

การก่อ เม็ดตะกอนโดยสารส้ม



นาย นฤชา อรุณรัตน์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคำหลักสูตรปริญญาวิสุกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต

ภาควิชาวิสุกรรมสิ่งแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2534

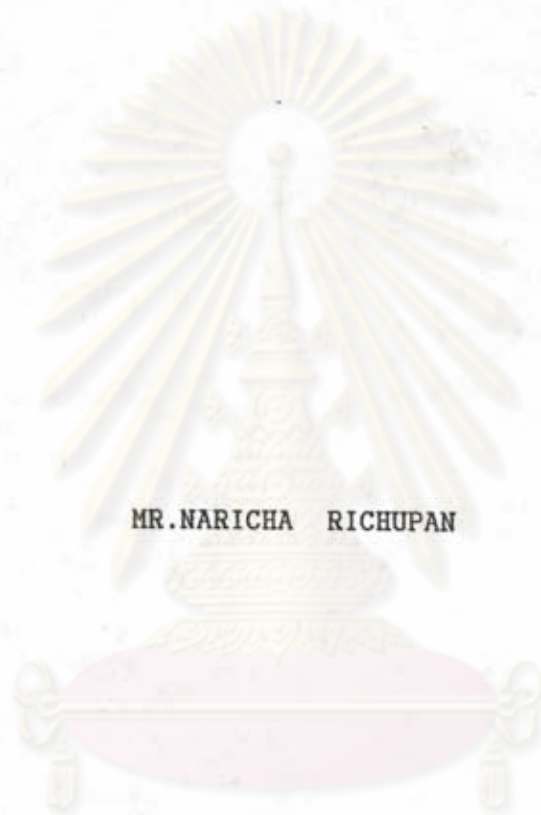
ISBN 974-581-406-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

018499

11 11 11 11 11

FORMATION OF PELLET-FLOC BY ALUM



MR.NARICHA RICHUPAN

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering

Department of Environmental Engineering

Graduate School

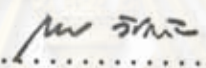
Chulalongkorn University

1991

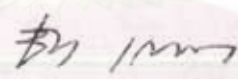
ISBN 974-581-406-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การก่อเม็ดตะกอนโดยสารส้ม
โดย นาย นฤชา ฤชุพันธุ์
ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา ศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย พรรณสวัสดิ์

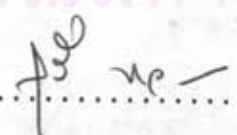
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

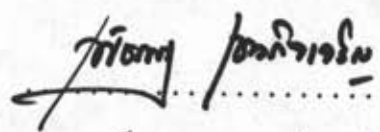

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรากัญ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระ เกรอด)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย พรรณสวัสดิ์)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สุวี ชาวเชียร)


..... กรรมการ
(ดร.เพชรพร เขาวกิจเจริญ)



พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

นฤชา ฤชุพันธุ์ : การก่อเม็ดตะกอนโดยสารส้ม (FORMATION OF PELLET-FLOC BY ALUM) อ.ที่ปรึกษา : ศ.ดร.ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 145 หน้า. ISBN 974-581-406-7

การก่อเม็ดตะกอนโดยสารส้มเป็นการศึกษาถึงกระบวนการกำจัดความขุ่น โดยการสร้างเม็ดตะกอนให้เกิดขึ้นในอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน เพื่อทำหน้าที่ดักจับอนุภาคที่ถูกทำลายเสถียรภาพแล้วจากถังกวนเร็วด้วยวิธีการไหลแบบไหลขึ้น ทำการวิจัยโดยใช้น้ำขุ่นสังเคราะห์จากดินคาโอลินให้มีความขุ่น 50 เอ็นทียู และใช้ความเร็วใบพัดในถังกวนเร็วเท่ากับ 100 รอบ/นาที ตัวแปรควบคุมที่ศึกษา ได้แก่ ความเข้มข้นของสารส้มเท่ากับ 5, 10, 20, 30 มก./ล. ความเข้มข้นของโพลีเมอร์ประจุลบเท่ากับ 0.05, 0.1, 0.2, 0.3 มก./ล. ความเร็วของน้ำไหลขึ้นเท่ากับ 30, 40 ซม./นาที ความเร็วของใบพัดกวนน้ำในอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน 5, 10, 15 รอบ/นาที

ผลการวิจัยพบว่า ค่าความขุ่นของน้ำที่ออกจากระบบมีค่าลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารส้มหรือความเข้มข้นของโพลีเมอร์ประจุลบเพิ่มขึ้น โดยระบบจะใช้เวลาในการเข้าสู่สภาวะคงตัว (คือความขุ่นมีค่าลดลงจนคงที่) ไม่เกิน 3 ชั่วโมง สำหรับความเร็วในการตกตะกอนของเม็ดตะกอนมีค่ามากขึ้นเมื่อใช้ความเข้มข้นของโพลีเมอร์ประจุลบมากขึ้นหรือพิจารณาที่ระดับของชั้นเม็ดตะกอนต่ำลง ที่ความเร็วใบพัดกวนน้ำในอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอนมากขึ้นจะทำให้ความขุ่นของน้ำเพิ่มขึ้น แต่ความเร็วในการตกตะกอนของเม็ดตะกอนจะลดลง ที่ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที จะให้ค่าความเร็วในการตกตะกอนของเม็ดตะกอนมากกว่าที่ 30 ซม./นาที แต่ให้ค่าความขุ่นของน้ำไม่แตกต่างกันมากนัก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

ลายมือชื่อนิสิต.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

C216289 : MAJOR SANITARY ENGINEERING

KEY WORD : PELLET-FLOC/ALUM

NARICHA RICHUPAN : FORMATION OF PELLET-FLOC BY ALUM. THESIS ADVISOR
: PROF. THONGCHAI PANSWAD, Ph. D. 145 pp. ISBN 974-581-406-7

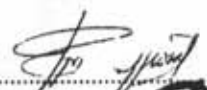
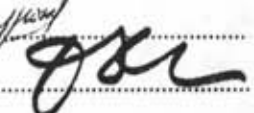
The study was conducted to evaluate the turbidity removal performance of a pellet reactor. The reactor, where destabilized flocs from a 100 rpm rapid mixing tank were formed into pellet-flocs, is of the upflow type. The synthetic water which was prepared from kaolinite clay to have turbidity of 50 NTU was used throughout the study. The studied parameters were varied as follow :- alum dose : 5, 10, 20 and 30 mg/l ; concentration of anionic polyelectrolyte solution : 0.05, 0.1, 0.2 and 0.3 mg/l ; upflow velocity : 30 and 40 cm/min. ; speed of the paddles of the reactor : 5, 10 and 15 rpm.

It was found that turbidity of the effluent decreased when the alum dose or the concentration of anionic polyelectrolyte increased. The system was found to be in steady state, which was defined as the state when turbidity of the effluent had been constant, after 3 hours of operation. Settling velocity of the pellet-floc was found to increase as the polymer concentration increased. The increase of the paddle speed would only result in higher turbidity of the effluent and lower settling velocity. Finally, at the upflow velocity of 40 cm/min., the settling velocity keeps at better levels than at 30 cm/min. The effluent turbidity was, however, somewhat constant.



ศูนย์วิทยุทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
สาขาวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล
ปีการศึกษา ๒๕๓๔

ลายมือชื่อนิติต 
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย พรรณสวัสดิ์ ซึ่งเป็นอาจารย์
ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เป็นอย่างสูง ที่ท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ของการวิจัย
มาด้วยดีตลอด

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ให้ความรู้แก่ผู้วิจัย

ขอขอบคุณบริษัท ไลอ้อน (ประเทศไทย) จำกัด ที่ได้เอื้อเฟื้อทุนวิจัย

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่ได้ให้ความเอื้อเฟื้อในการทำวิทยานิพนธ์ทุกท่าน

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้โดยมี บิดา-มารดา ผู้ที่เป็นที่รักและเคารพอย่างสูง
ให้กำลังใจและสนับสนุน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำศัพท์

เม็ดตะกอน

pellet-floc

อุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน

pelletizer

จุลพลีอก

microfloc



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ม
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
คำศัพท์	ฉ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ฉ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย	3
2.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
2.2 ขอบเขตการวิจัย	3
3. ทฤษฎี แนวความคิด และการทดลองที่ผ่านมา	6
3.1 ทฤษฎีของกระบวนการรวมตะกอน	6
3.1.1 ทฤษฎีกระบวนการโคแอกกูเลชัน	6
3.1.1.1 บทบาทของสารส้มในน้ำ	6
3.1.1.2 กลไกโคแอกกูเลชันของสารส้ม	8
3.1.2 ทฤษฎีของการสมานตะกอน	12
3.1.2.1 การเคลื่อนที่เนื่องจากความร้อน	12
3.1.2.2 การจมตัวด้วยอัตราเร็วแตกต่างกัน	13
3.1.2.3 การเคลื่อนที่ของเนื้อของเหลว	13

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
3.1.3 การใช้โพสิเมอร์เป็นโคแอกกูแลนต์เอค...	14
3.2 สมมติฐานเบื้องต้นของการกำจัดความขุ่นโดยการ สร้างเม็ดตะกอนแบบไหลขึ้น.....	15
3.2.1 เทคนิคการกลิ้ง.....	17
3.2.2 เทคนิคการชน.....	18
3.3 หลักการของการสร้างเม็ดตะกอน.....	19
3.4 การศึกษาที่ผ่านมา.....	20
4. การดำเนินการวิจัย.....	25
4.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย.....	25
4.1.1 น้ำขุ่นสังเคราะห์.....	25
4.1.2 สารเคมี.....	25
4.1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง....	26
4.1.4 อุปกรณ์วิเคราะห์ลักษณะสมบัติน้ำ.....	26
4.2 ขั้นตอนการศึกษา.....	28
4.3 รูปแบบของการศึกษา.....	29
4.3.1 การเตรียมการทดลอง.....	30
4.3.2 การดำเนินการทดลอง.....	30
4.3.3 การสรุปผลการทดลองและ เสนอแนะสำหรับ งานวิจัยในอนาคต.....	31
4.4 ขอบเขตการทดลอง.....	31
4.5 การดำเนินการศึกษา.....	32
4.5.1 วิธีการทดลอง	32
4.5.2 การเก็บตัวอย่าง.....	32
4.5.3 การวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของตัวอย่าง....	32
4.6 จำนวนและรายละเอียดของการทดลอง.....	33

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
5. ผลการทดลองและวิจารณ์.....	37
5.1 พีเอชของน้ำ.....	37
5.2 ปริมาณของแข็งแขวนลอย.....	37
5.3 การเข้าสู่สภาวะคงตัวของระบบ.....	38
5.3.1 เมื่อความเร็วน้ำไหลขึ้น 30 ซม./นาที.....	38
5.3.2 เมื่อความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที.....	41
5.3.3 พิจารณาที่ความเร็วไหล 10 และ 15 รอบ/นาที.....	44
5.4 อิทธิพลของโพลีเมอร์ประจุลบที่มีต่อความขุ่นของน้ำ ที่สภาวะคงตัว.....	44
5.4.1 เมื่อความเร็วน้ำไหลขึ้น 30 ซม./นาที.....	44
5.4.2 เมื่อความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที.....	48
5.5 อิทธิพลของความเร็วน้ำไหลขึ้นที่มีต่อความขุ่นของน้ำ ที่สภาวะคงตัว.....	51
5.6 อิทธิพลของความเร็วไหลที่มีต่อความขุ่นของน้ำที่ สภาวะคงตัว.....	52
5.6.1 เมื่อความเร็วน้ำไหลขึ้น 30 ซม./นาที.....	52
5.6.2 เมื่อความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที.....	55
5.7 อิทธิพลของตัวแปรต่างๆที่มีต่อความขุ่นของน้ำที่ สภาวะคงตัวเมื่อพิจารณาที่ความเข้มข้นของสารส้ม	
5 และ 10 มก./ล.....	58
5.7.1 เมื่อความเข้มข้นของสารส้ม 5 มก./ล. และ ความเร็วน้ำไหลขึ้น 30 ซม./นาที.....	58
5.7.2 เมื่อความเข้มข้นของสารส้ม 10 มก./ล. และ ความเร็วน้ำไหลขึ้น 30 ซม./นาที.....	60

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
5.7.3 เมื่อความเข้มข้นของสารส้ม 5 มก./ล. และ ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที.....	60
5.7.4 เมื่อความเข้มข้นของสารส้ม 10 มก./ล.และ ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที.....	62
5.8 อิทธิพลของตัวแปรต่างๆที่มีต่อความเร็วในการ ตกตะกอนของเม็ดตะกอน.....	63
5.8.1 เมื่อความเร็วใบพัด 5 รอบ/นาที และความ เร็วน้ำไหลขึ้น 30 ซม./นาที.....	63
5.8.2 เมื่อความเร็วใบพัด 10 รอบ/นาที และความ เร็วน้ำไหลขึ้น 30 ซม./นาที.....	66
5.8.3 เมื่อความเร็วใบพัด 15 รอบ/นาที และความ เร็วน้ำไหลขึ้น 30 ซม./นาที.....	69
5.8.4 เมื่อความเร็วใบพัด 5 รอบ/นาที และความ เร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที.....	72
5.8.5 เมื่อความเร็วใบพัด 10 รอบ/นาที และความ เร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที.....	75
5.8.6 เมื่อความเร็วใบพัด 15 รอบ/นาที และความ เร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที.....	78
6. สรุปผลการวิจัย.....	83
7. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต.....	85
เอกสารอ้างอิง	86
ภาคผนวก	89
ประวัติผู้เขียน	145

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ค่าตัวแปรต่างๆในแต่ละการทดลอง (ความเร็วใบพัดกวนน้ำ ในอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอนเท่ากับ 5 รอบต่อนาที).....	34
4.2 ค่าตัวแปรต่างๆในแต่ละการทดลอง (ความเร็วใบพัดกวนน้ำ ในอุปกรณ์สร้างเม็ด ตะกอนเท่ากับ 10 รอบต่อนาที).....	35
4.3 ค่าตัวแปรต่างๆในแต่ละการทดลอง (ความเร็วใบพัดกวนน้ำ ในอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอนเท่ากับ 15 รอบต่อนาที).....	36



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
3.1 ความเข้มข้นของสารประกอบเชิงซ้อนของอลูมิเนียมใน สภาวะสมดุลที่พีเอชต่างๆหลังจากบ่ม (aging) แล้ว....	7
3.2 โคอะแกรัมที่ใช้ในการออกแบบและควบคุมโคแอกกูเลชัน ด้วยสารส้ม.....	11
3.3 สถานะของสารละลายเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีความเข้มข้น และพีเอชต่างกัน.....	16
3.4 การกระจายของแรงเมื่อฟลอคทูคหนึ่ง.....	18
3.5 การกระจายของแรงเมื่อฟลอคคิ่ง.....	18
3.6 การจัดเรียงของอนุภาคภายในฟลอคก่อนชน.....	18
3.7 การจัดเรียงของอนุภาคภายในฟลอคหลังชน.....	19
3.8 แบบจำลองที่ใช้ในการทดลองของ Tambo และ Matsui..	21
4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	27
4.2 แผนผังแสดงขั้นตอนการศึกษา.....	29
5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นของน้ำหลังการบำบัดกับเวลา ที่ความเข้มข้นสารส้ม 5 มก./ล., ความเร็วน้ำไหลขึ้น 30 ซม./นาที.....	39
5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นของน้ำหลังการบำบัดกับเวลา ที่ความเข้มข้นสารส้ม 10 มก./ล., ความเร็วน้ำไหลขึ้น 30 ซม./นาที.....	39
5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นของน้ำหลังการบำบัดกับเวลา ที่ความเข้มข้นสารส้ม 20 มก./ล., ความเร็วน้ำไหลขึ้น 30 ซม./นาที.....	40
5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นของน้ำหลังการบำบัดกับเวลา ที่ความเข้มข้นสารส้ม 30 มก./ล., ความเร็วน้ำไหลขึ้น 30 ซม./นาที.....	40

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นของน้ำหลังการบำบัดกับเวลา ที่ความเข้มข้นสารส้ม 5 มก./ล., ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที.....	42
5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นของน้ำหลังการบำบัดกับเวลา ที่ความเข้มข้นสารส้ม 10 มก./ล., ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที.....	42
5.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นของน้ำหลังการบำบัดกับเวลา ที่ความเข้มข้นสารส้ม 20 มก./ล., ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที.....	43
5.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นของน้ำหลังการบำบัดกับเวลา ที่ความเข้มข้นสารส้ม 30 มก./ล., ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที.....	43
5.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นของน้ำผลิตกับความเข้มข้น สารส้มและโพสซิเมอร์ โดยมีความเร็วใบพัด 5 รอบ/นาที, ความเร็วน้ำไหลขึ้น 30 ซม./นาที.....	45
5.10 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นของน้ำผลิตกับความเข้มข้น สารส้มและโพสซิเมอร์ โดยมีความเร็วใบพัด 10 รอบ/นาที, ความเร็วน้ำไหลขึ้น 30 ซม./นาที.....	45
5.11 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นของน้ำผลิตกับความเข้มข้น สารส้มและโพสซิเมอร์ โดยมีความเร็วใบพัด 15 รอบ/นาที, ความเร็วน้ำไหลขึ้น 30 ซม./นาที.....	46
5.12 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นของน้ำผลิตกับความเข้มข้น สารส้มและโพสซิเมอร์ โดยมีความเร็วใบพัด 5 รอบ/นาที, ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที.....	46

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.13 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นของน้ำผลิตกับความเข้มข้น สารส้มและโพสเฟออร์ โดยมีความเร็วไหล 10 รอบ/นาที, ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที.....	49
5.14 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นของน้ำผลิตกับความเข้มข้น สารส้มและโพสเฟออร์ โดยมีความเร็วไหล 15 รอบ/นาที, ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที.....	49
5.15 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นของน้ำผลิตกับความเข้มข้น สารส้มและความเร็วไหล โดยมีความเข้มข้นโพสเฟออร์ 0.05 มก./ล., ความเร็วน้ำไหลขึ้น 30 ซม./นาที.....	53
5.16 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นของน้ำผลิตกับความเข้มข้น สารส้มและความเร็วไหล โดยมีความเข้มข้นโพสเฟออร์ 0.1 มก./ล., ความเร็วน้ำไหลขึ้น 30 ซม./นาที.....	53
5.17 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นของน้ำผลิตกับความเข้มข้น สารส้มและความเร็วไหล โดยมีความเข้มข้นโพสเฟออร์ 0.2 มก./ล., ความเร็วน้ำไหลขึ้น 30 ซม./นาที.....	54
5.18 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นของน้ำผลิตกับความเข้มข้น สารส้มและความเร็วไหล โดยมีความเข้มข้นโพสเฟออร์ 0.3 มก./ล., ความเร็วน้ำไหลขึ้น 30 ซม./นาที.....	54
5.19 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นของน้ำผลิตกับความเข้มข้น สารส้มและความเร็วไหล โดยมีความเข้มข้นโพสเฟออร์ 0.05 มก./ล., ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที.....	56
5.20 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นของน้ำผลิตกับความเข้มข้น สารส้มและความเร็วไหล โดยมีความเข้มข้นโพสเฟออร์ 0.1 มก./ล., ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที.....	56

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.21 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นของน้ำผลิตกับความเข้มข้นสารส้มและความเร็วใบพัด โดยมีความเข้มข้นโพสซีเมอร์ 0.2 มก./ล., ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที.....	57
5.22 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นของน้ำผลิตกับความเข้มข้นสารส้มและความเร็วใบพัด โดยมีความเข้มข้นโพสซีเมอร์ 0.3 มก./ล., ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที.....	57
5.23 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นของน้ำผลิตกับความเร็วใบพัดและความเข้มข้นโพสซีเมอร์ โดยมีความเข้มข้นสารส้ม 5 มก./ล., ความเร็วน้ำไหลขึ้น 30 ซม./นาที.....	59
5.24 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นของน้ำผลิตกับความเร็วใบพัดและความเข้มข้นโพสซีเมอร์ โดยมีความเข้มข้นสารส้ม 10 มก./ล., ความเร็วน้ำไหลขึ้น 30 ซม./นาที.....	59
5.25 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นของน้ำผลิตกับความเร็วใบพัดและความเข้มข้นโพสซีเมอร์ โดยมีความเข้มข้นสารส้ม 5 มก./ล., ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที.....	61
5.26 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นของน้ำผลิตกับความเร็วใบพัดและความเข้มข้นโพสซีเมอร์ โดยมีความเข้มข้นสารส้ม 10 มก./ล., ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที	61
5.27 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการตกตะกอนกับความเข้มข้นสารส้มและโพสซีเมอร์ โดยมีความเร็วใบพัด 5 รอบ/นาที, ความเร็วน้ำไหลขึ้น 30 ซม./นาที, พิจารณาที่ระดับ 0 ซม.	64
5.28 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการตกตะกอนกับความเข้มข้นสารส้มและโพสซีเมอร์ โดยมีความเร็วใบพัด 5 รอบ/นาที, ความเร็วน้ำไหลขึ้น 30 ซม./นาที, พิจารณาที่ระดับ 60 ซม.	64

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.29 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการตกตะกอนกับความ เข้มข้นสารลึ้มและโพสซีเมอร์ โดยมีความเร็วใบพัด 5 รอบ/นาที, ความเร็วน้ำไหลขึ้น 30 ซม./นาที, พิจารณา ที่ระดับ 120 ซม.	65
5.30 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการตกตะกอนกับความ เข้มข้นสารลึ้มและโพสซีเมอร์ โดยมีความเร็วใบพัด 5 รอบ/นาที, ความเร็วน้ำไหลขึ้น 30 ซม./นาที, พิจารณา ที่ระดับ 150 ซม.	65
5.31 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการตกตะกอนกับความ เข้มข้นสารลึ้มและโพสซีเมอร์ โดยมีความเร็วใบพัด 10 รอบ/นาที, ความเร็วน้ำไหลขึ้น 30 ซม./นาที, พิจารณา ที่ระดับ 0 ซม.	67
5.32 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการตกตะกอนกับความ เข้มข้นสารลึ้มและโพสซีเมอร์ โดยมีความเร็วใบพัด 10 รอบ/นาที, ความเร็วน้ำไหลขึ้น 30 ซม./นาที, พิจารณา ที่ระดับ 60 ซม.	67
5.33 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการตกตะกอนกับความ เข้มข้นสารลึ้มและโพสซีเมอร์ โดยมีความเร็วใบพัด 10 รอบ/นาที, ความเร็วน้ำไหลขึ้น 30 ซม./นาที, พิจารณา ที่ระดับ 120 ซม.	68
5.34 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการตกตะกอนกับความ เข้มข้นสารลึ้มและโพสซีเมอร์ โดยมีความเร็วใบพัด 10 รอบ/นาที, ความเร็วน้ำไหลขึ้น 30 ซม./นาที, พิจารณา ที่ระดับ 150 ซม.	68

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.35 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการตกตะกอนกับความเข้มข้นสารส้มและโพสเฟออร์ โดยมีความเร็วใบพัด 15 รอบ/นาที, ความเร็วน้ำไหลขึ้น 30 ซม./นาที, พิจารณาที่ระดับ 0 ซม.	70
5.36 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการตกตะกอนกับความเข้มข้นสารส้มและโพสเฟออร์ โดยมีความเร็วใบพัด 15 รอบ/นาที, ความเร็วน้ำไหลขึ้น 30 ซม./นาที, พิจารณาที่ระดับ 60 ซม.	70
5.37 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการตกตะกอนกับความเข้มข้นสารส้มและโพสเฟออร์ โดยมีความเร็วใบพัด 15 รอบ/นาที, ความเร็วน้ำไหลขึ้น 30 ซม./นาที, พิจารณาที่ระดับ 120 ซม.	71
5.38 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการตกตะกอนกับความเข้มข้นสารส้มและโพสเฟออร์ โดยมีความเร็วใบพัด 15 รอบ/นาที, ความเร็วน้ำไหลขึ้น 30 ซม./นาที, พิจารณาที่ระดับ 150 ซม.	71
5.39 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการตกตะกอนกับความเข้มข้นสารส้มและโพสเฟออร์ โดยมีความเร็วใบพัด 5 รอบ/นาที, ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที, พิจารณาที่ระดับ 0 ซม.	73
5.40 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการตกตะกอนกับความเข้มข้นสารส้มและโพสเฟออร์ โดยมีความเร็วใบพัด 5 รอบ/นาที, ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที, พิจารณาที่ระดับ 60 ซม.	73

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.41 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการตกตะกอนกับความ เข้มข้นสารส้มและโพสเฟออร์ โดยมีความเร็วใบพัด 5 รอบ/นาที, ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที, พิจารณา ที่ระดับ 120 ซม.	74
5.42 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการตกตะกอนกับความ เข้มข้นสารส้มและโพสเฟออร์ โดยมีความเร็วใบพัด 5 รอบ/นาที, ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที, พิจารณา ที่ระดับ 150 ซม.	74
5.43 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการตกตะกอนกับความ เข้มข้นสารส้มและโพสเฟออร์ โดยมีความเร็วใบพัด 10 รอบ/นาที, ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที, พิจารณา ที่ระดับ 0 ซม.	76
5.44 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการตกตะกอนกับความ เข้มข้นสารส้มและโพสเฟออร์ โดยมีความเร็วใบพัด 10 รอบ/นาที, ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที, พิจารณา ที่ระดับ 60 ซม.	76
5.45 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการตกตะกอนกับความ เข้มข้นสารส้มและโพสเฟออร์ โดยมีความเร็วใบพัด 10 รอบ/นาที, ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที, พิจารณา ที่ระดับ 120 ซม.	77
5.46 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการตกตะกอนกับความ เข้มข้นสารส้มและโพสเฟออร์ โดยมีความเร็วใบพัด 10 รอบ/นาที, ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที, พิจารณา ที่ระดับ 150 ซม.	77

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.47 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการตกตะกอนกับความ เข้มข้นสารส้มและโพสเฟออร์ โดยมีความเร็วใบพัด 15 รอบ/นาที, ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที, พิจารณา ที่ระดับ 0 ซม.	79
5.48 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการตกตะกอนกับความ เข้มข้นสารส้มและโพสเฟออร์ โดยมีความเร็วใบพัด 15 รอบ/นาที, ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที, พิจารณา ที่ระดับ 60 ซม.	79
5.49 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการตกตะกอนกับความ เข้มข้นสารส้มและโพสเฟออร์ โดยมีความเร็วใบพัด 15 รอบ/นาที, ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที, พิจารณา ที่ระดับ 120 ซม.	80
5.50 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการตกตะกอนกับความ เข้มข้นสารส้มและโพสเฟออร์ โดยมีความเร็วใบพัด 15 รอบ/นาที, ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที, พิจารณา ที่ระดับ 150 ซม.	80
5.51 เม็ดตะกอนที่เกิดขึ้นในอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอนที่ระดับ 0 ซม. ใช้ความเข้มข้นของสารส้ม 20 มก./ล. ความเข้มข้นของ โพสเฟออร์ประจุลบ 0.2 มก./ล. ความเร็วใบพัดกวนน้ำ 5 รอบ/นาที (ขยาย 20 เท่า)	82
5.52 โครงสร้างของเม็ดตะกอนเมื่อถ่ายด้วยกล้องฮิเล็คตรอนไม โครสโคป (ขยาย 7,500 เท่า)	82