STUDY OF IMPROVING CARBON DIOXIDE ADSORPTION CAPACITY USING ADSORBENTS IMPREGNATED WITH PIPERAZINE

Danai Praekiat

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:	Study of Improving Carbon Dioxide Adsorption Capacity Using Adsorbents Impregnated with Piperazine
By:	Danai Praekiat
Program:	Petroleum Technology
Thesis Advisors:	Assoc. Prof. Chintana Saiwan
	Prof. Paitoon Tontiwachwuthikul

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:

.....

(Assoc. Prof. Chintana Saiwan)

.....

(Prof. Paitoon Tontiwachwuthikul)

.....

(Asst. Prof. Kitipat Siemanond)

.....

(Dr. Teeradet Supap)

ABSTRACT

5573004063: Petroleum Technology Program
Danai Praekiat: Study of Improving Carbon Dioxide Adsorption Capacity Using Adsorbents Impregnated with Piperazine.
Thesis Advisors: Assoc. Prof. Chintana Saiwan, and Prof. Paitoon Tontiwachwuthikul 98 pp.
Keywords: Carbon dioxide/ Adsorption/ Activated carbon/ Silica gel/ Piperazine

The adsorption of carbon dioxide (CO_2) for the natural gas processing application was performed with adsorbents modified with piperazine (PZ). To optimize CO_2 adsorption capacity, the effects of adsorption pressure, PZ loading, and types of adsorbents (activated carbon, or AC, and silica gel, or SG) were studied. Piperazine was impregnated onto the surface of AC and SG adsorbents by the wet impregnation method. The surface morphology of the unimpregnated and impregnated adsorbents was characterized using a surface area analyzer. The PZ loading was detected by a gas chromatography-flame ionization detector. It was found that the maximum PZ loading on the AC and SG were 3.45 wt% and 8.33 wt%, respectively. In the CO_2 adsorption and regeneration experiments, the adsorbents were tested in a stainless steel reactor. The breakthrough curves obtained from the feed gas containing 15% CO_2/N_2 with a flow rate of 15 mL/min were determined by using a gas chromatography-thermal conductivity detector. The effects of adsorption pressure were carried out at 298 K at various pressures, i.e. 14.7, 30, 50, and 70 psi. The results showed that PZ impregnated on AC and SG at pressure 70 psi showed the highest CO_2 adsorption capacity of 6.7 mmol/g and 7.7 mmol/g, respectively. The efficiency of regeneration of the impregnated adsorbents was more than 85 % during three consecutive test cycles.

บทคัดย่อ

ดนัย แพร่เกียรติ : การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับของคาร์บอนไดออกไซด์โดยใช้ตัวดูดซับที่อิมแพรกเนทด้วยสารปิเปอราซีน (Study of Improving Carbon Dioxide Adsorption Capacity Using Adsorbents Impregnated with Piperazine) อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร จินตนา สายวรรณ์ และ ศ.ดร. ไพฑูรย์ ตันติเวชวุฒิกุล, 98 หน้า

การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากขบวนการแปรรูปก๊าซธรรมชาติโดยการใช้ตัวดูดซับที่อิมแพรกเนทด้วยสารปิเปอราซีน มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความจุของการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยศึกษาความดันของการดูดซับ, ปริมาณการใส่สารปิเปอราซีน รวมถึงชนิดของตัวดูดซับ (ถ่านกัมมันต์ และ ซิลิกาเจล) ปิเปอราซีนถูกอิมแพรกเนทลงบนผิวหน้าของถ่านกัมมันต์และซิลิกาเจลด้วยวิธีอิมแพรกเนทแบบเปียก การวิเคราะห์พื้นที่ผิวตัวดูดซับทั้งชนิดไม่ได้อิมแพรกเนท และชนิดอิมแพรกเนท วิเคราะห์โดยใช้เครื่องวิเคราะห์พื้นที่ผิว ปริมาณสารปิเปอราซีนมากที่สุดที่ฝังอยู่ในตัวดูดซับ ถูกวัดด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี-เฟลมไอออไนเซชั่น โดยปริมาณสารปิเปอราซีนที่ฝังอยู่ในถ่านกัมมันต์และซิลิกาเจลวัดได้ 3.45 และ 8.33 เปอร์เซ็นต์เฉลี่ยโดยน้ำหนักตามลำดับ ในขั้นตอนการวัดค่าความจุของการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการนำกลับมาใช้ใหม่ของตัวดูดซับเดิม ตัวดูดซับถูกทดลองในเครื่องปฏิกรณ์สแตนเลส โดยกราฟเบรคทรูจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 15% ที่อัตราการไหล 15 มิลลิลิตรต่อนาที ถูกวัดโดยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีเทอร์มัลคอนดักทิวิตีร์ การศึกษาผลกระทบของความดันต่างๆในการดูดซับที่อุณหภูมิห้อง ที่ความดันต่างๆคือ ความดันบรรยากาศ, 30, 50 และ 70 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว พบว่าที่การดูดซับด้วยความดัน 70 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ถ่านกัมมันต์และซิลิกาเจล ที่มีปิเปอราซีน มีความจุในการดูดซับมากที่สุด ได้ค่า 6.7 มิลลิโมลต่อกรัม และ 7.7 มิลลิโมลต่อกรัม ตามลำดับ การศึกษาผลของการนำตัวดูดซับกลับมาใช้ซ้ำ พบว่าประสิทธิภาพในการดูดซับมีค่ามากกว่า 85 % ตลอดการทดลองต่อเนื่อง 3 รอบติดกัน

ACKNOWLEDGEMENTS

It is my wonderful time to be able to study in the petroleum technology program for my master's degree at the Petroleum and Petrochemical College (PPC), Chulalongkorn University. I would like to acknowledge the assistance and support of people who have supported in this research.

First of all, I would like to give million thanks to my advisor Assoc. Prof. Chintana Saiwan for her help, encouragement, and guidance towards my master thesis research. Her support contributed meaningfully to inspire and maintain my enthusiasm throughout the whole period. Without her advices, attentions and supports, I cannot get through and achieve the goal of this work. Second, I would like to thank all of PPC's research affairs staff for their kind assistance and cooperation in order to train me to be skillful for using the characterization equipment.

Finally, I wish to thank this amazing college that had given me much never ending knowledge, mighty experiences during my experiments and unforgettable memories among colleagues and people in the college. Also, my deepest gratitude to my beloved family for the support and encouragement on the path I have chosen throughout this successful completion of the research.

This thesis work is funded by the Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University; the Center of Excellence on Petrochemical and Materials Technology, Thailand, and Carbokarn Co., Ltd (Thailand) for the supply of activated carbon.

TABLE OF CONTENTS

CHAPTER **PAGE**

LIST OF TABLES

TABLE **PAGE**

TABLE **PAGE**

TABLE **PAGE**

LIST OF FIGURES

FIGURE **PAGE**