

紙廠抄紙系統中黏著物的分析及鑑定

○ 賴婉蓉¹ 蘇裕昌²

國立中興大學 森林系

【摘要】紙廠中使用廢紙做為原物料的比例增高及白水密閉化等因素，使其廠中設備或紙張成品上有黏著物（Stickies）的問題，導致影響操作效率或產品品質。黏著物的來源複雜，因應不同的黏著物來源必須使用不同的處理對策，因此須先了解廠中黏著物的成分並推斷其可能來源，以作為推定黏著物控制方法的參數依據。本試驗收集並建立多種膠合劑及膠帶等作為可能來源的資料，並收集不同紙廠 A 廠（生產再生衛生紙）、B 廠（生產白紙板）及 C 廠（生產瓦楞紙箱芯紙）的烘缸上黏著物及白水等，以傅利葉紅外光光譜測定儀（FTIR）並配合熱裂解氣相質譜層析儀（Py-GC/MS）做為黏著物主要分析鑑定成分之方法。即由其降解碎片推定其可能的來源另外以溶劑萃取出主要造成黏著物問題的成分並測試其灰份。萃取後分成萃取物及殘渣兩大部分，所得之萃取物應為在抄紙過程中產生黏著物問題的物質，而殘渣大多為紙漿中的纖維素及未萃出的塑膠類等。A 廠黏著物經二氯甲烷萃取後所得的殘渣量為總黏著物的 50~60%，而萃取物含量為總黏著物的 30~40%，另外灰分含量為 19.09%。而 B 廠黏著物萃取後所得的殘渣量微總黏著物的 94%，而萃取物含量僅佔總黏著物的 4%，另外灰分為佔黏著物的 9.55%。顯示不同材料及製程下其黏著物組成有顯著的不同。黏著物經 Py-GC/MS 及 FTIR 分析結果推斷三廠黏著物的主要來源可能為熱熔膠或是塑膠類等。另外白水的部份則多為水溶性的碳氫化合物及樹脂酸等。

【關鍵詞】：黏著物、FTIR、Py/GC/MS。

Analysis and identification of stickies from papermaking system of paper mills

Wan-Rong Lai Yu-Chang Su

Dept. of Forestry, NCHU

【Abstract】The increasing usages of recycled paper as raw materials and closure of whitewater system in paper mills, it forms “stickies” problems, such as sticky substances adsorbed on equipments or remained on final products, affecting efficiency of operation and products quality. Sources of stickies are complicated. Different approaches should be made on different sources, composition of stickies have to be elucidated. In this investigation, we collected and analyzes many kinds of adhesives and tapes as possible sources background, in addition to the stickies of cylinders and whitewater of three paper mills including paper mill A (producing recycled toilet paper), paper mill B (producing white paper board) and paper mill C (producing medium of corrugated paper box), and using FTIR and Py-GC/MS to analyze and identify their fragmentation components. Dichloromethane extractives of stickies from paper mills were also analyzed major problematic components. The extraction residuals of stickies of paper mill A is about 50~60%, the extractives is 30~40% and ash content is 19.09%. The extraction residuals of stickies of paper mill B is about 94%, the extractives is 4% and ash content

is 9.55%. Different papermaking sequence resulted in different stickies composition. From FTIR and Py-GC/MS analysis, we concluded that the major sources of stickies may be hotmelt or plastics etc. And most the components of whitewater are dissolved colloidal material of water-soluble hydrocarbons and resin acids etc..

【Keywords】: Stickies, FTIR, Py-GC/MS.

I. 前言

以廢紙作為原料往往在回收漿中會產生發黏或是具有黏性的物質，這些物質可能來自廢紙中的膠合劑、印墨、塗料接著劑，這些物質均具黏性一般稱之黏著物，廣義的黏著物也包含來自木材的抽出物（Extractives）等。近年來使用廢紙做為原料的紙廠比例增加，隨著廢紙一起帶入系統的汙染物隨著紙漿進入系統各設備，經過備漿過程的攪拌、輸送等的水中剪力及溫度的變化使其黏度增加，造成黏著物等問題。另外因紙廠實行白水密閉化，重複地用水增加懸浮、溶解及膠體物質（Dissolved and colloidal material, DCM）的聚集（Miranda et al.,2009）。因黏著物的形成而影響製程效率和產品的破裂。

沉積黏著物因常為多種高分子化合物、有機木材抽出物、無機填料或顏料等的複合物，複雜特性使其為了鑑定其來源往往需要複合的程序以及數種有利的分析儀器應用（Miranda et al.,2008）。部分研究已有利用 FTIR 嘗試鑑定這些雜質的來源，但此項技術因敏感度較低及因大量的紙漿雜質圖譜與不同的高分子材料非常相似，對於鑑定紙漿中雜質有一定限制（Silvério et al.,2009a）。Py-GC/MS 利用少量（約 100 μg ）的樣品即可定性，且分析耗時短（約 1 小時）、前處理簡單以及可分析不溶之混合材料，除此之外最後結果還可以應用 MS 資料庫比對確認（Silvério et al.,2009b）。因此此項技術可應用於鑑別紙漿中的雜質及進一步分析樹脂及混合之不同合成聚合物。本文便以此兩項技術為主，分析鑑定紙廠中黏著物的成分及推斷其可能的來源，做為尋求減少黏著物含量時的參數依據。

II. 試驗材料與方法

(I) 試驗材料

1. 膠合劑標準品

多元醇丙烯酸酯（Polyol acrylate）、苯乙烯丁二烯乳膠（Styrene butadiene rubber, SBR）、聚乙烯醇（Polyvinyl alcohol, PVA）、乙烯醋酸乙烯酯（Ethylene vinyl acetate, EVA）、聚異丁烯（Polyisobutene）、熱熔膠（聚乙烯醋酸乙烯酯系 EVA, Hotmelt）、聚醋酸乙烯酯（Polyvinyl acetate, PVAc）及環氧丙烯酸酯（Epoxy acrylate）。

2. 廢紙原料中常見可能造成黏著物的來源

收集可能造成黏著物的來源如 OPP 膠帶等各種膠帶、快遞盒子上的托運單、常見的塑膠類的支持體或覆膜如聚乙烯（Polyethylene, PE）、聚丙烯（Polypropylene, PP）等。

3. 紙廠中的黏著物

本次試驗收集了 A 廠、B 廠及 C 廠等三座紙廠中的黏著物來進行一系列的成分鑑定。

4. 紙廠各部位的白水

本次試驗收集 C 廠的清白水、濁白水、頭箱漿料、網下白水及散漿槽內白水。

(II) 試驗方法

1. 萃取

取 1.6 ~ 1.7 克的紙漿黏著物樣本並使用二氯甲烷（約 600 mL）進行萃取，每萃取六小時換一次溶劑，共萃取十八小時。

2. Py-GC/MS 的分析

GC/MS 型號為 HP 6890 GC 與 HP 5973 MSD，使用管柱為 DB-5 及 DB-5 HT。注射孔溫度為 280°C，載流氣體為氮氣，流速 1 mL/min。升溫條件為起始溫度 50°C 持溫一分鐘，並以 5°C/min 的升溫速度至 300°C 並持溫一至十分鐘。GC/MS 鑑定所採用之圖譜資料庫為 NIST 05。約取 100 ~ 200 µg 一定重量的樣本注入 Py-GC/MS 中。熱裂解儀型號為 FRONTIER 2020 IS，熱裂解 furnace 溫度為 500°C，interface 溫度為 270°C。

3. FTIR 的分析

採用儀器為 Perkin-Elmer Spectrum 100 傅利葉轉換紅外線光譜儀，將 KBr 磨粉壓片之後分別將膠合劑樣本塗抹於片上，再利用穿透式（Diffuse）進行測試，若膠合劑樣本為固態時，則與 KBr 一起磨粉壓片。測定之光譜範圍為 4000~450 cm⁻¹，解析度為 4 cm⁻¹，掃描次數為 4 次。

4. ATR-FTIR 的分析

採用儀器為 Perkin-Elmer Spectrum 100 傅利葉轉換紅外線光譜儀並搭配 ATR 分析紙漿黏著物樣本與熱熔膠標準品。測定之光譜範圍為 4000~650 cm⁻¹，解析度為 4 cm⁻¹，掃描次數為 4 次。

5. 分子量測定

使用凝膠層析管柱 GPC 搭配 RI 偵測器測定經二氯甲烷萃取後黏著物的分子量，管柱為 TSKgel G1000HXL，而以 THF 為沖提溶劑，沖提流速為 1 ml/min。將二氯甲烷萃取出的萃取物濃度稀釋為 0.1%，並取 10 µl 打入 GPC 中。測定其黏著物的重量分子量（M_w）及重量分子量（M_w）與數量分子量（M_n）的比值。

6. 灰分

以 Perkin-Elmer Pyris 1 TGA 熱重分析儀測定經二氯甲烷萃取之黏著物殘渣的灰分含量。

III. 結果與討論

(I) 以二氯甲烷萃取黏著物

將自紙廠中收集到的黏著物以二氯甲烷進行萃取後，剩餘的殘渣推論主要為紙漿的纖維素、灰分及未萃出的夾雜物等，而萃取物則為主要造成黏著物問題的高分子物質或來自纖維材料的樹脂等。

我們可觀察到 A 廠的黏著物型態為黑色的粉狀物，萃取後所得的殘渣量僅佔整個黏著物的 50~60%，而萃取物呈綠色，佔總黏著物的 30~40%，灰分含量為 19.09%，因其廢紙原料為各種文化用紙，其中所含之填料較高，又各種文化用紙加工時有多量的接著劑（Binder）或膠合劑等混入，所以萃取物與灰份含量較高。而 B 廠的黏著物型態為淡褐色的蓬鬆纖維狀，萃取後所得的殘渣量佔整個黏著物的 94%，顯示其危害物質較少，而萃取物呈深褐色，僅佔總黏著物的 4%，灰分含量為 9.55%，因為紙箱廢紙其中含較少的填料而有較低的數值（表 1）。顯示不同材料及製程下其黏著物組成有顯著的不同。

表 1. 黏著物的組成。A 廠生產再生衛生紙，B 廠生產白紙板。

	萃取物(%)	纖維及未能萃出之夾雜物等有機物(%)	灰分(%)
A 廠	32.20	40.25	19.09
B 廠	4.14	84.55	9.55

(II) 以 Py-GC/MS 分析黏著物、膠合劑標準品及廠內各部位白水的成分

A 廠黏著物的熱解成分如表 2。而萃取物可發現更多成分如長鏈的烷烯類、D-Limonene、1-Methylisoquinoline、n-Hexadecanoic acid、Octadecanoic acid 等。Styrene 為 SBR、EVA 及 PVAc 的熱解產物，另外前人文獻（Kumooka,2010）也指出 Styrene 為 OPP 膠帶的共聚單體。2-Ethylhexanol、2-Ethylhexyl acetate、2-Propenoic acid,2-ethylhexyl ester、2-Ethylhexyl methacrylate、Butanedioic acid,methyl-,bis(1-methylpropyl)ester、1,2-Benzenedicarboxylic acid,mono(2-ethylhexyl)ester 及 D-Limonene 等則為 OPP 膠帶的熱解產物。而長鏈烷烯類則可能為熱熔膠或塑膠 PE 的熱解產物。由此推斷 A 廠黏著物的來源可能為 OPP 膠帶、熱熔膠及塑膠等。此廠生產再生衛生紙，回收廢紙包含報紙、辦公文件及書籍等多種來源，因此依分析結果推斷出的來源如 OPP 膠帶即可能來自於辦公文件中。

B 廠黏著物的熱解成分如表 2。而萃取物多了 Benzene,1,1'-(1,3-propanediyl)bis、Dibutyl phthalate、Propanoic acid,3-(ethoxycarbonyl)-3-(1-cyclohexenyl)-等裂解成分。Styrene 為 SBR、EVA、PVAc 及 OPP 膠帶的熱解成分。2-Ethyl,1-hexanol-、2-Propenoic acid,2-ethylhexyl ester、Butanedioic acid,methyl-bis(1-methylpropyl)ester、及 1,2-Benzenedicarboxylic acid,mono(2-ethylhexyl)ester 為 OPP 膠帶的熱解成分。 α -Methylstyrene、Benzene,1,1'-(1,3-propanediyl)bis 及 1,2-Propanediol,3-benzyloxy-1,2-diacetyl-為 SBR 的熱解成分，Benzene,1-ethenyl-3-methyl-為 EVA 及熱熔膠的熱解成分，Dibutyl phthalate 為 PVAc 的熱解成分，Indene 則為 EVA、PVAc 及熱熔膠的熱解產物。而長鏈烷烯類為熱熔膠及 PE 的熱解成分。另外 Furfural、2,3-Anhydro-d-mannosan 為半纖維素的熱解產物，Levogluconan 為纖維素的熱解成分，2-Methoxy-4-vinylphenol 則為木質素的熱解產物。以此推斷 B 廠黏著物來源可能為 SBR、EVA、PVAc、OPP 膠帶、熱熔膠及 PE 等。B 廠生產白紙板，因其在製造時須塗布，所以在黏著物中出現的 SBR 熱解成分可能來自於塗布時使用的接合劑，而 EVA 等其他物質則可能來自於書背背膠及辦公文件中的 OPP 膠帶等。

C 廠烘缸刮刀上黏著物的熱解成分如表 2。而已經在紙上形成黑色塊狀物的黏著物其成分則與烘缸刀上取下的黏著物相同，多了 Propanedioic

acid,ethyl-bis(1-methylpropyl)ester、Propanoic acid,3-(ethoxycarbonyl)-3-(1-cyclohexenyl)-等成分。多數熱解成分與上述 B 廠相同，另外較不同處為多了 Phenol,4,4'-(methylethylidene)bis 為 Epoxyacrylate 的熱解成分，而樹脂酸則來自木材抽出物或松香上膠劑的熱解產物。推測 C 廠黏著物的來源與 B 廠類似，但其 SBR 的熱解成分較 C 廠少，因其生產瓦楞紙箱中的芯紙部份，所使用的塗布材料較少的緣故。而從 C 廠所取的各部位白水的熱解成分如表 2，多為水溶性的碳氫化合物及樹脂酸等，各成分的含量視採樣部位而有所差異。

由以上分析結果可發現黏著物的來源因紙廠所使用的廢紙種類及製造的目標產物不同而有所差異。另外也可發現黏著物的來源複雜，包含膠合劑、塗料接合劑、感壓膠及雜質物如 PE 塑膠等物質。

表 2. 紙廠黏著物的熱降解成份

代號	成分	紙廠	可能來源
1	Styrene	A、B、C	SBR、EVA、熱熔膠、OPP
2	2-Propenoic acid,butyl ester	A	
3	2-Ethylhexanal	A	OPP
4	2-Ethylhexanol	A、B、C	OPP
5	2-Ethylhexyl acetate	A、B、C	OPP
6	2-Ethylhexyl acrylate	A、B、C	OPP
7	2-Ethylhexyl methacrylate	A	OPP
8	Butanedioic acid, methyl-,bis(1-methylpropyl)ester	A、B	OPP
9	Propylphosphonic acid,fluoroanhydride,2-ethylhexyl ester	A	
10	1,2-Benzenedicarboxylic acid,mono(2-ethylhexyl)ester	A、B、C	OPP、可塑劑
11	D-Limonene	A	OPP
12	1-Methylisoquinoline	A	
13	n-Hexadecanoic acid	A、B	樹脂
14	Octadecanoic acid	A、B	樹脂
15	Propanedioic acid,ethyl-,bis(1-methylpropyl)ester	A、C	
16	Octanoic acid,2-octyl ester	A	OPP
17	Furfural	B	半纖維素
18	2-Propenoic acid,2-methyl-butyl ester	B	
19	α -Methylstyrene	B、C	SBR
20	1-Methyl-3-vinylbenzene	B、C	EVA、熱熔膠
21	Indene	B、C	EVA、熱熔膠、PVAc
22	2,3-Anhydro-d-mannosan	B	半纖維素
23	2-Methoxy-4-vinylphenol	B	木質素
24	Levoglucosan	B	纖維素
25	Pentanedioic acid,dibutyl ester	B、C	
26	Benzene,1,1'-(1,3-propanediyl)bis	B、C	SBR
27	Dibutyl phthalate	B	PVAc
28	Propanoic acid,3-(ethoxycarbonyl)-3-(1-cyclohexenyl)-	B、C	
29	1,2-Propanediol,3-benzyloxy-1,2-diacetyl-	B、C	SBR
30	Phenol,4,4'-(methylethylidene)bis	C	Epoxyacrylate
31	1-Phenanthrenecarboxaldehyde,1,2,3,4,4a,9,10,10a-octahydro-1,4a-dimethyl-7-(1-methylethyl)-[1R-(1 α ,4 α β ,10 α	C	樹脂
32	2-Methyl-2-cyclopentenone	C	
33	3-Methyl-2-cyclopentenone	C	
34	2,3-Dimethyl-2-cyclopentenone	C	

35	2,3,4-Trimethyl-2-cyclopentenone	C	
36	2-Hexadecanone	C	
37	2-Heptadecanone	C	
38	10,18-Bisnorabieta-5,7,9(10),11,13-pentaene	C	樹脂
39	1-Methyl-7-(1-methylethyl)phenanthrene	C	樹脂
40	長鏈烷烯類	A、B、C	熱熔膠、PE、石蠟類表面處理劑

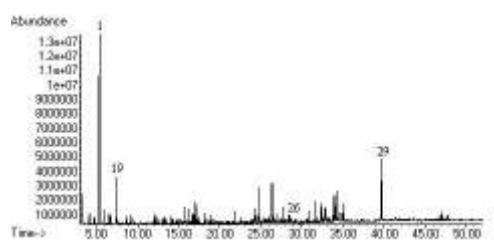


圖 1.SBR 熱解 GC/MS 圖譜

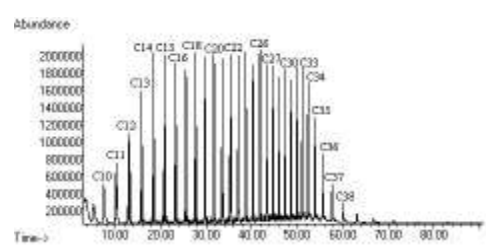


圖 6.PE 熱解 GC/MS 圖譜

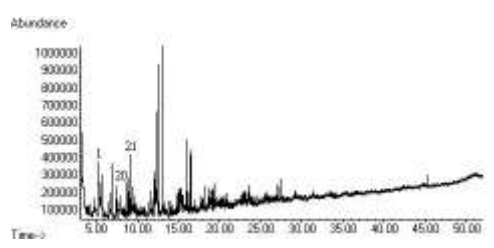


圖 2.EVA 熱解 GC/MS 圖譜

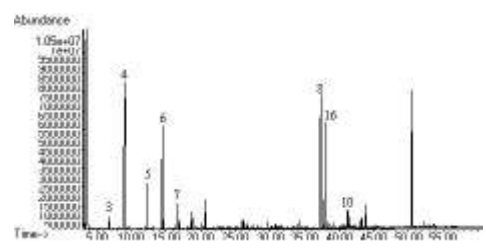


圖 7.透明膠帶背膠熱解 GC/MS 圖譜

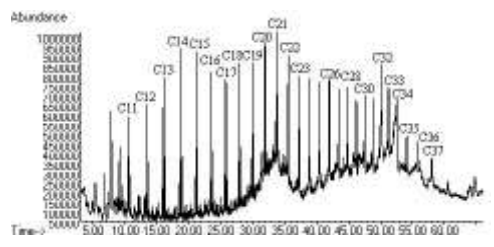


圖 3.熱熔膠熱解 GC/MS 圖譜

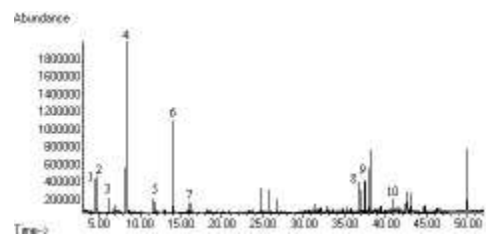


圖 8.A 廠黏著物熱解 GC/MS 圖譜

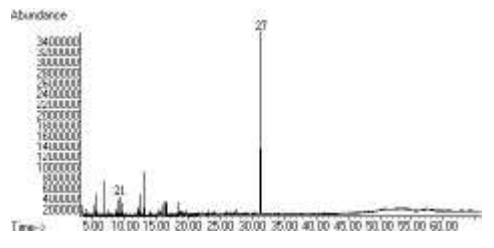


圖 4.PVAc 熱解 GC/MS 圖譜

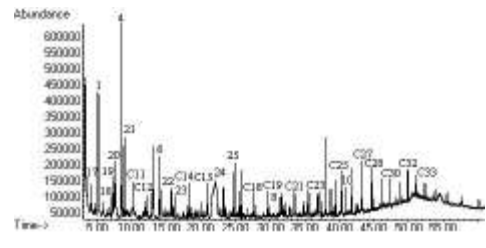


圖 9.B 廠黏著物熱解 GC/MS 圖譜

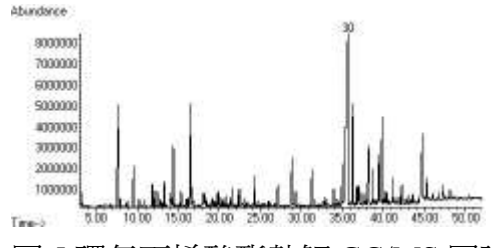


圖 5.環氧丙烯酸酯熱解 GC/MS 圖譜

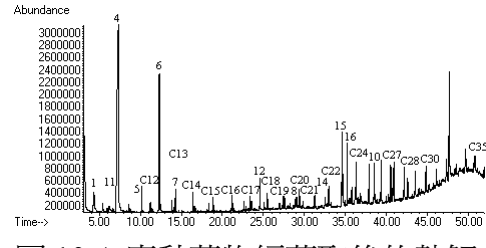


圖 10.A 廠黏著物經萃取後的熱解 GC/MS 圖譜

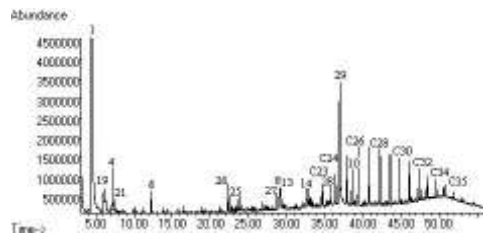


圖 11.B 廠黏著物經萃取後的熱解 GC/MS 圖譜

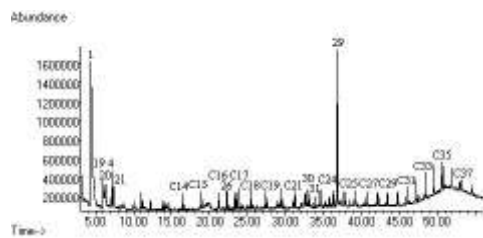


圖 12.C 廠黏著物熱解 GC/MS 圖譜

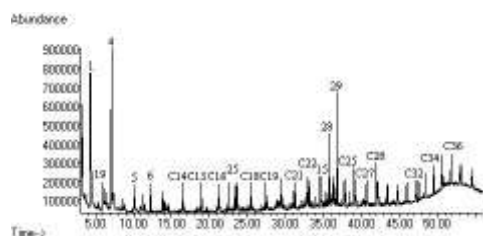


圖 13.C 廠紙上的黏著物熱解 GC/MS 圖譜

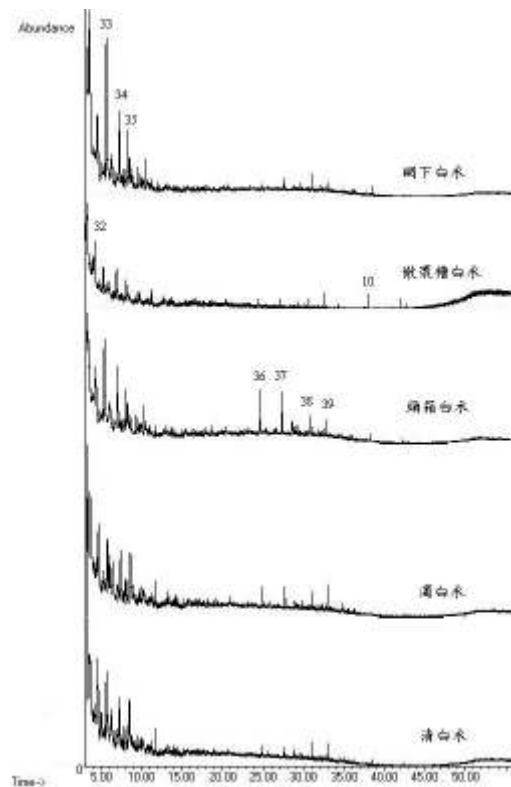


圖 14.C 廠各部位白水熱解 GC/MS 圖譜

(III) 黏著物及膠合劑的 FTIR 分析

在 EVA 樹脂的光譜中(圖 15), 3451 cm^{-1} 為 OH 基, 2934 cm^{-1} 為 -CH 基伸縮, 1732 cm^{-1} 為 C=O 基伸縮, 1434 cm^{-1} 為 -CH₂ 基彎曲, 1372 cm^{-1} 為 C=O 增強的 -CH₃ 彎曲, 1244 cm^{-1} 為 O=C-O 中的 C-O 基伸縮, 而 1022 cm^{-1} 為 O-CH 中的 C-O 伸縮。

熱熔膠的光譜(圖 16)與 EVA 的主要特徵峰相同, 2918 cm^{-1} 為 -CH 基伸縮, 1738 cm^{-1} 為 C=O 基伸縮, 1466 cm^{-1} 為 -CH₂ 基彎曲, 1371 cm^{-1} 為 C=O 增強的 -CH₃ 彎曲, 1239 cm^{-1} 為 O=C-O 中的 C-O 基伸縮, 而 1020 cm^{-1} 為 O-CH 中的 C-O 伸縮。

將 A 廠黏著物以 ATR 進行分析, 發現其與熱熔膠的光譜相似(圖 17)。 2918 cm^{-1} 為 -CH 基伸縮, 1733 cm^{-1} 為 C=O 基伸縮, 1461 cm^{-1} 為 -CH₂ 基彎曲, 1376 cm^{-1} 為 C=O 增強的 -CH₃ 彎曲, 1238 cm^{-1} 為 O=C-O 中的 C-O 基伸縮, 而 1020 cm^{-1} 為 O-CH 中的 C-O 伸縮。與熱熔膠不同的是多了 3347 cm^{-1} (-OH 基伸縮)、 1618 cm^{-1} (C=C 基伸縮) 及在 1020 cm^{-1} 與 1238 cm^{-1} 特徵峰間多了一些小波峰 (C-O 基伸縮)。而萃取物以 FTIR 分析結果與未萃取前相似(圖 19), 推測危害物質本身應為 EVA 系熱熔膠或 EVA。這些物質可能來自於廢紙原料中的書背背膠 EVA 樹脂或 EVA 系熱熔膠等。

B 廠黏著物以 ATR 分析結果 (圖 18) 發現其主要特徵峰與纖維素相同, 3339 cm^{-1} 為 OH 基伸縮, 2919 cm^{-1} 為 C-H 基伸縮, 1427 cm^{-1} 為 CH_2 基彎曲, 1370 cm^{-1} 為 CH 基彎曲, 1315 cm^{-1} 為 CH_2 基搖擺, 1160 cm^{-1} 為 antisymmetric bridge oxygen stretching, 1105 cm^{-1} 為 antisymmetric in-phase ring stretching, 1052 及 1030 cm^{-1} 為 CO 基伸縮, 897 及 877 cm^{-1} 為 antisymmetric out-of-phase stretching。由表 1 可知 B 廠萃取後所得的殘渣量較多, 由此光譜圖可推知其殘渣中的有機成分大部分為纖維素, 並因其含量大, 影響做出來的光譜圖測定不出危害物質。而萃取物以 FTIR 分析結果 (圖 20) 發現與 EVA 光譜圖相似, 2921 cm^{-1} 為 -CH 基伸縮, 1735 cm^{-1} 為 C=O 基伸縮, 1453 cm^{-1} 為 - CH_2 基彎曲, 1376 cm^{-1} 為 C=O 增強的 - CH_3 彎曲, 1244 cm^{-1} 為 O=C-O 中的 C-O 基伸縮, 而 1026 cm^{-1} 為 O-CH 中的 C-O 伸縮。在 Py-GC/MS 的分析結果中發現 B 廠具有的 SBR 成分, 在 FTIR 分析結果中卻未發現其特徵峰, 卻與 EVA 樹脂具有較高的相似性, 因此推測 B 廠黏著物主要危害物質來源可能為來自書背背膠或熱黏著劑等的 EVA 樹脂。

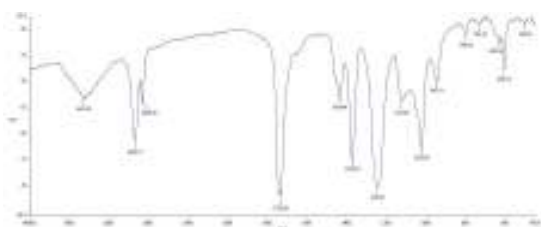


圖 15.EVA 的 FTIR 光譜圖

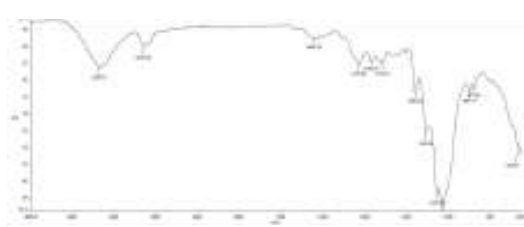


圖 18.B 廠黏著物的 ATR-FTIR 光譜圖

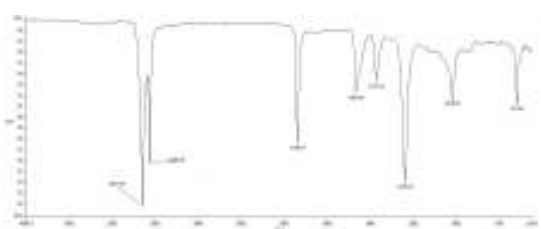


圖 16.熱熔膠的 ATR-FTIR 光譜圖



圖 19.A 廠黏著物萃取物的 FTIR 光譜圖

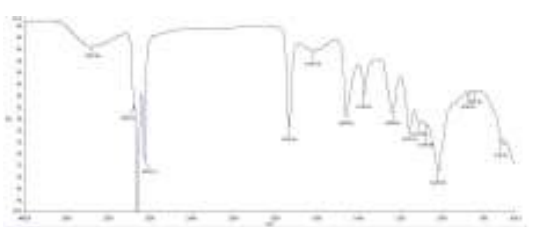


圖 17.A 廠黏著物的 ATR-FTIR 光譜圖

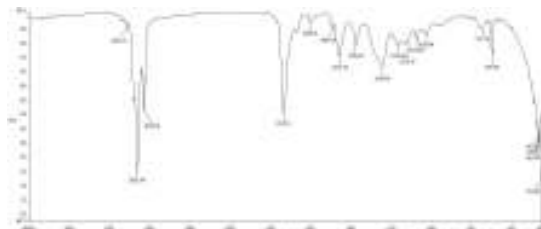


圖 20.B 廠黏著物萃取物的 FTIR 光譜圖

(IV) 以 GPC 測得經萃取後的黏著物分子量

黏著物經二氯甲烷萃取後, 所得之萃取物應為不含紙漿的一些高分子物質, 而這些高分子物質即是在抄紙過程中產生黏著物問題的物質。將萃取物以 GPC 測定其分子量, 得知 A 廠黏著物的 M_w 為 2100 而 M_w/M_n 為 1.010 (圖 21), B 廠黏著物的 M_w 為 2100 而 M_w/M_n 為 1.008 (圖 22)。

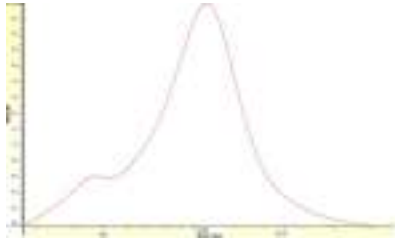


圖 21.以 GPC 測定 A 廠黏著物萃取物分子量

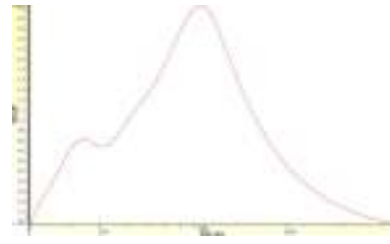


圖 22.以 GPC 測定 B 廠黏著物萃取物分子量

IV. 結論

本次試驗收集多種膠合劑及膠帶等作為可能來源的背景資料庫，以及收集 A 廠、B 廠及 C 廠的黏著物及白水等，以 FTIR 及 Py-GC/MS 為主要鑑定成分之方法，並搭配溶劑萃取出主要造成黏著物問題的成分。我們可發現 A 廠的黏著物萃取後所得的殘渣量佔整個黏著物的 50~60%，而萃取物含量佔總黏著物的 30~40%，灰分含量為 19.09%。而 B 廠的黏著物萃取後所得的殘渣量佔整個黏著物的 94%，而萃取物含量僅佔總黏著物的 4%，灰分含量為 9.55%。顯示不同材料及製程下其黏著物組成有顯著的不同。

我們可發現主要熱解碎片為 Styrene、2-Ethyl,1-hexanol-、2-Ethylhexyl acetate、2-Propenoic acid,2-ethylhexyl ester、2-Ethylhexyl methacrylate、 α -Methylstyrene、長鏈烷烯類及可塑劑如 1,2-Benzenedicarboxylic acid,mono(2-ethylhexyl)ester 等，在各廠中略顯其差異性，推斷其來源為可能為 SBR、EVA、PVAc、OPP 膠帶、熱熔膠及 PE 等。

而以 FTIR 測定則發現 A 廠與 B 廠黏著物與熱熔膠及 EVA 的光譜相似。2918 cm^{-1} 為 -CH 基伸縮，1733 cm^{-1} 為 C=O 基伸縮，1461 cm^{-1} 為 -CH₂ 基彎曲，1376 cm^{-1} 為 C=O 增強的 -CH₃ 彎曲，1238 cm^{-1} 為 O=C-O 中的 C-O 基伸縮，而 1020 cm^{-1} 為 O-CH 中的 C-O 伸縮。

由以上分析結果推論黏著物的來源可能來自於塗布中使用的 SBR、書背背膠的 EVA 樹脂或辦公文件上的 OPP 膠帶，亦或是雜質如 PE 等塑膠類等等。

以 GPC 測定其分子量得知 A 廠黏著物與 B 廠黏著物的 M_w 均在 2100 左右而 M_w/M_n 分別為 1.010 及 1.008。

V. 參考文獻

- Kumooka, Y. (2010) Classification of OPP adhesive tapes according to pyrogram of adhesives. Forensic Science International
- Miranda R., A. Balea, E. S. de la Blanca, I. Carrillo and A. Blanco (2008) Identification of Recalcitrant Stickies and Their Sources in Newsprint Production. Industrial & Engineering chemistry research 47 (16) : 6239-6250

Miranda R., C. Nergo and A. Blanco (2009) Internal treatment of process waters in paper production by dissolved air flotation with newly developed chemicals. 1. laboratory tests. *Industrial and Engineering Chemistry Research* 48 : 2199-2205.

Silvério F.O., L.C.A. Barbosa, C.R.A. Maltha, D.Piló-Veloso (2009) Characterization of synthetic polymers and speck impurities in cellulose pulp: A comparison between pyrolysis-gas chromatography–mass spectrometry and Fourier transform infrared spectroscopy. *Analytica Chimica Acta* 643:108-116