

ผลของความเร็วเกรดเตียนต์ ในการควบคุมกลไกโคแอกูเลชัน



นายกิติเทพ เลขะวิพัฒน์

ศูนย์วิทยพัทยาการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้าวิจัยปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล

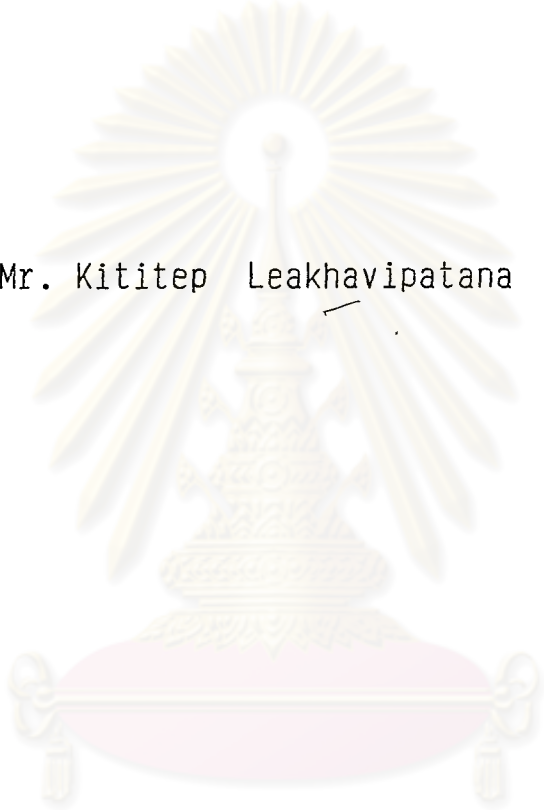
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2529

ISBN 974-566-943-1

013433

EFFECTS OF VELOCITY GRADIENTS IN COAGULATION MECHANISMS CONTROL



Mr. Kititep Leakhavipatana

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

Department of Sanitary Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1986

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ผลของความเร็วแปรผันต้น ในการควบคุมกลไกโคแอกกูเลชัน

โดย

นายกิติเทพ เลขะวิวัฒน์

ภาควิชา

วิศวกรรมสุขาภิบาล

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดี บัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สรชัย พิศาลบุตร)

รักษาการในตำแหน่งรองคณบดีฝ่ายวิชาการ

ปฏิบัติราชการแทนรักษาการในตำแหน่งคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ สวัสดิ์ ธรรมิกรักษ์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ไพพรรณ พรประภา)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ชีระ เกรอด)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





Experimental results showed that type and boundary of the coagulation mechanisms tended to be controlled by alum doses and the final pH value other than initial turbidity or the G value. Moreover, it was also found that the conventional jar test technique was still the most suitable method for coagulation control.



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ตันกุลเวศม์ เป็นอย่างสูง ที่ท่านได้แนะนำแนวทางการวิจัย และให้คำปรึกษา ในด้านวิชาการต่าง ๆ ตลอดจนให้กำลังใจและข้อคิดต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างมากแก่ผู้วิจัย

ค่าใช้จ่ายส่วนหนึ่งในการวิจัยนี้ ได้จากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล ที่ได้อำนวยความสะดวกในการทดลองต่าง ๆ

ขอขอบคุณเพื่อนนิสิตทุก ๆ ท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยด้วยดีเสมอมา

ความดีแห่งวิทยานิพนธ์นี้ ขออุทิศแด่บุพการี

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ใบหัวข้อวิทยานิพนธ์ .....	ก
ใบปกหน้าภาษาไทย .....	ข
ใบปกหน้าภาษาอังกฤษ .....	ค
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ช
สารบัญเรื่อง .....	ซ
สารบัญภาพ .....	ฎ
สารบัญตาราง .....	ฅ
บทที่	
1. บทนำ .....	1
2. วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย .....	2
2.1 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย .....	2
2.2 ขอบเขตของการวิจัย .....	2
3. ทบทวนเอกสาร .....	4
3.1 กระบวนการโคแอกกูเลชัน .....	4
3.2 เคมี่ของสารส้มในน้ำ .....	4
3.3 กลไกโคแอกกูเลชันด้วยสารส้ม .....	8
3.3.1 กลไกคอลลิดพิวและทำลายประจุ .....	8
3.3.2 กลไกแบบกวาด .....	9
3.3.3 กลไกแบบผสม .....	10
3.4 พารามิเตอร์ที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการโคแอกกูแลชัน .....	10
3.4.1 ความเร็วแตรเคียนท์ .....	10
3.4.2 เวลาถักน้ำ .....	12
3.4.3 พีเอช .....	13
3.4.4 อิทธิพลของระดับความขุ่น .....	15
3.4.4.1 เมื่อระดับน้ำคิบความขุ่นต่ำ .....	15
3.4.4.2 เมื่อระดับน้ำคิบความขุ่นสูง .....	16
3.4.4.3 เมื่อระดับน้ำคิบความขุ่นสูงมาก .....	16



3.5 การควบคุมกระบวนการโคแอกูเลชัน	16
4. การดำเนินการวิจัย	17
4.1 แผนการวิจัย	17
4.1.1 พารามิเตอร์ในการทดลอง	17
4.1.2 ลำดับการทดลอง	18
4.2 วัสดุและอุปกรณ์การวิจัย	19
4.2.1 อุปกรณ์ในกระบวนการกวนเร็ว	19
4.2.2 อุปกรณ์ในกระบวนการกวนช้า	20
4.3 การเตรียมสารเคมีและน้ำปูนสังเคราะห์	21
4.3.1 น้ำปูนสังเคราะห์	21
4.3.2 สารเคมี	23
4.3.2.1 สารส้ม	23
4.3.2.2 สารละลายกรดเกลือ	25
4.3.2.3 สารละลายต่าง	25
4.4 การควบคุมอุปกรณ์เบลินเดอร์และอุปกรณ์จาร์เทสต์	26
4.4.1 การควบคุมอุปกรณ์เบลินเดอร์	26
4.4.2 การควบคุมอุปกรณ์จาร์เทสต์	29
4.5 การดำเนินการทดลอง	29
4.5.1 การทำจาร์เทสต์	29
4.5.2 การทดลองโดยใช้เบลินเดอร์	29
4.5.3 การวิเคราะห์สมบัติของน้ำ	30
5. ผลการทดลองและการวิจารณ์ผล	31
5.1 การเกิดกลไกโคแอกูเลชัน	31
5.2 ขอบเขตของกลไกโคแอกูเลชัน	43
5.3 ผลของความเร็วแรงแตรเดียนต์ที่มีต่อกลไกโคแอกูเลชัน	60
5.4 ความเหมาะสมของการใช้จาร์เทสต์ในการควบคุมกระบวนการ โคแอกูเลชัน	61

6. สรุปผลการวิจัยและเปรียบเทียบการวิจัยในอดีต .....	63
6.1 สรุปผลการวิจัย .....	63
6.2 เปรียบเทียบการวิจัยของ A..Amirtharajah และ K.M Mills .....	63
7. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยเพิ่มเติม .....	65
บรรณานุกรม .....	66
ภาคผนวก .....	68
ประวัติผู้วิจัย .....	160



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่

1.1	ระบบการผลิตน้ำประปา	2
3.1	ลักษณะของการเกิดขึ้นไอออนที่ผิวอนุภาคคอลลอยด์	6
3.2	แรงผลักและแรงดูดระหว่างอนุภาคคอลลอยด์	8
3.3	กลไกการทำลายเสถียรภาพแบบดูดติดผิวและทำลายประจุ	9
3.4	กลไกการทำลายเสถียรภาพแบบกวาด	10
3.5	กลไกการทำลายเสถียรภาพแบบดูดติดผิวและทำลายประจุ	11
3.6	กลไกการทำลายเสถียรภาพแบบกวาด	12
3.7	ความสัมพันธ์ระหว่างสารประกอบเชิงซ้อนของสารส้มและพีเอช	13
3.8	แผนภูมิที่ใช้ในการควบคุมกลไกโคแอกูเลชันของสารส้ม	14
3.9	ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นตกค้างและสารเคมี	15
4.1	ลำดับการทดลอง	18
4.2	อุปกรณ์เบลินเดอร์	19
4.3	อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบ	20
4.4	อุปกรณ์จาร์เทสต์	21
4.5	อิทธิพลของอนุภาคดินและปริมาณสารส้ม	21
4.6	แสดงการดูดซึ้กตัวอย่างน้ำขุ่น	23
4.7	ผลการทำจาร์เทสต์น้ำขุ่นเริ่มต้น 20 NTU	24
4.8	อุปกรณ์เบลินเดอร์และอุปกรณ์ควบคุม	26
4.9	ภาพแสดงแผนการทดลอง	29
5.1	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารส้มและความขุ่นตกค้าง ความขุ่นเริ่มต้น 20 NTU พีเอชสุดท้าย 4	32
5.2	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารส้มและความขุ่นตกค้าง ความขุ่นเริ่มต้น 20 NTU พีเอชสุดท้าย 5	32
5.3	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารส้มและความขุ่นตกค้าง ความขุ่นเริ่มต้น 20 NTU พีเอชสุดท้าย 6	33



5.17 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารส้มและความขุ่นตกค้าง	
ความขุ่นเริ่มต้น 500 NTU พีเอชสุดท้าย 8 .....	40
5.18 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารส้มและความขุ่นตกค้าง	
ความขุ่นเริ่มต้น 500 NTU พีเอชสุดท้าย 9 .....	40
5.19- ไดอะแกรมเสถียรภาพ (Stability diagram) ของสารส้ม	
ความขุ่นเริ่มต้น 20 NTU $G = 500 \text{ (วท)}^{-1}$ .....	44
5.20 ไดอะแกรมเสถียรภาพ (Stability diagram) ของสารส้ม	
ความขุ่นเริ่มต้น 20 NTU $G = 1,000 \text{ (วท)}^{-1}$ .....	45
5.21 ไดอะแกรมเสถียรภาพ (Stability diagram) ของสารส้ม	
ความขุ่นเริ่มต้น 20 NTU $G = 3,000 \text{ (วท)}^{-1}$ .....	46
5.22 ไดอะแกรมเสถียรภาพ (Stability diagram) ของสารส้ม	
ความขุ่นเริ่มต้น 20 NTU $G = 5,000 \text{ (วท)}^{-1}$ .....	47
5.23 ไดอะแกรมเสถียรภาพ (Stability diagram) ของสารส้ม	
ความขุ่นเริ่มต้น 100 NTU $G = 500 \text{ (วท)}^{-1}$ .....	48
5.24 ไดอะแกรมเสถียรภาพ (Stability diagram) ของสารส้ม	
ความขุ่นเริ่มต้น 100 NTU $G = 1,000 \text{ (วท)}^{-1}$ .....	49
5.25 ไดอะแกรมเสถียรภาพ (Stability diagram) ของสารส้ม	
ความขุ่นเริ่มต้น 100 NTU $G = 3,000 \text{ (วท)}^{-1}$ .....	50
5.26 ไดอะแกรมเสถียรภาพ (Stability diagram) ของสารส้ม	
ความขุ่นเริ่มต้น 100 NTU $G = 5,000 \text{ (วท)}^{-1}$ .....	51
5.27 ไดอะแกรมเสถียรภาพ (Stability diagram) ของสารส้ม	
ความขุ่นเริ่มต้น 500 NTU $G = 500 \text{ (วท)}^{-1}$ .....	52
5.28 ไดอะแกรมเสถียรภาพ (Stability diagram) ของสารส้ม	
ความขุ่นเริ่มต้น 500 NTU $G = 1,000 \text{ (วท)}^{-1}$ .....	53
5.29 ไดอะแกรมเสถียรภาพ (Stability diagram) ของสารส้ม	
ความขุ่นเริ่มต้น 500 NTU $G = 3,000 \text{ (วท)}^{-1}$ .....	54

ภาพที่

5.30	ไดอะแกรมเสถียรภาพ (Stability diagram) ของสารส้ม ความขุ่นเริ่มต้น 500 NTU $G = 5,000 \text{ (วท)}^{-1}$ .....	55
5.31	ไดอะแกรมเสถียรภาพ (Stability diagram) ของสารส้ม ความขุ่นเริ่มต้น 20 NTU โดยจาร์เทสต์ .....	56
5.32	ไดอะแกรมเสถียรภาพ (Stability diagram) ของสารส้ม ความขุ่นเริ่มต้น 100 NTU โดยจาร์เทสต์ .....	57
5.33	ไดอะแกรมเสถียรภาพ (Stability diagram) ของสารส้ม ความขุ่นเริ่มต้น 500 NTU โดยจาร์เทสต์ .....	58



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	พารามิเตอร์ที่แปรเปลี่ยน .....	18
4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วแรงแตรเตียนท์และพลังงาน .....	27



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย