

科技部補助產學合作研究計畫成果精簡報告

高階全彩化學碳粉超音波輔助乾燥製程之研發

計畫類別：技術及知識應用型
計畫編號：MOST 104-2622-E-040-004-CC3
執行期間：104年06月01日至105年05月31日
執行單位：中山醫學大學職業安全衛生學系暨碩士班

計畫主持人：莊正利

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：潘冠亨

處理方式：

1. 公開資訊：立即公開
2. 「本研究」是否已有嚴重損及公共利益之發現：否
3. 「本報告」是否建議提供政府單位施政參考：否

中華民國 105 年 08 月 23 日

中文摘要：本研究取固定重量之濕式碳粉於不同加熱溫度與持溫時間下進行恆溫加熱，以目視與電子顯微鏡觀察不同乾燥條件下碳粉顆粒表面型態之固著(fusion)現象，並記錄不同恆溫加熱與持溫時間下，濕式碳粉重量之改變，計算碳粉乾燥速率與其脫水後之含水率，且由電子顯微鏡與目視之觀察結果，選定濕式化學碳粉之恆溫加熱溫度，因脫水後濕式碳粉結塊嚴重，擬以超音波能量避免濕式碳粉於乾燥過程中產生團聚，但脫水後濕式碳粉之含水率僅約12%，超音波功率之傳遞效果不佳，故以自行開發設計之旋轉式球磨乾燥機進行濕式碳粉之乾燥與細化。濕式碳粉乾燥後，以直徑260 um之篩網進行過篩處理，計算其過篩率，並以電子顯微鏡觀察乾燥後碳粉之外觀形狀與結塊狀況，作為評估乾燥磨球之製程能力。濕式碳粉於加熱爐乾燥之實驗結果顯示若固定加熱時間為30分鐘，加熱溫度高於80°C，紅色碳粉之顏色加深，表面出現臘融化之光澤且碳粉顆粒明顯出現固著現象，若加熱溫度低於60°C，加熱時間延長至240分鐘，碳粉表面顏色始終不變，且不會產生固著現象，顯示碳粉之加熱溫度應低於60°C；於乾燥機分別設定乾燥溫度為40°C、50°C、55°C進行加熱四小時，乾燥過程中使用鋁球進行結塊碳粉之球磨細化，避免濕式碳粉於乾燥過程結塊，且每小時取出樣本進行含水率試驗，發現乾燥溫度越高，含水率越快達到穩定值，較低加熱溫度則需較長持溫時間方可達到平衡，且觀察乾燥後碳粉之外觀型態，發現脫水後濕式碳粉之結塊確實被球磨細化，而過篩率均大於99%，驗證濕式碳粉乾燥過程中加入鋁球可有助將結塊擊碎，且電子顯微鏡之觀察結果得知乾燥製程中利用鋁球粉碎結塊之濕式碳粉，對碳粉顆粒型態與粒徑分佈不會造成顯著影響；乾燥過程中，加入混合之大小鋁球或單獨使用大鋁球情況下，乾燥後碳粉之過篩率仍高於99%，但若單獨使用小鋁球其過篩率則僅11.99%，因小鋁球質量較小，產生之動量不足以將結塊碳粉結塊擊碎，甚至乾燥過程中造成更多圓球狀碳粉結塊，因此鋁球質量為濕式碳粉乾燥過程中，細化結塊之重要因素。本實驗採用之低速球磨乾燥製程可將脫水後結塊之濕式碳粉於加熱乾燥過程中細化，符合高階全彩化學式碳粉乾燥製程之需求。

中文關鍵詞：高階全彩化學碳粉、乾燥製程、球磨細化。

英文摘要：A wet toner was dried in an oven at various temperatures with the fixed duration, and the change of the morphology was verified with SEM and the loss weight was recorded to during the drying duration. The water content of the wet toner was calculated according to weight loss during drying duration. Agglomeration of the dried toner can be found for an ultrasonic power assisted in drying process. Because the wet toner only 12% water content resulted in a poor transmission efficiency of the ultrasonic power. To prevent the wet toner from agglomerating during drying process, a rotated dryer with ball mill was used to dry the wet toner. The color of dry toner changes to dark with burnish for the heated temperature higher than 80°C when the drying duration was set at 30 mins, indicating the heated

temperature too high and the wax in composition of toner was fusion. Neither color change nor fusion was found for the wet toner was heated at 60°C when the drying duration extending to 240 mins, implying the heated temperature should be lower than 60°C. Three temperatures, 40°C、50°C and 55°C were set on the rotated dryer and zirconia balls were added in dryer to mill caking of the wet toner from powder during drying duration. An elevated heated temperature reduced in drying duration and the caking wet toner was milled to fine particle. After drying and ball milling process, the yield ratio of sieving was higher than 99%, implying this drying process can be met the requirement of the manufacture. No agglomeration and the surface morphology of the dried toner showed a smooth appearance based on the observation with SEM, indicating the shape and particle size of the toner will not be impacted by ball mill. The efficiency of ball mill degraded significantly for the small zirconia balls were used alone. The yielding ratio of the sieving was only 11.99% because the momentum of a small zirconia ball was insufficient to smash the caking of the wet toner. This process met the requirements of the drying for the wet toner and has a great potential to be applied to the drying process of the chemically produced toner.

英文關鍵詞：chemically produced toner, ball mill, drying process.

高階全彩化學碳粉超音波輔助乾燥製程之研發

主持人:莊正利*

計畫參與人員: 潘冠亨、游捷閱

中山醫學大學 職業安全衛生學系

*luke@csmu.edu.tw

科技部計畫編號: MOST-104-2622-E-040-004-CC3

中文摘要

本研究取固定重量之濕式碳粉於不同加熱溫度與持溫時間下進行恆溫加熱，以目視與電子顯微鏡觀察不同乾燥條件下碳粉顆粒表面型態之固著(fusion)現象，並記錄不同恆溫加熱與持溫時間下，濕式碳粉重量之改變，計算碳粉乾燥速率與其脫水後之含水率，且由電子顯微鏡與目視之觀察結果，選定濕式化學碳粉之恆溫加熱溫度，因脫水後濕式碳粉結塊嚴重，擬以超音波能量避免濕式碳粉於乾燥過程中產生團聚，但脫水後濕式碳粉之含水率僅約 12%，超音波功率之傳遞效果不佳，故以自行開發設計之旋轉式球磨乾燥機進行濕式碳粉之乾燥與細化。濕式碳粉乾燥後，以直徑 260 μm 之篩網進行過篩處理，計算其過篩率，並以電子顯微鏡觀察乾燥後碳粉之外觀形狀與結塊狀況，作為評估乾燥磨球之製程能力。濕式碳粉於加熱爐乾燥之實驗結果顯示若固定加熱時間為 30 分鐘，加熱溫度高於 80 $^{\circ}\text{C}$ ，紅色碳粉之顏色加深，表面出現臘融化之光澤且碳粉顆粒明顯出現固著現象，若加熱溫度低於 60 $^{\circ}\text{C}$ ，加熱時間延長至 240 分鐘，碳粉表面顏色始終不變，且不會產生固著現象，顯示碳粉之加熱溫度應低於 60 $^{\circ}\text{C}$ ；於乾燥機分別設定乾燥溫度為 40 $^{\circ}\text{C}$ 、50 $^{\circ}\text{C}$ 、55 $^{\circ}\text{C}$ 進行加熱四小時，乾燥過程中使用鋁球進行結塊碳粉之球磨細化，避免濕式碳粉於乾燥過程結塊，且每小時取出樣本進行含水率試驗，發現乾燥溫度越高，含水率越快達到穩定值，較低加熱溫度則需較長持溫時間方可達到平衡，且觀察乾燥後碳粉之外觀型態，發現脫水後濕式碳粉之結塊確實被球磨細化，而過篩率均大於 99%，驗證濕式碳粉乾燥過程中加入鋁球可有助將結塊擊碎，且電子顯微鏡之觀察結果得知乾燥製程中利用鋁球粉碎結塊之濕式碳粉，對碳粉顆粒型態與粒徑分佈不會造成顯著影響；乾燥過程中，加入混合之大小鋁球或單獨使用大鋁球情況下，乾燥後碳粉之過篩率仍高於 99%，但若單獨使用小鋁球其過篩率則僅 11.99%，因小鋁球質量較小，產生之動量不足以將結塊碳粉結塊擊碎，甚至乾燥過程中造成更多圓球狀碳粉結塊，因此鋁球質量為濕式碳粉乾燥過程中，細化結塊之重要因素。本實驗採用之低速球磨乾燥製程可將脫水後結塊之濕式碳粉於加熱乾燥過程中細化，符合高階全彩化學式碳粉乾燥製程之需求。

關鍵字：高階全彩化學碳粉、乾燥製程、球磨細化。

Abstract

A wet toner was dried in an oven at various temperatures with the fixed duration, and the change of the morphology was verified with SEM and the loss weight was recorded to during the drying duration. The water content of the wet toner was calculated according to weight loss during drying duration. Agglomeration of the dried toner can be found for an ultrasonic power assisted in drying process. Because the wet toner only 12% water content resulted in a poor transmission efficiency of the ultrasonic power. To prevent the wet toner from agglomerating during drying process, a rotated dryer with ball mill was used to dry the wet toner. The color of dry toner changes to dark with burnish for the heated temperature higher than 80 $^{\circ}\text{C}$ when the drying duration was set at 30 mins, indicating the heated temperature too high and the wax in composition of toner was fusion. Neither color change nor fusion was found for the wet toner was heated at 60 $^{\circ}\text{C}$ when the drying duration extending to 240 mins, implying the heated temperature should be lower than 60 $^{\circ}\text{C}$. Three temperatures, 40 $^{\circ}\text{C}$ 、50 $^{\circ}\text{C}$ and 55 $^{\circ}\text{C}$ were set on the rotated dryer and zirconia balls were added in dryer to mill caking of the wet toner from powder during drying duration. An elevated heated temperature reduced in drying duration and the caking wet toner was milled to fine particle. After drying and ball milling process, the yield ratio of sieving was higher than 99%, implying this drying process can be met the requirement of the manufacture. No agglomeration and the surface morphology of the dried toner showed a smooth appearance based on the observation with SEM, indicating the shape and particle size of the toner will not be impacted by ball mill. The efficiency of ball mill degraded significantly for the small zirconia balls were used alone. The yielding ratio of the sieving was only 11.99% because the momentum of a small zirconia ball was insufficient to smash the caking of the wet toner. This process met the requirements of the drying for the wet toner and has a great potential to be applied to the drying process of the chemically produced toner.

keyword: *chemically produced toner, ball mill, drying process.*

1. 前言

化學式碳粉(chemically produced toner, CPT)製程係將樹脂於溶液中聚合、成核(nucleation)與成長

(growth)至所需之粒徑，由於化學式碳粉製程由小粒徑成長至所需之粒徑，易於控制碳粉之尺寸，適用於微小粒徑碳粉之生產。此外，樹脂於聚合過程中可將電荷控制劑、染料與臘等添加物包覆成球體，可避免混合不均等問題[1]。化學式碳粉又名濕式碳粉，亦即碳粉之聚合、成核與成長均於溶劑或水溶液中，碳粉成長至所需之粒徑尺寸後，需進行溶劑之清洗、脫水與烘乾等過程，方可得最終之成品，碳粉自溶劑或水溶液取出時，均已接近成品狀態，應減少清洗、脫水與烘乾過程之損失，以確保濕式碳粉製程之良率。

目前化學式碳粉之乾燥主要採用攪拌型乾燥機[2]、流體化床乾燥系統[3]與噴霧乾燥系統[4]，乾燥爐內之攪拌葉雖可降低碳粉於乾燥過程形成之大型之結塊物，但仍無法免除小型碳粉結塊與團聚之缺陷，乾燥後碳粉需以過篩機(screener)去除團聚或結塊之碳粉，經清洗與脫水之碳粉已接近成品，對於乾燥後碳粉結塊或團聚均影響製程之良率；流體化床乾燥系統係將脫水後糊狀濕式碳粉放置於細網格建構之床台上，高壓熱風由細網床台下部進入，經噴嘴將高壓熱風轉換成高速流動之熱風直接衝擊脫水後之糊狀碳粉，碳粉於流體化床槽內揚起並與熱風混合而達成乾燥之目的，此一乾燥系統確實可避免濕式碳粉於加熱過程中產生結塊或團聚之缺陷，但乾燥粉末需以旋風分離器進行收集，且因化學式碳粉之平均粒徑較小，故旋風分離器之補集效率極為關鍵，若無法補集之細微碳粉即進入袋濾式集塵設備中，成為廢棄粉末，進而降低化學式碳粉製程之經濟性；噴霧乾燥系統主要應用於液體經噴嘴高速流出並撞擊乾燥板或乾燥槽壁而迅速乾燥成固體，為順利將濕式碳粉經由噴嘴霧化送入乾燥槽中，將水溶液與碳粉一起經由噴嘴送入乾燥槽進行乾燥，此一乾燥系統確實可避免濕式碳粉於乾燥過程中產生結塊或團聚之缺陷，但霧化過程需將水與碳粉一起送入霧化乾燥槽中，故其乾燥過程所耗損之熱能較大、乾燥效率低、設備元件眾多、設備所需空間龐大、價格昂貴，且與流體化床乾燥系統存在旋風分離器補集效率之關鍵影響因子，故此一乾燥系統亦不適用於濕式碳粉之乾燥。

球磨技術具廣泛之應用性，通常應用於粉體之研磨、細化與不同種類粉體混合之分散性，亦可經由球磨製程讓兩種元素以上之材料形成機械合金(mechanically alloy)，上述球磨製程不同功能之應用取決於球磨製程中輸入能量之差異，影響輸入能量之主要製程參數包括球粉比、球磨時間、球磨速度與球磨運動方式等。Das 等人[5]以球磨法製作熱噴覆(thermal spray)製程之原料，將 10wt% 鑽石粉末各混入青銅粉末與鋁粉中，進行混合粉末之球磨實驗，實驗結果顯示球磨可提供足夠能量讓圓球狀之青銅粉末產生變形，隨球磨時間增加，球磨後粉末之外觀型態均為片狀，且片狀型態粉末之尺寸隨球磨時間增長而變大，但過長球磨時間，易使粉末因冷鐸效應而聚集。故以球磨製程進行結塊濕式碳粉之細化與乾燥製程，應慎

選球磨製程之能量供給與球磨時間，避免過度細化碳粉顆粒或細化後顆粒重新聚集而失去碳粉原有之性質；Han 等人[6]將微米等級之鋁粉與奈米等級之氧化鋁粉混合，經不同球磨時間後，以電子顯微觀察其表面型態，實驗結果得知脆性材料於球磨製程，其粒徑細化效果較佳，若為延性材料則易出現冷鐸效應，本研究擬細化之結塊濕式碳粉，因其材料組成主要為高分子樹脂，質地柔軟且熔點低，故選擇球磨製程之相關參數，應特別防止細化粉末重新聚集結塊之效應。

2. 研究方法

本實驗擬以自行開發之低速乾燥機並配合二氧化鋁球於低速乾燥機滾筒中之滾動動態細化脫水後結塊之濕式碳粉，期望經由低速旋轉乾燥機避免過高溫升使化學式碳粉產生固著，並由滾動之鋁球細化結塊之濕式碳粉，用以提高化學式碳粉之製程良率，因乾燥後結塊或團聚之碳粉顆粒，若無法通過篩機之振動網目，即為廢棄粉末，不僅影響化學式碳粉之製程良率，且廢棄粉末非但無法將接近成品之碳粉轉換為商品價值，更因廢棄粉末衍生之處理費用，造成營運成本之提高，故化學式碳粉之乾燥製程對其製造成本之影響，扮演極為關鍵之角色。將脫水後之濕式碳粉取 5 g 放置於加爐中，以不同溫度(40°C、60°C、80°C、120°C)先行持溫一段時間，每 10 分鐘後取出量測其重量之改變，經不同加熱溫度與長時間持溫下，若被加熱濕式碳粉之重量維持恆定，顯示濕式碳粉經加熱而乾燥，將原始之重量減去最後恆定重量後，可視為濕式碳粉之含水重量，將此重量除原始重量即可得脫水後濕式碳粉之含水率，並由加熱後碳粉之表面型態觀察結果得知該加熱溫度是否造成碳粉組成之變異或加熱溫度是否恰當，並由此觀察結果選擇適合濕式碳粉之加熱溫度。

為配實驗所需，本實驗自行設計低轉速乾燥機與球磨技術用以乾燥細化脫水後之結塊碳粉，期望乾燥細化後碳粉可通過篩網，降低結塊所產生之廢粉。以前述加熱爐對脫水後碳粉加溫之實驗結果選擇適當之加熱溫度，並與低速乾燥機之加熱滾筒中放入不同尺寸之二氧化鋁球，用以探討鋁球直徑與球粉比對細化結塊碳粉之功效，乾燥後碳粉以篩網檢視此一製程乾燥細化碳粉之成效，並以電子顯微鏡觀察球磨乾燥後碳粉之粒徑分佈與其外觀型態，確保碳粉之品質；為優化低速乾燥球磨之相關製程參數，進一步改變乾燥機滾筒之轉速，探討滾筒轉速對脫水後結塊碳粉乾燥細化能力，以乾燥後碳粉之過篩率做為評估加熱滾筒轉速對碳粉細化乾燥之能力指標；滾筒內部與底部為避免脫水後碳粉於乾燥過程中，因碳粉具濕度而與滾筒壁面或底部產生黏滯效應，乾燥後可能產生之結塊缺陷，滾筒底部與壁面設有刮刀，用以刮除黏滯於壁面之濕式碳粉，為驗證刮刀之功效，碳粉之乾燥細化製程中拆除刮刀，以乾燥後碳粉之過篩率評估刮刀之成效。

脫水後結塊之濕式碳粉經低速乾燥與球磨細化後，以電子顯微鏡觀察乾燥且細化後碳粉之外觀型態與顆粒之平均直徑，為確保碳粉後續之列印品質，乾燥後碳粉顆粒不可因球磨而過度磨耗產生細粉或乾燥過程中輸入熱量過高，引致碳粉顆粒間之相互固著。此外，乾燥後之碳粉均經過震動篩網之過篩步驟，量測未能通過篩網之碳粉重量，並將乾燥碳之總重減去殘留於篩網上之碳粉重量後，除上所有乾燥碳粉之重量，即可得碳粉於乾燥製程中之過篩率，此一數值可作為碳粉細化乾燥之指標。

3. 結果與討論

3-1. 低速乾燥機之設計與製作

化學性碳粉係屬低溫固著之高階碳粉，其固著溫度相對較低，故其乾燥製程之加熱溫度亦不得太高，且加熱過程中滾筒之轉動速度亦可能造成碳粉顆粒間之碰撞與摩擦，對碳粉產生溫升效應，目前泛用之攪拌式乾燥機即利用攪拌葉之高速旋轉使脫水後之結塊碳粉產生高速運動，與筒槽壁面或與攪拌葉之撞擊而產生細化，但因高速之撞擊易使加熱槽內之溫度迅速升高，筒槽底部碳粉易因溫升過高而產固著結塊，對化學性碳粉之良率造成嚴重影響，故本研究擬設計低速旋轉之滾筒，並配合低溫之熱風進行脫水後碳粉之乾燥。圖一(a)所示為本計畫設計製造之低速轉碳粉乾燥機，其主要配件包含送風之鼓風機、加熱空氣之電熱管、電器設備之電源控制箱、低速旋轉之滾筒、傳遞動力電動機與減速機裝置與空氣出口之濾布；室溫空氣經鼓風機吸入後經由電加熱管進行加熱，並於鼓風機之入口處設置調節風量之阻風門，而電加熱管則裝置溫度感應器，若滾筒內部溫度未達設定溫度，增高電加熱管之輸出功率，進而提高熱風之升溫速率，若鼓風機無法動作，則電加管亦無法輸出功率對空氣加熱，以確保機器設備之安全；滾筒內部設有攪拌葉與刮刀，如圖一(b)所示，攪拌葉之設計目的攪動脫水後之結塊碳粉，使其受熱均勻，但因其轉速較低，故對細化結塊碳粉之功效則相對較低，而中心轉軸部分為受熱空氣之出口，分布於中心軸兩側，其熱風輸出孔徑之設計為底部較小，沿著中心軸高度增加而擴大，其目的在於平衡輸入熱風之流量，期望使脫水後碳粉受熱均勻，刮刀設計之重點為避免脫水後碳粉沾黏於滾筒底部或滾筒壁面，過度沾黏均可能產生結塊，無法達成乾燥與細化碳粉之目的；為提高此一乾燥機之適用範圍，其控制至參數包括加熱溫度、滾筒轉速與進風量之控制，另外基於安全設計要求，熱風流量與加熱溫度互為連鎖(interlock)，亦即乾燥機之進風設備無法啟動或進風流量異常時，電加熱管無法進行加熱，以確保乾燥機之運作安全。

3-2. 化學性碳粉乾燥溫度之選擇

為尋找脫水後碳粉之適當加熱溫度，各取 5 g 碳粉放置於空氣爐中，固定加熱時間為 30 分鐘，以不同

溫度加熱脫水後碳粉，並觀察加熱後碳粉表面型態與顏色之變化。當加熱溫度為 120°C 且持溫 30 分鐘後，加熱後碳粉表面型態出現白色光澤且可發現碳粉出現固著現象，如圖二(a)所示，顯示該加熱溫過高，致使化學性碳粉主要組成之高分子樹脂產生熔融現象，且加熱後碳粉表面型態出現之光澤應為低熔點臘(wax)融化所致，由表面型態之觀察結果得知此一加熱溫度過高，不適宜化學性碳粉之加熱溫度，若加熱溫度降至 80°C 且持溫 30 分鐘，觀察化學性碳粉加熱後之表面型態，如圖二(b)所示，碳粉加熱後之外觀形態部分呈現圓球狀且顏色較深，顯示加熱溫度過高，部分碳粉出現熔融固著現象，對化學性碳粉之乾燥溫度而言，80°C 之加熱溫度仍然過高；若將脫水後碳粉於加熱溫度 60°C 進行加熱乾燥且持溫 30 分鐘後，加熱後碳粉之表面型態並未出現明顯圓球狀，且其顏色與加熱前之差異不大，若將該碳粉於相同加熱溫度下，持續乾燥 4 小時後，其外觀型態如圖二(c)所示，外觀仍無明顯之熔融固著現象，且顏色之差異不大，顯示該加熱溫度應符合化學性碳粉之乾燥需求，為進一步驗證其結果是否正確，將乾燥後之碳粉以電子顯微鏡觀察碳粉顆粒之外觀型態，如圖三(a)所示，可清楚發現許碳粉顆粒堆疊，為進一步觀察堆之碳粉顆粒僅為物理性之接觸或是受到長時間加熱溫度之影響而產生熔融固著現象，以較大倍率觀察乾燥後碳粉顆粒之表面型態，如圖三(b)所示，發現部分碳粉顆粒熔融而發生固著，但其數量非常有限，此一結果得知化學性碳粉之加熱溫度應低於 60°C；若將加熱溫度降至 40°C 且經池溫乾燥 4 小時後，碳粉外觀型態無熔融固著現象且外表顏色亦無明顯之改變，如圖二(d)所示，此一實驗結果顯示若以 40°C 進行脫水後碳粉之乾燥，其乾燥過程無熔融固著或成分改變之疑慮，惟較低之加熱溫度，需考慮脫水後碳粉之乾燥效率是否符合業界之需求。

3-3. 化學性碳粉之球磨乾燥細化製程

以上述自行設計發包製作完成之低速碳粉乾燥機配合球磨製程，對脫水後結塊之濕式碳粉進行乾燥細化製程，期望脫水後結塊碳粉於乾燥機中同時進行乾燥與細化結塊碳粉，藉由滾筒之轉動，帶動二氧化鋁球對結塊碳粉產生細化功效，乾燥與細化結塊碳粉同時進行，提高濕式碳粉之乾燥效率。由前述不同加熱溫度與不同持溫時間條件下對濕式碳粉乾燥後之外觀型態觀察結果，將乾燥機之加熱溫度分別設定為 40°C、50°C 與 55°C，乾燥之持溫時間設定為 4 小時，乾燥過程中同時使用 38 顆直徑為 25 mm 與 42 顆直徑為 10 mm 之二氧化鋁球(總重約為 2162 g)進行球磨，每小時取出樣本進行含水率測試，乾燥 4 小時後進行過篩處理，並計算乾燥後碳粉之過篩率，以電子顯微鏡觀察乾燥球磨後碳粉顆粒之外觀型態，用以判定該加熱溫度與球磨後，乾燥碳粉是否產生熔融固著、碳粉顆粒結塊或碳粉顆粒因球磨而產生細小之碳粉顆粒。

圖四所示為脫水後碳粉於不同乾燥溫度與不同

持溫時間係下，碳粉含水率之變化圖，未經乾燥之脫水後碳粉，其含水率約為 12%，乾燥過程中，碳粉含水率隨乾燥時間延長而持續下降，其中乾燥溫度越高(55°C)，經持溫 2 小時後，其含水率接近於定值，顯示碳粉已經趨近於乾燥狀態，若為乾燥溫度為 40°C，則乾燥時間需約 3 小時，其含水率趨近於定值，顯示乾燥溫度越高，所需之乾燥時間越短，亦即碳粉之乾燥效率越佳，然而過高之加熱溫度易使碳粉顆粒熔融而產生固著缺陷或造成碳粉成分之改變，進而影響碳粉之列印品質。為進一步驗證不同乾燥溫度與持溫時間參數，對球磨製程細化脫水後結塊碳粉之影響，將不同乾燥溫度與持溫時間後之碳粉以目視觀察其結塊之狀況，未經乾燥與球磨之脫水後碳粉明顯呈塊狀，經 40°C 加熱溫度乾燥與球磨細化後，隨持溫時間之增長，結塊碳粉逐漸細化，雖乾燥與球磨 4 小時後，部分乾燥碳粉顆粒堆疊成塊狀，如圖五(a)所示，但該碳粉經過篩處理，均可通過篩網之網目，推論該堆疊碳粉顆粒應為乾燥後微細粉末相互吸引力所致之團聚現象，應與碳粉結塊性質不同；相似之結果亦出現於加熱溫度分別為 50°C 與 55°C，如圖五(b)、(c)所示，經乾燥細化後之碳粉顆粒易產生相互吸引而團聚，但該團聚碳粉於過篩處理時，均可分散而通過篩網之網孔，符合業界相關規範之要求。

由上述之實驗結果得知脫水後結塊碳粉經低速乾燥機與球磨製程同步進行乾燥細化後，確實可將含水率 12% 且結塊之碳粉乾燥與細化，為進一步驗證球磨製程對細化結塊碳粉之效果，經不同溫度乾燥與球磨細化後之碳粉進行過篩，並計算每一條件下之過篩率，該數值可做為評估本製程技術之能力指標。圖六所示為不同加熱溫度乾燥(40°C、50°C 與 55°C)與球磨細化 4 小時後之過篩率，可清楚發現該三種加熱溫度之過篩率均高於 99%，亦即大部分碳粉顆粒均可通過篩網成為商品，而過篩率未達 100% 之主要因為乾燥且細化後碳粉易吸附殘留於篩網或是秤重容器，故其數值僅大於 99%，其數值無法達到 100% 之過篩率，此一實驗結果驗證低速乾燥與球磨製程同時運用於脫水後結塊碳粉之乾燥與細化，可達成業界所需之條件。

進一步驗證乾燥溫度與球磨製程確實可將脫水後之結塊碳粉乾燥且細化，以電子顯微鏡高倍率觀察碳粉製造廠生產碳粉與本乾燥球磨製程碳粉之外觀型態，並比較兩者之差異，圖七所示為南海彩印科技公司所提供之商品化碳粉與本乾燥球磨製程生產碳粉之外觀型態圖，合作廠商提供之商品化碳粉顆粒外觀大部分為橢圓與圓球形，且粒徑大小差異不大，碳粉顆粒均勻性高且碳粉未發現團聚之缺陷，如圖七(a)所示，圖七(b)為脫水後碳粉經乾燥溫度 40°C、持溫 4 小時且經球磨後之碳粉顆粒外觀型態圖，該碳粉顆粒主要為橢圓與圓球狀，顆粒分布均勻且未發現碳粉顆粒團聚現象，該製程參數乾燥球磨後之碳粉外觀型態與合作廠商提供之商品相似，顯示此一製程參數進行脫水後結塊碳粉之乾燥與細化，符合業界對碳粉乾燥

製程之要求；若以乾燥溫度 50°C、持溫 4 小時且經球磨之碳粉外觀型態如圖七(c)所示，碳粉顆粒之外觀主要為橢圓與圓球狀且顆粒分散均勻，未發現因球磨所產生之細小顆粒，此一外觀與前述合作廠商所提供之樣品相似，顯示此一製程參數亦符合脫水後結塊碳粉進行乾燥與細化之需求；圖七(d)所示為乾燥後碳粉外觀型態與前述乾燥參數之碳粉外觀型態相似，亦即加熱溫度為 55°C 且持溫 4 小時與球磨後之碳粉外觀型態亦可符合業界對脫水後結塊碳粉之乾燥與細化製程之要求，綜整上述各參數均可符合脫水後結塊碳粉之乾燥細化製程技術之要求，較高加熱溫度(55°C)之乾燥效率較低溫加熱溫度為佳，如前述圖四所示，故加熱溫度 55°C 應為本製程參數之最佳乾燥溫度。

為探討二氧化鋁球對脫水後結塊碳粉乾燥細化製程之機制，擬選用乾燥溫度 50°C、持溫 4 小時，當脫水後結塊碳粉放置於乾燥機滾筒中進行乾燥時，分別加入直徑為 25 mm、直徑為 10 mm 之二氧化鋁球與前述兩種直徑之混合，用以探討脫水後結塊碳粉於乾燥製程中之細化機制。圖八所示為分別加入不同直徑二氧化鋁球，不同乾燥時間與碳粉含水率之關係圖，脫水後碳粉隨加熱持溫時間增長，其含水率下降，於 3 至 4 小時後，其含水率趨於定值，顯示加熱持溫 3 小時後，碳粉已趨近於乾燥狀態，顯示二氧化鋁球對碳粉乾燥速率影響不大，影響碳粉之乾燥速率之主要因素為加熱溫度。觀察不同乾燥持溫時間後，碳粉顆粒之外觀型態，如圖九(a)所示，脫水後結塊碳粉於乾燥細化製程中若僅以直徑較大之二氧化鋁球進行球磨細化，發現脫水後結塊碳粉隨乾燥持溫時間之增加，結塊碳粉數量逐漸減少，當持溫 4 小時後，碳粉顆粒外觀型態已無粗大之結塊，僅出現部分微細碳粉顆粒聚集，顯示直徑較大之二氧化鋁球於碳粉之乾燥細化製程可產生良好之功效；反觀選用直徑較小之二氧化鋁球進行細化脫水後結塊碳粉，結塊碳粉雖隨持溫時間之增加，結塊數量與尺寸逐漸變小，但持溫 2 小時後，結塊碳粉無法持續細化，且持溫 3-4 小時後，碳粉之外觀型態出現大量結塊，如圖九(b)所示，此一實驗結果說明直徑較大之二氧化鋁球，於乾燥細化製程之效果較佳，其原因為直徑較大之二氧化鋁球於滾筒旋轉時，因其質量較大，在相同滾筒旋轉速度之帶動下，可產生較高之衝量，故可對脫水後結塊碳粉產生較佳之細化作用。

前述之實驗結果得知乾燥細化製程中若僅加入直徑為 10 mm 之二氧化鋁球進行脫水後結塊碳粉之乾燥與細化，經持溫 4 小時後，碳粉顆粒外觀仍呈現結塊，擬將使用不同尺寸二氧化鋁球乾燥細化後之碳粉過篩處理，並進一步計算其過篩率，更為精準定量其細化結塊碳粉之效能。圖十所示為加入不同尺寸二氧化鋁球於低速乾燥機中，固定加熱溫度為 50°C 且持溫 4 小時後，乾燥細化後碳粉進行過篩處理，所得之過篩率。當二氧化鋁球為大小顆粒混合或為較大直徑(25 mm)進行脫水後結塊碳粉之乾燥細化，其過篩率均

高於 99%，顯示大小直徑混合或僅有大直徑二氧化鋁球進行細化製程，均可達成細化結塊碳粉之目的，但若僅以直徑較小(10 mm)二氧化鋁球進行脫水後結塊碳粉之細化，其過篩率僅為 11.99%，此一實驗結果與圖九(b)之表面型態觀察結果相符，顯示脫水後結塊碳粉經較小直徑二氧化鋁球磨後，大部分碳粉(約為 88%)無法通過篩網，而殘留於篩網上，顯示脫水後結塊碳粉無法於乾燥細化製程中以較小二氧化鋁達成細化結塊碳粉之目的，該殘留於篩網之上之碳粉亦無法成為商品，大幅降低化學性碳粉之良率。直徑較小之二氧化鋁球於結塊碳粉細化過程中，因乾燥機之滾筒屬低轉速運動，質量較小之二氧化鋁球所具備之動量相對較小，故於脫水後結塊碳粉細化製程中，因其動量較小而無法對結塊碳粉產生衝擊、粉碎而達成細化之目的。此一實驗結果驗證細化脫水後結塊碳粉之主要機制來自於二氧化鋁球對結塊碳粉產生衝擊、粉碎與細化而達成分散結塊之碳粉顆粒，亦即二氧化鋁球之質量越大，產生之細化效果越佳。

本實驗自行開發設計之低轉速乾燥機滾筒內部設有刮刀，其擺放位置分別為滾筒內之底部與側邊，為探討滾筒內布刮刀對脫水後結塊碳粉乾燥細化製程之影響，固定乾燥溫度為 50 °C、持溫 4 小時，並於乾燥過程中改變有無加入大小直徑二氧化鋁球及有無架設刮刀，除觀察乾燥細化製程後碳粉之外觀型態外，並量測其過篩率。圖十一所示為滾筒內部無架設刮刀下，不同持溫時間後碳粉之外觀型態圖，脫水後結塊碳粉於持溫 2 小時後，結塊碳粉之數量較脫水後結塊碳粉少，當持溫時間到達 4 小時後，可發現碳粉受到二氧化鋁球滾壓而平鋪於滾筒壁面及滾筒底層桶壁，此時二氧化鋁球全數顯露於乾燥碳粉表面；脫水後結塊碳粉於相同加熱溫度、持溫時間與滾筒轉速下，若未架設刮刀且未放入二氧化鋁球進行結塊碳粉之球磨細化，於不同持溫時間下之碳粉表面型態如圖十二所示，可清楚發現碳粉於持溫 2 小時後，結塊碳粉之數量與脫水後結塊碳粉相較，碳粉結塊之數量並未減少，表層較細粉末因滾筒之轉動而下沉，使較大之結塊碳粉出現於表層，當持溫 4 小時後，可發現結塊碳粉並未隨乾燥細化時間增長而減少，此一結果再度驗證脫水後結塊碳粉之細化機制來自於二氧化鋁球之衝擊動量，使結塊碳粉於乾燥細化過程中，受到二氧化鋁球之衝擊、粉碎、細化而均勻分散，進而達成乾燥細化脫水後結塊碳粉之目的，滿足化學性碳粉所需之高良率乾燥製程。

將經上述乾燥實驗參數後之碳粉進行過篩處理，用以驗證滾筒內部裝設刮刀與加入二氧化鋁球對脫水後結塊碳粉乾燥細化之效用，圖十三所示為碳粉經滾筒內部是否裝設刮刀、是否加入二氧化鋁球進行球磨細化之過篩率，可清楚發現加入二氧化鋁球進行球磨細化但滾筒內未裝設刮刀，經乾燥細化碳粉之過篩率約為 84.14%，該值遠低於滾筒內部裝刮刀，裝設顯示滾筒內部裝設刮刀可有效刮除濕式碳粉於乾燥製

程中，沾黏於滾筒壁面或滾筒底部，進而提升濕式碳粉乾燥細化製程之良率；若滾筒內部未裝設刮刀且未加入二氧化鋁球進行脫水後結塊碳粉之乾燥細化，其過篩率大幅下降，僅約 8.17%，此一實驗結果與圖十一所示乾燥後碳粉結塊之外觀行型態之觀察結果一致，且再度驗證二氧化鋁球於乾燥製程中，同步進行結塊碳粉球磨細化之功效。

4. 結論

化學性碳粉經清洗、脫水後之含水率約為 12%，且其外觀型態為大量之塊狀物，經實驗結果驗證自行開發之低轉速乾燥機與球磨細化製程，脫水後結塊碳粉經適用之製程參數進行乾燥與加入二氧化鋁球施以球磨細化後，碳粉之過篩率高於 99%，顯示本計畫開發之乾燥細化製程技術符合脫水後結塊濕式碳粉符合碳粉業者對濕式碳粉乾燥製程之高良率要求。高階化學性全彩碳粉講究低溫固著特色，碳粉之主要之組成為低熔點之高分子樹脂與臘等，過高之加熱溫度易使碳粉成生固著結塊，進而影響後續之列印品質，本實驗以不同溫度加熱脫水後碳粉，並由目視與電子顯微鏡觀察乾燥後碳粉之外觀型態，進而判定適合脫水後碳粉之適用加熱溫度，加熱溫度若高於 60°C，碳粉顆粒出現固著現象，恐影響碳粉成品之列印品質，化學性碳粉適用加熱溫為 40°C-55°C，若加熱溫度越高，碳粉乾燥所需之持溫時間越低，由碳粉乾燥過程中於不同持溫時間下，碳粉之含水率隨持溫時間曾長而下降，通常需 3-4 小時後，其含水率方可維持定值，完成脫水後碳粉之乾燥。

脫水後結塊碳粉於乾燥過程中，加入二氧化鋁球同步進行球磨細化結塊碳粉，採用直徑較大或大小直徑混合之二氧化鋁球進行結塊碳粉之球磨細化，其效率較佳，但乾燥持溫時間 4 小時後，乾燥後碳粉之過篩率均高於 99%，但若採用直徑較小之二氧化鋁球進行結塊碳粉之球磨細化，脫水後結塊碳粉經 4 小時之乾燥球磨細化後，其過篩率僅達 11.99%，此一結果顯示直徑較小之二氧化鋁球之質量較低，於低轉速滾筒中無法產生足夠之動量，故大部分乾燥後碳粉仍為結塊狀態，此一實驗結果說明脫水後結塊碳粉細化之主要機制為二氧化鋁球於滾筒中之動量作用於結塊碳粉，產生衝擊、粉碎與細化，而達成均勻分散乾燥碳粉之功效。若乾燥機滾筒採用較低轉速(6.5 rpm)時，脫水後結塊碳粉所需之球磨細化時間較長，主要原因為叫二氧化鋁球於較低滾筒轉速所產生之動量較小，故所需之球磨細化時間較長，但脫水後結塊碳粉於持溫 4 小時後，其過篩率仍高於 99%，滾筒轉速對脫水後結塊碳粉之乾燥球磨細化製程影響不大。乾燥機滾筒內部若未架設刮刀，脫水後結塊碳粉易沾黏於滾筒壁面或滾筒底部，經乾燥持溫 4 小時後，其過篩率約為 84.14%，亦即部分濕式碳粉沾黏於滾筒壁面或滾筒底部而無法成有效之球磨細化，滾筒內部若未架設刮刀且未加入二氧化鋁球進行球磨細化，則乾燥後碳

粉之過篩率僅 8.17%，顯示大部分碳粉乾燥後，均呈結塊狀態，故無法通過篩網，大幅降低球磨製程之良率。此一實驗結果再度驗證二氧化鋁球對脫水後結塊碳粉球磨細化之功效。

本研究已成功開發符合高階全彩化學碳粉所需之乾燥球磨細化製程，其乾燥製程良率高於 99%，且乾燥過程中同步進行脫水後結塊碳粉之球磨細化，有效提升高階全彩化學性碳粉之乾燥效率。此外，經由高倍率電子顯微鏡觀察乾燥球磨細化後之碳粉顆粒外觀型態，發驗經球磨細化後之碳粉顆粒之外觀型態與粒徑分布均與合作廠商提供之商售高階全彩碳粉顆粒之外觀型態極為相似，且未發現因球磨所產生之微小碳粉顆粒，此一製程具高度之量產化價值。

5. 計畫自評

依申請計畫之查核重點檢視本研究業已完成各項查核項目，對化學性高階全彩碳粉成分、乾燥細化製程之需求，均已充分掌握，且藉由自行開發之低速乾燥機與球磨細化製程，使脫水後結塊碳粉於乾燥製程中同步進行結塊碳粉之細化，可有效提高脫水後結塊碳粉乾燥之效率與良率。上述實驗結果得知高階全彩化學性碳粉強調低溫固著之特色，其主要成分為高分子樹脂與低熔點蠟，故其乾燥溫度需低於 60°C，且乾燥過程之攪拌業轉速不可過高，易造成碳粉因高速撞擊產生局部高溫因而固著結塊，大幅降低高階化學性碳粉之良率。相較於目前高階化學碳粉使用之乾燥製程，本研究採用之低轉速乾燥製程，其所需之乾燥時間雖較長，但可同步以球磨製程細化脫水後結塊碳粉，以本研究開發之乾燥求磨細化製程進行脫水後結塊碳粉之乾燥細化，其良率高於 99%，有效解決合作廠商以高轉速乾燥製程進行脫水後結塊碳粉乾燥所引致之碳粉結塊問題。本乾燥球磨細化製程除應用於高階化學性碳粉之乾燥與細化結塊碳粉，亦可應用於加熱溫較低且易結塊粉體之乾燥細化。

本研究於學術方面建構低轉速乾燥與球磨細化製程，探討個加熱溫度對碳粉組成與外觀之影響外，易於乾燥過程中，量測碳粉之含水率，用以判斷脫水後碳粉於不同加熱時間後之乾燥程度，實驗中亦討論脫水後結塊碳粉經球磨細化之機制，高速且質量較大之二氧化鋁球可提供足夠之動量，粉碎與細化脫水後結塊碳粉，經乾燥與球磨細化後，碳粉之過篩率高於 99%，顯示球磨製程可於乾燥過程中細化脫水後之結塊碳粉，並以電子顯微鏡觀察乾燥與球磨細化後碳粉顆粒之表面型態，觀察結果顯示碳粉顆粒未因球磨細化製程而明顯產生細小之碳粉顆粒，顯示球磨製程並未對碳粉之粒徑分佈產生嚴重影響。相關研究成果預計撰寫成投稿型式，發表於 33 屆機械年會。

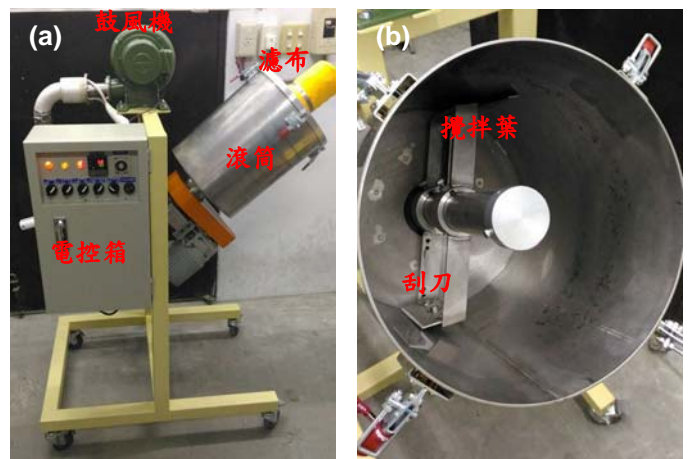
本研究參與人員除碩士班學生兼任助理一名與獎助學金之碩士班學生外，合作廠商藍海彩印技公

司研發人員共五人參與本計畫之執行，除了解球磨細化相關機制與後續含水率量測、電子顯微鏡觀察分析外，於計畫中深刻體驗以微觀分析提供製程參數修正用途，此一技術亦可應用於實際生產製程之除錯(trouble shooting)與優化製程參數，除完成計畫之預期目標外，亦達成相關人員之培訓。

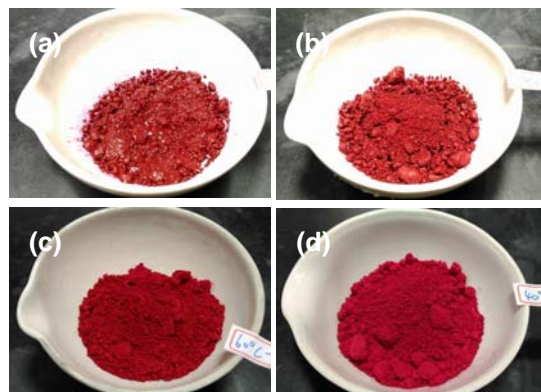
6. 參考文獻

1. G.E. Kmiciek-Lawrynowicz, 23rd Photoreceptor & Toner Conference, Session 6, Santa Barbara, California, USA, 2006.
2. http://content.edu.tw/vocation/food_production/tn_ag/dry/dry-11.htm
3. <http://www.kurimoto.co.jp/product/item/ContinuousFluidBedDryingSystem.php>.
4. <http://s.web66.com.tw/file/C7/74975/AB/1256010715392pic2.jpg>
5. P. Das, S. Paul, P.P. Bandyopadhyay, Surface & Coatings Technology, Vol. 286, 2016, 165–171.
6. Q. Han, R. Setchi, S. L. Evans. Powder Technology, Vol. 297, 2016, 183–192.

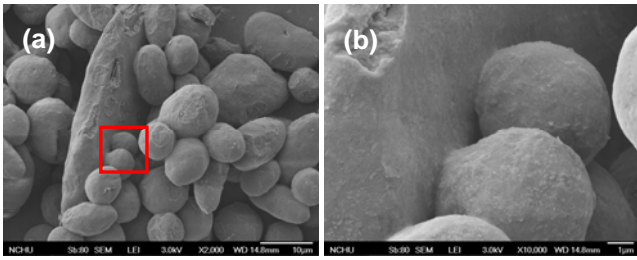
7. 圖表



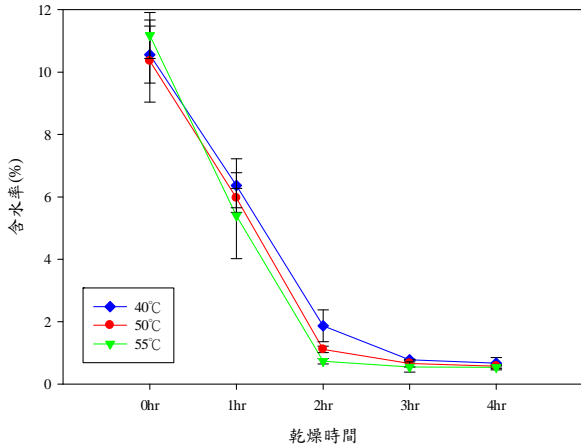
圖一、低速高燥機外部主要組件圖，(a)乾燥機外觀圖，(b)滾筒內部圖。



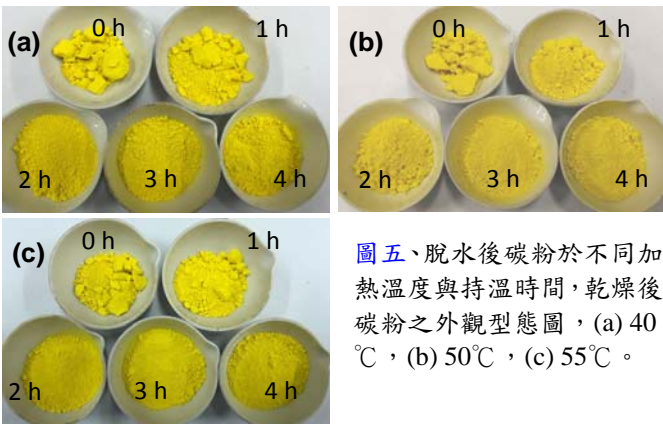
圖二、脫水後碳粉於不同加熱溫度下，持溫 30 分鐘後之表面型態圖，(a) 120°C，(b) 80°C，(c) 60°C，(d) 40°C。



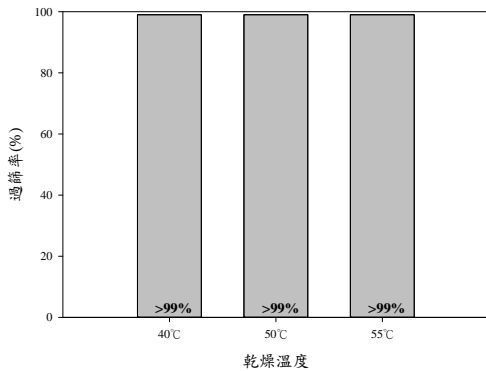
圖三、(a)脫水後碳粉經加熱溫度 60°C，持溫 30 分鐘乾燥後之表面型態圖，(b)較大倍率觀察圖(a)碳粉顆粒型態圖。



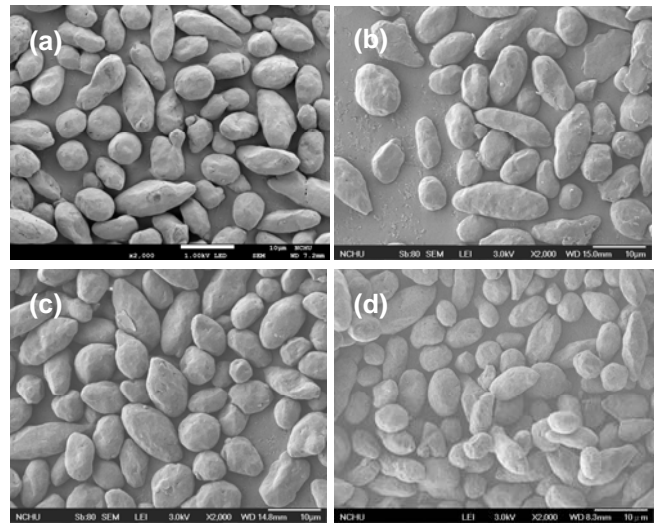
圖四、脫水後碳粉於不同加熱溫度與持溫時間，碳粉含水率之變化。



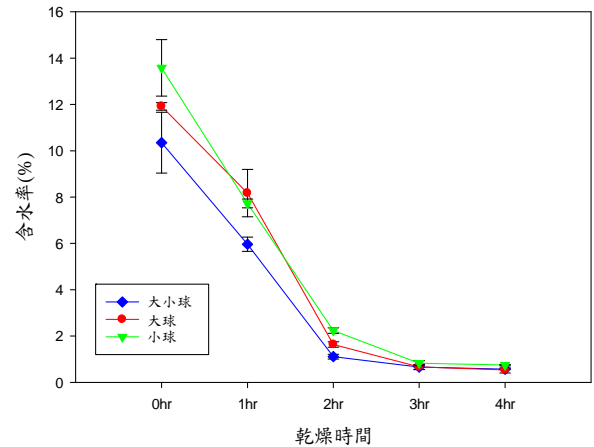
圖五、脫水後碳粉於不同加熱溫度與持溫時間，乾燥後碳粉之外觀型態圖，(a) 40°C，(b) 50°C，(c) 55°C。



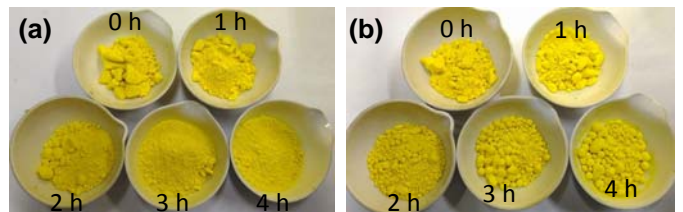
圖六、脫水後碳粉於加熱溫度 40°C、50°C、55°C 與球磨 4 小時後，乾燥碳粉之過篩率。



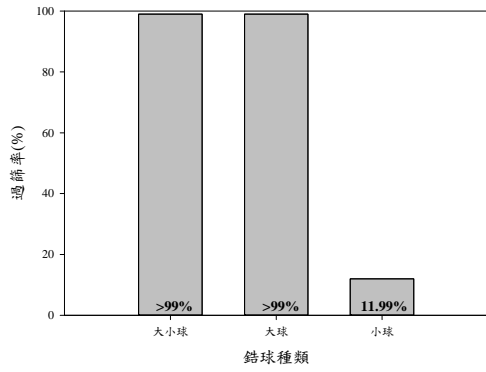
圖七、脫水後碳粉於不同加熱溫度與持溫時間後，電子顯微鏡觀察乾燥球磨後碳粉之外觀型態圖，(a)藍海彩印科技公司提供之乾燥後商品化碳粉，(b) 40°C，(c) 50°C，(d) 55°C。



圖八、脫水後結塊碳粉於加熱溫度 50°C，不同持溫時間與碳粉含水率之關係圖。



圖九、脫水後結塊碳粉於加熱溫度 50°C、持溫時間 4 小時且以直徑不同之二氧化鋁球磨後，碳粉顆粒外觀型態圖，(a)直徑 25mm 鋁球，(b)直徑 10mm 鋁球。



圖十、不同直徑之二氧化鋁球進行脫水後結塊碳粉之乾燥細化製程，加熱溫度 50°C 且持溫時間 4 小時後，經乾燥細化後碳粉之過篩率。



圖十一、低速乾燥機滾筒內部未架設刮刀，脫水後結塊碳粉於加熱溫度 50°C、不同持溫時間後之外觀型態圖。



圖十二、低速乾燥機滾筒內部未架設刮刀且未使用二氧化鋁球進行球磨細化，脫水後結塊碳粉於加熱溫度 50°C、不同持溫時間後之外觀型態圖。

科技部補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2016/08/22

科技部補助計畫	計畫名稱: 高階全彩化學碳粉超音波輔助乾燥製程之研發
	計畫主持人: 莊正利
	計畫編號: 104-2622-E-040-004-CC3 學門領域: 加工與製造
無研發成果推廣資料	

104年度專題研究計畫成果彙整表

計畫主持人：莊正利			計畫編號：104-2622-E-040-004-CC3					
計畫名稱：高階全彩化學碳粉超音波輔助乾燥製程之研發								
成果項目			量化	單位	質化 (說明：各成果項目請附佐證資料或細項說明，如期刊名稱、年份、卷期、起訖頁數、證號...等)			
國內	學術性論文	期刊論文		0	篇	高階全彩化學乾燥細化製程之研發, 33屆機械年會, 2016, 12.		
		研討會論文		1				
		專書		0			本	
		專書論文		0			章	
		技術報告		1			篇	高階全彩化學碳粉超音波輔助乾燥製程之研發
		其他		0			篇	
	智慧財產權及成果	專利權	發明專利	申請中	0	件		
				已獲得	0			
			新型/設計專利		0			
		商標權		0				
		營業秘密		0				
		積體電路電路布局權		0				
		著作權		0				
		品種權		0				
		其他		0				
	技術移轉	件數		1	件	藍海彩印科技公司		
		收入		46	千元			
	國外	學術性論文	期刊論文		0	篇		
			研討會論文		0			
			專書		0		本	
專書論文			0	章				
技術報告			0	篇				
其他			0	篇				
智慧財產權及成果		專利權	發明專利	申請中	0	件		
				已獲得	0			
			新型/設計專利		0			
		商標權		0				
		營業秘密		0				
		積體電路電路布局權		0				
		著作權		0				

		品種權	0		
		其他	0		
	技術移轉	件數	0	件	
		收入	0	千元	
參與計畫人力	本國籍	大專生	0	人次	
		碩士生	2		
		博士生	0		
		博士後研究員	0		
		專任助理	0		
	非本國籍	大專生	0		
		碩士生	0		
		博士生	0		
		博士後研究員	0		
		專任助理	0		
其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)					

本產學合作計畫研發成果及績效達成情形自評表

成果項目		本產學合作計畫預估研究成果及績效指標 (作為本計畫後續管考之參據)	計畫達成情形
技術移轉		預計技轉授權 1 項	完成技轉授權 1 項
專利	國內	預估 1 件	提出申請 0 件，獲得 0 件
	國外	預估 1 件	提出申請 0 件，獲得 0 件
人才培育		博士 1 人，畢業任職於業界 1 人	博士 0 人，畢業任職於業界 0 人
		碩士 1 人，畢業任職於業界 1 人	碩士 1 人，畢業任職於業界 1 人
		其他 1 人，畢業任職於業界 1 人	其他 0 人，畢業任職於業界 0 人
論文著作	國內	期刊論文 1 件	發表期刊論文 0 件
		研討會論文 1 件	發表研討會論文 1 件
		SCI論文 1 件	發表SCI論文 0 件
		專書 1 件	完成專書 0 件
		技術報告 1 件	完成技術報告 1 件
	國外	期刊論文 1 件	發表期刊論文 0 件
		學術論文 1 件	發表學術論文 0 件
		研討會論文 1 件	發表研討會論文 0 件
		SCI/SSCI論文 1 件	發表SCI/SSCI論文 0 件
		專書 1 件	完成專書 0 件
		技術報告 1 件	完成技術報告 0 件
其他協助產業發展之具體績效		新公司或衍生公司 1 家	設立新公司或衍生公司(名稱): 0
計畫產出成果簡述： 請以文字敘述計畫非量化產出之技術應用具體效益。 (限600字以內)		<p>依申請計畫之查核重點檢視本研究業已完成各項查核項目，對化學性高階全彩碳粉成分、乾燥細化製程之需求，均已充分掌握，且藉由自行開發之低速乾燥機與球磨細化製程，使脫水後結塊碳粉於乾燥製程中同步進行結塊碳粉之細化，可有效提高脫水後結塊碳粉乾燥之效率與良率。上述實驗結果得知高階全彩化學性碳粉強調低溫固著之特色，其主要成分為高分子樹脂與低熔點蠟，故其乾燥溫度需低於60°C，且乾燥過程之攪拌業轉速不可過高，易造成碳粉因高速撞擊產生局部高溫因而固著結塊，大幅降低高階化學性碳粉之良率。相較於目前高階化學碳粉使用之乾燥製程，本研究採用之低轉速乾燥製程，其所需之乾燥時間雖較長，但可同步以球磨製程細化脫水後結塊碳粉，以本研究開發之乾燥求磨細化製程進行脫水後結塊碳粉之乾燥細化，其良率高於99%，有效解決合作廠商以高轉速乾燥製程進行脫水後結塊碳粉乾燥所引致之碳粉結塊問題。本乾燥球磨細化製程除應用於高階化學性碳粉之乾燥與細化結塊碳粉，亦可應用於加熱溫較低且易結塊粉體之乾燥細化。</p>	