

漿紙技術雜誌

第七卷 第一期

2003 / 3

目 錄

總論

- 蘇裕昌 消泡劑的基礎及應用..... 1
- 邱德聖 熱化學轉化澱粉塗佈應用實務 13

技術論文

- Charles D. Angle 著 紙機污染物控制方法的最新發展..... 27
潘朝班 譯

技術新知

- 鄭敬真 編譯 漿紙製造及應用對環境的衝擊 35
- Rienecker R. 著 廢紙生產文化用紙之篩選作業 39
王益真 編譯

Journal of Pulp and Paper Technology

Volume 7, No.1

2003 / 3

Table of Contents

Review Articles

- Yu-Chang Su The Basics and Applications of Defoamer 1
- Ter Sheng Chiu The Practical Application of Thermo-modified Starch in Coating..... 13

Technical Articles

- By Charles D. Angle A superior new approach to paper machine contaminant control 27
Translator : Benjamin Pan

New Developments

- Jim Cheng The Environmental Impact of Pulping, Papermaking and Their Applications..... 35
- Rienecker R. Screening of recovered paper stock for the Production of graphic Papers 39
Translator : Eugene I. Wang

消泡劑的基礎及應用

蘇裕昌*

The Basics and Applications of Defoamer

Yu-Chang Su*

Summary

Foaming is a common problem in pulp and paper mills. Various natural resin/pitch and ligneous materials contribute to the problem that can adversely affect operation and product quality. The article reviews the potential sites of foaming, effect of foams and the problems they cause, mechanisms of defoaming agents and their compositions. Various defoaming agents are described in detail with regard to their specific applicability and method of defoamer evaluation.

一、緒言

製漿工程中，原料木片中的各種樹脂成分或木質素等天然起泡性物質在工程中溶出而產生氣泡因而在系統中產生各種操作上之問題，或影響成品的品質。在抄紙工程中除了製漿工程帶入的天然起泡性物質以外，爲了得到良好的紙張品質，往往在抄紙工程中加入多種藥品，如上膠劑、紙力增強劑、濕端添加劑等，以達到賦予紙張某種特性、操作性質等。但在抄紙工程中加入此等藥品往往會使白水容易起泡，往往成爲白水容易發泡的主要原因。除此之外，爲了提升生產效率而改善抄紙機的抄速，白水溫度也有愈來愈高的傾向，因此系統中白水有愈來愈容易起泡，發泡性愈大，氣泡大量發生時除了會影響紙張的品質以外尚會影響紙機的操作，而影響紙機的生產量。因此消泡對策是製漿造紙製程中很重要的項目之一，雖然可以由原料的選擇，設備的修飾，操作條件的選定等進行消泡處理，但在很多處理中消泡劑的選用似乎爲不可欠的一環，因而消泡劑可說是造紙工廠中不可缺之藥劑。

在整個製漿造紙製程中採用之消泡劑主要是應用部位是 硫酸鹽紙漿的洗滌，紙漿漂白工程，抄紙工程中的白水處理，塗佈工程塗料的配製，表面上膠液，廢液處理階段時使作業水或排放水的消泡或抑制氣泡的形成。少量的添加消泡劑對紙張品質的控制及安定的操作生產均有相當正面之影響。紙漿洗滌用之消泡劑常採用醯胺 (Amide) 類化合物，但多量使用時容易產生粘著物 (Pitch) 粘著的問題，最近開發出矽/醯胺類之複合型消泡劑及矽力康 (silicone) 類消泡劑等的應用在少量使用即可達高消泡效果 (櫻井, 1995)，而且能減輕粘著物發生之問題。抄紙用之消泡劑則常採用長鏈醇 (long chain alcohol) 或石臘 (paraffin) 的乳液型及溶液型的聚醚 (polyether) 類消泡劑 (石田, 2001)。前者的乳液型消泡劑在應用時常導致紙張上膠度的下降。後者之聚醚類溶液型消泡劑消泡能力佳，但多用時仍會影響成紙之上膠度，宜採最適量之添加。另外，塗佈顏料中所採用之消泡劑可分爲在顏料分散用之預先添加及調配完成之塗佈顏料中添加者等二種。前者要採用溶液型之高效消泡效果

矽力康類消泡劑，對粘度高的塗佈顏料之消泡極為有效。另外，在調配完成之塗佈顏料中所加之消泡劑為乳液型的石臘乳液消泡劑或聚醚類化合物，這種消泡劑有形成不疎水性、油斑等優點但消泡力並不太強(蘇,2000)。廢水處理用消泡劑則可分為礦油類、石臘類乳液型及矽力康乳液型等三類，各種消泡劑均以礦物油做為媒體，經乳化及分散製成。排放水中若有起泡不但影響水質情形亦影響排放，另外廢水的品質影響起泡性也對消泡性有明顯的影響。

(一) 製漿工程中之起泡障礙

製漿造紙工程中在很多的作業，如 噴漿時空氣

的吸入， 篩選作業中空氣的捲入， 在洗淨機脫水時空氣的捲入， 洗淨機濾液的下流， 輸送泵的不完全作動等的原因而產生氣泡，如圖 1 為製漿漂白工程中之氣泡容易發生之位置(上原真一，2001)，在製漿製程中主要的因氣泡所產生障礙可顯示如表 1，而在抄紙製程中所產生之氣泡障礙可顯示如表 2。而在製程中主要氣泡的障礙形成的原因為 對液流的抵抗性， 氣泡吸著於固形物上及氣泡的上浮性等。圖2為漿料氣泡的含有率的多寡對漿料濾水性及成紙品質的影響情形。

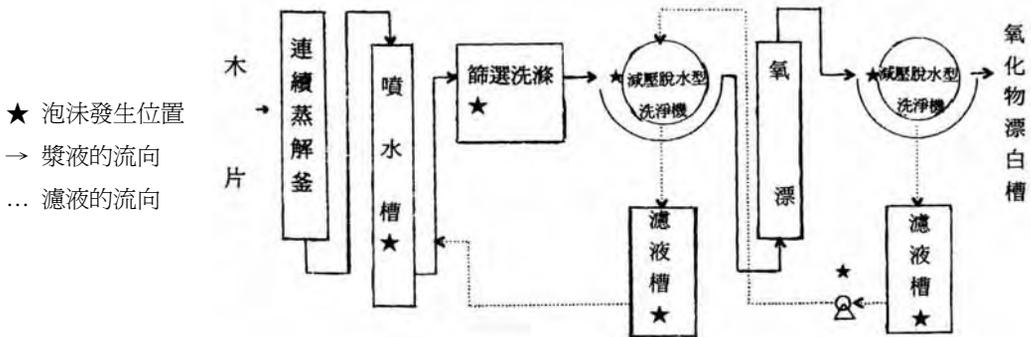


圖 1. 製漿漂白工程中泡沫發生位置(上原,2001)

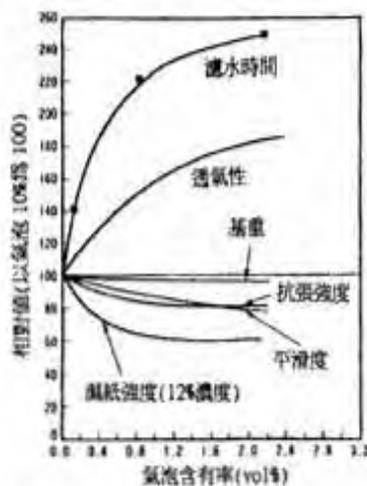


圖 2. 漿料中氣泡含有量多寡對濾水性及成紙品質的影響(安藤,1999)

消泡劑的基礎及應用

表 1. 製漿造紙製程中的主要氣泡所引起的障礙 (安藤, 1999) (上原, 2001)

製程	氣泡所引起障礙
製漿工程	1、紙漿的洗淨及篩選工程中 氣泡導致洗淨性及脫水效率的低下 *鹼液的損失變大 *洗淨水的多量使用導致黑液濃縮的負荷變大 *洗淨機的效率變差 *影響後段工程中樹脂障礙的發生及起泡障礙 *後段漂白成本變大
	2、漂白工程中 起泡影響漂白段洗淨機的洗淨性及脫水性的低下 *影響漂白劑的使用量及加溫用的蒸氣 *影響漂白效率

表 2. 抄紙工程中主要因泡泡所引起的障礙

紙張品質	*紙漿纖維分散不良所引起的纖維塊的發生 *紙張形成時生成斑點、針孔 *抄網上交織的不良 *紙漿纖維間的接著不良所引起紙張強度的低下
操作性	*配管中流量的變動 *由於抄網上濾水性的低下所引起抄速變慢 *乾燥部蒸氣消費量的增大

(二) 抄紙工程中因泡泡所引起之障礙

抄紙系統用水空氣進入水中的主要原因,主要是由於 頭箱對空氣的捲入, 紙料循環工程中的位差的引起之泡沫, 送料幫浦不完全起動所引起的氣室效應等。但抄紙用水的空氣中可分為以下三類。可以簡單去除的自由空氣, 留存於紙漿纖維內部或吸著於纖維表面的殘留空氣, 白水在飽和狀態所溶解之溶解空氣。其中以纖維中殘留空氣在備漿工程中由於磨漿機的機械性的分散使空氣與紙漿纖維接觸而吸著之。

(三) 製程中氣泡障礙的分類

1. 氣泡對液流抵抗性所產生之障礙

在製漿造紙工程中, 紙漿洗淨機、機漿濃縮機、抄紙機的網部等操作中過濾、脫水作業等的單元操作中紙漿纖維中若含有氣泡則會阻礙漿液(或操作水)的流動圓滑性如圖 3, 而影響過濾或脫水效率, 而如氣泡的存在使紙漿洗淨機中洗淨噴液無法將紙漿纖維中之液體充分置換, 而降低了淨漿效果。

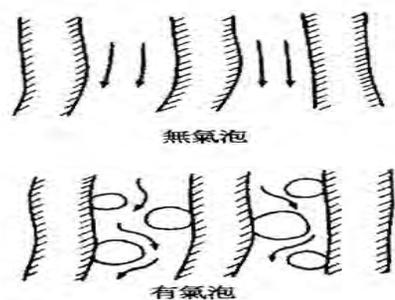


圖 3. 纖維間由於氣泡存在，導致對濾水之阻礙(安藤,1999)

2、由於氣泡對固形物吸著性及浮上性

利用氣泡對微細粒子或空氣吸著性的吸著性及浮上性可以應用做為浮選作業中之固液分離用途，但相對的也會引起樹脂粒子的凝聚或浮渣物的生成，造成紙漿纖維的不均一分散，影響漿料之濃度管理。

(1) 引起樹脂粒子的凝聚及浮渣物的生成

在氣液的界面上氣泡很容易的與樹脂粒子或水溶液中各種膠羽狀物質吸著，而且吸著後浮上液面結塊形成凝聚物，此等凝聚物不但影響成品的品質而且會減低生產效率。圖 4 為氣泡對樹脂微粒子的凝聚或浮渣物的生成過程之示意圖。

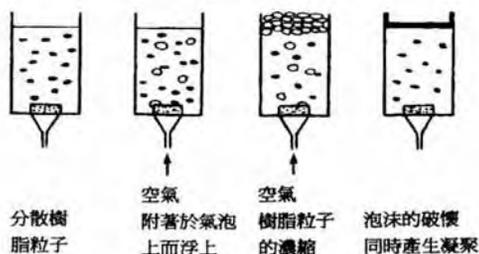


圖 4. 氣泡對樹脂粒子凝聚的影響(安藤,1999)

(2) 影響紙漿纖維的分散

在漿液中若有大量之氣泡，氣泡會因此吸著在紙漿纖維上，此時由於吸著在纖維上氣泡的多寡會使纖

維間產生比重差而影響纖維的分散，這種不均一分散影響紙料濃度的分布，而使漿料濃度形成濃淡不一，除了最後會影響最終產品的交織外，而且在白水回收工程中也影響紙料的回收。

(3) 含氣泡漿料引起之濃度差影響製程中之濃度管理

紙料中若含有氣泡則紙料之目視容積變大，導致濃度管理及流量之控制增加很多之困難，液面的提高也影響原有之處理能力。

三、消泡劑的作用機制

不論是否應用於製漿造紙之領域，目前市售消泡劑的大部份是添加在對象溶液中以抑制泡沫的形成也就是抑制起泡的作用，但是也有將消泡劑自泡沫上方加入而去除泡沫的藥劑。因此消泡劑的主要功能是抑制因攪拌、亂流或其他原因將混入液中的空氣，防止其形成微細泡或促進所形成的微細泡的大型化而快速的浮出液面形成短命的氣泡，而得到減少氣泡或泡沫之結果。圖 5 消泡劑的明確消泡機制尚未完全的解明。但是基本上利用消泡劑的粒子侵入安定氣泡集合物的氣液界面而擴散之，擾亂安定的使氣液界面，防止氣泡的微細化或促進氣泡的結合及大型化，或使氣泡不安定化而得到消泡的目的。但消泡劑對氣泡的生成安定化要因及阻害安定因子之效果其氣泡安定化及氣泡破壞的要因可顯示如表 3，圖 5 為消泡劑的作用圖，圖中顯示一連串的作用，各種作用的大小與消泡成分的种类與處方有關。

一般消泡劑的組成為如表 4 的物質為主要構成成分，除了必須達到消泡效果與疎水-親水性的平衡，產品的安定性，產品的粘度等重要選擇依據之外，但依使用用途及目的有不同的構成成分。

消泡劑的主要目的是以微量的消泡劑添加於發泡漿液中而達到抑制發泡目的。所謂發泡(起泡)即液體形是薄膜將氣體包覆於其中。泡的生成重要之影響

消泡劑的基礎及應用

因子為液體的表面張力、泡的粘度等，因此消泡劑的作用可以說是將泡膜的表面變成可均衡的狀態使其不安定化，其作用可大分為以下之三個作用。

表 3. 氣泡的安定與破泡的要因 (林,1991)

氣泡安定的要因	氣泡破壞的要因
表面張力的下降	重力
氣泡的彈性 (Maragonin 效果)	Plateau boarder 的排出液
氣泡的粘性、表面粘性	泡的內壓差使氣泡的接合-擴大 (小→大)
靜電壓力	消泡劑：附著在泡膜→滲透→擴張 (活性劑的劑攪亂、置換、界面張力差等→泡膜)
用固體保護泡膜	

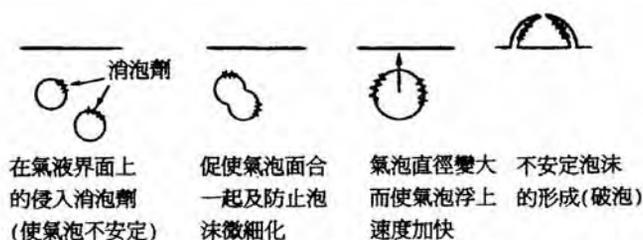


圖 5. 消泡劑的作用示意圖(安藤,1999)

表 4. 消泡劑的組成及各組成成分之功效

目的	組成成分	比率 (%)
抑泡、破泡	矽力康 (Silicon)、矽力康混合物 (Silicon compound)、疎水性、矽力康 (Silicon) 脂肪酸、脂肪酸胺、金屬皂、醇、酯化合物、磷酸化合物、聚醚 (Polyether) 化合物等	1-90
擔體 (媒介體)	水、礦物油、油脂	90
乳化劑	脂肪酸醋酸酯、醇之醋酸酯、油脂	0.5-10
擴散劑	酯化合物	
重合劑 (Coupler)	脂肪酸、醇類等	0.5-10
安定劑		

(一) 破泡的作用

泡的表面上有安定的界面物狀之疎水基以規則的樣式排列，一般消泡劑含有疎水基及親水基添加於泡沫中則泡表面物質的一部分會被消泡劑置換。本來

泡沫的薄膜有一定厚度，而且保持著彈性，由於消泡劑的侵入使薄膜失去彈性，且膜厚變薄，最後導致泡膜的破裂。

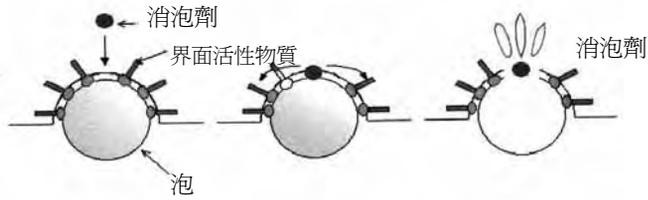


圖 6 破泡作用機制

(二) 抑泡的作用

消泡劑在發泡液中分散則在氣相/液相間界面呈順序排列之界面活性物質，因消泡物的侵入而變亂，

另外在液中形成之氣泡升到液面即將形成薄膜時消泡成分阻礙了薄膜的安定化而使其無法形成泡泡。

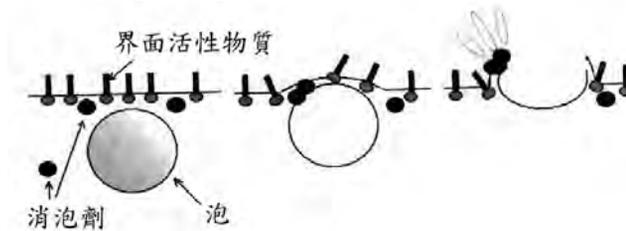


圖 7. 抑泡作用機制

(三) 脫氣的作用

消泡劑成分在發泡液內部中做為多個氣泡的接著劑之效果，自氣泡之內部將兩個或幾個氣泡結合成

一大氣泡後再藉其浮力上升到液面(大氣泡之上升浮起的速度較小氣泡為快)，浮出液面後之氣泡再依前述之二種相互作用而得到破泡的目的。

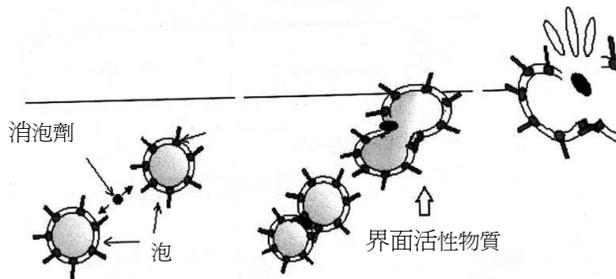


圖 8 脫氣作用機制

四、製漿造紙用消泡劑的分類

消泡劑的種類可大分為 乳液型 (O/W)，油基型 (Oil base)，水基型 (Water base) 等三大類，

各消泡劑的產品型態及在水中分散型態可簡示如表 5。三種消泡劑的特性可歸納如表 6。表 7 中 a、b、c 則為一般常用的消泡劑配方。其分類方式如下。

消泡劑的基礎及應用

表 5. 消泡劑的種類（依製品型態分類）(林,1991)

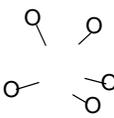
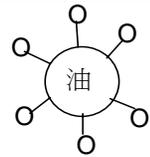
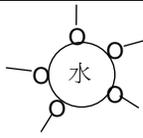
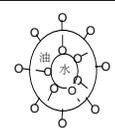
種類	製品型態	在水溶液中的分散狀態
乳液型 (O/W)		
油基 (oil base) 型		
水基 (water base) (W/O)		

表 6. 消泡劑的特性(林,1991)

	乳液型	油基型	水基型
分散型	佳	差	差
強分散	不需	需要	需要
消泡性	初期消泡性佳	不易得高泡性	較油基型差
減少粘著物	佳	差	差
對 BOD、COD 的負荷	小	大	大~中
低溫安定性	不能凍結	差	佳
水稀釋使用	可	可~不可	不可

表 7. 常用的消泡劑配方(林,1991)

a、乳液型		b、油基型		c、水基型	
Parafin wax	17	礦油	94.9	礦油	40
非離子性界面活性劑	8	Ethylenebisstearyl amide	5	Ethylenebisstearyl amide	5
水	75	Silicon oil	0.1	Silicon compound	5
				非離子性界面活性劑	4

(一) 依成分分類

表 8 為製漿造紙造紙用消泡劑中主要消泡活性

物質的成分例。消泡劑的種類很多，但不外乎是疎水性物或低親水性界面活性物質等。多數市售的消泡劑

常因 合用達到相乘效果， 工程中適用性， 對紙張性質的影響等原因。將複數的消泡活性物質組合，利用礦物油水等當媒介體或利用具容易分散性質消泡劑的配合。

(二) 依製品形態分類

表 9 為依製品的分類表，表中顯示乳液型可分為

水基型 (Water base) 及水延伸型 (Water extended) 二型，但常被合稱水基型，實際上兩者為完全相反的乳液型態。水基型是在水中加入消泡成分，經乳化而成的乳液。此型的實際例為長鏈醇乳液消泡劑或矽力康乳液等，此等消泡劑的製備均為在水溶液中消泡活性成分經乳化分散而得。

表 8. 製漿、造紙工程用採用之消泡劑的主要成分 (依成分分類) (安藤,1995)

分類	消泡活性成分
醇類化合物	長鏈醇
	長鏈醇之氧化烷烯 (Alkene oxide) 附加物
脂肪酸類化合物	長鏈脂肪酸
	長鏈脂肪胺
	長鏈脂肪酯
	脂肪酸類氧化烷烯 (Alkene oxide) 附加物
有機矽化合物	脂肪酸金屬鹽
	矽油 (矽力康油)
	變性矽油 疎水性矽

表 9. 製漿造紙用消泡劑依製品形態分類(安藤,1995)

	分類	形態	實例
乳液型	水基型 (water base)	在水中乳化消泡活性成分而成 (O/W 型乳液)	長鏈醇乳液消泡劑 矽力康乳化消泡劑
	水延伸型 (Water extended)	消泡成分以水乳化而成 (W/O) 型乳液	紙漿用消泡劑* 脂肪酸胺 *疎水性矽化合物 *矽力康類
非乳液型	油基型 (Oil base)	消泡活性成分以礦油分散或溶解而成	紙漿用消泡劑 Oil base 聚乙二醇 (Polyglycol)類消泡劑
	非油基型 (Nonoil) (活性劑)	以礦油不含水為媒介體	非油聚乙二醇 (Non-oil polyglycol)類化合物

另外，水延伸型 (Water extended) 乳液是在消泡成分中添加水分乳化而成的 W/O 型乳液，其為具安全優點的製紙用消泡劑產品，即時在最近流行的具安定性且消泡性佳矽力康乳液，此 W/O 型乳化劑也常被應用。此型之辨識方法為在水中幾乎無法乳化，很容易與水基乳液區別。

(三) 依對水的分散性分類

依據藥劑對水的分散性可大分為 乳化分散型 (自我乳化型)，及 非乳化分散型 (表面分散型) 兩種。前者僅用稍微的攪拌或亂流就可在發泡液中乳化分散，或配合乳化劑或消泡活性物質的自我乳化等的設計，或先行配製成 O/W 型乳液製品。

五、抄紙用消泡劑各論

抄紙機使用之消泡劑目前最常使用者依成分分類主要有 水基型長鏈醇類 O/W 型乳液消泡劑 (O/W 型乳液的水基型)，聚乙二醇 (Polyglycol) 類非油型 (Non-oil) 聚醚類 (Polyether) 類、聚酯 (Polyester) 等非離子型或脂肪酸酯消泡劑二種。抄紙用消泡劑在紙料中提高與氣泡的作用性，防止油副作用。

(一) 乳液型消泡劑

利用各種乳化劑將各種油劑在水中乳化而成，其製法之概要如下：

油劑的溶融：常溫下為液狀之油劑不需此操作，固狀之油劑使用時使固態液化。

乳化劑的添加：在溶融油劑中加入乳化劑使其溶解。

乳化：將溶融的油劑及乳化劑混合液在強力的攪拌下添加溫水使其乳化。

冷卻。

1. 長鏈醇類消泡劑

長鏈醇類消泡劑主要的碳素個數為 18-22 的直鏈的醇類為主要組成成分，這種消泡劑在常溫下常為

固體。為了使發泡劑產生機能，是添加在乳化劑將其乳化製備成 O/W 型乳液。為了提升消泡效果常配合動植物或酯類化合物配合使用。固體的粒子徑的範圍為 3-10 μm 。這種乳液型消泡劑對紙質的影響較低，尤其是對上膠度的影響低，廣泛地被應用在各種紙種的抄製上。而且對在漿料中分散氣泡的合一性質優良，具良好之脫氣效果，因而常用為脫氣劑。常用的長鏈醇為 C₁₈ 醇的天然品或合成品。這種消泡劑在 50°C 以下能發揮安定的消泡效果。

表 10. 聚醚類 (Polyether) 消泡劑的構造 (石田, 2001)

	R-O-EOn-POm-H
醚型	HO-POn-H
	HO-EOa-PO6-EOc-H
酯型	R-COO-EOn-POm-H
醚·酯型	R-O-EOn-POm-CO-R
酯·酯型	R-COCO-EOn-POm-C-R

R : Alkyl group, EO : Ethylene oxide, PO : Polyene oxide n, m, a, b, c : 任意常數

(二) 聚醚類消泡劑 (聚乙二醇衍生物類消泡劑)

聚醚系消泡劑是屬於低 HLB 值的非離子性界面合性劑。由於來自於高級醇、脂肪酸、烷基苯酚 (Alkylphenol) 等的碳氫化合物的疎水性基 (親油基)，與氧化乙烯 (Ethylene oxide) 或氧化丙烯 (Propylene oxide) 等氧化烷烯 (Alkylene oxide) 由於附加縮合反應而得來，如表 10。或以氧化丙烯附加縮合物之二末端接上氧化乙烯 (Ethylene oxide) 之縮合化合物形成 Poloxamer 型低 HLB 值之非離子性界面合性劑。此時聚丙烯 (Polypropylene oxide) 部份為消泡劑疎水基，而以 Polyethylene oxide 部份為消泡劑之親水基。也有採用複數聚醚類消泡劑組合應用之消泡劑，在製備此類消泡劑時長鏈醇或脂肪酸及氧化丙烯

或氧化乙烯的種類或比例可自由變化，因此有多樣的產品。

聚醚系消泡劑不經稀釋，直接添加入白水中即形成微小分散的粒子。若先以水稀釋添加時粒子在白水中能自由活動，因此疎水性（親油性）很強，因此內部疎水即泡膜表面上聚醚類消泡劑與起泡性物質形成混合吸著而形成不均一的分布，而導致不安定氣泡的生成容易破泡。

在使用聚醚類消泡劑對消泡劑的曇點與使用溫度不注意不行。聚醚系消泡劑在特定的溫度以下會溶於水，相反地在此溫度以上則不溶於水形成白濁狀，在此界點的溫度稱之曇點。聚醚類消泡劑的曇點受消泡劑 HLB 值而變。界面活性劑之作用及性質可以以 HLB 值 (Hydrophilic-Lipophilic Balance) 表示，此即構成界面活性劑親水基、親油基大小之比例，其親水-疏水相對重量百分比影響分散及乳化的程度，即用此值可顯示界面活性劑之不同作用，具最大親水性之界面活性劑之 HLB 值為 40，具最大親油性行(即最小親水性)界面活性劑之 HLB 值為 1，以此 HLB 值為顯示界面活性劑之作用與機能之指標。此概略 HLB 值與界面活性劑之作用與之機能可由表 11 顯示之。

表 11. 物質的 HLB 與其主要的作

HLB	主要的作
1.5~3	消泡作用
4~6	乳化作用 (W/O 型)
7~9	滲透作用
8~18	乳化作用 (O/W 型)
13~15	洗淨作用
15~18	可溶化作用

(三) 抄紙用消泡劑的評估方法

一般消泡劑添加效果的評估是利用幫浦使白水循環而產生泡沫，在其中加入消泡劑後觀察其泡沫的起泡性而判定其消泡性的好壞。但此等結果與實際在抄紙機的效果有些差異性。圖 9 為在實驗室中利用循環白水評估 AB 二消泡劑之功能。

而圖 10 則為抄紙機實機評估二種消泡劑之實機評估。圖 11 為使用長鏈醇類及聚乙二醇類消泡劑對消泡之效果，長鏈醇類能將分散氣泡結合變大，而達到破泡之效果。聚乙二醇類消泡劑能抑制微細氣泡的形成，防止空氣進入的效果。一般常將兩者合用發揮不同消泡劑的特性而減少消泡劑的使用量。

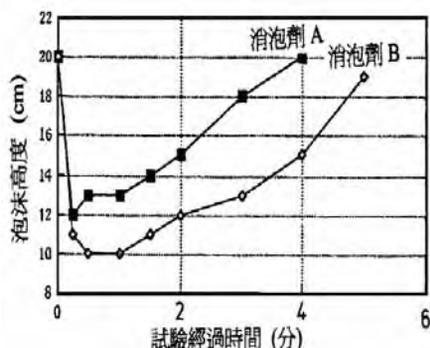


圖 9. 試驗機評估(新聞用紙白水)

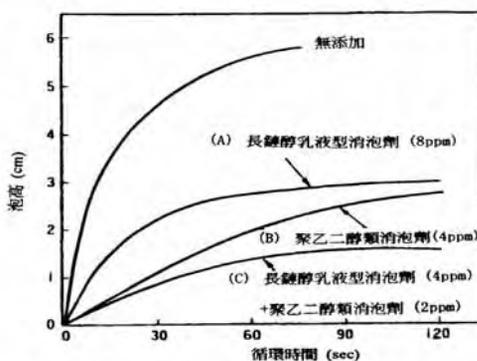


圖 10. 抄紙機實機評估 (新聞用紙白水)

消泡劑的基礎及應用

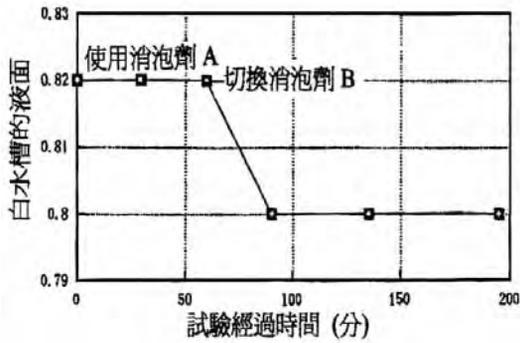


圖 11.長鏈醇乳液型消泡劑及聚乙二醇類消泡劑的併用之消泡效果。

(供試液) 新聞用紙抄紙機白水 pH: 5.0 溫度 40 °C

六、參考文獻

1. 上原真一 2001 抄紙用消泡劑---消泡劑的種類及

應用 紙パ技協誌 54(8) : 1065~1069。

2. 石田敏雄 2001 抄紙工程向け新規エマルジョン型消泡劑。紙パ技協誌 55(2) : 188~192。
3. 安藤節夫 1999 紙パルプ用消泡劑—紙パルプ工業分野における消泡技術。紙パ技協誌 53(9) : 1126~1132。
4. 林良宏 1991 造紙工業における消泡劑。紙パ技協誌 45(1) : 178~183。
5. 蘇裕昌 2000 塗佈助劑。漿紙技術 (4) 2 : 1~11。
6. 櫻井健一 1995 最近クラフトパルプ用消泡劑について。紙パ技協誌 49(2) : 299~304。

*蘇裕昌 行政院農業委員會林業試驗所木材纖維組 研究員兼組長

*Dr. Yu-Chang Su, Senior Scientist and Head of Division of Wood Cellulose, Taiwan Forestry Research Institute, Council of Agriculture.

蘇裕昌

(廣告)

台灣荒川化學工業股份有限公司

換拼現成底片