

脫墨漿製造技術的發展及今後面對的課題

蘇裕昌*

Development of Deinking Pulp Technology and Its Future Issues

Yu-Chang Su*

Summary

In Japan, there are 5 decadal periods in deinking pulp developments up to now. In the 1st, 3rd, and 5th decades, deinking pulp was relatively favored, while in the 2nd and 4th periods, it was in a doldrums. In the same periods, production techniques of deinking pulp had 3 notable items: 1) newspaper shifting from b&w to colored; 2) environmental concerns dictate a preset recycle content; 3) low quality office waste start to appear in deinking pulp after 2005; and 4) hard to deink UV cured ink increased. Deinking operation has 3 elemental technologies of deink, remove of contraries, and bleaching. The paper delineates each of the technological aspect and points out that in the future environmental considerations of unit production power, chemical and waster reduction shall become the main issues.

Key words : Deinking Technology, Deinked pulp manufacturing, Deinked pulp

一、日本脫墨紙漿相關環境的變化

1965 年以後日本的廢紙回收率與使用率的變遷如圖 1 所示。每 10 年為 1 階段共可分為分 5 階段，第 1 階段、第 3 階段、第 5 階段中使用率與回收率均同時呈增加的現象。第 2 階段、第 4 階段則有停滯的現象，雖有增加-停滯的情形但是使用率與回收率均呈上昇的現象。第 1 階段時廢紙回收率與使用率的增加，是由於因應瓦楞紙箱原紙、與機械抄製和紙的需求而有增加。第 2 階段由於因應強度對策製備瓦楞紙箱原紙時使用中亞硫酸紙漿而使廢紙回收率與使用率進入停滯期。其後、第 3 階段時由於能源危機，電力價格高騰，抄紙使用之機械紙漿為原料之紙種，改成以脫墨紙漿為原料，因而對廢

紙的需求增加。第 4 階段時則由於新聞的輕量化、及平版印刷化因而導致廢紙消費的停滯。第 5 階段時由於環境問題及原料的供給而有廢紙使用率的增加。自第 5 階段的前半開始即 2000 年左右起、廢紙回收率與使用率間顯示有較大的差異，是由於部分廢紙往以中國為主的亞洲諸國輸出為主因。

在同一期間，脫墨在生紙漿的製造技術有較大變化的項目，為 (1). 新聞用紙的改變：1985 年以後平版印刷化、輕量化更由於在第 5 階段時因應彩色印刷等，新聞用紙有往高品質化進行的趨勢。(2). 起因於環境問題的考量，事先設定有廢紙使用率的目標值，具體的作法為提高在印刷資訊用紙上的使用率，但是由於新聞廢紙的不足則在 1995 年以後開始使用雜誌廢紙作為脫墨漿的原料。(3). 目前 (2005 年

以後) 則由於廢紙輸出的增加及廢紙的不足, 也開始使用低品質的辦公室廢紙作為脫墨漿的原料。除此之外, (4). 另外的一個大問題為使用 UV 硬化油墨的印刷物等難脫墨印刷物, 在第 5 階段以後印刷方式的多樣化中有增加的現象, 因而有許多檢討對策 (表 1)。

表 1 影響 DIP 製造技術的項目

1. 新聞用紙的變遷
 - 平版印刷(1985~1995)
 - 輕量化(1985~1995)
 - 高品質化(1995~2005)
2. 事先設定有廢紙使用率的目標值
 - 提高在印刷、資訊用紙上的使用率(1995~2005)
 - 雜誌廢紙的使用(1995~2005)
3. 廢紙輸出的增加, 廢紙的不足
 - 低品質的辦公室廢紙的使用(2005~)
 - 使用 UV 硬化印刷油墨的問題(2005~)

步。以新聞用紙為例說明之, 第 3 階段的 1979 年一般在新聞用紙漿料中配合添加大約 10% 的脫墨紙漿、1986 年則增加為添加 30%、2005 年更增加為添加 70% , 即在 1979 年脫墨紙漿作為配料使用, 2005 年轉應用為主原料, 由配角轉成主角 (圖 2), 其原因為製造脫墨紙漿技術的進步的同時, 濕端的應用技術也有突飛猛進的才能有上述的成績。

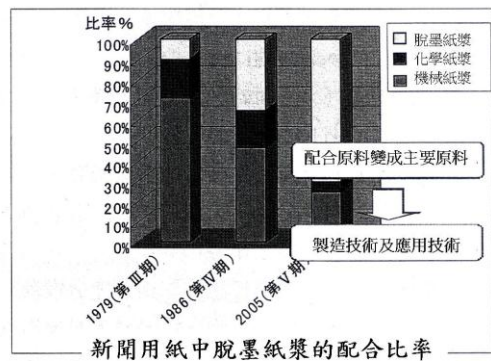


圖 2. 脫墨紙漿在紙紙原料中扮演的角色

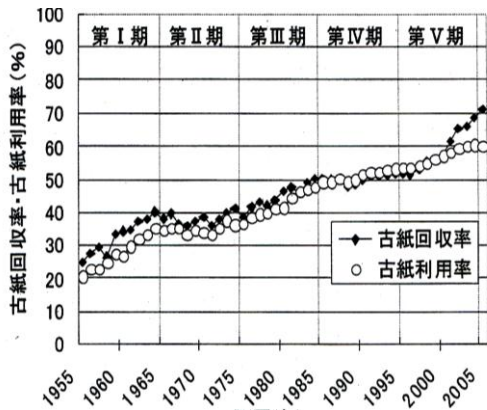


圖 1. 日本廢紙回收率與使用率的變遷

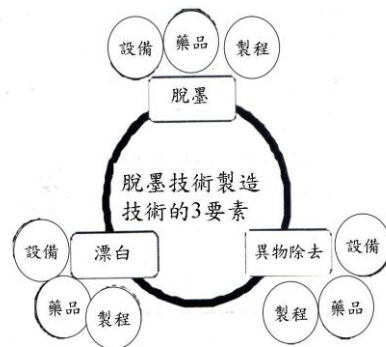


圖 3. 脫墨漿製造的 3 要素技術

整理以上的說明, 可發現在第 4 階段的 1985 年以後、廢紙脫墨處理及利用技術有急遽的發展及進

二、脫墨紙漿製造技術的發展

1. 脫墨漿製造的 3 要素技術

脫墨漿的製造不單純是將廢紙進行脫墨所得到的紙漿，也必須去除其中之夾雜物，除此之外，有時也必須進行脫墨紙漿漂白，以達到要求的白度。因此，(1) 脫墨、(2) 夾雜物的去除、與(3) 漂白等，合稱脫墨漿製造 3 要素技術，要達成此 3 要素技術的關鍵，主要的關鍵在與設備、藥品、製程等之相關技術的配合 (圖 3)。

影響脫墨漿製造技術的主要因素，主要為政策的改變、能源供應狀況、或料源或成品的供應與需求、及相關領域技術的發展等。例如自 1975 年到 85 年、甚至延長到 95 年 (第 4 階段)，新聞用紙中需添加較高比例的脫墨紙漿、及新聞印刷的趨勢往平版印刷化。當時因原材料的品質，所面臨的課題為未剝離油墨即稱之為墨鬚的問題、或由於微細的油墨導致紙面帶暗色的現象，因此遂在 3 要素技術中最受注目的脫墨技術，陸續進行各種技術開發的研究。進入第 4 階段後，由於製造印刷資訊用紙的原料採用多數的廢紙，製造印刷資訊用紙時需要有大白度的脫墨紙漿，因此 3 要素技術中的漂白，因此有大幅度的進步。第 5 階段則因低品質雜誌廢紙利用的增加，雜誌廢紙中夾雜有多種多量的異物，黏著異物等夾雜物的去除被認為是當時最重要課題，因而有該項目的對策探討。目前的狀態由於高品質廢紙的供應不足，低品質廢紙的使用也漸有增加之趨勢，因此，在此階段的技术開發仍舊是著重在黏著異物等的夾雜物的去除 (圖 4)。

2. 關鍵技術 1: 脫墨技術

脫墨技術主要分為油墨剝離、與油墨去除兩項作業，兩項作業中所採用之設備，在油墨剝離作業主要為散漿機 (Pulper)、及高濃度分散機。在油墨去除作業主要為浮選設備、及淨漿設備。所使用的藥品中脫墨劑為脫墨技術的重心，在各種脫墨紙漿製程上雖有很大的變異，但是其中以熟成浸漬 (Soaking) 工程的導入、及二段脫墨法為技術變遷的重點。

這些脫墨處理技術的變遷之主要影響因素間的關係整理如圖 5。由於自第 3 階段的新聞用紙的脫墨漿的配合率的增加，及其後第 4 階段使用平版印刷廢紙為脫墨原料，導致殘留油墨發生，因此其對策，例如 (A) 在脫墨漿製程的導入使用高濃度散漿機、及高濃度分散機，即揉漿機 (Kneader)、分散機 (Dispenser)。(B) 在脫墨漿製程中也導入以化學性的墨剝離促進法，即浸漬工程在多數工廠採用。(C) 為了提升油墨去除效率的提升，當時日本國產浮選設備也有積極的開發，由洗淨法轉變成浮選法 (圖 6)，由於此種影響，所使用的藥品也採用適合浮選製程的脂肪酸類脫墨劑的多為使用。

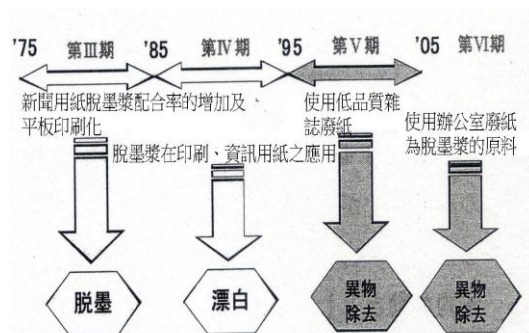


圖 4 影響脫墨漿製造及應用之重要因素與因應之 3 要素技術的發展

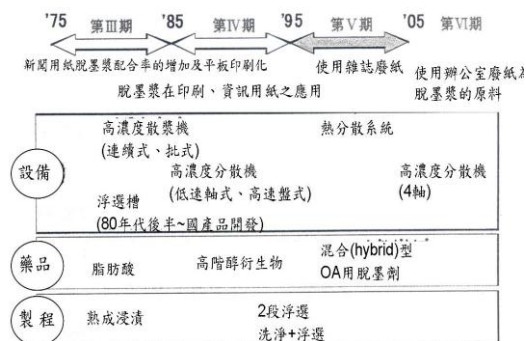


圖 5 脫墨技術的變遷

進入第 1990~1995 階段後，配合新聞印刷的平板印刷化的進行、印刷資訊用紙的多量使用廢紙的需求，所採用之脫墨藥品也轉換為使用油墨剝離性優良的高級醇誘導體。設備方面，以高速網型 (wire type) 洗淨機取代浮選機 (Flotator)。製程方面則因應製造高白度脫墨漿的要求，開發並應用以二段浮選段、與浮選段與洗淨機組成之洗淨-浮選二段作業流程。更進一步，從第 4 階段到第 5 階段的 1995 年前後，採用後分散系統 (Post dispersion system)，以高溫將異物或油墨分散。除此之外，更由於雜誌廢紙的使用以及因應印刷的多樣化，開發並使用新型混合型 (Hybrid type) 的脫墨劑、或專為對付辦公室廢紙中的油墨硬化樹脂的脫墨劑等進行脫墨作業。進入第 6 階段後更因應辦公室廢紙中所含樹脂類難脫墨的印刷物的脫墨，開發並導入新型高濃度分散型之 4 軸揉漿機採用在該紙種的脫墨作業上。

(1) 脫墨設備

(A) 散漿機：在第 3 階段後半為了促進油墨的剝離，散漿機由低濃度散漿轉變為使用具高纖維間磨擦的高濃度散漿機。操作方式分為批式與連續式，批式作業具有高油墨剝離力與離解力，而連續式作業利用分為離解區與篩選區的二段作業，雖其油墨剝離力不若批式強，但其異物微細化程度較少，是具有較高分離異物效果的散漿機。

另外，幾種提高油墨剝離設備高濃度分散機，在第 3 階段的 80 年代漸被多數導入工程內使用，一種低速軸型的揉漿機、另外一種為高速盤型分散機 (圖 7)。低速軸型揉漿機滯留時間長達數分鐘，油墨剝離性非常優異，如發生之墨鬚之問題的日本、多數採用此型。高速盤型分散機滯留時間短、但衝擊力強對異物的分散性佳，歐洲多採用此型 (圖 8)。第 4 階段以後，製造印刷資訊用紙中開始使用脫墨紙漿，因此此類散漿設備也加入生產的行列。其中之的高速軸型散漿機如 IHI-Voilth 的 2 軸處理器，可以在非

常高速的攪拌，對藥液攪拌性佳、且在應用同時進行在過氧化氫漂白，具高漂白效果之高濃度分散機。

第 5 階段中開發之錐型分散機 (Conical disperser)，較盤型分散機 (Disc disperser) 滯留時間短，但形狀為錐型，對纖維具較複雜的動作，而延長滯留時間。在同一階段，熱分散系統 (Hot dispersion system) 的開發、導入，較前述盤型分散機不同的，是在磨具前裝設加熱管，將紙漿進行 100℃ 以上處理，以強化對油墨或異物的分散效果，且能同時進行在高溫的漂白，是一非常劃時代的設備。

由於熱分散系統的開發、導入脫墨漿製造系統，即揉漿機或熱分散機的組合而達到製備高品質脫墨漿。進入第 5 階段後由於低品質的雜誌廢紙的使用漸增多，新型高濃度散漿機加入使用的行列。圖 9 左側為 IHI 散漿設備的兩個分離鼓 (Twin drum)，分別為離解區與精選區，離解區設有分散設備，進行揉漿作用，以強化纖維的離解力與油墨的剝離力。另外、圖 9 右側上為新浜幫浦公司所開之揉漿式散漿機，此型連續式散漿設備設有揉漿區以提升離解力、剝離力。兩者均能抑制異物微細化且具強力油墨剝離力、纖維離解力，適合應用於低品質廢紙脫墨之使用。

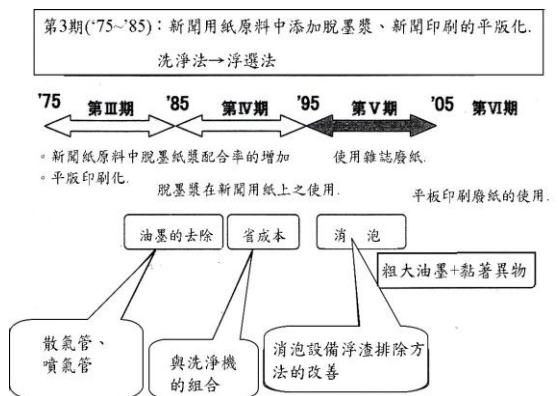


圖 6. 脫墨技術的變遷 (75~85)

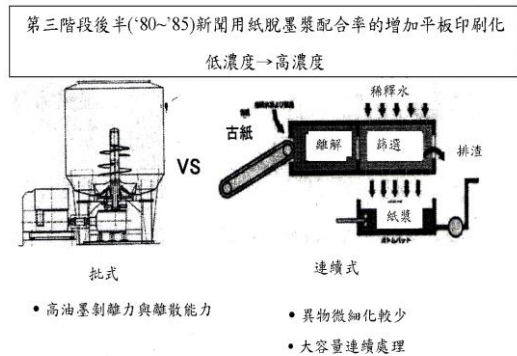


圖 7. 脫墨技術的變遷 (75~85) 散漿機的變遷

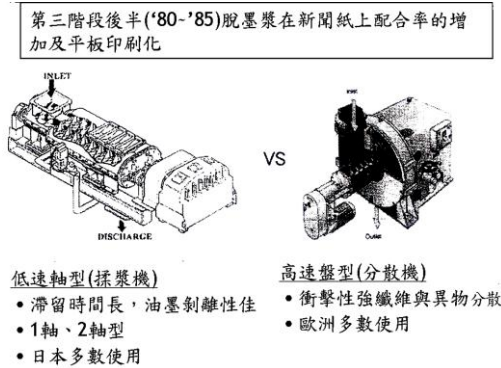


圖 8. 散漿機的變遷；高濃度散漿機設備(低速軸型: 高速盤型)

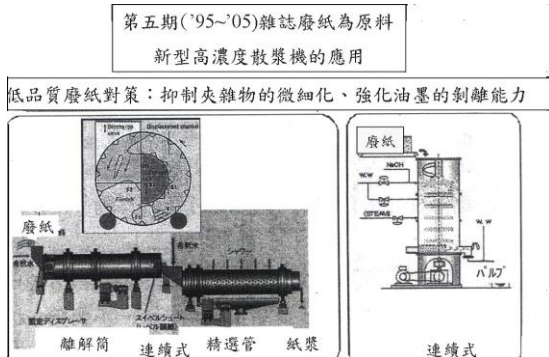


圖 9. 散漿機的變遷：(95~05)新型高濃度散漿機的應用
應用新型高濃度散漿機設備

目前進入第 6 階段，由於低品質辦公室廢紙的使用，因應難脫墨油墨的脫離開發 4 軸揉漿機，各軸分別以不同的轉數旋轉，在設備中原料由於複雜的運動，硬質油墨漸漸的微細化，含有 UV 硬化樹脂之難脫墨印刷物也能具優良之脫墨效果。

(B) 浮選槽

浮選槽可稱之脫墨工程的心臟部之重要設備。在第 3 階段時，新聞用紙中使用脫墨漿的配合比例的增加，因而脫墨法由之洗淨法轉變為浮選法 (圖 10)。此時之課題為如何去除微細油墨，當時有種日本產的浮選槽被開發出來。其中的一類為如王子公司的 OK 型浮選槽、K 型浮選槽、或 IHI 的 MT 浮選槽等，使用散氣管及旋轉機的轉動，製備出多數的微細氣泡，而達到微細油墨的去除。另外一類的方式為噴流方式 (injector)，例如新浜幫浦公司的 (High Flotator) 利用淨漿機 (Cleaner) 的原理浮選槽，對微細油墨的去除具優異效果 (表 2)。

第 5 階段 由於開始使用低品質的雜誌廢紙，由於雜誌廢紙極易起泡而導致泡沫問題的發生，因此進行要有具消泡效果的浮選槽、或是浮選槽周邊的設備。散氣管及旋轉機的轉動方式的 IHI-Voilth 的 MT 2 型浮選槽為密閉型的浮選槽。以及以噴流方式的相川鐵工 Mac cell 密閉型浮選槽，兩者均為內部多少為加壓狀態，將浮渣排出到大氣壓下則泡沫自然消除。

表 2. 影響浮選效率之因素 (不同進氣法的比較)

	油墨與泡 的接觸	往浮渣層氣 泡之移動	浮渣的分離
散氣管 方式	重視接觸 時間並列 排列	浮選槽的一 部份	刮除、自 然、加壓
噴氣式	重視接觸 次數直列 排列	幾乎浮選槽 的全部	自然、吸 引、加壓

浮選槽以外的油墨去除設備為洗滌機 (Washer)，由於印刷資訊用紙配合脫墨漿的使用，要求高品質的脫墨紙漿，因此脫墨設備呈重裝備，在不減少浮選槽的台數，要達到高洗滌效率，所開發・導入的設備為高速濾網型 (Wire type) 洗滌機如相川的 DNT 洗滌機，其入口濃度為 2-30%、出口濃度為 8-10%，能在較浮選槽較高濃度下處理。因此可應用為脫水機的前處理，多數的紙種的脫墨工程均導入此設備，除了濾網型洗滌機以外也有鼓型 (Drum type) 洗滌機的使用例 (圖 11)。

(C) 脫墨藥品

第 3 階段時轉變為浮選法為脫墨方法的時代，此階段常使用脂肪酸為脫墨藥劑，脂肪酸具優異的油墨捕集能力。以下簡單的說明以其脫墨的原理 (圖 12)。油墨的周圍上脂肪酸吸著後，加入鈣離子則形成脂肪酸鈣鹽，脂肪酸鈣鹽的疏水性非常高，油墨與疏水粒子的凝集後，使之附著於氣泡上在以浮選槽去除。

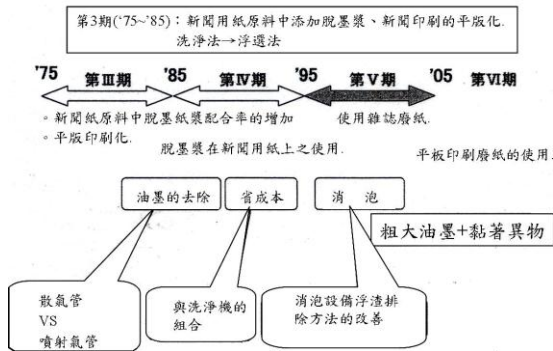


圖 10. (75~85) 脫墨方法由洗淨往浮選法變遷

第 4 階段時由於新聞印刷的平版印刷化，其結果產生油墨剝離困難的問題，因此需要有具油墨剝離力優越的脫墨藥劑。在此期間，幾種脂肪酸衍生物、或油脂衍生物等被開發、利用為脫墨劑，最終以能得到高脫墨效果的高階醇類化合物脫墨劑被較多採用。

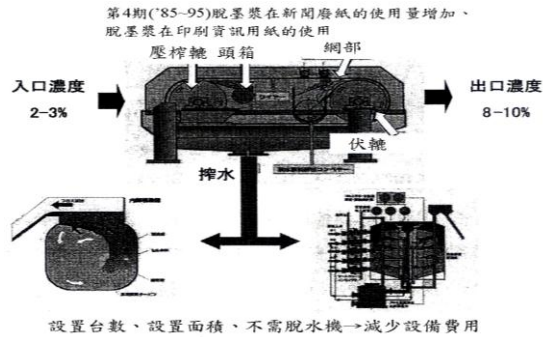


圖 11. 各種新型洗滌機的導入

此類高階醇類化合物為烷基 (Alkyl) 鏈與氧化乙烯 (Ethylene oxide) 或氧化丙烯 (Propylene oxide) 等單體的聚合物，依其單體分子的配列可分為體 (Block)、隨機體 (Random) 等，各具其特有性質 (圖 13)。因此在應用時配合製程使用以彰顯為其優點，但仍殘存較脂肪酸類脫墨劑對油墨捕集能力較差的課題存在。

進入第 5 階段由於高比率脫墨紙漿在印刷資訊用紙製造時的添加，要求必須有高品質的脫墨漿，因此使用高油墨剝離性、與凝集性兼備的混合型的脫墨劑進行脫墨，如高階醇類加上脂肪酸、或高階醇類加上陽離子性藥劑脫墨劑等。本階段開始使用雜誌廢紙為脫墨漿的原料，因此可能有發泡問題的發生。因此，開發並導入動態表面張力較高的低發泡型脫墨藥劑在脫墨製程上應用。

過了第 5 階段，由於低品質辦公室廢紙的多量使用，因應印刷油墨中樹脂的種類而開發的脫墨劑也同時進行。一般新聞印刷的脫墨時如脫墨劑的表面張力為 33 mN/m 左右，其未剝離油墨最低，對付樹脂的油墨如使用疏水性稍強的脫墨劑 (表面張力 30 mN/m 左右)，也可製得低未剝離油墨指數的脫墨紙漿。以上所述均為因應印刷物使用適合之脫墨劑之一例 (圖 14)。除此之外，脫墨劑也被要求需要能高機能化，如對黏著夾雜物的去除率高的脫墨劑、對灰分去除率高的脫墨劑、對上膠效果影響較小的脫墨

脫墨漿製造技術的發展及今後的課題

劑等脫墨劑的開發也被積極的進行，部分高機能化脫墨劑已經被應用。

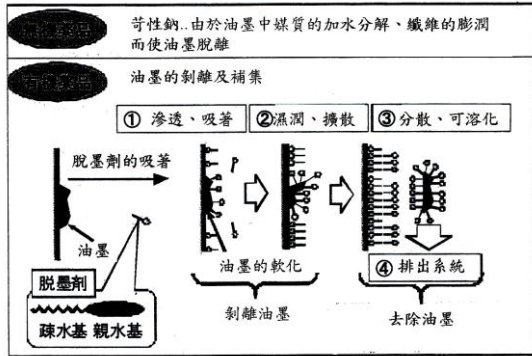


圖 12. 脫墨藥品功能及對油墨的抑制機制

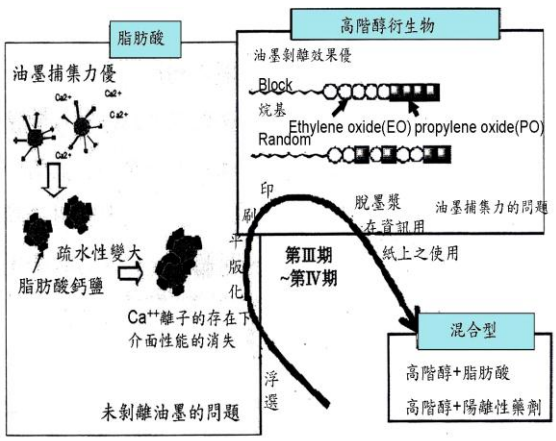


圖 13. 脫墨技術的變遷 (85~) 及脫墨效果

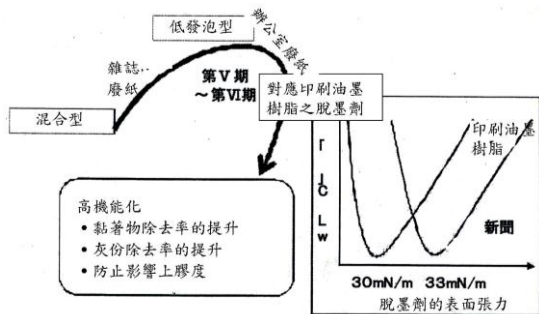


圖 14. 脫墨劑的多機能化及脫墨劑的表面張力對脫墨的影響

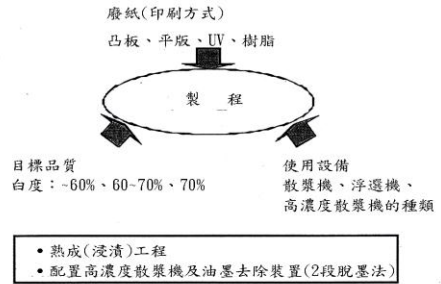


圖 15 脫墨製程的影響因素

(D) 脫墨製程

脫墨的製程如何必須考量何種印刷方式的廢紙作為原料、何種品質為脫墨紙漿的目標，除此之外、使用何種設備等其脫墨製程依各種變因的改變，製程也因而改變(圖 15)。整理最近 30 年日本的脫墨製程，具有以下的三個特徵，a.日本特有的熟成浸漬 (Soaking) 技術導入脫墨工程。b.二段脫墨法，這是為了因應在製造印刷資訊用紙使用脫墨紙漿所開發、導入之脫墨方法。c.脫墨製程中設置有線上 (On line) 測定器、緊急槽 (Emergency tank)、回流線 (return line) 等。

a.日本特有的熟成浸漬 (Soaking) 技術：熟成浸漬段在脫墨工程中的設置是在第 3 階段，由於在製造新聞用紙上有高脫墨漿的配合、與新聞印刷的平版印刷化的趨勢中，因應鬚狀油墨的對策所產生。原本浸漬塔為家庭用紙製造廠為了夜間進料及噪音對策所採用之原料儲存用，其後作為化學的油墨剝離促進法之用途。為了要求更高品質的脫墨紙漿所必須之機械的剝離促進法即揉漿機 (Kneader)、或熱分散機 (Hot dispenser) 等也被陸續加入製程中。

熟成浸漬的條件：紙漿濃度 15~20%、pH =10~11、溫度 50~60 °C、滯留時間 2~3 小時。熟成浸漬段主要的效果，隨著浸漬的進行油墨剝離對應的脫去、節省電力、也可進行同時過氧化氫漂白(圖 16)。如有 20 小時的熟成處理可得幾乎不含未剝離油墨的脫墨漿。實際應用的做法，是在 2~3 小時的浸漬處理，當油墨剝離 50% 左右，就送到下一工程。

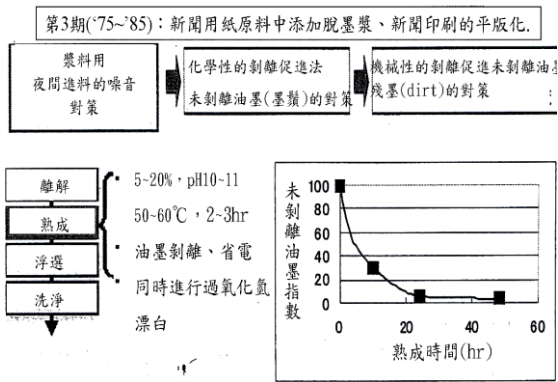


圖 16 熟成處理對脫墨效果的影響

b. 二段脫墨法二段脫墨法:由於第 4 階段製造印刷資訊用紙使用多量的脫墨紙漿,因此要求脫墨紙漿必須有高白度,為了提升脫墨效率在工程中 2 箇位置進行油墨的去除作業(圖 17)。第 5 階段開始使用雜誌廢紙則脫墨漿之汙點(Dirt)、或黏著異物對策是重要的問題所在,因此,在高濃度分散機之後設置浮選段。例如廢紙離解後、在脫墨工程經一次剝離去除油墨,高濃度分散機分散之以防止過度將油墨微細化,同時將頑固汙點或使黏著異物再其後的浮選段去除之。

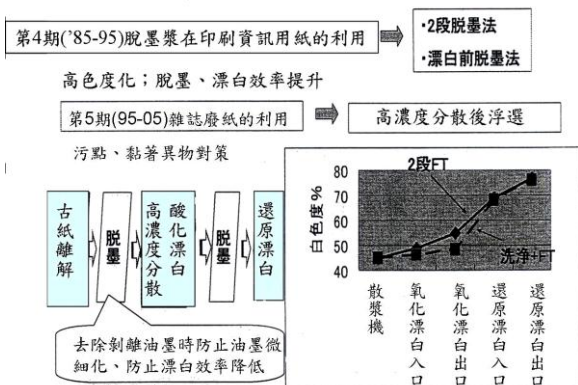


圖 17. 二段脫墨法的脫墨效果比較

3. 要素技術 2: 漂白

漂白作業時藥液的混合所使用的設備以高濃度分散機為主要技術重點。所使用之藥品,氧化漂白採用過氧化氫、臭氧、次氯酸鈉等。還原漂白則採用亞硫酸氫鈉、及 FAS (Formamidine sulfinic acid) 漂白等,漂白工程中原則上常包含氧化、還原二段漂白為技術的主流(圖 18)。第 3 階段製備新聞用紙時脫墨紙漿的配合比率的增加,以及印刷方法平版印刷化的時代,由於鬚狀油墨的問題因此有高濃度分散機的導入(作為藥液攪拌器)。此時對脫墨漿尚未要求高白度,因此,一般用於新聞紙類的脫墨漿採用過氧化氫漂白,用於道林紙類的脫墨漿採用次氯酸鈉進行浸漬漂白。其後進入第 4 階段,由於脫墨漿應用於印刷資訊用紙的製造上,需要高白度的脫墨漿,因此採用過氧化氫與亞硫酸氫鈉的二段漂白,此二段漂白配合二段浮選段中、或洗淨-浮選段中配合進行(圖 18)。

a. 漂白藥品

進入 1990 年漂白藥品 中開始使用甲脒亞磺酸(FAS; Formamidine sulfinic acid)、亞硫酸氫鈉的使用漸呈衰減。更進一步臭氧作為漂白劑的研究也積極的進行,在日本沒有在脫墨漿系統內的應用。漂白設備 95 年起採用熱分散系統進行高溫漂白可知在第 4 階段漂白技術有大幅度的發展。

廢紙中機械紙漿的含有量的多寡順序排列則順序為新聞廢紙 > 辦公室廢紙 > 白道林廢紙。雜誌廢紙則含有在生纖維的雜誌廢紙、或塗佈類雜誌廢紙其性質或機械紙漿的含有量有很大的差異。對脫墨漿的白度要求不一,因而各階段採用不同設備及不同的漂白藥劑(圖 19)。以塗佈類雜誌廢紙或道林紙類廢紙,以往常以次氯酸鈉進行浸漬漂白(歐美以臭氧漂白),目前這些廢紙中機械紙漿也含有相當量之機械紙漿,漸漸的轉換成過氧化氫漂白。還原漂白的亞硫酸氫鈉漂白也轉換成還原力強的 FAS 漂白,無論

何種廢紙作原料製備高白度脫墨漿一般舉採用過氧化氫與 FAS 組合的 2 段漂白。各種脫墨漿適用漂白藥品的選擇如 (圖 19)。

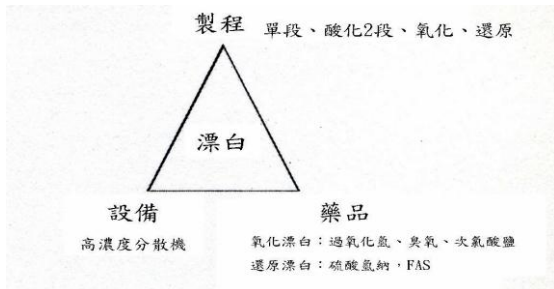
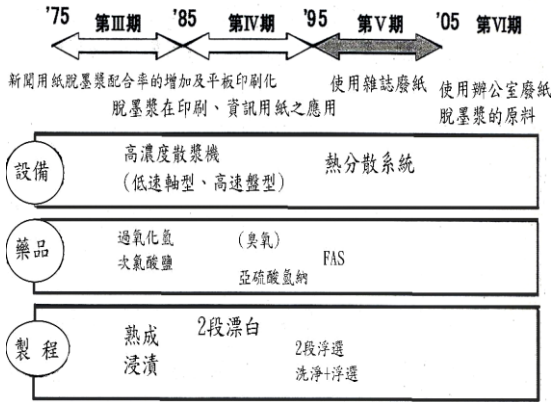


圖 18. 漂白技術的變遷及因應之漂白製程、漂白結果的因素

過氧化氫在鹼性的條件下產生過氧化物離子，可以將木質素的 Ortho-quinone 分解、或進行脫甲基化反應等，將紙漿中的發色團無色化。但是，過氧化物離子在遷移金屬、過氧化氫分解酵素(Catalase)、或低 pH 的條件下分解。

因此，適正的 pH(10-11)、矽酸鈉、螯合劑等的添加、及因應過氧化氫分解酵素增設加熱處理或添加過氧化氫分解酵素抑制劑。另外對油墨的存在對漂白是否有影響也進行檢討，比較未印刷的新聞廢紙與印刷過之新聞廢紙對漂白劑的消費量，明顯的未印刷者顯示有較低的漂白劑消費量，因而瞭解油墨會消費過

氧化氫而增加消費量 (圖 20)。

根據以上述的知見進行高濃度漂白、或製程的改善。還原漂白劑甲脒亞磺酸 (FAS: Formamidic sulfonic acid) 在鹼性條件下生成磺酸鈉，能將具醌構造化合物 (Quinonoids)、 α, β 不飽和 aldehyde 及 ketone 等構造的發色團還原。由於較亞硫酸氫鈉在高 pH(9-11) 漂白、對氧氣安定，而對染料的脫色效果優異，有利於脫墨紙漿的漂白，因而得到擴大脫墨紙漿的使用。基本上在高溫 (80°C) 下、高濃度漂白能增加產品的白度愈大。但是過高的溫度反而有降低的現象(圖 21)，此現象顯示還原後又被再氧化的可能性。在高溫高濃度漂白時對反應終了後的溫度或濃度的降低的必要。

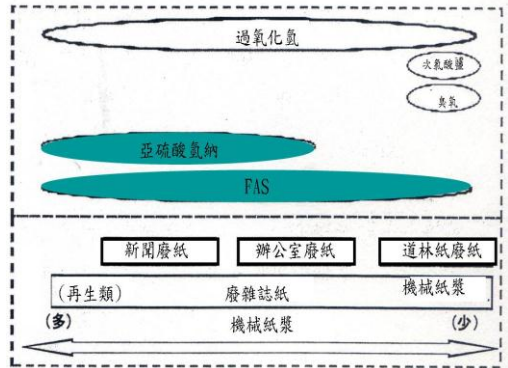


圖 19. 各種脫墨漿適用漂白藥品的選擇

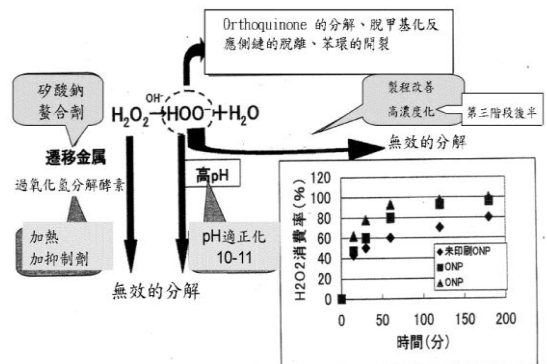


圖 20. 脫墨漿的過氧化氫漂白及影響漂白的因素

(2)漂白設備

高濃度分散機應用於漂白工程的高濃度混合的用途，但是在低速下混合效果不佳，因此在第 4 階段進行開發高速軸型的分散混合處理器。此設備在高速轉盤下回轉，能得到充分的混合，以少量的藥品就可得高白度漂白漿。

接著在第 5 階段進行開發以熱分散系統的 FAS 漂白，這是在分散機前設置有加熱管進行高溫 FAS 漂白，最後送入分散機將紙漿稀釋至約 4% 後排出系統，利用此技術可在高溫下完成 FAS 漂白。進行在 105°C 漂白數分鐘，較以往在 70°C 漂白 1 小時的傳統漂白，可得到紙漿的白度約高 2%，此熱分散系統可以說是一非常革命性的脫墨漿漂白設備(圖 22)。

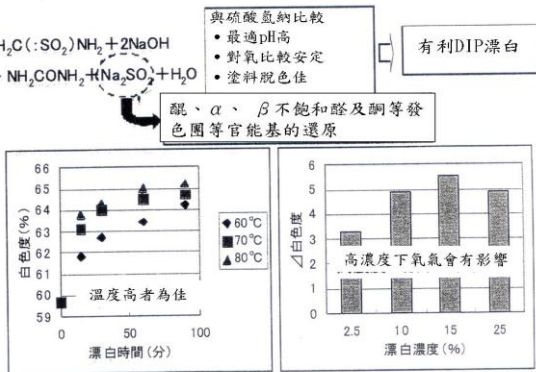


圖 21. 脫墨漿的 FAS 漂白的機制及結果

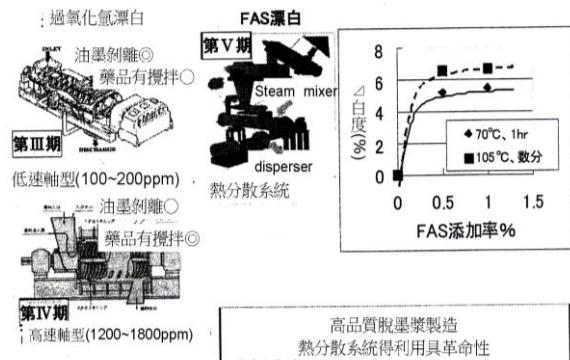


圖 22. FAS 漂白設備(高濃度分散機)的變遷及漂白結果比較

(3)漂白流程

將脫墨漿漂白流程固定為氧化、還原二段漂白的流程，也是在第 4 階段製備印刷資訊用紙使用脫墨漿的時代。此二段漂白流程有幾項重點，其一為在進入氧化漂白前有脫墨工程，以充分去除漂白阻害物質如油墨等。經過氧化漂白儘量在後續的脫墨、除塵、脫水，除去過氧化氫，為了防止紙漿的回色，過氧化氫漂白段的出口，一些過氧化氫殘留，但隨漂白段的進行漸漸的去除之，以免在後續製程中造成不良影響。還原漂白完成後，在經洗淨、充分脫水、並防止還原漂白劑帶入系統。FAS 漂白劑若殘留在漿內，則可能影響調成工程中的染料固著在纖維上(圖 23)。

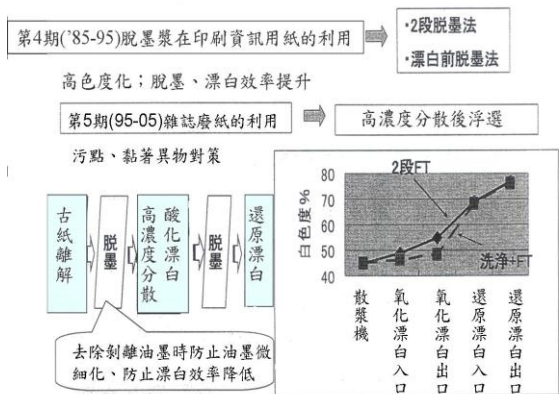


圖 23. 脫墨製程的變遷後 2 段脫墨法之漂白結果

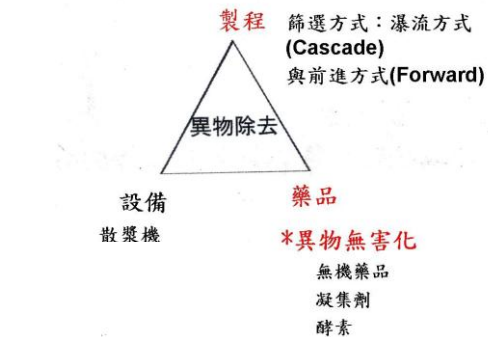


圖 24. 影響夾雜物的去除技術

(4) 要素技術 3:夾雜物的去除技術

第三種要素技術為夾雜物的去除技術，所使用的設備的主要為散漿機及篩網，特別是篩網技術的進步是主要的突破。此夾雜物的去除技術的變遷與時代的變遷同時進行(圖 24)。第 3 階由於脫墨漿在多種紙種上其配合率日增，因此高濃度散漿機、多機能篩選機及所謂的複合機的開發、篩網籃 (Screen basket) 導入 Profile 技術。

使用雜誌廢紙作為原料的時代的第 5 階段，此時在散漿機中進行異物破碎抑制型轉難的開發且多為採用，組合型的篩網 (即所謂的篩籃 (Screen basket)、楔形篩網 (wedge wire type)) 的開發、導入應用。篩縫也變成 0.15 mm 以下甚至使用 0.12 mm。當時微細黏著物所造成的問題也確認，其對策的凝集劑也開始使用。隨著篩選的進步，也為了節約動力也停止使用淨漿機。為了節約篩選機的設備投資金額其設備配置的方式也進行檢討。進入第 6 階段使用雜誌廢紙作為原料的時，篩選機往高效率、省能方向進行，所使用的藥品除凝集劑以外尚有黏著物分解酵素等。

夾雜異物中最令人頭痛的問題微黏著性異物。黏著異物在開始進行脫墨紙漿製造時已經就有問題，尤其是在開始使用雜誌廢紙做為脫墨漿原料以後更呈重要的課題，主要形成的原因物質來自雜誌的背膠、封裝等之化學接著劑。

事實上，黏著物與油墨等複合形成全黑的黏著狀異物在抄紙機、印刷機上各種問題的發生，或紙面上的汙點。黏著異物分類法可分成兩類，其一以發生方法分類，其二以大小分類，100 微米或 150 微米以上的大型黏著物 (Macro stickies) 及 100 微米或 75 微米以下微細黏著物 (Micro stickies)。大型黏著物以篩選機進行篩選分離去除之，微細黏著物一般採用浮選槽進行浮選分離、或以化學藥品改質等對策進行處理。

以發生的方法分類則可分成單純自製程內微細化、最後殘留在系統內稱之 1 次黏著物。為減少此類 1 次黏著物的形成，必須改善解離製程或設備使其不致過度微細化。在製程中溶解或微細化呈膠體狀的黏著物、或因系統內急遽的溫度變化 (Temperature shock)、或急遽的 pH 產生變化 (pH shock) 而使之凝集之 2 次黏著物。則以改變製程使之不致產生急遽的溫度變化而達到減少黏著物的凝集。

1. 夾雜物的去除設備

(A) 散漿機：在第 3 階段由低濃度散漿機轉變為高濃度散漿機，低濃度散漿機因轉盤 (Rotar) 直接與廢紙接觸的離解方式，因此異物破碎呈微細化。而高濃度型採用不直接與廢紙接觸的離解方式，其中效果最好者為連續式的鼓是散漿機。但在第 5 階段批散漿機中裝設新型開發之轉盤，此種異物破碎抑制型轉盤的角度較以往的轉盤其角度較為平坦，在原料上加附之力量較小，較不易將異物微細化(圖 25)。

篩選機：從 1970 年左右起開始使用密閉型縫篩篩選機 (Slit screen)，分為往內 (in-ward) 型及往外 (out-ward) 型。往內型篩選機原料自篩籃外部往內流，沖洗篩網網目的刮水板在其外側回轉。往外型篩選機、原料自篩籃外部往外流，沖洗篩網網目的刮水板在其內外側回轉。到底兩者中那種較優則各有其論點，往內型篩選機沖洗篩網網目與離心力同向，可以由調整旋轉器的回轉速度，防止黏著異物微細化，且重量異物被離心力往外送，較不會損傷篩籃。但是，往外型篩選機的原料流與離心力同向，可以設定高通過流速，且比重輕的黏著異物會在中心聚集，而達到高去除率(圖 26)。

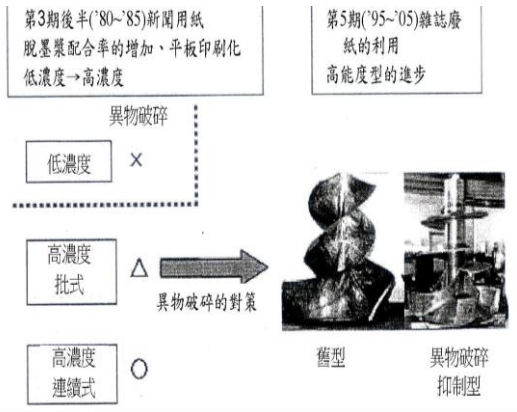


圖 25. 異物去除設備-散漿機的變遷

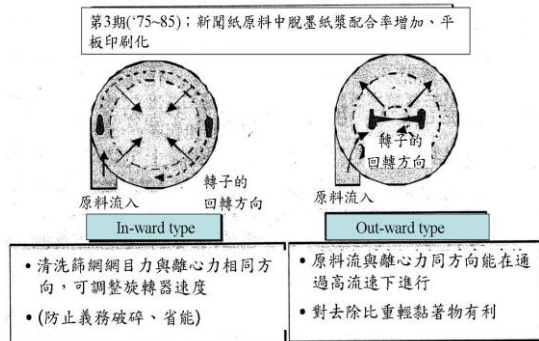


圖 26. 異物去除設備-篩選機的設計的變遷(向內型、向外型)

(B) 篩選機：

篩選機中最具劃時代的進步為篩籃 (Screen basket)。在第 2 階段的 1965-70 年時開始使用縫篩，當時為表面不具凹凸的平篩型 (Flat tpe)，其篩縫為 0.35 mm 左右，處理量非常低。進入 1970 年代改用造成亂流增加通過量的 (Bubble bar type)。80 年代 則在各篩縫設置產生小亂流的設置之具側向分布的篩網 (Profile type screen)，其篩縫只有 0.15mm。第 5 階段進入開始使用雜誌廢紙的時代，各種組合型篩網籃，稱之為棒形篩籃 (bar type)、楔形篩網 (wedge wire type) 被開發應用，達到提升篩選設備、篩縫的精度、篩縫的幅狹化，而達到擴大使

用低品質廢紙利用。其後進化的篩網構造為的相川鐵工的 NW2，在篩縫的正中央設有一空間，此空間可供異物一時停留，而油壓差回到入口側(圖 27)。

有關篩選段不能不談的就是如何提升效率，在第 3 階段到第 4 階段的 1975 年到 95 年)的 20 年，了省成本、省能源的觀點，開發了一個設備能具多中機能的複合機。例如相川鐵工的 ADS，一台篩選機中設有孔篩、縫篩，無論一物的大小、或輕量異物、重量異物在台設備中能夠一次去除。IHI-Voith 的 MF 篩選機，在一台篩選設備中分為一次篩選部、二次篩選部及解離部。一次篩選的篩渣以 2 次篩選部淨漿，二次篩選的篩渣即未解離物進行緩和的解離，但不會將異物微細化。而且在 2 次入口處將異物粒濃縮，而將一部分排出系統，能在在一定排渣率下具非常高精選擇效率。

提升篩選效率的另一個方向，其重點為即使是多功能機也必須最大活用其篩選區 (Screening zone)，具體的作法為防止篩網籃上篩渣的濃縮。

其中的方法之一為 IHI-Voith 採用的內部循環方式，如圖所顯示為 LP Screen 的斷面圖，進入篩選機的漿料，篩網籃周邊的漿料由於轉子的回轉，將篩網籃的表面的漿原料均一的分佈，以防止篩渣的濃縮。相川鐵工的 Two inlet 方式該設備設有兩個進料口，途中有時加入稀釋水以防止篩渣的濃縮。

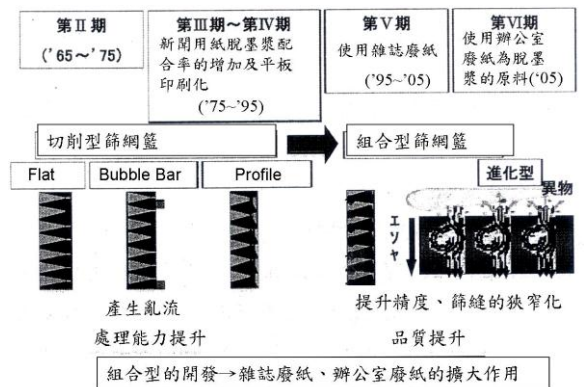


圖 27. 異物去除設備-篩選機的篩網籃設計的變遷

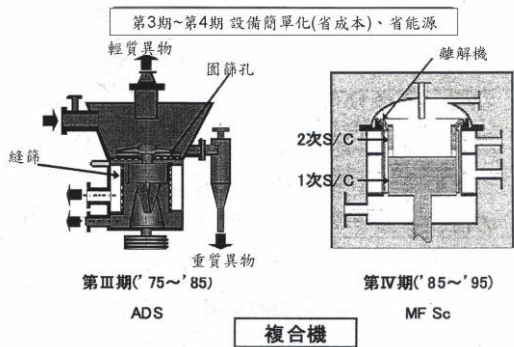


圖 28. 異物去除設備-高效率篩除異物設備的簡單化

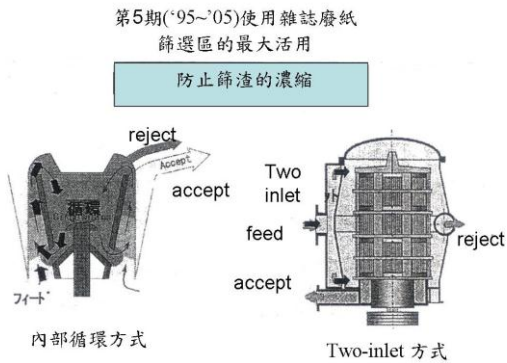


圖 29. 異物去除設備-高效率篩除設備篩選區的有效利用

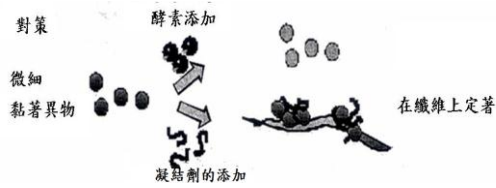


圖 30. 黏著異物的對策：添加凝集劑或酵素去除的機制

2. 黏著夾雜物的去除藥品及評估

微細黏著物的對策主要除了添加滑石粉以外，凝集劑的添加、酵素的添加等。凝集劑的添加基本上是使其不致凝聚，而以為條的狀態定著在纖維上，隨著

紙張的抄致帶出系統。黏著物的酵素添加對策的方法是添加酯分解酵素 (Esterase) 將微細黏著物的酯鍵解，使其具親水性而分散、安定化，而降低黏著物的沉積量 (圖 30)。在工程中使用上述藥品有時有效，有時無效，其防除機制的解析是今後的課題之一。

沉積黏著物測定法是以一定量漿料溶液入內中特殊形狀轉子加上刮水板的攪拌器中進行攪拌，漿料溶液原料在刮水板的正反面以水準方向流動，疎水性的物質著在刮水板的表面，以影像分析處理、或測定其附著量。以雷射定將黏著物粒子的粒徑分佈的方法為樹脂或黏著物粒子以特殊螢光染料附著，在以雷射測量螢光強度的大小，螢光強度與粒徑呈比例關係，依此可量測其粒徑分佈，以此手法可評估添加藥品的效果 (圖 31)。

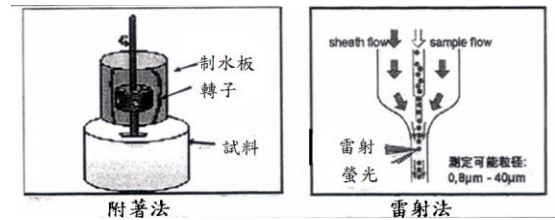
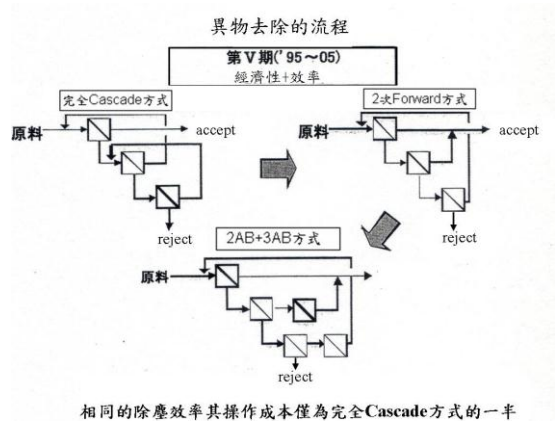


圖 31. 黏著異物評估的方法



相同的除塵效率其操作成本僅為完全Cascade方式的一半

圖 32. 夾雜物的去除流程及效果比較

3. 夾雜物的去除流程

夾雜物的去除製程的重點為篩選機的配置。第 5 階段時廢紙的品質不佳，篩選工程足夠的裝備。以往一般的製稱均採用全瀑流 (Full Cascade) 方式，但是為了篩選設備的配置而改採用 2 次前進 (Forward) 方式的配置。所得到的良漿的品質以瀑流方式者為優，IHI-Volith 檢討其對策使用 2AB+3AB 的方式進行篩選式淨漿所得良漿的黏著物量可得到與瀑流方式者有相同水準、更可大幅降低成本、投資與設備費用 (圖 32)。

三、今後廢紙利用的課題

基本上進行廢紙的利用必須考量環境問題，具體上在製程上必須考量如何消減電力原單位、藥品原單位、用水/排水原單位等，如何減少水的使用為最重要的課題。因此，各種改善的方法積極被進行研究，例如中性脫墨、無桶化 (Tankless)、強化水處理等努力。

四、結論

以上就最近 30 年來脫墨紙漿製造技術的變遷進行說明及整理。脫墨紙漿在這 30 年由補助原料變身為主原料。主要廢紙料源性質的變化、因應環境問題對策事先設定廢紙使用率目標、印刷技術的多樣化、及因廢紙輸出增加導致廢紙的不足、廢紙品質變差，因應上述的問題脫墨紙漿製造技術，在 1985 年

以後大幅度的進步。脫墨紙漿製造的 3 要素技術脫墨、漂白、夾雜物的去除也隨著時代的變遷，技術的焦點也隨之變化，最近則以黏著夾雜物的去除為主要課題。

今後脫墨紙漿所應確立的考量環境的脫墨紙漿製造技術的課題，無法只靠製紙業界單獨完成，許多超過造紙業界能控管的領域，必須仰賴相關印刷業界、紙張加工業、廢紙收集及流通業、及其他物料供應業等的配合，例如如何強化廢紙系統中回收選別、印刷或加工方法的改良、易回收油墨樹脂、接著劑的使用可簡單處理印刷物開發等，因而很難實現滿意的對環境親和的廢利用，有待今後各工業界的整合

五、參考文獻

1. 杉野光広 2009 脫墨パルプ製造技術の變遷と今後の課題。製紙産業技術遺產保存 発信 No.25 製紙産業技術術 30 年の變遷 (8) パルプ (2) p.17-34
2. 金沢毅 2008 古紙の離解、粗選、精選技術の變遷 製紙産業技術遺產保存 発信 No.25 製紙産業技術術 30 年の變遷 (7) パルプ (1) 35-55

*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