ประภัสสร บริสุทธิ์ : การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์โดยถ่านกัมมันต์จากเมล็ดลำไยจุ่มแช่โซเดียมไฮดรอกไซด์และวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบปรับสำหรับการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดบนการจำลองกระบวนการ (CARBON DIOXIDE ADSORPTION BY NaOH IMPREGNATED ACTIVATED CARBON FROM LONGAN FRUIT SEED AND THE ADAPTIVE SAMPLING APPROACH FOR PROCESS SIMULATION-BASED OPTIMIZATION)
อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.อรุณศรี นุชิตประสิทธิชัย, 206 หน้า.

คำสำคัญ: การดูดซับ/คาร์บอนไดออกไซด์/ถ่านกัมมันต์/เทคนิคการเลือกกลุ่มตัวอย่าง/การหาค่าที่เหมาสมที่สุด/การออกแบบการทดลอง

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยถ่านกัมมันต์และการพัฒนาเทคนิคการเลือกกลุ่มตัวอย่างเพื่อใช้ในการออกแบบการทดลอง งานวิจัยถูกแบ่งออกเป็นสี่ส่วน โดยในส่วนที่หนึ่งเป็นการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในเบดนิ่งด้วยถ่านกัมมันต์ที่มีขนาดของรูพรุนแตกต่างกันที่สังเคราะห์มาจากเมล็ดลำไย และมีการจุ่มแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยการทดลองการดูดซับในเบดนิ่งมีการพิจารณาตัวแปรที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับประกอบไปด้วย ชนิดของถ่านกัมมันต์ ซึ่งแสดงค่าเป็นสัดส่วนโดยปริมาตรของรูพรุนขนาดเล็กต่อรูพรุนขนาดกลาง อุณหภูมิการดูดซับ น้ำหนักของโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำหนักของถ่านกัมมันต์ อัตราการไหลของแก๊สขาเข้าคอลัมน์เบดนิ่ง และปริมาณของถ่านกัมมันต์ ผลการศึกษาพบว่าน้ำหนักของโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำหนักของถ่านกัมมันต์แสดงค่าที่เหมาะสมที่สุดเพื่อให้ได้มาซึ่งค่าที่สูงที่สุดของตัวแปรเบรกทรู ปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นร้อยละ 45 เมื่อใช้ถ่านกัมมันต์ที่มีการจุ่มแช่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละหนึ่ง สภาวะการทดลองที่ใช้ถ่านกัมมันต์ที่มีสัดส่วนโดยปริมาตรของรูพรุนขนาดเล็กต่อรูพรุนขนาดกลางเท่ากับ 2.83 อุณหภูมิการดูดซับเท่ากับ 20 องศาเซลเซียส น้ำหนักของโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำหนักของถ่านกัมมันต์เท่ากับ 76.5 มิลลิกรัมต่อกรัม อัตราการไหลของแก๊สขาเข้าคอลัมน์เบดนิ่งเท่ากับ 156 กิโลกรัมต่อชั่วโมงต่อตารางเมตร และปริมาณของถ่านกัมมันต์เท่ากับ 51 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ให้ค่าการดูดซับที่เวลาเบรกทรูสูงที่สุดเป็น 33.58 มิลลิกรัมต่อกรัม

สำหรับงานในส่วนที่สอง ศึกษาการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของถ่านกัมมันต์สี่ชนิด โดยแบ่งเป็นถ่านกัมมันต์ที่มีรูพรุนส่วนใหญ่เป็นรูพรุนขนาดเล็กสองชนิดและถ่านกัมมันต์ที่มีรูพรุนขนาดใหญ่กว่าอีกสองชนิด โดยทำการดูดซับที่ความดันมากกว่าความดันบรรยากาศ ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส และศึกษาความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้จุ่มแช่ถ่านกัมมันต์ทั้งสี่ชนิดที่ความเข้มข้นของสารละลายแตกต่างกัน ประกอบไปด้วยความเข้มข้นร้อยละ 1, 4, 7, 10, และ 13

จากผลของพื้นที่เบทพบว่าพื้นที่เบทลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารละลายที่ใช่จุ่มแช่เพิ่มขึ้น และเกิดการปิดกั้นรูพรุนขนาเล็กทำให้ปริมาณรูพรุนทั้งหมดและปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง ถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการกระตุ้นเป็นเวลารวมทั้งสิ้น 180 นาที และออกซิไดซ์เป็นเวลา 720 นาที และจุ่มแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยมวล มีปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สูงที่สุด แบบจำลองแกรนคาร์โนนิคัลมอนติคาร์โลถูกนำมาใช้ในการหาการกระจายขนาดของรูพรุนของถ่านกัมมันต์ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการจุ่มแช่ถ่านกัมมันต์ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ส่งผลให้ปริมาตรของรูพรุนขนาดเล็กลดลงอย่างรวดเร็วและมีนัยสำคัญ

สำหรับงานในส่วนที่สาม เป็นการศึกษาการผลิตเมทานอลผ่านกระบวนการไฮโดรจีเนชั่นของคาร์บอนไดออกไซด์ งานในส่วนนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะนำคาร์บอนไดออกไซด์มาผลิตเป็นสารละลายเมทานอล การศึกษาในส่วนนี้เป็นการสร้างแบบจำลองในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ กระบวนการผลิตเมทานอลสามกระบวนถูกศึกษาและเปรียบเทียบราคาการผลิตเมทานอล โดยทำการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตและหาค่าที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้โมเดลโครงข่ายประสาทเทียม โดยพบว่าโครงข่ายที่มีจำนวนโหนดแปดโหนดนั้นมีความคาดเคลื่อนของการประมาณค่าน้อยที่สุด ผลจากการศึกษาพบว่าการผลิตเมทานอลโดยใช้รีแอคเตอร์สองหน่วยต่อกันแบบอนุกรมมีต้นทุนการผลิตต่ำที่สุดเป็น 885.85 ดอลล่าร์ต่อตันเมทานอล ทั้งนี้พบว่าราคาของวัตถุดิบโดยเฉพาะอย่างยิ่งราคาของไฮโดรเจนส่งผลอย่างมากต่อต้นทุนการผลิตเมทานอล

และงานส่วนสุดท้ายนั้นเป็นการพัฒนาเทคนิคการเลือกกลุ่มตัวอย่างเพื่อใช้ในการออกแบบการทดลอง โดยเทคนิคการเลือกกลุ่มตัวอย่างนี้พัฒนามาจากเทคนิคการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบละตินไฮเปอร์คิวบ์ เทคนิคนี้สามารถเพิ่มสภาวะการทดลองเข้ามายังชุดข้อมูลที่มีอยู่โดยใช้ค่าสูงสุดของความแตกต่างระหว่างค่าที่ทำนายและค่าจริงของสภาวะนั้นเป็นเกณฑ์ การศึกษาได้ทำการประยุกต์ใช้เทคนิคการเลือกกลุ่มตัวอย่างนี้ในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของกระบวนการทางเคมีสามกระบวนการ ประกอบไปด้วยกระบวนการผลิตเมทานอลผ่านกระบวนการไฮโดรเจเนชั่นของคาร์บอนไดออกไซด์ กระบวนการผลิตแอมโมเนีย และกระบวนการดูดซึมคาร์บอนไดออกไซด์โดยใช้สารละลายเมทานอลและใช้โมเดลโครงข่ายปราสาทเทียม ทั้งนี้ผลของการศึกษายังถูกนำไปเปรียบเทียบกับเทคนิคการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบสุ่ม ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าเทคนิคการเลือกกลุ่มตัวอย่างที่ถูกพัฒนาขึ้นนั้นสามารถใช้ในกระบวนการการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดได้และใช้จำนวนสภาวะการทดลองน้อยกว่าการออกแบบการทดลองแบบสุ่มเมื่อเปรียบเทียบการให้ค่าที่เหมาะสมที่สุด เมื่อนำเทคนิคการเลือกกลุ่มตัวอย่างที่ถูกพัฒนาไปประยุกต์ใช้กับกระบวนการทั้งสามกระบวนการที่กล่าวมาข้างต้น พบว่าสามารถประยุกต์ใช้ได้กับทั้งสามกระบวนการและได้ค่าที่เหมาะสมที่สุดของแต่กระบวนการ

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนักศึกษา .....

ปีการศึกษา 2566 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

PRAPATSORN BORISUT : CARBON DIOXIDE ADSORPTION BY NaOH IMPREGNATED ACTIVATED CARBON FROM LONGAN FRUIT SEED AND THE ADAPTIVE SAMPLING APPROACH FOR PROCESS SIMULATION-BASED OPTIMIZATION.
THESIS ADVISOR : AROONSRI NUCHITPRASITTICHAI, Ph.D., 206 PP.

Keywords: Adsorption/Carbon dioxide/Activatedcarbon/Sampling technique/
Optimization/Experimental design

This dissertation aims to study the enhancement of CO_2 adsorption by employing NaOH impregnated activated carbon prepared from longan fruit seed and to develop the sampling technique for use in simulation-based optimization. This dissertation was divided into four parts. In the first part, the prepared microporous and mesoporous activated carbon were used to adsorb CO_2 in a fixed bed column. Five parameters were studied for their effects on the adsorption amount including the volume ratio of microporous and mesoporous, adsorption temperature, sodium hydroxide loading, gas feed rate, and the adsorbent amount. The CO_2 adsorption amount increased by 45% when the activated carbon was impregnated with 1% of NaOH solution.The optimal conditions that provided the maximum adsorbed amount of CO_2 in a fixed bed (33.58 mg/g) were volume ratio of microporous and mesoporous of 2.83, NaOH loading of 76.5 mg/g, 51 kg/m^2 of amount of activated carbon, adsorption temperature of 20°C, and the gas feed rate of 156 kg/h-m^2.

For the second part, four types of activated carbons consisting of two types of microporous activated carbon and two types of mesoporous activated carbon were employed to study the adsorption of CO_2 at high pressure. The activated carbon samples were impregnated with NaOH solutions of 1, 4, 7, 10, and 13% by weight. Activated carbon which was activated with a total time of 180 min, oxidized with 720 min, and impregnated by 1% NaOH solution provided the highest CO_2 adsorption amount. The Grand Canonical Monte Carlo simulation was used to determining pore size distribution of each activated carbon. The result indicate that after impregnated with 1% by weight of NaOH, the microporous of activated carbon dramatically decreased. The highest amount of CO_2 adsorption of microporous activated carbon takes place in 1.4 nm pores after impregnated, followed by mesopores. Mesoporous

activated carbon can adsorbed at pore diameter less than 2 nm. However, most adsorption takes place in pores smaller than 1 nm due to the strong interaction in the small pores.

The third part of this dissertation involved the simulation-based optimization of methanol production via CO_2 hydrogenation process. Three configurations of methanol production were studied to obtain the minimum methanol production cost using cost analysis. The artificial neural network with eight nodes was used as a surrogate model for process optimization. The cost of methanol production was shown to be significantly impacted by the price of raw materials, particularly the price of hydrogen. It was found that the minimum methanol production cost was $885.85 per tonne which was obtained from the optimization of methanol production with two reactors in series design.

The final part of the dissertation focused on developing a sampling technique for sample selection to be used in experimental design. This sampling technique is derived from the Latin hypercube sampling method. It allows for the incorporation of additional points into existing data sets by using the maximum deviation between predicted and actual values of a given point as a criterion. This sampling technique was applied to find the optimal conditions for three chemical processes which are methanol production via carbon dioxide hydrogenation, ammonia production, and carbon dioxide absorption via the Rectisol process. An artificial neural network was utilized for this purpose. Additionally, the results of the study were compared with those obtained using a random sampling method. The findings demonstrate that the developed Latin hypercube sampling can efficiently determine optimal values and requires fewer experimental conditions compared to the random sampling design. When applied to all three processes, the developed technique proved to be applicable and yielded optimal values for each process.

School of Chemical Engineering
Academic Year 2023

Student's Signature .....
Advisor's Signature .....