

## 高效四軸搓揉機的開發及在低品質廢紙的分散處理 -在含 UV 油墨廢紙在散漿處理上之應用-

蘇裕昌\*

### Development of High Efficient Four Shafts Kneader and Pulping of Low Grade Wastepaper - Dispersion Treatment of UV Ink Containing Wastepaper -

Yu-Chang Su\*

#### Summary

The use low grade wastepaper for making DIP without decreasing the final product quality is necessary at the raw materials supply. Especially for the use of old magazine paper (OMP) and mixed office waste (MOW), there materials might containing UV-ink and sublimation ink. The development and design of kneader with higher defiberation efficiency, lower energy consumption and higher quality of resulting fibers for secondary fibers were discussed. Efficiency and power consumption of Lab tests and mill evaluation runs for pulping using four shafts kneader were evaluated.

**Key words :** Four shafts kneader , Pulping of low grade wastepaper, Wastepaper with UV ink, Sublimation ink

#### 一、緒言

世界性的省能源、省資源的運動持續的推動，其中在脫墨再生作業(散漿、脫墨)中從選擇原料的時代，變更到到所麼原料都必須使用，而且不能降低成品品質的時代。具體的說，雜誌廢紙、辦公室廢紙、書報插頁等廢紙中所含樹脂塗層、調色劑(Toner)、UV 油墨 (UV ink)、昇華性油墨 (sublimation ink) (圖 1)等難脫墨性印刷物的油墨去除漸呈重要。其根本的對策為使用高濃度分散機是將 UV 油墨強力分散之、在浮選作業中去除。既存的高濃度分散機無法達到滿意的油墨分散效率的提升，而進行高效能 4 軸搓揉機 (Four Shafts Kneader ; UV breaker) 的開發。

#### 二、高效能 4 軸搓揉機的開發目標

高效能 4 軸搓揉機的開發目標為的是實現「製

造出低動力原單位，分散效率優、特別是對低品質難脫墨性油墨的分散具優越能力的新型搓揉機」。使用一般的高速散漿機在動力負荷 (50 ~ 85 kWh /T) 下分散 UV 油墨時其分散效率與搓揉機進行比較，高速盤式分散機具有瞬間強衝擊力可以將粗大的油墨斑分割成較小粒片，但是滯留時間過短無法將墨斑全部大散到完全符合浮選的規格大小 (100 $\mu$ m 以下)，除此之外微細纖維上黏著之油墨無法充分接受到分散之，而直接輸送到出口處即所謂產生過短通過時間 (Short pass) 的現象而無法去除 (如圖 2)。搓揉型的分散機具有長滯留時間，在滯留槽內直接受剪力的衝擊，因此大墨斑很難殘留，微細纖維上的油墨也全部接受分散的作用因此出處的大夾雜物 (Dirt) 也很難殘留。因次為了實現開發的目標，必需開發出較目前的搓揉機有較長的滯留時間，與具有能夠充分確實的進行攪拌的構造等二項重要的因子。

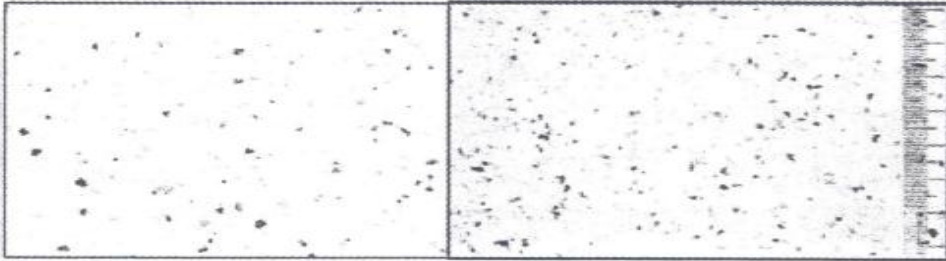


圖 1. 形成墨斑的的 UV 油墨 (青嶋, 2011)

### 三、 高效能 4 軸搓揉機的構造與特色

以搓揉機進行原料處理主要是為了加長維持在機內滯留時間，及避免徒然加長軸長度，選擇加大處理室的斷面積的方法。因此為了將斷面積變大的處理室的各個角落涵蓋，與原料的接觸次數必須較 2 軸

搓揉機 (交叉位置 1 個) 時多，因此將螺旋轉子增加為 4 軸 (4 個交叉位置) 如 (圖 3)。為了確立 4 軸機的構造、設計概念，製備以難脫墨的油墨分散有利為目標製作試驗機，進行重複試驗，以求得最適化的規格的並且經試驗實證其具優越的性能。

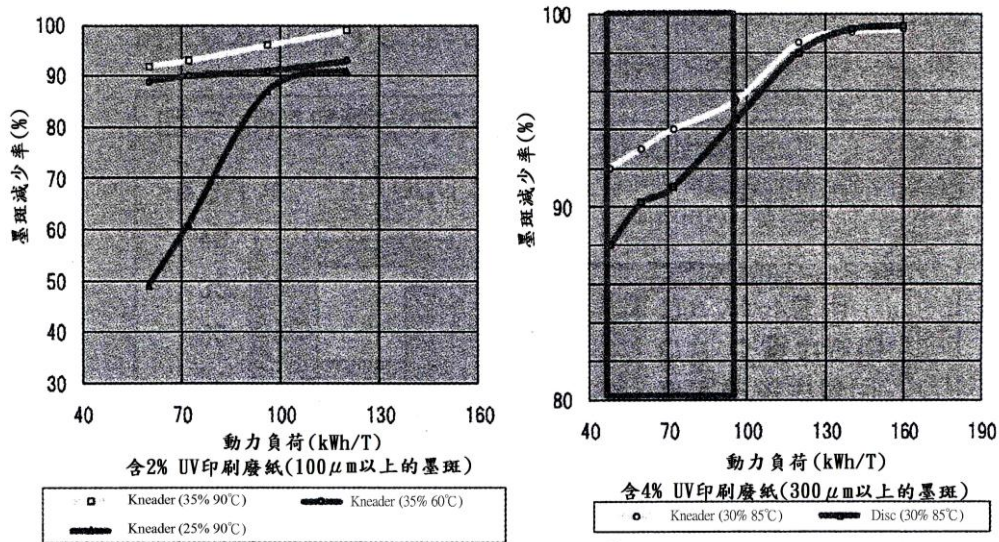


圖 2. 盤式散漿機及搓揉機對 UV 油墨的分散特性 (青嶋, 2011)

#### 1. 軸式與螺旋轉子的交差位置的選擇

選擇基本構造決定為 4 軸式 (如圖 3) 的軸配置，螺旋轉子與原料間的接觸次數呈倍數式的增加。

較特別的是 4 軸螺旋轉子間相互交錯重疊的區域 (著色部分) 由 2 軸的 1 處增加為 4 倍的 4 處，其交錯面積也增為 4 倍。

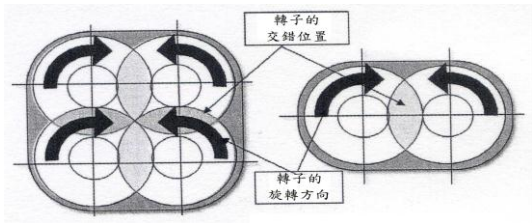


圖 3. 2 軸與 4 軸螺旋轉子的交差配置與交錯數比較 (青嶋, 2011)

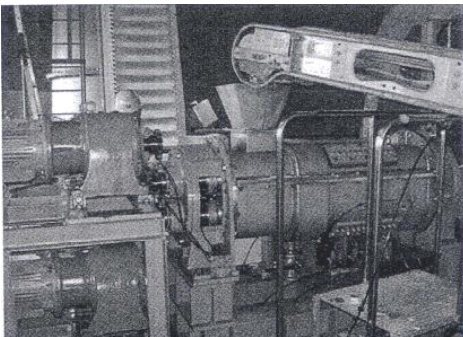


圖 4. 高效能 4 軸揉揉機試驗機的外觀 (青嶋, 2011)

## 2. 螺旋轉子的轉數與旋轉方法

4 軸的螺旋轉子的轉數全部使用不同的數值 (後藤等, 2009), 回轉方向, 無論上段、下段兩者皆由外側將原料往中央集中, 由上往下往同方向運動, 與左右方向的交叉位置 (濃色著色部分) 的螺旋轉子由左右交錯形成不同的交叉方式。由其轉數、旋轉方向的設定與調整, 經常使原料保持有相同樣的運動與螺旋轉子交錯, 或使原料間起磨擦的作用。

## 四、以試驗機進行性能確認試驗

由上記的概念設計試驗機 (如圖 4) 進行揉揉試驗。

### 1. 原料攪拌情形及滯留時間的確認

高效能 4 軸揉揉機設計的基本概念, 為較長滯留時間與較佳原料及旋轉轉子間的接觸, 而達到確實的將原料攪拌, 為了確認試驗中的滯留時間在原料

入口處定量添加藍色染料, 測定從添加時間到最初染色的原料在出口處出的時間。一般原料滯留時間 4~8 分鐘 與設計值相符合為舊型者的 2 倍以上 (圖 5)。

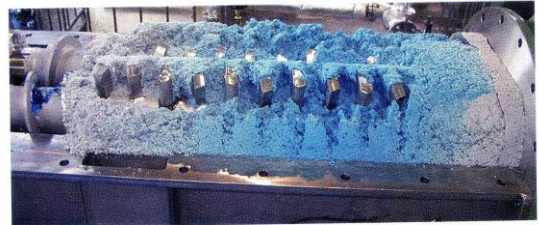


圖 5. 試驗機的滯留時間確認狀態 (青嶋, 2011)

### 2. 與 1 軸及 2 軸揉揉機的試驗結果比較

進行以實驗室中既有的 1 軸揉揉機與高效能 4 軸揉揉機進行比較試驗。4 軸機的分散效果檢驗以使用 UV 油墨的印刷損紙做為供給原料, 兩種機器以同樣電力負荷評估對油墨的分散效果。粗大夾雜物 (250 $\mu\text{m}$  以上) 的分散效果如圖 6。電力負荷率在 30 kWh/T 時 1 軸揉揉機粗大夾雜物去除率為 45%, 4 軸揉揉機者為 68% 其對 UV 油墨的分散效果有極大的差異性。若 1 軸粗大夾雜物揉揉機要到達 68% 粗大夾雜物去除率之散效果其電力負荷率須有 65 kWh/T, 與 4 軸揉揉機在 30 kWh/T 時有相同效果。4 軸揉揉機對分散困難的 UV 油墨, 在使用電力負荷 90 kWh/T 時可達 90% 左右的異物去除率。

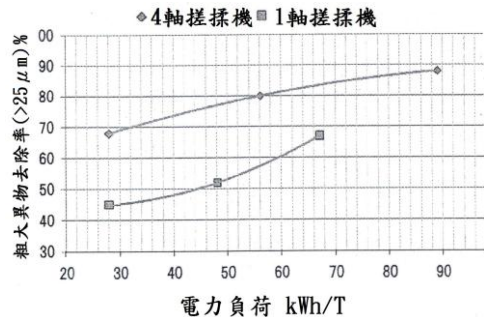


圖 6. 4 軸與 1 軸揉揉機的試驗結果比較 (青嶋, 2011)



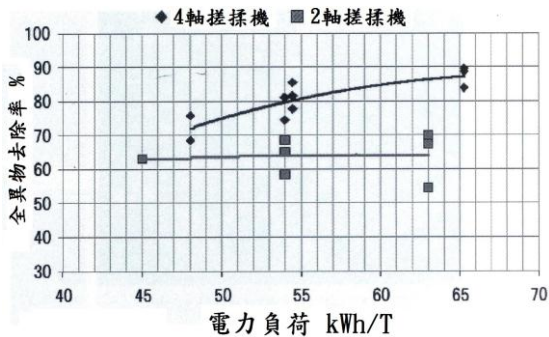


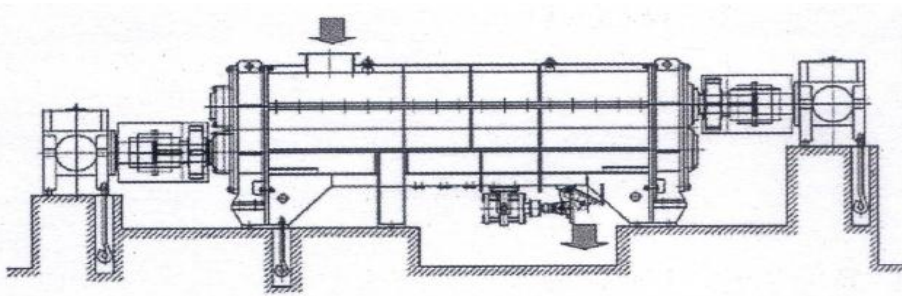
圖 7.4 軸與 2 軸搓揉機的試驗結果比較(青嶋，2011)

圖 7 為 2 軸搓揉機與 4 軸搓揉機的商用機對 UV 油墨的分散效果的結果比較。二者對的 UV 油墨的分散效果以全異物去除率比較，則 2 軸搓揉機從低電力負荷 45 kWh/T 到高電力負荷的 63 kWh/T 下其去除效果不具有太大的不同，大約為

62~64%。但是 4 軸搓揉機在低電力低負荷下 48 kWh/T 時也可得到 72% 的去除率，在高電力負荷 65 kWh/T 下其具 87% 的分散效果。此結果對實際操作時通常在低負荷 48 kWh/T 的運轉，當原料廢紙品質降低時其分散效果也雖之降低一般以加重電力負荷解決的做法而言，以 4 軸搓揉機省操作是屬於一種省能操作。

### 五、高效率四軸搓揉機實機的設計

確認試驗機對 UV 油墨的高分散效果之後，實際組合入脫墨系統中應用，分為其處理能力 100~150 T/D UVB-100 型、及 200~300 T/D 的 UVB-200 型。在實際導入脫墨工程，為了實現高效率四軸搓揉機 4 軸驅動設備的小型化，電動機採用設置在本機兩側的構造設計圖 8、圖 9 為組合實機時的內部照片。



	Installed Motor (KW)	Rotation R.P.M	Rotor Diameter	Kneading Length	Kneading Volume	Throughput (Tons/day)
UVB100	150-220	22-50	700mm	1510mm	1.6m <sup>3</sup>	100-150
UVB200	300-450	22-50	780mm	2310mm	2.7m <sup>3</sup>	200-300

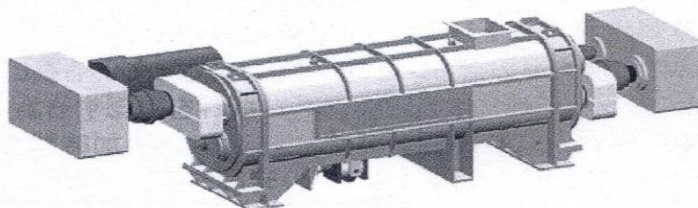


圖 8.高效率四軸搓揉機的設計規格與四軸搓揉機的 3D 照片(青嶋，2011)

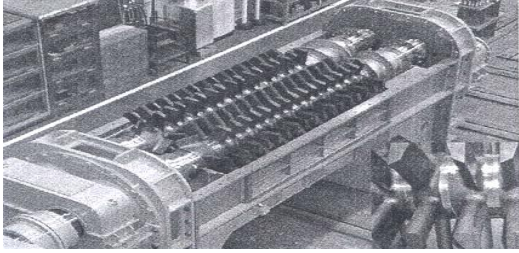


圖 9. 組合成的高效率四軸搓揉機的內部照片 (青嶋, 2011)

## 六、高效率四軸搓揉機 (UV breaker) 的實機操作狀況

在日本製紙的石卷工場 HDIP-2 生產線導入相川鐵工設計處理能力 100 ~ 150 T/D 的 UVB-100 型與 900~300 T/D 的 UVB-200 型的 4 軸搓揉機。在日本製紙石卷工場的 HDIP-2 生產線完成生產量 400 T/D 工廠的設計, 在粗篩工程導入 UVB-200 型 4 軸搓揉機 2 台, 設備稼働後以每台 250 T/D 的產量進行安定的操作, 表 1 為 4 軸機械的規模概要。

表 1. 高效率四軸搓揉機 (UVB-200 型) 的設備規格概要 (後藤 & 青木功, 2009)

1. 全長: 9,118 x 全幅 1,625 x 全高 2,200 mm (全長含螺旋轉子的減速機)
2. 馬達: 450 kW X 4 p (上段, 下段轉子 各 1 台)
3. 螺旋轉子標準轉數: R1/R2/R3/R4 = 50/40/25/30 rpm

為了解轉子的轉數對異物去除能力的影響可以得到實證, 在 1 台四軸搓揉機設置變頻馬達, 以能使變更上段轉子與下段轉子的轉數。

### 1. 高效率 4 軸搓揉機與 2 軸搓揉機的性能比較

4 軸搓揉機的異物去除率, 與舊型分散機 (Disperser) 的代表機器即 2 軸搓揉機型進行比較。一般搓揉機的動力原單位約在 40 ~ 70 kWh/t 的範圍, 比較直徑 100  $\mu\text{m}$  以上的異物個數 如圖 5 所

示。進一步討論 4 軸搓揉機的效果, 總異物個數 (直徑  $\geq 100 \mu\text{m}$ ) 與大異物個數 (直徑  $\geq 250 \mu\text{m}$ ) 的去除效果分別比較結果如圖 6, 大小異物均較 2 軸搓揉機者有提升的現象, 4 軸搓揉機粗選工程尤其對大異物的去除有提升的效果。

在所有的電力負荷領域下 4 軸搓揉機處理組均顯示有較 2 軸者有較佳的異物去除率。而且探討動力負荷對 4 軸搓揉機處理時對異物去除率的影響, 提高動力負荷總異物個數去除率有增大的現象 (圖 10)。相反的, 若降低動力負荷除了會降低去除率以外, 搓揉機出口附附近的紙塞 (plug) 的形成變弱、或馬達因動力負荷的變動而有操作不安定的傾向。

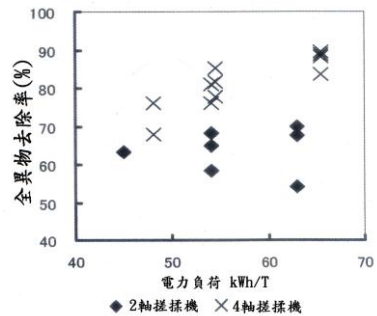


圖 10. 2 軸與 4 軸搓揉機的電力負荷對總異物去除率的影響 (後藤 & 青木功, 2009)

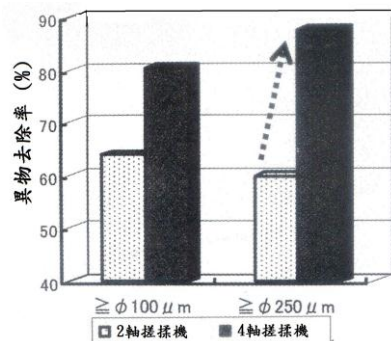


圖 11. 2 軸與 4 軸搓揉機對大小異物的去除率比較 (後藤 & 青木功, 2009)

## 2.4 軸搓揉機轉子的轉數的影響

如前述，HDIP-2 生產線設置 2 台 4 軸搓揉機其中 1 台的轉子的轉數可變更如表 2，因此變化上段的轉子 (R1, R2) 與下段轉子 (R3, R4) 的轉數比，探討其對異物去除率的影響。上段轉子的轉數在 50Hz 下固定為 (R1/R2= 50 rpm/40 rpm)，變更下段轉子 (R3/R4) 的頻率，轉子轉數的組合變更，進行異物去除率的比較。結果下段轉子的轉數變更為 60Hz (R3/R4 = 30 rpm/36 rpm) 時異物去除率最高，轉數提高則異物去除率降低 (圖 11)。如表 2 所示，下段變頻器設定為 60Hz，上段與下段轉子的轉數維持一定的差異，下段提高到 80 Hz 則上下的轉子的轉數大約相等。如前項 4 軸搓揉機的開發的概念，為了使原料具有複雜的移動，4 支轉子的轉數具有差異者較佳，由試驗結果可得到確認。下段由 60Hz 降低到 50Hz 則異物去除率變差。這是由於下段轉子的轉數降低太多，將搓揉機內的原料攪上的力量變弱，無法達到均一的攪拌。

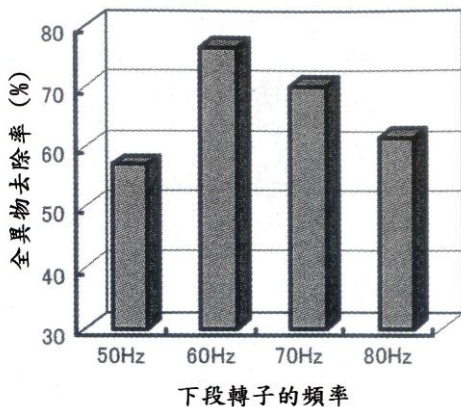


圖 12. 轉子的轉數與異物去除率的相關 (後藤&青木功，2009)

表 2. 變頻器的頻率及轉子的轉數(後藤 & 青木功，2009)

Hz	轉子的轉數			
	R1	R2	R3	R4
50	50	40	25	30
60	--	--	30	36
70	--	--	35	42
80	--	--	40	48

## 七、高效能 4 軸搓揉機應用例

以提高 UV 油墨之分散效率為目標，開發出異物分散效果非常優良之 4 軸搓揉機，以下介紹高分散效果之應用實例。

### 1. 脫墨工程的省能對策 [在使用篩分分級設備 (Fractionator) 時的油墨分散情形]

篩分分級 (長、短纖維分級) 的技術，在瓦楞廢紙處理工程中最常為使用。長纖維做為紙板的表層、短纖維做為紙板內層使用，為了降低表層的 NUKP 紙漿的使用量，或是在短纖維側雖有纖維長較短的纖維聚集但是其中所含少量的夾雜異物，常不擬去除而做為完成原料使用，以達到省能的效果。脫墨工程中一般不將長短纖維分開使用也不回會形成問題。但是，最近脫墨工程也開始使用篩分分級器而得到夾雜異物分離得結果。因此本處介紹以使用篩分分級器的試驗結果的說明高效率四軸搓揉機的有效利用。

#### (1). 新脫墨程流程

使用篩分分級設備的新流程如圖 13 所示。通過散漿工程、篩選工程、淨漿工程後以篩分分級設備將長短纖維分離之。短纖維側夾雜異物較少的夾雜異物因此不需經過浮選段、搓揉作業，而僅有長纖維通過上述兩工程。因此可以達到輕減特別使用動力浮選段、搓揉作業的動力負荷。但是長纖維側上含有大量油墨斑點，必須使用高效能、且儘量降低電力負荷、



## 高效四軸搓揉機的開發及其在低品質廢紙的分散處理上的應用

得到適當的分散效果的機器。本次開發之高效率四軸搓揉機因其具長滯留時間與強分散效果，是適合在在進行篩分分級作業中將多量集中之夾雜物及油墨斑分散的機械。

### (2) 篩分分級的結果

篩分分級作業其分離的比例不同而有不同的效果。表 3 中有將長短纖維分成短纖維：長纖維比例為 36：64 與 61：39 時的夾雜異物及油墨斑的個數。

短纖維比例在 36% 時短纖維側沒有比 0.2 mm<sup>2</sup> 大的夾雜異物，比 0.2 mm<sup>2</sup> 大的夾雜異物都集中在長纖維側。短纖維側若增加到 61% 時、短纖維側沒有比 0.3 mm<sup>2</sup> 大的夾雜異物，比 0.3 mm<sup>2</sup> 大的夾雜異物都集中在長纖維側。篩分分級設備的分離效果隨其分離比率不同，但是無論比例大的夾雜異物都集中在長纖維側為，藉由搓揉的作業分散效果較大的高效率四軸搓揉機應該有效。

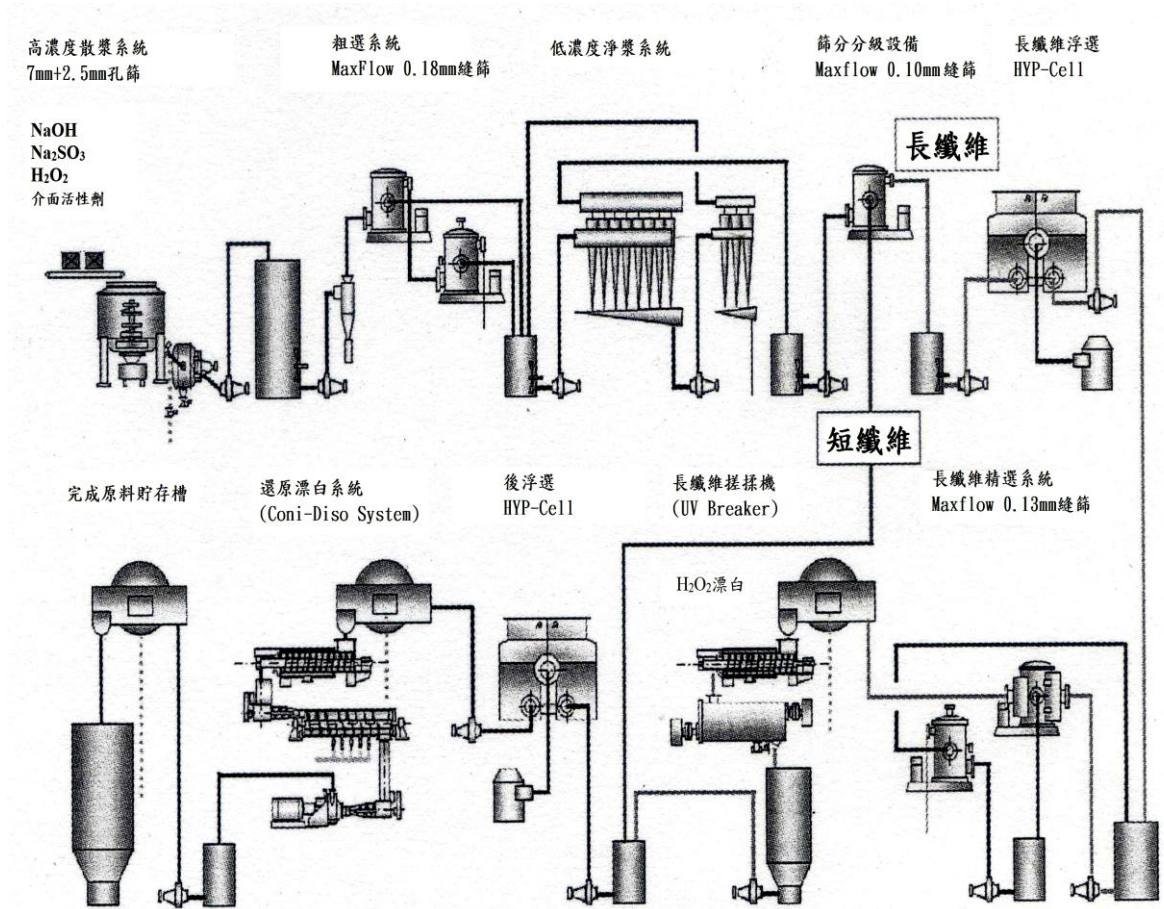


圖 13 使用篩分分級設備的新流程 (青嶋, 2011)

表 3. 篩分分級備的篩分結果 (青嶋, 2011)

夾雜物面積 大小mm <sup>2</sup>	漿料入口 (空白組)	T4-1出口 (短纖維36%)	T4-1殘渣 (長纖維4%)	T4-2出口 (短纖維61%)	T4-2殘渣 (長纖維39%)
	個數 個/m <sup>2</sup>				
0.01	10571.5	9064.4	14051	8421.7	14582.9
0.05	398.9	243.7	687	199.4	731.3
0.08	177.3	44.3	398.9	132.9	398.9
0.1	66.4	44.3	288.1	88.6	332.4
0.2	44.3	44.3	310.2	0	243.7
0.3	22.1	0	110.8	22.1	243.7
0.5	22.1	0	66.4	0	22.1
0.7	22.1	0	22.1	0	22.1
1	22.1	0	0	0	0
1.5	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
2.5	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0

## 2. 對昇華性油墨(Sublimation Ink)分散效果的確認

昇華性油墨是屬於禁忌品油墨之一，紙機抄造中若含此種油墨的白紙板，在倉庫保管數個月後會發生稱之「繡球花現象」，油墨在紙面上出現紫色墨斑發生，而成客訴的對象。昇華性油墨以 1 軸或 2 軸搓揉機、或高速分散機均無法分散，除了將此類廢紙在進入散漿槽前去除，以外沒有有效的對策為目前的現狀。圖 14 顯示高濃度分散機的特徵。以下為試驗是以四軸搓揉機、1 軸搓揉機及高速分散機比較其分散效果。

### (1). 各高濃度分散機的特徵

高速散機滯留時間短為其缺點，其對原料能給予大的剪力，為了將分散比較難的黏着異物分散，最近的脫墨工程上被廣泛的使用。相對的搓揉型的設備能有較長的滯留時間，但對原料全體能均一的發揮分散效果，但對黏着異物等分散較難的異物其效果較弱為其缺點。高性能四軸搓揉機具備活用有兩方的優點的機器，滯留時間長，異物不會因短滯留時間而殘留，攪拌次數多而得高分散效果，對稱之禁忌品之相關油墨的分散也能發揮效果。

### (2). 試驗結果

含昇華性油墨的原料分別以 1 軸搓揉機、高速盤型分散機、或 4 軸搓揉機確認其分散效果。結果如圖 15。在原料中的總夾雜異物約為 1500 mm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>、其大小也有些在 1.0 mm<sup>2</sup> 以上。以 1 軸搓揉機分散變化負荷成 30、60、90 kWh/T 其總夾雜異物面積分別為 1100、1000、750 mm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>，也殘留有大小在 0.5 ~ 1.0 mm<sup>2</sup> 的夾雜異物。使用高速分散機在上述相同動力負荷下其總夾雜異物面積有變少的現象，分別為 800、600、550 mm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>，也殘留有大小在 0.5 ~ 1.0 mm<sup>2</sup> 的夾雜異物。但是，使用高效率四軸搓揉機在分散後的總面積分別為 300、200、250 mm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>，殘留的夾雜異物的大小也分散到 0.3 mm<sup>2</sup> 以下。

以錐型式散漿機及 1 軸搓揉機進行廢紙的分散作業，在處理含昇華性油墨的廢紙時，使用最高負荷 90 kWh/T 後的手抄紙樣本，再經 160°C 下 20 分加熱處理後，一般昇華性油墨廢紙的特性，油墨的擴散可以到目視的大小，但使用高效率四軸搓揉機者則以目視可見大小的油墨幾乎無法確認(圖 15)，禁忌品如昇華性油墨樣的油墨分散時也能達到期待的結果。



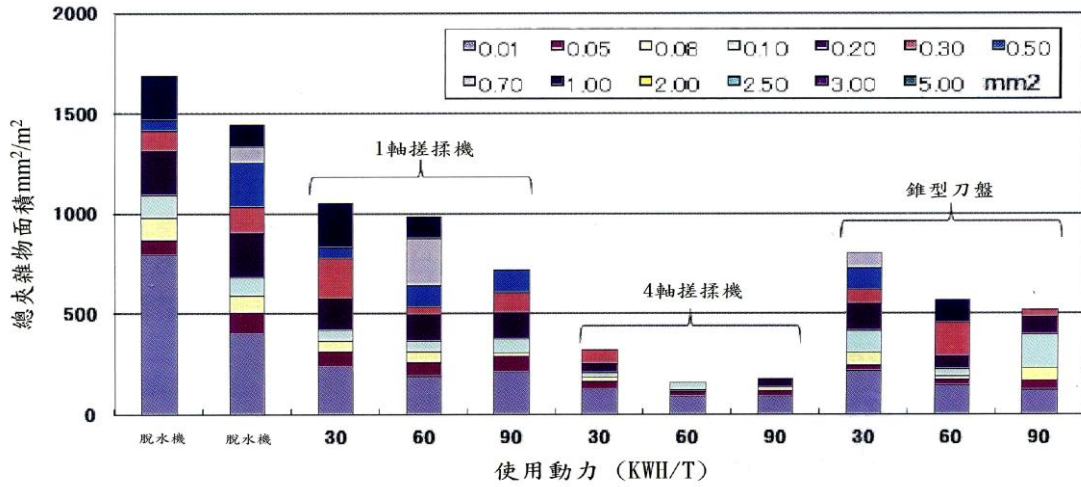


圖 14. 各種高濃度散漿機對昇華性油墨的分散效果 (青嶋, 2011)

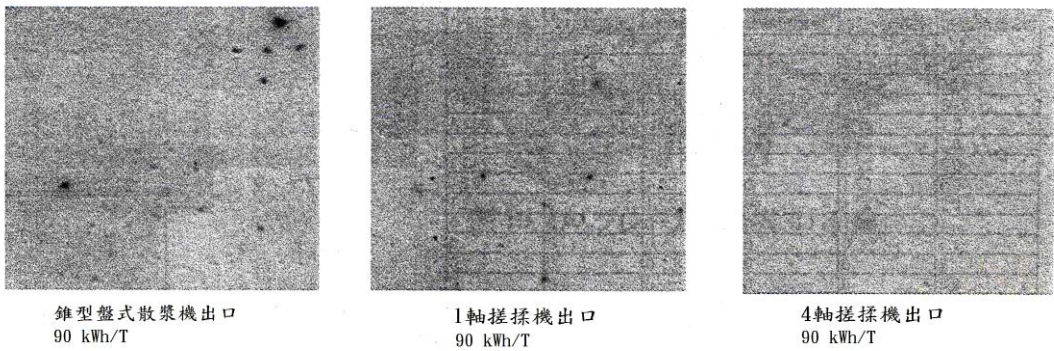


圖 15. 含昇華性油墨廢紙經分散後手抄紙樣本再經 160 °C 下 20 分加熱處理紙樣上油墨斑的比較 (青嶋, 2011)

## 七、參考文獻

1. 小柳知章, 米本卓矢 2008 古紙品質に対応した DIP 製造技術。紙パ技協誌. 62(7):854 - 858.
2. 青嶋和男 2011 高效率 4 軸ニーダー(UV プレーカー)一難脱墨インキスペックの省エネルギー分散。紙パ技協誌 65(1) : 39 - 44.
3. 後藤任孝, 青木功 2009 新型ニーダーの開発と操業経験。紙パ技協誌 3(1) : 41 - 44.

\*蘇裕昌 國立中興大學森林學系教授

\*Dr. Yu-Chang Su, Professor, Dept. of Forestry, National Chung-hsing University