

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ขอบเขตการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
การตรวจเอกสาร	4
โลหะหนัก	4
การดูดติดผิวหรือการดูดซับ (Adsorption)	23
การแลกเปลี่ยนไอออน	35
การวิจัยที่เกี่ยวข้อง	37
อุปกรณ์และวิธีการ	40
อุปกรณ์	40
วิธีการดำเนินการทดลอง	43
สถานที่และระยะเวลาการวิจัย	57
สถานที่ทำการวิจัย	57
ระยะเวลาทำการวิจัย	57
ผลและการวิจารณ์	58
ผลการศึกษาลักษณะสมบัติของทรายเคลือบเหล็กออกไซด์	58
สรุปและข้อเสนอแนะ	77
สรุป	77
ข้อเสนอแนะ	78
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	79
ภาคผนวก	81
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	102

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สารออกซิไดซ์ที่ใช้ในงานบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี	14
2	สารรีดิวซ์ที่ใช้ในงานบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี	14
3	ลักษณะสมบัติของทรายกรองน้ำในเชิงพาณิชย์	21
4	แสดงค่า ZPC ของสารดูดติดผิว (Adsorbent) สำหรับโลหะหนัก ในน้ำธรรมชาติ	25
5	ปริมาณธาตุที่เป็นองค์ประกอบของทรายและทรายเคลือบเหล็กออกไซด์	59
6	เปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดโครเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์ ที่ความเข้มข้นของโครเมียมเริ่มต้นที่ 20 มก./ล ค่าพีเอชเริ่มต้น 2, 4, 6, 8 และ 10	60
7	เปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดโครเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์ ที่ความเข้มข้นโครเมียมเริ่มต้นที่ 20 มก./ล ค่าพีเอช 6 ระยะเวลาสัมผัส ที่ 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60 และ 90 นาที ตามลำดับ	62
8	เปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดโครเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์ ที่ความเข้มข้นของโครเมียมเริ่มต้นที่ 20 มก./ล ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ 0.5-0.8, 1-2 และ 3-5 มิลลิเมตร	64
9	ผลการศึกษาสมการการดูดติดผิวของไอโซเทอมแบบฟรุนด์ลิช	66
10	ผลการศึกษาสมการการดูดติดผิวของไอโซเทอมแบบแลงเมียร์	67
11	ผลการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดโครเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์ ด้วยทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ที่ชั้นความสูง 20, 40, 60 และ 80 ซม.	69
12	ผลการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดโครเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์ ด้วยทรายเคลือบเหล็กออกไซด์หลังฟื้นฟูสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ชั้นความสูง 20, 40, 60 และ 80 ซม.	73
13	ปริมาณโครเมียมที่ออกจากระบบจากการฟื้นฟูสภาพทรายเคลือบ เหล็กออกไซด์	74

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
1	ผลการศึกษาถึงค่าพีเอชของน้ำเสียเริ่มต้นต่อประสิทธิภาพการบำบัดโครเมียมด้วยทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ ที่ความเข้มข้นน้ำเสีย 20 มก./ล ระยะเวลาสัมผัส 30 นาที	82
2	ผลการศึกษาระยะเวลาสัมผัสต่อประสิทธิภาพการบำบัดโครเมียมด้วยทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ ที่ความเข้มข้นของน้ำเสียเริ่มต้น 20 มก./ล. ค่าพีเอช 4	83
3	ผลการศึกษาถึงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ต่อประสิทธิภาพการบำบัดโครเมียม ที่ความเข้มข้นน้ำเสีย 20 มก./ล ค่าพีเอช 4 ระยะเวลาสัมผัส 30 นาที	83
4	ผลการศึกษา FREUNDLICH ADSORPTION ISOTHERM โครเมียมด้วยทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ ที่ความเข้มข้นน้ำเสีย 20 มก./ล ค่าพีเอช 4 ระยะเวลาสัมผัส 30 นาที	84
5	ผลการศึกษา LANGMUIR ADSORPTION ISOTHERM โครเมียมด้วยทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ ที่ความเข้มข้นน้ำเสีย 20 มก./ล ค่าพีเอช 4 ระยะเวลาสัมผัส 30 นาที	85
6	ผลการศึกษาถึงประสิทธิภาพและสภาวะที่มีผลต่อการบำบัดโครเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ ที่ค่าความเข้มข้นน้ำเสีย 25 มก./ล ค่าพีเอช 4 และอัตราการป้อนน้ำเสีย 120 มล./นาที ความสูงชั้นทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ 20 ซม.	87
7	ผลการศึกษาถึงประสิทธิภาพและสภาวะที่มีผลต่อการบำบัดโครเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ ที่ค่าความเข้มข้นน้ำเสีย 25 มก./ล ค่าพีเอช 4 และอัตราการป้อนน้ำเสีย 120 มล./นาที ความสูงชั้นทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ 40 ซม.	88

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
8 ผลการศึกษาถึงประสิทธิภาพและสภาวะที่มีผลต่อการบำบัดโครเมียม ในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ ที่ค่าความเข้มข้นน้ำเสีย 25 มก./ล ค่าพีเอช 4 และอัตราการป้อนน้ำเสีย 120 มล./นาที่ ความสูง ชั้นทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ 60 ซม.	90
9 ผลการศึกษาถึงประสิทธิภาพและสภาวะที่มีผลต่อการบำบัดโครเมียม ในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ ที่ค่าความเข้มข้น น้ำเสีย 25 มก./ล ค่าพีเอช 4 และอัตราการป้อนน้ำเสีย 120 มล./นาที่ ความสูงชั้นทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ 80 ซม.	91
10 ผลการศึกษาการฟื้นฟูสภาพทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ด้วยสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อประสิทธิภาพการบำบัดโครเมียมในน้ำเสีย สังเคราะห์ด้วยทราย เคลือบเหล็กออกไซด์ ที่ค่าความเข้มข้นน้ำเสีย 25 มก./ล ค่าพีเอช 4 และอัตราการป้อนน้ำเสีย 120 มล./นาที่ ความสูง ชั้นทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ 20 ซม.	93
11 ผลการศึกษาการฟื้นฟูสภาพทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ด้วยสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อประสิทธิภาพการบำบัดโครเมียมในน้ำเสีย สังเคราะห์ด้วยทราย เคลือบเหล็กออกไซด์ ที่ค่าความเข้มข้นน้ำเสีย 25 มก./ล ค่าพีเอช 4 และอัตราการป้อนน้ำเสีย 120 มล./นาที่ ความสูง ชั้นทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ 40 ซม.	94
12 ผลการศึกษาการฟื้นฟูสภาพทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ด้วยสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อประสิทธิภาพการบำบัดโครเมียมในน้ำเสีย สังเคราะห์ด้วยทราย เคลือบเหล็กออกไซด์ ที่ค่าความเข้มข้นน้ำเสีย 25 มก./ล ค่าพีเอช 4 และอัตราการป้อนน้ำเสีย 120 มล./นาที่ ความสูง ชั้นทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ 60 ซม.	96

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
13 ผลการศึกษาการฟื้นฟูสภาพทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อประสิทธิภาพการบำบัดโครเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยทราย เคลือบเหล็กออกไซด์ ที่ค่าความเข้มข้นน้ำเสีย 25 มก./ล ค่าพีเอช 4 และอัตราการป้อนน้ำเสีย 120 มล./นาที่ ความสูงชั้นทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ 80 ซม.	97
14 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม	99

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กระบวนการเคลื่อนย้ายและการเปลี่ยนรูปของโครเมียมในแหล่งน้ำธรรมชาติ	10
2	การตกตะกอนผลึกไฮดรอกไซด์ของโลหะหนักที่ค่าพีเอชต่างๆ	12
3	การตกตะกอนผลึกซัลไฟด์ของโลหะหนักที่ค่าพีเอชต่างๆ	13
4	ผลของพีเอชและเวลาในการทำปฏิกิริยาเพื่อเปลี่ยนรูป Cr (VI) เป็น Cr (III)	22
5	การแลกเปลี่ยนลิแกนด์ระหว่าง H_2PO_4^- กับหมู่ -OH บนผิวของแร่เหล็กออกไซด์	27
6	ขั้นตอนการเคลื่อนย้ายโมเลกุลของการดูดติดผิวด้วยถ่านกัมมันต์	28
7	ไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบพื้นฐาน	29
8	ไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรังก์ลิช	30
9	ไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบแลงเมียร์	32
10	การเคลื่อนตัวของ adsorption zone สำหรับชั้นสารดูดติดผิวที่อยู่กับที่ตามทิศทางการไหลของน้ำเสีย	35
11	รายละเอียดคอลัมน์รีแอกเตอร์ที่ใช้ในการศึกษา	42
12	ขั้นตอนการเตรียมทรายเคลือบเหล็กออกไซด์	44
13	ลักษณะทรายก่อนและหลังเคลือบเหล็กออกไซด์	45
14	ขั้นตอนการศึกษาค่าพีเอชของน้ำเสียเริ่มต้นที่เหมาะสม	47
15	ขั้นตอนการศึกษาลักษณะของระยะเวลาสัมผัสต่อประสิทธิภาพการบำบัด	49
16	ขั้นตอนการศึกษานาตรายเคลือบเหล็กออกไซด์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัด	51
17	ขั้นตอนการศึกษาศามารถการบำบัดโครเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ โดยพิจารณาจากไอโซเทอมการดูดติดผิว	53
18	แผนภาพควบคุมการทดลองด้วยคอลัมน์รีแอกเตอร์	55
19	ขั้นตอนการศึกษาศามารถการบำบัดโครเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์โดยการทดสอบแบบต่อเนื่องด้วยคอลัมน์รีแอกเตอร์	56
20	ลักษณะของทรายและทรายเคลือบเหล็กออกไซด์	59

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
21	เปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดโครเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์ ค่าพีเอช 2, 4, 6 และ 10 ตามลำดับ	61
22	เปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดโครเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์ ที่ระยะเวลาสัมผัส 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60 และ 90 ตามลำดับ	63
23	เปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดโครเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ 0.5-0.8, 1-2 และ 3-5 มม. ตามลำดับ	64
24	ความสัมพันธ์ของไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรังก์ลิช	66
25	ความสัมพันธ์ของไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบแลงเมียร์	67
26	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโครเมียมหลังจากการบำบัดด้วยทรายเคลือบ เหล็กออกไซด์ ที่ความสูงของชั้นทราย 20, 40, 60 และ 80 ซม.	71
27	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโครเมียมหลังจากการบำบัดด้วยทรายเคลือบ เหล็กออกไซด์ซึ่งฟื้นฟูสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ความสูงของ ชั้นทราย 20, 40, 60 และ 80 ซม.	75