จตุรพร นิ่มเจริญ : วัสดุแก้วพรุนจากเถ้าลอยถ่านหิน: การเตรียม การวัดคุณสมบัติและการศึกษากระบวนการดูดซับ (POROUS GLASS FROM COAL FLY ASH: PREPARATION, CHARACTERIZATION AND ITS ADSORPTION STUDY) อาจารย์ที่ปรึกษา : ศาสตราจารย์ ดร.ชัยยศ ตั้งสถิตย์กุลชัย, 297 หน้า.

วิทยานิพนธ์นี้มุ่งศึกษากระบวนการเตรียมแก้วพรุนจากเถ้าลอยถ่านหินและประสิทธิภาพในการดูดซับของแก้วพรุนทั้งในระบบของเหลวและแก๊ส แก้วพรุนที่สังเคราะห์อาศัยหลักการแบ่งวัฏภาคขององค์ประกอบของแก้วพรุน โดยมีกระบวนการเตรียม ดังนี้ ขั้นแรก เริ่มจากการนำเถ้าลอยผสมกับสารประกอบออกไซด์ต่างๆหลอมกลายเป็นน้ำแก้วและขึ้นรูปเป็นแก้วบอโรซิลิเกต หลังจากนั้นทำการอบด้วยความร้อนเพื่อให้เกิดกระบวนการแบ่งวัฏภาคที่สภาวะอุณหภูมิและเวลาต่างๆ และขั้นสุดท้ายนำสารละลายกรดร้อนเจือจางละลายในส่วนวัฏภาคบอเรตออก เพราะวัฏภาคบอเรตสามารถละลายได้ดีในกรดร้อนเจือจาง สำหรับวัฏภาคซิลิกาไม่สามารถละลายในสารละลายกรดจึงยังคงเป็นโครงสร้างของแก้วพรุนได้ ขนาดรูพรุนเฉลี่ยของแก้วพรุนที่เตรียมได้อยู่ในช่วง 10 – 2000 นาโนเมตรและพบว่ารูพรุนมีขนาดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการอบด้วยความร้อน และแก้วพรุนที่เตรียมได้มีองค์ประกอบใกล้เคียงกับแก้วพรุนชิราสุ ลักษณะรูพรุนของแก้วพรุนเป็นแบบรูพรุนเชื่อมต่อกันและกลไกการเกิดเป็นแบบการเกิดนิวเคลียสและการโต

ในการทดสอบความสามารถของการประยุกต์ใช้แก้วพรุนในกระบวนการดูดซับ โดยการนำแก้วพรุนมาดูดซับในระบบของเหลว โดยทำการดูดซับประจุทองแดง ประจุเงินและประจุทองคำในสารละลายแบบองค์ประกอบเดี่ยวและแบบองค์ประกอบผสมของประจุทองแดงและเงิน โดยศึกษาการดูดซับบนแก้วพรุนที่เตรียมได้และแก้วพรุนที่เพิ่มหมู่ฟังก์ชันบนพื้นผิว พบว่า แก้วพรุนที่ปรับปรุงหมู่ฟังก์ชันด้วยหมู่อะมิโน มีความสามารถในการดูดซับประจุทองแดงได้ดีกว่าประจุเงิน และ แก้วพรุนที่ปรับปรุงหมู่ฟังก์ชันด้วยหมู่ไทออล มีความสามารถในการดูดซับประจุเงินได้ดีกว่าประจุทองแดง ผลการดูดซับนี้สอดคล้องทั้งการดูดซับแบบองค์ประกอบเดี่ยวและองค์ประกอบผสม นอกจากนี้ยังได้นำเสนอผลการวิเคราะห์สมดุลและจลนพลศาสตร์ของระบบดูดซับโดยใช้แบบจำลองที่นิยมใช้กันอีกด้วย สำหรับกระบวนการดูดซับในระบบแก๊ส ได้ศึกษาถึงสมบัติความเป็นขั้วของสารถูกดูดซับที่แตกต่างกัน เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ไอเอทานอล และไอน้ำ ทำการศึกษาการดูดซับบนแก้วพรุนที่เตรียมได้ พบว่า การดูดซับของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์บนแก้วพรุนเป็นการดูดซับแบบแรงการกระจายและสามารถอธิบายได้ด้วยแบบจำลองแลงมัวร์และฟรุนดิชในทางตรงกันข้ามกระบวนการดูดซับของไอเอทานอลและไอน้ำเป็นการดูดซับแบบหลายชั้น เนื่องจาก การดูดซับของไอเอทานอลและไอน้ำเป็นการดูดซับด้วยพันธะไฮโดรเจน จึงมีการดูด

ซับบนพื้นผิวระหว่างซิลานอลกับตัวดูดซับและตัวดูดซับกับตัวดูดซับ แบบจำลองไอโซเทิร์มการดูดซับของระบบนี้เหมาะสมกับแบบจำลองบีอีทีแบบหลายชั้น สำหรับการศึกษากระบวนการดูดซับทางจลนพลศาสตร์ ทำการศึกษาที่อุณหภูมิการดูดซับต่างๆ โดยแบบจำลองอันดับสองเสมือนมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับผลการทดลองได้ดีที่สุด

สำหรับกระบวนการกำจัดสีสังเคราะห์ ในงานวิจัยนี้ แก้วพรุนถูกประยุกต์ใช้ในคอลัมน์เบดนิ่ง โดยศึกษาการดูดซับของเมทิลินบลูจากสารละลาย โดยศึกษาผลของตัวแปร ได้แก่ ความสูงของเบด อัตราการไหลแรกเข้า ความเข้มข้นของสารละลายแรกเข้า ขนาดของอนุภาคและขนาดของรูพรุนของแก้วพรุน โดยศึกษาและอธิบายผลการทดลองโดยใช้แบบจำลองทั้งหมดสามแบบ ได้แก่ แบบจำลองคลินเกนเบริ์ก แบบจำลองโบฮาร์ทและอดัม และแบบจำลองโทมัส พบว่า แบบจำลองโทมัส สามารถอธิบายและทำนายผลการทดลองได้ดีกว่าแบบจำลองคลินเกนเบริ์กและแบบจำลองโบฮาร์ทและอดัม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2556 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

CHATURAPORN NIMJAROEN : POROUS GLASS FROM COAL FLY ASH: PREPARATION, CHARACTERIZATION AND ITS ADSORPTION STUDY.THESIS ADVISOR : PROF. CHAIYOT TANGSATHITKULCHAI, Ph.D., 297 PP.

POROUS GLASS/PHASE SEPARATION/ADSORPTION

This thesis work is focused on the preparation of porous glass from coal fly ash and studying its adsorption performance in both the liquid and gas systems. Porous glass was prepared using the phase separation method which consists of the following steps of adjusting the ash composition by oxide addition to meet the required base glass system, melting the raw mix to form the borosilicate base glass product, separating the binary glass phase by heat treating as a function of temperature and time, and finally leaching out the borate rich phase by a dilute mineral acid to obtain the porous framework of silica adsorbent. The median pore diameter of prepared porous glass lies in the mesopore size range from 10-2000 nm and was found to increase with increasing treatment time and temperature. The obtained porous glass shows similar chemical composition to that of commercial Shirasu porous glass. The forming of pore connectivity could take place by the mechanism of nucleation and growth and the rate controlling step could be the diffusion of structural units involving oxygen ions.

To test its potential use as an adsorbent, the adsorption by the prepared porous glass was carried out both in the liquid and gas systems. The single adsorption of Cu^{2+}, Ag^{+} and Au^{3+} and the binary adsorption of Cu^{2+} and Ag^{+} from aqueous solution were performed with both the virgin and chemically grafted porous glass adsorbents.

It was found that the selective adsorption of copper and silver ions could be achieved with porous glass samples grafted with amino ($-NH_2$) and thiol (-SH) groups, respectively, and the amounts adsorbed are the same whether the adsorption takes place in pure or mixture systems. The analysis of adsorption equilibrium and kinetics by the well-known models were also presented. Adsorption in gas phase of adsorbates with different polarity, including carbon dioxide, ethanol and water, was carried out using virgin unmodified porous glass. It was discovered that the adsorption of carbon dioxide involves the dispersive interaction forces and its adsorption isotherm is well described by the Langmuir and Freundlich equations. On the other hand, the adsorption of ethanol and water results from hydrogen bonding through the silanol groups on the porous glass surface and the isotherms can be well fitted with the n-layer BET equation. The kinetics of water adsorption was also studied as a function of temperature and the pseudo second-order model was found to excellently describe the experimental data.

The removal of a model synthetic dye, methylene blue, by porous glass was conducted in a fixed-bed adsorption column. The column dynamics presented as the breakthrough curves was studied as a function of adsorbent bed height, feed flow rate, feed concentration of solute, and particle size and mean pore size of the adsorbent particles. Three breakthrough models, based on different isotherm curvature, were applied to validate the breakthrough data. Thomas model for curved isotherm gave the best predictive capability, as compared to Klinkenberg model for linear isotherm and Bohart and Adams model for square isotherm.

School of Chemical Engineering Student's Signature Chaturaporn

Academic Year 2013 Advisor's Signature