

微膠囊應用於特種紙之介紹

◎文、圖/林業試驗所木材纖維組·何振隆 (chenlung@tfri.gov.tw)

◎國立中興大學森林學系·蘇裕昌

甚麼是特種紙？

現今因時代進步與新興科技產業之發展，使得人們文化型態與生活方式不斷的演進，從前可滿足人們生活需求的紙張，隨著人們對紙張的性能要求和使用的不斷提昇，進而產生許多特殊性和用途的紙張，即為「特種紙」。產業永續經營最重要之要素為研究創新，研發與創新必須為雙向的，即創新之機能相對應的為新的應用需求，舊產品亦可有新用途或開發成新產品構想。因此，於紙張之機能性賦與可源自造紙之纖維原料，抄紙製程、後處理加工，甚至於多種機能性之組合，以使成為特種紙。

微膠囊技術為可將固體、液體或氣體等微粒物質(化合物)包覆於高分子聚合物壁材內，具有控制揮發性化合物的釋放、保護不穩定或易受影響的功能性化合物等。於1970年以來，微膠囊製備技術已日益成熟，現今應用範圍也非常廣泛，其中也包括特種紙之應用。因此，本篇文章即予以介紹微膠囊定義、構造、製備方法及於造紙工業中的應

用，以使讀者瞭解微膠囊於特種紙之應用。

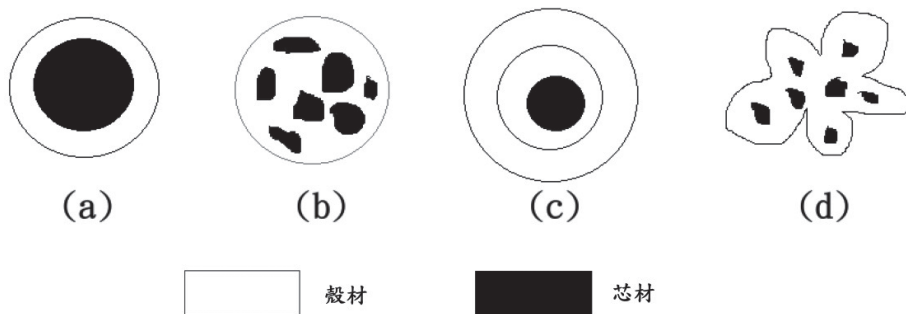
微膠囊定義與構造

微膠囊為利用特定材料將特定物質予以包覆而形成之球狀微小顆粒，其粒徑為介於數微米至數千微米之間。其主要結構為分成殼材一包覆用的壁殼物質及芯材一被包封的物質。殼材之構造，可為高分子聚合物，如：聚苯乙烯、聚乳酸、聚乙二醇等，以及天然生物性聚合物，如：明膠、阿拉伯膠、殼聚糖等。於芯材則可以為固體、液體、氣體、食品、藥、精油、香料等。

微膠囊的形狀一般為球形，也有的呈現不規則等形狀。而依其包覆情況可分為單層、雙層、矩陣和多核結構。微膠囊基本的形態是單核球形微膠囊、複核球形、雙壁微膠囊及不規則形微膠囊等。

微膠囊殼材

微膠囊殼材必須要具有極佳溶解性、吸濕性、穩定性和滲透性等優點，且最重要為與芯材不能發生化學反應，因此，用來作為



微膠囊的各種形態(a)單核球形、(b)複核球形、(c)雙壁微膠囊及(d)不規則形微膠囊。

膠囊殼材的材料通常為高分子聚合物，且需具有良好的成膜性能，包括天然高分子材料和合成高分子材料。

天然高分子材料

種類：天然高分子材料是目前最常用的製備微膠囊所需的殼材，如：聚殼糖、明膠、阿拉伯膠、海藻酸鈉和 β -環糊精等。

優點：具有無毒、穩定性及成膜性良好等優點。

合成高分子材料

種類：常用的合成高分子材料有：聚乙二醇、聚乙烯醇、聚酸胺等。

優點：成膜性及穩定性良好。

微膠囊的製備方法

微膠囊製備技術所涉及之領域非常廣泛，包括：物理學、膠體化學、物理化學、高分子化學以及材料化學等領域。然而，現今，已知的微膠囊製備技術已有兩百多種，此等方法之目的為適應不同的芯材及殼材，以產生不同的顆粒尺寸、殼材厚度及滲透性等性質，最終製備出具控制微膠囊中之芯材活性成分釋放速率。

微膠囊的製備方法通常分為機械法、化學法、物理化學法等3大類：

機械法：包括噴霧乾燥法、冷凍乾燥法、空氣懸浮法、真空沉積法及靜電沉積法等。

化學法：包括界面聚合法、原位聚合法及液中硬化法等。

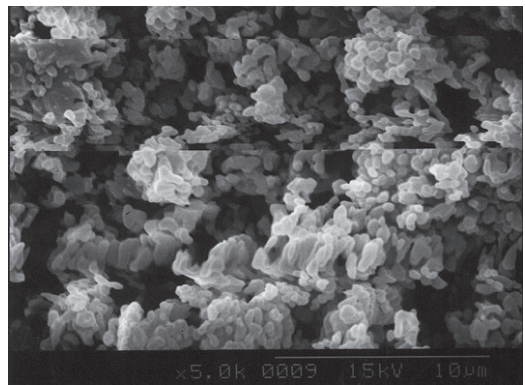
物理化學法：包括凝膠相分離法、乳化溶劑揮發法、粉體化床法、熔融分散冷卻法等。

於機械法中，最常使用的為噴霧乾燥法，

所謂噴霧乾燥法是指將原料之液體，通過噴霧乾燥機中之霧化器霧化成微小的液滴，然後再與熱風接觸，此時水分或其他溶劑會產生蒸發現象，而形成粉體，此法亦可將不同溶解性的活性成分利用不同的外殼材料來區隔。再者，若要形成不同粒徑大小之微膠囊也可利用溶液黏度、烘乾溫度等參數調整。此法可應用於化工及食品上，近年也被應用在包覆香料、精油、藥物的技術，故此微膠囊藥物的製備可用於控制生物分子、藥物或是精油的釋放。



以噴霧乾燥機製造微膠囊。



本所施作之精油微膠囊及掃描電子顯微鏡圖。

於化學法中最常使用的方法為聚合法，聚合法可分為界面聚合及原位聚合法等，二法之不同：界面聚合為單體在兩相的界面上進行聚合反應，而於原位聚合中為單體在兩相中的一相進行聚合反應。

於物理化學法中最常使用的方法為凝膠相分離法，所謂凝膠相分離法，即為將聚合物溶液中添加某種物質，使整個溶液系統分離成高稠度溶液及稀薄溶液兩相，此種相分離稱為膠凝，而濃度高的高分子相稱為凝膠層，即為微膠囊之殼材物質。於水相中的凝膠可以用於包覆非水溶性的材料(疏水性芯材以液態或固態呈現)，而有機相中的凝膠可用來包覆水溶性材料。其可以包覆各種形態的活性物質(固體或液體芯材)，也可在許多工業領域上作應用，包括食品、香料、精油、化妝品或是製藥等領域。

微膠囊在造紙工業中的應用

現今已有許多種微膠囊製備技術，應用於紙張生產。因此，形成了各種不同用途的特種紙，茲列舉常見特種紙分述如下。

芳香紙

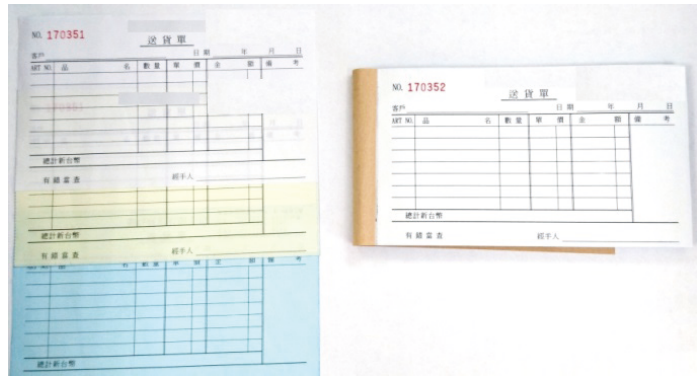
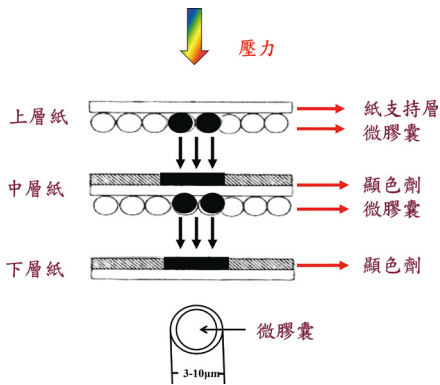
社會愈進步，人們即會朝向舒適和健康的高品質生活。然而，許多科學家已研究證實有些樹種精油及其所含芳香化合物，具有抗菌、抗發炎、抗氧化等生物活性，且可使人之身心靈產生愉悅感。因此將精油以微膠囊形式包覆，其可達成改變精油的物理狀態，以利於儲存、運輸和使用、降低精油揮發性、保護敏感成分、控制精油釋放速度等功能。本所已開發出精油微膠囊，將所得之微膠囊再添加於紙張等表面上，達到持久釋出香味及抗菌等目的。

除臭紙

除臭紙係在紙中加入除臭劑等微膠囊，使紙中的除臭劑液體成分於保存時不易揮發，只有於使用時，受到摩擦作用使得微膠囊產生破裂，液體釋放出來，進而達到除臭目的。

無碳複寫紙

無碳複寫紙，又稱為感壓複寫紙，在

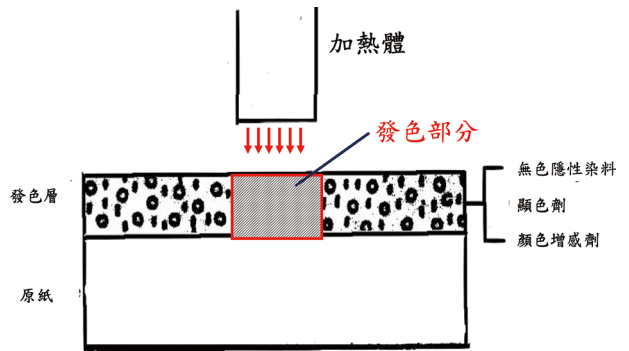


無碳複寫紙構成示意圖及應用。

1954年由美國NCR公司開發成功，對事務的合理化有很大助力。其為指不含碳素等有色色素的複寫紙，其構成為由含有發色劑、隱性染料及溶解油等組成之微膠囊塗布在上紙及中紙之背面。此種紙張之發色原理為微膠囊中的染料在以鉛筆或打字機加壓壓力壓破後，轉移到下層與塗布在中紙或下紙上的酸性顯色劑反應發色而得到複寫的目的。另外尚有在單張紙就可達到發色的自感型感壓複寫紙，即在紙張表面上依序塗布微膠囊及顯色劑。無碳複寫紙之優點為具有印刷適性良好、書寫方便且難於塗改等，因此，此種紙張在出貨單、電腦多聯單、企業報表等不同行業中得到廣泛應用。

感熱記錄紙

1970年代之後，隨著傳真機的普及，此時感熱記錄紙迅速發展。感熱記錄紙係利用熱能方式得以記錄之用紙總稱。現今市面上已有種種不同發色機理之感熱記錄紙。一般而言，感熱記錄紙的製備係指無色隱性染料配合發色及感熱材料：如：酚系顯色劑、顏



感熱記錄紙構成示意圖。

色增感劑等，而這些材料再磨碎成粒徑 $5\ \mu\text{m}$ 以下程度之微膠囊化，再於原紙(支持體)上塗布，將其乾燥所得之感熱記錄紙。此種紙張可應用於傳真紙、食品零售業、ATM收據及其他工業上所用的標籤紙、車票、機票、入場券等票券用紙。

磁氣記錄紙

磁氣記錄紙是在塑膠或紙的表面上施以全面或條狀式的塗布加工，使之形成磁性層，以卡片型態做為磁性記錄的媒體依不同用途有不同之構造及大小。常見的磁性材料



磁氣記錄紙之應用。

主要有： Fe_2O_3 、 Fe_3O_4 、 CrO_2 或者是含有鈷的氧化鐵，如：金融卡等使用之磁氣材料一般為 $\text{Co}-\gamma-\text{Fe}_2\text{O}_3$ 等以達到粒子的保磁力的提升。磁氣記錄紙製品具有很高的方便、快捷、隱蔽及可回收性等優點，如：電話卡、停車券、定期券、賽馬券、地下鐵車票、證書、預付卡、車票、機票、道路通行券、遊樂場通行券、銀行磁氣存簿、金融卡、信用卡、會員卡、診療卡、回數票等。因此，此種紙張現已廣泛應用在人們生活、工業生產、印刷業、文教業、防偽及國防等領域。

溫度貼紙

溫度貼紙，微膠囊的芯材物質為含有隱形染料和具有特定熔點的石蠟，因此，當微膠囊在低於所設定溫度時會受壓破裂，而高於設定溫度時石蠟則會熔化，進而產生化學反應而顯色。此種紙張可應用於無法以各式傳統溫度設備量測之特定場合使用。

液晶防偽紙

利用液晶感溫變色的特點，使其微膠囊化，並且塗布於紙上，即形成了液晶防偽紙，此種紙張可根據其光學及溫度變化特性，以製成不同類型的溫度變化防偽標誌，如薄膜溫度計、變色金屬飾品及磁場、電場等物理偵測器。

防偽紙

此處所指之防偽紙，為將染料微膠囊化後，塗布於紙張表面，經壓光使微膠囊破裂後，即可將紙張形成多彩顏色之色點。此微膠囊染料可以依據使用者之需求配製，因此所製備的紙張具有防偽特點。此種防偽紙可應用於護照證件、學位證書、股票等方面使用。

未來展望

微膠囊技術至今已有長久的發展歷史，此技術的研究及開發，現已有較大的進展，以符合更廣泛的產品需求。雖然，現今微膠囊技術可應用於紙製品加工，但仍然有些許技術需加以突破，如：常利用其他領域中較成熟的微膠囊技術直接引入紙製品加工、於紙張添加加工技術方面，也常只採用簡單的塗布方式等。因此，於將來之研發重點方向：於微膠囊特種紙製作方面，可借鏡其他領域中成熟的技術，以研發出特種紙專用的微膠囊產品、於微膠囊添加技術方面，為研發出適合微膠囊添加於紙張之技術。故隨著技術不斷創新，微膠囊技術勢將不斷的發展，相信特種紙將會給人們生活帶來更多的好處與便利。☸