

研究報告

無碳複寫紙與雷射印表紙的再生技術蘇裕昌^{1,2)} 何振隆¹⁾**摘 要**

本研究係探討無碳複寫紙再生後產生再生紙漿低白度或具黑斑之處理技術，並同時探討雷射印表紙再生時之難脫墨之問題。試驗結果顯示在無碳複寫紙之再生作業前，施以顯色前處理，則進入脫墨程序時，可將有色粒子有效去除，可以有效解決回收再生紙漿白度低落之問題。至於彩色無碳複寫紙，如：黃色之廢紙，可利用二次漂白處理，在洗滌脫墨加入2% H₂O₂，並於浮選段後再增加一段2~6%之H₂O₂漂白，所得再生紙漿，白度可達80% ISO以上，且具高白度安定性。紅色之廢紙，可施以次氯酸鹽加過氧化氫(NaOCl/H₂O₂)，二段漂白系統(NaOCl 3~5%及H₂O₂ 2~4%)，處理效果最為良好，白度可達75% ISO以上且具相當之白度安定性。

另外，以傳統化學脫墨法進行雷射印表紙再生時產生不易脫墨及殘存墨斑之問題。試驗結果顯示可應用添加各種長碳鏈醇，以改善脫墨效率，長碳鏈醇具有將墨點凝聚功能，而使墨點粒徑變大之現象，尤其以十八醇及十八醇加丁醇此二組效果最佳。脫墨處理時，改變一般傳統的洗滌脫墨及浮選處理之方法，而以洗滌脫墨後立即進入淨漿機之方法，以添加十八醇、十八醇及丁醇等二組脫墨劑，其墨點所佔面積可降至淨漿後的5 ppm，再生紙漿白度可達95% ISO以上。另外本法為脫墨處理後，直接進入淨漿段，可省略浮選段，處理也可將墨點幾乎全部去除，堪稱節省相當之成本及水資源。

關鍵詞：無碳複寫紙、漂白、雷射印表紙、正十八醇。

蘇裕昌、何振隆。2005。無碳複寫紙與雷射印表紙的再生技術。台灣林業科學20(4):303-13。

Research paper

Recycling of Carbonless Paper and Laser-Printed PaperYu-Chang Su,^{1,2)} Chen-Lung Ho¹⁾**【 Summary 】**

In this study, we attempted to treat the causes of low brightness and the tendency of black spots to appear on the recycled pulp of carbonless paper. The difficult problem of deinking laser-printed paper was also included in this study. Our experimental results indicated that in the recycling of carbonless paper, a color rendering pretreatment before the deinking process effectively removed colored particles and resolved the low brightness problem. As for colored carbonless paper, such as yellow sheets, a 2-stage bleaching entailing adding 2% H₂O₂ before washing and a further

¹⁾ 行政院農業委員會林業試驗所木材纖維組，10066台北市南海路53號 Division of Wood Cellulose, Taiwan Forestry Research Institute, 53 Nanhai Rd., Taipei 10066, Taiwan.

²⁾ 通訊作者 Corresponding author, e-mail: ycsu@tfri.gov.tw

2005年7月送審 2005年9月通過 Received July 2005, Accepted September 2005.

2~6% H_2O_2 bleaching afterotation produced pulp with a brightness of 80% ISO or better, and the pulp showed good brightness stability. Red-colored waste carbonless paper could be subjected to a 2-stage bleaching consisting of 3~5% NaOCl and 2~4% H_2O_2 , to achieve the best results of brightness values of 75% ISO or better and also relatively good brightness stability. In the deinking of laser-printed paper, residual ink specks were an often-encountered problem. Our experiments suggested that by adding various long-chain aliphatic alcohols, deinking efficiency could be improved. Such additives reduced the capability of aggregating ink particles, hence forming large-diameter ink dots that could effectively be removed. Among the alcohols, n-octadecanol and a mixture of n-octadecanol and n-butanol showed the best results. In our deinking scheme, we modified the traditional washing andotation process by washing and centri-cleaning. The 2 types of alcohols could lower the dirt count values of deinked pulp to 5 ppm and produce pulp brightness values of 95% ISO or better. Furthermore, by going from washing directly to centri-cleaning, theotation stage was bypassed and nearly all of the ink specks were removed as well; hence, we deemed that the process should reduce process costs and also lessen water consumption.

Key words: carbonless paper, bleaching, laser-printed paper, n-octadecanol.

Su YC, Ho CL. 2005. Recycling of carbonless paper and laser-printed paper. *Taiwan J For Sci* 20(4):303-13.

緒言

近年來森林生態保育、抑制地球溫暖化之環境保護及廢棄物處理等相關問題的發生及法令的規定等，促使世界性廢紙利用運動蓬勃發展。美國的大多數州及歐洲各國，如：瑞典均已立法規定某些紙張必須配合應用相當比率的再生紙，以防止世界的森林資源過度砍伐而致枯竭(Su and Ho 2004)。在臺灣廢紙回收方面，因缺乏良好的整理分類體系，使回收廢紙品質良莠不齊，難以發揮最佳的再生效果，雖然回收率已逐年提高，但再生紙漿應用範圍有限，僅應用於較次級的紙品，同時有不少紙種回收技術困難，常增加現場操作困難及影響再生紙的品質，進而影響廠商處理再生紙漿的意願。本論文針對上述問題，進行高加工度的資訊用紙之無碳複寫紙(carbonless paper)及雷射印表紙(laser-printed)等進行回收再生處理研究，探討再生時所產生之問題或改善再生漿之品質，以期使纖維資源極缺乏的國內產業獲得物盡其用，提升資源利用效率。

無碳複寫紙為不含碳素等有色色素的複寫紙，其構成是由含無色隱性染料(leuco dye)及溶解油的微膠囊塗佈於上紙、中紙及下紙的裡面

(背面)構成。其發色之機制為微膠囊中的染料在以鉛筆或打字機加壓壓力將微膠囊壓破後，由微膠囊所流出的溶於非揮發性油的染料，轉移到次層與塗佈在中紙或下紙上的酸性顯色劑反應而呈現發色的現象(White 1998, Su 2003)。此種紙張於再生時所產生之問題處為抄紙時，紙匹進入乾燥部後之紙品，表面易產生低白度或黑色斑點(或墨暈)之現象，造成再生紙品質之缺陷，影響再生漿之使用範圍。

另外雷射印表紙為利用雷射印表機列印文字或圖像之紙張，其印字之原理為藉著熱熔之方式，將混合油墨印在紙張上。混合油墨中含有顏料，如混在熱可塑性樹脂粘接劑中的碳黑，常用的這種粘接劑是苯乙烯-丙烯酸類和聚酯類的樹脂(Shrinath et al. 1991)，其組成成分是以粘著劑為主要成分約佔80~95%，著色劑為佔5~15%，電荷控制劑為0~5%，液化劑0~2%，潔淨劑佔0~1%。油墨中因所採用之粘著劑不易在脫墨流程段中加氫氧化鈉所皂化，因而當纖維以鹼膨潤時，部份的油墨會較易成片地從纖維上剝離，但仍有相當部分的油墨顆粒緊緊貼粘附在纖維上。這些油墨顆粒經過散

漿後，有部分原因是粒徑過小，於篩選或浮選作業時無法完全去除，部分原因是粒徑過大，而在浮選段時難以除去，故此種紙張於再生時，會因上述問題，而產生不易脫墨及殘存墨斑之問題，導致再生漿再生及應用之障礙。目前工業上之作法是將此種紙漿用於低級紙或紙板之內層，若摻入抄製高級紙之漿料系統會影響產品品質及應用上之問題，及使用此類再生漿之範圍及意願。

本文中擬探討解決此二類廢紙在再生時工程中抑制其變色程度及除去墨斑效率等問題。

材料與方法

一、試驗材料

(一)無碳複寫紙：由廣源紙廠所提供之美國產製之三層無碳複寫紙。

(二)雷射印表紙：應用於HP Laser III雷射印表機，經一定面積印字後之紙張(12字型，每行35字，字38行)，以做為試驗材料。

二、試驗方法

(一)無碳複寫紙的再生

將無碳複寫紙，依其紙本身之顏色區分為白色、黃色中紙及紅色下紙等三種色系紙，分別予以探討回收處理方法。

1.白色系無碳複寫紙之脫墨

(1)再生作業前顯色及不顯色處理

此系列紙，分別施以顯色及不顯色處理，顯色處理法為利用壓光機將上紙、中紙及下紙分別以60 kg cm⁻¹之線壓力經一捏縫重壓，而使其顯色。

(2)脫墨處理

分別取顯色及不顯色處理之無碳複寫紙之上紙、中紙及下紙各200 g (絕乾重)，以傳統之作業流程(A)、(B) (Fig. 1)及條件在50°C下進行洗滌脫墨及後續之浮選脫墨(Su and Sun 1995)，並檢討二流程之脫墨效率及紙漿品質，其使用之脫墨藥劑及條件如下：

(A)脫墨條件及藥劑之添加：2% NaOH；2% H₂O₂；3% Na₂SiO₃；肥皂：0.5%；脫墨劑(界面活性劑) (DI-360)：0.2%。

脫墨條件：紙漿濃度5%，溫度50°C，速率300 rpm，攪拌30 min。

(B)浮選槽條件及脫墨劑之添加：肥皂：0.5%，非離子性界面活性劑(DI-360)：0.2%。浮選脫墨條件：浮選濃度0.5%，溫度50°C，浮選時間30 min。

2.黃色系無碳複寫紙再生漿之漂白

利用上述脫墨處理程序，但其所添加H₂O₂量分別為2、4、6%，並於浮選脫墨後，再使用過氧化氫改善法予以漂白，其方法為：取用脫

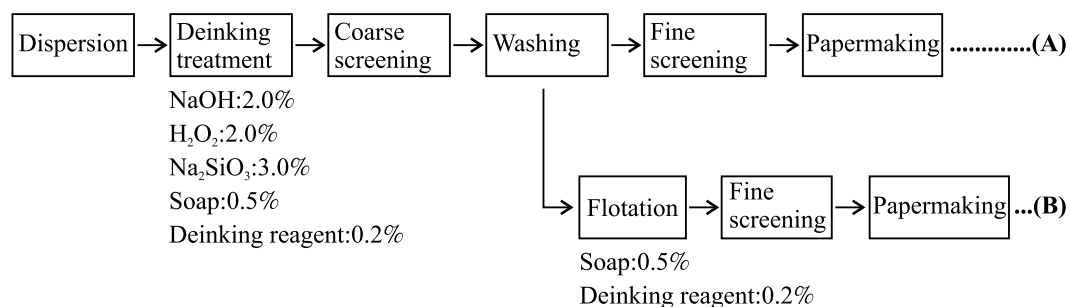


Fig. 1. Flow diagram of the deinking process.

墨後之適量漿料，裝入耐熱之塑膠袋內，先加入0.4% DTPA，3.35% TAED (均對絕乾漿)，並用手揉搓30 min後依次加入3%矽酸鈉，1% NaOH、H₂O₂ (2、4、6%)，55°C下保持15 min (Japan patent 1992)。

3. 紅色系無碳複寫紙再生漿之漂白

亦即利用上述脫墨處理程序，取脫墨後之適量漿料以濃度1、3、5% NaOCl溶液於20°C下浸漬10 min後完全洗淨，再進行第二段H₂O₂漂白，其H₂O₂用量為2、4% (Su and Chen 1999)。

4. 再生漿之光學性質測定

以上三種系列之紙張進行脫墨試驗後，依據CNS 11212抄製不同處理再生漿之60 gm⁻²手抄紙，再將手抄紙進行加速劣化處理，其劣化條件為熱劣化(105°C、24 h)及加壓處理(線壓60 kg cm⁻¹)，以評估再生紙的光學性質，如白度、白度安定性及光學三刺激值(CIE L*、a*、b*)。

(1) 白度測定

使用型號為Minolta spectrophotometer CM-2500d之白度計，並依據CNS 1466紙漿、紙及紙板白度試驗法測定。

(2) 白度安定性

依據Tappi standard T260m91評估白度安定性指標，即以P.C. number為指標，其值愈小，代表白度安定性愈佳。公式為：P.C. number = 100 [(K/S)_∞ - (K/S)₀]

(K/S)_∞: after aging, (K/S)₀: before aging

而 $K_0/S_0 = 1 - R_0 / 2R_0$, $K_\infty / S_\infty = 1 - R_\infty / 2R_\infty$

R₀、R_∞: 老化前後於457 nm時紙張反射率

K₀、K_∞: 老化前後吸收係數(absorption coefficient)

S₀、S_∞: 老化前後散亂係數(scattering coefficient)。

(3) 光學三刺激值之測定

使用型號為Minolta spectrophotometer CM-2500d之白度計，測試紙張的CIE的L*、

a*、b*值。

(二) 雷射印表紙的再生

1. 傳統化學脫墨法之再生評估

取印字後之雷射印表紙各200 g (絕乾重)，進行傳統化學脫墨法之再生，其流程如同上述之脫墨程序，添加脫墨劑組別包括：RI-60 (日本明成化工株式會社)及DI-360 (台灣德富化工公司)等二組，其添加量均於洗滌及浮選脫墨時加入0.2%，處理完成後，抄製手抄紙，測其白度及墨點粒徑等性質。

2. 添加各種長碳鏈醇後對脫墨效率之評估

(1) 各種脫墨劑處理後粒徑之比較

取印字後之雷射印表紙，進行各種脫墨劑處理，添加脫墨劑組別包括：DI-360+十二醇、DI-360+十四醇、DI-360+十六醇、DI-360+十八醇及DI-360+十八醇+丁醇等五組，處理完成後，抄製手抄紙，測其墨點粒徑等性質。脫墨劑之添加量為0.2%，組成比例為長碳鏈醇：DI-360 = 19：1。

(2) 洗滌脫墨及浮選處理

取印字後之雷射印表紙，進行傳統化學脫墨法之再生，其添加脫墨劑組別包括：DI-360+十二醇、DI-360+十四醇、DI-360+十六醇、DI-360+十八醇及DI-360+十八醇+丁醇等五組，並檢討二流程之脫墨效率及紙漿品質。脫墨劑之添加量與上述各種脫墨劑處理後粒徑之比較試驗相同。

(3) 散漿脫墨及淨漿處理

取印字後之雷射印表紙，在70°C下進行洗滌脫墨及後續之淨漿處理。

(A) 散漿槽添加之藥劑：脫墨劑及各種長碳鏈醇：0.2%。脫墨劑之添加量亦與2-(1)相同。

(B) 洗滌脫墨條件：紙漿濃度5%，溫度70°C，時間30 min。

(4) 淨漿處理

為使用離心式淨漿機處理，其淨漿離心管

尺寸為直徑6 mm，長度1 m，重覆處理三次。

3. 脫墨效率之評估

以上三再生處理試驗法，均依據CNS11212抄製不同處理再生漿之60 gm⁻²手抄紙，再將手抄紙以Freemax Image-Pro-Plus 4.0影像軟體分析所殘存之墨點粒徑及所佔手抄紙面積等性質，並測定其白度性質。

4. 紙張物理性質的評估

雷射印表紙回收之手抄紙，最後均須評估紙張的物理性質，包括：抗張強度(tensile strength)、破裂強度(bursting strength)、撕裂強度(tearing strength)、耐摺力(folding endurance)、綜合強度指數(total strength index)等(Sekine 1961)。手抄紙經風乾後置於相對濕度65%，溫度20°C的恆溫恆濕室24 h以上後進行紙張物理性質之測試。

- (1) 抗張強度：依CNS1354紙的抗張強度及裂斷長度試驗法測定，並計算抗張強度指數。
- (2) 破裂強度：依CNS1353紙及紙板低破裂強度試驗法測定，並計算破裂強度指數。
- (3) 撕裂強度：依CNS1355紙之撕裂強度試驗法測定，並計算撕裂強度指數。

(4) 耐摺力測定：依CNS1358紙及紙板耐摺強度試驗法測定。

(5) 綜合強度：斷裂長+比破裂度/10.2+比撕裂度/17.9+耐摺力/665 (Sekine 1961)。

結果與討論

一、無碳複寫紙的再生

(一) 白色系無碳複寫紙

首先，我們先以白色系無碳複寫紙進行再生脫墨處理，探討無碳複寫紙回收作業時再生障礙之原因，其結果如Table 1。於表中之白色系無碳複寫紙之上紙及下紙經未顯色或顯色前處理後，再使用傳統洗滌脫墨，其再生漿之白度可達90% ISO以上，且再經過劣化後，P.C.價為0.8以下，色差值為3.1以下，顯示再生紙張之白度安定性良好，故其以傳統洗滌脫墨法，即可解決此二層紙再生問題，推測其原因為此二層紙構造所致，因於上層紙只含微膠囊所含之無色隱性染料，而下層紙為只含有顯色劑，此二物質於洗滌脫墨時，幾乎已被全部去除。再者，觀察中層紙，其構造為同時含有微膠囊所含之無色隱性染料及顯色劑，我們若施以未

Table 1. Effects of color-rendering and unrendered treatments on white carbonless paper deinking efficiency and their color reversion evaluations

Treatment	Washing			Washing+Flotation		
	Upper ply	Medium ply	Bottom ply	Upper ply	Medium ply	Bottom ply
Color-unrendered						
Brightness	92.84	79.48	92.32	93.03	96.59	93.83
Brightness ¹⁾	88.84	77.44	89.47	92.63	90.46	88.40
P.C. no.	0.42	0.64	0.42	0.03	0.44	0.44
ΔE	1.85	2.42	2.54	2.63	2.25	2.07
Color-rendered ²⁾						
Brightness	93.00	87.35	90.55	96.72	92.49	96.48
Brightness ¹⁾	87.28	83.38	85.33	93.17	88.26	90.15
P.C. no.	0.66	0.74	0.77	0.19	0.48	0.39
ΔE	3.10	3.26	2.87	2.18	1.46	2.87

¹⁾ Degradation: temperature of 105°C for 24 h and a pressure of 60 kg cm⁻¹.

²⁾ Color-rendering: pressure of 60 kg cm⁻¹.

顯色前處理，並使用傳統洗滌脫墨時，白度只可達79.48% ISO，比上層紙及下層紙將近低13% ISO；若施以顯色前處理，並使用傳統洗滌脫墨，則白度可提升至87.35% ISO；然而顯色及未顯色處理，推論其白度如此差異之原因為：無碳複寫紙先經顯色處理後，顯色劑與微膠囊中的隱性染料反應形成有色之粒子，再經脫墨處理則可將有色粒子有效去除。反之，脫墨處理若未經顯色處理，則無法有效去除其所含的顯色劑與微膠囊，因而導致再生漿的白度變差。故此種紙回收之問題為中層紙所產生。而於一般業界，於回收此種紙類時，均無施以顯色處理，且不分上、中、下紙同時處理，常造成回收困難且紙品低落。其主要原因為其紙層所塗佈之顯色劑等物質或未發色之微膠囊，可能在再生作業時，無法將因加壓、加熱顯現的色塊或文字完全洗出，致使再生紙表面上產生黑色污點或低白度之現象。故為再解決此項問題，我們使用傳統洗滌脫墨後，再經一段浮選脫墨，不論顯色及未顯色處理，只要能完全去除顯色劑等物質，其再生漿之白度均達92% ISO以上，且再經加熱及加壓等加速劣化，評估

其P.C. no.及色差值顯示均非常安定，推測顯色劑與微膠囊已去除。故此種紙之回收，只需使用傳統洗滌脫墨後，再經一段浮選脫墨，即可解決白度低落問題。

(二)色紙系列無碳複寫紙

1.黃色無碳複寫紙

此系列之有色紙回收脫墨漿，一般以漂白方式改善白度，同時並加入螯合劑(chelating agent)以阻止漂白藥品之分解，如有銅、鐵、錳等金屬離子的存在，將使過氧化物或亞硫酸鈉發生分解作用，而降低漂白效果(Ni et al. 1997)。因此在進行 H_2O_2 漂白之際，金屬離子必須從紙漿中除去。一般在 H_2O_2 漂白前以螯合劑如：EDTA或DTPA處理，形成螯合劑與無機性化合物間的化學複合物，如此便可從紙漿中除去。TAED (tetra acetyl ethylene diamine)作為過氧化氫漂白之活性劑，與 H_2O_2 反應可產生過醋酸(peracetic acid)來改善其漂白效率(Japan patent 1992; Leduc et al. 1997)。Table 2之黃色無碳複寫紙脫墨漿原始白度為47.29% ISO，經過浮選脫墨後加入2~6% H_2O_2 ，白度可提昇至

Table 2. Effects of hydrogen peroxide bleaching on the deinking efficiency and color reversion of yellow carbonless paper

Treatment		Brightness (% ISO)	P.C. number ³⁾
H_2O_2 ¹⁾ (%)	H_2O_2 ²⁾ (%)		
Blank		47.29	0.30
0	2	65.16	0.12
0	4	70.46	0.29
0	6	71.28	0.30
2	0	71.95	0.72
2	2	80.71	0.82
2	4	81.58	0.68
2	6	82.62	0.49
4	0	72.00	0.52
6	0	73.95	0.64
6	6	83.49	0.96

¹⁾ Bleach addition.

²⁾ H_2O_2 bleaching, soaking for 15 min.

³⁾ Temperature of 105°C for 24 h and a pressure of 60 kg cm⁻¹.

71.28% ISO，而於洗滌脫墨時加入2% H₂O₂，並於浮選段後增加一段2、4或6% H₂O₂之二段過氧化氫漂白，則白度可更提昇至80~83% ISO。再由CIE光學三刺激值(L*、a*、b*)的比較結果，經H₂O₂漂白後，其L*值由88.31提升到92.97，顯示經H₂O₂漂白後所得再生紙漿有較高的明亮度；代表紅綠軸的a*值，有減小之趨勢；代表黃藍軸的b*值亦有變小的情形，顯示顏色由黃色轉藍變化。再者，由洗滌脫墨時加入H₂O₂ 4及6%，所得再生漿之白度為72~73% ISO，但若再浮選段後增加一段H₂O₂漂白，再生漿之白度即可提昇為80% ISO以上。故由以上數據顯示，只要經過兩段H₂O₂漂白，其白度即可提昇至80% ISO以上。

再進一步將手抄紙經加速劣化處理，各組白度降低幅度並不大，白度安定性以P.C. no.表示，各組均在0.5以下，而其色差值各組均於2.5以下。此結果顯示，以二次漂白處理，即可解決無碳複寫紙(黃色中紙)於再生時紙品表面產生低白度及黑色斑點(或墨量)之現象，而其中以散漿脫墨時加入2% H₂O₂，並於浮選段後再增加一段2、4或6% H₂O₂漂白處理效果最為良好，因其可使再生漿的白度提高及使白度安定性趨於穩定。

2. 紅色無碳複寫紙

於紅色紙之再生方法中，我們起先是以兩

段H₂O₂漂白，但所得之再生漿白度低落，故更改為使用一般之脫墨處理後，即利用NaOCl/H₂O₂之系統漂白(Su and Chen 1999)。因次氯酸鹽應用於紙漿的漂白很廣，能夠破壞大部分有色紙漿之染料，即當料源之色紙含量增加時，無法漂至理想白度，影響成品的品質及價格，必須將色紙經過適當脫色方法，以製造品質好的白色漿，其去色能力優於H₂O₂。但迫於環保壓力，必須轉換製程，以去除有機氯化物之生成。最近幾年H₂O₂作為各種紙漿漂白藥品有逐漸成長之趨勢，對環境而言，使用上較為安全，但為了漂白藥品的價格因素及漂白漿的最終目的乃配合採用次氯酸鹽段漂白。

Table 3之紅色無碳複寫紙脫墨漿原始白度為57.2% ISO，經浮選後施以NaOCl/H₂O₂之系統漂白，其白度提升甚多，如：第一段使用1、3、5% NaOCl，則白度分別提昇至60.2、68.76及79.10% ISO，若再加入第二段，即使用2、4% H₂O₂漂白可提昇至75~82% ISO，尤其以5% NaOCl及4% H₂O₂漂白，其白度可達82.6% ISO為最高。再由光學三刺激值(L*、a*、b*)的比較結果，經NaOCl/H₂O₂漂白後，其L*值由82.18提升到91.96，顯示經漂白後所得再生紙漿有較高的明亮度；代表紅綠軸的a*值，有減小之趨勢；代表黃藍軸的b*值亦有變小的情形，顯示顏色由黃色轉藍變化。

Table 3. Effects of a hypochlorite and hydrogen peroxide bleaching sequence on the deinking efficiency and color reversion of red carbonless paper

Treatment	Brightness (% ISO)	L*	a*	b*	P.C. number ¹⁾
Blank	57.20	82.18	14.40	2.80	0.86
1% NaOCl	60.20	82.45	21.80	0.16	0.76
1% NaOCl+2% H ₂ O ₂	75.23	86.95	12.64	-0.26	0.46
1% NaOCl+4% H ₂ O ₂	78.65	85.86	10.63	-0.68	0.55
3% NaOCl	68.76	85.91	15.52	-1.26	0.75
3% NaOCl+2% H ₂ O ₂	76.89	88.23	12.68	-1.76	0.36
3% NaOCl+4% H ₂ O ₂	80.63	90.65	10.96	-1.95	0.37
5% NaOCl	79.10	90.39	15.20	-1.57	0.35
5% NaOCl+2% H ₂ O ₂	81.32	91.68	11.86	-1.68	0.46
5% NaOCl+4% H ₂ O ₂	82.60	91.96	10.48	-1.89	0.60

¹⁾ Temperature of 105°C for 24 h and a pressure of 60 kg cm⁻¹.

再進一步將手抄紙經加速劣化處理，各組白度降低幅度並不大，白度安定性(P.C. no.)各組均在0.8以下，而其色差值各組均於1.8以下，以NaOCl/H₂O₂之系統漂白處理，即可解決紅色無碳複寫紙於再生時紙品表面產生低白度之現象，而其中以脫墨處理後加入3、5% NaOCl及2、4% H₂O₂漂白，可使再生漿的白度提高及使白度安定性趨於穩定。

二、雷射印表紙的再生

(一)傳統化學脫墨法之再生評估

於雷射印表紙的再生，首先以傳統化學脫墨法評估其再生漿性質。於Table 4為利用傳統化學脫墨法所得之再生漿之白度及墨斑的脫墨效率。所得之再生紙漿白度由原本之84% ISO提昇至90% ISO以上。再者評估其脫墨效率，雖於浮選脫墨後可去除93-95%之墨斑，但殘留之墨斑卻仍高達300 ppm左右，嚴重影響使用意願，顯示雷射印表紙的再生，如以傳統化學脫墨法作業，是無法解決其殘存墨斑的問題。

(二)添加各種長碳鏈醇後對脫墨效率之評估

因傳統化學脫墨法無法解決雷射印表紙之再生問題，故我們再改以添加各種長碳鏈醇擬增大粒徑，以改善其脫墨效率。添加各種長碳鏈醇處理後，評估其粒徑之大小及分布，其結果如Table 5所示。由表可知，添加各種長碳鏈醇，如：十二醇、十四醇、十六醇、十八醇及十八醇加丁醇，其墨斑平均粒徑，隨碳數之增

加而愈大，以十八醇為最佳；而其墨斑粒徑之最大值亦有相同之趨勢，由原本之0.121 mm²提昇至十八醇+丁醇之1.515 mm²，增加了7倍之多。再者，分析其墨斑粒徑分佈圖(Fig. 2)，其粒徑分佈也隨碳數增加，粒徑有愈大之傾向，故證明長碳鏈醇具有將墨點凝聚功能，而使墨點粒徑變大之現象，尤其以十八醇及十八醇加丁醇組有最大之凝聚效果。

添加長碳鏈醇於洗滌脫墨段，發現各組之脫墨漿之殘留墨斑，由原本之5399 ppm降至3200-4000 ppm，但殘留墨斑的比率太高，故再將這些脫墨漿再施以浮選脫墨段，結果脫墨效率雖高達94%以上，但殘留墨斑仍達100-300 ppm左右，無法達到品質要求，而其殘留墨斑之趨勢為長碳鏈醇之碳鏈愈長，脫墨效率愈佳，而其中以十八醇加丁醇脫墨效率達97%為

Table 5. Ink particle aggregation efficiency of laser-printed paper after treatment using different deinking chemicals

Treatment	Particle size (mm ²)	
	Max.	Mean
Blank	0.121	0.002
Conventional method ¹⁾	0.259	0.028
DI-360+n-dodecanol	0.307	0.028
DI-360+n-tetradecanol	0.324	0.032
DI-360+n-hexadecanol	0.345	0.035
DI-360+n-octadecanol	0.376	0.043
DI-360+n-octadecanol+n-butanol	1.515	0.048

¹⁾ Conventional method (Su and Chen 1999).

Table 4. Evaluation on the deinking efficiencies of a conventional deinking method for laser-printed paper

Treatment	Brightness (% ISO)		Dirt counts of ink particles (ppm)	
	Washing	Washing+Flotation	Washing	Washing+Flotation
Blank	84.32	-	5399	-
Conventional method A ¹⁾	89.29	91.96	3786 (29.18) ³⁾	368 (93.18)
Conventional method B ²⁾	92.53	92.98	3492 (35.32)	298 (94.48)

¹⁾ Conventional method A: the deinking surfactant was RI-60.

²⁾ Conventional method B: the deinking surfactant was DI-360.

³⁾ (): Deinking efficiencies in comparison with the blank.

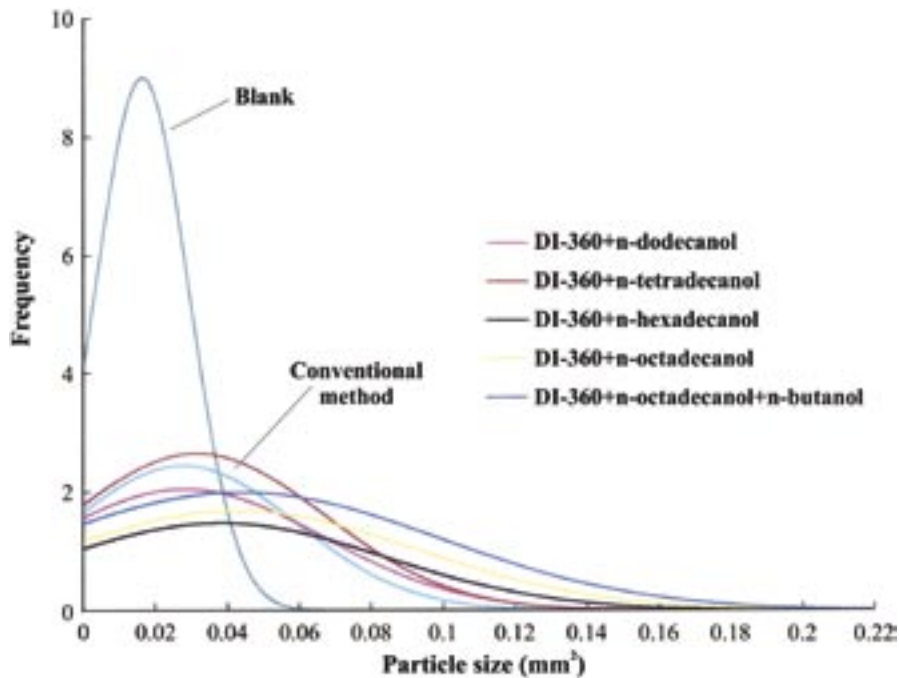


Fig. 2. Diagram showing ink particle size distributions after treatment using different deinking chemicals.

最佳(Table 6)。故如以長碳鏈醇進行洗滌及浮選脫墨，也無法解決雷射印表紙殘存墨斑的問題，推測其原因為墨點粒子凝聚太大，於浮選脫墨時，其浮選時所產生之氣泡，無法將其墨斑浮上而完全去除，導致所得再生漿之表面尚有殘存墨斑之問題，而影響再生紙之品質。

(三)改變脫墨流程對脫墨效率之探討

上述試驗為利用洗滌及浮選脫墨處理，但也無法解決此種紙種之再生時之脫墨效率問題，我們以長碳鏈醇進行洗滌脫墨後直接進入淨漿處理，結果如Table 7所示。於再生漿白度性質上，各組之白度為92~95% ISO，殘留墨斑

Table 6. Evaluation on the efficiencies of different deinking processes (washing + Flotation) and chemicals on the deinking of laser-printed paper

Treatment	Brightness (% ISO)		Dirt counts of ink particles (ppm)	
	Washing	Washing+Flotation	Washing	Washing+Flotation
Blank	84.32	-	5399	-
Conventional method ¹⁾	92.53	92.98	3492 (35.32) ²⁾	298 (94.48)
DI-360+n-dodecanol	92.38	93.03	3382 (37.36)	278 (94.85)
DI-360+n-tetradecanol	92.23	92.96	3437 (36.34)	203 (96.24)
DI-360+n-hexadecanol	92.16	93.12	3392 (37.17)	198 (96.33)
DI-360+n-octadecanol	92.68	93.29	3268 (39.47)	169 (96.87)
DI-360+n-octadecanol+n-butanol	92.63	94.68	3912 (27.54)	124 (97.70)

¹⁾ Conventional method (Su and Chen 1999).

²⁾ (): Deinking efficiencies in comparison with the blank.

Table 7. Evaluation on the efficiencies of different deinking processes (washing + centri-cleaning) and chemicals on the deinking of laser-printed paper

Deinking surfactant	Brightness (% ISO)		Dirt counts of ink particles (ppm)	
	Washing	Washing+ Centri-cleaning	Washing	Washing+ Centri-cleaning
Blank	84.25	-	5421	-
Conventional method ¹⁾	89.35	92.32	3756 (30.71) ²⁾	62 (98.86)
DI-360+n-dodecanol	92.16	93.82	3362 (37.98)	22 (99.59)
DI-360+n-tetradecanol	91.93	93.29	3441 (36.52)	12 (99.78)
DI-360+n-hexadecanol	92.08	93.62	3381 (37.63)	10 (99.82)
DI-360+n-octadecanol	93.08	94.36	3228 (40.45)	5 (99.91)
DI-360+n-octadecanol+n-butanol	92.80	95.32	3846 (29.05)	5 (99.91)

¹⁾ Conventional method (Su and Chen 1999).

²⁾ (): Deinking efficiencies in comparison with the blank.

Table 8. Physical properties of recycled laser-printed paper

Treatment	Tensile index (N · m g ⁻¹)	Tear index (mN · m ² g ⁻¹)	Burst index (kpa · m ² g ⁻¹)	Folding endurance (double folds)	Strength index ¹⁾
Blank	38	8.34	2.96	28	11.62
Conventional method ²⁾	39	8.31	2.49	18	11.22
DI-360+n-octadecanol	37	8.33	2.46	21	11.01
DI-361+n-octadecanol+butanol	37	8.31	2.45	19	10.98

¹⁾ Strength index = Breaking length + Brush factor / 10.2 + Tear factor / 17.9 + Folding endurance / 665 (Sekine 1961).

²⁾ Conventional method (Su and Chen 1999).

由原來之5400 ppm降至僅為60 ppm以下，脫墨效率均高達99%以上，但以十八醇或十八醇+丁醇殘留墨斑為最少，僅為5 ppm，且其脫墨效率為依碳鏈數愈高，殘留墨斑愈少。於收率上，各組約為85%左右，較傳統脫墨組佳。而對於再生漿物理性質比較(Table 8)，於十八醇、十八醇+丁醇與傳統脫墨組之綜合強度指數差異不大，故此試驗顯示，改變傳統脫墨流程，以此種洗滌脫墨後直接進入淨漿處理，即可解決殘存墨斑之問題，且可節省相當多之成本及水資源。

結論

一、無碳複寫紙之回收

(一)無碳複寫紙之回收，施以顯色前處理，再進入脫墨程序，才可將有色粒子有效去除，以有效解決回收紙品白度低落或黑暈之問題。

(二)黃色紙之回收，可利用二次漂白，即散漿脫墨時，加入2% H₂O₂，並於浮選段後再增加一段2、4或6% H₂O₂漂白處理效果最為良好，白度可達80% ISO以上，即再生漿的白度提高及白度安定性趨於穩定。

(三)紅色紙之回收，為取脫墨後之適量漿料以濃度3、5% NaOCl溶液於20°C下浸漬10 min 後完全洗淨，再進行用量2、4%之H₂O₂漂白，白度即可達75% ISO以上，且白度安定性趨於穩定。

二、雷射印表紙之回收

(一)由墨點粒徑試驗得知：粒徑大小，隨碳數增加而愈大，以十八醇為最佳。證明長碳鏈醇具有將墨點凝聚功能及粒徑變大之現象。

(二)脫墨處理時，加入十八醇或十八醇+丁醇，並立即進入淨漿機，其墨點所佔面積可由散漿時之5400 ppm，降至淨漿後的5 ppm，於白度上，可達95% ISO以上。本法為脫墨處理後，直接進入淨漿段，不必經浮選段，即可將墨點全部去除，堪稱節省相當之成本及水資源。

謝誌

本研究承蒙行政院農業委員會92農科-8.2.3-森-G1及93農科-8.2.3-森-G1經費之補助，使本試驗得以順利進行，在此敬致謝忱。

引用文獻

Japan patent. 1992. Method of plant bleaching. Patent no.108-92. Tokyo: Japanese Patent Office.

Leduc C, Sain MM, Daneault C, Lanouette R. 1997. Peroxide-activated peroxide-perborate: which one to use and where to add it in the bleaching of mechanical pulp. Pulping Conference; 1997 Oct. 19-23: San Francisco, CA.

where published: TAPPI Press, p 471-6.

Ni Y, Li Z, Heiningen ARP. 1997. Minimization of the brightness loss due to metal ions in process water for bleached mechanical pulps. Pulp Paper Can. 98(10):72-5.

Sekine H. 1961. Strength index for paper. Jp TAPPI J 36(6):11-4. [in Japanese].

Shrinath A, Szewczak JT, Bowen IJ. 1991. A review of ink-removal techniques in current deinking technology. TAPPI J 74(7):85-93.

Su YC, Chen H-T. 1999. Bleaching of deinked printing and writing paper pulps. Taiwan J For Sci 14(2):187-96. [in Chinese with English summary].

Su YC, Ho C-L. 2004. Thermal paper recycling. Taiwan J For Sci 19(1):29-36. [in Chinese with English summary].

Su YC, Sun DK. 1995. Studies on the deinking of wastepaper (Part I) Establishment of a deinking sequence for old newspaper and the characterization and improvement of deinked pulp. Taiwan J For Sci 10(3):293-307. [in Chinese with English summary].

Su YC. 2003. Carbonless paper. Taiwan TAPPI J 7(3):1-13. [in Chinese with English summary].

White M.A. 1998. The chemistry behind carbonless copy paper. J Chem Educat 75(9): 1119-20.

