

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญภาพประกอบ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
ที่มาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์	1
สมมติฐาน	2
ขอบเขตงานวิจัย	2
นิยามศัพท์เฉพาะ	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
เอกสารที่เกี่ยวข้อง	4
1. วัสดุคูดซ์	4
2. ตัวถุกคูดซ์	5
3. ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	6
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	18
เครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมี	18
1. เครื่องมือ	18
2. อุปกรณ์	18
3. สารเคมี	19
วิธีดำเนินการวิจัย	19
1. การเตรียมวัสดุคูดซ์	19
2. การศึกษาหมู่ฟังก์ชันของวัสดุคูดซ์	20
3. การศึกษาพฤติกรรมการคูดซ์ โลหะหนักแบบดั้งแช่	20
4. การศึกษาพฤติกรรมการคูดซ์ โลหะหนักแบบคอลัมน์	22

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลอง	23
การเตรียมวัสดุคูดซ์	23
การศึกษาหมู่ฟังก์ชันของวัสดุคูดซ์	24
การศึกษาพฤติกรรมการคูดซ์ โลหะหนักแบบดั้งแช่	27
1. การศึกษาน้ำหนักที่เหมาะสมของวัสดุคูดซ์	27
2. การศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการคูดซ์	30
3. การศึกษาพีเอชที่เหมาะสมในการคูดซ์	34
4. การศึกษาผลของความเข้มข้นเพื่อสร้างไอโซเทอร์มการคูดซ์	37
5. การหาความจุการคูดซ์ของวัสดุคูดซ์	41
การศึกษาพฤติกรรมการคูดซ์ โลหะหนักแบบคอลัมน์	48
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	53
สรุปและอภิปรายผล	53
1. การศึกษาหมู่ฟังก์ชันของวัสดุคูดซ์	53
2. การศึกษาพฤติกรรมการคูดซ์แบบดั้งแช่	53
3. การศึกษาพฤติกรรมการคูดซ์แบบคอลัมน์	54
ข้อเสนอแนะ	55
บรรณานุกรม	56
ภาคผนวก	58
ภาคผนวก ก การคำนวณ	59
ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	62
ภาคผนวก ง รวมภาพและกราฟมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง	81
ประวัติผู้วิจัย	87

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 4.1 หมู่ฟังก์ชันกับเลขคลื่นของซิลิกาบริสุทธิ์	24
ตารางที่ 4.2 หมู่ฟังก์ชันกับเลขคลื่นของแก้วกลบขาว	25
ตารางที่ 4.3 หมู่ฟังก์ชันกับเลขคลื่นของแก้วกลบขาวที่ปรับปรุงด้วย DETA- silane	26
ตารางที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของวัสดุคูดซับที่มีผลต่อการคูดซับ Cu^{2+}	27
ตารางที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของวัสดุคูดซับที่มีผลต่อการคูดซับ Cd^{2+}	28
ตารางที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของวัสดุคูดซับที่มีผลต่อการคูดซับ Pb^{2+}	29
ตารางที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงเวลาในการแช่วัสดุคูดซับที่มีผลต่อปริมาณการคูดซับ Cu^{2+}	31
ตารางที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงเวลาในการแช่วัสดุคูดซับที่มีผลต่อปริมาณการคูดซับ Cd^{2+}	32
ตารางที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงเวลาในการแช่วัสดุคูดซับที่มีผลต่อปริมาณการคูดซับ Pb^{2+}	33
ตารางที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงพีเอชที่มีต่อปริมาณการคูดซับ Cu^{2+}	34
ตารางที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงพีเอชที่มีต่อปริมาณการคูดซับสารละลาย Pb^{2+}	35
ตารางที่ 4.11 การเปลี่ยนแปลงพีเอชที่มีต่อปริมาณการคูดซับ Cd^{2+}	36
ตารางที่ 4.13 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารละลาย Cu^{2+} ที่มีต่อปริมาณการคูดซับ Cu^{2+}	37
ตารางที่ 4.14 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารละลาย Cd^{2+} ที่มีต่อปริมาณการคูดซับ Cd^{2+}	39
ตารางที่ 4.15 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารละลาย Pb^{2+} ที่มีต่อปริมาณการคูดซับ Pb^{2+}	40
ตารางที่ 4.16 ข้อมูล $\log C$ และ $\log x/m$ ของวัสดุคูดซับแก้วกลบขาวที่คูดซับ Cu^{2+}	42
ตารางที่ 4.17 ข้อมูล $\log C$ และ $\log x/m$ ของวัสดุคูดซับแก้วกลบขาวปรับปรุงที่คูดซับ Cu^{2+}	43
ตารางที่ 4.18 ข้อมูลของ $\log C$ และ $\log x/m$ ของวัสดุคูดซับแก้วกลบขาวที่คูดซับ Cd^{2+}	44
ตารางที่ 4.19 ข้อมูลของ $\log C$ และ $\log x/m$ ของวัสดุคูดซับแก้วกลบขาวปรับปรุงที่คูดซับ Cd^{2+}	45
ตารางที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\log x/m$ กับ $\log C$	46
ตารางที่ 4.21 ข้อมูลของ $\log C$ และ $\log x/m$ ของวัสดุคูดซับแก้วกลบขาวปรับปรุงที่คูดซับ Pb^{2+}	47

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 4.22 ค่าความจุการดูดซับของวัสดุดูดซับ	48
ตารางที่ 4.23 ข้อมูลจากการทดลองเพื่อสร้าง breakthrough capacity	49
ตารางที่ 4.24 ค่าที่ใช้คำนวณหาความจุการดูดซับ Cu^{2+} Cd^{2+} และ Pb^{2+} และความจุการดูดซับ Cu^{2+} Cd^{2+} และ Pb^{2+} ของวัสดุดูดซับด้วยวิธีแบบคอลัมน์	51
ตารางที่ ข-1 ค่าที่ใช้คำนวณปริมาณการดูดซับ (mg/g)	63
ตารางที่ ข-2 ค่าต่างๆ ที่ใช้สร้างกราฟ adsorption isotherm และหาค่าความจุการดูดซับของวัสดุดูดซับ	67
ตารางที่ ข-3 ค่าต่างๆที่ใช้ในการคำนวณค่าความจุการดูดซับของถ้ำแกลบขาว	71
ตารางที่ ข-4 ค่าต่างๆที่ใช้ในการคำนวณค่าความจุการดูดซับของถ้ำแกลบขาวปรับปรุง	75
ตารางที่ ข-4 ค่าที่ใช้คำนวณหาค่า $C_{\text{out}}/C_{\text{in}}$	79

สารบัญภาพประกอบ

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 2.1 การเตรียมแก้วเคลือบขาวที่ปรับปรุงด้วย DETA- silane	4
ภาพที่ 2.2 รูปร่างไอโซเทอร์มของไกลส์และคณะ	8
ภาพที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง M และ C	12
ภาพที่ 2.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{1}{M}$ กับ $\frac{1}{C}$	12
ภาพที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\log \frac{x}{m}$ กับ $\log C_e$	13
ภาพที่ 2.6 พฤติกรรมการดูดซับแบบคอลัมน์	14
ภาพที่ 2.7 การหา Breakthrough Capacity	16
ภาพที่ 4.1 ลักษณะของเคลือบ(ก) เคลือบที่ต้มด้วยกรดไนตริก(ข) แก้วเคลือบขาว(ค) และเคลือบขาวปรับปรุงด้วย DETA- silane(ง) ตามลำดับ	23
ภาพที่ 4.2 อินฟราเรดสเปกตรัมของซิลิกาบริสุทธิ์	24
ภาพที่ 4.3 อินฟราเรดสเปกตรัมของแก้วเคลือบขาว	25
ภาพที่ 4.4 อินฟราเรดสเปกตรัมของแก้วเคลือบขาวที่ปรับปรุงด้วย DETA- silane	26
ภาพที่ 4.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการดูดซับ Cu^{2+} กับน้ำหนักของวัสดุดูดซับ	28
ภาพที่ 4.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการดูดซับ Cd^{2+} กับ น้ำหนักของวัสดุดูดซับ	29
ภาพที่ 4.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการดูดซับ Pb^{2+} กับน้ำหนักของวัสดุดูดซับ	30
ภาพที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการดูดซับ Cu^{2+} กับเวลาในการแช่วัสดุดูดซับ	31
ภาพที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการดูดซับ Cd^{2+} กับเวลาในการแช่วัสดุดูดซับ	32
ภาพที่ 4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการดูดซับ Pb^{2+} กับเวลาในการแช่วัสดุดูดซับ	33
ภาพที่ 4.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชที่มีผลต่อปริมาณการดูดซับ Cu^{2+}	34

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 4.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชที่มีผลต่อปริมาณการดูดซับ Cd^{2+}	35
ภาพที่ 4.13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชที่มีผลต่อปริมาณการดูดซับ Pb^{2+}	36
ภาพที่ 4.14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารละลาย Cu^{2+} กับปริมาณการดูดซับ Cu^{2+}	38
ภาพที่ 4.15 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารละลาย Cd^{2+} กับปริมาณการดูดซับ Cd^{2+}	39
ภาพที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารละลาย Pb^{2+} กับปริมาณการดูดซับ Pb^{2+}	41
ภาพที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\log x/m$ กับ $\log C$	42
ภาพที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\log x/m$ กับ $\log C$	43
ภาพที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\log x/m$ กับ $\log C$	44
ภาพที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\log x/m$ กับ $\log C$	45
ภาพที่ 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\log x/m$ กับ $\log C$	46
ภาพที่ 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\log x/m$ กับ $\log C$	47
ภาพที่ 4.23 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า C_{out} / C_{in} กับปริมาตรสารละลาย Cu^{2+} Cd^{2+} และ Pb^{2+} ที่เก็บหลังผ่านคอลัมน์	50
ภาพผนวก ค-1 ลักษณะทางกายภาพของแกลบ	82
ภาพผนวก ค-2 ลักษณะทางกายภาพของแกลบที่ดัดด้วยกรดไนตริก	82
ภาพผนวก ค-3 ลักษณะทางกายภาพของถ้ำแกลบขาว	83
ภาพผนวก ค-4 การรีฟลักซ์ถ้ำแกลบขาวกับ DETA-silane	83
ภาพผนวก ค-5 ลักษณะวิธีการดูดซับแบบถึงแน่	84
ภาพผนวก ค-6 ลักษณะวิธีการดูดซับแบบถึงแน่	84
ภาพผนวก ค-7 กราฟมาตรฐานสารละลาย Cu^{2+}	85
ภาพผนวก ค-8 กราฟมาตรฐานสารละลาย Cd^{2+}	85
ภาพผนวก ค-8 กราฟมาตรฐานสารละลาย Pb^{2+}	86