

ผลของความเร็วแกรเดียนต์ ในการควบคุมกลไกโโคแอคเลชั่น



นายกิติเทพ เลขะวิพัฒน์

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

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

ผลของความเร็วแกรเดียนต์ ในการควบคุมกลไกโโคแอคตูเลชั่น

โดย

นายกิติเทพ เลขะวิพัฒน์

ภาควิชา

วิศวกรรมสุขาภิบาล

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ดัม kullawech



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดี บัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สรชัย พิศาลนุדר)

รักษาการในตำแหน่งรองคณบดีฝ่ายวิชาการ

ปฏิบัติราชการแทนรักษาการในตำแหน่งคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ สวัสดิ์ ธรรมิกรักษ์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ไพบูลย์ พรประภา)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ชีระ เกรอต)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ดัม kullawech)

ลิบลีทิชชองบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ผลของความเร็วแกรเดียโนด์ในการควบคุมกลไกไอโอดอกเลชั่น

ชื่อ

นายกิตติเทพ เลขะวิพัฒน์

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ดัมชาลเวศม์

ภาควิชา

วิศวกรรมสุขาภิบาล

ปีการศึกษา

2528



บพคดบ่อ

กระบวนการไอโอดอกเลชั่น เป็นกระบวนการย่อยที่สำคัญมาก ในการกำจัดความชุ่นออก จากน้ำ โดยทำงานร่วมกับกระบวนการตัดตะกอนและการกรอง ในระบบผลิตน้ำประปา ด้วยเครื่อง ๆ ที่มีผลต่อกระบวนการไอโอดอกเลชั่น ได้แก่ พื้อเชื้อสุดท้าย ความชุ่นเริ่มต้น ปริมาณสารส้ม และความเร็ว แกรเดียโนด์

ผลการวิจัยนี้เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ เพื่อศึกษาผลของความเร็วแกรเดียโนด์ ใน การควบคุมกลไกไอโอดอกเลชั่นโดยใช้อุปกรณ์เบลินเดอร์ ซึ่งสามารถสร้างค่า G ได้ตั้งแต่ $500 (\text{วท})^{-1}$ ถึง $5000 (\text{วท})^{-1}$ และอุปกรณ์jarrest ทำการทดลองใช้ปริมาณสารส้ม $2.5\text{-}50 \text{ มก/l}$. น้ำชุ่น สังเคราะห์ เตรียมจากผลิตนาโนลิน และน้ำประปางานการประปานครหลวง มีความชุ่น 3 ระดับ ได้แก่ $20,100$ และ 500 NTU และพื้อเชื้อสุดท้าย 4-9 การทดลองแต่ละชุด กำหนดให้ความ ชุ่นเริ่มต้น เวลาปกติ 2 นาที และพื้อเชื้อสุดท้าย เป็นตัวแปรคงที่ โดยแบ่งเปลี่ยนปริมาณสารส้มในช่วงที่กำ หนด ภายในค่า G หนึ่ง ๆ

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า ปรัชญาและขอบเขตของกลไกไอโอดอกเลชั่น มีแนวโน้มที่จะ ถูกกำหนดโดยปริมาณสารส้ม และพื้อเชื้อสุดท้าย ส่วนความชุ่นเริ่มต้น ไม่มีอิทธิพลที่ค่อนข้าง เช่นเดียว กับค่า G เมื่อเปรียบเทียบผลของค่า G ต่าง ๆ กับjarrest พบว่าjarrest ยังคงเป็นวิธีการที่ เหมาะสมสำหรับการควบคุมกระบวนการไอโอดอกเลชั่น

Name Mr. Kititep Leakhavipatana

Department Sanitary Engineering

Academic year 1985

ABSTRACT



Coagulation is an important process, followed by sedimentation and filtration in water treatment, to remove turbidity. Variables that influence coagulation are a final pH value, an initial turbidity, an alum dose, a detention time, and a velocity gradient (G).

This research was an experimental study to investigate effects of velocity gradients in coagulation mechanisms control. Modified commercial blender, which is able to produce G values from 500 to 5,000 $(\text{s})^{-1}$, was used together with a conventional jar-test apparatus. Alum doses were varied from 2.5 to 50 mg/l, while 3 levels of turbidity i.e 20, 100 and 500 NTU were studied at the final pH of 4,5,6,7,8 and 9 respectively. The raw water being investigated was synthesized by mixing a proper amount of kaolinite into a tap water. During each set of jar test experimentation, only alum doses were varied while other parameters were set constant.

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 อุปกรณ์มหावิทยาลัย



กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ดันดุลเวศม์ เป็นอย่างสูง ที่
ท่านได้แนะนำแนวทางการวิจัย และให้คำปรึกษา ในด้านวิชาการต่าง ๆ ตลอดจนให้กำลังใจและ
ข้อคิดต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างมากแก่ผู้วิจัย

ค่าใช้จ่ายส่วนหนึ่งในการวิจัยนี้ ได้จากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอ
ขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล ที่ได้อำนวยความสะดวก
ในการทดลองต่าง ๆ

ขอขอบคุณเพื่อนนิสิตทุก ๆ ท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยด้วยดี
เสมอมา

ความดีแห่งวิทยานิพนธ์นี้ ขออุทิศแด่นุพกการี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ใบหัวข้อวิทยานิพนธ์	ก
ในปกหน้าภาษาไทย	ข
ในปกหน้าภาษาอังกฤษ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ช
สารบัญเรื่อง	ช
สารบัญภาพ	ภ
สารบัญตาราง	ภ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย	2
2.1 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย	2
2.2 ขอบเขตของการวิจัย	2
3. ทบทวนเอกสาร	4
3.1 กระบวนการโโคแอกูเล็กซ์	4
3.2 เกมีของสารสัมภิน้ำ	4
3.3 กลไกโโคแอกูเล็กซ์ที่ด้วยสารสัมภิน้ำ	8
3.3.1 กลไกคุณติดผิวและทำลายประจุ	8
3.3.2 กลไกแยกการติด	9
3.3.3 กลไกแบบผสม	10
3.4 พารามิเตอร์ที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการโโคแอกูเล็กซ์	10
3.4.1 ความเร็วแทรเดียนท์	10
3.4.2 เวลาถักน้ำ	12
3.4.3 พีเอช	13
3.4.4 อิทธิพลของระดับความชื้น	15
3.4.4.1 เมื่อระดับน้ำดีความชื้นต่ำ	15
3.4.4.2 เมื่อระดับน้ำดีความชื้นสูง	16
3.4.4.3 เมื่อระดับน้ำดีความชื้นสูงมาก	16

	目
	หน้า
3.5 การควบคุมกระบวนการโโคแอกูเลชั่น	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 อุปกรณ์ในกระบวนการกรองเริ่ว	19
4.2.2 อุปกรณ์ในกระบวนการกรองซ้ำ	20
4.3 การเตรียมสารเคมีและน้ำขุ่นสังเคราะห์	21
4.3.1 น้ำขุ่นสังเคราะห์	21
4.3.2 สารเคมี	23
4.3.2.1 สารส้ม	23
4.3.2.2 สารละลายกรดเกลือ	25
4.3.2.3 สารละลายด่าง	25
4.4 การควบคุมอุปกรณ์เบลินเดอร์และอุปกรณ์jar์เทสท์	26
4.4.1 การควบคุมอุปกรณ์เบลินเดอร์	26
4.4.2 การควบคุมอุปกรณ์jar์เทสท์	29
4.5 การดำเนินการทดลอง	29
4.5.1 การทำjar์เทสท์	29
4.5.2 การทดลองโดยใช้เบลินเดอร์	29
4.5.3 การวิเคราะห์สมบัติของน้ำ	30
5. ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล	31
5.1 การเกิดกลไกโโคแอกูเลชั่น	31
5.2 ขอบเขตของกลไกโโคแอกูเลชั่น	43
5.3 ผลของความเร็วแกรเดียนต์ที่มีต่อกลไกโโคแอกูเลชั่น	60
5.4 ความหมายของ การใช้jar์เทสท์ในการควบคุมกระบวนการ โโคแอกูเลชั่น	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 อุปางกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่

1.1 ระบบการผลิตน้ำประปา	2
3.1 ลักษณะของการเกิดชั้นไออ่อนที่ผิวน้ำภาคคอกลองอยด์	6
3.2 แรงผลักและแรงดูดระหว่างอนุภาคคอกลองอยด์	8
3.3 กลไกการทำลายเสถียรภาพแบบดูดติดผิวและทำลายปะจุ	9
3.4 กลไกการทำลายเสถียรภาพแบบกว้าง	10
3.5 กลไกการทำลายเสถียรภาพแบบดูดติดผิวและทำลายปะจุ	11
3.6 กลไกการทำลายเสถียรภาพแบบกว้าง	12
3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างสารประกอบเชิงชั้นของสารสัมและพีเอช	13
3.8 แผนภูมิที่ใช้ในการควบคุมกลไกโดยอุปกรณ์ชั้นของสารสัม	14
3.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นต่อก้างและสารเคมี	15
4.1 ลำดับการทำลอก	18
4.2 อุปกรณ์เบลินเดอร์	19
4.3 อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบ	20
4.4 อุปกรณ์จาร์เทสท์	21
4.5 อิทธิพลของอนุภาคดินและปริมาณสารสัม	21
4.6 แสดงการดูดซักตัวอย่างน้ำชุ่น	23
4.7 ผลการทำจาร์เทสท์น้ำชุ่นเริ่มต้น 20 NTU	24
4.8 อุปกรณ์เบลินเดอร์และอุปกรณ์ควบคุม	26
4.9 ภาพแสดงแผนการทำลอก	29
5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารสัมและความชื้นต่อก้าง ความชื้นเริ่มต้น 20 NTU พีเอชสุดท้าย 4	32
5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารสัมและความชื้นต่อก้าง ความชื้นเริ่มต้น 20 NTU พีเอชสุดท้าย 5	32
5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารสัมและความชื้นต่อก้าง ความชื้นเริ่มต้น 20 NTU พีเอชสุดท้าย 6	33

๑๖๗

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

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

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่

หน้า

4.1 พารามิเตอร์ที่เปลี่ยนแปลง	18
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วการเดินท่องเที่ยวและผลิตภัณฑ์	27



**ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**