

## 因應瓦楞紙板原紙輕量化之PAM類乾強劑的濕端添加及表面處理

### Wet-end Addition and Surface Applications of PAM Drug-strength Agents for Low Basis Weight of Linerboard Base Paper

蘇裕昌\*

Yu-Chang Su\*

#### Summary

This article reviewed the research work made by Arakawa Chemical, Japan. Experiments were conducted the purpose of reducing basis weight of linerboard, approach of using the PAM w agents to maintain the strength properties effectively. In order to obtain high strength paper effectively, firstly, Test were made by using wet-end addition of suitable amounts of PAM strength agents to linerboard stocks for making lower basis weights products and strength properties of resulting board such as ring crush compression strength, short zero span compression strength and tensile strength were evaluated. Thereafter, the insufficient strength compared to ordinary basis weight linerboard were compensated by using a surface coating treatment (a combination method of internal addition and surface coating). To further Increase strength properties of linerboards, it is recommended to make appropriate retention aids in use.

**Key Word:** Light basis weight linerboard, PAM strength agents, paper strength.

#### 一、緒言

擬提升紙張的強度一般採用的方法有 ①. 使用具高強度的紙漿(原生紙漿)。②. 提高紙漿的打漿程度。③. 添加紙力增強劑等。使用 ① 法則原料成本提高。使用 ② 法則漿料的濾水性降低而使生產性的缺點，有考量的必要。使用③ 法紙力增強劑的添加則顯的重要。製造瓦楞紙板用紙力增強劑主要採用聚丙烯醯胺 (PAM)類與澱粉類等，添加的方法由直接添加在漿液中的內添法 (濕端添加法)，與抄成紙後在紙表面上塗布的方法、或在成形部、壓榨部噴灑的方法等。所採用的紙力增強劑則必須因應抄紙機的設備特性、原料、抄紙環境等選擇最適合的紙力增強劑以有效的達到強度品質的要求。

每  $m^2$  的瓦楞紙板的重量有年年降低輕量化的趨勢，在日本1990年為664.19  $g/m^2$ ，2009年為 631.79 $g/m^2$  (日本瓦楞紙板工業組合連合會)。此趨勢是因近年來的環境保護意識高騰，推測是因應省資源化、與輸送效率化以降低  $CO_2$  排放為目的而降低表面紙板及瓦楞芯紙原紙的使用量而使用較薄的原紙。一般，紙張的基重與強度呈正的相關，降低原紙的基重的同時其強度也會有顯著的降低。原紙強度降低瓦

楞紙板的強度也會隨之降低，其主要的因應對策有下列三種，(1).進行紙板構造的設計：採用低強度的原紙，也必須維持定程度的瓦楞紙板的強度。(2).限定使用用途：限定使用低強度材料也不會有問題的使用領域。(3).使用低基重原維持強度添加紙力增強劑的應用為最具可行性、經濟性、及挑戰性。本文以實驗室試驗，檢討降低瓦楞紙板原紙的基重對紙張強度的影響，及有效率的運用紙力增強劑的內部添加及塗布處理對紙張強度的增強效果。

#### 二、降低基重對紙張強度的影響

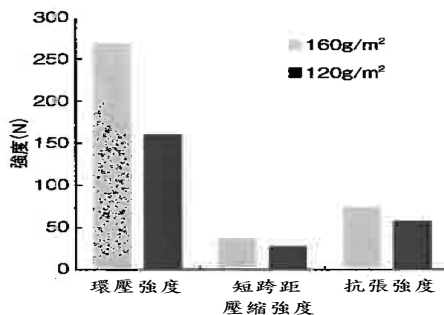
影響紙張強度的主要的因子如下。①. 單纖維強度 (紙漿纖維本身的強度)。②. 纖維間結合 (結合面積、結合強度、纖維間纏繞的程度)。③. 交織 (紙面內的密度的分布)。紙張的強度受基重的影響極大。降低基重即是減少形成紙張的纖維數目，也因而導致降低纖維與纖維間的結合數目。圖 1 顯示以瓦楞紙板廢紙經實驗室離解、打漿 (CSF 400ml) 之原料抄製之手抄紙在降低基重時對強度的影響。

原紙設定應用為芯紙而評估壓縮強度與抗張強度，原紙基重自160 $g/m^2$  降低為120 $g/m^2$ ，則環壓強度(JISP 8126) 約

降低 110N 約等於降低 44%。另外，短跨距壓縮強度(Short span Compression strength) (ISO9895)約降低 10N (30%)，抗張強度 (JISP8113)也約降低 16N (21%)。圖 2 顯示在更大幅度的降低原紙的基重時與強度間的相關關係。縱軸各強度值除以基重所得到的比強度值，以對基重 160 g/m<sup>2</sup> 原紙強度指數為 100 時的比值。比抗張強度幾乎不受基重的影響，比壓縮強度則顯示有容易受基重影響的趨勢。特別在基重越低紙也能維持紙板的強度標準。其中，以原紙的低基重化且能時期比環壓強度、短跨距壓縮強度的降低越為顯著。推論這是由於起因於在測定時、或使用時對試驗片的壓縮變形的影響較為顯著之故。

### 三、以內添加法進行紙力增強劑的添加

首先，探討以內添法添加紙力增強劑對強度提升的效果，在瓦楞紙板廢紙紙漿液中添加 1% Alum 及兩性 PAM 類紙力增強劑抄製基重 120g/m<sup>2</sup> 的手抄紙。圖 3 中顯示變化



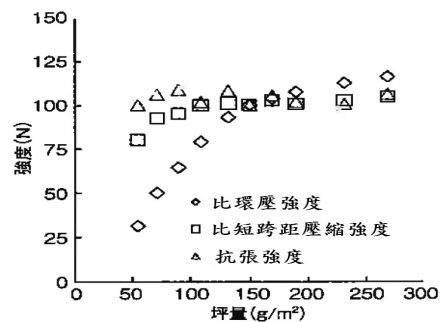
注) 瓦楞紙: CSF400m1

圖1 降低基重對強度的影響

### 四、以塗布法進行紙力增強劑添加

接著，檢討以塗布法進行紙力增強劑添加對強度提升效果。以瓦楞紙板廢紙紙漿抄製手抄紙 (基重 120g/m<sup>2</sup>)，採用以棒式塗布機，進行表面用 PAM 類紙力增強劑及市售表面塗布用氧化澱粉的塗布(兩面塗布;正面的表面塗布 → 乾燥 → 反面的表面塗布 → 乾燥，塗布液的吸液量單面約為 20 g/m<sup>2</sup>)。圖 4 顯示紙力增強劑的塗布量對環壓強度、短跨距壓縮強度、抗張強度的相關關係。塗布紙力增強劑對各種強度均有提升的趨勢，塗布量越高則強度提升率有降低的趨勢。相同塗布量比較則 PAM 類紙力增強劑的添加對紙力的提升為澱粉類紙力增強劑的 2 倍。以基重 120g/m<sup>2</sup> 的原紙要達到基重 160g/m<sup>2</sup> 的強度必要的 PAM 類紙力增強劑的塗布量 對短跨距壓縮強度及抗張強度約 為 3~4g/m<sup>2</sup>。環壓

基重及紙力增強劑添加率與手抄紙強度間的相關關係。無論何種處理強度均顯示因紙力增強劑的添加而提升，但添加率越與高則強度提升的幅度有變小而持平。基重 120g/m<sup>2</sup> 紙張要達到基重 160g/m<sup>2</sup> 的強度以內添法添加所必要的紙力增強劑的添加量，抗張強度為 0.5%~1.0%、短跨距壓縮強度約略為 1.0%、環壓強度則即使添加 3% 也只能達到目標強度提升值一半。紙張的強度來自單纖維強度與纖維間結合強度。紙力增強劑的添加別是對纖維間結合的強化有關。抗張強度相對的較壓縮強度受纖維間結合強度影響較大，因此紙力增強劑對強度的提升效果以對抗張強度有較大的強度提升。壓縮強度容易受纖維的荷重變形(單纖維強度)、或試驗片的荷重變形影響，尤其是環壓強度受荷重變形的影響較短跨距壓縮強度更為容易，推論基重降低時紙厚的降低時其影響更為顯著。由上述的推論，環壓強度因紙力增強劑的添加的提升較對抗張強度及短跨距壓縮強度較難以提升的原因之一。



注) 瓦楞紙: CSF399m1

圖2 基重與強度間的相關

強度則即使塗布 4g/m<sup>2</sup> 以上，只能提升到目標強度提升值的二分之一。

### 五、內添法與塗布法添加紙力劑對紙力提升的比較

提高內添法的紙力增強劑添加率，則紙力增強劑在纖維上的吸着率降低，紙力增強劑在紙上的留存效果降低因而對強度提升率有降低的趨勢。此趨勢的影響因為紙力增強劑的性質、原料紙漿的種類、抄紙系統內的環境 (Alum 添加量、pH、電導度、夾雜物的濃度)等。但一般最適合的紙力增強劑的添加率隨紙力劑的性質而異。

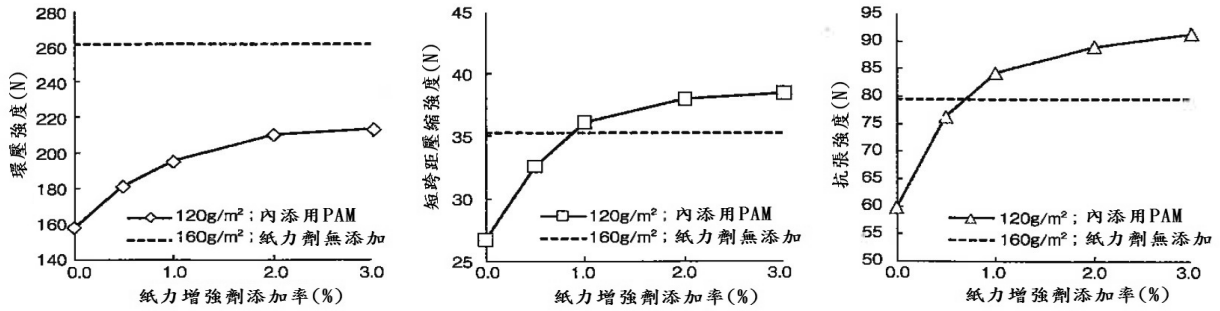


圖3 內添PAM的添加率對原紙強度的影響

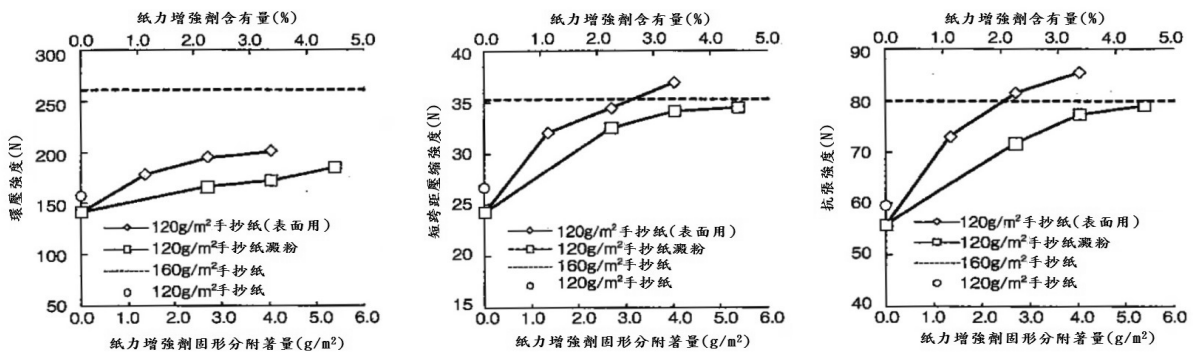


圖4 表面紙力劑塗佈量對強度的影響

另外，以塗布法塗布是當的紙力增強劑幾乎會全在紙張上留存，可以不必考慮如內添法在高添加率時吸着率的降低。但以塗布法在高塗佈量時一般採用高濃度塗布液，高濃度塗布液的導致粘度增加，粘度的增加影響塗布機的操作性、運轉性、及塗布液對原紙的滲透性。而且，塗佈量太高時對紙張的透氣抵抗有提升的趨勢，可能會影響在貼合工程中貼合糊料對原紙的滲透。

檢討內添法與塗布法之有效的強度提升效果。為了較易比較兩者對紙力提升效果。將前述圖3、圖4的數據是由紙中紙力增強劑的含有量的觀點畫出顯示如圖5。橫軸的內添 PAM 的含有量是由測量紙張中氮含量計算出，表面 PAM 的含有量是由塗布液的吸液量、與塗布液中的 PAM 濃度及塗布前後紙張的基重計算出。縱軸顯示與沒有添加紙力增強劑的空白原紙之各強度值的增加幅度。另外，本處採用之內添用 PAM 與表面塗布用 PAM 為不同的高分子產物。紙張中同一含量時，各組均顯示內添法比表面塗布法對強度的提升效果為優。但是，內添法在濕端添加在紙張中的留存有其極限之故，紙力提升效果也有其最高值的限制。相反的，大量塗布表面 PAM可達到較內添法更高的強度提升。

由上述結果得知，為了得到高強度首先，可以先以內添

法添加 PAM 有效的提升強度，其次，再對不足目標值的部分，以表面塗布法塗布 PAM 以補充紙力效果之藥品處理方法，能有效的達到原紙的紙力提升。另外，內添法與塗布法的強度提升效果不同，推論是因在紙中紙力增強劑的分布不同的影響之故。內添法者紙力增強劑分布在纖維與纖維的結合領域內，塗布法紙力增強劑是在已經形成纖維間結合的周邊分布。前者的分布較能有效的提高纖維間的結合強度。

## 六、內添法與塗布法的組合處理方法

如上述，以添加紙力增強劑要達到非常高強度要求時，無論內添法及塗布法，兩者均由其極限。因此，分別在最能發揮效果的狀態下將 2 添加方法加以組合以求最有效的方法。根據前節的檢討結果，以內添法添加紙力增強劑已進行某種程度的強度賦與後，不足目標值得強度部分再以塗布法賦與最為有效。圖6 顯示添法與塗布法組合時的乾強劑添加量與環壓強度間的關係，橫軸為內添PAM 與表面紙力增強劑 (PAM 及澱粉)的合計使用量(內添 PAM 以添加率，表面紙力增強劑以固形分附着量除以基重的120g/m2的含有率)。本次檢討的強度中，以最難改善的環壓強度之數據表

示。一定量的內添用 PAM 類紙力增強劑內不添加後的紙張(基重 120g/m<sup>2</sup>)以棒式塗布機將不同種類、不同添加量的表面用紙力增強劑塗布之，分別得到無法以單獨添加方法達成

的高環壓強度。組合處理中之表面紙力增強劑 PAM 較澱粉對強度提升效果較優。

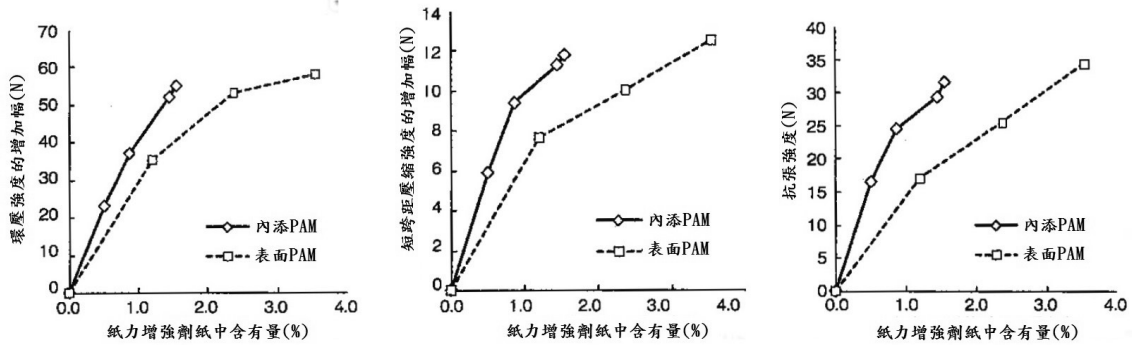


圖5 內添PAM及表面塗佈PAM對紙力影響效果的比較

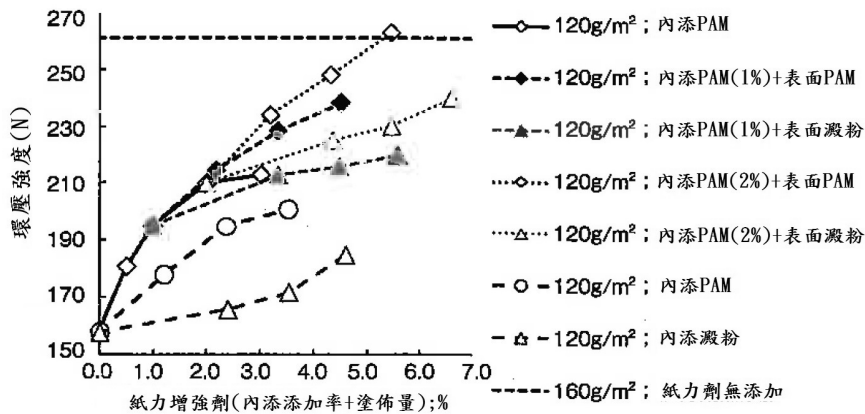


圖6 內添及塗佈PAM組合法對環壓強度的提升

## 七、留存助劑添加的檢討

一般，以內添法進行濕端紙力增強劑的添加時，比表面積大的微細纖維較長纖維能有多量的吸着。因此為了有效的達到強度的提升必須增加紙力增強劑在纖維上的吸着量，提高吸着紙力增強劑的纖維成分的留存是達到目的的重要影響因子。尤其在原紙低基重化時提高纖維留存率更是重要。因此為了提高紙漿纖維留存，使用留存助劑效果以提高留存率其結果如圖13~圖15 所示。此時的留存助劑採用荒川化學工業的 Polytension 1001(以下簡略為 PT)。為了反映微細纖維的影響是用含微細纖維的白水稀釋瓦楞

紙板廢紙紙漿後進行試驗。紙力增強劑單獨添加時隨摺著添加率增高其強度提升效果持平，推論少量併用留存助劑 PT則強度可更提升。由於留存助劑 PT 的併用，吸着紙力增強劑的長纖維及微細纖維能有效地留存在紙上，因此增加了紙張中的紙力劑含量，強度也因此有效的提升。一般，添加留存助劑可以改善滲水性、及紙漿漿液凝集性提高的趨勢之故，留存助劑添加不適當時，可能會有灰分留存過高導致強度的降低，或交織變差導致對強度不良的影響。因此在抄紙系統內適當選擇留存助劑及設定適當的添加率是極為重要的。

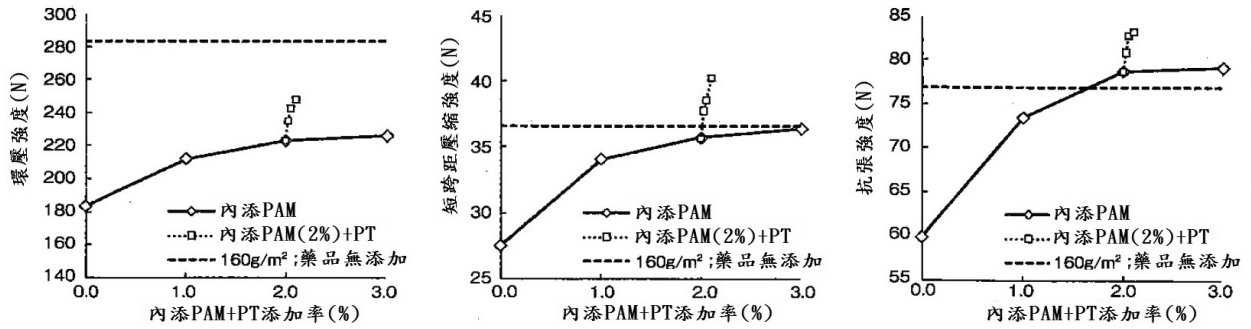


圖7 內添紙力劑PAM時添加助劑對紙力的提升效果

## 八、結論

檢討因應降低基重也能有效的維持強度為目的，所採用之 PAM 類系乾強劑處方得到以下的結果。為了有效的得到高強度紙張，首先，檢討內添用 PAM 類紙力增強劑的種類及最適的添加量，其後，不足的強度再以塗布法補足(內添法與塗布法的組合處理)。為更進一步拉出內添法對紙力增強劑的添加效果，建議可以與適當的留存助劑的併用。

## 九、參考文獻及資料來源

1. 榮村拓史 2012 段ボール原紙の薄物化に向けたPAM系乾燥紙力增強劑の処方。紙パルプ技術クイムス 15-19.
2. 榮村拓史 2011 段ボール原紙の薄物化処方について～紙の強度にばすPAM系、紙力增強劑の添加方法の影響。

響。

<http://www.arakawaChem.co.jp/jp/technology/document/201110.pdf>

3. 榮村拓史，山内龍男 2010 ポリアクリルアミド系乾燥紙力增強劑の添加によるリサイクルパルプからの紙の強度の回復とその繊維壁内分布。紙パ技協誌 64(6):701-712.

4. 榮村拓史，山内龍男 2009 ポリアクリルアミド樹脂系紙力增強劑添加紙の動力学的性質：紙方劑の種類及び添加法の影響。紙パ技協誌63(11)：1349-1361,2009-11-01

\*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.