

電膠凝技術應用特定造紙廢水處理之研究

蕭振宗、彭元興

E-mail: 321451@mail.dyu.edu.tw

摘要

製漿造紙業之製造程序包含製漿和抄紙兩大製程，其廢水來源，伴隨著原料、製程、產品種類及排放單元不同，生產過程中經常增添各種化學藥劑，如上膠劑、螢光增白劑、澱粉、硫酸鋁、染料染劑等，導致製程廢水水質經常變異。白水經循環使用多次後，紙機系統中濕端化學變數增多，水中污染物質如黏性膠體物質亦漸增加，使白水水質狀況愈加複雜。本研究採用模擬實廠製程廢水作為試驗對象，利用實驗級電解膠凝法與傳統的混凝方式比較，並以階乘設計探討電流密度、停留時間、極板種類等三種不同的參數，比較螢光增白劑、黏著物及染料廢水於不同處理方法及不同參數條件下各污染物質之處理效率，並以掃描式電子顯微鏡(SEM)進一步觀察膠羽型態。實驗結果顯示電解膠凝系統與傳統廢水處理法比較，皆可有效提高電導度、SS、COD、真色色度、濁度、螢光增白劑及沉積物等項目之去除率；以電解膠凝系統模擬OBA廢水試驗結果指出，2S-OBA廢水部分，鐵板可去除93.50% OBA、90.53% SS及35.65%導電度；鋁板可去除99.88% OBA、97.39% SS及36.76%導電度；4S-OBA廢水部分，鐵板可去除89.00% OBA、98.53% SS及39.05%導電度；鋁板可去除83.62% OBA、96.63% SS及40.00%導電度。整體來說2S-OBA去除效率優於4S-OBA，主要為2S-OBA之疏水性較大，且高電流密度下鋁板去除率較鐵板佳。模擬黏著物廢水試驗結果指出，鐵板可去除41.01%導電度、93.06% SS、83.3% COD、99.08%濁度及80.32%沉積物；鋁板可去除33.86%導電度、99.24% SS、80.00% COD、98.25%濁度及92.06%沉積物，且高電流密度下鋁板去除率較鐵板佳。在模擬染料廢水試驗結果顯示，鐵板可去除45.83%導電度及97.42%真色色度；鋁板可去除22.63%導電度及69.56%真色色度，且在高電流密度下鐵板去除效率優於鋁板。以傳統化學混凝加藥方式模擬2S-OBA廢水試驗，結果顯示，硫酸鋁可去除78.79% OBA，氯化鐵可去除70.95% OBA；氯化亞鐵可去除63.37% OBA；4S-OBA廢水部分，硫酸鋁去除率OBA濃度為61.17%；氯化鐵板去除率OBA濃度為54.66%；氯化亞鐵去除率OBA濃度為46.57%；在模擬黏著物廢水試驗結果指出，硫酸鋁可去除85.05% SS、54.54% COD及88.36%濁度；氯化鐵可去除83.25% SS、60.00% COD及78.78%濁度；氯化亞鐵可去除79.59% SS、54.54% COD及82.46%濁度；在模擬染料廢水試驗結果顯示，硫酸鋁可去除35.77%真色色度，氯化鐵可去除64.40%真色色度，氯化亞鐵可去除31.15%真色色度。

關鍵詞：電解膠凝法、紙廠廢水、真色色度、螢光增白劑、黏著物

目錄

目錄封面內頁	簽名頁	授權書	iii	中文摘要	iv	英文摘要	vi	誌謝	ix	目錄	x	圖目錄	xv	表目錄	xxvii	第一章前言	1	1.1 研究緣起	1	1.2 研究動機	2	1.3 研究目的	4	第二章 研究內容及背景	5	2.1 造紙廠廢水水質特性	5	2.2 OBA介紹	6	2.2.1 OBA之應用原理	9	2.3 黏著物介紹	9	2.3.1 黏著物的分類	9	2.3.2 黏著物的危害	10	2.4 染料廢水介紹	11	2.4.1 染劑染料應用特性	12	2.5 電化學方法及優點	13	2.5.1 電化學處理反應主要機制	14	2.5.2 陽極之氧化作用	15	2.5.3 陰極之還原作用	15	2.5.4 溶液中之凝聚、水解、浮除作用	16	2.6 電化學處理技術	17	2.6.1 電解氧化法	17	2.6.2 電解浮除法	18	2.6.3 電聚膠凝法	19	2.6.4 電解沉降法	19	2.6.5 電解膠凝法	19	2.6.5.1 原理	19	2.6.5.2 電解膠凝之應用	20	2.7 場發式掃描電子顯微鏡	22	第三章 文獻回顧	23	3.1 電解膠凝法處理技術	23	3.2 電化學處理技術	35	第四章 實驗設計及方法	46	4.1 實驗目的	46	4.2 實驗設計	47	4.2.1 操作參數及檢測項目	51	4.2.1.1 電解膠凝系統	51	4.2.1.2 傳統加藥化學混凝法	52	4.2.2 實驗設備	53	4.2.2.1 電解膠凝系統	54	4.2.2.2 傳統化學加藥混凝法	61	4.3 實驗方法	61	4.3.1 實驗步驟	61	4.3.1.1 電解膠凝系統	62	4.3.1.2 傳統加藥化學混凝法	65	4.3.2 檢測方法	68	4.3.3 實驗設備	69	4.3.4 實驗材料	71	4.3.5 實驗藥品	71	第五章 初步實驗結果與討論	72	5.1 廢水水質分析	72	5.2 鐵板或鋁板為電極處理模擬製程廢水	75	5.2.1 各模擬廢水電解膠凝法操作參數之變化	75	5.3 階乘設計分析	77	5.4 電流密度及停留時間之影響	78	5.4.1 模擬OBA廢水實驗結果	79	5.4.1.1 電流密度及廢水流量對於OBA濃度的影響	79	5.4.1.2 電流密度及廢水流量對於SS的影響	94	5.3.1.3 電流密度及廢水流量對於電導度的影響	104	5.3.1.4 電流密度及廢水流量對於PCD的影響	114	5.3.1.5 電流密度及廢水流量對於pH值的影響	124	5.4.2 模擬黏著物廢水實驗結果	136	5.4.2.1 電流密度及廢水流量對於電導度的影響	136	5.3.2.2 電流密度及廢水流量對於SS的影響	147	5.3.2.3 電流密度及廢水流量對於COD的影響	152	5.3.2.4 電流密度及廢水流量對於濁度的影響	157	5.3.2.5 電流密度及廢水流量對於PCD的影響	162	5.3.2.6 電流密度及廢水流量對於沉積物的影響	167	5.3.2.7 電流密度及廢水流量對於pH值的影響	172	5.4.3 模擬染料廢水實驗結果	179	5.4.3.1 電流密度及廢水流量對於電導度的影響	179	5.3.3.2 電流密度及廢水流量對於真色色度的影響	186	5.3.3.3 電流密度及廢水流量對於pH的影響	191	5.5.1 各模擬廢水傳統化學混凝法操作參數之變化	197	5.6 混凝劑濃度及攪拌速率之影響	197	5.6.1 模擬OBA廢水實驗結果	198	5.6.1.2 混凝劑濃度及攪拌速率對於電導度的影響	202	5.6.1.3 混凝劑濃度及攪拌速率對於PCD的影響	206	5.6.1.4 混凝劑濃度及攪拌速率對於pH值的影響	210	5.6.2 模擬黏著物廢水實驗結果	216	5.6.2.1 混凝劑濃度及攪拌速率對於電導度的影響	216	5.6.2.2 混凝劑濃度及攪拌速率對於SS的影響	218
--------	-----	-----	-----	------	----	------	----	----	----	----	---	-----	----	-----	-------	-------	---	----------	---	----------	---	----------	---	-------------	---	---------------	---	-----------	---	----------------	---	-----------	---	--------------	---	--------------	----	------------	----	----------------	----	--------------	----	-------------------	----	---------------	----	---------------	----	----------------------	----	-------------	----	-------------	----	-------------	----	-------------	----	-------------	----	-------------	----	------------	----	-----------------	----	----------------	----	----------	----	---------------	----	-------------	----	-------------	----	----------	----	----------	----	-----------------	----	----------------	----	-------------------	----	------------	----	----------------	----	-------------------	----	----------	----	------------	----	----------------	----	-------------------	----	------------	----	------------	----	------------	----	------------	----	---------------	----	------------	----	----------------------	----	-------------------------	----	------------	----	------------------	----	-------------------	----	-----------------------------	----	--------------------------	----	---------------------------	-----	---------------------------	-----	---------------------------	-----	-------------------	-----	---------------------------	-----	--------------------------	-----	---------------------------	-----	--------------------------	-----	---------------------------	-----	---------------------------	-----	---------------------------	-----	------------------	-----	---------------------------	-----	----------------------------	-----	--------------------------	-----	---------------------------	-----	-------------------	-----	-------------------	-----	----------------------------	-----	----------------------------	-----	----------------------------	-----	-------------------	-----	----------------------------	-----	---------------------------	-----

5.6.2.3 混凝劑濃度及攪拌速率對於COD的影響	220
5.6.2.4 混凝劑濃度及攪拌速率對於PCD的影響	222
5.6.2.5 混凝劑濃度及攪拌速率對於濁度的影響	223
5.6.2.6 混凝劑濃度及攪拌速率對於pH值的影響	226
5.6.3. 模擬染整廢水實驗結果	229
5.6.3.1 混凝劑濃度及攪拌速率對於電導度的影響	229
5.6.3.2 混凝劑濃度及攪拌速率對於真色色度的影響	231
5.6.3.3 混凝劑濃度及攪拌速率對於pH值的影響	233
5.7. 試比較電膠凝系統與傳統混凝結構之異同	235
5.7.1 電解膠凝反應4S OBA膠羽圖	236
5.7.2 電解膠凝反應黏著物膠羽圖	239
5.7.3 電凝反應染料廢水膠羽圖	244
5.7.4 傳統化學加藥混凝法黏著物膠羽圖	247
第六章 結論與建議	255
6.1 電解膠凝系統	255
6.1.1 模擬OBA廢水	255
6.1.2 模擬黏著物廢水	255
6.1.3 模擬染料廢水	256
6.2 傳統化學混凝加藥	256
6.2.1 模擬OBA廢水	256
6.2.2 模擬黏著物廢水	256
6.3 建議	257
參考文獻	259
附錄	265

參考文獻

- Alinsafi, A., Khemis, M., Pons, M.N., Leclerc, J.P., Yaacoubi, A., Benhammou, A., Nejmeddine. A. (2005). Electro-coagulation of reactive textile dyes and textile wastewater. *Chemical Engineering and Processing* 44: 461 – 470.
- Azarian, G.H., Mesdaghinia, A.R., Vaezi, F., Nabizadeh, R., Nematollahi, D. (2007). Algae removal by electro-coagulation process, application for treatment of the effluent from an industrial wastewater treatment plant. *Iranian J Publ Health*.36(4) : 57-64.
- Balasubramaniana, N., Toshinori Kojimab., Ahmed Bashac, C., Srinivasakannan, C. (2009). "Removal of arsenic from aqueous solution using electrocoagulation. *J. Haz. Mat.* 167: 966 – 969.
- Bejankiwar R.S. (2002). Electrochemical treatment of cigarette industry wastewater: feasibility study. *Wat. Res.* 36:4386-4390.
- Bektas Nihal, Hilal Akbulut, Hatice Inan, Anatoly Dimoglo. (2004). Removal of phosphate from aqueous solutions by electro-coagulation. *J. Haz. Mat.* 106B: 101 – 105.
- Bukhari, A.A. (2007). Investigation of the electro-coagulation treatment process for the removal of total suspended solids and turbidity from municipal wastewater. *Bio Technology*. 99: 914 – 921.
- Chen G. (2004). Electrochemical technologies in wastewater treatment. *Sep. Pur. Tech.* 38:11-41.
- Chiang L.C., Chang J.E., Wen, T.C. (1995). Indirect oxidation effect in electrochemical oxidation treatment of landfill leachate. *Wat. Res.* 29(2):671-678.
- Erdem Yilmaz, A., Recep Boncukcuo G., Muhtar Kocakerim, M. (2007). A quantitative comparison between electrocoagulation and chemical coagulation for boron removal from boron-containing solution. *J. Haz. Mat.* 149: 475 – 481.
- Feng C., Sugiura N., Shimada S., Maekawa T. (2003). Development of a high performance electrochemical wastewater treatment system. *J. Haz. Mat.* B103:65-78.
- Gao P, Chen X, Shen F, Chen G (2005). Removal of chromium(VI) from wastewater by combined electrocoagulation-electroflotation without a filter. *Sep Pur Technol* 43 : 117-123
- Inan, H., Anatoly Dimoglo., Sek, H., Karpuzcu, M. (2003). Olive oil mill wastewater treatment by means of electro-coagulation. *Sep Pur Technol.* 36: 23 – 31.
- Juttner K., Galla U., Schmieder H. (2000). Electrochemical approaches to environmental problems in the process industry. *Elec. Acta* 45:2575-2594.
- Kraft A., Stadelmann M., Blaschke M. (2003). Anodic oxidation with doped diamond electrodes : a new advance oxidation process. *J. Haz. Mat.* B7103:247-261.
- Lai C.L, Lin S.H. (2003). Electrocoagulation of chemical mechanical polishing (CMP) wastewater from semiconductor fabrication. *Chemical Engineering Journal* 95: 205 – 211.
- Lai C.L, Lin S.H. (2006). Sludge conditioning characteristics of copper chemical mechanical polishing wastewater treated by electrocoagulation. *J. Haz. Mat.* B136:183-187
- Matteson, M.J., Doboson, R.L., Glenn, R.W., Kukunoor, N.S., Waits, W.H., Clayfield, E.J. (1995). Electrocoagulation and separation of aqueous suspensions of ultrafine particles. *Colloids and Surfaces* 104: 101-109.
- Nabil S.A., Alaadin A.B., Zakariya M.A., (2002). Ground water coagulation using soluble stainless steel electrodes, *Advances in Environmental Research* 6: 325-333.
- Pouet, M.-F., Grasmick, A. (1995). Urban wastewater treatment by electrocoagulation and flotation. *Wat. Res. Technol.* 31(3-4):275-283.
- Savas Koparal, A., Ulker Bakir O ?g utveren. (2001), Removal of nitrate from water by electroreduction and electrocoagulation, *J. Haz. Mat.* B89: 83 – 94.
- Tak-Hyun K., Chulhwan P., Eung-Bai S., Sangyong K. (2002). Decolorization of disperse and reactive dyes by continuous electrocoagulation process. *Desalination* 150: 165-175.
- Yang. C.L. (2000). Removal of chromium from abrasive blast media by leaching and electrochemical precipitation. *J. Air Waste Manage.* 50(4): 536-542.
- Xu X., Zhu X. (2004). Treatment of refractory oily wastewater by electro-coagulation, *Chemosphere* 56:889-894.
- Zaroual, Z., Azzi, M., Saib, N., Chainet, E. (2005). Contribution to the study of electrocoagulation mechanism in basic textile effluent. *J. Haz. Mat.* B131: 73 – 78
- 丁浣屏 (2002), 以電-芬頓程序處理含苯環類化合物廢水, 私立嘉南藥理科技大學環境工程衛生系, 碩士論文。
- 水污染防治法規 (2003), 行政院環保署環境保護人員訓練所編印。
- 王文義 (2001), 利用電聚浮除法處理工業綜合廢水之研究, 逢甲大學土木及水利工程研究所, 碩士論文。
- 王哲煒 (2009), 以比較化學混凝、電化學混凝及Fenton法去除乳膠造紙廢水, 淡江大學水資源及環境工程學系, 碩士論文。
- 林美蕙 (2006), 以Electro-Fenton程序與ZVI-Fenton系統、ZVI-H₂O₂系統相互比較處理染料廢水效率, 淡江大學水資源及環境工程學系, 碩士論文。
- 林逸汎 (2006), 電氣化法應用在工業用紙廠廢水處理之探討, 大葉大學環境工程學系, 碩士論文。
- 邱梅欣 (2008), 多元性可拋棄式網版印刷電極分析技術平台之建立與應用, 國立中興大學環境工程學系, 碩士論文。
- 姚開元 (2008), 黏粒修飾鍍銅電極之電化學分析研究, 國立中興大學環境工程學系, 碩士論文。
- 胡啟章 (2002), 電化學原理與方法, 五南圖書出版股份有限公司。
- 周世彬 (2009), 工業用紙製程黏著物抑制方法之研究, 大葉大學環境工程學系, 碩士論文。
- 許瑋娟 (2005), 以離子配對高效液相層析儀檢測OBA在不同基質中之研究, 國立中央大學化學研究所, 碩士論文。
- 彭振洋 (2006), 造紙工業用水之水量、水質需求及廢污水處理再生利用。彭元興、王益真、余世宗、史濟元、謝元昌、楊逸婷 (2006), 先驅廠級脈衝電凝系統在紙管用紙廠廢水回收在利用探討, 第三十一屆廢水技術研討會:57, 中華民國環境工程學會, 台中。
- 彭元興 (2004), "造紙產業用水管理", 漿紙技術:19-41。
- 彭元興、王益真、余世宗、史濟元、林逸汎、陳威存 (2005), 電氣化法應用在工業用紙廠廢水之探討, 第三十屆廢水技術研討會:136, 中華民國環境工程學會, 中壢。
- 張安毅、林逸汎 (2004), 工業用紙廠廢水回收再利用探討 - 先驅廠及脈衝電集系統的應用, 清潔生產暨永續發展研討會, 經濟部工業局, 台北。
- 黃順興 (1999), 電聚浮除法處理氯苯之探討, 淡江大學水資源及環境工程系與安全衛生工程系, 碩士論文。
- 詹佩珍 (2002), 製

紙廠廢水處理單元最適化操作條件之建立 - 利用田口品質工程評, 國立高雄第一科技大學環境與安全衛生工程系, 碩士論文。 陳岱伯 (2004), 以電氣化法處理水中含有硝酸鹽汙染物, 朝陽科技大學環境工程與管理學系, 碩士論文。 陳晏旻 (2003), 半導體業化學機械研磨廢水回收處理再利用技術研究, 國立成功大學環境工程系, 碩士論文。 陳恆揚 (2005), 以載體嵌合技術改善造紙廢水活性污泥沉降性之研究, 朝陽科技大學環境工程與管理學系, 碩士論文。 楊文成 (2006), OBA在高白紙的討論-配料及塗料輔助接著劑的效應, 大葉大學環境工程學系, 碩士論文。 曾柔瑜 (2006), 利用電聚法處理印刷油墨廢水之研究, 淡江大學水資源及環境工程學系, 碩士論文。 曾馮宏 (2006), 電化學與化學程序去除染整廢水色度之比較研究, 淡江大學水資源及環境工程學系, 碩士論文。 張安毅 (2005), 脈衝電集法在工業用紙廠廢水之應用, 大葉大學環境工程學系, 碩士論文。 張博雅 (2004), 高級淨水程序應用於造紙工業二級放流水回收再利用之研究, 逢甲大學環境工程與科學學系, 碩士論文。 張志銘 (2000), 電聚浮除配合逆滲透法處理石化廢水之研究, 淡江大學水資源及環境工程學系, 碩士論文。 張慶隆、蔡守昌 (2007), 彰化二林紙廠沉積物控制試驗方案, 汽巴精化股份有限公司內部資料。 郭貴順 (2006), 以電聚浮除法處理化妝品工業廢水, 淡江大學水資源及環境工程學系, 碩士論文。 薛穆榮 (2007), 電聚浮除技術處理煉油廢水之實例探討, 國立中央大學環境工程研究所, 碩士論文。 蔡守昌 (2008), “特殊加工藥劑”, 經濟部工業局工業技術人才培訓計畫:148-177。 廖紋蘭 (2005), 石化工業廢水二級處理出流水再生利用技術之可行性研究, 國立成功大學環境工程系, 碩士論文。 賴振立 (2006), 電解混凝沉澱程序處理半導體化學機械研磨廢水之研究, 元智大學化學工程與材料科學研究所, 博士論文。 鄭華安 (2000), 工業區廢水二級處理放流水回收再利用技術研究, 國立成功大學環境工程系, 碩士論文。 盧文俊, 杜培欣 (1996), 台灣地區工業用水現況調查分析。 謝元昌 (2007), 電膠凝技術在製漿造紙廢水之應用研究, 大葉大學環境工程學系, 碩士論文。 蘇拾生 (1997), EPN電聚浮除法處理技術介紹, 工業污染防治, 62:168-183。 蘇裕昌 (1999), 樹脂或黏著物的監測及簡易控制法, 漿紙技術3(1):29-30。 蘇裕昌 (2005), 黏著物的分析及其對策, 造紙技術研討會: 132-158, 中華製漿造紙技術協會, 11月29-12月1日, 台中。