

การใช้ตะกอนในกระบวนการรวมตะกอนสำหรับกำจัดความขุ่น



นายวิรัช มงคลศรี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2526

ISBN 974-562-816-6

007807

i 17231346

USE OF SLUDGE IN COAGULATION PROCESS FOR TURBIDITY REMOVAL

Mr. Warit Mongkolsri

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement

for the Degree of Master of Engineering

Department of Sanitary Engineering

Graduate School

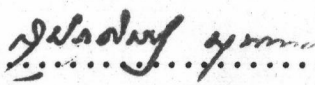
Chulalongkorn University

1983

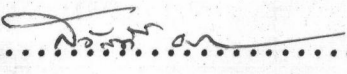
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การใช้ตะกอนในกระบวนการรวมตะกอนสำหรับกำจัดความขุ่น
โดย นายวิรัช มงคลศรี
ภาควิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ชีระ เกรอด

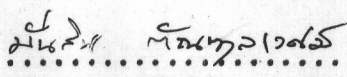


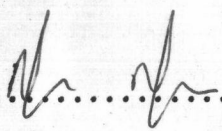
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

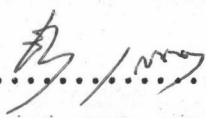
.....  คณบดี บัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุประดิษฐ์ สุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....  ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สวัสดิ์ ธรรมิกรักษ์)

.....  กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ดัณฑกุลเวศม์)

.....  กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุทธิรักษ์ สุจริตตานนท์)

.....  กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ชีระ เกรอด)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การใช้ตะกอนในกระบวนการรวมตะกอนสำหรับกำจัดความขุ่น
ชื่อนิพนธ์	นายวริษฐ์ มงคลศรี
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. ชีระ เกรอด
ภาควิชา	วิศวกรรมสุขาภิบาล
ปีการศึกษา	2526

บทคัดย่อ

กระบวนการรวมตะกอนเป็นกระบวนการที่ใช้ร่วมกับการตกตะกอนและการกรองสำหรับกำจัดความขุ่นในน้ำผิวดิน การวิจัยครั้งนี้มุ่งถึงการใช้ตะกอนในกระบวนการรวมตะกอน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการ ตลอดจนลดค่าเวลากักน้ำหรือ HRT และความลาดชันของความเร็ว หรือ G ของถังสมานตะกอนในกระบวนการ

น้ำขุ่นสังเคราะห์ที่ใช้ทดลองมีความขุ่นประมาณ 50 NTU ได้จากการผสมระหว่างอนุภาคเบนโทไนท์กับน้ำประปา สารเคมีที่ใช้ในการทดลองแบ่งเป็นสองกรณี กรณีแรกใช้สารส้ม 30 ก/ม³ เป็นสารรวมตะกอน กรณีที่สองใช้สารส้ม 8 ก/ม³ และสารโพลีเมอร์ประจุลบ 0.1 ก/ม³ เป็นสารรวมตะกอนและสารช่วยรวมตะกอนตามลำดับ การทดลองกระทำโดยใช้กระบวนการต้นแบบชนิดไหลต่อเนื่องซึ่งประกอบด้วยถังผสมเร็ว ถังสมานตะกอน และถังตกตะกอน การใช้ตะกอนกระทำโดยหมุนเวียนตะกอนจากถังตกตะกอนกลับเข้าสู่ถังสมานตะกอน โดยมีเวลากักตะกอนหรือ SRT เป็นพารามิเตอร์ควบคุม

ผลการวิจัยแสดงว่า การหมุนเวียนตะกอนให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูงสุดที่ SRT 10 ถึง 20 นาที ภายใต้ HRT 5 นาที ประสิทธิภาพที่ได้สูงขึ้นจากเมื่อไม่มีการหมุนเวียนตะกอน 7.4 ถึง 10 % ในกรณีที่ใช้สารส้มเพียงอย่างเดียว และ 7 ถึง 21.6 % ในกรณีที่ใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115 นอกจากนี้ การหมุนเวียนตะกอนทำให้สามารถลดค่า HRT และ G ของถังสมานตะกอนลงได้ประมาณ 2 ถึง 3 เท่า และ 1.5 ถึง 3 เท่าตามลำดับ โดยที่ยังคงประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเดิมไว้ได้

7 to 21.6 % when using alum with superfloc All5. The results also indicated that the values of HRT and G can be reduced by 2 to 3 times and 1.5 to 3 times respectively by increasing sludge recycle while maintaining the same efficiency.



กิตติกรรมประกาศ

เป็นความสำเร็จที่มอบให้พ่อแม่ เป็นความภูมิใจที่มอบให้ภรรยา และเป็นที่ระลึก
สำหรับลูกสาวคนแรกของผู้วิจัย

ขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่าน

และขอบคุณเพื่อนด้วยความจริงใจ

วชิษฐ์ มงคลศรี



สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ท
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ด
บทที่	
1. บทนำ	1
2. วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย	4
2.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
2.2 ขอบเขตของการวิจัย	4
3. ทฤษฎีและแนวความคิด	6
3.1 ทฤษฎีของคอลลอยด์	6
3.1.1 ระบบของคอลลอยด์	6
3.1.2 สภาวะคงตัวของคอลลอยด์	7
3.1.3 สภาวะไม่คงตัวของคอลลอยด์	8
3.2 ทฤษฎีของกระบวนการรวมตะกอน	9
3.2.1 ทฤษฎีของชั้นผสมเร็ว	10
3.2.1.1 กลไกทำลายสภาวะคงตัวของคอลลอยด์	10
3.2.1.2 พารามิเตอร์ควบคุมชั้นผสมเร็ว	14
3.2.2 ทฤษฎีของชั้นสมานตะกอน	16
3.2.2.1 กลไกสมานตะกอน	16
3.2.2.2 จลนพลศาสตร์ของชั้นสมานตะกอน	19
3.2.2.3 พารามิเตอร์ควบคุมชั้นสมานตะกอน	22

บทที่

หน้า

3.3	การใช้ตะกอนในกระบวนการรวมตะกอน	27
3.3.1	แนวความคิดในการใช้ตะกอน	28
3.3.2	แนวความคิดในการควบคุมกระบวนการ เมื่อมีการใช้ตะกอน	34
4.	การดำเนินการวิจัย	39
4.1	แผนการวิจัย	39
4.1.1	พารามิเตอร์ในการทดลอง	39
4.1.2	ลำดับของการทดลอง	40
4.2	วัสดุอุปกรณ์ในการวิจัย	41
4.2.1	น้ำขุ่นสังเคราะห์	41
4.2.2	สารเคมี	47
4.2.3	กระบวนการต้นแบบ	51
4.2.3.1	ส่วนประกอบของกระบวนการต้นแบบ	51
4.2.3.2	การควบคุมกระบวนการต้นแบบ	57
4.3	การดำเนินการทดลอง	60
4.3.1	การทดลองเมื่อไม่มีการใช้ตะกอน	61
4.3.2	การทดลองเมื่อมีการใช้ตะกอน	62
4.3.3	การวิเคราะห์สมบัติน้ำ	63
5.	ผลการทดลองและวิจารณ์	65
5.1	กระบวนการรวมตะกอนที่ไม่มีการหมุนเวียนตะกอน	65
5.2	กระบวนการรวมตะกอนที่มีการหมุนเวียนตะกอน	72
5.2.1	กระบวนการรวมตะกอนที่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สาร ส้ม เป็นสารรวมตะกอน	73
5.2.1.1	ความเป็นไปได้ในการเพิ่มประสิทธิภาพ	73
5.2.1.2	ความเป็นไปได้ในการลดค่า HRT และ G ...	77
5.2.1.3	พฤติกรรมของ SRT และ G	77
5.2.1.4	ความสามารถในการตกตะกอน	83

บทที่	หน้า
5.2.2 กระบวนการรวมตะกอนที่มีการหมุนเวียนตะกอน	
เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115	85
5.2.2.1 ความเป็นไปได้ในการเพิ่มประสิทธิภาพ	85
5.2.2.2 ความเป็นไปได้ในการลดค่า HRT และ G ...	90
5.2.2.3 พฤติกรรมของ SRT และ G	90
5.2.2.4 ความสามารถในการตกตะกอน	94
6. สรุปผลการวิจัย	98
7. ความสำคัญทางวิศวกรรม	101
8. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยเพิ่มเติม	103
บรรณานุกรม	104
ภาคผนวก	110
ประวัติผู้วิจัย	193

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 พารามิเตอร์ที่แปรค่าและค่าแปร เมื่อไม่มีการใช้ตะกอน	40
4.2 พารามิเตอร์ที่แปรค่าและค่าแปร เมื่อมีการใช้ตะกอน	40
4.3 ค่า BEC ของอนุภาคดินเหนียวในน้ำดิบผิวดิน	42
4.4 ความเข้มข้นของเบ็นโทไนท์ในน้ำขุ่นสังเคราะห์	44
4.5 ความเข้มข้นของ Cl^- SO_4^{2-} และ HCO_3^- ในน้ำขุ่นสังเคราะห์	46
4.6 ความเร็วรอบของใบพาย (รอบ/นาที) ซึ่งให้ค่า G โดยประมาณ	58
4.7 ความเข้มข้นของตะกอนที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของถังผสมตะกอน	55
4.8 ค่าคงที่ของพารามิเตอร์ในการวิจัย	59
4.9 น้ำที่ทำการวิเคราะห์และความถี่ในการวิเคราะห์	64
5.1 ประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นจาก SRT 5 นาที ถึง SRT' ของกระบวนการต้นแบบที่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอน	77
5.2 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับ G.HRT และ G.SRT เมื่อใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอน	80
5.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพสูงสุด เมื่อไม่มีและมีการหมุนเวียนตะกอนในกรณีที่ใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอน	81
5.4 ประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นจาก SRT 5 นาที ถึง SRT' ของกระบวนการต้นแบบที่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มกับ Superfloc Al15	90
5.5 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับ G.HRT และ G.SRT เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc Al15	92
5.6 เปรียบเทียบประสิทธิภาพสูงสุด เมื่อไม่มีและมีการหมุนเวียนตะกอนในกรณีที่ใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc Al15	93
5.7 G_L (กก/ม ² -ชม.) ของตะกอนที่ได้จากกระบวนการต้นแบบที่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc Al15	95

ตารางที่

หน้า

ผ.1	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของกระบวนการด้นแบบที่ไม่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอน	114
ผ.2	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของกระบวนการด้นแบบที่ไม่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115	115
ผ.3	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของกระบวนการด้นแบบที่มีการหมุนเวียน - ตะกอน เมื่อใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอน	116
ผ.4	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของกระบวนการด้นแบบที่มีการหมุนเวียน - ตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115	117
ผ.5	ผลการทดลองการตกตะกอนแบบแบทช์ ของกระบวนการด้นแบบที่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอน ที่ $G\ 30\ \text{วินาที}^{-1}$ SRT 10 นาที	119
ผ.6	ผลการทดลองการตกตะกอนแบบแบทช์ ของกระบวนการด้นแบบที่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอน ที่ $G\ 30\ \text{วินาที}^{-1}$ SRT 20 นาที	120
ผ.7	ผลการทดลองการตกตะกอนแบบแบทช์ ของกระบวนการด้นแบบที่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอน ที่ $G\ 30\ \text{วินาที}^{-1}$ SRT 30 นาที	121
ผ.8	ผลการทดลองการตกตะกอนแบบแบทช์ ของกระบวนการด้นแบบที่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอน ที่ $G\ 30\ \text{วินาที}^{-1}$ SRT 50 นาที	122
ผ.9	ผลการทดลองการตกตะกอนแบบแบทช์ ของกระบวนการด้นแบบที่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115 ที่ $G\ 15\ \text{วินาที}^{-1}$ SRT 10 นาที	123
ผ.10	ผลการทดลองการตกตะกอนแบบแบทช์ ของกระบวนการด้นแบบที่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115 ที่ $G\ 15\ \text{วินาที}^{-1}$ SRT 20 นาที	124

ตารางที่

หน้า

ผ.11	ผลการทดลองการตกตะกอนแบบแบทช์ ของกระบวนการคืนแบบที่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115 ที่ G 15 วินาที ⁻¹ SRT 30 นาที	125
ผ.12	ผลการทดลองการตกตะกอนแบบแบทช์ ของกระบวนการคืนแบบที่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115 ที่ G 15 วินาที ⁻¹ SRT 50 นาที	126
ผ.13	ผลการทดลองการตกตะกอนแบบแบทช์ ของกระบวนการคืนแบบที่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115 ที่ G 15 วินาที ⁻¹ SRT 70 นาที	127
ผ.14	ผลการทดลองการตกตะกอนแบบแบทช์ ของกระบวนการคืนแบบที่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115 ที่ G 30 วินาที ⁻¹ SRT 10 นาที	128
ผ.15	ผลการทดลองการตกตะกอนแบบแบทช์ ของกระบวนการคืนแบบที่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115 ที่ G 30 วินาที ⁻¹ SRT 20 นาที	129
ผ.16	ผลการทดลองการตกตะกอนแบบแบทช์ ของกระบวนการคืนแบบที่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115 ที่ G 30 วินาที ⁻¹ SRT 30 นาที	130
ผ.17	ผลการทดลองการตกตะกอนแบบแบทช์ ของกระบวนการคืนแบบที่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115 ที่ G 30 วินาที ⁻¹ SRT 50 นาที	131
ผ.18	ผลการทดลองการตกตะกอนแบบแบทช์ ของกระบวนการคืนแบบที่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115 ที่ G 30 วินาที ⁻¹ SRT 70 นาที	132
ผ.19	ผลการทดลองการตกตะกอนแบบแบทช์ ของกระบวนการคืนแบบที่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115 ที่ G 45 วินาที ⁻¹ SRT 10 นาที	133

ตารางที่

หน้า

<p>ผ.29 ผลการทดลองการตกตะกอนแบบแบทช์ ของกระบวนการคืนแบบที่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115 ที่ $G\ 90$ วินาที⁻¹ SRT 10 นาที</p>	143
<p>ผ.30 ผลการทดลองการตกตะกอนแบบแบทช์ ของกระบวนการคืนแบบที่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115 ที่ $G\ 90$ วินาที⁻¹ SRT 20 นาที</p>	144
<p>ผ.31 ผลการทดลองการตกตะกอนแบบแบทช์ ของกระบวนการคืนแบบที่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115 ที่ $G\ 90$ วินาที⁻¹ SRT 30 นาที</p>	145
<p>ผ.32 ผลการทดลองการตกตะกอนแบบแบทช์ ของกระบวนการคืนแบบที่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115 ที่ $G\ 90$ วินาที⁻¹ SRT 50 นาที</p>	146
<p>ผ.33 ผลการทดลองการตกตะกอนแบบแบทช์ ของกระบวนการคืนแบบที่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115 ที่ $G\ 90$ วินาที⁻¹ SRT 70 นาที</p>	147
<p>ผ.34 ค่า ZSV และ G_S ที่ได้จากการทดลอง ของกระบวนการคืนแบบที่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอน ที่ $G\ 30$ วินาที⁻¹ .</p>	148
<p>ผ.35 ค่า a b และ r^2 ของสมการ $ZSV = a \cdot e^{bC}$ ของกระบวนการคืนแบบที่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอน ที่ $G\ 30$ วินาที⁻¹</p>	149
<p>ผ.36 ค่า ZSV และ G_S ที่ได้จากการคำนวณ ของกระบวนการคืนแบบที่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอน ที่ $G\ 30$ วินาที⁻¹ .</p>	150
<p>ผ.37 ค่า ZSV และ G_S ที่ได้จากการทดลอง ของกระบวนการคืนแบบที่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115 ที่ $G\ 15$ วินาที⁻¹</p>	152

ตารางที่

หน้า

ผ.47 ค่า ZSV และ G_S ที่ได้จากการคำนวณ ของกระบวนการต้นแบบที่มีการ
หมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115 ที่ $G 90$
วินาที⁻¹ 162



สารบัญรูป

รูปที่

หน้า

3.1	การทำงานของกระบวนการรวมตะกอน	10
3.2	ความสัมพันธ์ระหว่าง $\phi\alpha$ กับปริมาณสารส้มและ G ของถังสมานตะกอน ..	25
3.3 ก	ความสัมพันธ์ระหว่าง ϕ กับ G ในขั้นผสมเร็ว	26
3.3 ข	ความสัมพันธ์ระหว่าง ϕ กับเวลาผสมในขั้นผสมเร็ว	26
3.3 ค	ความสัมพันธ์ระหว่าง ϕ กับเวลาสมานตะกอน ภายใต้ $G 10 \text{ วินาที}^{-1}$..	25
3.4	รูปแบบการใช้ตะกอนในกระบวนการรวมตะกอน	29
3.5 ก	เมื่อใช้น้ำล้างเครื่องกรองโดยตรงผสมกับน้ำดิบ	29
3.5 ข	เมื่อใช้ตะกอนที่ได้จากการตกตะกอน 24 ชม. ของน้ำล้างเครื่องกรองผสมกับน้ำดิบ	29
3.6 ก	ตัวอย่างถังหมุนเวียนตะกอนในตัว	31
3.6 ข	ตัวอย่างถังขึ้นตะกอน	31
3.7 ก	การเพิ่มปริมาณตะกอนทำให้สามารถลด HRT ของถังสมานตะกอน	32
3.7 ข	การเพิ่มปริมาณตะกอนในขั้นสมานตะกอนให้ผลดีกว่าการเพิ่มปริมาณตะกอน- ในขั้นผสมเร็ว	32
3.7 ค	การลดปริมาณตะกอนไม่สามารถทดแทนได้ด้วยการเพิ่มปริมาณตะกอน	32
3.8	รูปแบบการใช้ตะกอนในการวิจัย	33
3.9	การใช้ตะกอนในกระบวนการค้นแบบของการวิจัยครั้งนี้	35
4.1	ลำดับการทดลอง	40
4.2	อิทธิพลที่ชนิดของอนุภาคดินเหนียวมีต่อกระบวนการรวมตะกอน	42
4.3	อิทธิพลที่พีเอชมีต่อสภาวะคงตัวของอนุภาคเป็นไทไนท์	45
4.4	สูตรทางเคมีของ Superfloc A115	47
4.5	ผลการทดลองแบบจาร์เพื่อหาปริมาณสารส้มที่เหมาะสม	48
4.6	ผลการทดลองแบบจาร์เพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมของสารส้มและ Superfloc A115	50

4.7	อิทธิพลของความเข้มข้นของสารละลาย เคมีต่อประสิทธิภาพของกระบวนการรวมตะกอน	51
4.8	กระบวนการค้นแบบ	53
4.9	ส่วนประกอบที่สำคัญของกระบวนการค้นแบบ	54
4.10	ตำแหน่งเก็บน้ำเพื่อตรวจสอบสภาวะการกวนในถังสมานตะกอน	55
5.1	ความสัมพันธ์ระหว่าง HRT กับประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น ของกระบวนการค้นแบบที่ไม่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอน .	66
5.2	ความสัมพันธ์ระหว่าง G กับประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น ของกระบวนการค้นแบบที่ไม่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอน .	66
5.3	ความสัมพันธ์ระหว่าง HRT กับประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น ของกระบวนการค้นแบบที่ไม่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc All5	67
5.4	ความสัมพันธ์ระหว่าง G กับประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น ของกระบวนการค้นแบบที่ไม่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc All5	67
5.5	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับ G.HRT ของกระบวนการค้นแบบที่ไม่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอน	69
5.6	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับ G.HRT ของกระบวนการค้นแบบที่ไม่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc All5	70
5.7	ความสัมพันธ์ระหว่าง SRT กับประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น ของกระบวนการค้นแบบที่มีการหมุนเวียนตะกอน ที่ HRT 5 นาที เมื่อใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอน	74
5.8	ความสัมพันธ์ระหว่าง G กับประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น ของกระบวนการค้นแบบที่มีการหมุนเวียนตะกอน ที่ HRT 5 นาที เมื่อใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอน	74

รูปที่	หน้า
5.9	เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่เปลี่ยนไปตาม HRT และ SRT เมื่อใช้สารส้ม เป็นสารรวมตะกอน ที่ G 15 วินาที ⁻¹ 75
5.10	เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่เปลี่ยนไปตาม HRT และ SRT เมื่อใช้สารส้ม เป็นสารรวมตะกอน ที่ G 30 วินาที ⁻¹ 75
5.11	เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่เปลี่ยนไปตาม HRT และ SRT เมื่อใช้สารส้ม เป็นสารรวมตะกอน ที่ G 45 วินาที ⁻¹ 76
5.12	เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่เปลี่ยนไปตาม HRT และ SRT เมื่อใช้สารส้ม เป็นสารรวมตะกอน ที่ G 60 วินาที ⁻¹ 76
5.13	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับ G.SRT และ G.HRT ของกระบวนการต้นแบบ เมื่อใช้สารส้ม เป็นสารรวมตะกอน 79
5.14	ความสัมพันธ์ระหว่าง G_L และประสิทธิภาพกับ SRT เมื่อใช้สารส้ม เป็นสาร รวมตะกอน ที่ G 30 วินาที ⁻¹ 84
5.15	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับ G_L เมื่อใช้สารส้ม เป็นสารรวมตะกอน ที่ G 30 วินาที ⁻¹ 84
5.16	ความสัมพันธ์ระหว่าง SRT กับประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น ของกระบวนการ ต้นแบบที่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc All5 86
5.17	ความสัมพันธ์ระหว่าง G กับประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น ของกระบวนการ ต้นแบบที่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc All5 86
5.18	เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่เปลี่ยนไปตาม HRT และ SRT เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc All5 ที่ G 15 วินาที ⁻¹ 87
5.19	เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่เปลี่ยนไปตาม HRT และ SRT เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc All5 ที่ G 30 วินาที ⁻¹ 87
5.20	เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่เปลี่ยนไปตาม HRT และ SRT เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc All5 ที่ G 45 วินาที ⁻¹ 88

ตารางที่

หน้า

พ.38	ค่า ZSV และ G_S ที่ได้จากการทดลอง ของกระบวนการค้นแบบที่มีการ หมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc All5 ที่ G 30 วินาที ⁻¹	153
พ.39	ค่า ZSV และ G_S ที่ได้จากการทดลอง ของกระบวนการค้นแบบที่มีการ หมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc All5 ที่ G 45 วินาที ⁻¹	154
พ.40	ค่า ZSV และ G_S ที่ได้จากการทดลอง ของกระบวนการค้นแบบที่มีการ หมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc All5 ที่ G 60 วินาที ⁻¹	155
พ.41	ค่า ZSV และ G_S ที่ได้จากการทดลอง ของกระบวนการค้นแบบที่มีการ หมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc All5 ที่ G 90 วินาที ⁻¹	156
พ.42	ค่า a b และ r^2 ของสมการ $ZSV = a.e^{bC}$ ของกระบวนการค้นแบบ ที่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc All5	157
พ.43	ค่า ZSV และ G_S ที่ได้จากการคำนวณ ของกระบวนการค้นแบบที่มีการ หมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc All5 ที่ G 15 วินาที ⁻¹	158
พ.44	ค่า ZSV และ G_S ที่ได้จากการคำนวณ ของกระบวนการค้นแบบที่มีการ หมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc All5 ที่ G 30 วินาที ⁻¹	159
พ.45	ค่า ZSV และ G_S ที่ได้จากการคำนวณ ของกระบวนการค้นแบบที่มีการ หมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc All5 ที่ G 45 วินาที ⁻¹	160
พ.46	ค่า ZSV และ G_S ที่ได้จากการคำนวณ ของกระบวนการค้นแบบที่มีการ หมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc All5 ที่ G 60 วินาที ⁻¹	161

รูปที่

หน้า

5.21	เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่เปลี่ยนไปตาม HRT และ SRT เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115 ที่ G 60 วินาที ⁻¹	88
5.22	เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่เปลี่ยนไปตาม HRT และ SRT เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115 ที่ G 90 วินาที ⁻¹	89
5.23	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับ G.SRT และ G.HRT ของกระบวนการต้นแบบ เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115	91
5.24	ความสัมพันธ์ระหว่าง G_L กับ G.SRT ของกระบวนการต้นแบบที่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115	96
5.25	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น กับ G_L ของกระบวนการต้นแบบที่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115	97
ผ.1	ความสัมพันธ์ระหว่าง ZSV กับความเข้มข้นของตะกอนสารส้มเมื่อมีการหมุนเวียนตะกอน ที่ G 30 วินาที ⁻¹ SRT 10 นาที	163
ผ.2	ความสัมพันธ์ระหว่าง ZSV กับความเข้มข้นของตะกอนสารส้มเมื่อมีการหมุนเวียนตะกอน ที่ G 30 วินาที ⁻¹ SRT 20 นาที	163
ผ.3	ความสัมพันธ์ระหว่าง ZSV กับความเข้มข้นของตะกอนสารส้มเมื่อมีการหมุนเวียนตะกอน ที่ G 30 วินาที ⁻¹ SRT 30 นาที	164
ผ.4	ความสัมพันธ์ระหว่าง ZSV กับความเข้มข้นของตะกอนสารส้มเมื่อมีการหมุนเวียนตะกอน ที่ G 30 วินาที ⁻¹ SRT 50 นาที	164
ผ.5	ความสัมพันธ์ระหว่าง ZSV กับความเข้มข้นของตะกอนสารส้มและ Superfloc A115 เมื่อมีการหมุนเวียนตะกอน ที่ G 15 วินาที ⁻¹ SRT 10 นาที	165
ผ.6	ความสัมพันธ์ระหว่าง ZSV กับความเข้มข้นของตะกอนสารส้มและ Superfloc A115 เมื่อมีการหมุนเวียนตะกอน ที่ G 15 วินาที ⁻¹ SRT 20 นาที	165
ผ.7	ความสัมพันธ์ระหว่าง ZSV กับความเข้มข้นของตะกอนสารส้มและ Superfloc A115 เมื่อมีการหมุนเวียนตะกอน ที่ G 15 วินาที ⁻¹ SRT 30 นาที	166
ผ.8	ความสัมพันธ์ระหว่าง ZSV กับความเข้มข้นของตะกอนสารส้มและ Superfloc A115 เมื่อมีการหมุนเวียนตะกอน ที่ G 15 วินาที ⁻¹ SRT 50 นาที	166

