

陽離子性高分子定著劑及其疏水性修飾體 在樹脂及粘著物粒子去除上之應用

蘇裕昌*

Application of Cationic Polymeric Fixing Agent and its Hydrophobic Modification Products on Removal of Pitch and Sticky Particles

Yu-Chang Su*

Summary

Hydrophobic substances such as wood pitch, white pitch and sticky substance are introduced into the papermaking system by the raw materials used. To reduce runnability problems caused by these substances, treatment were made with addition of cationic fixing agents is a common method. Polyvinylamines has been developed successfully to meet this purpose. These new polymers have potential to enhance the reduction of hydrophobic particles. A series of polyvinylamines were used by a wide choice of molecular weights, cationic charge densities and hydrophobic functional groups. The bonding strength of fiber to fiber and particles to fibers were controlled, and the aggregation of particles were suppressed resulting better fixing performance and less deposition of these hydrophobic particles. The effectiveness of cationic polyvinylamine and polyethyleneimine fixing agents and their modifications on lab studies and mill trials is demonstrated.

Keywords : Sticky substance, Pitch, White Pitch, Fixatives, Cationic Polymeric fixing agent, Polyvinylamine(PVAm), Polyethyleneimine (PEI), Deposition of pitch, White Pitch.

一、緒言

最近製紙工業中最顯著的變化為清水使用量的減少與廢紙使用量的增加。因而導致製紙廠中造紙工程系統內有害物質的累積與沈著物的問題的發生。一般的應用方法是使用高陽離子性高分子化合物將可溶性陰離子物質負荷去除或降低，其去除機制是形成複合體定著在纖維上與製造成之紙製品時一併帶出系統外部。除可溶性陰離子性物質以外，造紙系統內尚存在有以下所顯示之各種來自造紙原料之不溶性疏水性物質(疏水性粒子)。

(1). 來自化學紙漿及機械紙漿的樹脂、木材抽出物(以下通稱木材樹脂; Wood Pitch)。

(2). 來自塗布損紙的粘著劑(Binder)、或塗部助劑等(以下通稱白樹脂; White Pitch)。

(3). 自廢紙的接著劑、熱溶膠等(以下通稱粘著性物質; Sticky Substance)。

對這種疏水性物質的種類及來源，以及其化學、物理性質的把握，是決定有效的對對應策時最重要的資訊，其中以

2種物理化學的因子即其電荷、及粒徑被確認是特別重要。木材樹脂、白樹脂以及粘著物質的表面一般所帶的陰離子電荷遠比可溶性物質所帶的陰離子電荷低。因此，疏水性粒子主要的禍害並非全是這些陰離子電荷所導致，而是疏水性物質的沉積性(Deposition)、或造紙操作的各種原因使疏水性粒子形成之大凝集體所導致。因此解決對策是在疏水性粒子形成大凝集體前使其定著在纖維，帶到系統外去除是重要的去除概念。

歐洲、北美洲的多數造紙工場白水系統的研究結果顯示，疏水性粒子的粒徑一般分布在0.2~50mm大小的範圍內，在此粒徑範圍時使用壓力篩、及淨漿機等均很難發揮去除效果(金沢, 2005a)(金沢, 2005b)。要了解將此粒徑範圍的粒子定著的機制，必須先瞭解這些粒子在纖維定著時其作用力對粒子的影響。粒子在纖維上定著後有一些被剪力拉開，再游離在系統的可能性，粒子是否會被拉開決定於定著結合合力與剪力的平衡有關。在一定的定著結合合力下大粒子較小粒子容易被拉開。在考量實際操作的條件下粒子與纖

維的碰撞的機率到最後定著為止，可以想像粒子定著與被拉開過程的次數應該有很多次。連續的、重複的發生定著與被拉開的現象，因此自纖維表面會發生陽離子性高分子化合物純移轉 (Net Transfer) 到粒子表面 (圖 1) 的現象(エッサー et al., 2005) (Holik, 2006)。所移轉陽離子性高分子化合物的量達到一定量時會引起粒子的不安定化的發生。因此，由於不安定化之粒子間的碰撞導致大凝集體的形成，結果降低了粒徑大的粒子定著能力。實際上大凝集體也會被纖維匹 (Mat) 以機械性的捕捉粘著在紙匹中，可能也是造成紙製品的缺陷、或在系統內沉積的原因 (Holik, 2006)。為了避免凝集體的形成與不安定化粒子的沈積，必須防止纖維與疎水性粒子間高分子化合物的轉移。更必須將定著劑進行纖維與粒子間的結合力、及膠體粒子的安定性進行控制。

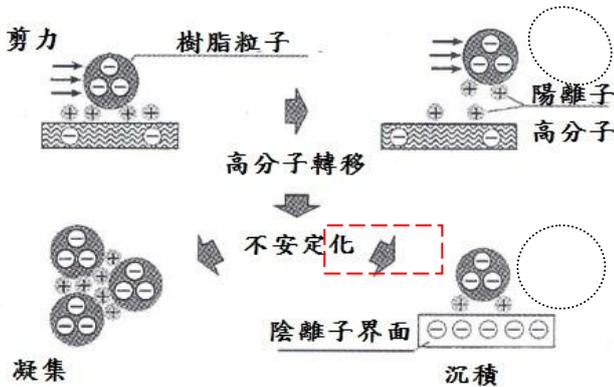


圖 1. 疎水性粒子的沉積及凝集 (Holik, 2006) (エッサー et al., 2005)

使用機械熟磨漿、廢紙、塗布損紙等作為抄紙機的原料時的白水系統中疎水性粒子的粒徑因使用原料的性質、及在備漿工程中機械的處理方法而異。使用高荷電陽離子性高分子化合物將可溶性陰離子物質(Dissolved Anionic Substances)藉由錯化化合物的形成 (Complex Formation)，再將其吸著在纖維上以降低系統中可溶性陰離子物質的負荷量。但是除了去除這些可溶性陰離子物質以外，尚必須使用陽離子性化學添加劑將來自原料的未溶性疎水性樹脂粒子等在未形成大凝集物前定著在纖維上，以帶出系統。造紙製程中最常用的定著劑(不同分子構造、分子量及荷電密度)可以具例如表 1。除了化學性質及分子構造不同以外，這些高分子化合物的分子量、電荷密度 (Charge Density) 也必須視需求調整。一般紙廠在進行定著劑的添加時通常必須配合其他化學添加劑，如留存助劑上膠劑紙力劑定著劑的添加也能改善上述藥劑的添加效果，但往往無法達到完全滿意的結果。

表 1. 常用定著劑的種類、分子量及荷電密度 (Holik, 2006)

Molecular Weight [X 10 ⁶ g mole ⁻¹]	高分子 Polymer	Charge Density [meq g ⁻¹]
0.2-0.3	Polyallyldimethylacrylate (Polydadmac) 二甲基烯丙基對甲基苯甲基氯化銨	~ 6
< 0.05	Dicyandiamide-Formaldehyde-Resins 雙氰胺甲醛樹脂	1~2
3-5	Cationic Polyacrylamide (PAM) 陽離子性聚丙烯醯胺	1~5
0.05-0.2	Polyamine (Pam) 聚胺	6
0.8	Modified Polyethyleneimine (PEI) 聚乙稀亞胺	11a
0.1-5	Polyvinylamine (PVAm) 聚乙稀胺	0~15a

A: Charge Density Of Cationic Polymer Without Counter Ion Measured At pH = 7.0

一般應用在去除可溶性陰離子物質的高分子化合物常採用具有高分子量、高荷電密度的高分子定著劑具有較佳的去除效果。但是，應用於去除上述未溶性樹脂粒子表面上的可接觸到的陰電荷並不若溶解性陰離子物質高，因此，這些定著劑應用為定著樹脂粒子時的一般定著機制 (如吸附、中和、補丁、架橋)並無法賦予纖維與粒子間足夠的結合力將粒子定著，而達到降低粒子間的凝集。因此將高分子導入非極性基的修飾似乎能影響樹脂粒子與高分子間的相互作用，因此將聚乙稀胺 (30%水解物) 及聚乙稀亞胺 (PEI) 骨架導入非極性基的修飾陽離子性高分子 (如圖 3)，以期能影響樹脂粒子與高分子間的相互作用力 (Holik, 2006)。本論文說明上述以新型定著劑，經過實驗室試驗、及實機試驗的結果，其能利用新型高分子定著劑將樹脂粒子定著在纖維上，並期能對抄紙機的操作效率、及紙製品的品質都有提升效果。

二、聚乙稀胺的化學

由於乙稀甲醯胺 (Vinylformamide) 合成技術的開發，使製造具有不同種類性質的聚乙稀胺 (Polyvinylamine; PVAm) 變為可能。聚乙稀胺類高分子化合物的合成及多機能性使這類高分子化合物的優越性為自單一的單體 (Monomer) 可以製造多數不同高分子化合物(圖 2)。由乙稀甲醯胺很容易

聚合成聚乙烯胺，第 2 階段再將聚乙烯胺進行部分的加水分解使具有氨基，在經加水分解時由加水分解率 (DH ; Degree Of Hydrolysis) 越高，即氨基對乙烯甲醯胺的比率越高，再經加氫反應 (Protonation) 後高分子 PVAm 化合物形成陽離子化的程度越高。

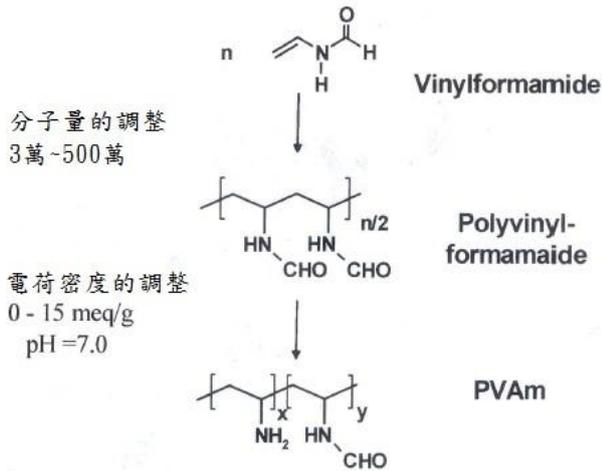


圖 2. PVAm 的合成(エッサー et al., 2005) (Holik, 2006)由於能夠製造具有廣泛範圍電荷密度的直鏈高分子化合物，由調整電荷能促進高分子化合物與纖維之間、及高分子化合物與疏水性粒子之間的相互作用。此電荷的調整因而能使粒子與纖維間的定著結合力最適化、纖維與粒子間的高分子化合物轉移量最小化是極為重要的作用。除了 PVAm 的電荷密度的改變，另外也找出並確立控制纖維與粒子間的結合力的影響因子(エッサー et al., 2005)。

將 PEI 高分子及部分的加水分解之 PVAm (DH=30%) 的疏水性官能基的變性如圖 3 示。由陽離子性高分子化合物上之非極性疏水性基的變性使高分子化合物與疏水性粒子間使其產生相互作用。變性後之高分子化合物與疏水性粒子間的距離降低時，疏水性間的相互作用變為有效。如圖 4 所示，疏水性官能基在疏水性粒子表面上產生配向。結果，總定著結合力(變大或變適當)及纖維與粒子間高分子物質的轉移量(降低)應為有效。為了發揮各種 PEI、PVAm 及二者之變性高分子分別與疏水性粒子的定著效果根據實驗室試驗及實機試驗結果說明如下。

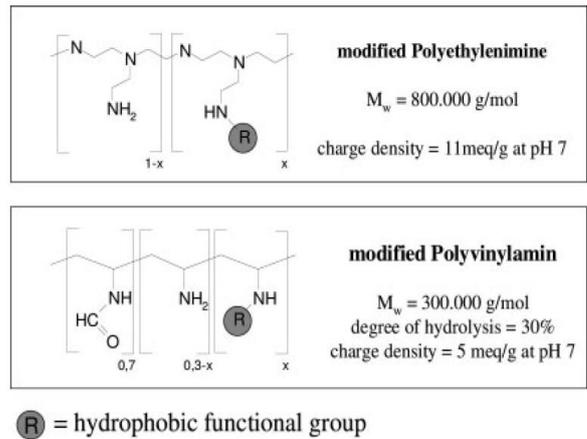


圖 3. PVAm 及 PEI 樹脂定著劑的疏水性變性 (Holik, 2006)

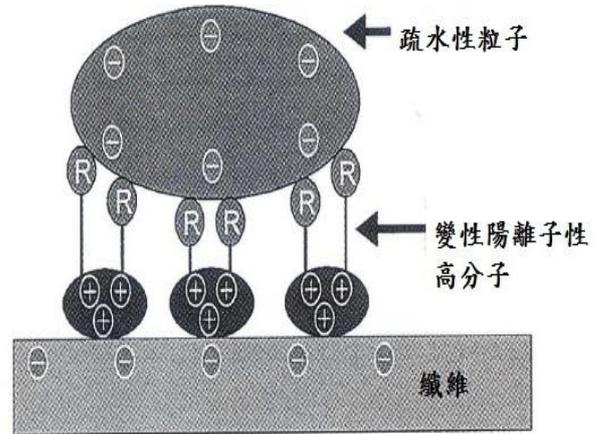


圖 4. 疏水性官能基與疏水性粒子間的相互作用(エッサー et al., 2005)

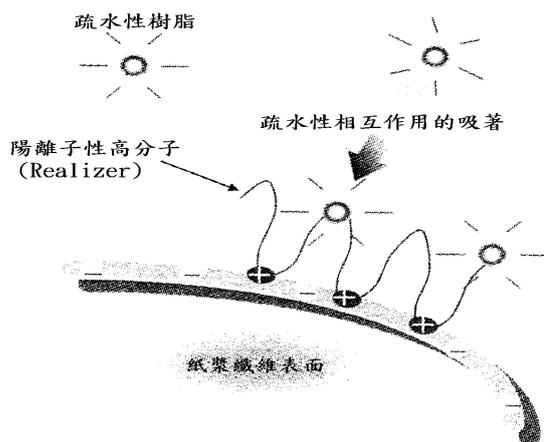


圖 5. 具疏水性官能基的陽離子性高分子對樹脂粒子在紙漿纖維上的定著機制(但木, 2008)

三、試驗方法

抄紙機系統內一般在評估污染物 (Contamination) 的定

量值時，最常用的方法如化學需氧量、陽離子需求量、及電導度等。特別是在調查樹脂 (Pitch) 時另外有幾種有用的試驗方法。如原料濾液的濁度可以作為膠體狀物質 (Colloidal Substance)、或可溶性物質的定量上使用。二氯甲烷 (Dichloromethane; DCM) 的索格斯利特 (Soxhlet) 樹脂萃取法，一般應用於紙試樣的樹脂的定量分析。血球計 (Hemocytometers) 計數法，常應用在測定抄紙機系統中分散樹脂的計數定量，但是感到遺憾的，這些測定方法都屬於主觀的測定方法(蘇裕昌，2005)。

本論文中的實驗室試驗、實機試驗時，使用 Optical Laser Counter 測定疎水性粒子的粒徑與體積。實驗步驟是在添加添加 0.05% 定著劑後，經處理漿料的以 DDJ 濾去纖維如圖 3，收集濾液中未被定著之樹脂粒子經螢光染料(只能與疏水性疏紙反應)染色後使用 Optical Laser Counter 在波長 442 nm 照射樹脂粒子，並在 550nm 處監測染料發出的螢光，再由電腦計算發射光的強度以定量樹脂粒子的大小 (如圖 7)。圖 8 與圖 9 為以聚胺及修飾 PEI 高分子處理前後對白樹脂粒徑分布影響及對白樹脂樹目及體積的影響 (Belouadi et al., 2000)。疎水性粒子的沈積性傾向，則由 Impinging Jet Method 確認之 (Belouadi et al., 2000)。

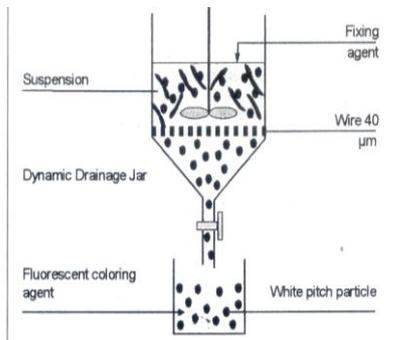


圖 6. 未定著樹脂粒子的分離 (Belouadi et al., 2000)

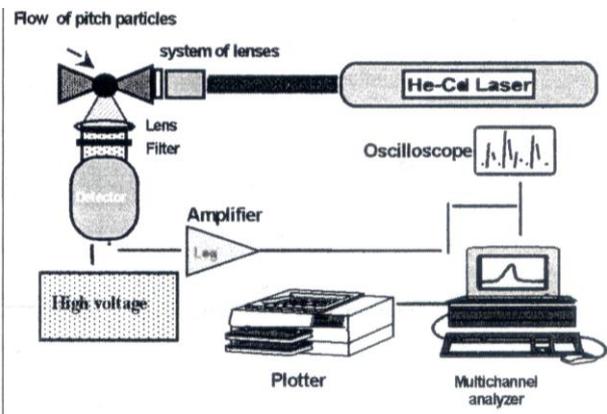


圖 7. 白樹脂粒子光學雷射計數(Optical Laser Counter)的流程圖(Belouadi et al., 2000)

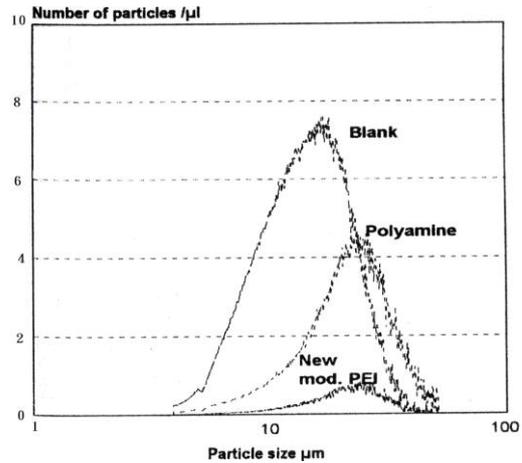


圖 8. PEI 及其他不同定著劑添加後對白樹脂粒徑分布影響 (Belouadi Et al ., 2000)

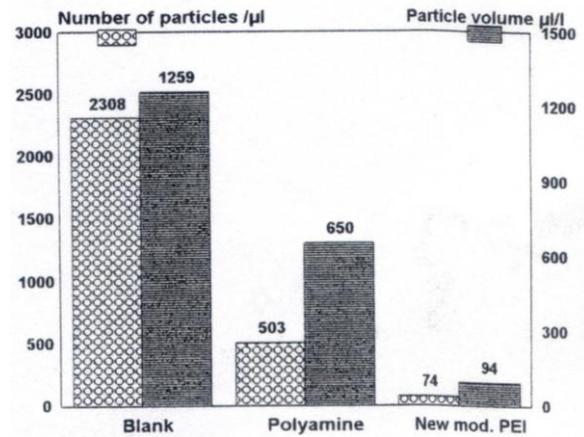


圖 9. PEI 及其他不同定著劑添加後對白樹脂樹目及體積的影響 (Belouadi Et al ., 2000)

四、新聞用紙抄紙機的處理 (TMP/DIP)

以夾網成形器 (Gap Former) 抄製一般新聞用紙 (42-45 g /m²)，進行 750-850 T/Day 的生產，原料的配比為 TMP 60%、DIP 40%。在壓榨部常因沈積物導致斷紙及操作性的問題。在抄紙機漿槽中添加聚胺 (Mw = 200,000 g / mol；電荷密度 6 meq / g)，斷紙的次數及生及生產時間的損失均在相當高的範圍。實驗室試驗，以上述的試驗法與使用 Optical Laser Counter 進行疎水性粒子的個數與粒徑分布的測定。抄紙機儲漿槽中採取原料 (4 %濃度)，以供後續試驗。在定著劑添加後樣品原料，以動態過濾器 (Dynamic Drainage Jar) 過濾之(使用 80 mm 網目；螺旋轉子的轉數 500 rpm)。陽離子需量測定使用 10mL 濾液以供使用 PCD (Partide Charge

Detector Muet ek) 滴定，滴定時使用 Polydamac 標準溶液。粒子數測定時，首先將濾液中疏水性物質吸著，纖維、微細纖維、填料等以不具親和性螢光性染料處理，其後再以 Optical Laser Counter 測定粒子的個數及粒徑。

圖 8 顯示添加不同陽離子性高分子對粒子數與粒子體積的影響其測定結果。結果顯示聚胺及新修飾 PEI 高分子兩種定著劑均顯示粒子數及粒子面積的降低，但是由聚胺添加組的粒子的粒徑分布圖較空白組向離子直徑大側移動(圖 9)，顯示聚胺定著劑添加時有相當量的粒子發生凝聚反應。但是一理想的定著劑應該是兩者均呈相同的降低率。因此有新修飾產品的開發。聚胺定著劑添加後白樹脂粒子數

目呈 80% 左右的降低，但是粒子體積的降低約略只有 48% 的降低。與聚胺定著劑的添加不同，修飾 PEI (modified PEI) 的添加對白樹脂粒子數目有顯著的降低，推論未發生粒子凝聚反應，由粒子數目及粒子體積有大致向同的降低，其降低率分別為 97% 及 93% 可得到證明(圖 9)。如圖 10 顯示白樹脂並不完全定著在纖維上，添加聚胺組顯示在定著反應時有粒子凝聚的現象，新修飾 PEI 高分子在將樹脂粒子定著在纖維上時並未發生樹脂粒子凝聚得現象，任何凝聚反應均會導致損傷紙機的操作效率及紙張品質。新修飾 PEI 高分子目前已經成功的應用在塗布損紙及廢紙的再生系統上，達到抄紙時紙機沉積物的形成的降低 (Belouadi et al., 2000)。

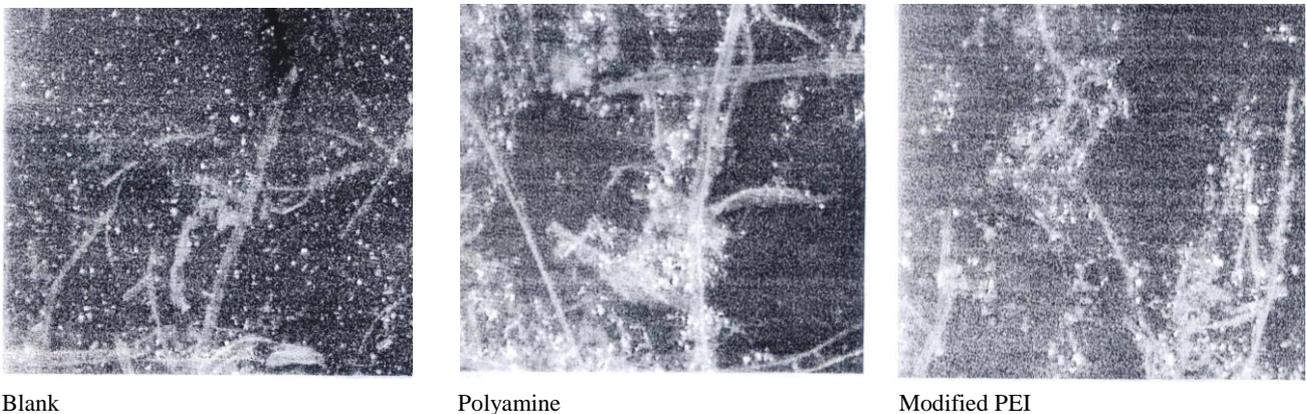


圖 10. 修飾 PEI 及聚胺定著劑添加後白樹脂形成之顯微照片 (Belouadi et al., 2000)

經兩種陽離子性高分子化合物(聚胺、PVAm)定著劑處理後，以 Optical Laser Counter 測定結果如圖 11。由圖中之分布曲線顯示濾液中未定著的粒子與粒徑分布。並由由粒徑分布數據計算求得單位體積粒子的總個數、及總體積。與空白組比較，添加 0.08% (有效成分) 的部分的加水分解的 PVAm (DH=30%)，分子量 $M_w = 400,000 \text{ g/mol}$ ，其粒子數由 3900 個/ mL 減少到 1960 個/ mL。添加同量的聚胺則粒子數則由 3900 個/ mL 減少到 2339 個/ mL，聚胺添加組較 PVAm 添加組不僅粒子數的降低效果較低，且可明顯的看到凝集作用發生的傾向。粒子凝集體的形可由圖中的聚胺組的分布曲線中的粒徑往大的方向移動得到證明。相反的，添加 PVAm 添加組粒徑分布曲線往粒徑小的方向移動，顯示沒有凝集體的形成。添加聚胺組的凝集作用的發生也可由圖 12 的粒子體積確認。較空白組的粒子數與粒子體積的降低，理想的定著劑應得到相同的結果。添加 0.08% 的聚胺 (Polyamine)，粒子數降低 40% 但是粒子體積僅降低 6%。PVAm 與聚胺不同，如圖所示粒子數減少 50%，由降低更

多百分比的粒子體積 (62%)，瞭解濾液中疎水性粒子，沒有發生凝集就因與纖維吸著而減少。

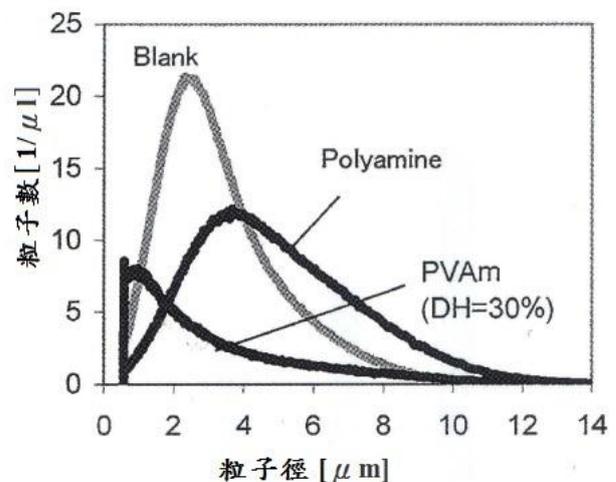


圖 11. 陽離子性高分子處理後的疏水性粒子的粒徑分佈 (エッサー et al., 2005)

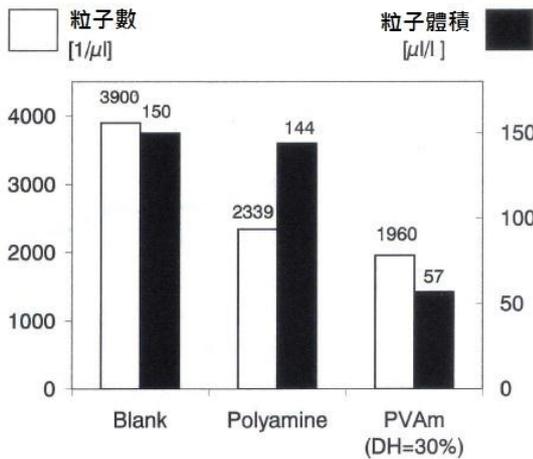


圖 12. 陽離子性高分子處理後對疎水性樹脂粒子數與粒子體積的變化(エッサー et al., 2005)

添加不同加水分解率的 PVAm (分子量 $M_w = 400,000 \text{ g/mol}$) 定著劑對粒子數與粒子體積的影響其測定結果如圖 13。除了加水分解率很低時 (13.6%)，各種高分子化合物對原料的添加，其粒子數與粒子體積幾乎呈平行式的降低，顯示沒有發生凝集作用而定著在纖維上。其中定著效果最佳者為約 30% 部分的加水分解之 PVAm (電荷密度在 $\text{pH}=7$ 為 5 meq/g)。與上述的結果比較，使用同一系列水解的樣品，測定陽離子需求量結果 (如圖 14)，陽離子需求量隨著加水分解率上升漸漸的降低。部分的加水分解產品如 $\text{DH}=30\%$ 其降低量屬於中程度。此結果顯示，可以由所測定陽離子需求量者之高分子添加與原料中陰離子電荷的中和而使疎水性粒子量最少化。因此而改善疎水性粒子的定著，即具最適合結合合力、粒子與纖維間的高分子化合物轉移最小，而不能不調整陽離子性高分子化合物的荷電密度。

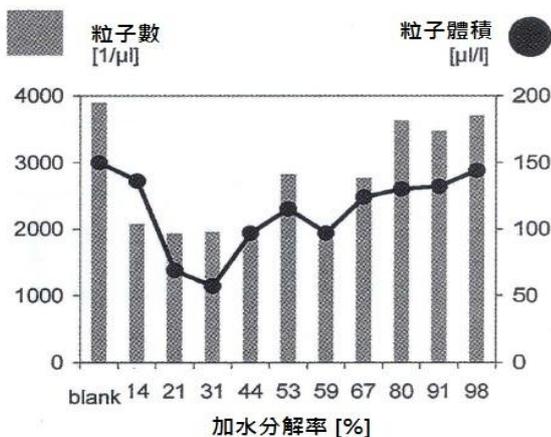


圖 13. 加水分解率對粒子定著能力的影響(エッサー et al., 2005)

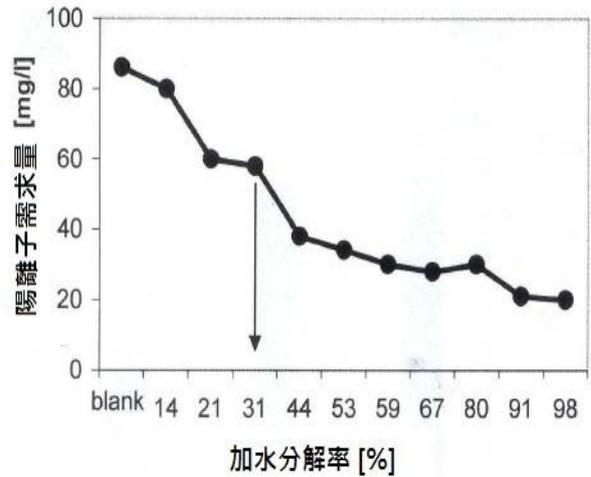


圖 14. 加水分解率與陽離子性需求量的關係(エッサー et al., 2005)

實驗室試驗後以 0.11% 的 PVAm ($\text{DH} = 30\%$) (有效成分的取代 0.11% 的聚胺、PVAm、修飾 PVAm 與聚胺同樣的加入儲漿槽 (Machine Chest)。聚胺添加期間 (1 月~ 6 月) 每月的平均斷紙數為 54 次，切換為 PVAm 後，減少為 32 次如圖 15。由斷紙損失的製造時間 5.8% 降低為 4%。由此結果瞭解由聚胺舉切換為 PVAm，抄紙機操作效率得到相當程度的改善。

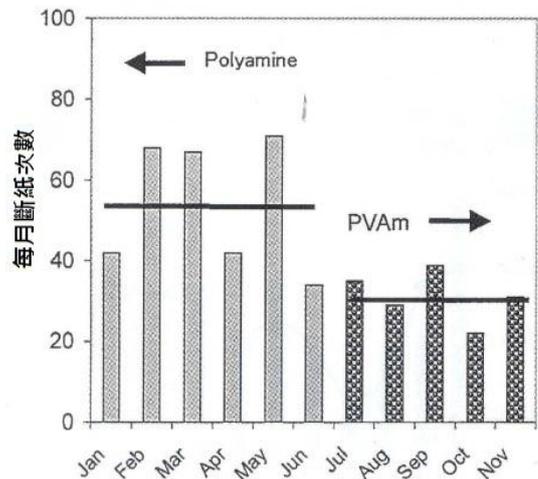


圖 15. 高分子添加後對年間斷紙次數的影響(エッサー et al., 2005)

五、塗佈損紙的處理

製造雙面塗佈或三層塗佈 (Triple Coat) 用的塗佈原紙，生產量 25 Ton/Hr 的夾網成形機，其抄紙機的操作性有降低的問題。問題主要是由於沉積物導致，紙張上的缺陷、毛

毯及抄網上的沉積、或是需花費長洗淨時間。其中，特別形成問題者為白樹脂。聚胺處理之塗布損紙，雖然紙張的缺陷少，但是要滿足某種程度的抄紙機及塗布機的操作性，必須每天進行抄紙機的洗淨作業。

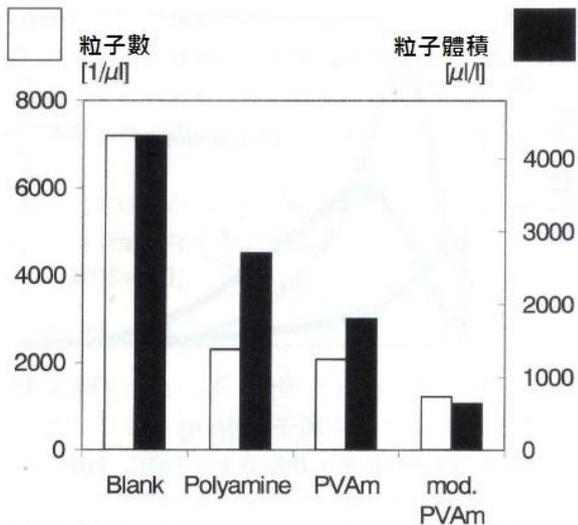
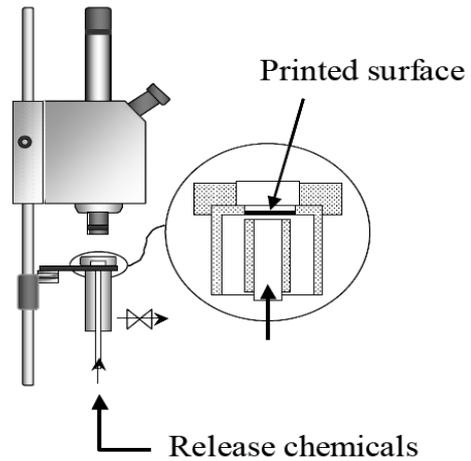


圖 16. 各種陽離子高分子的添加對降低白樹脂的粒子數及粒子面積的效果(エッサー et al., 2005)

使用各種組成的陽離子性高分子化合物集中進行實驗室試驗。採取塗布損紙試料後在定著劑添加後之樣品原料，以動態過濾器 (Dynamic Drainage Jar) 過濾之 (使用 80MM 網目; 螺旋轉子 轉數 500 rpm)。濾液等量分成 2 等分。為了測定未定著的白樹脂粒子的個數與體積，第一分濾液以螢光性染料處理以供 Optical Laser Counter 測試。各種定著劑對白樹脂粒子個數與體積的降低效果如圖 16 所示。與空白組比較添加 0.05% (有效成分) 的聚胺，白樹脂粒子的個數減少 68%，但是白樹脂粒子的體積僅減少 37%。個數與體積的不均一減少顯示有凝集作用的發生，0.05% 的 PVAm (DH = 30%，Mw = 400000 g/mol) 添加顯示有得到稍佳的結果，粒子數減少、粒子體積減少 58%。最有效者為經疎水性官能基變性之 PVAm (DH=30%，Mw=400,000 g/mol)。與其他組不同，由於此變性 PVAm 的添加，濾液中的白樹脂粒子沒有發生凝集的狀態下降低，其粒子數 (83%) 與粒子體積 (85%) 呈均等性的降低。

濾液中的未定著白樹脂的沈積傾向的評估，第二濾液以 Impinging Jet Cell 進行分析。照片 1 顯示 Impinging Jet Cell (圖 15) 的收集盤 (Collector Plate) 上的狀態。未處理組樣本的收集盤的其中央黑色部分被白樹脂覆蓋。經變性 PVAm 處理後白樹脂的沈積面積有相當程度減少。



F 圖 17. Impinging Jet Cell Equipment 的圖示 (Holik, 2006)

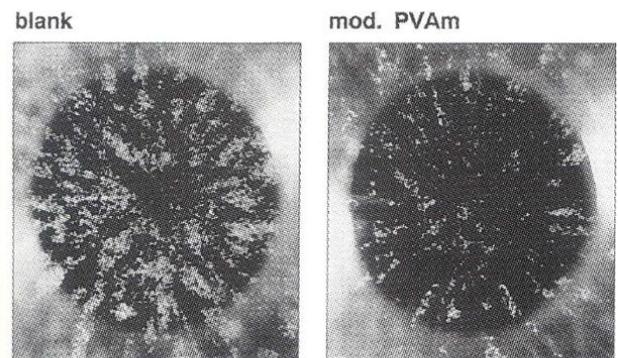


写真 1 ガラス上のホワイトピッチのデポジット

照片 1. 玻璃收集盤中白樹脂的沉積情形

以 Impinging Jet Method 的定量結果如圖 18 顯示。未處理組白樹脂的沉積物中央的黑色部分約有 20% 被覆。聚胺的添加組之白樹脂的沉積物被覆面積相反的增加為約 35%。未變性 PVAm 添加組者則顯示大大減少，減少為 11%。最優的結果為變性 PVAm 組，白樹脂的沉積物的被覆面積降低為 5% 以下。由上述結果可確認以疎水性官能基將 PVAm 變性的效果。換句話說，疎水性官能基的變性對纖維與白樹脂粒子間的結合有很大的改善效果。

在塗布損紙漿槽的出口添加變性 PVAm (有效成分 0.04%)，添加開始一天後自白水採取樣本以 Optical Laser Counter 測定粒子的個數及體積。如圖 19 所示，添加變性 PVAm 與添加聚胺時的比較無論粒子個數與粒子體積均有明顯的低值，尤其是粒子體積降低很多。與粒子數比較，粒子體積的降低的幅度大了很多，顯示白水中游離未定著的白樹

脂粒子凝集的程度較添加聚胺者明顯低了很多。雖然如此，最重要的效果在實機試驗開始使用一個月後抄紙機及塗布機的洗淨次數由 1 日 2 次降低為 2 週 1 次。

由實驗室試驗的結果推測具有下述的效果，在實機試驗也能達到。

- 1.抄紙機及塗布機的操作性的改善
- 2.塗布損紙量的減少，PVAm 處理前 43%，PVAm 處理後 22%。
- 3.針孔(Pin Hole)及污染物約減少 70%。
- 4.抄紙機及塗布機的斷紙次數的降低。
- 5.輾、毛毯、抄網、塗布機上沉積物的減少。
- 6.生產量提升 3 %。
- 7.螢光染料的效能提升。

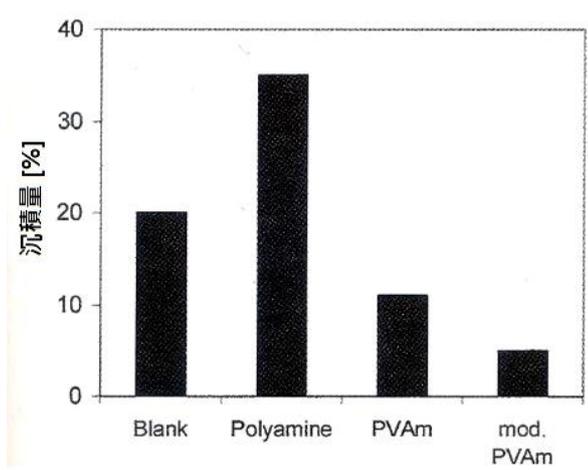


圖 18. 定著劑處理前後沉積物的披露面積比較(エッサー et al., 2005)

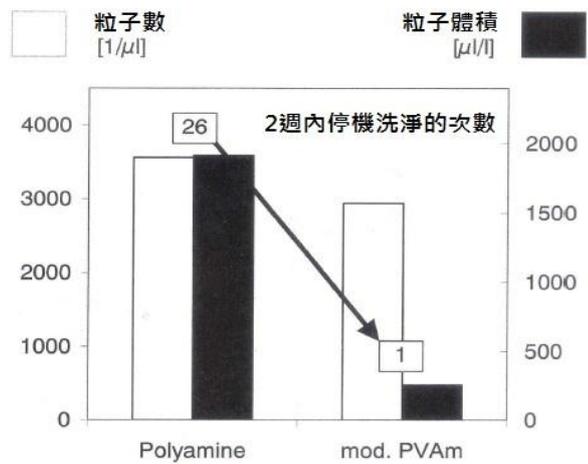


圖 19. 高分子定著劑添加白水中白樹脂的粒子數及粒子體積的影響(エッサー et al., 2005)

六、結論

與可溶性陰離子性物質比較 TMP、DIP、塗布損紙原料系統中所產生之疎水性粒子的陰離子電荷很低。因此其對應策的設定並不是以陰離子電荷中和為主要的方法。由文中實驗結果而有以下之建議。

- ①.必須使纖維與疎水性粒子間的結合變力變成最大。
- ②.在剪力將結合拉開時防止粒子的不安定化與凝集作用的發生。
- ③.纖維與粒子間高分子化合物轉移量儘量能低。

本文中增加約經 30% 部分加水分解的 PVAm 定著劑，在不發生凝集作用下將疎水性粒子定著在纖維上顯示有最佳的效果。處理塗度損紙時部分的加水分解的 PVAm 經疎水性官能基變性者其定著效果更佳。

七、參考文獻

- 1.アントン エッサー、小林千益、日向 敏 2005 ポリビニルアミンの新知見—ポリビニルアミンをベースにした定著劑。 紙パ技協誌 59 (8) : 1174-1180。
- 2.金沢 毅 2005a DIP における粘著除去へのアプローチ。 紙パ技協誌 59 (7) : 993-1005。
- 3.金沢 毅 2005b 最新のスクリーン技術—画期的省エネルギースクリーンと流体遮断による粘著除去スクリーンプレート。 紙パ技協誌 59 (4) : 490-498。
4. 但木 孝 2008 「アクシーズシステム」による抄紙マシンの操作性向上。紙パ技協誌 62 (11) : 1391-1397。
5. 蘇裕昌 2005 粘著物の分析及對策。中華製漿造紙技術協會造紙技術研討會 2005.11.18-12.1 台中
6. Belouadi C., Blum R., Esser A. 2000 A Novel Approach To Avoiding White Pitch Deposition. Pulp And Paper Canada 101 (9) : 58-61.
7. Esser A., Rübenacker M. Lorz R. 2000 Efficient Process Chemicals For White Pitch Treatment. Proceedings Of The 86 Th Annual Meeting PAPTAC Montreal Vol C : C 149~ C 154
8. Holik H. 2006 Fixing Agents & Additives For Pitch And Deposit Control In "Handbook Of Paper And Board." H. Holik (Ed.) And Published By WILEY-VCH Verlag Gmbh & Co. Kga, Weinheim Pp. 130-131& Pp. 132-134
9. Linhart F., Auhorn W. 1992 Polyvinylamineine Neue Klasse

- Von Polymeren Für Die Papier-Herstellung Mit Umwelt
Freund-Lichem Eigenschaftsprofil . Das Papier 46 (10 A) :
38-45.
10. Swerin A., L. Ö dberg 1997 Some Aspects of Ret ention
Aids - The Fundamentals Of Paper Making Materials.
Transactions of The Fundamental Of 11 The Research
Symposium. Vo1. 1 Pp. 265-350
11. Tanaka H., Swerin A.,; Ö dberg L. 1995 Redistribution Of
Adsorbed Polyelectrolytes From Cellulosic Fibers To Model
Filler Particles In A Paper- Making Suspension Effects Of
Filler Particle Size And Electrolyte Concentration. Nordic
Pulp And Paper Research Journal 10 (4) : 261-268.
- *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.