行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

顆粒粒徑及其分佈對平行流微過濾逆洗之影響 The Effects of Particle size and its distribution on the Backflushing of the Crossflow Microfiltration

執行期限:87年8月1日至88年7月31日 執行編號:NSC 88-2211-E-041-004 主持人:張錦松 嘉南藥理學院環境工程衛生系教授

一、中文摘要

本研究以掃流微過濾法逆洗程序作為對 膠體顆粒的去除,探討在不同的顆粒粒徑及其 分佈在過濾及逆洗程序下對過濾液量、平均濾 速及濁度去除率的影響並找出最佳的操作條 件。研究結果發現濃度為 20mg/L 之單一粒徑 的模擬膠體懸浮液(Latex)顆粒粒徑愈大,其過 濾液量及濾速亦愈大;當懸浮液以雙粒徑混 合,總濃度為 20mg/L,濃度比 1:1 時,以平均 顆粒粒徑愈大者,其過濾液量愈大且濁度去除 率也較高;對於懸浮液只存在單一粒徑 0.094µm 顆粒者,其過濾液量明顯偏低,如欲 提昇其過濾液量,可加入 0.6um 以上之粒徑, 混合後過濾可明顯提昇濾液量2倍以上:在上 述相同操作條件下,以逆洗方式過濾,其過濾 時間 5min 逆洗時間 2sec 所得到的結果發現, 平均顆粒粒徑大於薄膜孔徑者,其過濾液量比 起無逆洗者有明顯相對之增加;但懸浮液含有 0.094um 顆粒之混合液者,有些組合之過濾液 量並沒有明顯相對之增加。在濁度去除方面, 不論是否有逆洗程序,混合液中不含 0.094µm 顆粒且平均粒徑大於 0.45um 者, 其濁度去除 率高達 98% 以上, 若混合液中含有 0.094µm 顆 粒,則吾人發現其濁度去除率隨平均顆粒粒徑 之增大而減小。在濃度比 1:1:1,總濃度不變之 三粒徑實驗結果方面,以平均顆粒粒徑愈大 者,其過濾液量愈大且濁度去除率也較高。由 於小於薄膜孔徑之粒徑比例減少,所以逆洗時 薄膜通道內部阻塞之機率降低,故所有顆粒的 組合其過濾液量皆是有逆洗者優於無逆洗 者。此結果與雙粒徑混合液比較發現,若減少 小於薄膜孔徑之粒徑比例,將對薄膜過濾之逆 洗程序有所助益。

關鍵詞:掃流微過濾、顆粒粒徑、逆洗、薄膜 過濾

二、計畫緣由與目的

微過濾法(Micro Filtration, MF)為薄膜過 濾法之一種,薄膜過濾法另包括逆滲透 (Reverse Osmosis, RO)、超過濾(Ultra Filtration, UF)等,可用來去鹽[1]、去除溶解 性有機物[2]、軟化[3]、及固液分離,並可作為 廢水再利用的處理方法[4]及生產高品質的工 業用水、飲用水[5]等,且可製造高品質的水及 廢水再利用,在許多國家已日漸重視它的應 用。而應用上的主要限制在於膜的穩定性及高 的過濾量衰減率[6]。RO、UF及 MF 是以膜阻 隔,由壓力驅動來分離水中離子、分子及懸浮 顆粒的方法。其優點為高處理效率、低土地需 求、減少處理單元、降低維護及管理費及最少 化學葯品使用量。但需較高能量的消耗及較低 的處理量,為薄膜過濾法的最大障礙。

掃流微過濾法(Cross Flow Micro Filtration, CFMF),因其進水流流向平行於薄膜,即垂 直於過濾液流動方向而稱之,其因平行流在薄 膜面上產生剪力及亂流,而限制了薄膜上沉積 層的厚度,可改善傳統之過濾方法(水流方向垂 直濾料),因薄膜孔口的阻塞而降低過濾液流通 量的情況,進而減少固體的沉降,增加過濾效 率與提高薄膜壽命,並減少能量消耗。CFMF 可用來製造較純的液體及濃縮懸浮液,回收有 價值的產品或原料。所以在某些 CFMF 的應 用,可因回收水或其他高價值產品或原料,而 節省可觀的成本[7]。

影響 CFMF 的因素有壓力、沖刷流速、pH 值、離子強度、薄膜孔徑及水中顆粒的粒徑大 小及其分佈等。其中顆粒的粒徑大小扮演相當 重要的角色。當顆粒由水中傳輸至薄膜表面上 時,其尺寸決定顆粒是否進入膜之孔隙造成內 部阻塞(Internal Clogging)或在膜的表面上塞 住孔口(Blocking)而降低過濾量[8]。過濾的 阻力除薄膜本身外,尚有因顆粒沈降的沈積層 及進入膜孔徑內所造成的阻力,而其大小深受 沈積層內的孔隙率、顆粒之粒徑及薄膜孔徑的 影嚮。

Michaels[9]及 Belfort 等人[10]指出,平均 過濾液流率有逆洗者可高出未逆洗者甚多。 Matsumoto[11]指出過濾液流率之大小受到總 反洗水量之影響比逆洗的時間間隔或逆洗流 率來得大。他又指出以水逆洗效果比用空氣來 的好。Redgers 和 Sparless[12]則指出起始的進 流濃度變化對流率的改變影響最大。他們也發 現逆洗時,在某一最小逆洗壓力以上時,壓力 之增加並不會促成流率的增加。

綜合文獻的研究裡,缺少顆粒粒徑及其分 佈對逆洗的影響,尤其是水中含有小於薄膜孔 徑之小顆粒存在時,易造成孔徑內部阻塞產生 甚大過濾阻力之情形極待探討。

三、研究方法

本研究藉由實驗來探討掃流微過逆洗對 膠體顆粒的去除。實驗分成三部份:一、探討 在不同逆洗時間對過濾液量、濾速及濁度去除 率的影響。二、探討不同顆粒粒徑之混合對過 濾液量及濾速的影響。三、探討不同薄膜孔徑 對濾速的影響。

N. N

3.1 實驗設備

本研究的 CFMF 實驗設備。主要裝置為 Millipore 公司製造的平行流過濾器(Minitan-S Microfiltration System),此裝置係以脈動幫浦 配合閥門之開關提供所需之過濾壓差及流 量。過濾裝置的渠道尺寸為 5.65cm(長) × 0.7cm(寬)×0.1cm(高)。過濾薄膜採用 Millipore 製造的 Durapore Hydrophilic 薄膜,其材質為 PVDF, 孔徑有二種不同大小, 分別為 0.2μm 及 0.45µm。實驗所需之人工模擬試液以 10% latex solution 稀釋配製而成,其粒徑有 0.1、 0.3、0.6、1.1、3.0µm。逆洗裝置係藉氮氣以過 濾反方向,施一壓力於薄膜上,將孔徑內及孔 徑上形成的阻塞洗出,過濾壓力控制為10Psi, 逆洗壓力控制在 OPsi、15Psi、20Psi、30Psi、 40Psi 下;不同逆洗時間對過濾量、濾速及濁 度去除的影響,其逆洗時間控制為 Osec 1sec、 2sec, 5sec.

四、結果與討論

4.1 單一粒徑對掃流微過濾之影響

研究結果發現濃度為 20mg/L 之不同粒徑 (0.094µm、0.3µm、0.6µm、3.0µm)的模擬膠體

在過濾時間 5min, 逆洗 5sec, 過濾壓力 20Psi、 薄膜孔徑 0.2μm 時, 顆粒粒徑愈大, 其過濾液 量及濾速愈大, 如圖 1 所示; 在逆洗的程序下, 當顆粒粒徑大於薄膜孔徑時, 薄膜孔徑愈大則 濾速愈大; 在薄膜孔徑 0.2μm、顆粒粒徑 0.094μm、逆洗 5sec, 在不同逆洗壓力的操作 條件下,以逆洗壓力為 30Psi 之濾液量最大, 而濁度去除率則以 20Psi 最佳; 在不同逆洗時 間(0sec、1sec、2sec、5sec)的操作下,對薄膜 孔徑為 0.45μm 而言, 顆粒粒徑大於或等於 0.3μm, 逆洗時間愈長, 過濾液量愈大, 且濁 度的去除率皆高達 97%以上。

4.2 雙混合粒徑對掃流微過濾之影響

雙混合粒徑是以本研究使用之五種不同粒 徑的模擬膠體任取兩種各以濃度比 1:1、總濃 度為 20mg/L 之混合液, 經由掃流過濾與逆洗 裝置來探討不同粒徑分佈對過濾液量、濾速及 濁度去除率之影響。研究結果發現,混合之顆 粒平均粒徑愈大,則平均濾速愈大;原本易堵 塞孔口致濾液量非常少之 0.094µm 顆粒,在加 入 1.1µm 以上之顆粒後,其濾液量大增。而 0.3um 之顆粒與比其還大之粒徑相互混合後, 其平均濾速值相差無幾,並無隨粒徑之增大而 增加,如圖2所示。在濁度去除率方面,不含 0.094µm 顆粒的組合粒徑實驗組之濁度去除率 皆大於 99%,但顆粒含 0.094µm 粒徑者之濁度 去除率隨著組合粒徑之增加而減少,其中以 0.094 與 3.0 之組合僅 55% 之去除率為最少,如 圖 3 所示。

4.3 參混合粒徑對掃流微過濾之影響

參混合粒徑是以本研究使用之五種不同粒 徑的模擬膠體任取三種各以濃度比 1:1:1, 總濃 度為 20mg/L 之混合液,經由掃流過濾與逆洗 程序來探討不同粒徑分佈對過濾液量、濾速及 濁度去除率之影響。實驗結果發現,在過濾伴 隨著逆洗情況下其平均濾速比無逆洗者增加 約 22%,由此可推論沉積在薄膜上的濾餅及積 垢可在逆洗步驟時予以掃除,故濾液之流量增 加;另外混合之顆粒平均粒徑愈大,其平均濾 速也有愈大之趨勢,如圖 4 所示。在濁度去除 率方面,所有的組合粒徑實驗組之濁度去除率 皆約接近九成或九成以上,如圖 5 所示,顯示 多混合粒徑之濁度較易去除。

五、參考文獻

[1]. Bours, o. k., Desalting Practices in the United States, Jour. AWWA, 81:11:38, 1989.

- [2]. Fronk, C. A. Lykins Jr. B. W., and Carswell, J. K., "Membranes for Removing Organic from Drinking Water", Proc. Ann. Meeting Amer. Filtration Soc., Alexandria, Va., 1990.
- [3]. Taylor ,. J.S. et. al., "Comparison of Membrane Processes at Ground and Surace Water Sites", Proc. AWWA Ann. Conf., Orlando, Fla.
- [4]. 張棟江,平行流微過濾法之過濾行為理論及應用於 濾池反沖洗廢水處理之研究,第七屆自來水論文發表 會集,中華民國自來水協會,1990。
- [5]..張錦松,平行流薄膜微過濾應用於水處理程序,自 來水會刊雜誌,40,pp.8-2,1991。
- [6]. Belfort., G., "Synthetic Membrane Processes-Fundamental and Water Applications", Academic Press, Inc., 1984.
- [7]. Vigneswaran, S.and Ben Aim, R., "*Wastewater*, and *Sludge Filtration*", CRC Press Inc., 1989.
- [8]. Committee Peport : *Membrane Processes in Potable Water Treatment*, AWWA Membrane Technology Research committee, Jan., 1992.
- [9]. Michaels, A.S., "Fifteen Years of Ultrafiltration : Problems and Fu-ture Promises of an Adolescent Technology,"Polymer Sci. Tech., A.R.Cooper, ed., Plenum Press, New York(1980)
- [10]. Belfort, G. T. T. F. Baltutis, and W. F. Blatt, "Automated Hollow Fiber Ultrafiltration : Pyrogen Removal and Phage Recovery from Water" Poly. Sci. Tech., 13, 439, 1980.
- [11]. Matsumoto, K. M. Kawahara, and H.Ohya, "Cross-Flow Filtration of Yeast by Microporous Ceramic Membrane with Backflushing," J. Fement. Technol., 66(2), 199, 1988.
- [12]. Rodgers, V.G.J., and R.E. Sparks, "*Effects of Solution Properties on Polarization Redevelopment and Flux in Pressure Pulsed Ultra-filtration*" J. Memb. Sci., 78, 163, 1993.



圖 1. 逆洗 5 秒時不同顆粒粒徑之累積流量圖







圖 3. 雙混合粒徑之濁度去除率圖







