

【專家評論】

奈米粉體研磨及界面改質技術及在食品生技產業之應用

陳仁英

奈米科技是本世紀科技發展的重要技術領域，其應用領域遍及各產業。如何得到奈米級粉體並將其適當界面改質應用到最終產品，已成為各界關注課題。筆者從事研磨機業務已二十餘年，在 1998 年以前，企業界所面臨的問題為如何提高分散研磨效率以降低勞力成本；而 1998 年以後，產業技術瓶頸則為如何得到微細化（奈米化）之材料並將其分散到最終產品裡。所以如何量身打造適當的界面改質劑、如何將其分散到最終產品中，已成為新一代分散研磨及界面改質技術最重要之課題。

奈米粉體於市場應用之現況與發展

依據 US-NSF(National Science Foundation)之預測，在 2010-2015 前，奈米粉體之潛在市場規模將達 3,400 億美元。同時美、日、德等國家亦已投入相當經費開發奈米粉體之應用，然而實際產業應用與預測值相距甚遠!分析其原因，奈米粉體並未依產業個別應用之需要而加以改質是關鍵。

奈米粉體仍無法成功地被應用於量產階段，主要原因為生產者將傳統製程奈米化時，尚未掌握所有製程之轉化條件，包括製程設計、奈米粉體之前處理、奈米粉體之轉化條件等。目前市售奈米產品至少超過 200 種，其中大多尚未依其應用需求而量身打造地改質，致影響其產業應用。同時，多數想從事奈米產品開發之企業，找不到合用的改質粉體，因此奈米粉體之適當改質將是奈米產品開發與製造價值鏈上之重要關鍵。

界面改質技術之概念

過去吾人可利用三滾筒分散機、珠磨機等分散研磨設備，將材料分散研磨到微米或次微米級，但卻很難達到奈米的尺度!其主要原因為一旦材料之顆粒大小被機械力分散研磨奈米化後，此時粉體之比表面積急遽增加，凡得瓦爾力效應及布

朗運動轉為明顯，粉體因而容易再度凝聚在一起，使粒徑無法降下來。化學機械製程法(chemomechanical processing)是解決此問題非常有效的方法，此製法係將量身打造好之界面改質劑，利用高速攪拌珠磨機(high speed agitated beads mill)將奈米粉體做適當之界面改質，以避免奈米粉體之再凝聚，一直分散研磨到粒徑達到要求為止。

由經驗得知，在分散或研磨奈米粉體之漿料時，若未添加適當之界面改質劑，單靠研磨機之機械力量來做分散研磨，一般只能分散研磨到 100~200nm，主要係因粒徑小於 300nm 時，粉體之比表面積急速上升且凡得瓦爾力效應加劇，此時粉體處於非常不穩定且容易再凝聚之狀態，即使聚集之粉體被磨球打開來了，也非常容易再凝聚回來，除非添加適當之界面改質劑，才可能繼續將粒徑往下降到一次粒徑之大小。

一般處理漿料界面的方法，有藉由複雜的交互作用力以形成固體或液體界面的穩定狀態，避免粉體再凝聚之產生，其中最簡單的方法為藉由 pH 值的調整，讓奈米粉體表面帶電荷，使粉體與粉體間產生電斥力。然而，奈米粉體因受限於其最終產品應用及配方之限制，適用此方法之應用並不多。另一種常用的方法為藉由立體排斥作用力來形成固體與固體、固體與液體間的穩定狀態，此方法最常選用高分子量之高分子或單體來當分散劑，當漿料之粒徑要求為微米或次微米時，此方法效果相當好；但當所欲分散或研磨之漿料的粒徑要求小於 100nm 時，漿料內之大部分體積已被高分子量之高分子或單體所形成之障礙物所佔據，導致奈米現象無法產生。

為了避免上述問題之產生，可選用較低分子量之官能基來當界面改質劑。根據溶液化學的概念，較小分子量之化學鍵所形成之官能基，將較易被接到奈米粉體的表面上。原則上，所選用之界面改質劑同時具有下列兩個官能基：一個官能基被設計來接到奈米粉體表面，使奈米粉體表面產生一個穩定相，以避免粉體之再凝聚產生；另一個官能基之設計，乃根據日後該奈米粉體所計畫被添加之界面而定，以避免不相容之現象發生。儘管所選用之界面改質劑之分子量很小，但仍可在奈米粒子表面產生 2~5nm 厚度之薄膜，足夠產生立體障礙並支撐奈米粒子之穩定性。如此量身打造之界面改質劑，可使固體成分大大提高到 35~45%以上，

粒徑可以降到粉體一次粒徑之大小(例如 10nm 左右)·漿料之黏滯性不再受粒子粒徑下降之影響而急速上升·粉體亦不易產生再凝聚之現象。

食品與生技產業之應用實例

食品或生技產業之製程需滿足食品 GMP 或 美國 FDA 之規範或認證·所以應用本文所述之濕式分散研磨製程·進行材料微細化或奈米化時·為避免食品或生技產品因受製程污染而造成人體危害·所選擇之研磨介質(磨球)·研磨室腔體·攪拌葉片·輸料幫浦及管件·界面改質劑之材質皆需滿足 GMP 或 FDA 之認證。

過去二十餘年來·吾人已規劃無數專案成功地應用於食品或生技產業·例如 β 胡蘿蔔素·食品添加之奈米碳酸鈣·中藥材·抗癌抑制劑等材料之分散研磨·以生產 β 胡蘿蔔素為例·維生素 A 的前驅物- β 胡蘿蔔素·常添加於飲品或廣泛地製成生技產品·選用濕式製程將 β 胡蘿蔔素粒子超微細化的過程中·吾人所選用之載體為葵花油·再添加食品級之分散劑·所選用之分散研磨設備與漿料接觸之所有元件材質·是不鏽鋼或滿足 FDA 之 Neoprene(氯丁橡膠)·研磨介質亦選擇食品級之無鉛玻璃球·全製程在潔淨室內進行·上述製程可快速地將微米級 β 胡蘿蔔素奈米化·並可滿足 GMP 或 FDA 之規範或認證。

結論

若想將傳統工業成功地奈米化·或想得到一個奈米級的分散液·量身打造的界面改質技術是不可或缺!所有粉體均應先量身打造設計所需之界面改質劑·再利用本文所介紹之化學機械製程法·來進行奈米粉體表面界面改質之工程·如此想得到一個穩定的奈米級產品將不再是一個夢想

註：本文作者陳仁英先生為廣融貿易有限公司專案經理