製薄膜與溶液型所製薄膜，其性質相同，特點為百分百為固體，儲存容易，不含溶劑，運送容易且不易引起火災，儲存時間較液態久，不變質，配合溶劑 DMF 易溶於水後，回收再使用。

## 3. 低污染水性油墨

水性油墨之溶劑含量可小於 5 wt% (重量百分比)，對公害防治係最具有效果的油墨，同時對火災及作業者的安全性高。水性油墨依其形態有水溶性型、乳化型、膠體分散型及漿狀型等。依樹脂分類有壓克力樹脂、PU 樹脂、環氧樹脂、胺基樹脂等。由於合成皮之組成為 PU 樹脂，印刷油墨以同一樹脂材料，親和性最佳。水性油墨在目前塗裝設備（如滾輪、刮刀、烘箱及離型紙等）均可使用，而其問題主要在乾燥較慢，塗佈流變性較差，及高表面張力是塗裝上須克服處。應用水性塗料作為合成皮油墨，易產生的缺點及克服方法如下：

- A. 水蒸發慢，塗裝時不易蒸發：配合紅外線加熱乾燥，增加風速或熱容量。
- B. 水的黏度太低，塗膜厚度不均、厚度太薄及塗裝時塗膜易產生氣泡：添加流變改質劑、平坦劑、消泡劑予以改善。
- C. 基材表面附著雜物等，易產生凹陷或反撥：透過潤濕劑使用，避免塗膜反撥問題。

### 4.2.2 製程改善

我國 PU 合成皮之年產量高達 1 億餘碼，產量約佔全亞洲的三成，製程中之空氣污染嚴重，主要原因為傳統 PU 合成皮工廠使用大量溶劑，製程趨近開放系統，且溶劑未有效回收使用。

製造過程中的溶劑污染，分別為貼合製程、乾式面料製程和印刷製程。乾式

製程中之丁酮及甲苯等揮發性有機溶劑之減量可藉由無溶劑貼合製程、單一溶劑(DMF)製程、水性油墨印刷製程等三項清潔生產製程，即可達到溶劑排放減量優良效果。PU 合成皮之物性除了達到業者需求外，其成本較其他回收製程之成本低且效果佳。

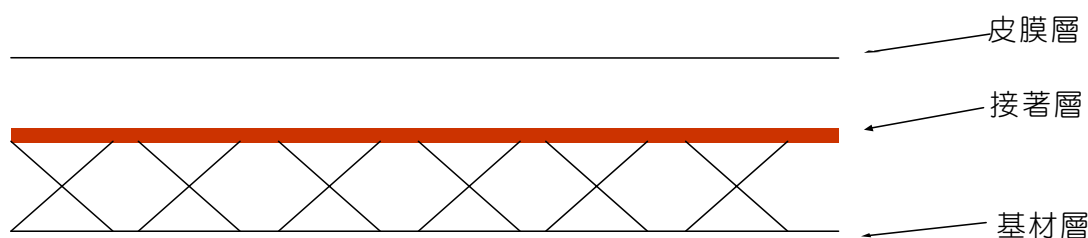
上述三項清潔生產製程說明如下：

### 1. PU 合成皮無溶劑貼合製程

PU 合成皮製程中，以貼合製程之溶劑污染最大，解決溶劑污染又不致降低生產速率之方法為濕式硬化無溶劑貼合製程。

PU 合成皮之構造可分為皮膜層(最頂層)、接著層(中間層)及基材層(底層)，構造圖請見圖 4.1。現行製程中之皮膜層及接著層皆使用多溶劑型聚胺酯，製造過程須使用兩節烘箱，在兩節烘箱中，須把塗佈樹脂中之溶劑全部蒸發，產生大量溶劑蒸氣污染，如圖 4.2 所示。

「聚胺酯皮無溶劑乾式貼合製程」則係將接著層改用不含溶劑之濕氣硬化熱熔膠，此一熱熔膠在室溫為固體，使用時加熱至其熔點(110~120°C)，再將液態之熱熔膠塗佈於皮膜層上，再迅速使其與基材層(基布或濕式皮)貼合，熱熔膠則與空氣中之濕氣反應產生接著效果。由於接著層不含溶劑，不需第二段烘烤過程，如圖 4.2 所示。



Base：基布、濕式皮、PVC 皮、二榔皮

資料來源：工業減廢技術手冊 7—PU 合成皮工業

圖 4.1 聚胺酯乾式皮結構圖

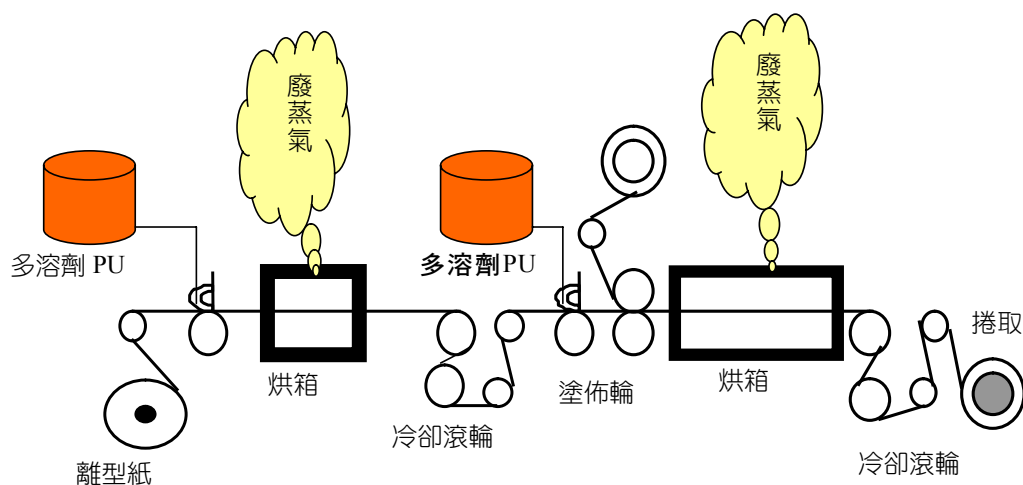


圖 4.2 現行乾式聚胺酯合成皮製造流程

本製程使用濕氣硬化聚胺酯熱融膠當接著劑(binder)，由於不含溶劑，不會產生揮發性溶劑排放問題。無溶劑貼合製程在國內已應用於車燈製造業、壁紙製造業及織布貼合業，藉修改配方後，所製造之聚胺酯合成皮物性已符合業者要求。此外，製程經修改後，聚胺酯合成皮生產速率可提高 25% 以上，生產速率提高意謂成本降低，除此之外，本製程尚有其他因素可降低合成皮生產成本，如不需貼合部烘箱熱能、離型紙耐用次數增加、溶劑支出減少等，因而無溶劑貼合製程不僅一舉解決環保問題亦同時大幅降低業者生產成本。而業者原有設備仍可沿用，所增加設備為熱融機及塗佈機，設備費用約 700 萬元。此一方法配合單一溶劑(DMF)聚胺酯當作皮膜層(skin)，並利用水洗設備回收皮膜層之 DMF，可大幅降低溶劑排放，整條生產線之溶劑削減率可達 96% 以上。

無溶劑貼合製程之優點如下：

- (1) 不需第二段（貼合）烘箱，每碼合成皮熱能節省 1 元。
- (2) 離型紙耐用性增加

第二段（貼合）烘箱長度較第一段烘箱長，且高溫對離型紙傷害最大。由於無溶劑貼合製程不需經過貼合部烘烤過程，離型紙耐用性增加，重複使用次數增加 50%，每碼合成皮節省 2 元。

- (3) 合成皮性質符合鞋類業者規範

無溶劑貼合製程配合單一溶劑製程所做之 PU 合成皮，其性質如表 4.1 所示，可符合鞋類業者規範。

表 4.1 無溶劑貼合 PU 合成皮物性測試結果

物性值*		測試結果	鞋材規格
剝離強度(Kg/cm) (peel strength)	MD**	2.2	1.02
	CD***	2.1	1.0
常溫屈曲(次) (flexo)	MD**	50,000 以上	50,000
	CD***	50,000 以上	50,000
耐寒屈曲(次/-10°C) (freezing & flexo)	MD**	10,000 以上	10,000
	CD***	5,000 以上	5,000
破裂強度(Kg/cm <sup>2</sup> ) (bursting strength)		16	14
硬度(hardness)		32	30±3
耐溶劑(快乾/甲苯)		合格	合格
厚度(mm) (thickness)		0.84	0.8

\*：物性可達美國鞋業大貿易商 Payless 公司規格。

\*\*：縱向(Machine Direction, MD)：合成皮與其製造方向平行，又稱經向。

\*\*\*：橫向(Cross Direction, CD)：合成皮與其製造方向垂直，又稱緯向。

資料來源：工程月刊(2000年11月)

#### (4)生產速率提高 25~95%

由於不需第二段(貼合)烘箱進行烘烤過程，合成皮可快速生產，生產速率提高，生產流程如圖 4.3 及圖 4.4 所示。圖 4.3 係將塗佈、貼合機加裝於原貼合烘箱前，原生產線仍可延用，貼合烘箱不須加熱即可，此一設計特點為安裝容易，惟第一段烘箱乾燥速度不高，生產速率會降低，且第二段(貼合)烘箱未能有效利用。較佳方式為將塗佈、貼合機與原生產線分離，如圖 4.4 所示，原貼合烘箱則用於製作皮膜層。由於無溶劑貼合製程之最高生產率可達 50 m/min，若生產速率以最高速率之 50% 運轉，即可將整體生產速率提高 25~95%，相當於合成皮製造成本降低 2.3~4.3 元/碼。表 4.2 為新、舊製程生產速率比較表。

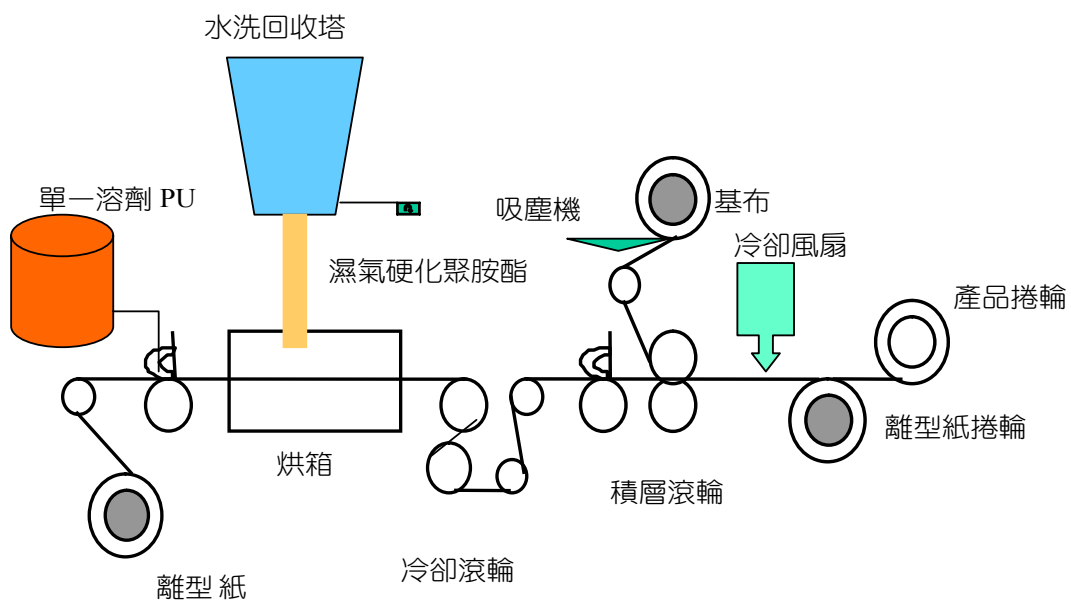


圖 4.3 環保型乾式皮無溶劑貼合製造基本流程（一）

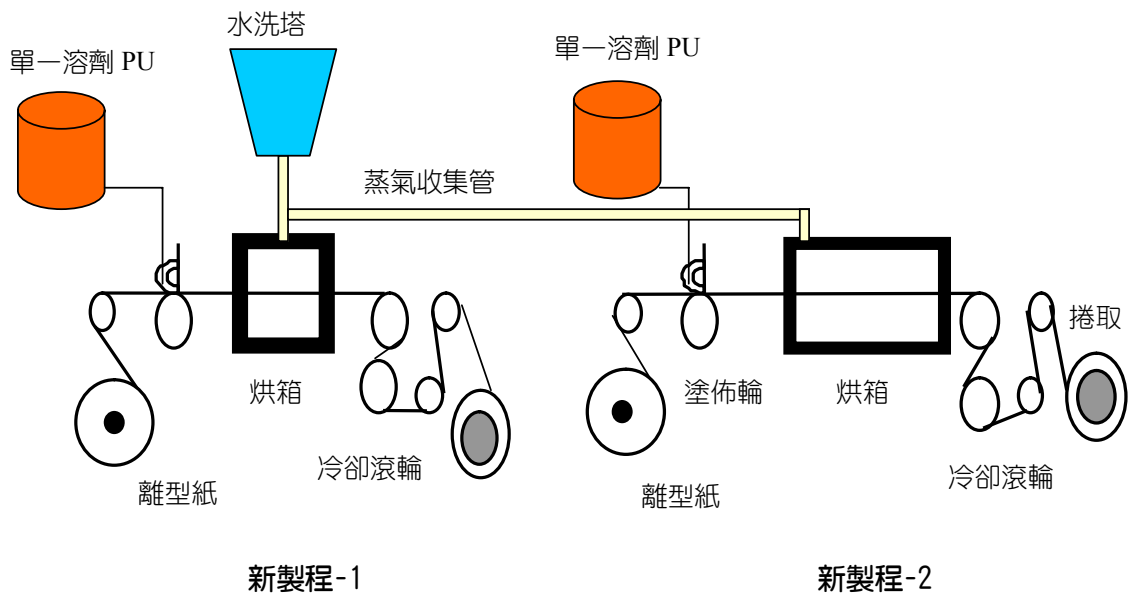


圖 4.4 環保型乾式皮無溶劑貼合製造基本流程（二）



表 4.2 新、舊製程生產速率比較表

生產速率(m/min)	皮膜製程	貼合製程	連線速度
舊製程	20	20	20
新製程-1	$20 \times 0.7 = 14$	25	14
新製程-2	$20 \times 110/60 \times 0.7 = 25$	25	25

註：1.生產速率以 20 m/min 為比較標準。傳統製程修改為兩個皮膜製程（新製程-1 及新製程-2）。

2.新製程-1 因使用單一溶劑樹脂，生產速度減低至 70%，新製程-2 使用較長的貼合部烘箱，生產速度增為 110/60。

3.傳統製程經此一規畫後，生產速率在 25 m/min，生產速率提高 25%。

4.皮膜製程與貼合製程為串聯製程，連線速度受到較慢製程影響，故以較慢速率為準。

資料來源：工程月刊（2000 年 11 月）

#### (5)降低二氧化碳排放量

部份廠商烘箱以燃燒重油或天然氣加熱法加熱，成本雖較電能低，卻有溶劑排放及有二氧化碳污染。

#### (6)降低煙霧(smog)量

揮發性有機氣體與氮氧化物發生化學反應產生煙霧，造成近年來空氣品質惡化之主因。揮發性有機氣體減少後，產生煙霧之因子減少，煙霧量亦可降低。

#### (7)揮發性溶劑排放符合環保規範

接著層不含溶劑，故揮發性溶劑排放為零。皮膜層則有單一溶劑(DMF)聚胺酯及水性聚胺酯等兩種選擇，以降低溶劑排放。

A.皮膜層若使用單一溶劑(DMF)聚胺酯，由於 DMF 水溶性高，回收率可達 96%，污染少。

B.皮膜層若使用水性聚胺酯，因其溶劑含量比率為 5~8%，其揮發性溶劑排放亦極低。以上兩種搭配製程之揮發性溶劑排放濃度皆小於 150 ppm。

#### (8)減少溶劑存放量，提升廠房安全

PU 合成皮工廠所使用之溶劑量極多，須大量儲存槽存放溶劑，部份溶劑為易燃、易爆性物質，若稍不小心，廠房易引起火災。無溶劑貼合製程不使用溶劑，對廠房安全性之提升極有助益。

#### (9)增進員工健康

PU 合成皮製程所常用之有機溶劑有甲苯、丁酮及 DMF 等，此些溶劑經人體吸收後，隨吸收量多寡會有不同程度之傷害，如表 4.3 所示。然經單一溶劑製程／無溶劑貼合製程改善後，其揮發性溶劑削減率可達 96% 以上，工廠環境符合先進國家業界標準，員工在清新環境中工作，不但增進員工健康，工作效率亦可提升。

表 4.3 PU 合成皮揮發性有機氣體(VOC)之人體危害性

溶劑	人體危害性
二甲基甲醯胺 (DMF)	刺激呼吸道、肝傷害、食慾降低、腹瀉、反胃、嘔吐、可能引起癌症
甲苯	輕微嗜睡、頭痛、疲勞、暈眩、類似酒醉、精神混亂、不協調、腎衰竭
丁酮	刺激鼻、喉、頭痛、噁心、頭昏眼花、意識喪失、影響神經、肝及皮膚炎及皮膚白化

資料來源：工業減廢技術手冊 7-PU 合成皮工業。

合成皮業者將傳統溶劑型製程改為無溶劑貼合製程，部份項目會增加成本，如須增購設備費用、接著層之濕氣硬化熱熔膠較貴等，但部份項目會降低成本，如不需貼合部烘箱熱能，離型紙之耐用性增加，以及不需另購稀釋溶劑等。整體而言，無溶劑貼合製程之整體成本略低於傳統製程成本，茲將產生變動項目分述如下：

#### (1)PU 接著劑(binder)

現行傳統合成皮每碼需使用 0.12 公斤之聚胺酯，若每公斤以 40 元計算，每碼合成皮之糊膠成本 4.8 元；而濕氣硬化聚胺酯則僅需 33 克，以每公斤 300 元計算，每碼合成皮成本則增加 5.1 元，國內若可自行製造，此一價格將下降。

#### (2)設備購置成本

業者須增加之投資為熱融機及塗佈機，前者費用約 200 萬元，後者費用

約 500 萬元，其他設備仍可沿用，以工廠月生產量 50 萬碼合成皮及五年折舊計算，每碼合成皮成本增加 0.24 元。

### (3)貼合烘箱熱能

無溶劑貼合製程則因不需貼合烘箱熱能，每碼合成皮節省能源成本 1 元。

### (4)離型紙

烘箱高溫對離型紙傷害最大，無溶劑貼合製程之離型紙不須經過貼合部烘箱，其耐用性增加 50%，每碼合成皮節省 2 元。

### (5)稀釋糊料溶劑

傳統合成皮製程為提高糊料塗佈平坦性，一般須另外添加溶劑，使固含量由 45%降為 40%左右，最後又將其蒸發，造成每碼合成皮 0.2 元溶劑損失。無溶劑貼合製程不須添加溶劑，每碼合成皮節省 0.2 元。

### (6)生產速率變動

生產成本約佔 PU 合成皮之 10~15%，無溶劑貼合製程可提高生產速率 25~95%，成本降低。若以生產速率提高 25%計算，每碼合成皮成本降低 2.5 元。

### (7)維修操作成本

熱融機及塗佈機每年之維修費用若以 5%計算約增加 35 萬元，每碼合成皮成本增加 0.03 元。

綜上所述，總計每碼合成皮製造成本節省 0.33 元，如表 4.4 所示。合成皮工廠製造 230 萬碼合成皮即可回收熱融機及塗佈機台設備費用。若以每條月生產量 50 萬碼合成皮工廠，約 5 個月即可回收。

## 2.單一溶劑(DMF)PU 皮膜層技術

單一溶劑(DMF)PU 樹脂係指僅溶解於 DMF 溶劑中之 PU 樹脂，其優點為 DMF 之水溶性高，溶解度高達 98 克 DMF/100 克水，可當作表面層及接著層，脂肪族 PU 具有不黃變特性。一般物性可歸納如表 4.5 所示。

乾式 PU 合成皮製程使用溶劑水洗(solvent scrubber)系統，將溶劑蒸氣回收再使用，溶劑相當於在工廠中循環使用，溶劑購買費用得以大幅降低。

單一溶劑(DMF)皮膜層製程所使用之 DMF 雖然沸點較高，生產速率會

降低，但可仿照濕式皮製造程序，即皮膜層製程獨立，不與貼合製程串聯。合成皮生產採用批次方式，先只做皮膜層，捲曲成網後，再以較快速度進行皮膜層與基材之貼合，生產速度反而可增加。

表 4.4 無溶劑貼合製程成本變動統計表

成本項目	成本變動 (元/碼)
熱融膠(binder)	+5.1
設備	+0.24
烘箱熱能	-1
離型紙	-2
稀釋溶劑	-0.2
生產速率	-2.5
維修操作	+0.03
總計	-0.33

資料來源：國際清潔生產技術與永續經營研討會

表 4.5 單一溶劑 PU 樹脂產品物性規格

產品 \ 物性	皮膜層(skin)		
	鞋類	皮包	衣料
100% 模數 (Kg/cm <sup>2</sup> )	180-340	45-61	28-30
拉力強度 (Kg/cm <sup>2</sup> )	470-540	400-430	300-370
伸長率 (%)	100-260	480-510	630-660
黏度 (萬 cps/25°C)	2-5	1.5-3	4-6
硬度 (SHORE)	60D - 73D	80A	60A
固體含量 (%)	25-30	25-30	25-30

資料來源：Polyurethane Handbook (日本工業新聞社出版)

而其 DMF 回收成本計算如下：

(1)水洗回收塔：回收溶於水中之 DMF，DMF 濃度為 25~28%，操作系統為全自動化。

(2)回收容量：15,000 立方公尺熱空氣（內含 DMF 蒸氣）

(3)操作成本：

電力： 1~1.3 元／公斤 DMF

水： 0.05 元／公斤 DMF

人力： 0.08 元／公斤 DMF

(4)蒸餾費用：3.6~5.6 元／公斤 DMF

(5)投資成本：600 萬元

(6)投資回收時間：投資回收時間依據工廠之生產速度及 DMF 濃度而定，一般約一年即可回收，最長為 1 年 3 個月。

DMF（純液）：33 元／公斤

DMF（回收）：30 元／公斤

PU 粒料（到岸價）：116 元／公斤

溶液（30%固含量）之成本為：

使用純 DMF 之 PU 溶液：58 元／公斤

使用回收 DMF 之 PU 溶液：56 元／公斤

回收成本：40 元／公斤

### 3.水性油墨印刷製程

PU 合成皮製程在後加工階段為增加其美觀及功能性，一般會在其表面印製各式各樣的顏色及圖案，所使用之印刷油墨為溶劑型油墨，油墨組成大部份為丁酮(MEK)、甲苯及異丙醇(isopropyl alcohol, IPA)等溶劑，所佔比率共約佔 80%。在印刷後，須再經過烘乾處理，將所有溶劑蒸發，平均印刷一碼合成皮須使用 63 克溶劑，亦即排放 63 克溶劑至大氣中，造成大量揮發性有機溶劑(VOC)污染。如改用水性油墨印刷後，可大幅降低溶劑排放污染，而水性油墨印刷乾燥速度慢之缺點，可藉紅外線輻射快速乾燥技術，提高其乾燥速率。

水性油墨係以水性樹脂取代溶劑型樹脂，其溶劑含量僅佔 5%，相較於傳統溶劑型印刷製程，其 VOC 減量達到 90% 以上。水性樹脂包括水性 PU 樹脂、水性壓克力樹脂及水性環氧樹脂等類別，由於印刷材料為 PU 合成皮，故以水性 PU 樹脂較佳。

業界改用水性樹脂油墨時，所遭遇的最大問題為乾燥速度低，印刷生產速率約降低至原來生產速率之 1/2，主要原因係水的蒸發潛熱較其他溶劑為高，約為常用溶劑之 4~5 倍，如表 4.6 所示。

表 4.6 各類溶劑之蒸發熱量

溶劑 \ 性質	沸點°C (760mmHg)	蒸發潛熱 (cal/g)	相對蒸發速度 (g/hr)	表面張力 (dyne/cm 20°C)
水	100.0	540	40	73
甲苯	110.6	86	190	29
間位二甲苯	139.1	83	70	29
甲醇	64.5	263	370	23
丙醇	82.3	162	200	23
正丁醇	117.7	139	45	24
醋酸乙酯	77.1	88	410	24
醋酸正丁酯	126.5	74	100	25
丙酮	56.2	120	550	24
丁酮	79.6	165	370	25
甲基丁基酮	115.9	85	150	26

資料來源：工業減廢技術手冊 7—PU 合成皮工業

## 第五章 資源化技術

PU 合成皮業最明顯的污染問題來自溶劑，若任意排出，不僅造成環境污染，更是資源及成本的浪費。因此，本章將就常用的資源化技術加以說明，提供有興趣者參考。

### 5.1 DMF 回收技術

隨著濕式合成皮產量的逐漸增加並超越乾式合成皮的情形，濕式製程產生之含二甲基甲醯胺 (N,N-dimethyl formamide, DMF) 高濃度廢水量亦不斷增加。在濕式合成皮製造過程中，於凝結槽中幾乎所有 DMF 溶劑會脫出樹脂而溶於水中，當 DMF 濃度達到某一程度時（視產品加工特性而異）即須排出，此含有 5~20% 高濃度 DMF 廢水若直接排放，不僅有惡臭氣味及污染環境外，更是高價值之 DMF 溶劑的浪費。由於市場競爭及溶劑價格高漲，回收 DMF 對降低成本、提高獲利效益明顯，故濕式 PU 合成皮業者皆廣設 DMF 回收設備，設備數量已由 73 年的 2 套增加至 85 年的 12 家廠、18 套，廢水回收能力共 121.6 噸/小時，若每年操作 300 天，約相當於可處理 87.5 萬噸 DMF 廢水/年。對於國內每年所產生的 DMF 廢水，已能完全處理。目前回收 DMF 因極具經濟價值，業界願意依 DMF 濃度計價收購處理未設回收設備工廠之 DMF 廢水。

#### 5.1.1 原理

DMF 是一種用途廣泛的溶劑，於常溫下呈液體狀、透明無色、略帶胺味，與水可完全互溶，其物理性質如表 5.1 所示。主要用於人工皮革、纖維、有機合成溶媒、農藥、醫藥等，國內則以應用於聚丙烯腈、PU 樹脂及 PU 合成皮最多。

針對不同濃度之 DMF 水溶液純化的一般性原則分述如下：

1. DMF 水溶液 10~99%，以蒸餾法回收較經濟。若設計適當，回收率可達 99%。
2. DMF 濃度在 10% 以下或含有較高之固形份或鹽類時，則以溶劑萃取法較經濟。其中二氯甲烷(methylene chloride)是效率最高之萃取劑。
3. 當 DMF 含量低於 0.5~1% 至幾個 ppm 時，可考慮使用分子篩。

目前商業化之回收設備都以蒸餾法濃縮，且基於能源的考慮，都使用真空精餾。

純 DMF 具有安定性、不易分解之特性。若僅與水形成混合液亦不易分解；但如有微量的酸或鹼，即行分解生成二甲基胺(dimethyl amine, DMA)與甲酸(formic acid)。其分解反應式圖 5.1 所示：

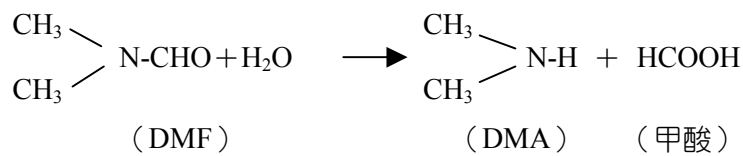


圖 5.1 DMF 分解反應式

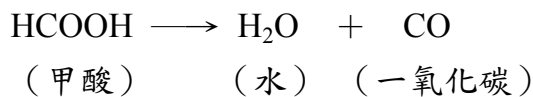
表 5.1 DMF 之物理性質

外觀	無色、液體	
分子量	73.09	
沸點(760mmHg), °C	153	
凝固點, °C	- 61	
比重	0°C/4°C H <sub>2</sub> O	0.9683
	25°C/4°C H <sub>2</sub> O	0.9445
密度(20°C),kg/l	0.9487	
折射率(25°C),N <sub>D</sub>	1.4269	
蒸氣壓(25°C),mmHg	3.7	
黏度(25°C),cP	0.802	
表面張力(25°C),dyne/cm	35.2	
比熱(25°C,液體),kcal/kg°C	0.49	
蒸發熱, kcal/kg	137.8	
熱傳導係數(23.5°C),kcal/sec cm°C	440	
閃火點, °C	67	
空氣中之可燃限制, vol%	2.2~15.2	
共沸物	DMF(18.7wt%),對二甲苯(81.3%)at 135.1°C,760mmHg	
	DMF(69wt%),甲酸(31%)at 162.4°C,760mmHg	
	DMF(7wt%),四氯乙烯(93%)at 117.5°C,760mmHg	

資料來源：PU 合成皮業廢棄物資源化案例彙編，85 年 6 月



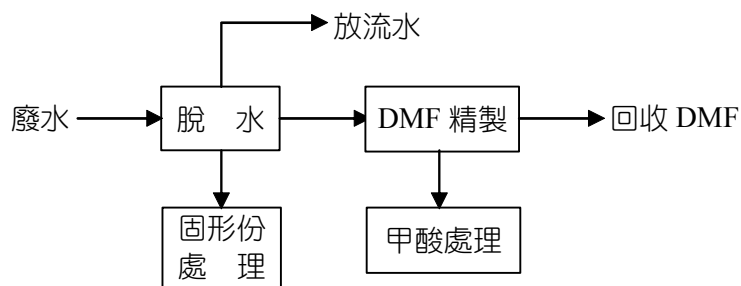
若考慮上列分解反應式之反應速率，當水濃度約 60wt% 時，分解速率最快；而當甲酸的含量愈多，分解速率愈快；溫度愈高，分解速率愈快，130°C 時 DMF 分解速率為 70°C 之 20 倍。根據以上之原理，若利用蒸餾操作回收 DMF 時，為儘可能減少 DMF 分解，應儘量降低溫度，並縮短液體的滯留時間；此外，預先除去處理原液之酸、鹼等，亦會降低其分解。雖然做了上述各種努力，仍難免有少許 DMF 會發生分解。分解產生之甲酸將與 DMF 形成最高共沸物 (B.P.=163°C，甲酸 31 wt%，760mmHg)，於脫水操作時，甲酸與 DMF 成為塔底產品同時排出。若欲得高品質之 DMF，必須將塔底產品再次利用蒸餾操作，將甲酸分離出來。但此時，甲酸仍濃縮於塔液內，當甲酸濃度變大時，甲酸亦會發生分解反應生成水及一氧化碳。其分解反應式如下：



在此分解生成的水，會進入 DMF 餾出液內。另一方面，DMF 含有高濃度甲酸時，亦將促進 DMF 的分解而生成 DMA。由於 DMA 的混入，將影響 DMF 餾出液的純度，因此，欲得高品質 DMF 時，宜儘量降低製程操作溫度，如於真空下進行蒸餾，以抑制 DMF 及甲酸分解，而分解產生之甲酸則在甲酸分解塔中將其分解成水及一氧化碳。

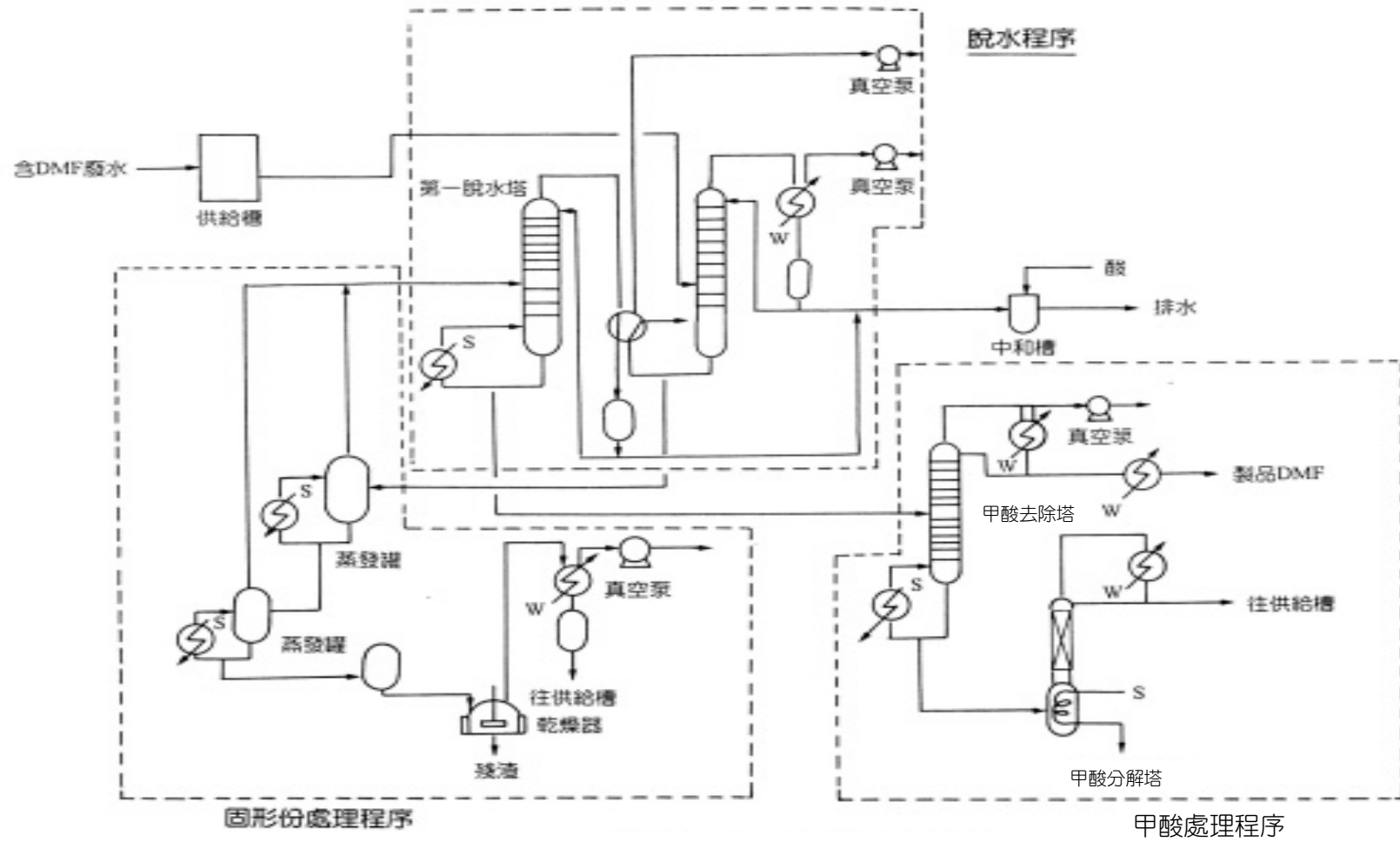
### 5.1.2 製程

根據上述原理，採用蒸餾方式來回收 DMF，並將甲酸處理及固形份處理考慮在內，則 DMF 回收處理基本流程設計如圖 5.2 所示。其詳細之處理流程如圖 5.3 所示，針對各製程分項說明如下：



資料來源：PU 合成皮業廢棄物資源化案例彙編，85 年 6 月

圖 5.2 DMF 回收處理基本流程設計



資料來源：PU 合成皮業廢棄物資源化案例彙編，85 年 6 月

圖 5.3 DMF 回收處理流程圖

## 1. 脫水

一般濕式製程廢水含 DMF 濃度約在 10~20wt%，利用蒸餾分離時，水由塔頂餾出，而 DMF 成為塔底產品，由於水之潛熱 539 kcal/kg (100°C)，DMF 之潛熱 138 kcal/kg，水的蒸發潛熱約為 DMF 的 3.9 倍，分離所需能源完全視含水量多少而定，因此若要降低運轉成本，應減少原液中的水，儘可能提高 DMF 的濃度。為提高回收 DMF 的利用價值及防止二次公害發生，通常要求回收 DMF 的純度在 99.9% 以上，放流水也就是塔頂餾出水的 DMF 濃度在 200ppm 以下，為此，蒸餾塔需要相當多層的塔板(tray)。於實際運轉中，通常脫水塔都是真空操作，其真空發生設備通常採用液封式真空泵或蒸汽抽氣機(steam ejector)，由於壓力降低使得沸點隨之降低，脫水塔的操作溫度得以降低，如此操作條件下具有之優點為：

- 節約能源：塔頂餾出水溫度降低，相當於能源漏失減少。
- 抑制分解：DMF 分解成甲酸與 DMA 的分解速率減緩。
- 防止二次公害：塔頂餾出水含 DMF 的濃度降低，防止二次公害發生。
- 回收率提高：由以上兩點可預估 DMF 回收率會提高。
- 防止設備腐蝕：DMF 與水的混合物對設備有腐蝕作用，降低溫度有助於減緩腐蝕。

蒸餾脫水製程可分為單效蒸餾製程及多效蒸餾製程，其簡介如下：

### (1) 單效製程

製程原理係利用單支蒸餾塔即可將 12~20%DMF 精製至 DMF 純度 99.95% 以上，此單效蒸餾製程投資金額較低，相對的能源耗用量及運轉成本較高，適用於 DMF 廢液入料量 2,500kg/hr 以下之處理量，而無須花費較高之投資設置「雙效蒸餾」回收工廠，如此設廠初期，可節省「雙效蒸餾」投資費用的 30~35%。

### (2) 多效製程

國內一般回收製程大都採「雙效蒸餾」製程，其原理係利用第二支蒸餾塔塔頂餾出蒸氣回收作為第一支蒸餾塔塔底再沸器之熱源，以降低能源耗用量，雙效蒸餾製程能源耗用量較單效蒸餾製程降低 50%。三效蒸餾又較雙效蒸餾降低 25%。

上述各項製程之選用，必須依據 DMF 廢液之處理量，在投資金額與生產變動成本之間比較評估，來尋求較佳的取捨平衡點。

## 2. DMF 精製與甲酸處理

廢水經蒸餾脫水處理後，可得 99.95% 以上之 DMF，其不純物主要為甲酸，其次為水及 DMA，若欲獲得高純度的 DMF，必須再予精製。

DMF 精製方式為使用一甲酸除去塔，利用真空蒸餾方式使精製之 DMF 由塔頂產生，含甲酸之 DMF 則由塔底流入甲酸分解塔。利用甲酸分解較 DMF 為快之特性，使甲酸得以選擇性分解成水及一氧化碳，剩餘的 DMF 則流回廢水池再回收處理。

## 3. 固形份處理

濕式合成皮塗佈機水洗過程，樹脂及基布所含之染料、布屑、填充物、凝結樹脂及雜物等固形份約佔廢水量的 0.1%，會伴隨著 DMF 廢水，送至 DMF 回收工廠處理。固形份是回收設備最困擾的問題，若採用過濾法過濾，則須經常停車清洗，目前多數使用逐段濃縮法。其方式是在蒸發罐中進行固形份濃縮，再取出高濃度固形份送入乾燥器，乾燥器將 DMF 及水脫出送回處理系統，固形份則由乾燥器清出形成蒸餾殘渣。目前乾燥器大多採用蒸發釜 (pan dryer) 系統，可使固形份濃度提升至 65%，使 DMF 漏失量減少，提高 DMF 回收率。

## 5.2 氣態廢溶劑回收技術

PU 合成皮業乾式製程每年使用之丁酮、DMF 及甲苯 (toluene) 等溶劑，最後這些溶劑絕大多數會逸散排入大氣中，若未經妥善回收處理不僅會造成空氣污染，更是寶貴資源的浪費。在溶劑價格飛漲及環保管制標準日嚴的情況下，回收純化這些溶劑再利用，將成為必須的且符合經濟效益的工作。

對於 PU 合成皮業乾式製程氣態廢溶劑回收，主要以流體化床活性碳吸脫附回收技術。對於含丁酮的廢氣，由於一般顆粒狀活性碳吸脫附時有碳床著火之危險，所以不建議利用一般顆粒活性碳進行吸脫附處理，因此對於 PU 合成皮業乾式製程氣態廢溶劑回收，可行之回收技術主要分為三種：以濕式洗滌回收 DMF 廢氣溶劑，後續含丁酮、甲苯之尾氣再以焚化方式處理；以適當吸收劑吸收處理含丁酮、甲苯、DMF 之廢氣並將其回收；及以流體化床活性碳吸脫附同時處理

回收含 DMF、丁酮及甲苯三種有機溶劑之廢氣。

其中濕式洗滌（設備如圖 5.4 所示）及以吸收劑吸收含溶劑之廢氣，其原理主要在於 DMF、丁酮及甲苯與水之互溶性佳，使用水為吸收劑，將其吸收至水溶液中，再利用分餾技術將其分離回收，分餾技術說明參見第 5.1 節。而流體化床活性碳吸脫附之回收技術，主要利用活性碳為吸附劑，將氣態溶劑吸附後，再利用熱交換方式將活性碳中之氣態溶劑脫附，經冷凝回收溶劑。

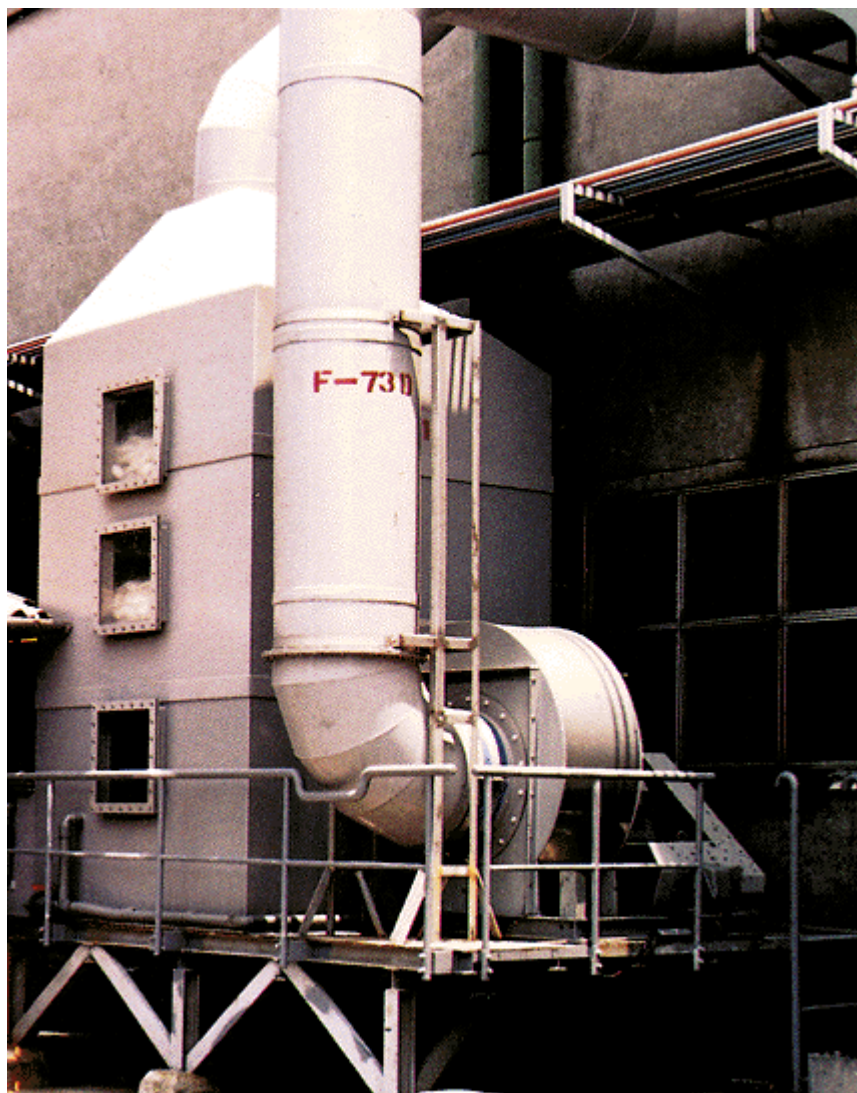


圖 5.4 濕式洗滌設備圖

## 第六章 設備選用程序與評估

本章節將針對 PU 合成皮製造業產生各類廢棄物欲進行資源化工作時，如何建立設備選用之標準作業程序，並舉出相關基本原則及注意事項，而設備供應商及代理商名錄請詳見附錄。

### 6.1 設備選用程序

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。由於完整的作業程序較為複雜，工廠亦可聘請在此方面有專長及經驗的顧問（詳見 6.1.2 顧問聘請）來協助指導。

#### 6.1.1 作業程序

相關購置回收系統之各階段工作內容說明如下：

1. 第一階段：盤查製程污染源
2. 第二階段：評估減廢方案

針對每一污染源，找出其可應用之減廢／資源化方案，並進一步評估各項減廢／資源化方案對減少污染產生量之預期效果，且有些減廢／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，亦可考慮聘用減廢／資源化顧問，以協助提供製程減廢／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) 找出可應用之減廢／資源化方案，並選擇較重要者。
- (2) 針對較重要之減廢／資源化方案，評估預期之減廢／資源化成效。
- (3) 將評估結果做成記錄，並進行分析。

3. 第三階段：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) 工廠之減廢小組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)供應商至現場踏勘，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。

#### 4.第四階段：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，主要設備一般包括泵、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。

#### 5.第五階段：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。

#### 6.第六階段：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。

#### 7.第七階段：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。試車時應進行處理前後水質之取樣檢測工作，以做為評估系統是否能達到預期處理功能。水質取樣的位置包括進流口及流出口，水樣應以乾淨的塑膠瓶貯槽，採得的水樣分為三瓶，工廠保留二瓶，系統供應商一瓶，雙方分別檢測後互相印證之。水樣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，則應將第三瓶水樣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來測試，處理系統的付費方式，儘可能的話，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。

### 6.1.2 顧問聘請

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。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，並研提可行的減廢／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、水力剖面圖、製造流程圖，以瞭解廢液收集系統的設置、二次污染的處理情形、洩漏時之處理措施，以及實驗室廢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，並校正回收系統之可程式控制器準確性。

## 6.2 供應商評估

### 6.2.1 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 PU 合成皮工廠之營業額如何。
- 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。
- 那些物料、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 PU 合成皮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、pH 計及 ORP 計等）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。

- 系統之備用零件取得的難易性，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。(採不銹鋼或玻璃纖維的平台較普通的鋼板耐蝕)
- 那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，該設備應做那些更改。
- 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。
- 製程上應做那些修改，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那些。

其他次要判斷的項目包含：

- 那些零件最容易故障，修復需多少時間。
- 系統操作時，會有那些狀況產生。
- 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）是否使用不銹鋼材。
- 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 PU 合成皮工廠，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。

### 6.2.2 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。

## 第七章 資源化案例

### 7.1 含 DMF 廢水之回收處理

#### 7.1.1 前言

A 廠為一環保署許可之乙級廢棄物處理機構，專業從事 PU 合成皮業之 DMF 廢水的回收處理，該廠 DMF 回收設備處理量為 5,000 kg 廢水/hr，DMF 濃度約 10 wt%，一年可回收 DMF 約 3,600 噸/年，回收之 DMF 除供應該廠樹脂製造用途外，由於品質優良，尚可以高價販賣，回收效益顯著。

#### 7.1.2 製程及原理

該廠製程與原理請參閱 5.1 節內容說明，A 廠係採蒸餾方式回收 DMF，並設有甲酸及固形份等相關處理設施，其 DMF 回收處理流程如圖 5.1 及圖 5.2 所示。

#### 7.1.3 資源化成效

根據 A 廠之設計基礎，評估此套 DMF 回收設備經濟效益如表 7.1 所示。其廢水處理量為 5,000kg/hr，若廢水中 DMF 平均濃度為 10%，每年操作 300 天，則一年約可回收 DMF 3,600 噸/年，以每公斤 37 元估計，一年的收益高達 134,862 仟元，扣除設備折舊及操作維護等費用，每年的回收效益約為 88,901 仟元，回收期限約為 1 年。由於回收之 DMF 品質良好，不僅可供應廠內使用，亦可販賣。當溶劑價格昂貴時，則回收之經濟效益十分明顯，設備之回收期很短。此外，由於該套 DMF 回收設備之操作費用中以蒸汽費用佔大部份，若處理之原廢水中 DMF 濃度較高時，則回收每噸 DMF 所需之蒸汽量便可大為減少，將使成本降低、經濟效益更加顯著（成效評估係以 85 年「PU 合成皮業廢棄物資源化案例彙編」之案例，經物價波動指數及利率調整至 90 年現值）。

#### 7.1.4 結語

PU 合成皮業濕式製程廢水中 DMF 的回收是廢棄物資源化最成功的案例之一，不僅能有效地免除後續廢水處理的困擾，同時由於溶劑價格高漲，使 DMF 回收經濟效益更加顯著，各廠皆爭相設置回收設備，儼然成了降低生產成本、提高競爭力及獲利的重要生產設備。

表 7.1 DMF 回收設備之效益評估

項次	項 目	單 位 費 用	費 用 (仟元)
初設 成本	DMF 回收設備	83,248,000 元/台	83,248
	合 計		83,248
每 年 操 作 維 護 費 用	電費(130kw)	2.4 元/kw · hr	2,435
	蒸汽(6T/hr)	364 元/T	15,734
	軟水(20m <sup>3</sup> /hr)	10 元/m <sup>3</sup>	1,498
	維護費	約總初設費用之 10%	8,325
	勞力(14,400 小時/年)	390 元/hr	5,619
	合 計		33,611
每 年 投 資 費 用	設備折舊	*CRF = 0.148	12,350
	總操作維護費用	—	33,611
	合 計		45,961
每 年 可 節 省 費 用	回收 DMF 3,600 噸	37 元/kg	134,862
	合 計		134,862
每年節省淨額 = 134,862 仟元 - 45,961 仟元 = 88,901 仟元			
回收期 = 83,248 仟元 / (134,862 - 33,611) 仟元 / 年 ÷ 1 年			

\* : CRF (設備投資還原因子) =  $i(1+i)^n / [(1+i)^n - 1]$ ,  $i$  (年利率) = 7.9%,  $n$  (設備使用年限) = 10 年

註：1. 假設每年操作 300 天

2.85~90 年物價波動指數 1.0406

資料來源：PU 合成皮業廢棄物資源化案例彙編，85 年 6 月

## 7.2 流體化床吸附系統回收處理氣態溶劑

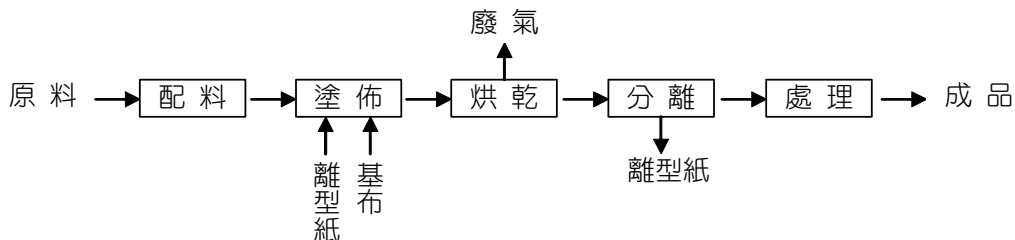
### 7.2.1 前言

B 廠為國內一家大型 PU 合成皮工廠，設有乾式設備 2 套及濕式設備 5 套。

該廠除已設置 DMF 回收設備回收濕式製程產生之 DMF 廢水外；民國 81 年更投資近億元，由日本購入流體化床系統(GASTAK)設備，於 82 年完成建廠試車，目前正順利運轉中，可有效地回收乾式製程廢氣中之氣態廢溶劑，不僅改善廠區之工作環境，並達到了污染防治及資源回收再利用的多重目的。

### 7.2.2 製程及原理

該廠採用乾式製程生產 PU 合成皮，或將濕式製程產出之半成品再經乾式製程塗佈後製成成品。乾式製程藉加熱使 PU 樹脂熟成固化，常用的溶劑有甲苯 (toluene)、丁酮及 DMF，這些溶劑在烘烤過程中，會由風管逸散到大氣中，所以排放的廢氣中含有 3,000~5,000 ppm 之氣態溶劑。其製程及污染來源如圖 7.1 所示。



資料來源：PU 合成皮業廢棄物資源化案例彙編，85 年 6 月

圖 7.1 PU 合成皮乾式製程及污染來源

#### 1. 流體化床系統介紹

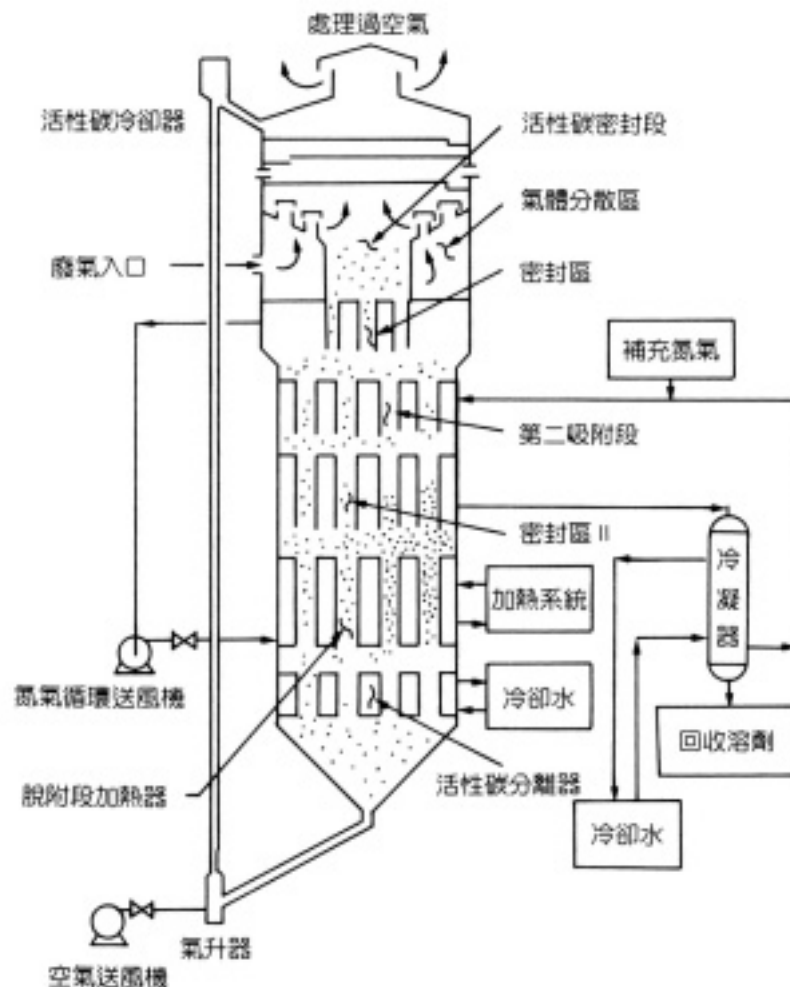
流體化床系統為日本吳羽公司所設計、開發，商品名稱為 GASTAK。本系統包括兩大主要部份：吸附塔與脫附塔，及其它附屬設備如送風機、氣升器 (air lift)、冷凝器、分相器等所構成，所使用的活性炭亦為該公司所開發、生產，產品名稱為 G-AC。GASTAK 系統之設備流程如圖 7.2 所示，其主要構造及操作原理說明如下：

##### (1) 吸附塔

廢氣經由一氣體分散器，均勻地進入吸附塔中，含有溶劑的廢氣以設計流速通過篩孔板上之活性炭流體化。

此種堰的設計，是為了使每一層流體化床維持在 20~40mm 之高度，以減低壓降及形成均勻之流體化床，整個塔之總壓降約在 100~180mmH<sub>2</sub>O 範圍，而廢氣之線性速度則控制在 80~120cm/sec 之間，以獲得良好之流體化

效果。



資料來源：PU 合成皮業廢棄物資源化案例彙編，85 年 6 月

圖 7.2 流體化床系統(GASTAK)設備流程圖

## (2) 脫附塔

含有溶劑之活性炭，掉到吸附塔底後，進入脫附塔或以空氣搬送器，將其送到脫附塔中，脫附塔是由一系列密封區(seal zones)交換器所組成，活性炭在塔中形成一移動床，經由這五個區之管路往下移動。

脫附段是由管殼熱交換器(shell-and-tube heat exchanger)所構成，活性炭在管側被間接加熱，而惰性氣體（通常是氮氣）則往上流經這些管路，活性炭上吸附的溶劑即被脫附出來。含有溶劑之脫附氮氣離開熱交換器（脫附段）後，即進入冷凝中。離開冷凝器之氮氣中仍含有飽和濃度之溶劑（冷凝溫度

下)，若直接將此氮氣循環使用於脫附段，會使脫附效率降低。

因此，此系統包含有第二吸附段(secondary adsorption zone)之設計，由冷凝器出來之飽和氮氣在此與 G-AC 活性碳做逆流式接觸，進入第二吸附段之活性碳有足夠能力吸附除去氮氣中剩餘的大部份溶劑，經吸附處理後之氮氣，便可以以送風機送回脫附段中使用，如此氮氣構成一個循環迴路。

### (3)G-AC 活性碳

G-AC 活性碳之性質如表 7.2 所示，其吸附性質類似一般之活性碳，而其具有良好之強度及流動性，則可以和 GASTAK 系統配合，構成性能良好之流體化床吸附系統。

表 7.2 G-AC 活性碳之性質

外形	球形
粒徑(particle size)	0.59~0.84mm
平均粒徑(mean particle size)	0.7mm
假比重(bulk density)	0.58~0.61g/cc
表面積(surface area)	800~1,200m <sup>2</sup> /g
吸附活性(adsorption activity)	
苯(benzene)	300~400mg/g
四氯化碳(carbon tetrachloride)	600~650mg/g
強度(strength)	98%
灰份(ash)	~0.5%

資料來源：PU 合成皮業廢棄物資源化案例彙編，85 年 6 月

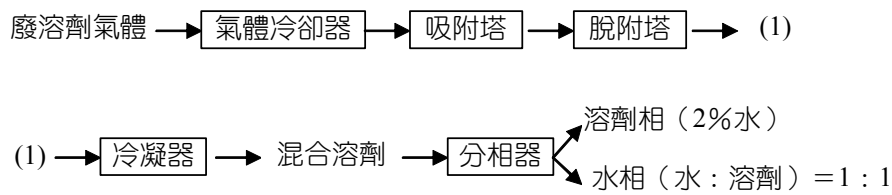
## 2.廠內氣態廢溶劑回收製程介紹

該廠目前回收氣態廢溶劑流程主要可分為兩種程序：流體化床系統及溶劑純化分離系統，分述如下：

### (1)流體化床系統

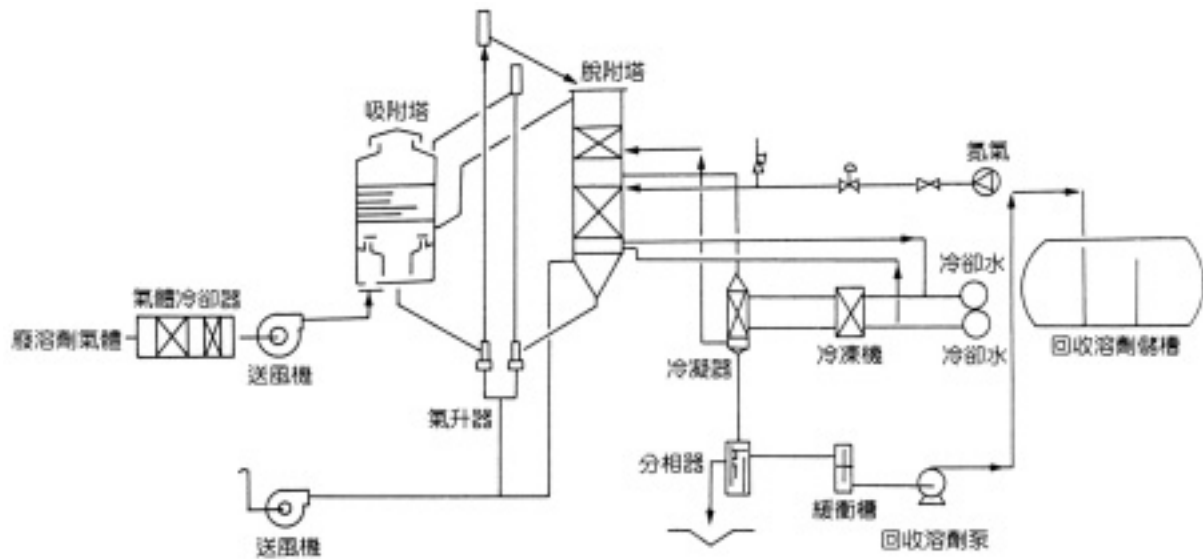
圖 7.3 為氣態溶劑回收流程，其程序設備則如圖 7.4 所示。乾式塗佈機所產生之氣態廢溶劑，溫度約 60~70°C，經氣罩收集以及氣體冷卻器降溫至 5~12°C 後，排入置有球形活性碳之吸附塔中進行吸附處理，活性碳則移入脫附塔，利用蒸汽(500 Kg steam/hr)間接加熱使溶劑脫附至氮氣中，而後於冷凝器中降溫使溶劑冷凝成液態之混合溶劑，最後以分相槽將其分離為溶劑相及水相。





資料來源：PU 合成皮業資源化案例彙編，85 年 6 月

圖 7.3 氣態廢溶劑回收流程圖

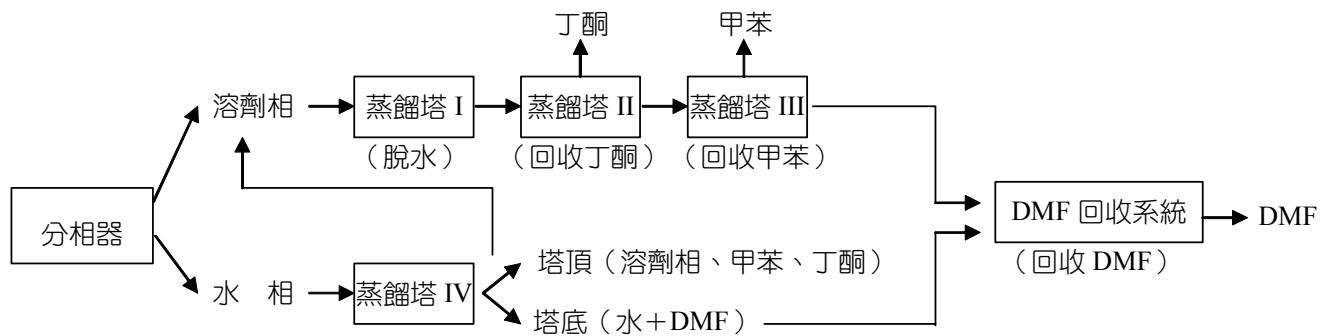


資料來源：PU 合成皮業廢棄物資源化案例彙編，85 年 6 月

圖 7.4 氣態廢溶劑回收程序設備

## (2) 溶劑純化分離系統

經氣態廢溶劑回收處理所得之溶劑必須進一步純化，該廠採用四座蒸餾塔，利用甲苯、丁酮、DMF 及水等沸點不同及共沸原理，將甲苯及丁酮純化後，DMF 及水則送至 DMF 回收系統再進一步回收 DMF。溶劑純化分離流程如圖 7.5 所示。



資料來源：PU 合成皮業廢棄物資源化案例彙編，85 年 6 月

圖 7.5 溶劑純化分離流程

### 7.2.3 資源化成效

目前該廠回收設備設計為進氣流量 1,400CMM (700 CMM×2 套)，廢氣濃度甲苯 925ppm、丁酮 1,450ppm、DMF612ppm，排放口總濃度可達到 200ppm 以下，亦即在吸附塔達到 90% 以上之回收效率，而整個系統之總回收率可達到 70%。唯回收率會受到季節之影響，夏季時回收率較差，而冬季時回收率較高。目前該廠指稱其操作成本平均每回收一公斤溶劑 5 元。雖然此項設備投資金額頗高，但可回收多項溶劑於合成皮製程中使用，隨著溶劑價格之上漲，其經濟效益愈形明顯，其經濟效益評估如表 7.3 所示 (成效評估係以 85 年「PU 合成皮業廢棄物資源化案例彙編」之案例，經物價波動指數及利率調整至 90 年現值)，每年節省費用約為 16,702 仟元，回收期限約為 3.8 年。但最重要的是透過此回收系統不僅達到回收溶劑之效益，更可減少排放至大氣中之揮發性有機物(VOCs)。

### 7.2.4 結語

以吸附法處理廢氣是工業上常用之方法，其適用於廢氣濃度 1,000～10,000ppm 之範圍，處理效果佳，吸附劑再生容易。若以流體化床系統回收氣態廢溶劑，則可避免丁酮在固定床系統中發生破床著火事件，且吸附回收率可達到 90%，但流體化床系統因投資金額較高、回收年限較長，其經濟效益明顯不如濕式製程廢水之 DMF 回收，故業者目前跟進之意願不強，但隨著環保標準對 VOC 之加強管制，以及溶劑價格上漲等因素影響，設立回收設備在未來將是必然之趨勢。

表 7.3 氣態廢溶劑回收製程之效益評估

項次	項目	單位費用	費用(仟元)
初設成本	流體化床系統第一套	65,974,040	65,974
	流體化床系統第二套	62,436,000	62,436
	溶劑純化分離系統	19,355,160	19,355
	合計		147,765
每年維護成本	操作成本 <sup>1</sup>	5元/公斤回收溶劑	13,950
	維護費	約占初設成本 10%	14,777
	合計		28,727
每年投資費用	設備折舊(10年)	CRF <sup>2</sup> =0.148	21,922
	總操作維護費用		28,727
	合計		50,649
每年節省費用	回收甲苯 <sup>3</sup> 1,083 噸/年	9元/kg	10,143
	回收丁酮 <sup>3</sup> 1,328 噸/年	27元/kg	35,930
	回收 DMF <sup>3</sup> 568 噸/年	37元/kg	21,278
	合計		67,351
每年總淨節省費用=67,351-50,649=16,702(仟元)			
回收期限=147,765÷(67,351-28,727)≈3.8(年)			

註：1.操作成本：平均每回收一公斤溶劑約需 5 元（此值由 B 廠提供）

2. CRF（設備投資還原因子）= $i(1+i)^n / [(1+i)^n - 1]$ ，i（年利率）=7.9%，n（設備使用年限）=10 年

3.溶劑回收量之計算根據如下：氣流流量 1,400CMM、溫度 65°C、甲苯濃度 925ppm、丁酮濃度 1,450ppm、DMF 濃度 612ppm、總回收率 70%、每年操作 250 天。

4.85~90 年物價波動指數 1.0406

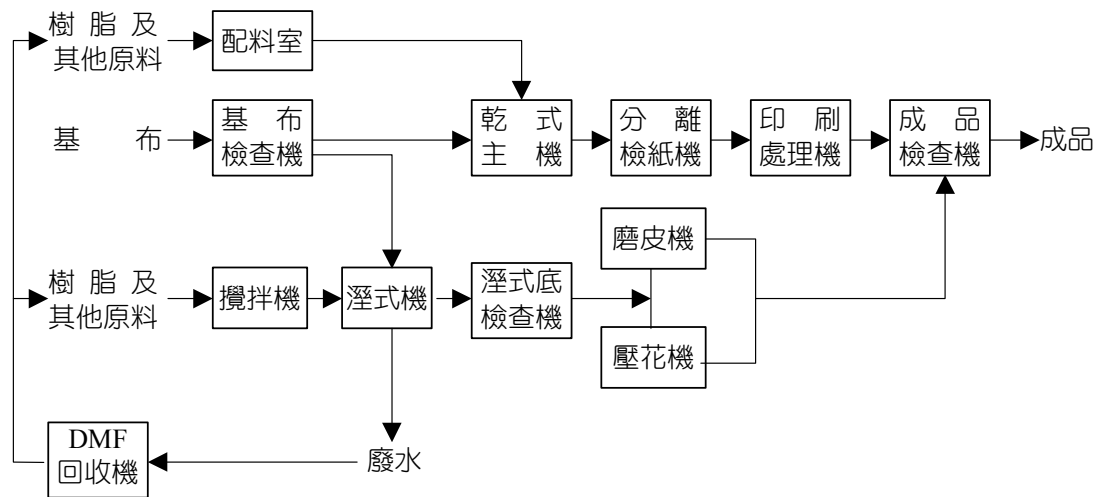
資料來源：PU 合成皮業廢棄物資源化案例彙編，85 年 6 月

## 7.3 增加濃縮設備提升 DMF 回收產能

### 7.3.1 前言

C 廠為一 PU 合成皮工廠，設有乾式設備 3 條線及濕式設備 6 條線，並以 DMF 回收設備處理濕式製程中產生之含 DMF 廢水，該廠之製造流程如圖 7.6 所示。該廠有 DMF 回收設備 2 套，DMF 廢水處理量為 120 噸/日，若過載操作時最大

量可達 180 噸／日。由於隨著濕式合成皮需求量成長，濕式合成皮生產線逐漸擴充，最大廢水量增加至 360 噸／日，且因產品結構變化，廢水濃度亦由原先平均的 13% 下降至目前的 8~10%，使得原有的回收設備處理能力嚴重不足，目前該廠以增設一套 20 噸／時之前段脫水設備來解決。



資料來源：PU 合成皮業廢棄物資源化案例彙編，85 年 6 月

圖 7.6 C 工廠 PU 合成皮製程

### 7.3.2 製程及原理

為解決 DMF 廢水量增加之問題，該廠必須將其 DMF 回收設備處理能力增加為 480~600 噸／日，有兩種方式可供選擇：

1. 增設一套 12 噸／時 DMF 回收設備，再加上其原有 5.0 噸／時處理能力，總處理能力可達 408~612 噸／日。一套 12 噸／時 DMF 回收設備造價約 6,500 萬元。
2. 增設一套 20 噸／時前段脫水設備，將濃縮後之 DMF 廢水再供給原有之 1.8 噸／時及 3.0 噸／時 DMF 回收設備，總處理能力可達 480~720 噸／日。一套 20 噸／時雙效式前段脫水設備造價約 4,500 萬元。

因雙效式前段脫水設備造價較低，設備及控制點均較少，操作保養簡單，故該廠選擇 2. 方案，亦即增設一套 20 噸／時雙效式前段脫水設備。有關其設計基準及製程說明如下：

## 1.設備基準

- 廢水濃度：8%DMF
- 濃縮後廢水濃度：16~20%DMF
- 濃縮後廢水流量：7,500kg/hr
- 廢水處理量：20,000kg/hr (Max. 30,000kg/hr)
- 塔頂排放水：DMF < 200ppm

## 2.製程說明

濕式合成皮製程中所排放之 DMF 廢水，其成份大約如下：

- DMF：10%
- 水：90%
- 二甲基胺：300ppm
- 甲酸：300ppm
- 固形份：0.1%

因甲基胺沸點 $-7^{\circ}\text{C}$ ，二甲基胺沸點 $6.9^{\circ}\text{C}$ ，蒸餾過程中，以氣態方式自塔頂排出，故 DMF 回收設備中，主要是自 DMF 廢水中除去水、甲酸及固形份，而三者中以水之 90% 所佔比例最大，故前段濃縮設備著眼點是先將 DMF 廢水移除部份水份後，再送入既有之回收設備中進一步去除水、固形份及甲酸。因濃縮後之廢水中固形份及甲酸含量會增高，必須修改原有回收設備中之固形份處理單元及甲酸處理單元，以符合其要求。至於前段 DMF 廢水濃縮之程度（即移除水量），則須依據其原有 DMF 回收設備處理能力計算。

前段脫水設備與 DMF 回收設備之設計原理相同，亦可分為單塔式脫水設備（圖 7.7 所示）及雙效式脫水設備（圖 7.8 所示）。單塔式脫水設備加熱熱源完全由鍋爐提供，亦使用真空蒸餾方式，以減少 DMF 分解，而塔頂氣相部份則完全由冷卻水做熱交換冷凝，故其蒸汽及冷卻水消耗量相當大，但初設費用較低；相對於單塔式脫水設備，雙效式脫水設備其部份熱源由廢熱提供，故蒸汽及冷卻水量皆節省很多，但初設費用較高。因此該廠目前採用雙效式前段脫水設備。

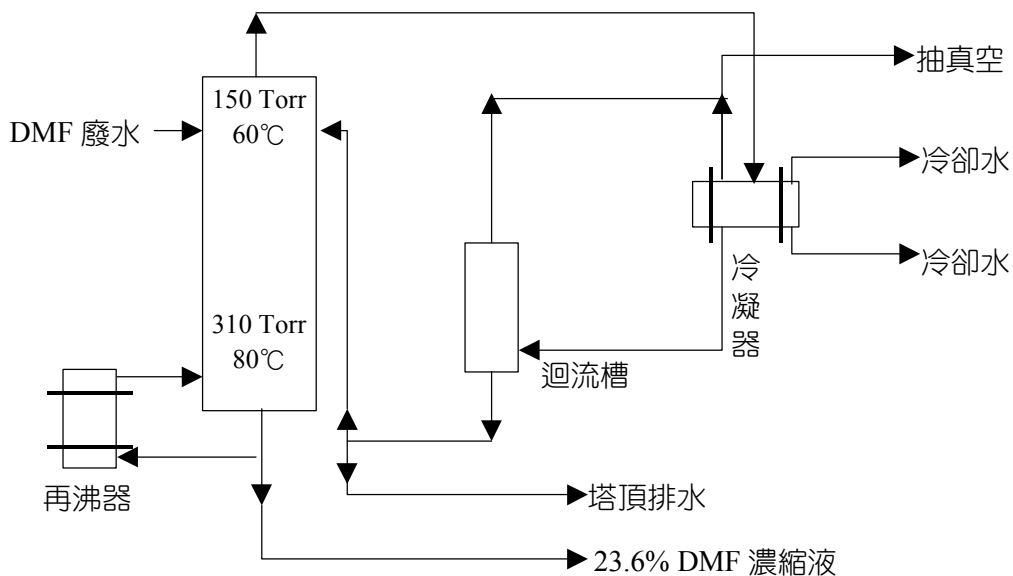
### 7.3.3 資源化成效

該廠目前雖然採用雙效式前段脫水設備，但若根據其設計基礎，比較單塔式脫水設備及雙效式脫水設備之經濟效益，則其評估結果如表 7.4 所示。若假設此

一脫水前處理設備相當於增加一套 12 噸／時回收設備之產能，每年以操作 300 天計，則此脫水設備可幫助增加回收 6,843 噸 DMF，以每公斤 DMF 37 元估計，則每年回收溶劑販賣 256,350 仟元。單塔式及雙效式脫水設備每年節省淨額可達 162,173 仟元及 202,785 仟元，回收期則分別為 3.0 個月及 3.1 個月，由此可知，因溶劑價格昂貴，使得 DMF 回收之經濟效益十分明顯。由於整套設備之操作維護費用主要來自蒸汽費用，採用雙效式將較單塔式節省一半的蒸汽費用（成效評估係以 85 年「PU 合成皮業廢棄物資源化案例彙編」之案例，經物價波動指數及利率調整至 90 年現值）。

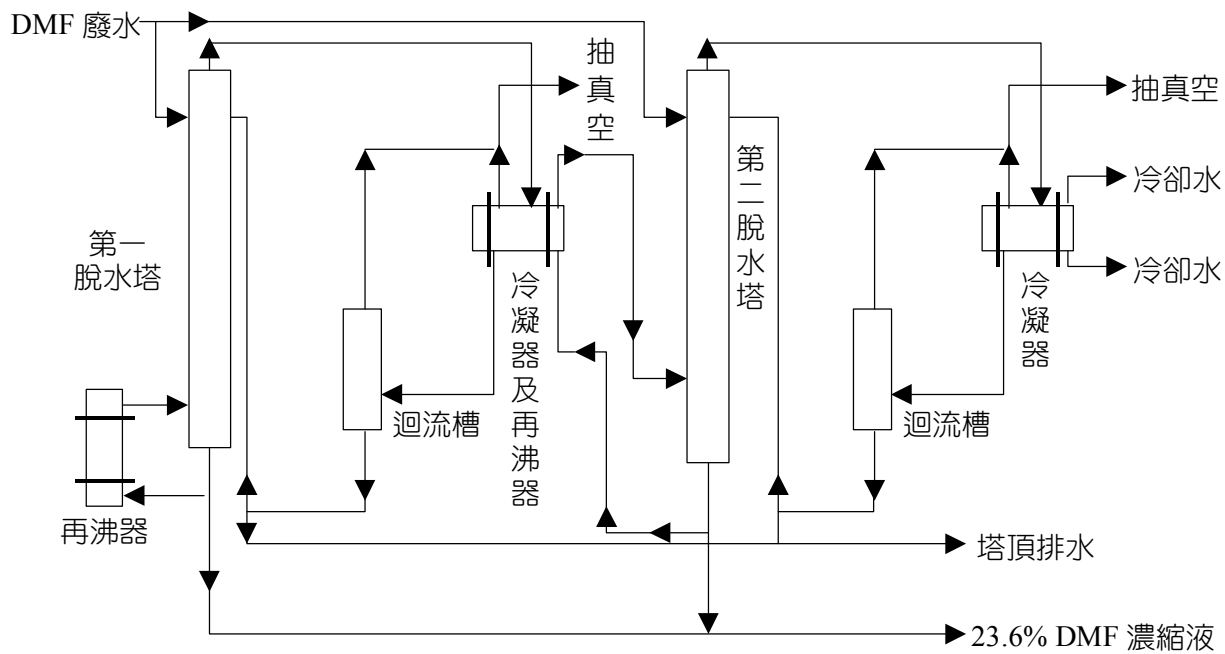
### 7.3.4 結語

近年來，因溶劑價格高漲，使得 DMF 之回收工作不僅是污染防治之措施，更是降低生產成本、提高競爭力及獲利之重要生產設備。各廠擁有濕式製程者皆廣設回收設備，以處理濕式製程廢水並回收 DMF。在各廠皆逐漸擴充濕式生產線，原有之回收設備規模雖過載操作仍不足以處理 DMF 廢水時，則除增設回收設備因應外，亦可加設此前段脫水設備及將廢水先行濃縮，再進入回收設備製程中，以大幅增加原有設備之處理能力，符合現在及未來之生產及環保需求，此案例可提供業者擴增回收產能之參考。



資料來源： PU 合成皮業廢棄物資源化案例彙編，85 年 6 月

圖 7.7 單塔式脫水設備



資料來源：PU 合成皮業廢棄物資源化案例彙編，85 年 6 月

圖 7.8 雙效式脫水設備

表 7.4 脫水設備之效益評估

單元：仟元

項次	項目	單塔式脫水設備	雙效式脫水設備
初設成本	製程區面積(m)	10×8	16×12
	製程區設備	31,218	46,827
	公用區設備	10,614	7,284
	合計	41,832	54,111
每 <sup>1</sup> 年操作維護費用	蒸汽消耗量(T/hr)	30	15
	蒸汽費用	78,669	39,335
	冷卻水循環(T/hr)	1,220	610
	軟水消耗量(m <sup>3</sup> /hr)	73.2	36.6
	軟水費用	5,484	2,742
	電力(kwh)	180	154
	電力費用	3,372	2,885
	計量空氣 <sup>2</sup>	—	—
	人工 <sup>2</sup>	—	—
維護費(初設費 1/100)	418	541	
合計	87,943	45,502	
每年投資費用	設備折舊費用 <sup>3</sup>	6,233	8,063
	操作維護費用	87,943	45,502
	合計	94,176	53,565
每年節省費用	回收溶劑販賣 <sup>4</sup>	256,350	256,350
每年節省淨額		162,173	202,785
回收期 <sup>5</sup>		≒0.25 年=3.0 月	≒0.26 年=3.1 月

註：1.操作費用計算基準：處理量 30,000kg/hr，濃度 8%，蒸汽 364 元/噸，軟水 10 元/m<sup>3</sup>，電費 2.4 元/kw·h，每年操作 300 天用。

2.計量空氣及人工費用缺乏數據資料。

3.設備折舊費用=初設成本×CRF，CRF（設備投資還原因子）= $I(1+i)^n / [(1+i)^n - 1] = 0.148$ ，  
i（年利率）=7.9%，n（設備使用年限）=10 年

4.相當於一套 12 噸/時 DMF 回收設備，廢水濃度 8%，回收率 99%，每年操作 300 天，則每年回收 6,843 噸 DMF，以每公斤 DMF 37 元估計，則每年回收溶劑販賣 256,350 仟元。

5.回收期=總投資成本/（每年節省費用－操作維護費用）

6.85~90 年物價波動指數 1.0406

資料來源：PU 合成皮業廢棄物資源化案例彙編，85 年 6 月



## 7.4 DMA 去除系統純化排放水回收再利用

### 7.4.1 前言

D 廠為一 PU 合成皮工廠，廠內設有 DMF 回收設備處理濕式製程中產生之含 DMF 廢水，該廠並於回收設備後加裝一 DMA 去除系統，以去除回收系統排放水中之 DMA，將處理後之純水全部回收再使用於濕式製程水洗槽中，不僅減低廢水污染，更妥善利用水資源。

### 7.4.2 製程及原理

以 DMF 回收設備處理含 DMF 廢水之處理基本流程如圖 5.2 所示。由於 DMF 水解後產生 DMA 及甲酸，反應式如圖 5.1。於 DMF 回收過程中進行脫水步驟時，DMF 及甲酸因沸點較高，故從蒸餾塔塔底產出；而 DMA 因沸點只有 6.9°C，蒸餾塔塔頂餾出之放流水因含有 0.1% 以下之 DMF 及 DMF 分解所產生之 DMA，故放流水含有 DMA 惡臭味且 COD 值常高達 700mg/L 以上。此種含 DMA 之廢水若直接回收至塗佈機水洗槽當補充水使用，將造成合成皮成品帶有惡臭味，影響合成皮品質；若直接排放亦未能符合政府之放流水標準。

為解決廢水排放所造成之污染問題，該廠乃設置一 DMA 去除系統，以蒸汽加熱氣提(stripping)方式，將廢水中之 DMA 由塔頂移除，並將處理後之純水全部回收再使用。其處理流程如圖 7.9 所示。首先，將 DMF 回收處理後之放流水導入一中間水槽中，再依液位控制之方式，由泵打入 DMA 去除塔中。經蒸汽加熱後，純度高之 DMA 氣體經塔頂，於冷卻後仍以氣體形式，再經過濾器後，送入鍋爐燃燒。在處理過程中，原本含於水中而沒有在 DMF 回收系統中去除的少量油污，可在此系統之油水分離器中去除。經過處理後之廢水，水質已接近蒸餾水則送回預備儲槽中儲存，並可隨時提供作為製程用水。

### 7.4.3 資源化成效

採用本系統處理含 DMA 之廢水後，其資源化成效說明如下：

#### 1. 處理效果良好，回收水質乾淨之用水

本系統之處理成效經過測試，入口約有 200ppm 以上之 DMA 含量，出口則達到 50ppm 之 DMA 含量，若操作適當，更可達到低於 10ppm DMA 之效果，且水中不含鹽類及油質，提供現場乾淨之回收水，有助於製程之條件控制。經

過計算，可供應使用現場 1/2~2/3 之用水。

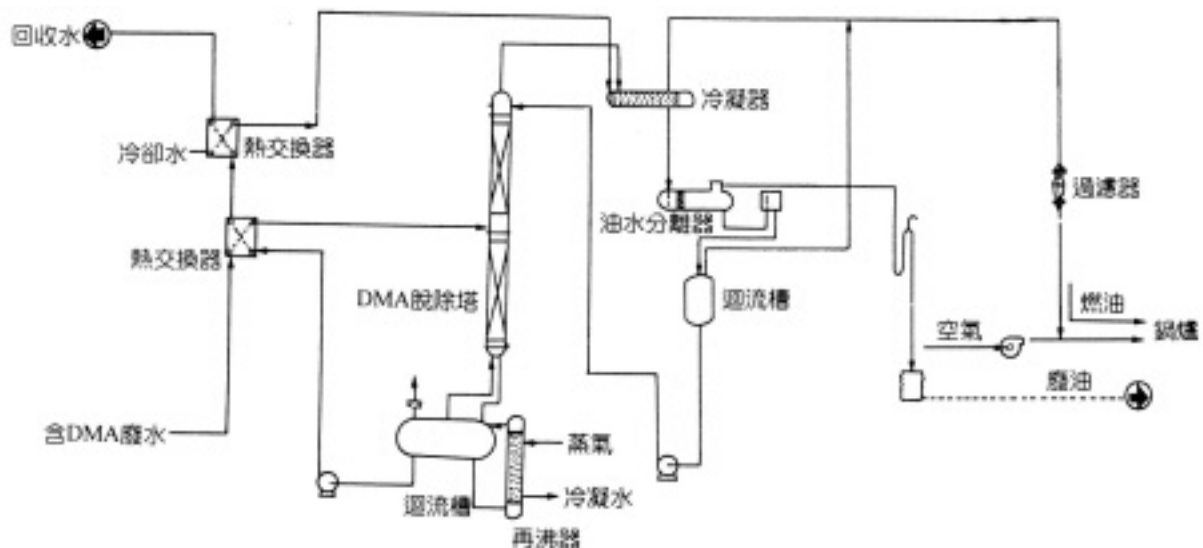
## 2.改善廢水污染，節約水資源

廢水完全回收，改善廢水排放之 DMA 惡臭及 COD 值過高等問題，節省廢水處理設備之投資及操作費用，並且節約廠內之實際用水量。

本系統之效益評估結果如表 7.5 所示，若考量可節省廢水處理設備之投資折舊及操作費用時，則預計每年節省淨額為 1,503 仟元，回收期限為 3.6 年。投資效益十分顯著，且可一舉解決排放水污染的問題（成效評估係以 85 年「PU 合成皮業廢棄物資源化案例彙編」之案例，經物價波動指數及利率調整至 90 年現值）。

### 7.4.4 結語

在 DMF 回收系統中，蒸餾殘渣之處理及排放水 COD 過高為主要之污染問題。經由使用簡單之 DMA 去除系統，不僅解決排放水之污染問題，更進一步回收可用之水資源，如此方式頗值得合成皮業者在既設 DMF 回收系統後，予以參考及採用。



資料來源：PU 合成皮業資源化案例彙編，85 年 6 月

圖 7.9 DMA 去除系統處理流程圖

表 7.5 DMA 去除系統之效益評估

項次	項 目	單 位 費 用 <sup>1</sup>	費 用 (仟元)
初設成本	DMA 去除系統	11,375 仟元/套 <sup>2</sup>	11,375
	合 計		11,375
每年操作維護費用	蒸汽(0.65T/hr×50%) <sup>3</sup>	364 元/T	852
	電力(5kw)	2.4 元/kwh	94
	冷卻水(20m <sup>3</sup> /hr 或 3.5kw) <sup>4</sup>	2.4 元/kwh	66
	人工 <sup>5</sup>	—	—
	維護費 <sup>6</sup>	—	—
	合 計		1,011
每年投資費用	設備折舊	CFF <sup>7</sup> =0.148	1,688
	總操作維護費用	—	1,011
	合 計		2,699
每年可節省費用	回收去離子水(5m <sup>3</sup> /hr)	10 元/m <sup>3</sup>	375
	廢水處理設備投資折舊 (20,800 仟元/套)	CRF=0.148	3,078
	廢水處理設備操作成本	21 元/m <sup>3</sup>	749
	合 計		4,202
每年節省淨額=4,202-2,699=1,503 (仟元)			
回收期=11,375÷(4,202-1,011)=3.6 (年)			

註：1.各項費用之計算皆根據每年操作 300 天、每天 24 小時之基準。

2.初設成本約 300,000~350,000 美元，若以 325,000 美元（1 美元=35 元新台幣）估計，則相當於 11,375 仟元新台幣。

3.此系統之蒸汽使用量為 0.65T/hr，但若從 DMF 回收工場直接進料時，則可節省約 50%之熱量。

4.冷卻水使用量為 20m<sup>3</sup>/hr，約需使用電力 3.5kw。

5.因與 DMF 回收工場共用人力，故不計算人工費用。

6.除了通常性的年度保養（主要為熱交換器清洗）外，實際上不需要維護。

7.CRF (設備投資還原因子)= $i(1+i)^n / [(1+i)^n - 1]$ , i (年利率)=7.9%, n (設備使用年限)=10 年。

8.若假設未設置 DMA 去除系統以回收排放水，則須設置廢水處理設備。若考慮設置成本為 20,800 萬元，CRF=0.148，則每年廢水處理設備折舊為 308 萬元。其操作成本為 21 元/m<sup>3</sup>。

9.85~90 年物價波動指數 1.0406

資料來源：PU 合成皮業廢棄物資源化案例彙編，85 年 6 月

## 名詞解釋

### 1. 清潔生產(cleaner production)

依據聯合國環境規劃署(UNEP)於 1997 年重新對「清潔生產」所下之定義：「清潔生產係整合性環境預防策略(an integrated preventive environmental strategy)持續應用於製程、產品、服務，以增進生態效率(eco-efficiency)，並降低對人類及環境之風險」意指採取整體預防性的環境策略於製程及產品，以減少對人類及環境可能的危害。就製程策略而言，其包括減少原料及能源耗用量，並且使廢氣、廢水及廢棄物在未自製程中排出前，即減低其量及毒性。而就產品策略而言，其藉由生命週期分析，而使得從原料之取得及至產品之最終處置過程中，對環境之影響減至最低。而為達成清潔製程(cleaner production)，則必須藉由 know-how 技術。

類似之常用語包括有清潔技術(cleaner technology)、無廢棄物產生之技術(non-waste technology)、及與環境友善之技術 (environmental sound technology, 或 environmental friendly technology) 等。

### 2. 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。

### 3. 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」所揭櫫的地球環境觀念，定義為「能滿足當代人的需求，又不損害子孫後代滿足其需求能力的發展」。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」。

#### 4.環境化設計(design for environment, DfE)

為環境而設計是指在產品的設計過程中，充份考慮到預防廢棄物產生(waste prevention)及較佳的材料管理(better materials management)。在預防廢棄物產生方面，牽涉及製造者與消費者，其中可包括減少有毒原料的使用、提昇能源效率、使用較少的材料、延長產品使用壽命等，以減少產品製造過程中及消費者使用後的廢棄物產生量。而在最佳的材料管理方面，即可包括使產品易於再製、回收再利用或安全地焚化處理以回收能源等。總而言之，即是藉由產品的妥善設計，使其在製造過程及使用後對環境造成的不利影響減到最低。環境化設計亦常被稱為「綠色化設計(green design)」。

#### 5.PU 合成皮(polyurethane synthetic leather)

在織布、不織布或編織布等基布之起毛面上，塗上一層聚氨酯(polyurethane, PU)樹脂溶液，當溶劑蒸發後，在基布上形成 PU 膜，其物性與天然皮革近似。外觀及觸感也都類似天然皮革，以此法所加工製成的皮革稱為 PU 合成皮。

#### 6.溶劑(solvent)

PU 樹脂在合成或加工時，均須加入適當溶劑來進行合成反應或調整黏度，以適合塗佈設備之操作。PU 合成皮常用之溶劑有丁酮(methyl ethyl ketone, MEK)、二甲基甲醯胺(N,N-dimethyl formamide, DMF)、甲苯(toluene)及醋酸乙酯(ethyl acetate, EAc)等。反應級溶劑的含水率一般須少於 0.1%。此些溶劑對人體有不同程度傷害。

#### 7.甲苯(Toluene)

分子式： $C_6H_5CH_3$ ，溶解 PU 樹脂及降低黏度。沸點為  $110^{\circ}C$ ，比重 0.86，水中溶解度：56 mg/100ml。澄清無色，具刺激味。

#### 8.二甲基甲醯胺 (N,N-dimethyl formamide, DMF)

(1)分子式： $C_3H_7OH$

(2)無色液體，具有胺臭，易溶於水，水中溶解度：96 g/100ml 以上，沸點為 153 °C，比重 0.9445，是 PU 之最佳溶劑，易回收再利用。

#### 9. 丁酮(methy ethyl ketone, MEK)

(1)分子式  $C_4H_8O$

(2)無色透明液體，有刺激味，水中溶解度：28 mg/100ml。沸點約 80°C，比重 0.805，為 PU 樹脂之主要溶劑，可降低 PU 樹脂之黏度。

#### 10. 表面印刷(surface printing)

PU 皮表面若需具有特殊顏色、花樣、手感或光霧度等，則可將成品再作一次亮度或印刷處理。在合成皮表面層塗上一層化學原料、樹脂或多元混合材料等，可賦予 PU 合成皮特殊花樣、油感、蠟感、霧面及亮面等特性。

#### 11. 聚氨酯(PU)

聚氨酯產品只溶於 DMF 溶劑中，不含其他溶劑，如甲苯及 MEK 等，其優點為 DMF 水溶性極高，可用水洗法回收，回收率可達 96%以上，為國外聚氨酯合成皮業者所慣用。

#### 12. 無溶劑貼合(non-solvent binding)

製作 PU 合成皮貼合過程時，使用濕氣硬化熱熔膠當接著劑，貼合過程中不使用及排放溶劑。

#### 13. 離型紙(releasing paper)

於特殊紙類表面塗佈矽酮樹脂(silicone resin)或聚丙烯(PP)作離型層，用以加工轉移壓紋至 PU 皮以形成有紋路之合成皮。離型紙雖非 PU 合成皮革原料之一，但在轉移方式的製程中是一種不可缺的消耗品。乾式 PU 合成皮表面之紋路完全視所用之離型紙的板紋路而定。其所循環使用次數依製程花紋紙質而定，平均約 3~7 次。

#### 14. 轉塗法；轉移法(transfer coating)

本法為將 PU 塗料塗佈於離型紙上乾燥，再塗佈一層接著劑，貼上基布乾燥熟成及離型，即成成品。表面之紋路完全視所用離型紙之皮紋路而定。製造程序：先於離型紙上做二道塗佈，通常第一道塗佈之塗料為一液型 PU，即為表層，第二道塗佈之塗料為二液型之 PU 接著劑(binder)，之後貼上基布，常溫乾燥放置約 2~3 天使它熟成，以離型機離型之即為成品。

#### 15. 直接塗佈法(direct coating)

即將濕式 PU 塗料直接塗佈於基布上（起毛布、不織布、無起毛布）而後浸入水中，DMF 與水產生擴散作用，而使 PU 凝固，再經水洗（約 60~80°C）將殘餘之 DMF 抽出，後經乾燥，則成濕式合成皮半成品。將此半成品加以著色、壓紋、印刷及處理即成成品；或將半成品用砂紙加以研磨，則成為觸感甚佳（柔軟）之磨面皮革。

#### 16. 起毛布(flocking fabrics)

乾式合成布多使用起毛布為底布，以增進底布層與樹脂間的可移動性，會使製品具有彈性和柔軟性。但是底布色毛破壞布本身的織物組織，而影響其品質甚鉅。一般依織物組織的不同，起毛後的經緯紗受破壞的狀況也就不一樣。要使製品品質穩定良好，起毛長度必須適度均勻。

#### 17. 固形份(solid content)

PU 合成皮所使用之 PU 樹脂，為便利塗佈，多以溶劑稀釋至可操作之黏度，加工乾燥後溶劑完全揮發只剩有效高分子成份，稱為固形份殘留，構成皮革體。

#### 18. 基布(backing fabrics)

PU 合成皮之原料除 PU 樹脂外，最重要者為 PU 樹脂被覆之基布，基布由於其物性、用途、觸感等之不同而有迥然不同之價格。依基布材質之分類，較常用者有棉(cotton)、人造棉(俗稱螺縲 rayon)、聚酯棉(polyester tetron)、TR(tetron rayon)、TC(tetron cotton)、ERC(polyester rayon cotton)、尼龍(nylon)、Benberg Nylon 等。若依織法可分平織布、斜紋布、菱織布、針織布、交織布及不織不等。若依表面狀態可分為單面起毛布、雙面起毛布及無起毛布等。

#### 19. 多元醇(polyol)

PU 樹脂之主要原料以具羥基為末端基之聚酯或聚醚寡聚合物，其平均分子量從 400~4,000，均可與多元異氰酸酯反應形成 PU 樹脂。

#### 20. 聚酯多元醇(polyester polyol)

以多羧酸（大多為己二酸）與二元醇行縮聚合反應；或內環己酮開環所形成之具羥末端基之酯類寡聚合物。

#### 21. 聚異氰酸酯(polyisocyanate)

PU 合成皮革之強韌物性，源自多元異氰酸酯與多元醇之羥基反應產生之胺酯結合基。常用之異氰酸酯有甲苯二異氰酸酯(toluene diisocyanates, TDI)、二苯甲基二異氰酸酯(methylene diphenyl diisocyanates, MDI)、異佛爾酮二異氰酸酯(isophorone diisocyanate, IPDI)、己烷二異氰酸酯(hexamethylene diisocyanate, HDI)等。

#### 22. 超細纖維(micro fiber)

一般人造纖維細度於 1.5~3.0 丹尼，0.5~1.5 丹尼為超細纖維（定義細度 0.5 丹尼以下纖維稱為超細纖維），使用超細纖維不織布為底布所作成的濕式 PU 人工皮革，具柔軟度特性及透氣性，質感類似天然皮革。

#### 23. 不黃變性(anti-yellowing) PU 樹脂

使用芳香族異氰酸酯所合成的 PU 樹脂，由於苯環的雙鍵與胺酯氧化後產生  $-N=C-$  結構，形成共軛之發色基團，而造成黃變現象，致使耐候性較差，一般均添加抗氧化劑來改善黃變性。



## 參考文獻

1. 台灣區合成皮工業同業公會。
2. 經濟部工業局，工業減廢技術手冊 7—PU 合成皮工業，民國 86 年 6 月。
3. 經濟部工業局，PU 合成皮業廢棄物資源化案例彙編，民國 85 年 6 月。
4. 經濟部工業局，電路板業回收設備選用手冊，民國 84 年 5 月。
5. Polyurethane Handbook，日本工業新聞社。
6. 曉園出版社，化工化學百科辭典，1992 年。
7. 陳榮典，濕式合成皮 DMF 回收設備。
8. 張章堂，PU 合成皮業揮發性有機廢氣調查與污染防治，工業污染防治報導，81，pp.3~5，民國 83 年 12 月。
9. 張富智，淺談 PU 合成皮 DMF 回收減廢，減廢資訊，30，pp.6~13，民國 82 年 8 月。
10. 工程月刊，2000 年 11 月。
11. Geisthardt, K.; Holtze, J.; Ludwig, R.; Pilhofer, T., “Absorption Process for the Removal of Organic Solvents from Exhaust Air” , J. Chem. Eng. Technol., 12, pp63-70，1989.
12. Poddar, T. K.; Majumdar, S.; Sirkar; K. K. , “Removal of VOCs from air by membrane-based absorption and stripping” , J. Membrane Sci., 120(2), pp221-238，1996.
13. Poddar, T. K.; Sirkar, K. K. “A hybrid of vapor permeation and membrane-based absorption-stripping for VOC removal and recovery from gaseous emissions” J. Membrane Sci., 132 , pp229-233，1997.
14. 蔡梵正、陳龍騰、張年喜，第 21 屆高分子研討會，民國 87 年。

15. 蔡梵正、陳龍騰，濕氣硬化 PU 合成皮，第 22 屆高分子研討會，p.7，民國 88 年。
16. Dr. Lon Chen, Fan-Cheng Tsai, 國際清潔生產技術及永續經營研討會論文, Zero VOC, Instant release lamination process of Polyurethane synthetic leather, 1999。
17. 行政院環保署，工廠臭味及有機廢氣處理低污染控制技術開發、推廣及輔導專案工作計畫，民國 89 年 12 月。

## 附錄 技術供應商名錄

技術/設備名稱	國內外供應商 /代理商	連絡電話	連絡傳真	連絡地址
DMF 回收及廢液處理設備	大穎企業股份有限公司	02-2516-6599 037-637-702	02-2516-6598 037-637-127	(公司)台北市長安東路二段 99 號 9 樓 (工廠) 苗栗縣竹南鎮公館里 7 鄰大埔頂 14 之 2 號
濕式洗滌設備、VOC 處理設備	朝國環保工程有限公司	03-327-3575	03-328-9904	桃園縣龜山鄉頂湖二街四十二號
VOC 冷凝器/VOC 廢氣處理系統工程	上達國際工程有限公司	02-25038478 02-26497617	02-25039679 02-26497626	台北市中山區龍江路 219 號四樓
DMF 回收設備	勝宏公司	02-28827822~8	02-28827829	台北市士林區後港街 116 號 1F
DMF 回收設備	翔工機械股份有限公司	03-329-7218	03-329-6557	桃園縣龜山鄉萬壽路二段 257 號
DMF 回收設備	翔發機械股份有限公司	03-350-7089	03-350-6537	(公司) 桃園縣龜山鄉萬壽路 2 段 345 號 2F (工廠) 桃園縣龜山鄉舊路村 7 鄰 23-1 號
DMF 回收系統塔頂廢水回收設備	富產機械有限公司	06-2666146 06-2666147	06-2665941	台南縣仁德鄉中正一段 656 巷 19 弄 27 號
DMF 回收設備	十信機械股份有限公司	02-28090855	02-28093636	台北縣淡水鎮竹圍里民族路 33 巷 16 號 1 樓
DMF 回收技術	MFC PROGETTI Company	39-39-685-9500	39-39-685-9503	via Torri Bianche, 9 -20059 Vimercate (MI) - ITALY
DMF 回收設備	HAN ONE FINE CHEMICAL CO.,LTD.	82-2-540-0381/5	82-2-549-0563	6TH FL. CONSTRUCTION CENTER, 71-2, NONHYUN-DONG,KANGNA M-KU,SEOUL KOREA

技術/設備名稱	國內外供應商 /代理商	連絡電話	連絡傳真	連絡地址
SOLVENT & SOLUTE RECOVERY SYSTEM BY THIN FILM EVAPORATION OF WASTE LIQUID	SAKURA SEISAKUSHO LTD.	81-6-302-5321	81-6-302-5320	2-7-12, Nonakaminami, Yodogawa-ku, Osaka 532