เทคนิคการไทเตรตคอลลอยด์ ในการควบคุมขบวนการโคแอกกูเลชัน

นายสุชาติ สถิตมั่นในธรรม

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2526

ISBN 974-562-815-8

007861
I 17943152

COLLOID TITRATION TECHNIQUE FOR WATER COAGULATION CONTROL

Mr. Suchart Stitmannaitum

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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	เทคนิคการไดเทรตคอลลอยด์ ในการควบคุมขบวนการโคแอกกูเลชัน
โดย	นายสุชาติ สถิตมั่นในธรรม
ภาควิชา	วิศวกรรมสุขาภิบาล
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สุดใจ จำปา)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ไพพรรณ พรประภา)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ธีระ เกรอต)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	เทคนิคการไตเตรทคอลลอยด์ ในการควบคุมขบวนการโคแอกกูเลชัน
ชื่อ	นายสุชาติ สถิตมั่นในธรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์
ภาควิชา	วิศวกรรมสุขาภิบาล
ปีการศึกษา	2526

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

การวิจัยในห้องปฏิบัติการ ซึ่งเป็นการวัดประจุของสารละลายสารส้ม, สารละลายของสารประกอบเหล็ก, สารละลายโพลิเมอร์ และน้ำสังเคราะห์ต่าง ๆ ที่มีพีเอชและความเข้มข้นต่าง ๆ โดยวิธีไตเตรทด้วยสารมาตรฐานประจุบวกดีดีพีเอ็ม และสารมาตรฐานประจุลบพีวีเอสเอค และใช้ทีบีเป็นดัชนี พบว่า เทคนิคการไตเตรทคอลลอยด์นี้ สามารถใช้วัดประจุของสารละลายสารส้ม, สารละลายโพลิเมอร์ประจุบวก และน้ำสังเคราะห์ได้ และสามารถใช้เปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมต่อของโพลิเมอร์ประจุลบได้ เนื่องจากการที่เทคนิคนี้สามารถวัดประจุบวกของโพลิเมอร์ประจุบวกได้อย่างแม่นยำ จึงน่าจะเป็นวิธีที่ใช้เลือกชนิดของโพลิเมอร์ประจุบวก ที่มีประจุบวกระดับต่าง ๆ ตามต้องการได้ แต่ไม่สามารถวัดประจุของสารละลายของสารประกอบเหล็ก เพราะสีของสารประกอบเหล็กเป็นอุปสรรคต่อการดูจุดสิ้นสุดของปฏิกริยา

การใช้เทคนิคดังกล่าวตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงประจุของอนุภาคคอลลอยด์ที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำจาร์เทสต์ของน้ำสังเคราะห์ที่เตรียมจากเคาโอลิน และน้ำดิบจากโรงกรองน้ำสามเสน ได้ข้อมูลที่แสดงว่า การใช้เทคนิคนี้วัดประจุในน้ำหลังการกวนผสมและประจุในน้ำใส มีความเป็นไปได้ที่จะเป็นวิธีติดตามและควบคุมขบวนการโคแอกกูเลชันที่ดี

นอกจากนี้ ข้อมูลที่ได้จากการวิจัย ยังแสดงแนวโน้มให้เห็นว่าเทคนิคการไตเตรทคอลลอยด์นี้อาจจะเป็นวิธีใหม่สำหรับใช้ศึกษาและอธิบายปรากฏการณ์ และกลไกต่าง ๆ ของการโคแอกกูเลชัน ซึ่งจนบัจจุบันนี้ยังไม่เป็นที่เข้าใจกันดีนัก

Thesis Title	Colloid Titration Technique for water Coagulation Control
Name	Mr. Suchart Stitmannaitum
Thesis Advisor	Associate Professor Munsin Tuntoolavest,Ph.D.
Department	Sanitary Engineering
Acadamic Year	1983

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ABSTRACT

This research is an experimental study to measure an electrical charge of alum solution, iron compound solution, polymer solution, and other synthetic water at various pH values and concentrations by colloid titration method with standard positively charged solution DDPM and standard negatively charged solution PVSAK using TB as indicator. It was found that the Colloid Titration Technique could measure the charge of alum solution, cationic polymer solution and synthetic water.

It can also compare the bridging ability of anionic polymer. As this technique can measure precisely the positive charge of the cationic polymer, it should be a preferred method for the selection of cationic polymer types i.e. with any desired electrical charge. However this method can not measure the charge of iron compound solution because the color of the iron compound interfere with the end point of the reaction.

When using this technique to investigate the change of colloid charge occurred during Jar Test of synthetic water prepared from kaolin and raw water from SAMSAEN WATER TREATMENT PLANT , it was found that electrical charges of the suspension after mixing and the settled water after sedimentation, might be feasible parameters for control and

monitoring the coagulation process.

Furthermore, the result also showed the potential in using Colloid Titration Technique to study and explain phenomena and mechanism of coagulation process which is not very well understood until now.

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ เป็นอย่างสูงที่ท่านได้แนะนำแนวทางการวิจัยและให้คำปรึกษาในด้านวิชาการต่าง ๆ ตลอดจนให้กำลังใจแก่ผู้วิจัย ด้วยความกรุณาอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ธีระ เกรอต ที่ท่านได้ให้ความอนุเคราะห์แก่ผู้วิจัยในด้านเอกสารทางวิชาการ และคำแนะนำต่าง ๆ

ค่าใช้จ่ายส่วนหนึ่งในการวิจัยนี้ ได้จากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณ มา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณ ห้างหุ้นส่วนจำกัด วรจักรเคมี และบริษัท สยามเทคโนโลยี (สยามเทค) จำกัด ที่ได้เอื้อเฟื้อสารโพลิเมอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิจัย

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาลที่ได้อำนวยความสะดวกในการทดลองต่าง ๆ

ขอขอบคุณเพื่อนนิสิตทุก ๆ ท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยด้วยดีเสมอมา

ความดีแห่งวิทยานิพนธ์นี้ ขออุทิศแด่บุพการีซึ่งได้สนับสนุนการศึกษาของผู้วิจัยมาโดยตลอด

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญเรื่อง ..... ช
สารบัญภาพประกอบ ..... ฌ
บทที่
1. บทนำ
1.1 ลักษณะทั่วไปของขบวนการโคแอกกูเลชัน 1
1.2 ความสำคัญของขบวนการโคแอกกูเลชัน 1
1.3 วิธีการควบคุมขบวนการโคแอกกูเลชัน 3
1.4 ปัญหาของการควบคุมขบวนการโคแอกกูเลชัน 4
1.5 การแก้ปัญหาโดยการใช้เทคนิคการไดเตรตคอลลอยด์ 5
2. วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย
2.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 6
2.2 ขอบเขตการวิจัย 6
3. ทบทวนเอกสาร
3.1 การเกิดเสถียรภาพของอนุภาค 7
3.2 การลดเสถียรภาพของอนุภาค 9
3.3 การโคแอกกูเลชันด้วยสารส้ม 11
3.4 การโคแอกกูเลชันด้วยสารประกอบเหล็ก 17
3.5 การโคแอกกูเลชันด้วยสารโพลิเมอร์ 19
3.6 ทฤษฎีของการไดเตรตคอลลอยด์ 20
3.7 การวิจัยของเทคนิคการไดเตรตคอลลอยด์ในอดีต 22

บทที่ หน้า

4. แผนงานและการดำเนินการวิจัย

4.1 แผนการวิจัย 24

4.2 การดำเนินการวิจัย

4.2.1 การเตรียมสารเคมีสำหรับการไทเตรทคอลลอยด์ 24

4.2.2 การเตรียมสารละลายและน้ำสังเคราะห์สำหรับการวิจัย 25

4.2.3 วิธีการไทเตรทคอลลอยด์และการคำนวณค่าประจุ 27

4.2.4 วิธีทำจาร์เทสต์ 30

5. ผลการวิจัยและการวิจารณ์ผล

5.1 การวัดประจุของน้ำกลั่น 33

5.2 การวัดประจุของสารละลายสารส้ม 33

5.3 การวัดประจุของสารประกอบเหล็ก 39

5.4 การวัดประจุของโพลิเมอร์ 39

5.5 การวัดประจุของน้ำสังเคราะห์ต่าง ๆ 48

5.6 การวัดประจุของน้ำสังเคราะห์ในขบวนการโคแอกกูเลชัน 51

5.7 การวัดประจุของน้ำดิบจากโรงกรองน้ำสามเสนในขบวนการโคแอกกูเลชัน 63

6. สรุปผลการวิจัยและเปรียบเทียบกับงานวิจัยในอดีต

6.1 สรุปผลการวิจัย 72

6.2 การเปรียบเทียบผลการวิจัยกับงานวิจัยของ KAWAMURA 73

6.3 การเปรียบเทียบผลการวิจัยกับงานวิจัยของ WANG 73

7. การประยุกต์ผลการวิจัยและการวิจัยที่ควรทำต่อไป 75

เอกสารอ้างอิง 76

ภาคผนวก 79

ประวัติผู้วิจัย 99

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1.1 ส่วนประกอบทั่วไปของระบบที่ใช้ขบวนการโคแอกกูเลชัน 2

1.2 เครื่องจาร์เทสต์ 2

1.3 เครื่องมือวัดศักย์ไฟฟ้าของอนุภาค 4

3.1 ลักษณะการเกิดชั้นของไอออนต่างประจุและการเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าของอนุภาค 8

3.2 พลังงานที่อนุภาคกระทำต่อกัน ที่ระยะห่างกันต่าง ๆ 8

3.3 ลักษณะการเกิดโคแอกกูเลชัน โดยกลไกการดูดติดและลดเสถียรภาพ และกลไกโคแอกกูเลชันแบบกวาด 10

3.4 ลักษณะการเกิดโคแอกกูเลชัน โดยกลไกการเชื่อมต่อของโพลิเมอร์ 10

3.5 ความเข้มข้นของสารประกอบเชิงซ้อนของอลูมิเนียมในภาวะสมดุลย์ ที่พีเอชต่าง ๆ ... 12

3.6 ความเข้มข้นของสารประกอบเชิงซ้อนของเหล็ก ในภาวะสมดุลย์ ที่พีเอชต่าง ๆ 12

3.7 ผังแสดงกลไกต่าง ๆ ของโคแอกกูเลชัน 15

3.8 อิทธิพลของค่าความปั่นป่วน (velocity gradient) ต่อผลของโคแอกกูเลชัน. 18

3.9 ตัวอย่างสูตรโครงสร้างของโพลิเมอร์ที่มีประจุต่างกัน 21

3.10 การตรวจสอบขบวนการโคแอกกูเลชัน ด้วยการวัดศักย์ไฟฟ้าและการไตเตรตคอลลอยด์ 23

4.1 สีของตัวอย่างน้ำที่มีประจุต่าง ๆ 28

4.2 ถ้วยทดลองและอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างที่ใช้ในการทำจาร์เทสต์ 31

4.3 แสดงการทำจาร์เทสต์และการเก็บตัวอย่าง 31

5.1 ปริมาตรสารละลายพีวีเอสเอเค 5×10^{-4} นอร์แมลที่ใช้ไตเตรตน้ำกลั่นที่พีเอชต่าง ๆ. 34

5.2 ปริมาตรสารละลายพีวีเอสเอเค 5×10^{-4} นอร์แมล ที่ใช้ไตเตรตน้ำกลั่นซึ่งเติมดีดีพีเอ็มบริมาตรต่าง ๆ 34

5.3 ประจุของสารละลายสารส้มความเข้มข้น 10 - 40 มก./ล. ที่พีเอชต่าง ๆ ซึ่งวัดโดยวิธีไตเตรตโดยตรง 35

5.4 ประจุของสารละลายสารส้มความเข้มข้น 50 - 300 มก./ล.ที่พีเอชต่าง ๆ..... 36

5.5 เปรียบเทียบประจุของสารละลายสารส้มความเข้มข้นต่าง ๆ ที่พีเอชหนึ่ง ๆ 37

ภาพที่ หน้า

5.6 ประจุของ SANFLOC C-450 ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่พีเอช 4.0, 7.0, และ 9.0 ซึ่งวัดโดยวิธีไตเตรตโดยตรงและย้อนกลับ 40

5.7 ประจุของ SUPERFLOC C-483 ความเข้มข้น 1 - 5 มก./ล. ที่พีเอช 7 ซึ่งวัดโดยวิธีไตเตรตโดยตรง 41

5.8 ประจุของ MAGNIFLOC C-515 ความเข้มข้น 10 - 50 มก./ล. ที่พีเอช 6 ซึ่งวัดโดยวิธีไตเตรตโดยตรง 41

5.9 ประจุของ SUPERFLOC C-573 ความเข้มข้น 1 - 5 มก./ล. ที่พีเอช 7 ซึ่งวัดโดยวิธีไตเตรตโดยตรง 42

5.10 ประจุของ SUPERFLOC C-483 ความเข้มข้น 5 มก./ล. ที่พีเอชต่าง ๆ ซึ่งวัดโดยวิธีไตเตรตโดยตรง 42

5.11 ประจุของ MAGNIFLOC C-515 ความเข้มข้น 50 มก./ล. ที่พีเอชต่าง ๆ ซึ่งวัดโดยวิธีไตเตรตโดยตรง 43

5.12 ประจุของ SUPERFLOC C-573 ความเข้มข้น 2 มก./ล. ที่พีเอชต่าง ๆ ซึ่งวัดโดยวิธีไตเตรตโดยตรง 43

5.13 ประจุของ SANFLOC AH-200 P ความเข้มข้น 1 - 5 มก./ล. ที่พีเอช 7 ซึ่งวัดโดยวิธีไตเตรตย้อนกลับ โดยเติมสารละลายดีดีพีเอ็ม 2.0 มล. 45

5.14 ประจุของ SUPERFLOC A-115 PWG ความเข้มข้น 1 - 5 มก./ล. ที่พีเอช 7 46

5.15 ประจุของ SUPERFLOC A-115 PWG ความเข้มข้น 1 - 5 มก./ล. ที่พีเอช 7 46

5.16 ประจุของ SUPERFLOC A-115 PWG ความเข้มข้น 1 - 5 มก./ล. ที่พีเอช 7 ซึ่งวัดโดยวิธีไตเตรตย้อนกลับ โดยเติมสารละลายดีดีพีเอ็ม 2.0 มล... 47

5.17 ประจุของ SUPERFLOC A-110 PWG ความเข้มข้น 5 มก./ล. ที่พีเอชต่าง ๆ ซึ่งวัดโดยวิธีไตเตรตย้อนกลับ โดยเติมสารละลายดีดีพีเอ็ม 2.5 มล. 47

5.18 ประจุของน้ำสังเคราะห์ 3 ชนิด ที่พีเอชต่าง ๆ ซึ่งวัดโดยวิธีไตเตรตย้อนกลับ.... 49

5.19 ประจุของน้ำสังเคราะห์เบนโทไนท์ เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้ไตเตรต 49

ภาพที่ หน้า

5.20 ประจุของน้ำสังเคราะห์ฟุลเลอร์เอิธ ที่วัดโดยวิธีไตเตรทย้อนกลับ เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้ไตเตรท 50

5.21 ประจุของน้ำสังเคราะห์คาโอลิน ที่วัดโดยวิธีไตเตรทย้อนกลับ เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้ไตเตรท 50

5.22 ผลการโคแอกกูเลชันของน้ำสังเคราะห์คาโอลิน ซึ่งใช้สารส้ม 10 - 50 มก./ล. และพีเอชเริ่มต้น 5.95 53

5.23 ผลการโคแอกกูเลชันของน้ำสังเคราะห์คาโอลินที่ใช้สารส้ม 10 - 50 มก./ล. และพีเอชเริ่มต้น 6.55 54

5.24 ผลการโคแอกกูเลชันของน้ำสังเคราะห์คาโอลิน ที่ใช้สารส้ม 10 - 50 มก./ล. และพีเอชเริ่มต้น 6.95 55

5.25 ผลการโคแอกกูเลชันของน้ำสังเคราะห์คาโอลินที่ใช้สารส้ม 10 - 50 มก./ล. และพีเอชเริ่มต้น 7.9 56

5.26 ผลการโคแอกกูเลชันของน้ำสังเคราะห์คาโอลิน ที่ใช้สารส้ม 10 - 50 มก./ล. และพีเอชเริ่มต้น 8.9 57

5.27 ผลการโคแอกกูเลชันของน้ำสังเคราะห์คาโอลิน ที่ใช้สารส้ม 1 - 5 มก./ล. และพีเอชเริ่มต้น 6.65 59

5.28 ผลการโคแอกกูเลชันของน้ำสังเคราะห์คาโอลิน ที่ใช้สารส้ม 1 - 5 มก./ล. และพีเอชเริ่มต้น 6.9 60

5.29 ผลการโคแอกกูเลชันของน้ำสังเคราะห์คาโอลิน ที่ใช้สารส้ม 5 มก./ล. ที่พีเอชต่าง ๆ 61

5.30 ผลการโคแอกกูเลชันของน้ำสังเคราะห์คาโอลิน ที่ใช้สารส้ม 10 มก./ล. ที่พีเอชต่าง ๆ 62

5.31 ผลการโคแอกกูเลชันโดยการกวนผสมด้วยเครื่องบดของน้ำสังเคราะห์คาโอลิน ที่ใช้สารส้ม 1 - 5 มก./ล. และพีเอชเริ่มต้น 6.95 64

5.32 ผลการโคแอกกูเลชันโดยการกวนผสมด้วยเครื่องบดของน้ำสังเคราะห์คาโอลิน ที่ใช้สารส้ม 1 - 5 มก./ล. และพีเอชเริ่มต้น 7.1 65

ภาพที่ หน้า

5.33 ผลการโคแอกกูเลชันโดยการกวนผสมด้วยเครื่องบดของน้ำสังเคราะห์คาโอลิน ที่ใช้สารส้ม 5 มก./ล. ที่พีเอชต่าง ๆ 66

5.34 ผลการโคแอกกูเลชันโดยใช้การกวนผสมด้วยเครื่องบดของน้ำสังเคราะห์คาโอลิน ที่ใช้สารส้ม 10 มก./ล. ที่พีเอชต่าง ๆ 67

5.35 ผลการโคแอกกูเลชันของน้ำดิบจากโรงกรองน้ำสามเสน ที่ใช้สารส้ม 10 - 50 มก./ล. และพีเอชเริ่มต้น 7.3 68

5.36 ผลการโคแอกกูเลชันของน้ำดิบจากโรงกรองน้ำสามเสนที่ใช้สารส้ม 10 มก./ล. ที่พีเอชต่าง ๆ 69

5.37 ผลการโคแอกกูเลชัน โดยใช้การกวนผสมด้วยเครื่องบดของน้ำดิบจากโรงกรองน้ำสามเสน ที่ใช้สารส้ม 10 มก./ล. ที่พีเอชต่าง ๆ 70