

塑四部PU合成皮用DMF溶劑回收 改善創新案例

總管理處總經理室
產銷管理一組 許國榆

一、前言

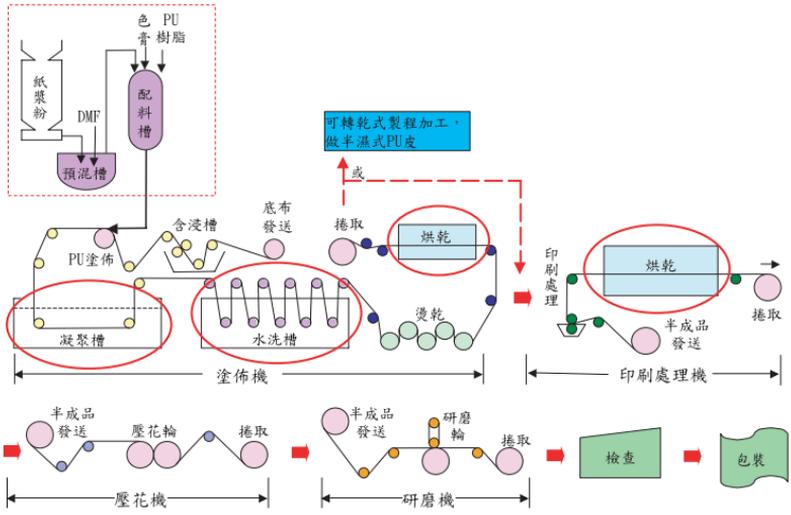
天然皮革因數量有限不敷使用，故近代開發出PU合成皮革，以彌補不足，但因其無論外觀質感、穿著舒適性、防水、防霉等方面都超過天然皮革，如今PU合成皮革反而已大量取代了天然皮革。

二、PU合成皮的生產方式

PU合成皮之生產方式主要有乾式和濕

式兩種製程，以濕式製程為例，其生產方式係將底布發送後，塗上PU樹脂混合物，經過凝聚槽以水置換DMF溶劑後，PU樹脂逐漸凝固，在水洗槽用水沖洗後，經過烘乾即做成半成品。接著需再經過印刷處理、壓花及研磨等，即可做成成品。其中在凝聚槽、水洗槽、烘乾箱等製程中所產生對人體有害的DMF溶劑，都需要集中回收處理。(如圖一)

圖一. 濕式PU皮製造流程圖



三、DMF 溶劑簡介

在PU合成皮的生產過程中，DMF 溶劑扮演一個重要的角色，其作用是稀釋PU樹脂及接著劑，降低樹脂黏度，以利於加工。DMF 溶劑(Dimethyl Formamide)，商品名是二甲基甲醯胺，為無色透明液體，因為其具有溶解度高、分離效果好等優異特性，故被廣泛應用當溶劑使用。但此類有機溶劑之蒸汽對人體會造成傷害，故必須在使用製程中進行回收。由於氣態DMF 之水溶性極佳，故可利用洗滌技術來去除，以水將DMF 洗下，最後再以蒸餾方式回收DMF。

四、本企業DMF 溶劑回收系統之改善案例研討

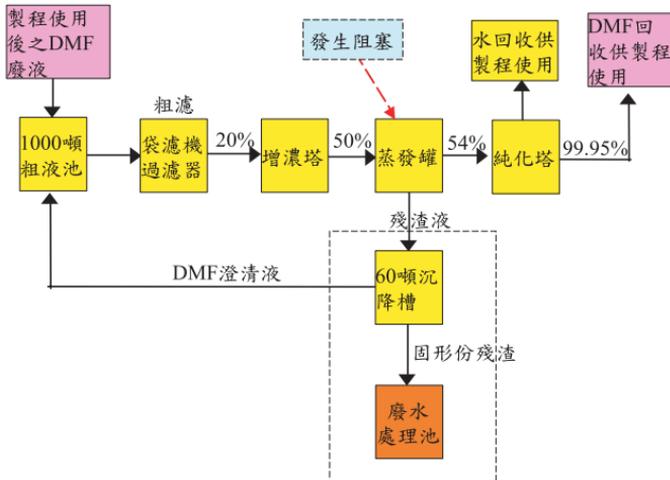
本室在2006 年第4 季進行合成皮經營績效檢討專案時，到南亞塑四部樹林一廠

針對成本合理性檢討時發現，保養費用和蒸汽費用偏高，經了解，主要係因DMF溶劑回收設備需時常停車清洗，造成清洗費用增加，以及回收設備重開車時蒸汽用量增加，探究其原因，發現是因為回收設備中蒸發罐的再沸器容易發生管路阻塞，造成停車，而停車時會導致DMF溶劑無法進行回收。故針對此問題，底下將繼續探究其異常原因，並擬進一步提出改善對策。

首先看樹林一廠現狀DMF溶劑的回收流程(如圖二)，前面的DMF回收廢液集中後，會流到1,000噸粗液池，經過袋濾機粗濾，再透過增濃塔將DMF濃度由20%提高到50%，接著蒸發罐是將DMF和水蒸發，與雜質分離，DMF濃度會再提升到54%，最後經過純化塔純化後，DMF濃度會再提升到99.95%，就可再供製程使用。

因為蒸發罐的殘渣液仍含有水和DMF

圖二.DMF溶劑回收流程圖(現狀)



溶劑，所以再經過沉降槽沉澱後，上層的DMF澄清液回收到粗液池，而下層的固形份殘渣則送到廢水處理池處理，因為殘渣COD過高，達5萬PPM以上，廢水處理池無法負荷，所以限制送到廢水處理池的殘渣排放量，導致沉降槽殘渣累積量過多，容易隨DMF澄清液流到回收管路，造成殘渣流到蒸發罐時，因遇熱凝固，導致再沸器發生阻塞而需停車清洗，每次花費1至1.5天的時間，因此降低了回收設備的可處理量，停車期間DMF廢液只能暫存在1,000噸粗液池裡。

經瞭解，在2006年期間，DMF溶劑回收設備之再沸器每月需清洗2至4次，每月清洗時間合計2至5天，使得回收設備由原本標準處理量每月5,760噸，因停車之故降到只剩下4,800至5,280噸，若遇到旺季，廢液發生量增加時，則發生廢液量無

法全數處理的情況。

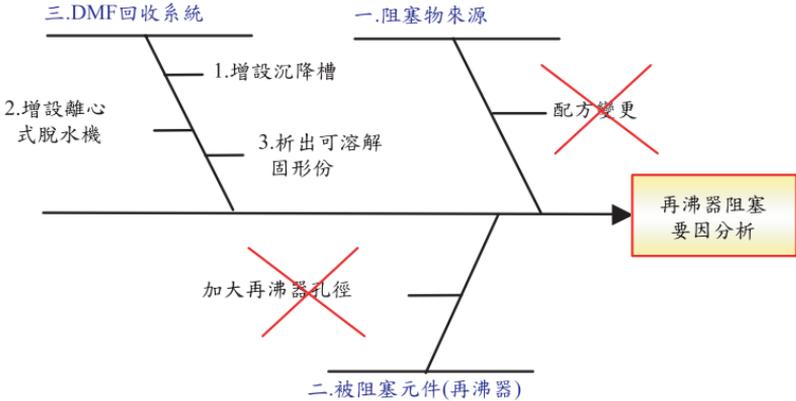
針對上述問題點，我們和生產廠主管共同檢討，將各改善要項經由要因分析，提出不同階段改善，並透過持續跟催改善，以達成DMF溶劑回收設備全能運轉的目標。

首先我們先進行瞭解再沸器的阻塞物到底是什麼成分？透過分析之後，發現阻塞物成分是紙漿粉、合成樹脂、柔軟助劑等，這些都是生產PU合成皮所投入之原料、副料，這些殘渣由沉降槽回流至再沸器，經高溫加熱後就會凝固，造成阻塞。

五、第一階段改善——增設第2個沉降槽

接下來繼續針對再沸器阻塞的原因進行要因分析(如圖二)，首先思考，既然阻塞物的來源是生產合成皮所投入之原料、副

圖三. 異常點要因分析



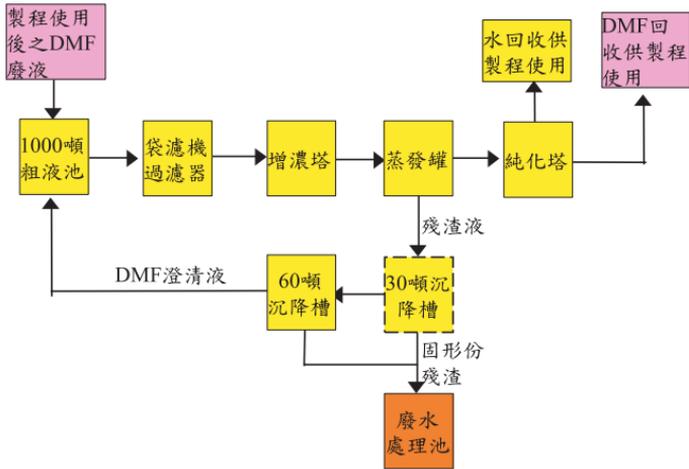
料，是否可以在不影響品質的條件下，藉由配方的調整，以其他材料取代紙漿粉、助劑，來減少阻塞，經試驗結果發現效果有限，所以此方案不可行。

接著繼續思考，是否可以由被阻塞的再沸器來著手，試著加大再沸器的孔徑，避免阻塞，經詢價結果發現再沸器投資費用高，約三百萬元，而且不確定改善效果，所以此方案也不可行。

接著再繼續將改善方向，擴大到思考整個DMF回收系統，既然蒸發罐殘渣容易隨DMF澄清液流到回收管路，因此考慮如果增設第2個沉降槽，藉由二次沉降，是否可以加強沉降效果，避免殘渣流至回收管路。

經由改善前後之回收流程圖示得知(如圖四)，原本使用1個60噸沉降槽，殘渣容易隨DMF澄清液流到回收管路，為防止殘

圖四.第一階段改善-增設第2個沉降槽



渣溢流，另增設1個30噸沉降槽(係轉用既有閒置設備)，藉由一次沉降後，再經過第二次沉降，經改善測試後已可有效避免殘渣流至回收管路。

六、第二階段改善——增設離心式脫

水機

雖然增設第2個沉降槽，可以避免殘渣流至回收管路，然而蒸發罐殘渣COD過高、廢水處理池無法負荷的問題仍未解決，殘渣液排放量仍受到限制。所以我們進一步來思考，殘渣是否可設法先前置處理，而不經由廢水池來處理。那麼又要如何處理掉這些殘渣？經與廠內檢討後，我們想到廢水處理廠發生的污泥，是利用脫水機脫水後，硬化成泥餅來進一步處理。所以蒸發罐殘渣也可以考慮比照這種方式，使用離心式脫水機來加以處理。

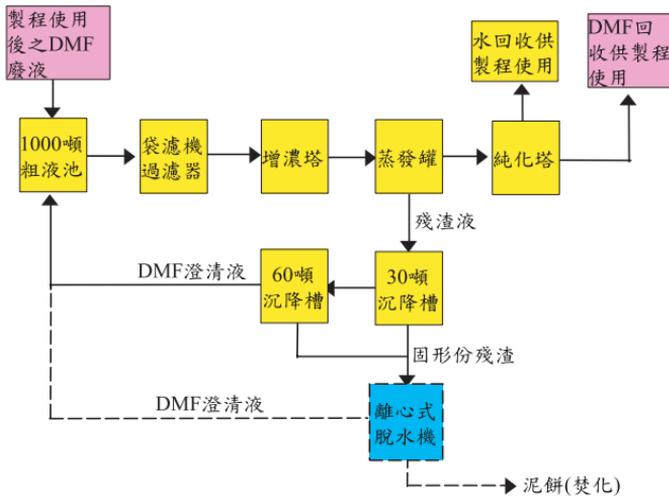
經增設離心式脫水機後，分離後的過濾液更加澄清，有利於進行回收，殘渣則於濾布上形成泥餅。刮下的泥餅如泥土一般，經檢驗後，因為是屬於一般無害可燃性廢棄物，可以直接焚化，所以殘渣液排放已可不受廢水池處理能力的限制。

我們來看改善前後之回收流程圖(如圖二及圖五)，改善前固形份殘渣是送至廢水池處理，改善後則是利用離心式脫水機將殘渣脫水成泥餅後，可直接焚化，所以不需再送廢水池處理。此外離心式脫水機還可將送去廢水池處理而浪費掉的DMF進一步回收。

七、第三階段改善——採取加鹼中和化學處理

前面增設離心式脫水機已可利用物理處理方式去除殘渣液中不可溶解的雜質，

圖五. 第二階段改善-增設離心式脫水機

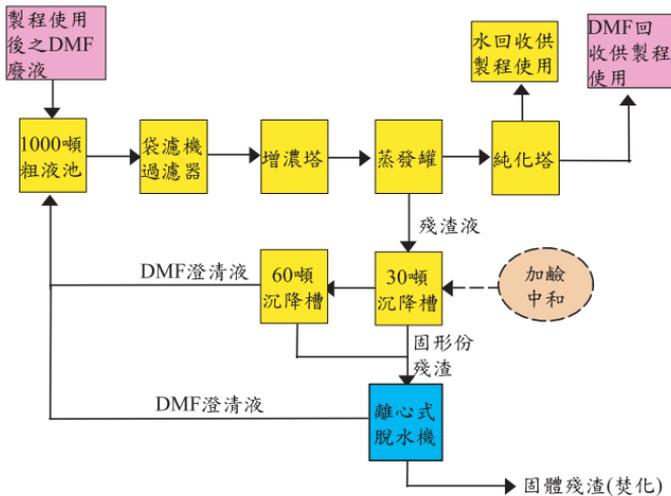


可是難道這些回收澄清液裡面沒有固形份了嗎？爲了確認它還含有哪些物質，經化性檢測後發現，回收的DMF澄清液仍然含有可溶解固形份，仍會對再沸器造成阻塞影響。所以我們再進一步思考除了物理處理外，是否可利用化學處理析出這些可溶解固形份。

經過深入的分析，我們發現蒸發罐殘渣液因含蟻酸，屬偏酸性，導致部份固形份被溶解於澄清液中，流到再沸器仍可能造成阻塞，故我們思考應如何將可溶解固形份於回流至再沸器前加以去除。由於該澄清液屬於酸性，故因應對策係採取加鹼中和的方式來處理，除了可析出蟻酸鈉鹽類外，也讓可溶解固形份的溶解度降低而析出，有助於利用離心式脫水機加以去除。

底下看改善前後之回收流程圖(如圖六)，原本脫水機只能去除不可溶解固形份，經改善後，在30噸沉降槽進行加鹼中

圖六.第三階段改善-採取加鹼中和化學處理



和，可溶解固形份被析出後沉降，更利於離心式脫水機達到固液分離效果。

八、效益評估

經過改善後，除可解決再沸器阻塞的問題外，每年更可節省廢水處理成本388千元，加上增加回收DMF的效益2,328千元，扣除離心式脫水機電力費用和45%氫氧化鈉費用後，合計年效益2,492千元，總投資費用1,200千元，6個月可以回收。

九、結論

在此改善案例中可以得知，此異常點的發生源係因受到廢水處理池的限制，而產生殘渣阻塞再沸器的情形，且在廢水處理池處理量未有效提高之前，此異常點似乎並無太大改善空間，而且好像也不是樹林一廠能夠可控的改善項目。但在與生產

廠共同面對此問題點時，卻深深感受到生產廠並不以此作為逃避的藉口，反而充分發揮「成功者找方法」的精神，願意面對問題，終於找到解決的出口。

在本案中，本室與現場人員都是追求相同改善目標，但在過程中彼此卻有多種不同改善角度與作法的激盪，實為與生產廠共同合作改善的成功案例。尤其難得的是，針對再沸器阻塞問題，藉由魚骨要因分析的手法，的確達到發掘改善空間的細節管理精神，更是「細節決定成敗」的具體展現，最後終於找出最完善之解決方案，這種追求止於至善的精神，亦可供大家參考。