

泡棉工廠火災案例探討

Manufacturing Facility Fire Case Study

圖、文：新北市政府消防局火災鑑識中心 陳逸帆

壹、前言

泡棉與我們的生活密不可分，可用於家中座墊、傢俱及寢具、隔熱、隔間及鐵皮屋頂之鐵皮裡襯等均可看到泡棉。依泡棉材質的特性可分為下列 3 類：

一、軟質發泡體：吸音和隔熱效果良好，多運用於家（寢）具及各式座墊，因其吸音、隔熱效果良好，常使用於吸音、隔熱材、鐵皮屋頂裡襯及房間隔間。

二、半硬質發泡體：常用於車輛內裝材料，如汽車的扶手、遮陽板及方向盤等。

三、硬質發泡體：廣泛運用於低溫隔熱材，特別是冷藏或冷凍庫之隔熱，冷藏庫的隔熱壁是將泡棉原液注入內箱與外箱的空間而發泡，讓內外箱一體化。

泡棉之關鍵發泡原料為異氰酸鹽類，又以二異氰酸甲苯（Toluenediisocyanate, TDI），屬於「特定化學物質危害預防標準」第 2 條第 1 款特定化學物質中丙類第一種物質。臺灣有不少工廠製程中使用二異氰酸甲苯，因此曾發生多起火災，如 89 年 8 月基隆某大學岩心實驗室、95 年 5 月嘉義縣中埔鄉某山產店行等均因冷藏櫃保溫夾層之 PU 泡棉在無氧態下裂解悶燒，分解出可燃性氣體而引起火災，導致人員受傷；99 年 1 月臺中市某泡棉工廠火災，進行火場搶救時產生爆燃，導致消防人員受傷。其主要原因係 PU（Poly Urethane）泡棉蓬鬆之結構，使其與氧氣接

觸面積較大，致高溫下易與氧氣作用而分解。加上 PU 泡棉材料係易燃物質，若發生火災時易產生爆燃而導致人員傷亡。

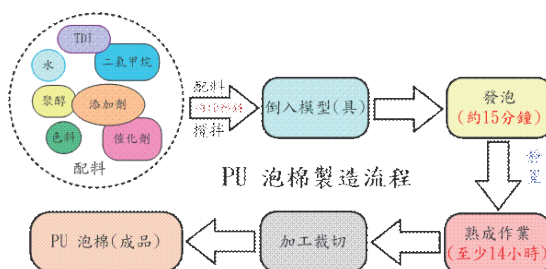


圖 1、PU 泡棉製造流程主要分為四大步驟（參考勞動部勞動及職業安全衛生研究所「PU 泡棉爆燃氣體分析」之研究報告）

貳、PU 泡棉製造過程

泡棉係以二異氰酸甲苯（TDI）和二氯甲烷（Methylenechloride, MC）等作用混合發泡而成，PU 泡棉製造過程主要分為四大步驟（如圖）：

一、配料攪拌：依序將二氯甲烷（MC）、聚丙二醇、水、色料和香料等原料適量（依廠商配方比例）混合攪拌後再加入二異氰酸甲苯攪拌。

二、發泡：將攪拌均勻後之原料倒入模型（具）內進行發泡，約 1 分鐘後即發泡完成；發泡作業屬於批次作業，每次的發泡作業時間約 15 分鐘。

三、熟成作業：將發泡成適當大小的泡棉取出，並放置在成品堆放區內等待泡棉完全定型，此時應將泡棉置於通風良好的隱蔽場所冷卻至少 14 小時。

四、加工裁切：最後再將定型的泡棉加工裁切成適當形狀與大小。

參、泡棉火災案例探討

一、案例一：泡棉半成品蓄熱自燃火災

報案時間：113 年 04 月○日 22 時 07 分許。

建築物用途：泡棉製造工廠及散熱倉庫

燒損範圍：主要燒燬地上 1 層樓散熱倉庫，燃燒面積約 9,028 平方公尺。

案情敘述：

1. 本案鐵皮建築物為泡棉製造工廠，其化工原料儲存區設有二異氰酸甲苯、二氯甲烷、三聚氰胺、聚醚多元醇；作業廠房設有切割機、沖床、熱壓機、泡棉、鑽孔機、貼合機、CNC 切割機及泡棉發泡機台，散熱倉庫擺放半成品泡棉等物品。

2. 依現場燃燒後狀況、火流路徑，其餘廠房均係受散熱倉庫火勢延燒所致；復經逐層清理、檢視，散熱倉庫以東側中間附近泡棉半成品放置處受燒燬最顯嚴重，起火處為散熱倉庫東側中間附近，由該處起火後向四周處所延燒。

3. 經調閱散熱倉庫監視錄影畫面及員工供述內容，可知於 113 年 4 月○日 13 時 28 分 52 秒許人員將新製成之泡棉半成品擺放於散熱倉庫東側中間附近，另於○日 21 時 28 分 24 秒許該處附近泡棉間冒出白煙。

4. 據公司技術人員談話筆錄供稱內容，泡棉發泡成固體後，1 至 4 小時內泡棉中心溫度由 80℃ 緩增至 120℃，約需 4 小時左右溫度才能降至室溫，當泡棉無法正常降溫時，則會導致泡棉本體悶燒起火，該公司 101 年亦曾發生泡棉悶燒起火之火災案件。



圖 2、勘察現場該公司員工指認案發當日下午泡棉擺放於散熱倉庫東側中間附近



圖 3、經調閱散熱倉庫內部監視錄影畫面，可知於 113 年 4 月○日 13 時 28 分 52 秒廠內員工（箭頭處）將新製成之泡棉半成品推至散熱倉庫東側中間擺放



圖 4、於 113 年 4 月○日 21 時 35 分 49 秒可見新擺放之泡棉間有白煙顯著竄出（箭頭處）

5. 綜上所述本案起火原因為泡棉半成品蓄熱自燃引起火災。

二、案例二：泡棉半成品蓄熱自燃火災

報案時間：113 年 06 月○日 20 時 13 分許。

建築物用途：泡棉裁切廠及泡棉半成品儲藏區

燒損範圍：主要燒燬地上 2 層樓鋼骨鐵皮獨棟建築物。

案情敘述：

1. 本案鐵皮建築物為泡棉裁切廠及泡棉半成品儲藏區，內部室內梯及貨梯相通，1樓作為泡棉裁切區使用；2樓僅北側劃分1間浴廁，其餘空間無隔間區劃情形；東側為原料區，放置聚醚多元醇（PPG）及二異氰酸甲苯（TDI）等物品；北側及西側為泡棉半成品儲藏區（主要放置泡棉半成品）。

2. 依現場燃燒後狀況、火流路徑，可知該址1樓係受2樓火勢向下波及，且2樓北側浴廁及東側原料區均係受泡棉半成品儲藏區附近火勢延燒；復經逐層清理、檢視，泡棉半成品儲藏區以南側靠中間附近泡棉半成品放置處受燒燬最嚴重，火勢顯由該處附近為起點向四周處所延燒波及。

3. 經調閱附近監視錄影畫面，可見於113年6月○日20時10分17秒許可見2樓西側中間窗戶附近有火光情形；於10分22秒許可見2樓西側中間及北側窗戶附近均有火光情形；於10分24秒始可見2樓北側中間上方屋簷附近有火勢燃燒情形，且1樓均無明顯火勢燃燒情形；於12分01秒始2樓北側中間鐵皮有透出火光情形，其上方屋簷持續竄出火勢並向西側擴大延燒，綜上，依時序可知火勢係由2樓起燃，且由中間南側附近向西側及北側延燒。

4. 據員工談話筆錄內容，可知人員發現火災時，火勢主要位於2樓泡棉半成品儲藏區附近，將1樓鐵捲門部分開啟察看後，均未見1樓有火勢燃燒情形。

5. 據員工談話筆錄內容，得知2樓泡棉半成品儲藏區之泡棉半成品高度約2公尺左右，比對該公司發泡工廠內部存放之泡棉（寬度約150公分，高約210公分，厚度約60公分）

高度相符；火災發生當日2樓泡棉半成品儲藏區放置有約20顆泡棉半成品，其中一批泡棉半成品為當日11時製成靜置至16時左右，再存放於2樓。



圖 5、勘察現場據員工供述指認，可知泡棉裁切廠2樓泡棉半成品儲藏區之泡棉半成品高度約2公尺左右



圖 6、比對該公司發泡工廠內部存放之泡棉，可知泡棉半成品（箭頭處）寬度約150公分、高度約210公分、厚度約60公分



圖 7、該址西北側工地圍牆設有監視錄影畫面，記錄於113年06月○日20時12分01秒始數名員工前往1樓西側察看（右箭頭），且2樓北側中間鐵皮有透出火光情形（左箭頭），其上方屋簷持續竄出火勢並向西側擴大延燒

6. 綜合上述，員工最離開之時間為 16 時 55 分，且該員工無抽煙習慣，起火處放置大量泡棉，部分泡棉為火災當日 11 時製成並存放於 2 樓，距火災發生時間僅約 9 小時，於排除起火處其他原因後，研判起火原因係因泡棉半成品內部餘溫（熱），泡棉半成品蓄熱自燃。

三、結論

本文之 2 件火災案例，均係新發泡完成之泡棉，於存放時因泡棉內部之熱能蓄熱自燃而引起火災。查泡棉發泡係以二異氰酸甲苯（TDI）與適當比例原料混合後，進行聚合反應產生聚合熱，故泡棉發泡後泡棉內部的溫度仍會持續上升，故在成品堆放區內等待泡棉完全定型時，應將泡棉置於通風良好的隱蔽場所冷卻至少 14 小時。本文火災案例一、二所放置之泡棉半成品，於熟成作業中靜置冷卻均未達 14 小時即發生火災。

肆、防範對策

一、泡棉的製程為聚合反應，發泡後泡棉內部的溫度仍會持續增加，故泡棉之熟成作業需應將泡棉放置於通風良好的隱蔽場所冷卻至少 14 小時。

二、火災搶救時應注意事項

1. 抵達現場搶救時，需裂解 PU 泡棉工作場所建築結構、PU 泡棉製程相關原料成分、存放位置及緊急處理方式，切勿貿然破壞進入搶救。

2. 黑煙散佈場所空間時，應避免新鮮空氣突然進入悶燒之局限空間造成爆燃，建議可先確認是否有消防撒水設備，如有可先行啟動進行撒水降溫，待溫度與可燃性氣體與煙粒子濃度降低後再進入搶救。

3. 若無消防撒水設備，且以破窗（門）等方式排煙或進入搶救時，應站於門窗側邊，盡量避免正對開口，即使發生爆燃，亦可防止爆燃產生之爆峰波造成人員受傷。

三、建議業者可強化事項

1. PU 泡棉工作場所應明確區分 PU 泡棉（半）成品位置，熟成作業區應為獨立儲存空間，且有良好通風之環境或排煙設備，以防火災發生時可燃性氣體蓄積。

2. 作業場所應全面禁菸，且不使用可能產生火花的電氣設備，電氣設備應使用具防爆功能產品。

3. 場所應儲備水源或設置自動撒水設備，裝設探測器或自動警（通）報系統，平時需演練火災相關應變作為，以利及早發現火災、儘早進行初期搶救。

伍、總結

泡棉製造過程主要為配料攪拌、發泡、熟成作業及加工裁切等四大步驟，於發泡過程中有之聚合反應產生聚合熱，溫度約 120 ～ 180℃；所生成之半成品中心溫度尚有 80 ～ 120℃。因泡棉為多孔性材質極易蓄積熱能，需靜置冷卻 14 小時以上，且儲藏區應為通風良好之環境，故從事此類工廠火災調查應特別留意，其製程、原料成分、製造及儲存環境，並比對安全資料表及相關文獻，以利火災現場相關事證調查及研判起火機制；國內亦曾因泡棉火災造成民眾財產損失或人員死傷，冀藉由本文案例之宣導，加強泡棉製造工廠之警覺性，及提供火災調查之參考，以避免此類火災案件之發生。