

การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบเอกทิวเต็คสลัดจ์
ในการกำจัดน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมด้วยการเติมผงถ่านกัมมันต์

นาย กมลรัตน์ ดีประเสริฐวงศ์



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2539

ISBN 974-636-236-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 173 62210

ENHANCEMENT OF ACTIVATED SLUDGE SYSTEM FOR TEXTILE
WASTE TREATMENT BY ADDITION OF POWDER ACTIVATED CARBON

Mr. Kamonrat Deeprasertwong

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Environmental Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 1996

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

กมลรัตน์ ดีประเสริฐวงศ์ : การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์ในการกำจัดน้ำเสียจาก โรงงาน
ฟอกย้อมด้วยการเติมผงถ่านกัมมันต์ (ENHANCEMENT OF ACTIVATED SLUDGE SYSTEM FOR
TEXTILE WASTE TREATMENT BY ADDITION OF POWDER ACTIVATED CARBON)

อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.มันสิน คัมภลเวศม์, 174 หน้า, ISBN. 974-636-236-4

งานวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาถึงอิทธิพลของผงถ่านกัมมันต์ที่มีต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบ
แอกทิเวเตดสลัดจ์ โดยใช้ น้ำเสียจริงที่มีสีรีแอกทีฟเป็นส่วนใหญ่จากโรงฟอกย้อมผ้าและผ้าฝ้าย น้ำเสียดังกล่าวมีค่าซีโอดีอยู่ในช่วง 229-280 มก./ล. มีค่าสีอยู่ในช่วง 89-122 Su.

จากการทดลองพบว่า เมื่อเติมผงถ่านกัมมันต์ที่มีความเข้มข้น 0, 25, 50, 100, 150 และ 215 มก./ล. ลงในระบบ
แอกทิเวเตดสลัดจ์ที่มี เวลาพักน้ำ และ ค่าอายุตะกอน เท่ากับ 1 และ 7 วัน ตามลำดับ จะมีค่า MLSS เฉลี่ย ในถังเติมอากาศ
เท่ากับ 374, 527, 699, 1090, 1506 และ 1729 มก./ล. และมีค่า SVI. เฉลี่ยเท่ากับ 47, 58, 58, 33, 30 และ 33 มล./ก. ตาม
ลำดับ ผลการบำบัดปรากฏว่าน้ำทิ้งมีค่าซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 72, 60, 60, 58, 53 และ 39 มก./ล. ตามลำดับ และมีสีเข้มข้น
เฉลี่ยเท่ากับ 80, 69, 59, 45, 32 และ 35 Su. ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีเฉลี่ย เท่ากับ 70, 74, 74, 79, 81 และ
84 % ตามลำดับ และประสิทธิภาพในการกำจัดสีเฉลี่ยเท่ากับ 18, 26, 37, 50, 64 และ 68 % ตามลำดับ ผลการทดลองแสดง
ได้ว่า ผงถ่านกัมมันต์สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดสีของระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์ได้อย่างชัดเจนและทำให้สลัดจ์ของ
ระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์ตกตะกอนได้ดีขึ้น แต่ไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัด ซีโอดีได้มากนัก

ผลการทดลองยังแสดงอีกว่า ระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์ธรรมดาสามารถกำจัดซีโอดีให้เหลือต่ำกว่ามาตรฐานของ
กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมที่กำหนดไว้ที่ 120 มก./ล. ได้ แต่สามารถกำจัดสี จากความเข้มข้นสีประมาณ
100 Su. ได้เหลือประมาณ 80 Su. เท่านั้น แม้ว่าระบบแพคท์ที่ความเข้มข้นผงถ่านกัมมันต์เท่ากับ 200 มก./ล. จะบำบัดสีได้
เหลือประมาณ 30 Su. แต่ต้องเสียค่าใช้จ่ายของผงถ่านกัมมันต์ที่ต้องเติมในระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์ประมาณ 8 บาท/ม³ ซึ่ง
ไปกว่านั้นสลัดจ์ที่เกิดขึ้น ในระบบแพคท์ยังมีค่ามากกว่าสลัดจ์ในระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์ถึง 4.5 เท่า

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา 2539

ลายมือชื่อนิสิต *กมลรัตน์ ดีประเสริฐวงศ์*
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา *มันสิน คัมภลเวศม์*
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาพร้อม

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

C717885 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING

KEY WORD: POWDER ACTIVATED CARBON / PACT / REACTIVE DYE

KAMONRAT DEEPRASERTWONG: ENHANCEMENT OF ACTIVATED SLUDGE SYSTEM FOR TEXTILE WASTE TREATMENT BY ADDITION OF POWDER ACTIVATED CARBON. THESIS ADVISOR:

ASSO. PROF. MUNSIN TUNTOOLAVEST, Ph.D. 174 pp.
ISBN 974-636-236-4

The purpose of this study is to investigate the effects of PAC upon the enhancement of AS for textile waste treatment. The wastewater from the cotton fabric and thread dyeing plant containing mostly reactive dyes was used, having COD concentration between 229-280 mg/l and colour between 89-122 Su.

The PAC doses of 0, 25, 50, 100, 150 and 215 mg/l were studied in the AS system which were operated at a hydraulic retention time and a sludge retention time of 1 day and 7 days respectively. The average MLSS in the aeration tank were 374, 527, 699, 1090, 1506 and 1729 mg/l and the average SVI were found to be 47, 58, 58, 33, 30 and 33 ml/g respectively. The average effluent COD were found to be 72, 60, 60, 58, 53 and 39 mg/l respectively; and the effluent colour of 80, 69, 59, 45, 32 and 35 Su respectively, were obtained. The average COD removal were 70, 74, 74, 79, 81 and 84 % respectively; and the colour removal of 18, 26, 37, 50, 64 and 68% respectively, were obtained. This experiment clearly showed that the addition of PAC to the AS system significantly increased the colour removal efficiency and improved the settleability of sludge but could only slightly increase the COD removal efficiency.

According to the experiments, the AS process alone was found to remove COD below the effluent standard, issued by the Ministry of Science, Technology and Environment, of 120 mg/l but was able to remove the colour approx. from 100 Su to 80 Su. The PACT system was found to remove the colour down to approx. 30 Su at the PAC dose of 200 mg/l but the cost of this PAC dosage was about 8 baht/m³. Furthermore, about 4.5 times of sludge was produced from the PACT system more than the AS system.

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

ปีการศึกษา 2539

ลายมือชื่อนิติกร กมลวิมล / สุปกรณ์ทอง

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา Munsin Tuntoolavest

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม



กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้เริ่มต้นและสิ้นสุดลงด้วยข้อเสนอแนะและการอบรมสั่งสอนทั้งทางทฤษฎีและทางภาคปฏิบัติตลอดจนแนวความคิดต่าง ๆ ที่สามารถนำไปใช้เพื่อความก้าวหน้าในชีวิต จากรองศาสตราจารย์ ดร.มันสิน ตันทุลเวศม์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบของพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ. โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมทุกท่าน ที่ได้ถ่ายทอดความรู้ต่าง ๆ ให้แก่ผู้วิจัย

ขอขอบพระคุณ บริษัท แซนอี 68 คอนซัลแตนท์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์เกี่ยวกับการเก็บน้ำเสียในงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ บริษัท แซนอี 68 แล็บ จำกัด ที่อนุเคราะห์การวิเคราะห์น้ำเสียบางอย่างในงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ บริษัท พัฒนาผ้าไทย และ บริษัท อุตสาหกรรมรามาทีกซ์ไทยล์(1988) จำกัด ที่อนุญาตให้นำน้ำเสียเพื่อมาใช้ในการวิจัย

ขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ทุนอุดหนุนส่วนหนึ่งที่ใช้ในงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ พี่ น้อง และ เพื่อน ทุกคนที่ให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือผู้วิจัยมาตลอด

ท้ายที่สุด คุณค่าต่าง ๆ ที่ได้จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบแด่ บิดา-มารดา ที่ให้กำลังใจผู้วิจัยตลอดมา

สารบัญ

| | หน้า |
|--|----------|
| บทคัดย่อภาษาไทย | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | จ |
| กิตติกรรมประกาศ | ฉ |
| สารบัญ | ช |
| สารบัญตาราง | ญ |
| สารบัญรูป | ณ |
| การเทียบศัพท์ | ด |
| บทที่ 1. บทนำ | 1 |
| 1.1 ความเป็นมา | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ | 2 |
| 1.3 ขอบเขตการวิจัย | 2 |
| บทที่ 2. ทบทวนเอกสาร | 3 |
| 2.1 สีย้อม(Dyes) | 3 |
| 2.1.1 การมองเห็นสี | 3 |
| 2.1.2 การจำแนกสีย้อม | 5 |
| 2.1.3 สีย้อมรีแอกทีฟ | 10 |
| 2.2 การดูดติด | 15 |
| 2.2.1 ลักษณะทางกายภาพของผงถ่านกัมมันต์ | 15 |
| 2.2.2 ประเภทของการดูดติดผิว | 16 |
| 2.2.3 ลำดับการดูดติดผิว | 18 |
| 2.2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดติดผิว | 19 |
| 2.2.5 โมเดลที่แสดงการดูดติดผิว | 20 |
| 2.2.6 การใช้ผงถ่านกัมมันต์ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงฟอกย้อม | 21 |
| 2.3 การย่อยสลายสีย้อมด้วยจุลชีพแบบใช้อากาศ | 22 |

สารบัญ(ต่อ)

| | หน้า |
|---|-----------|
| 2.4 ระบบแพคท์ | 25 |
| 2.4.1 ลักษณะทั่วไป | 25 |
| 2.4.2 ความสามารถในการดูดติดของถ่านจริง ๆ และ ความสามารถในการดูดติดของถ่านในระบบแพคท์ | 28 |
| 2.4.3 ปฏิสัมพันธ์(Interactions) ระหว่างผงถ่านกัมมันต์และกลุ่มจุลชีพ | 31 |
| 2.4.4 ข้อดีของระบบแพคท์ | 36 |
| 2.4.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงาน | 37 |
| 2.4.6 การใช้งานในการบำบัดน้ำเสียจากโรงฟอกย้อม | 38 |
| บทที่ 3. แผนงานและการดำเนินการวิจัย | 43 |
| 3.1 แผนการทดลอง | 43 |
| 3.1.1 พารามิเตอร์ที่ต้องควบคุม | 43 |
| 3.1.2 ปริมาณการทดลอง | 44 |
| 3.1.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง | 45 |
| 3.1.4 การกำหนดปริมาณความเข้มข้นของถ่านที่ใช้ในการทดลอง | 45 |
| 3.2 การเตรียมน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม | 46 |
| 3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง | 46 |
| 3.4 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง | 50 |
| 3.5 วิธีวิเคราะห์และเก็บตัวอย่างน้ำ | 51 |
| 3.6 ขั้นตอนการเลือกผงถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการทดลอง | 52 |
| 3.7 การดูแลรักษาและควบคุมระบบ | 53 |
| บทที่ 4. ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผล | 55 |
| 4.1 การเลือกชนิดของผงถ่านกัมมันต์ | 55 |
| 4.2 ผลการทำงานของระบบแยกทิวเต็ดคสลัดจ์ที่มีการเติมผงถ่านภายใต้ สภาวะต่าง ๆ | 70 |

สารบัญ(ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| 4.3 อิทธิพลของผงถ่านกัมมันต์ที่มีต่อระบบแอกทิเวตีสลัคจ์ | 79 |
| 4.3.1 การกำจัดซีโอดีและสี | 79 |
| 4.3.2 การเกิดฟอง | 89 |
| 4.3.3 การเปลี่ยนแปลงมวลจุลชีพ | 90 |
| 4.3.4 ลักษณะการตกตะกอน | 92 |
| 4.3.5 ลักษณะจุลินทรีย์ในระบบ | 93 |
| 4.4 การเปรียบเทียบด้านธรรมดากับถ่านในระบบแพคท์ | 96 |
| 4.4.1 ความสามารถในการดูดซับ | 96 |
| 4.4.2 ปริมาณผงถ่านกัมมันต์ที่ใช้ | 100 |
| 4.5 ค่าใช้จ่ายของผงถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในระบบ | 104 |
| 4.6 ข้อสังเกตเพิ่มเติมจากขอบเขตงานวิจัย | 105 |
| บทที่ 5. ความสำคัญของงานวิจัยในทางวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม | 110 |
| บทที่ 6. สรุปผลการทดลอง | 111 |
| บทที่ 7. ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยเพิ่มเติม | 113 |
| รายการอ้างอิง | 114 |
| ภาคผนวก ก ผลการทดลองครั้งที่ 1 | 119 |
| ภาคผนวก ข ผลการทดลองครั้งที่ 2 | 129 |
| ภาคผนวก ค ผลการทดลองครั้งที่ 3 | 139 |
| ภาคผนวก ง ลักษณะเฉพาะของผงถ่านกัมมันต์ที่นำมาทดสอบ Isotherm test | 149 |
| ภาคผนวก จ ค่า Absorbance ของน้ำเสียจากโรงฟอกย้อม ที่ได้จากการทำ Isotherm test | 151 |
| ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างรายการคำนวณ | 154 |
| ประวัติผู้เขียน | 158 |

สารบัญตาราง

| | หน้า |
|--|------|
| ตารางที่ 2.1 ประเภทของสีแบ่งตามความยาวคลื่น | 3 |
| ตารางที่ 2.2 ประเภทของสีย้อม | 7 |
| ตารางที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างทางเคมีของเส้นใยบางประเภทกับ ประเภทของสีย้อมที่ใช้ | 9 |
| ตารางที่ 2.4 เปอร์เซนต์การกระจายตามกลุ่มลักษณะ โครงสร้างทางเคมีของสีรีแอกทีฟ แบ่งตามวรรณะสี | 10 |
| ตารางที่ 2.5 กลุ่มสีรีแอกทีฟของสีย้อมรีแอกทีฟของโรงงานต่าง ๆ ที่ผลิตในโลก | 12 |
| ตารางที่ 2.6 การกำจัดซีโอไซด์และสีของน้ำเสียที่เกิดจากการย้อมสีรีแอกทีฟ โดยระบบแพคท์ | 39 |
| ตารางที่ 2.7 ลักษณะน้ำเสียจากสีย้อมประเภท Dyes และ Pigments | 40 |
| ตารางที่ 2.8 รายละเอียดในการทดลองทั้ง 5 ชุดของ EPA. | 41 |
| ตารางที่ 2.9 ผลการทดลองของ EPA. | 41 |
| ตารางที่ 2.10 %การกำจัดซีโอไซด์และสีที่เพิ่มขึ้น | 42 |
| ตารางที่ 3.1 พารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ต้องควบคุม | 43 |
| ตารางที่ 3.2 ปริมาณการทดลอง | 44 |
| ตารางที่ 3.3 ระยะเวลาในการทำการทดลอง | 45 |
| ตารางที่ 3.4 ปริมาณผงถ่านที่ต้องเติมในแต่ละวัน | 51 |
| ตารางที่ 3.5 วิธีวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ | 51 |
| ตารางที่ 3.6 รายละเอียดของข้อมูลที่ต้องทำการวิเคราะห์ | 52 |
| ตารางที่ 4.1 การหาเวลาสัมผัสที่เหมาะสม (น้ำเสียจากโรงงานแรก) | 55 |
| ตารางที่ 4.2 ผลการทำ ISOTHERM TEST จากน้ำทิ้งโรงฟอกย้อมแห่งแรก | 57 |
| ตารางที่ 4.3 การหาเวลาสัมผัสที่เหมาะสม (น้ำเสียจากโรงงานแห่งที่สอง) | 60 |
| ตารางที่ 4.4 ผลการทำ ISOTHERM TEST จากน้ำทิ้งโรงฟอกย้อมแห่งที่สอง | 62 |

สารบัญตาราง (ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วง steady state ของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการทดลองครั้งที่ 1 | 70 |
| ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วง steady state ของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการทดลองครั้งที่ 2. | 73 |
| ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วง steady state ของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการทดลองครั้งที่ 3 | 76 |
| ตารางที่ 4.8 % กำจัดซีโอดีและสี | 79 |
| ตารางที่ 4.9 ค่า Absorbance ของน้ำเสียและน้ำทิ้งที่ความยาวคลื่นค่าต่าง ๆ | 81 |
| ตารางที่ 4.10 MLSS ในแต่ละการทดลอง | 90 |
| ตารางที่ 4.11 ผลต่างระหว่างมวลจุลชีพที่ได้จากการวัดกับการคำนวณ | 91 |
| ตารางที่ 4.12 ความสามารถในการกำจัดซีโอดีและสีของถ่านธรรมชาติ และถ่านในระบบแพคท์ | 97 |
| ตารางที่ 4.13 ปริมาณผงถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียให้มี ซีโอดี เหลือในระดับต่าง ๆ | 101 |
| ตารางที่ 4.14 ปริมาณผงถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียให้มี สี เหลือในระดับต่าง ๆ | 102 |
| ตารางที่ 4.15 สภาพของชุดการทดลองเรื่องการกำจัดสี | 105 |
| ตารางที่ 4.16 สีและซีโอดีของน้ำเสียภายหลังที่ตั้งทิ้งไว้นาน 1 และ 2 วัน | 105 |
| ตารางที่ 4.17 ผลการวิเคราะห์น้ำเสียในการทดลองครั้งที่ 3. เมื่อเวลาผ่านไป 11 วัน | 108 |

สารบัญรูป

| | หน้า |
|---|------|
| รูปที่ 2.1 รูปตัดแสดงรูพรุนของถ่านกัมมันต์เปรียบเทียบกับเซลดัลจูลชีฟ | 15 |
| รูปที่ 2.2 ลักษณะโครงสร้างของโมเลกุลของถ่านกัมมันต์ที่มี Functional Group ประเภท Quinone-type Carbonyl Group | 16 |
| รูปที่ 2.3 Functional Group ประเภทต่าง ๆ | 17 |
| รูปที่ 2.4 ตัวอย่างการดูดซับทางเคมีของถ่านกัมมันต์ | 18 |
| รูปที่ 2.5 Acid Orange 7 และ Acid Red 151 | 24 |
| รูปที่ 2.6 ลักษณะโดยทั่วไปของระบบแพคท์ | 26 |
| รูปที่ 2.7 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของน้ำเสีย | 27 |
| รูปที่ 2.8 ความสามารถในการดูดซับของถ่านในระบบแพคท์ ณ ค่าอายุตะกอนต่าง ๆ และความสามารถในการดูดซับของถ่านธรรมชาติ | 29 |
| รูปที่ 2.9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับของถ่าน ในระบบแพคท์กับความสามารถในการดูดซับของถ่านธรรมชาติ | 30 |
| รูปที่ 2.10 โมเดลแสดงชั้นฟิล์มของถ่านกัมมันต์ | 32 |
| รูปที่ 3.1 ดังปฏิกิริยาที่ใช้ในการทดลอง | 47 |
| รูปที่ 3.2 รายละเอียดการเดินระบบแพคท์ | 48 |
| รูปที่ 3.3 Model ที่ใช้ในการวิจัย | 49 |
| รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง ซีไอดีที่เหลือจากการดูดซับกับเวลาสัมผัส | 56 |
| รูปที่ 4.2 Isotherm Test ซีไอดีเป็นสารถูกดูดซับ | 58 |
| รูปที่ 4.3 Isotherm Test ซีไอดีเป็นสารถูกดูดซับ | 59 |
| รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง ซีไอดีที่เหลือจากการดูดซับกับเวลาสัมผัส | 61 |
| รูปที่ 4.5 Isotherm Test ซีไอดีเป็นสารถูกดูดซับ | 63 |
| รูปที่ 4.6 Isotherm Test ซีไอดีเป็นสารถูกดูดซับ | 64 |
| รูปที่ 4.7 ลักษณะทางกายภาพของผงถ่านกัมมันต์ชนิด PL.75 เมื่อขยาย 200 เท่า | 66 |
| รูปที่ 4.8 ลักษณะทางกายภาพของผงถ่านกัมมันต์ชนิด WPX. เมื่อขยาย 200 เท่า | 67 |

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

| | | |
|-------------|---|----|
| รูปที่ 4.9 | ลักษณะทางกายภาพของผงถ่านกัมมันต์ชนิด PC.115 เมื่อขยาย 200 เท่า | 67 |
| รูปที่ 4.10 | ลักษณะทางกายภาพของผงถ่านกัมมันต์ชนิด PL.75 เมื่อขยาย 7500 เท่า | 68 |
| รูปที่ 4.11 | ลักษณะทางกายภาพของผงถ่านกัมมันต์ชนิด WPX. เมื่อขยาย 7500 เท่า | 69 |
| รูปที่ 4.12 | ลักษณะทางกายภาพของผงถ่านกัมมันต์ชนิด PC.115 เมื่อขยาย 7500 เท่า | 69 |
| รูปที่ 4.13 | ผลของการทดลองครั้งที่ 1 | 71 |
| รูปที่ 4.14 | ผลของการทดลองครั้งที่ 2 | 74 |
| รูปที่ 4.15 | ผลของการทดลองครั้งที่ 3 | 77 |
| รูปที่ 4.16 | ความสัมพันธ์ระหว่าง %กำจัดซีโอดีกับความเข้มข้นของผงถ่าน ที่เติมในระบบ AS | 82 |
| รูปที่ 4.17 | ความสัมพันธ์ระหว่าง %กำจัดซีโอดีที่เพิ่มขึ้นจากหน่วยควบคุม กับความเข้มข้นของผงถ่านที่เติมในระบบ AS | 83 |
| รูปที่ 4.18 | ซีโอดีที่เหลือจากการเขย่าที่ความเข้มข้นของผงถ่านค่าต่าง ๆ | 84 |
| รูปที่ 4.19 | ความสัมพันธ์ระหว่าง %กำจัดสี กับความเข้มข้นของผงถ่านที่เติมในระบบ AS. | 85 |
| รูปที่ 4.20 | ความสัมพันธ์ระหว่าง %กำจัดสีที่เพิ่มขึ้นจาก หน่วยควบคุม กับ ความเข้มข้นของผงถ่าน ที่เติมในระบบ AS. | 86 |
| รูปที่ 4.21 | สีที่เหลือจากการเขย่า ที่ความเข้มข้นผงถ่านค่าต่าง ๆ | 87 |
| รูปที่ 4.22 | การเปรียบเทียบลักษณะการเกิดฟองของระบบแอกทิเวเต็ดสตัลด์จ์ และระบบแพคท์ | 89 |
| รูปที่ 4.23 | ความสัมพันธ์ระหว่าง V_{30} กับ ความเข้มข้นของผงถ่านเทียบกับน้ำเสียเข้า | 92 |
| รูปที่ 4.24 | ความสัมพันธ์ระหว่าง SVI. กับ ความเข้มข้นของผงถ่านเทียบกับน้ำเสียเข้า | 93 |
| รูปที่ 4.25 | จุลินทรีย์ในระบบแอกทิเวเต็ดสตัลด์จ์ อายุตะกอน 7 วัน (หน่วยควบคุม) | 94 |
| รูปที่ 4.26 | จุลินทรีย์ผสมรวมกับผงถ่านในระบบแพคท์ อายุตะกอน 7 วัน (ระบบแพคท์)..... | 94 |
| รูปที่ 4.27 | จุลินทรีย์ในระบบแอกทิเวเต็ดสตัลด์จ์เมื่อถ่ายด้วย SEM ขยาย 7500 เท่า อายุตะกอน 7 วัน (หน่วยควบคุม)..... | 95 |

สารบัญรูป (ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| รูปที่ 4.28 จุลินทรีย์ในระบบแพคท์เมื่อถ่ายด้วย SEM ขยาย 7500 เท่า อายุตะกอน 7 วัน (ระบบแพคท์) | 95 |
| รูปที่ 4.29 การเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับไอศิของถ่านธรรมชาติ และถ่านในระบบแพคท์ | 98 |
| รูปที่ 4.30 การเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับไอศิของถ่านธรรมชาติ และถ่านในระบบแพคท์ | 99 |
| รูปที่ 4.31 ปริมาณผงถ่านที่ใช้ในการกำจัดไอศิโดยการดูดซับผิวเปรียบเทียบ กับระบบแพคท์ | 101 |
| รูปที่ 4.32 ปริมาณผงถ่านที่ใช้ในการกำจัดไอศิโดยการดูดซับผิวเปรียบเทียบ กับระบบแพคท์ | 103 |
| รูปที่ 4.33 ลักษณะน้ำเสียเมื่อเริ่มต้น | 106 |
| รูปที่ 4.34 ลักษณะน้ำเสียเมื่อผ่านไป 2 วัน | 106 |
| รูปที่ 4.35 การเปรียบเทียบ % กำจัดไอศิกับเวลาของชุดการทดลองต่าง ๆ | 107 |
| รูปที่ 4.36 การเปรียบเทียบ % กำจัดไอศิกับเวลาของชุดการทดลองต่าง ๆ | 107 |

การเทียบศัพท์

| ภาษาไทย | ภาษาอังกฤษ |
|--|-----------------------------------|
| การดูดติด | Adsorption |
| การดูดติดทางเคมี | Chemisorption |
| การดูดติดผิวทางกายภาพ | Physisorption |
| การปรับคืนสภาพทางชีวภาพ | Bioregeneration |
| การปรับชินสภาพ | Acclimatization |
| การแพร่ผ่านเข้าไปในโพรง | Pore Diffusion |
| การแพร่ผ่านผิวฟิล์ม | Film Diffusion |
| การย่อยสลายโดยสิ่งมีชีวิต | Biotic Degradation |
| การย่อยสลายที่ไม่ได้เกิดจากสิ่งมีชีวิต | Abiotic Degradation |
| ความสามารถดูดติดของถ่านกัมมันต์ในระบบแพคท์ | Apparent Loading |
| ชั้นฟิล์มที่ไม่มีอากาศ | Anaerobic Boundary |
| ชั้นฟิล์มที่อากาศเข้าถึง | Aerobic Boundary |
| ถังคาร์บอนแบบเกร็ด | Granular Activated Carbon Column |
| บ่อเติมอากาศ | Aerated Lagoons |
| ผงถ่านกัมมันต์ | Powder Activated Carbon |
| พันธะโควาเลนต์ | Covalent Bond |
| ภาระปริมาณน้ำ | Hydraulic Loading |
| ภาระอินทรีย์ | Organic Loading |
| มาโครพอร์ | Macro Pores |
| ไมโครพอร์ | Micro Pores |
| ระบบแพคท์ | Powder Activated Carbon Treatment |

การเทียบศัพท์ (ต่อ)

| ภาษาไทย | ภาษาอังกฤษ |
|---------------------------------|--------------------------|
| แรงดึงดูดระหว่างมวล | Van der Waals Forces |
| ลักษณะการตกตะกอน | Settling Characteristics |
| วรรณะสี | Hue |
| สภาพที่เป็นขั้ว | Polarity |
| สภาวะเสริม(ราชบัณฑิตยสถาน,2529) | Synergy |
| สมบัติ | Property |
| สลัดจ์ | Sludge |
| ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน | Standard deviation |
| สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ | Correlation Coefficient |
| สารกระจายตัว | Dispersing Agent |
| สารซักฟอก | Detergent |
| สารถูกดูดติด | Adsorbate |
| สารพา | Carrier |
| สีย้อม | Dyes |
| สีย้อมแบบมีประจุ | Ionic Dyes |
| สีย้อมประจุบวก | Cationic Dyes |
| สีย้อมประจุลบ | Anionic Dyes |
| สีย้อมรีแอกทีฟ | Reactive Dyes |
| เส้นใยที่มีประจุ | Ionic Substrates |
| เส้นใยที่ไม่ชอบน้ำ | Hydrophobic Fibres |
| เส้นใยที่ไม่มีประจุ | Non-Ionic Substrates |
| อันตรกิริยา | Interactions |