INFLUENCE OF OXIDATION AND NITROGEN TREATMENT ON ACTIVATED CARBON FOR CO_2 ADSORPTION

Teerapat Surin

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University
in Academic Partnership with
The University of Michigan, The University of Oklahoma,
Case Western Reserve University and Institut Français du Pétrole
2014

Thesis Title:	Influence of Oxidation and Nitrogen Treatment on Activated Carbon for CO_2 Adsorption
By:	Teerapat Surin
Program:	Petroleum Technology
Thesis Advisors:	Dr. Uthaiporn Suriyapraphadilok

Accepted by The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, in partial fulfilment of the requirements for the Degree of Master of Science.

..... College Dean
(Asst. Prof. Pomthong Malakul)

Thesis Committee:

.....
(Dr. Uthaiporn Suriyapraphadilok)

.....
(Assoc. Prof. Pramoch Rangsunvigit)

.....
(Assoc. Prof. Paisan Kongkachuichay)

ABSTRACT

5573035063: Petroleum Technology Program
Teerapat Surin: Influence of Oxidation and Nitrogen Treatment on Activated Carbon for CO_2 Adsorption.
Thesis Advisor: Dr. Uthaiporn Suriyapraphadilok 93 pp.
Keywords: Activated carbon/ Adsorption/ Oxidation

Carbon dioxide (CO_2) is the most influential greenhouse gas causing a rise in global surface temperature. The technique for capturing CO_2 from post combustion flue gases, namely adsorption, is considered to be a promising technique. Activated carbon (AC) was modified by oxidation in nitric acid and impregnation with branched polyethylenimine (PEI). Oxygen functional groups obtained by oxidation can increase CO_2 adsorption performance by electron donating that participates in electrostatic interactions with CO_2. Incorporation of nitrogen functional groups can increase the interaction between CO_2 as Lewis acid, and nitrogen functionalized compounds, as Lewis base. The effect of the modification steps were studied to understand differences in surface properties by employing X-Ray photoelectron spectroscopy (XPS). The results of impregnation with branched PEI showed that in spite of the increasing in the amount of nitrogen incorporated into activated carbon, the adsorption capacity of impregnated samples was lower than the untreated AC. Furthermore, branched PEI was impregnated on oxidized AC, and their CO_2 adsorption capacity was slightly higher than the PEI impregnated only samples; however, they still gave lower CO_2 adsorption capacity than the untreated AC due to the pore blocking effect. On the other hands, the oxidized only samples gave a higher adsorption capacity as compared to an untreated AC because the presence of more acid functionalities, such as carbonyl and carboxyl on their surface, could promote the CO_2 adsorption. In terms of regeneration, both untreated AC and oxidized only samples were easily regenerated, whereas all PEI impregnated samples were regenerated slower due to their chemisorption process.

บทคัดย่อ

ธีรภัทร สุรินทร์ : อิทธิพลของการออกซิเดชันและการเติมหมู่ไนโตรเจนบนถ่านกัมมันต์สำหรับการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Influence of Oxidation and Nitrogen Treatment on Activated Carbon for CO_2 Adsorption) อ.ที่ปรึกษา : ดร. อุทัยพร สุริยประภาดิลก 93 หน้า

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นหนึ่งในก๊าซเรือนกระจกที่ส่งผลต่อกระทบต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิพื้นผิวโลก จึงจำเป็นต้องจำกัดการปล่อยก๊าซคาร์บอนออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศโดยกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ ซึ่งประสิทธิภาพของการดูดซับสามารถทำให้เพิ่มขึ้นได้โดยการปรับปรุงคุณสมบัติของพื้นผิวถ่านกัมมันต์ด้วยการออกซิเดชัน และการเติมหมู่ไนโตรเจนด้วยพอลิเอทิลีนอิมมีน การปรับปรุงคุณสมบัติพื้นผิวของถ่านกัมมันต์ถูกพิสูจน์เอกลักษณ์ด้วยเอกซเรย์โฟโต้อิเล็กตรอนสเปคโตรสโคปี จากผลการทดลองการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์การเติมหมู่ไนโตรเจนด้วยพอลิเอทิลีนอิมมีนลงบนถ่านกัมมันต์ที่ถูกปรับปรุงคุณสมบัติพื้นผิวสามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากว่าการเติมหมู่ไนโตรเจนลงบนถ่านกัมมันต์ที่ไม่ผ่านการปรังปรุงคุณสมบัติ แต่ยังไม่สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพของการดูดซับให้มีปริมาณการดูดซับที่มากกว่าถ่านกัมมันต์ เนื่องจากพอลิเอทิลีนอิมมีนเคลือบลงบนพื้นผิวของถ่านกัมมันต์ ทำให้ความสามารถในการดูดซับทางกายภาพลดลง ในขณะที่การปรับปรุงผ่านกัมมันต์ด้วยการออกซิเดชันเพียงอย่างเดียว สามารถปรับปรุงความสามารถของการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้ได้ปริมาณที่มากกว่าถ่านกัมมันต์ เนื่องจากการออกซิเดชันช่วยในการเพิ่มความเป็นกรดโดยเฉพาะหมู่คาร์บอกซิลลงบนพื้นผิวของถ่านกัมมันต์ ซึ่งหมู่คาร์บอลซิลมีคุณสมบัติที่เหมาะสมที่ช่วยในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การออกซิเดชันเพียงอย่างเดียวยังมีประสิทธิภาพสูงในกระบวนการฟื้นฟู โดยสามารถฟื้นฟูประสิทธิภาพได้ทั้งหมด ในขณะที่การเติมหมู่ไนโตรเจนด้วยพอลิเอทิลีนอิมมีนไม่สามารถฟื้นฟูได้ทั้งหมด เนื่องจากการดูดซับทางเคมีระหว่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และพอลิเอทิลีนอิมมีน ต้องใช้พลังงานสูงในการสลายพันธะ

ACKNOWLEDGEMENTS

First of all, I would like to express my deepest appreciation to my advisor, Dr. Uthaiporn Suriyapraphadilok for her helpful, encouragement, and understanding throughout this research. Her support contributed significantly to inspire and maintain my enthusiasm throughout the whole period.

I would like to thank Assoc. Prof. Pramoch Rangsunvigit and Assoc. Prof. Paisan Kongkachuichay for kindly serving on my thesis committee. Their sincere suggestions are definitely imperative for accomplishing my thesis.

This thesis work is funded by The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University; The Center of Excellence on Petrochemicals and Materials Technology, Thailand. Furthermore, I would like to thank Assoc. Prof. Pramoch Rangsunvigit for funding support from Ratchadaphiseksomphot Endowment Fund of Chulalongkorn University (RES560530021-CC).

I would like to thank the Carbokarn CO., Ltd. for the support of activated carbon.

My gratitude is also extended to all staffs of The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, for their kind assistance and cooperation.

Finally, I would really like to express my sincere gratitude to my whole family, especially my parents.

TABLE OF CONTENTS

CHAPTER **PAGE**

CHAPTER **PAGE**

LIST OF TABLES

LIST OF FIGURES

FIGURE **PAGE**

FIGURE **PAGE**

FIGURE **PAGE**

FIGURE **PAGE**