

การกำจัดโคโรเมียมโดยการตกผลึกในกระบวนการฟลูอิดไดซ์เบด



นางสาว อัญชลี จันทวรรณกุล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


พ.ศ. 2535

ISBN 974-581-517-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

018536 1474546116

CHROMIUM REMOVAL BY CRYSTALLIZATION IN FLUIDIZED BED PROCESS



Miss Unchalee Chantawannakool

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

1992

ISBN 974-581-517-9



หัวข้อวิทยานิพนธ์

การกำจัดโคโรเมียมโดยการตกผลึกในกระบวนการ
ฟลูอิดไดซ์เบด

โดย

นางสาว อัญชลี จันทวรรณกุล

ภาควิชา

วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยคณาจารย์ ดร.สุทธิรักษ์ สุจริตตานนท์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้แนบวิทยานิพนธ์ฉบับ
นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(คณาจารย์ ดร.ถาวร วัชรภักย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองคณาจารย์ วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยคณาจารย์ ดร.สุทธิรักษ์ สุจริตตานนท์)

..... กรรมการ
(รองคณาจารย์ ไพพรรณ นรประภา)

..... กรรมการ
(รองคณาจารย์ สุรี ขาวเขียว)



พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

อัญชลี จันทวรรณกูร : การกำจัดโครเมียมโดยการตกผลึกในกระบวนการฟลูอิดไคซ์เบด (CHROMIUM REMOVAL BY CRYSTALLIZATION IN FLUIDIZED BED PROCESS) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.สุทธิรักษ์ สุจริตตานนท์, 109 หน้า ISBN 974-581-517-9

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมและประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมโดยวิธีการตกผลึกในกระบวนการฟลูอิดไคซ์เบดและสารทำให้เกิดตะกอนโครเมียม (III) ไฮดรอกไซด์ คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ คอลัมน์ที่ใช้ทดลองทำด้วยอะคริลิก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 ซม. สูง 3.45 ม. บรรจุด้วยทรายขนาด 0.8 - 1.2 มม. ความสูงเบด 1, 1.5, 2 ม. ภายใต้สภาวะที่มีการควบคุมระดับพีเอช 8.5, 9.0, 9.5 น้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลองกำหนดให้มีความเข้มข้นโครเมียม 5 ระดับ คือ 5, 10, 50, 100, 200, มก./ล.

ผลการทดลองพบว่า ความสูงเบด, พีเอช จะเป็นพารามิเตอร์สำคัญที่ใช้กำจัดโครเมียม พีเอชที่เหมาะสมคือ 9.0 ความสูงของเบดที่ทำให้มีประสิทธิภาพการกำจัดได้ดีที่สุด คือ ความสูง 2 ม. กำจัดโครเมียมได้ 45 - 60 % ยกเว้นความเข้มข้นโครเมียม 200 มก./ล. เนื่องจากความเข้มข้นไฮดรอกไซด์ไม่เพียงพอต่อการตกผลึก

กลไกการกำจัดโครเมียมด้วยวิธีนี้ จะเกิดกลไกการถ่ายเทมวลสารและการตกผลึกบนผิวเม็ดทรายสำหรับการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ในการวิจัยนี้ จะทำให้เกิดตะกอนเบาอัดตัวไม่แน่นบนผิวเม็ดทราย ของแข็งแขวนลอยจึงมีมากในน้ำที่ผ่านการบำบัด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา..... วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
สาขาวิชา..... วิศวกรรมสุขาภิบาล
ปีการศึกษา..... 2534

ลายมือชื่อนิติต..... อัญชลี จันทวรรณกูร
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... -

C216441 : MAJOR SANITARY ENGINEERING

KEY WORD : CHROMIUM REMOVAL/CRYSTALLIZATION/FLUIDIZED BED

UNCHALEE CHANTAWANNAKOOL : CHROMIUM REMOVAL BY
CRYSTALLIZATION IN FLUIDIZED BED PROCESS. THESIS ADVISOR :
ASSIS. PROF.SUTHIRAK SUJARITTANONTA, Ph.D. 109 pp.
ISBN 974-581-517-9

This research was a study of optimum condition and efficiency of chromium removal by crystallization in fluidized bed process. Chemical used for precipitation was sodium hydroxide. Column used for experiment was made of acrylic, 5 cm. diameter, height 3.45 m., and filled with sand size 0.8 - 1.2 mm. at bed height 1, 1.5, 2 m. under controlling conditions of pH levels 8.5, 9.0, 9.5. Wastewater was synthesized to have 5 levels of chromium concentration which were 5, 10, 50, 100, 200 mg/l.

It was found that bed height and pH were important parameters in chromium removal. Optimum pH was 9.0. Maximum chromium removal efficiency occurred at 2 m. of bed height, removed chromium 45-60% except at chromium concentration of 200 mg/l. Because of hydroxide concentration had insufficient for crystallization.

Chromium removal mechanisms of the process were mass transfer and crystallized on sand surface. Sodium hydroxide, produced hydroxide sludge which was loosely formed on sand surface. Therefore, high suspended solids was found in the effluent.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
สาขาวิชา.....วิศวกรรมสุขาภิบาล
ปีการศึกษา.....2534

ลายมือชื่อนิติบัตร.....อัครวิทย์ จันทร์ทองแดง
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....



กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ลุทธิรักษ์ ลุจรีตานนท์ ที่ได้กรุณาแนะนำให้คำปรึกษาในการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และคณาจารย์ทุกท่าน ในภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ที่ให้ความเมตตาอนุเคราะห์ ตลอดจนถ่ายทอดความรู้ทางด้านวิชาการต่างๆ และขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยบางส่วน มาทำการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ตลอดจนภาควิชาวิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่อง atomic absorption spectrophotometer

ท้ายสุดนี้ คุณค่าความดีของวิทยานิพนธ์ ขอมอบให้ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ได้กรุณาลงเสริมสนับสนุนการศึกษาของผู้วิจัยมาโดยตลอด



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูป.....	ญ

บทที่

1. บทนำ.....	1
1.1 ทัวไป.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	2
2. ทบทวนเอกสาร.....	4
2.1 ลักษณะทั่วไปของโครเมียม.....	4
2.2 สถานะของโครเมียมในน้ำเสีย.....	5
2.3 อันตรายของพิษโครเมียมในน้ำ.....	7
2.4 การรีดิวซ์โครเมียม (VI) ที่ละลายอยู่ในน้ำ.....	7
2.5 การเกิดตะกอนของโครเมียม (III) ไฮดรอกไซด์.....	13
2.6 ฟลูอิดไดเซชัน.....	15
2.7 การตกผลึกในกระบวนการฟลูอิดไดซ์เบด.....	21
2.8 การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการตกผลึกในกระบวนการ ฟลูอิดไดซ์เบด.....	25

บทที่	หน้า
2.9 ข้อดี-ข้อเสีย ของวิธีการตกผลึกในกระบวนการ ฟลูอิดไดซ์เบด.....	26
3. แผนงานและการดำเนินการวิจัย.....	28
3.1 แผนการทดลอง.....	28
3.2 การดำเนินการวิจัย.....	31
4. ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล.....	38
4.1 การทดลองหาความเร็วต่ำสุดของการเกิดสภาวะ เลม็อนของไหล.....	38
4.2 การทดลองรีดิวซ์โครเมียม (VI) เพื่อเปลี่ยนรูป เป็นโครเมียม(III).....	41
4.3 การทดลองการกำจัดโครเมียมโดยการตกผลึก ในกระบวนการฟลูอิดไดซ์เบด.....	43
4.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการกำจัดโครเมียมโดยวิธีการตก ผลึกในกระบวนการฟลูอิดไดซ์เบด.....	79
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	80
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	80
5.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยที่จะทำต่อไป.....	81
เอกสารอ้างอิง.....	82
ภาคผนวก.....	85
ประวัติผู้วิจัย.....	109

ศูนย์วิทยพัชยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คุณสมบัติโครเมียม.....	5
2.2 ลักษณะของออกซิเดชันสเตทของโครเมียม.....	6
2.3 ประสิทธิภาพการรีดิวซ์โครเมียม (VI) ของสารรีดิวซ์ แต่ละชนิด.....	10
2.4 ปริมาณสารเคมีทางทฤษฎีในการกำจัดโครเมียม 1 มก./ล	11
2.5 ชนิดสารรีดิวซ์กับค่าศักยภาพออกซิเดชันรีดักชัน.....	13
2.6 อัตราส่วนหมุนเวียนกลับที่ใช้กับน้ำเสียที่มีโลหะหนักที่มี ความเข้มข้น 2 ระดับ.....	24
3.1 ตัวแปรอิสระที่ใช้ในการวิจัย.....	30
3.2 ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์.....	31
3.3 ตัวแปรที่ทำการวิเคราะห์.....	37
4.1 โครเมียม (VI) ที่เหลือหลังจากการรีดิวซ์ด้วย โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ที่พีเอช 2-3.....	42

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ผลของพีเอชและเวลาในการทำปฏิกิริยาเพื่อเปลี่ยน รูปโครเมียม(VI) เป็นโครเมียม(III).....	12
2.2 ผลของพีเอชต่อการละลายของโครเมียม(III).....	14
2.3 การเกิดลภาวะเสมือนของไหล(fluidization).....	16
3.1 เครื่องมือของการกำจัดโครเมียมด้วยการตกผลึกในกระบวนการ ฟลูอิดไดซ์เบด.....	35
3.2 แบบจำลองหอตดลองฟลูอิดไดซ์เบด.....	36
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของการไหลกับความ ต้นลดที่เบด 1 เมตร.....	38
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของการไหลกับความ ต้นลดที่เบด 1.5 เมตร.....	39
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของการไหลกับความ ต้นลดที่เบด 2 เมตร.....	40
4.4 เวลาในการทำปฏิกิริยารีดักชันของโครเมียมที่เพิ่มขึ้น ตามพีเอชที่สูงขึ้น.....	41
4.5 กราฟการไตเตรทของโซดาแอสหรือหินปูนลามาารถ ปรับพีเอชเป็นด่างได้ง่ายกว่าโซดาไฟหรือปูนขาว.....	43
4.6 กราฟการไตเตรทโครเมียม 5 มก./ล จำนวน 200 มล. กับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์.....	45
4.7 กราฟการไตเตรทโครเมียม 10 มก./ล จำนวน 200 มล. กับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์.....	46
4.8 กราฟการไตเตรทโครเมียม 50 มก./ล จำนวน 200 มล. กับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์.....	47
4.9 กราฟการไตเตรทโครเมียม 100 มก./ล จำนวน 200 มล. กับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์.....	48

4.10	กราฟการไตเตรทโครเมียม 200 มก./ล จำนวน 200 มล. กับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์.....	49
4.11	การแพร่ของมวลจากของไหลไปยังผิวของเม็ด อนุภาคตัวกลาง.....	50
4.12	ผลของความสูงของเบดต่อความเป็นต่างที่ความ เข้มข้นโครเมียม 5 มก./ล ที่พีเอช 8.5-9.5.....	54
4.13	ผลของความสูงของเบดต่อความเป็นต่างที่ความ เข้มข้นโครเมียม 10 มก./ล ที่พีเอช 8.5-9.5.....	54
4.14	ผลของความสูงของเบดต่อความเป็นต่างที่ความ เข้มข้นโครเมียม 50 มก./ล ที่พีเอช 8.5-9.5	55
4.15	ผลของความสูงของเบดต่อความเป็นต่างที่ความ เข้มข้นโครเมียม 100 มก./ล ที่พีเอช 8.5-9.5	55
4.16	ผลของความสูงของเบดต่อความเป็นต่างที่ความ เข้มข้นโครเมียม 200 มก./ล ที่พีเอช 8.5-9.5.....	56
4.17	ผลของความสูงของเบดต่อของแข็งแขวนลอยที่ ความเข้มข้นโครเมียม 5 มก./ล ที่พีเอช 8.5-9.5	59
4.18	ผลของความสูงของเบดต่อของแข็งแขวนลอยที่ ความเข้มข้นโครเมียม 10 มก./ล ที่พีเอช 8.5-9.5	59
4.19	ผลของความสูงของเบดต่อของแข็งแขวนลอยที่ ความเข้มข้นโครเมียม 50 มก./ล ที่พีเอช 8.5-9.5	60
4.20	ผลของความสูงของเบดต่อของแข็งแขวนลอยที่ ความเข้มข้นโครเมียม 100 มก./ล ที่พีเอช 8.5-9.5.....	60
4.21	ผลของความสูงของเบดต่อของแข็งแขวนลอยที่ ความเข้มข้นโครเมียม 200 มก./ล ที่พีเอช 8.5-9.5	61
4.22	ผลของความสูงของเบดต่อการกำจัดโครเมียมที่ ความเข้มข้นโครเมียม 5 มก./ล พีเอช 8.5.....	64

รูปที่	หน้า
4.36 ผลของความสูงของเบดต่อการกำจัดโครเมียมที่ ความเข้มข้นโครเมียม 200 มก./ล พีเอช 9.5.....	74
4.37 ประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียม 5มก./ล ต่อ ความสูงของเบดที่ พีเอช 8.5 - 9.5.....	76
4.38 ประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียม 10มก./ล ต่อ ความสูงของเบดที่ พีเอช 8.5 - 9.5.....	76
4.39 ประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียม 50มก./ล ต่อ ความสูงของเบดที่ พีเอช 8.5 - 9.5.....	77
4.40 ประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียม 100มก./ล ต่อ ความสูงของเบดที่ พีเอช 8.5 - 9.5.....	77
4.41 ประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียม 200มก./ล ต่อ ความสูงของเบดที่ พีเอช 8.5 - 9.5.....	78

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย