

Evaluation of carbon dioxide adsorption performance using magnesium aluminum oxide as an adsorbent under low partial pressure

許幸先、余世宗

E-mail: 354525@mail.dyu.edu.tw

ABSTRACT

In this study activated carbon and magnesium aluminum oxide were used as adsorbents for removal of carbon dioxide under low partial pressure using an adsorption equipment designed for carbon dioxide. Adsorption performance of carbon dioxide was evaluated using activated carbon and magnesium aluminum as adsorbents for the feasibility of removing carbon dioxide from indoor air. To simulate the indoor environment, the initial carbon dioxide concentration was adjusted in the range between 2000~5000 ppm, the temperature between 25~35 and the relative humidity between 14~86%. The equilibrium concentrations of carbon dioxide in the solid phase for magnesium aluminum oxide were between 9.6 ~ 12.6 mg/g, while those for activated carbon between 2.3 ~ 3.3 mg/g under different conditions. The equilibrium concentration for magnesium aluminum oxide was about four times that for activated carbon under the same condition. The relationship between the equilibrium concentration of carbon dioxide in the solid phase and the equilibrium concentration of carbon dioxide in the air was examined using Freundlich and Langmuir models. Based on the adsorption results, it was found that the Langmuir model was suitable to describe the relationship for magnesium aluminum oxide. The dynamics of carbon dioxide adsorption was also examined using the first-order kinetic model, the second-order kinetic model, and intraparticle diffusion model. It was shown that the second-order kinetic model is suitable for the adsorption process in this study.

Keywords : Freundlich、Langmuir、Pseudo-first-order kinetic model、Pseudo-second-order kinetic model

Table of Contents

目錄	封面	內頁	簽名頁	中文摘要	iii	英文摘要	iv	誌謝	v	目錄	vi	圖目錄	x	表目錄	xii	第一章	緒論	1	1.1	研究動機	1	1.2	研究目的與內容	2	第二章	文獻回顧	3	2.1	室內二氧化碳濃度與室內空氣品質之研究	3	2.1.1	室內空氣品質的重要性	3	2.1.2	室內空氣汙染物	4	2.1.3	臺灣室內空氣品質概況	5	2.1.4	未來政策方向	6	2.2	二氧化碳的特性	7	2.2.1	物理性質	7	2.2.2	化學性質	8	2.2.3	對生理的危害	8	2.3	影響室內二氧化碳累積之因素	9	2.4	二氧化碳捕捉技術	10	2.4.1	工業上二氧化碳捕捉技術	10	2.4.2	低分壓二氧化碳捕捉技術	13	2.5	吸附理論	14	2.5.1	物理吸附	16	2.5.2	化學吸附	16	2.5.3	等溫吸附曲線	18	2.6	吸附性材料之種類	20	2.6.1	一般常見的吸附劑	20	2.6.2	新型二氧化碳吸附劑	22	2.7	具有吸附二氧化碳特性的催化劑-鋁酸鎂	25	2.8	等溫吸附模式計算	25	2.8.1	Freundlich等溫吸附模式	26	2.8.2	Langmuir等溫吸附模式	27	2.9	動力吸附模式計算	28	2.9.1	Pseudo-first-order kinetic model	29	2.9.2	Pseudo-second-order kinetic model	29	2.9.3	Intraparticle diffusion model	30	第三章	研究流程與方法	32	3.1	研究流程	32	3.2	實驗材料	32	3.3	吸附試驗之器材與裝置	34	3.3.1	試驗之器材	34	3.3.2	試驗之裝置	35	3.4	濕度偵測計校正	36	3.5	吸附試驗之進行	37	3.5.1	實驗溫度之控制	37	3.5.2	相對溼度之控制	37	3.5.3	二氧化碳起始濃度控制	37	3.5.4	吸附劑試前處理與添加	38	3.6	單位吸附劑吸附二氧化碳之平衡吸附量計算	38	第四章	結果與討論	40	4.1	活性碳對二氧化碳之吸附試驗	40	4.1.1	在不同的溫度下，活性碳吸附二氧化碳之效能探究	40	4.1.2	在不同的二氧化碳初始濃度下，活性碳吸附二氧化碳之效能探究	42	4.1.3	在不同的相對濕度下，活性碳吸附二氧化碳之效能探究	44	4.2	鋁酸鎂對二氧化碳之吸附試驗	46	4.2.1	在不同的溫度下，鋁酸鎂吸附二氧化碳之效能探究	46	4.2.2	在不同的二氧化碳初始濃度下，鋁酸鎂吸附二氧化碳之效能探究	48	4.2.3	在不同的相對濕度下，鋁酸鎂吸附二氧化碳之效能探究	50	4.3	鋁酸鎂吸附二氧化碳之Brunauer等溫吸附曲線分析	53	4.4	等溫吸附模式模擬結果	53	4.4.1	Freundlich等溫吸附模式	54	4.4.2	Langmuir等溫吸附模式	55	4.5	動力吸附模式模擬結果	56	4.5.1	Pseudo-first-order kinetic model	56	4.5.2	Pseudo-second-order kinetic model	59	4.5.3	Intraparticle diffusion model	61	第五章	結論與建議	64	5.1	結論	64	5.2	建議	65	第六章	參考文獻	67	圖目錄	圖2.1	室內空氣汙染物分類圖	4	圖2.2	等溫吸附曲線基本型態示意圖	18	圖3.1	研究流程圖	33	圖3.2	實驗設備示意圖	35	圖3.3	濕度計校正曲線圖	36	圖4.1	不同溫度條件下，活性碳吸附二氧化碳的濃度變化	41	圖4.2	不同溫度條件下，活性碳吸附二氧化碳的單位吸附量變化	41	圖4.3	不同的二氧化碳初始濃度下，活性碳吸附二氧化碳的濃度變化	43	圖4.4	不同二氧化碳初始濃度下，活性碳吸附二氧化碳的單位吸附量變化	43	圖4.5	不同的相對濕度下，活性碳吸附二氧化碳的濃度變化	45	圖4.6	不同的相對濕度下，鋁酸鎂吸附二氧化碳的單位吸附量變化	45	圖4.7	不同溫度條件下，鋁酸鎂吸附二氧化碳的濃度變化	47	圖4.8	不同溫度條件下，鋁酸鎂吸附二氧化碳的單位吸附量變化	47	圖4.9	不同的二氧化碳初始濃度下，鋁酸鎂吸附二氧化碳的濃度變化	49	圖4.10	不同二氧化碳初始濃度下，鋁酸鎂吸附二氧化碳的單位吸附量變化	49	圖4.11	不同的相對濕度下，鋁酸鎂吸附二氧化碳的濃度變化	51	圖4.12	不同的相對濕度下，鋁酸鎂吸附二氧化碳的單位吸附量變化	51	圖4.13	在30 時，鋁酸鎂吸附二氧化碳之等溫吸附曲線	53	圖4.14	在30 時，鋁酸	
----	----	----	-----	------	-----	------	----	----	---	----	----	-----	---	-----	-----	-----	----	---	-----	------	---	-----	---------	---	-----	------	---	-----	--------------------	---	-------	------------	---	-------	---------	---	-------	------------	---	-------	--------	---	-----	---------	---	-------	------	---	-------	------	---	-------	--------	---	-----	---------------	---	-----	----------	----	-------	-------------	----	-------	-------------	----	-----	------	----	-------	------	----	-------	------	----	-------	--------	----	-----	----------	----	-------	----------	----	-------	-----------	----	-----	--------------------	----	-----	----------	----	-------	------------------	----	-------	----------------	----	-----	----------	----	-------	----------------------------------	----	-------	-----------------------------------	----	-------	-------------------------------	----	-----	---------	----	-----	------	----	-----	------	----	-----	------------	----	-------	-------	----	-------	-------	----	-----	---------	----	-----	---------	----	-------	---------	----	-------	---------	----	-------	------------	----	-------	------------	----	-----	---------------------	----	-----	-------	----	-----	---------------	----	-------	------------------------	----	-------	------------------------------	----	-------	--------------------------	----	-----	---------------	----	-------	------------------------	----	-------	------------------------------	----	-------	--------------------------	----	-----	----------------------------	----	-----	------------	----	-------	------------------	----	-------	----------------	----	-----	------------	----	-------	----------------------------------	----	-------	-----------------------------------	----	-------	-------------------------------	----	-----	-------	----	-----	----	----	-----	----	----	-----	------	----	-----	------	------------	---	------	---------------	----	------	-------	----	------	---------	----	------	----------	----	------	------------------------	----	------	---------------------------	----	------	-----------------------------	----	------	-------------------------------	----	------	-------------------------	----	------	----------------------------	----	------	------------------------	----	------	---------------------------	----	------	-----------------------------	----	-------	-------------------------------	----	-------	-------------------------	----	-------	----------------------------	----	-------	------------------------	----	-------	----------	--

鎂吸附二氧化碳之Freundlich等溫吸附模式 54 圖4.15在30 時，鋁酸鎂吸附二氧化碳之Langmuir等溫吸附模式 55 圖4.16在30 時，鋁酸鎂在不同初始濃度吸附二氧化碳之Pseudo-first-order kinetic model 57 圖4.17初始濃度3000ppm時，鋁酸鎂在不同溫度吸附二氧化碳之Pseudo-first-order kinetic model 58 圖4.18在30 時，鋁酸鎂在不同初始濃度吸附二氧化碳之Pseudo-second-order kinetic model 60 圖4.19初始濃度3000ppm時，鋁酸鎂在不同溫度吸附二氧化碳之Pseudo-second-order kinetic model 61 圖4.20在30 時，鋁酸鎂在不同初始濃度吸附二氧化碳之Intraparticle diffusion model 62 圖4.21初始濃度3000ppm時，鋁酸鎂在不同溫度吸附二氧化碳之Intraparticle diffusion model 63 表目錄 表2.1二氧化碳濃度對人體的影響 9 表2.2物理吸附與化學吸附特性比較 17 表3.1 HT-305 溫濕度偵測器之規格 34 表3.2 Testo-535 二氧化碳偵測器規格 35 表4.1不同溫度條件下，活性碳吸附二氧化碳的吸附結果 42 表4.2不同的二氧化碳初始濃度下，活性碳吸附二氧化碳的吸附結果 44 表4.3不同的相對濕度下，活性碳吸附二氧化碳的吸附結果 46 表4.4不同溫度條件下，鋁酸鎂吸附二氧化碳的吸附結果 48 表4.5不同的二氧化碳初始濃度下，鋁酸鎂吸附二氧化碳的吸附結果 50 表4.6不同的相對濕度下，鋁酸鎂吸附二氧化碳的吸附結果 52 表4.7同溫同壓同濕度下，鋁酸鎂與活性碳吸附二氧化碳之效能比較 52 表4.8在30 時，鋁酸鎂吸附二氧化碳之Freundlich等溫吸附模式參數 54 表4.9在30 時，鋁酸鎂吸附二氧化碳之Langmuir等溫吸附模式參數 56 表4.10在30 時，鋁酸鎂在不同初始濃度吸附二氧化碳之Pseudo- first-order kinetic model 參數比較 58 表4.11初始濃度3000ppm時，鋁酸鎂在不同溫度吸附二氧化碳之Pseudo-first-order kinetic model參數比較 59 表4.12在30 時，鋁酸鎂在不同初始濃度吸附二氧化碳之Pseudo- second-order kinetic model 參數比較 60 表4.13初始濃度3000ppm時，鋁酸鎂在不同溫度吸附二氧化碳之Pseudo- second -order kinetic model參數比較 61 表4.14在30 時，鋁酸鎂在不同初始濃度吸附二氧化碳之Intraparticle diffusion model 參數比較 63 表4.15初始濃度3000ppm時，鋁酸鎂在不同溫度吸附二氧化碳之Intraparticle diffusion model參數比較 63

REFERENCES

1. Brunauer, S., Deming, L. S., Deming, W. S., and Teller E., Chem. Soc., 62, 1723, 1940.
2. Di Cosimo, J. I., Diez, V. K., Xu, M., Iglesia, E., Apesteguia, C. R., Catal, J. 178, 499, 1998.
3. Fauth, D. J., Frommell, E. A., Hoffman, J. S., Reasbeck, R. P., Pennline, H. W., Eutectic salt promoted lithium Zirconate: Novel high temperature sorbent for CO₂ capture. Fuel Processing Technology, 86 1503 – 1521, 2005.
4. Figueroa, J. D., Fout, T., Plasynski, S., McIlvried, H., Sri Vastava, R. D., Advances in CO₂ capture technology – The U. S. Department of Energy ' s Carbon sequestration Program, International Journal of Greenhouse Gas Control, 2, 9 – 20, 2008.
5. Gupta, H. and Fan, L. S., Carbonation calcination cycle using high reactivity calcium oxide for carbon dioxide separation from flue gas. Ind. Eng. Chem. Res., 41, 4034-4042, 2002.
6. Hall, K. R., Eagleton, L. C., Acrivos, A., and Vermeulen, T., Pore and solid diffusion kinetics in fixed bed adsorption under constant – pattern conditions, 1996, Industrial and Engineering Chemistry Fundamentals, 5, 212 – 223.
7. Hashimoto, K., Wasada, K., Osaki, M., Shono, E., Adachi, K., Toukai, N. and Kara, T., “ Photocatalytic oxidation of nitrogen oxides over titania-zeolite composite catalyst to remove nitrogen oxides in the atmosphere, ” Applied Catalysis B: Environmental, 30, 429 – 436, 2001.
8. Kohno, Y., Hayashi, H., Takenaka, S., Tanaka, T., Funabiki, T. and Yoshida, S., “ Photo-enhanced reduction of carbon dioxide with hydrogen over Rh/TiO₂, ” Journal of Photochemistry and Photobiology A: chemistry, 126, 117 – 123, 1999.
9. Liu, C., Zhang, L., Deng, J., Mu, Q., Dai, h. and He, H., Surfactantaided hydrothermal synthesis and carbon dioxide adsorption behavior of three-dimensionally mesoporous calcium oxide single – crystallites with tri-, tetra-, and hexagonal morphologies. J. Phys. Chem. C, 112, 19248 – 19256, 2008.
10. Lydersen, A. L., “ Mass Transfer in Engineering Practice, ” John Wiley & Sons, 1983.
11. Park, K. S., Ni, Z., Cote, A. P., Choi, J. Y., Huang, R., Uribe-Romo, F. J., Chae, H. K., Keeffe, M. O. and Yaghi, O. M. “ Exceptional chemical and thermal stability of zeolitic imidazolate frameworks, ” PNAS, 103, 27, 10186 – 10191, 2006.
12. Ruthven, D. M., “ Principles of Adsorption and Adsorption Process, ” John Wiley & Sons, 1984.
13. Song, C. Global challenges and strategies for control, conversion and utilization of CO₂ for sustainable development involving energy, catalysis, adsorption and chemical processing. Catalysis Today, 115, 2 – 32, 2006.
14. Stenzel. M. H., “ Remove Organics by Activated Carbon Adsorption, ” Chemical Engineering Progress. 89, No. 7, 36 – 43, 1993.
15. U. S. EPA., “ Zeolite: A Versatile Air Pollutant Adsorber, ” EPA – 456/F – 98 – 004, 1998.
16. Zirconate: Novel high temperature sorbent for CO₂ capture. Fuel Processing Technology, 86 1503 – 1521, 2005.
17. 甘錫安譯，「吸淨空氣中的二氧化碳」，Klaus S. Lackner著，『科學人』第101期，2010年。
18. 江學成，「呼出氣二氧化碳監測在危急重症的應用」，『中國急救醫學』，6卷，2007年。
19. 行政院環境保護署，『公共場所室內空氣品質自主管理手冊』，2008年。
20. 行政院環境保護署，中華民國94年12月30日行政院環境保護署環署空字第0940106804號室內空氣品質建議值，2005年。
21. 余政舫，『學校各類教學空間空氣品質之研究 - 以逢甲大學學思樓為例』，逢甲大學建築學系研究所碩士論文，2009年。
22. 李彥頤，『辦公空間室內空氣品質管制策略之研究』，國立成功大學建築學系博士論文，2004年。
23. 李夢輝，「自排放氣中回收二氧化碳之技術」，『化工技術』，12卷，6期，171，2004年。
24. 杜逸虹，『物化原理』，三民書局，1982年。
25. 周豐志，『在低分壓下比較吸附劑對二氧化碳吸附效能』，大葉大學環境工程學系碩士論文，2010年。
26. 林佑澤、劉桂芳，『空氣調節概論』，三民書局，1984年。
27. 林政剛等編譯，『空氣汙染』，Henry C. Porkins著，麥格羅希爾，1995年。
28. 徐恆文，「二氧化碳的捕獲與分離」，『科學發展』，413期，2007年。
29. 張修齊、胡忠信、葉啟輝，『咖啡渣吸附銅離子之研究』，大葉大學環境工程學系研究所碩士論文，2010年。
30. 陳春萬、謝書榮，『職場整理換氣性能規範之探討』，勞委會安全衛生研究所，2009年。
31. 陳海曙，『空氣品質不佳之案例研究』，中華民國建築學會第三屆建築學術研究發表會論文集，1990年。
32. 陳維新、江金龍編著，『氣汙染與控制』，高立圖書有限公司，2004年。
33. 陳景祥，『單元操作與輸送現

象』，滄海書局，2006年。34. 曾仕傑，『在低分壓下比較活性碳及其改質對二氧化碳吸附效能之評估』，大葉大學環境工程學系碩士論文，2011年。35. 黃大仁，『工業污染防治』，88期，2003年。36. 經濟部工業局，『以吸收法回收二氧化碳之技術手冊』，2002年。37. 劉毅弘、張文昇、楊昌中、鄭名山、曹芳海、黃昭銘、張慶源，「二氧化碳新型吸附劑探討」，『工業污染防治』，111期，2009年。38. 談駿嵩主編，『溫室氣體CO₂之減量技術專輯』，「化工技術」，12卷，6期，142-210，2004年。39. 談駿嵩，「溫室氣體二氧化碳回收技術」，『環保資訊』月刊，87期，2005年。40. 盧博堅、江旭程、陳俊成、劉嘉俊，『空氣品質與噪音防制』，國立空中大學，2003年。