การดูดซับไอของเบนซีน โทลูอีน และโอไซลีนด้วยถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากผักตบชวาโดยการกระตุ้นด้วยซิงก์คลอไรด์

นายจิระศักดิ์ แสงพุ่ม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-334-881-6

ADSORPTION OF BENZENE, TOLUENE, AND O–XYLENE VAPOURS ON ACTIVATED CARBONS PREPARED FROM WATER HYACINTH ACTIVATED BY ZINC CHLORIDE

Mr. Chirasak Sangpoum

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Doctor of Engineering in Chemical Engineering

Department of Chemical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 1999

ISBN 974–334–881–6

Thesis Title	Adsorption of Benzene, Toluene, and O–Xylene Vapours on Activated Carbons Prepared from Water Hyacinth Activated by Zinc Chloride
By	Mr. Chirasak Sangpoum
Department	Chemical Engineering
Thesis Advisor	Assistant Professor Deacha Chatsiriwech, Ph.D.
Co–Advisor	Assistant Professor Vichitra Chongvisal, Ph.D.

Accepted by the Faculty of Engineering, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Doctoral Degree.

.... Dean of Faculty of Engineering

(Professor Somsak Panyakeow, Dr.Eng.)

Thesis Committee

.... Chairman

(Associate Professor Chirakarn Muangnapoh, Dr. Ing.)

.... Thesis Advisor

(Assistant Professor Deacha Chatsiriwech, Ph.D.)

.... Co–Advisor

(Assistant Professor Vichitra Chongvisal, Ph.D.)

.... Member

(Associate Professor Chaiyot Tangsathitkulchai, Ph.D.)

.... Member

(Jirdsak Tscheikuna, Ph.D.)

.... Member

(Seeroong Prichanont, Ph.D.)

จิระศักดิ์ แสงพุ่ม : การดูดซับไอของเบนซีน โทลูอีน และโอไซลีนด้วยถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากผักตบชวาโดยการกระตุ้นด้วยซิงก์คลอไรด์ (ADSORPTION OF BENZENE, TOLUENE, AND O-XYLENE VAPOURS ON ACTIVATED CARBONS PREPARED FROM WATER HYACINTH ACTIVATED BY ZINC CHLORIDE) อ.ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. เดชา ฉัตรศิริเวช, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ผศ. ดร. วิจิตรา จงวิศาล, 147 หน้า. ISBN 974-334-881-6

วัตถุดิบที่นำมาเตรียมตัวดูดซับชนิดถ่าน ได้แก่ ผักตบชวา แกลบ และชานอ้อย วัตถุดิบดังกล่าวจะถูกทำให้เป็นถ่านและถูกกระตุ้นไปพร้อม ๆ กัน ด้วยสารละลายซิงก์คลอไรด์ที่มีความเข้มข้น 600 กรัม/ลิตร กระบวนการเตรียมตัวดูดซับชนิดถ่านถูกทดลองกระทำที่อุณหภูมิ 400, 500, และ 600 องศาเซลเซียส และที่เวลา 1, 2, และ 3 ชั่วโมง ปริมาณผลิตภัณฑ์ของตัวดูดซับชนิดถ่านที่ได้ ลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ในขณะที่พื้นที่ผิว การดูดซับไอโอดีน และค่าเฉลี่ยขนาดของโพรงจะแปรผันตามอุณหภูมิ เวลาในการกระตุ้นมีอิทธิพลน้อยมากต่อลักษณะสมบัติของตัวดูดซับชนิดถ่าน เมื่อเปรียบเทียบวัตถุดิบที่ถูกทำให้เป็นถ่านพบว่า ปริมาณผลิตภัณฑ์ลดลงประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ สำหรับตัวดูดซับชนิดถ่านที่เตรียมจากผักตบชวา มีพื้นที่ผิวและค่าไอโอดีนที่มากขึ้นหลังผ่านกระบวนการอย่างน้อย 200 เท่าและ 3 เท่าตามลำดับ โดยเปรียบเทียบกับถ่านผักตบชวา

สมดุลการดูดซับบนตัวดูดซับชนิดถ่านจากผักตบชวา สำหรับไอเจือจางของเบนซีน โทลูอีน และโอไซลีน ถูกวัดโดยวิธีโครมาโตกราฟีที่อุณหภูมิ 180–270 องศาเซลเซียส สำหรับตัวดูดซับชนิดเดียวกัน เมื่อดูดซับตัวถูกดูดซับ 3 ชนิดพบว่า ค่าคงที่สมดุลการดูดซับเรียงจากน้อยไปหามาก คือ เบนซีน โทลูอีน และโอไซลีน ค่าความร้อนของการดูดซับไอเบนซีน โทลูอีน และไซลีนสำหรับตัวดูดซับชนิดถ่านทั้งหมดมีค่าประมาณ 72, 81, และ 100 กิโลจูลต่อโมล ตามลำดับ นอกจากนี้ สัมประสิทธิ์การถ่ายโอนมวลสารรวมของไอทั้งหมดเป็นไปตามกฎของอาร์รีเนียส

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนิสิต ....

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ....

ปีการศึกษา 2542 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ....

C817777 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEYWORDS : ADSORPTION / BENZENE / TOLUENE / O-XYLENE / ACTIVATED CARBON / WATER HYACINTH / ZINC CHLORIDE

CHIRASAK SANGPOUM : ADSORPTION OF BENZENE, TOLUENE, AND O-XYLENE VAPOURS ON ACTIVATED CARBONS PREPARED FROM WATER HYACINTH ACTIVATED BY ZINC CHLORIDE. DISSERTATION ADVISOR : ASSISTANT PROFESSOR DEACHA CHARSIRIWECH, Ph.D. DISSERTATION CO-ADVISOR : ASSISTANT PROFESSOR VICHITRA CHONGVISAL, Ph.D. 147 pp. ISBN 974-334-881-6

Water hyacinth, rice husk, and sugarcane bagasses were used as raw materials for the preparation of carbon adsorbent. They were carbonized and activated simultaneously with 600 grams/liter zinc chloride solution. The preparation process was carried out at the temperatures of 400, 500, and 600°C for 1, 2, and 3 hours. The yield of carbon adsorbents decreased with an increase in temperature. While the specific surface area, as well as iodine adsorption and the average pore size varied directly with temperature. The activation period hardly affected the adsorbent characteristics. In comparison with carbonized materials, the yield was reduced by about 25%. For the water hyacinth, both the specific surface area and the iodine adsorption were improved by at least two-hundred fold and three-fold, respectively.

Adsorption equilibria on carbon adsorbents from water hyacinth for dilute vapours of benzene, toluene, or o-xylene were measured by chromatographic method at the temperature of 180–270°C. The increasing sequence of the equilibrium constants for those vapours on a given carbon adsorbent was benzene, toluene, and o-xylene. Heats of adsorption of BTX on all carbon adsorbents were about 72, 81, and 100 kJ/mol, respectively. In addition, the overall mass-transfer coefficients of all vapours obeyed Arrhenius' Law.

ภาควิชา ......วิศวกรรมเคมี...... ลายมือชื่อนิสิต ....

สาขาวิชา ......วิศวกรรมเคมี...... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ....

ปีการศึกษา ......2542...... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ....

ACKNOWLEDGEMENTS

The author wishes to express his sincere gratitude to his dissertation advisor, Assistant Professor Dr. Deacha Chatsiriwech, and dissertation co-advisor, Assistant Professor Dr. Vichitra Chongvisal, for their invaluable advice, encouraging guidance, helpful suggestions, and discussion throughout the course of this research.

He also would like to convey his most sincere thanks to Associate Professor Dr. Chirakarn Muangnapoh, Associate Professor Dr. Chaiyot Tangsathitkulchai, Dr. Jirdsak Tscheikuna, and Dr. Seeroong Prichanont for their stimulation comments and participation as dissertation committee members. Furthermore, he wishes to extend his sincere thanks to Associate Professor Dr. Kroekchai Sukanjanajtee, Assistant Professor Dr. Sasithorn Boon-Long, Dr. Suphot Phatanasri for their kind assistance and guidance.

This research has been accomplished through a grant of the Electricity Generating Authority of Thailand (EGAT). This research has also received partial financial support from Senior Research Scholar Project of Thailand Research Fund (Professor Dr. Wiwut Tanthapanichakoon) in Particle Technology Field.

Sincere thanks to all of the staffs in Chemical Engineering Department, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University for their support and technical advice.

Special Thanks to Mr. Pansak Komes, the Assistant Manager Production Division Bang Pakong Power Plant (Combined Cycle), EGAT for promoting him.

Most of all, he wishes to convey the most heartfelt gratitude to his parents and all the members of his family for their moral support. Finally, many thanks go to his friends and all those who have encouraged him to pursue the study.

CONTENTS

LIST OF TABLES

LIST OF FIGURES

NOMENCLATURE

a	surface area per unit volume of pellet, cm^2/cm^3
a_s	specific surface area, cm^2/g
C	sorbate concentration, mol/cm^3
C_b	sorbate concentration at bulk gas phase, mol/cm^3
C_e	sorbate concentration at gas-adsorbed phase interface, mol/cm^3
C_s	sorbate concentration at stagnant gas phase, mol/cm^3
D_k	Knudsen diffusity, cm^2/sec
D_L	axial dispersion, cm^2/sec
D_m	molecular diffusivity, cm^2/sec
D_p	particle diameter, cm
E^0	standard electrode potential, volt
ΔH	heat of adsorption, kJ/mol
k	overall mass-transfer coefficient, sec^{-1}
k_f	external fluid film mass-transfer coefficient, cm/sec
k_p	pore mass-transfer coefficient, cm/sec
K	adsorption equilibrium constant, mol/cm^3 of pellet or mol/cm^3 of gas
K_a	adsorption equilibrium constant for unsaturation isotherm
K_F	Freundlich adsorption equilibrium constant, $mmol/m^2{\cdot}kPa^{1/n}$
K_L	Langmuir adsorption equilibrium constant, kPa^{-1}
K_{BET}	BET adsorption equilibrium constant
L	length of packed bed, cm
M	molecular weight, g/mol
n	parameter constant
P	vapour pressure of adsorbate, kPa
P_r	relative pressure
P_s	saturated vapour pressure of adsorbate, kPa
q	amount of adsorbate adsorbed, mmol/g
q_s	maximum amount adsorbed, mmol/g
r_p	mean pore radius, cm

R	gas constant
R_{ads}	rate of adsorption, mol/g·sec
R_p	radius of adsorbent pellet, cm
t_R	retention time, sec
	weighted mean residence time, sec
T	adsorption temperature, K
v	intersticial velocity of carrier gas, cm/sec
v_0	superficial velocity of carrier gas, cm/sec
XXa0bY	XX means raw material used, i.e. WH is water hyacinth, RH is rice husk, and SCB is sugar-cane bagasses
	a means reacting temperature, i.e. 4 is 400°C, 5 is 500°C, and 6 is 600°C
	b means reacting time, i.e. 1 is 1 hour, 2 is 2 hours, and 3 is 3 hours
	Y means adsorbate used, i.e. B is benzene, T is toluene, and X is o-xylene WH401T, for example, means the carbon adsorbent prepared from water hyacinth reacted at 400°C for an hour used for adsorbing toluene vapour.

DIMENSIONLESS GROUP

Re	Reynolds number
Sc	Schmidt number
Sh	Sherwood number

GREEK LETTERS

ε	bed porosity
ρ	fluid density, g/cm^3
ρ_b	bulk density, g/cm^3
ρ_p	particle density, g/cm^3
ρ_s	solid density, g/cm^3
σ^2	variance of chromatogram, sec^2