

การกำจัดแคดเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์
โดยถ่านไม้และถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากถ่านไม้



นางสาวหทัยกาญจน์ เบญจวิฑาธรรม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม (สหสาขาวิชา)

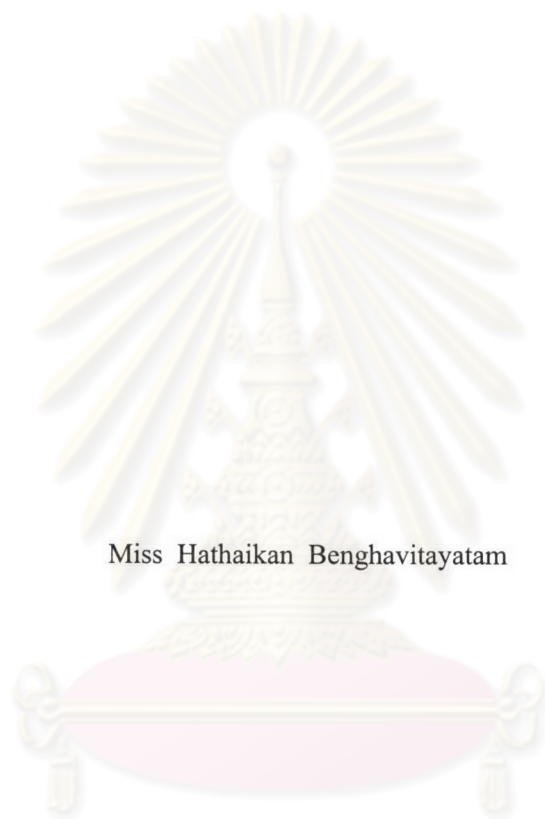
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-53-1869-8

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CADMIUM REMOVAL FROM SYNTHETIC WASTEWATER
BY CHARCOAL AND ACTIVATED CARBON PREPARED FROM CHARCOAL



Miss Hathaikan Benghavitayatom

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Environmental Science(Inter – Department)

Graduate School Chulalongkorn University

Academic Year 2004

ISBN 974-53-1869-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การกำจัดแคดเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์

โดยถ่านไม้และถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากถ่านไม้

โดย

นางสาว หทัยกาญจน์ เบญจวิทยาธรรม


สหสาขาวิชา

วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม

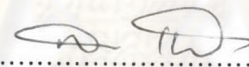
อาจารย์ที่ปรึกษา

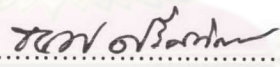
รองศาสตราจารย์ ดร.ชเรศ ศรีสถิตย์


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

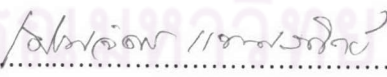
.....  คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ม.ร.ว. กัลยา ดิงศภัทย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....  ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมใจ เพ็งปรีชา)

.....  อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชเรศ ศรีสถิตย์)

.....  กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชราพงษ์ วิทิตสานต์)

.....  กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ เปรมจิตต์ แทนสถิตย์)

หทัยกาญจน์ เบญจวิทย์ : การกำจัดแคดเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์โดยถ่านไม้และถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากถ่านไม้ (CADMIUM REMOVAL FROM SYNTHETIC WASTEWATER BY CHARCOAL AND ACTIVATED CARBON PREPARED FROM CHARCOAL). อ.ที่ปรึกษา : รศ. ดร. ฐเรศ ศรีสถิตย์ ; 99 หน้า. ISBN 974-53-1869-8

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดแคดเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์ของถ่านไม้แดงและถ่านไม้แดงที่ผ่านการกระตุ้นด้วยเกลือแอง โดยทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพ ปัจจัยที่เหมาะสมในการกำจัดแคดเมียม และการทดสอบไอโซเทอมการดูดติดผิวแคดเมียมแบบฟรอนดลิจ ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของถ่านไม้แดง มีค่าพื้นที่ผิว 256.57 ตารางเมตร/กรัม สำหรับการศึกษากการเตรียมถ่านกัมมันต์พบว่า มีสถานะเหมาะสมที่การเผากระตุ้น 400 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราส่วนโดยน้ำหนักของถ่านต่อเกลือแอง 1:1 มีค่าพื้นที่ผิว 167.33 ตารางเมตร/กรัม และมีขนาดโพรงเฉลี่ย 7659.88 และ 1722.12 อังสตรอม เมื่อพิจารณาถึงค่าพีเอชต่อผลของประสิทธิภาพการกำจัดในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีค่าพีเอช 4 ถ่านทั้ง 2 ชนิดมีความเหมาะสมในการกำจัดแคดเมียมได้ดีที่สุด โดยถ่านไม้แดงมีประสิทธิภาพในการกำจัด 29.077 % และถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้มีประสิทธิภาพในการกำจัด 20.172 % ผลการศึกษาไอโซเทอมการดูดติดผิวแคดเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์ ซึ่งสอดคล้องกับรูปแบบสมการของฟรอนดลิจ ถ่านไม้แดงและถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้มีประสิทธิภาพในการกำจัดแคดเมียมได้สูงที่สุด 4.9075 และ 3.0940 มิลลิกรัม/กรัม ตามลำดับ จากผลการศึกษาที่ได้แสดงให้เห็นว่าถ่านไม้แดงมีประสิทธิภาพในการกำจัดแคดเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์ได้ดีกว่าถ่านกัมมันต์ซึ่งเตรียมจากถ่านไม้แดงโดยการกระตุ้นด้วยเกลือแองที่สถานะเหมาะสมดังกล่าว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สาขาวิชา.....วิทยาศาสตร์สถานะแวดล้อม.....ลายมือชื่อนิสิต.....หทัยกาญจน์ เบญจวิทย์
ปีการศึกษา.....2547.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

4489119320: MAJOR INTER-DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEYWORD : ACTIVATED CARBON / CADMIUM / WASTEWATER /IRON WOOD

CHARCOAL

HATHAIKAN BENGHAVITAYATAM : CADMIUM REMOVAL FROM SYNTHETIC

WASTEWATER BY CHARCOAL AND ACTIVATED CARBON PREPARED FROM

CHARCOAL THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. THARES SRISATIT, Ph.D. 99 pp.

ISBN 974-53-1869-8.

The objective of this research were to study the cadmium removal efficiency from synthetic wastewater on cadmium contaminated by iron wood charcoal and iron wood charcoal with activated carbon using sodium chloride. The physical characteristics, optimum factors of cadmium removal and freundlich adsorption isotherm were observed. The physical characteristics results, surface area of iron wood charcoal is $256.57 \text{ m}^2/\text{g}$. Preparing activated carbon, the optimum condition at 400°C with ratio by weight of charcoal to sodium chloride 1:1, surface area $167.33 \text{ m}^2/\text{g}$ and average pore diameter are 7659.88 and 1722.12 \AA respectively. Consider the best optimum pH to removal efficiency in synthetic wastewater were pH 4 for two charcoals, removal efficiency of iron wood charcoal 29.077% and prepared activated carbon 20.172%. The experiment results of isotherm adsorption to cadmium in synthetic wastewater related to freundlich equation. The maximum cadmium removal efficiency of iron wood charcoal and prepared activated carbon were 4.9075 and 3.0940 mg/g respectively. In this experiment results shown the cadmium removal efficiency in synthetic wastewater of iron wood charcoal were better than activated carbon preparing from iron wood charcoal with activated using sodium chloride.

Field of Study Environmental Science Student's Signature..... Hathaihan Benghavitayatam
Academic Year..... 2004 Advisor's Signature..... T. Srisatit

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องมาจากความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์ ดร.ชเรศ ศรีสถิตย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็น ตลอดจนความช่วยเหลือต่างๆ อีกทั้งยังได้สละเวลาอันมีค่ายิ่งในการให้คำปรึกษาและตรวจแก้ไข ข้อผิดพลาดตลอดการทำวิจัย รวมทั้งคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ได้ให้ความกรุณาต่อ ผู้วิจัยเป็นอย่างดี ขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่และเครื่องมือของห้องปฏิบัติการมูลฝอยในการทำวิจัย ตลอดจนงานวิจัย

ทุนในการทำวิจัยได้รับการสนับสนุนจากบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย ขอขอบคุณ คุณศุภนิษฐ์ คู่ยเสงี่ยม ที่ช่วยเหลือเพื่อข้อมูลและช่วยจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์จน สำเร็จ รวมทั้งคุณปิยวรรณ ปัญญาดี เจ้าหน้าที่วิเคราะห์เครื่อง AAS ตลอดจนเจ้าหน้าที่ห้อง ปฏิบัติการทุกท่าน ทุกระดับ รวมถึงเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ทุกคนที่ไม่สามารถออกนามได้หมด ซึ่ง มีส่วนช่วยให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ได้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ได้ให้การสนับสนุนและคอยช่วยเหลือ รวมทั้งเป็นกำลังใจในการศึกษามาตลอดจนสำเร็จการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญรูป	ญ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	4
1.3 สมมติฐาน.....	4
1.4 ขอบเขตการศึกษา	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 อ่างเก็บน้ำเสียด.....	6
2.2 การกำจัดโลหะหนักในน้ำเสีย	8
2.3 ถ่านกัมมันต์.....	12
2.4 ไอโซเทอมการดูดติดผิว	33
2.5 แคลเมียม.....	37
2.6 ไม้แดง	44
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	45
3. การดำเนินการศึกษา.....	52
3.1 รูปแบบการดำเนินการศึกษา.....	52
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	52
3.3 วิธีดำเนินการวิจัย	53
4. ผลการทดลองและการอภิปรายผล.....	61
4.1 การเตรียมและการศึกษาประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์.....	61

4.2 การศึกษาความสามารถในการคิดตีความแบบไม่ต่อเนื่อง.....	69
4.3 การศึกษาประสิทธิภาพการคิดตีความแบบต่อเนื่องในถังกคิดตีความแบบแท่ง.....	82
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	84
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	84
5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยต่อไปในอนาคต	86
รายการอ้างอิง	87
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก.....	91
ภาคผนวก ข	95
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	98

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	สารเคมีที่ใช้เป็นสารกระตุ้นในการกระตุ้นด้วยวิธีการเคมี23
3.1	อัตราส่วนของวัตถุดิบต่อตัวกระตุ้นเกลือแกง55
3.2	พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์และวิธีวิเคราะห์55
4.1	ค่าร้อยละของผลผลิตที่ได้เทียบกับวัตถุดิบ และค่าไอโอดีนนมเบอร์.....62 ของถ่านที่ผลิตจากถ่านไม้แดงที่เผาที่อุณหภูมิต่างๆ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
4.2	อุณหภูมิที่ใช้ในการเผา อัตราส่วนโดยน้ำหนักวัตถุดิบต่อตัว.....65 กระตุ้นเกลือแกง ร้อยละผลผลิตที่ได้ และค่าไอโอดีนนมเบอร์ของถ่านกัมมันต์
4.3	ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ.....66
4.4	ค่าเปอร์เซ็นต์การละลายและตกตะกอนของแคะเมียมในน้ำเสี้ยวสังเคราะห์.....69 ที่ค่าพีเอชต่าง ๆ
4.5	เปอร์เซ็นต์การกำจัดแคะเมียมในน้ำเสี้ยวสังเคราะห์ที่พีเอชต่างๆ.....71 หลังการดูดซับด้วยถ่านทั้ง 3 ชนิด
4.6	ปริมาณแคะเมียมในน้ำเสี้ยวสังเคราะห์ที่ค่าพีเอช 4.....73 หลังผ่านการดูดซับด้วยถ่านไม้แดง
4.7	ปริมาณแคะเมียมในน้ำเสี้ยวสังเคราะห์ที่ค่าพีเอช 4 หลังผ่านการดูดซับ.....74 ด้วยถ่านไม้แดงเผาที่ 400 องศาเซลเซียส
4.8	ปริมาณแคะเมียมในน้ำเสี้ยวสังเคราะห์ที่ค่าพีเอช 4 หลังผ่านการดูดซับ.....74 ด้วยถ่านไม้แดงที่ผ่านการกระตุ้น
4.9	ปริมาณแคะเมียมในน้ำเสี้ยวสังเคราะห์ที่ค่าพีเอช 7 หลังผ่านการดูดซับ.....75 ด้วยถ่านไม้แดง
4.10	ปริมาณแคะเมียมในน้ำเสี้ยวสังเคราะห์ที่ค่าพีเอช 7 หลังผ่านการดูดซับ.....75 ด้วยถ่านไม้แดงเผาที่ 400 องศาเซลเซียส
4.11	ปริมาณแคะเมียมในน้ำเสี้ยวสังเคราะห์ที่ค่าพีเอช 7 หลังผ่านการดูดซับ.....76 ด้วยถ่านไม้แดงที่ผ่านการกระตุ้น
4.12	ผลการคำนวณปริมาณแคะเมียมที่ถูกดูดซับได้สูงสุดต่อปริมาณ.....81 ถ่านไม้แดงทั้ง 3 ชนิด (q_{max}) ที่ค่าพีเอช 4 และ 7

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	ที่ตั้งและอาณาเขตอำเภอแม่สอด6
2.2	กระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์.....16
2.3	การเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงคาร์บอนอะตอมตามอุณหภูมิที่เผา20
2.4	ขั้นตอนการผลิตถ่านกัมมันต์ด้วยวิธีการกระตุ้นทางเคมี24
2.5	ขั้นตอนการผลิตถ่านกัมมันต์ด้วยก๊าซออกซิไดซ์26
2.6	ไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบแลงเมียร์35
2.7	ไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบบีอีที36
2.8	ไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรุนคลิช37
2.9	ผู้ป่วยโรคฮีไอ-อีไอ.....42
3.1	ขั้นตอนการศึกษาอิทธิพลของพีเอชต่อการดูดติดผิว.....56
3.2	ขั้นตอนการศึกษาอิทธิพลของเวลาสัมผัสต่อการดูดติดผิว.....57
3.3	ขั้นตอนการศึกษาอิทธิพลของปริมาณถ่านต่อการดูดติดผิว58
3.4	ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพถ่าน โดยการทดลองแบบต่อเนื่อง.....59
4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าไอโอดีนนัมเบอร์กับอุณหภูมิที่ใช้.....62
	ในการเผาวัตถุดิบที่อุณหภูมิต่างๆ
4.2	ร้อยละของผลผลิตของถ่านไม้แดงที่ได้เทียบกับวัตถุดิบ.....63
	เมื่อเผาที่อุณหภูมิต่างๆ
4.3	ลักษณะโครงสร้าง พื้นผิว และรูพรุนของถ่านไม้แดง เมื่อใช้กำลังขยาย 3,000 เท่า.....68
4.4	ลักษณะ โครงสร้าง พื้นผิว และรูพรุนของถ่านไม้แดง เมื่อเผาที่ 400 องศาเซลเซียส.....68
	เมื่อใช้กำลังขยาย 3,000 เท่า
4.5	ลักษณะ โครงสร้าง พื้นผิว และรูพรุนของถ่านไม้แดงที่ผ่านการกระตุ้น.....68
	ด้วยเกลือแกงและเผาที่ 400 องศาเซลเซียส เมื่อใช้กำลังขยาย 3,000 เท่า
4.6	ค่าเปอร์เซ็นต์การละลายและการตกตะกอนของแคะเมียม.....70
	ในน้ำเสี้ยวสังเคราะห์ที่ค่าพีเอชต่างๆ

รูปที่		หน้า
4.7	เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การกำจัดแคดเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์..... ที่พีเอชต่างๆ หลังการดูดซับด้วยถ่านทั้ง 3 ชนิด	72
4.8	เปรียบเทียบปริมาณแคดเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์ที่เหลืออยู่..... หลังผ่านการดูดซับด้วยถ่านทั้ง 3 ชนิด ที่ค่าพีเอช 4 และ 7	77
4.9	สมการไอโซเทอมการดูดซับแคดเมียมแบบฟรุนดลิช..... ของถ่านไม้แดงที่ค่าพีเอช 4	78
4.10	สมการไอโซเทอมการดูดซับแคดเมียมแบบฟรุนดลิช..... ของถ่านไม้แดงเผาที่ 400 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 4	79
4.11	สมการไอโซเทอมการดูดซับแคดเมียมแบบฟรุนดลิช..... ของถ่านไม้แดงที่ผ่านการกระตุ้นที่ค่าพีเอช 4	79
4.12	สมการไอโซเทอมการดูดซับแคดเมียมแบบฟรุนดลิช..... ของถ่านไม้แดงที่ค่าพีเอช 7	80
4.13	สมการไอโซเทอมการดูดซับแคดเมียมแบบฟรุนดลิช..... ของถ่านไม้แดงเผาที่ 400 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอช 7	80
4.14	สมการไอโซเทอมการดูดซับแคดเมียมแบบฟรุนดลิช..... ของถ่านไม้แดงที่ผ่านการกระตุ้นที่ค่าพีเอช 7	81