ผลของพีเอชต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นในกระบวนการสร้างเม็ดตะกอนแบบไหลขึ้น

นาย คณิศ ม่วงศิริ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2538
ISBN 974-631-956-6
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I17036343

EFFECTS OF pH ON TURBIDITY REMOVAL EFFICIENCY IN THE UPFLOW PELLETIZATION PROCESS

Mr. Kanis Muangsiri

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Environmental Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
1995

ISBN 974-631-956-6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของพีเอชต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นในกระบวนการสร้างเม็ดตะกอนแบบไหลขึ้น
โดย	นาย คณิศ ม่วงศิริ
ภาควิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศาสตราจารย์ ดร. ธงชัย พรรณสวัสดิ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ถุงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ไพพรรณ พรประภา)

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

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

.....กรรมการ
(อาจารย์ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณิศ ม่วงศิริ : ผลของพีเอชต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นในกระบวนการสร้างเม็ดตะกอนแบบไหลขึ้น (EFFECTS OF pH ON TURBIDITY REMOVAL EFFICIENCY IN THE UPFLOW PELLETIZATION PROCESS) อ.ที่ปรึกษา. ศ.ดร.ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 326 หน้า. ISBN 974-631-956-6

ในกระบวนการกำจัดความขุ่นในน้ำ โดยการสร้างเม็ดตะกอนให้เกิดขึ้นครั้งนี้ได้ใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์เป็นไดแอกกูแลนต์ และใช้โพลีเมอร์แอนไอออน, โพลีเมอร์นอนไอออน, โพลีเมอร์แคตไอออนเป็นไดแอกกูแลนต์เอด โดยได้แปรผันค่าพีเอชของปฏิกิริยา เพื่อเปรียบเทียบผลของพีเอชต่อประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น ตัวแปรควบคุมที่ศึกษา ได้แก่ ความเข้มข้นโพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 1, 3, 5 มก./ล. ความเข้มข้นของโพลีเมอร์ 0.3 มก./ล. ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที ตัวแปรอิสระ คือ พีเอช 7 ค่าได้แก่ 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 7.5 และ 8 การทดลองแต่ละครั้งใช้เวลา 6 ชม. โดยเก็บตัวอย่างทุก ๆ ชั่วโมง เพื่อหาความขุ่นตกค้างในน้ำ ขนาดและความเร็วในการจมตัวของเม็ดตะกอนที่ระดับบนสุดของชั้นเม็ดตะกอน ทั้งนี้เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวได้ทำการหาปริมาณอะลูมิเนียมละลายในน้ำผลิตและปริมาณอะลูมิเนียมในเม็ดตะกอนด้วย

จากผลการวิจัย พบและตั้งสมมุติฐานได้ว่า

1. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์อาศัยกลไกดูดติดและทำลายประจุไฟฟ้าในการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ที่ค่าพีเอชต่ำ และอาศัยโครงสร้างโมเลกุลที่ใหญ่เกาะยึดอนุภาคคอลลอยด์ที่ค่าพีเอชสูง ในขณะที่โพลีเมอร์แอนไอออนอาศัยกลไกการต่อเชื่อมด้วยโพลีเมอร์ในการสร้างเม็ดตะกอน โพลีเมอร์นอนไอออนอาศัยกลไกการต่อเชื่อมผสมกับการทำลายประจุ ส่วนโพลีเมอร์แคตไอออนอาศัยประจุบวกในการลดศักย์ไฟฟ้าของคอลลอยด์และกลไกการต่อเชื่อมด้วยโพลีเมอร์ในการสร้างเม็ดตะกอน

2. ที่พีเอชต่ำในช่วงที่วิจัย ความขุ่นตกค้างในน้ำที่ออกจากระบบมีค่าสูงกว่าที่พีเอชสูงอยู่บ้างเล็กน้อย แต่ไม่มีนัยสำคัญ และในทุกเงื่อนไขการทดลองความขุ่นในน้ำที่ออกจากระบบมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์กำหนด 5 เอ็นทียู.

3. พีเอชไม่มีอิทธิพลต่อความเร็วในการจมตัวของเม็ดตะกอน, ความสูงของชั้นเม็ดตะกอน แต่มีอิทธิพลต่อขนาดเม็ดตะกอนอยู่บ้าง แต่มีรูปแบบที่ไม่ชัดเจน

4. พีเอชมีอิทธิพลต่อปริมาณอลูมิเนียมในน้ำ ซึ่งปริมาณอะลูมิเนียมในน้ำมีค่าต่ำเมื่อพีเอชอยู่ในช่วง 6.5 - 7.0 และมีค่าไม่เกินเกณฑ์กำหนด 200 ไมโครกรัม/ล.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

##C517463 : MAJOR SANITARY ENGINEERING
KEY WORD: PELLETIZATION PROCESS/ TURBIDITY REMOVAL/ pH/ PELLET
KANIS MUANGSIRI : EFFECTS OF pH ON TURBIDITY REMOVAL EFFICIENCY IN THE UPFLOW PELLETIZATION PROCESS. THESIS ADVISOR: PROF. THONGCHAI PANSWAD, Ph.D., 326 pp. ISBN 974-631-956-6

In this upflow pelletization study, polyaluminum chloride at doses of 1, 3, 5 mg./1. was used as a coagulant whereas different polymers, namely, anionic polymer, nonionic polymer and cationic polymer were used as coagulant aid at doses of 0.3 mg./1. and with an upflow velocity of 40 cm/min. The studied pH range covered 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 7.5 and 8. Each experiment took six hours while samples were taken every hour to determine the effluent turbidity, pH as well as size and settling velocity of pellet taken at the highest level. When the system was in steady state, dissolved aluminum and solid aluminum in the pellet were quantified.

It was discovered and postulated that

1. Polyaluminum chloride utilized adsorption and charge neutralization mechanisms to destabilize colloids at low pH and then large molecular structure of PACl for bridging purposes at high pH. Anionic polymer utilized bridging mechanism to form pellets. Nonionic polymer utilized its positive charge to reduce negative colloid charge and utilized bridging mechanism to form pellets.
2. In the studied low pH range, the effluent turbidity was negligibly higher than that at high pH. In all the experiments the effluent turbidity was less than the 5 NTU standard.
3. pH did not affect settling velocity nor pellet height, but on pellet size the effects could not be patternized.
4. pH had some effects on dissolved aluminum in the effluent, especially at low pH of 6.5 - 7.0. The residual Al, on the other hand, was not exceeding 200 micrograms/liter criterion.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย พรรณสวัสดิ์ เป็นอย่างสูงที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำในเรื่องต่าง ๆ เพื่อให้ผู้วิจัยสามารถทำการวิจัยครั้งนี้ได้อย่างถูกต้องและลุล่วงไปได้ด้วยดี พร้อมทั้งให้แง่คิดในเชิงวิชาการที่มีประโยชน์อย่างยิ่งต่อผู้วิจัย

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ไพพรรณ พรประภา,รองศาสตราจารย์ ดร.มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ , อาจารย์ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ ที่ได้ช่วยกรุณาตรวจสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำปรึกษาทางวิชาการแก่ผู้วิจัย รวมทั้งคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมทุกท่าน ที่ได้ให้ความรู้ต่าง ๆ แก่ผู้วิจัย

ขอขอบคุณ คุณบัณฑิต ชาญณรงค์ , คุณนฤชา ฤชุพันธ์ , คุณปริญญา ณ.นคร , คุณอาชวัน อิ่มเอิบธรรม , คุณสีวิกา ลีฬหาชีวะ ที่ได้เอื้อเฟื้อข้อมูลและเอกสารต่าง ๆที่เป็นประโยชน์ต่อผู้วิจัย

ขอขอบคุณ คุณชวลิต กิจบำรุง ที่ให้ความช่วยเหลือ แนะนำเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์แก่ผู้วิจัยรวมทั้ง คุณวีรพันธ์ สิทธิ์สกนธ์กุล , ร.ต.ต. กนก เอี่ยมสะอาด , คุณนาฎยา โพธิ์นิ่ม ที่ได้ช่วยเหลือผู้วิจัยในการพิมพ์โครงร่างวิทยานิพนธ์ และ วิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม และเจ้าหน้าที่ของสมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย ทุก ๆท่าน เพื่อน ๆ และพี่ ๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดมา

ขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้ ทำให้วิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงด้วยดี

คุณความดีหรือประโยชน์ทั้งหลายที่มีในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ หากมีไม่มากก็น้อยผู้วิจัยขอมอบให้ บิดา มารดา ซึ่งให้กำลังใจตลอดมาและเป็นผู้ที่มีพระคุณสูงสุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญ.....ช
สารบัญตาราง.....ฎ
สารบัญรูป.....ฐ
สารบัญภาพ.....น

บทที่

1. บทนำ..... 1
2. วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย..... 2
   วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 2
   ขอบเขตการวิจัย..... 2
3. ทบทวนเอกสาร..... 5
   กระบวนการโคแอกกูเลชั่นและฟล็อกกูเลชั่น..... 5
   ตัวแปรที่สำคัญในกระบวนการโคแอกกูเลชั่น..... 8
   สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการโคแอกกูเลชั่น..... 9
      1 เฟอร์ริคซัลเฟต..... 9
      2 เฟอร์รัสซัลเฟต..... 9
      3 chlorinated Ferrous Sulphate..... 10
      4 เฟอร์ริคคลอไรด์..... 10
      5 อะลูมิเนียมซัลเฟต..... 11
      6 อะลูมิเนียมคลอไรด์..... 11
      7 โซเดียมอลูมิเนต..... 11
      8 โพลีอะลูมินัมคลอไรด์..... 11
   กลไกตกตะกอนด้วย PACl..... 13

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ความสำคัญของพีเอชต่อกลไกโคแอกกูเลชั่น..... 13
สมมุติฐานเบื้องต้นของการกำจัดความขุ่นโดยการสร้าง
เม็ดตะกอนแบบไหลขึ้น..... 17
1 เทคนิคการกลิ้ง..... 19
2 เทคนิคการชน..... 21
หลักการของการสร้างเม็ดตะกอน..... 22
การใช้โพลีเมอร์เป็นสารฟล็อกกูแลนต์..... 25
1 ชนิดของสารโพลีอิเล็กโทรไลต์..... 25
2 สารโพลีอิเล็กโทรไลต์ที่ให้ประจุบวก..... 27
3 สารโพลีอิเล็กโทรไลต์ที่ให้ประจุลบ..... 28
4 สารโพลีอิเล็กโทรไลต์ที่ไม่มีประจุ..... 28
5 สารโพลีอิเล็กโทรไลต์ที่ให้ทั้งประจุบวกและลบ..... 28
กลไกทำลายเสถียรภาพอนุภาคคอลลอยด์ด้วยสาร
โพลีอิเล็คโทรไลต์..... 29
1 กลไกการสร้างสะพาน..... 29
2 กลไกการเกิดหย่อมประจุไฟฟ้าสถิต..... 31
การใช้โพลีเมอร์ในกระบวนการเม็ดตะกอนแบบไหลขึ้น..... 32
การศึกษาที่ผ่านมา..... 32
4. การดำเนินการวิจัย..... 70
วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย..... 70
1 น้ำขุ่นสังเคราะห์..... 70
2 สารเคมี..... 70
3 เครื่องมือและอุปกรณ์..... 74
4 อุปกรณ์วิเคราะห์ลักษณะน้ำ..... 74
ขั้นตอนการศึกษา..... 75
รูปแบบการศึกษา..... 77
1 การเตรียมการทดลอง..... 77
2 การดำเนินการทดลอง..... 77

สารบัญ

หน้า

3 การสรุปผลการทดลองและเสนอแนะสำหรับงานวิจัย
ในอนาคต 78
ขอบเขตการทดลอง 78
การดำเนินการศึกษา 78
1 วิธีการทดลอง 78
5. การศึกษาหาค่าประจุโดยอาศัยเทคนิคการไทเทรตคอลลอยด์ 88
บทนำ 88
ทฤษฎีของการไทเทรตคอลลอยด์ 88
ผลการทดลอง 89
1 ค่าประจุของน้ำดิบและสารเคมี 89
2 ค่าประจุขณะทำการทดลอง 89
2.1 ค่าประจุขณะเริ่มเดินระบบ 89
2.2 ผลการทดลองหาค่าประจุ ขณะเดินระบบ
ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 1 จนถึงสภาวะคงตัว 92
6. ผลการทดลองและวิจารณ์ 100
อิทธิพลของพีเอชที่มีต่อความขุ่นของน้ำผลิตที่สภาวะคงตัว 100
1 กรณีที่ใช้โพลีเมอร์แอนไอออน 101
2 กรณีที่ใช้โพลีเมอร์นอนไอออน 101
3 กรณีที่ใช้โพลีเมอร์แคตไอออน 104
4 วิจารณ์ผล 104
อิทธิพลของพีเอชที่มีต่อความสูงของชั้นเม็ดตะกอน 116
1 กรณีที่ใช้โพลีเมอร์แอนไอออน 116
2 กรณีที่ใช้โพลีเมอร์นอนไอออน 111
3 กรณีที่ใช้โพลีเมอร์แคตไอออน 111
4 สรุปเปรียบเทียบ 118
อิทธิพลของพีเอชต่อขนาดและความเร็วในการจมตัวของเม็ดตะกอน 118
1 กรณีที่ใช้โพลีเมอร์แอนไอออน 118

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2 กรณีที่ใช้โพลีเมอร์นอนไอออน 127
3 กรณีที่ใช้โพลีเมอร์แคตไอออน 150
4 เปรียบเทียบรวม 150
อิทธิพลของพีเอชต่อปริมาณอะลูมิเนียมในน้ำผลิต 166
1 กรณีที่ใช้โพลีเมอร์แอนไอออน 166
2 กรณีที่ใช้โพลีเมอร์นอนไอออน 166
3 กรณีที่ใช้โพลีเมอร์แคตไอออน 169
4 สรุปเปรียบเทียบ 171
อิทธิพลของพีเอชต่อปริมาณอะลูมิเนียมในเม็ดตะกอน 172
1 กรณีที่ใช้โพลีเมอร์แอนไอออน 172
2 กรณีที่ใช้โพลีเมอร์นอนไอออน 174
3 กรณีที่ใช้โพลีเมอร์แคตไอออน 176
4 สรุปเปรียบเทียบ 178
สมดุลมวลของอะลูมิเนียมในระบบเม็ดตะกอนไหลขึ้น 178
1 กรณีที่ใช้โพลีเมอร์แอนไอออน 178
2 กรณีที่ใช้โพลีเมอร์นอนไอออน 178
3 กรณีที่ใช้โพลีเมอร์แคตไอออน 180
7. สรุปผลการวิจัย 183
8. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต 186
รายการอ้างอิง 187
ภาคผนวก ก. 190
ภาคผนวก ข. 193
ภาคผนวก ค. 195
ภาคผนวก ง. 259
ภาคผนวก จ. 280
ภาคผนวก ฉ. 283
ภาคผนวก ช. 286
ภาคผนวก ซ. 289

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ฌ. 292
ภาคผนวก ญ. 295
ภาคผนวก ฎ. 296
ภาคผนวก ฏ. 297
ภาคผนวก ฐ. 298
ภาคผนวก ฑ. 301
ประวัติผู้เขียน 304

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 สารโพลีอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้เป็นสารรวมตะกอน..... 26
3.2 แสดงคุณสมบัติของโพลีเมอร์ที่ใช้ในการทดลอง..... 60
3.3 ความเข้มข้นที่เหมาะสมและ Mobility data ของโพลีเมอร์
แคตไอออนที่ใช้ในการทดลอง..... 62
3.4 แสดงประสิทธิภาพของไคโตแซนเมื่อนำมาใช้เป็นโคแอกกูแลนต์
และโคแอกกูแลนต์เอด..... 64
4.1 สมบัติของโพลีอะลูมินัมคลอไรด์ที่ใช้ในงานวิจัย.....71
4.2 สมบัติของโพลีเมอร์แอนไอออน ที่ใช้ในการทดลอง..... 72
4.3 สมบัติของโพลีเมอร์แคตไอออน ที่ใช้ในการทดลอง..... 72
4.4 สมบัติของโพลีเมอร์นอนไอออน ที่ใช้ในการทดลอง..... 73
4.5 ตารางการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ผลการทดลอง.....81
4.6 แสดงการทดลองชุดที่ 1 โพลีเมอร์แอนไอออน 0.3 มก./ล..... 82
4.7 แสดงการทดลองชุดที่ 2 โพลีเมอร์นอนไอออน 0.3 มก./ล..... 82
4.8 แสดงการทดลองชุดที่ 3 โพลีเมอร์แคตไอออน 0.3 มก./ล..... 84
5.1 ค่าประจุในน้ำขณะเริ่มเดินระบบด้วยสารแขวนลอยคาโอลิน
ความเข้มข้น 3000 มก./ล..... 91
6.1 แสดงสมดุลมวลของอะลูมิเนียมในระบบ เมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 1 , 3 , 5
มก./ล. และใช้โพลีเมอร์นอนไอออนเป็นโคแอกกูแลนต์เอด..... 179
6.2 แสดงสมดุลมวลของอะลูมิเนียมในระบบ เมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 1 , 3 , 5
มก./ล. และใช้โพลีเมอร์แคตไอออนเป็นโคแอกกูแลนต์เอด..... 181

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

3.1 กลไกการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ แบบต่อเชื่อมโพลีเมอร์และการกลับคืนเสถียรภาพของคอลลอยด์ 7
3.2 Stability Diagram ของสารส้มในน้ำที่ไม่มีความขุ่น 14
3.3 แสดง Solubility Data สำหรับอะลูมิเนียมละลายของสารส้มและโพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 16
3.4 สถานะของสารละลาย เมื่ออยู่ในสภาวะที่มีความเข้มข้นและพีเอชต่างกัน 17
3.5 เปรียบเทียบการจับตัวเป็นของแข็งในสภาวะปกติกับสภาวะเมตะ 18
3.6 การกระจายของแรงเมื่อฟล็อกหยุดนิ่ง 20
3.7 การกระจายของแรงเมื่อฟล็อกกลิ้ง 20
3.8 การจัดเรียงของอนุภาคภายในฟล็อกก่อนชน 21
3.9 การจัดเรียงของอนุภาคภายในฟล็อกหลังชน 22
3.10 การจับตัวกันแบบหนึ่งต่อหนึ่งภายใต้สภาวะเสถียรแบบเมตะ 23
3.11 ลักษณะการเกิดเม็ดตะกอนที่สภาวะคงที่ 24
3.12 กลไกการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ แบบต่อเชื่อมด้วยโพลีเมอร์ 30
3.13 ความเป็นไปได้ในการจัดเรียงตัวของสารโพลีอิเล็กโทรไลต์บนอนุภาค 31
3.14 การตรวจสอบกระบวนการโคแอกกูเลชั่น ด้วยการวัดศักย์ไฟฟ้าและการไทเทรตคอลลอยด์ 33
3.15 แสดงอุปกรณ์การทดลองของ Tambo และ Watanabe 36
3.16 แสดงความหนาแน่นของฟล็อกเมื่อใช้สารส้มเป็นสารโคแอกกูแลนต์ 36
3.17 แสดงความหนาแน่นของฟล็อกเมื่อใชสารส้มเป็นสารโคแอกกูแลนต์ 37
3.18 แสดงความหนาแน่นของฟล็อกเมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์เป็นสารโคแอกกูแลนต์ 37
3.19 แสดงความหนาแน่นของฟล็อกเมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์เป็นสารโคแอกกูแลนต์ 38
3.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราส่วนเอแอลทีและค่าคงที่ ที่พีเอชกลาง 38
3.21 อุปกรณ์การทดลองของ Tambo และ Matsui 40

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.22 สมรรถนะในการกำจัดความขุ่นกับเวลา..... 42
3.23 กราฟแสดงค่าความดันลดกับเวลา..... 43
3.24 กราฟแสดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดตะกอน..... 43
3.25 ความเร็วในการตกตะกอนของเม็ดตะกอนและฟล็อก..... 44
3.26 สมรถนะของการกำจัดความขุ่นกับเวลาที่ความเข้มข้นสารแขวนลอย 250 มก./ล..... 45
3.27 แสดงการเปรียบเทียบของการกระจายค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดตะกอน ที่ความสูงชั้นเม็ดตะกอนในระดับต่าง ๆ..... 46
3.28 ความหนาแน่นของเม็ดตะกอน..... 46
3.29 สมดุลมวลของระบบเมื่ออยู่ในสภาวะคงตัว..... 47
3.30 แสดงถึงลักษณะของชั้นเม็ดตะกอนเมื่อไม่มีความขุ่นน้ำดิบสังเคราะห์..... 48
3.31 แสดงความเข้มข้นของอะลูมิเนียมในน้ำหลังจากการกรองด้วยเมมเบรน (ขนาดรู 0.05 - 0.45 ไมโครเมตร) จากการทดลองจาร์เทสต์ (เวลา 1 ชม.).49
3.32 แสดงความเข้มข้นของอะลูมิเนียมในน้ำ ที่พีเอชต่ำ ทั้งที่มีและไม่มีซัลเฟต..... 50
3.33 แสดงความเข้มข้นของอะลูมิเนียมในน้ำ ที่พีเอชสูง ทั้งที่มีและไม่มีแคลเซียม...50
3.34 อุปกรณ์การทดลอง Tambo และ Wang..... 54
3.35 แสดงผลของปริมาณโพลีเมอร์ต่าง ๆกัน กับอัตราการรวมตะกอน..... 61
3.36 แสดงผลระหว่างค่าประจุต่าง ๆ ในน้ำกับอัตราการรวมตะกอนโดยใช้ ความเข้มข้นโพลีเมอร์ A 25 มคก./ล. 61
3.37 แสดงผลระหว่างความหนาแน่นประจุโพลีเมอร์ กับอัตราการรวมตะกอน..... 62
3.38 แสดงผลของมวลโมเลกุลของโพลีเมอร์แคตไอออน ที่ความเข้มข้น 25 มคก./ล. 63
3.39 แสดงอะลูมิเนียมละลายน้ำกับค่าพีเอช ในน้ำปราศจากประจุ 65
3.40 แสดงอะลูมิเนียมละลายน้ำกับค่า พีโอเอช ในน้ำปราศจากประจุ..... 65
3.41 ความเข้มข้นอะลูมิเนียมที่ละลายในน้ำผลิต ของโรงประปาทั้ง 5 แห่ง.....66
3.42 ความเข้มข้นอะลูมิเนียมในน้ำกับอุณหภูมิ.....66

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.43 แสดงปฏิกิริยาการดูดติดอนุภาคโดยปลายอิสระของโพลีเมอร์ซึ่งแรงผลักสเตอริก เกิดขึ้นเมื่อปลายอิสระของโพลีเมอร์เกยกัน..... 69
3.44 ก) แสดงกลไกการต่อเชื่อมอนุภาคคอลลอยด์ด้วยโพลีเมอร์
ข) แสดงการกลับมามีเสถียรภาพใหม่ของคอลลอยด์ซึ่งเกิดจากโพลีเมอร์..... 69

4.1 การเติมโพลีอะลูมินัมคลอไรด์ก่อนเข้าสู่อุปกรณ์กวนเร็วและเติมโพลีเมอร์แอนไอออนและโพลีเมอร์นอนไอออนก่อนเข้าสู่อุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน..... 80
4.2 การเติมโพลีอะลูมินัมคลอไรด์ก่อนเข้าอุปกรณ์กวนเร็วชุดที่ 1 และเติมโพลีเมอร์แคตไอออนเข้าสู่อุปกรณ์กวนเร็วชุดที่ 2 83

5.1 ค่าประจุในน้ำเมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 1 , 3 , 5 มก./ล. โพลีเมอร์แอนไอออน 0.3 มก./ล. พีเอช 8 ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที..... 94
5.2 ค่าประจุในน้ำเมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 1 , 3 , 5 มก./ล. โพลีเมอร์นอนไอออน 0.3 มก./ล. พีเอช 8 ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที..... 95
5.3 ค่าประจุในน้ำเมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 1 , 3 , 5 มก./ล. โพลีเมอร์แคตไอออน 0.3 มก./ล. พีเอช 8 ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที..... 97

6.1 ความขุ่นของน้ำผลิตที่ ชม. ที่ 6 เมื่อใช้
ก. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 1 มก./ล. , โพลีเมอร์แอนไอออน 0.3 มก./ล.
ข. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 3 มก./ล. , โพลีเมอร์แอนไอออน 0.3 มก./ล.
ค. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 5 มก./ล. , โพลีเมอร์แอนไอออน 0.3 มก./ล.....102
6.2 ความขุ่นของน้ำผลิตที่ ชม. ที่ 6 เมื่อใช้
ก. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 1 มก./ล. , โพลีเมอร์นอนไอออน 0.3 มก./ล.
ข. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 3 มก./ล. , โพลีเมอร์นอนไอออน 0.3 มก./ล.
ค. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 5 มก./ล. , โพลีเมอร์นอนไอออน 0.3 มก./ล.... 103

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

6.3 ความขุ่นของน้ำผลิตที่ ชม. ที่ 6 เมื่อใช้
ก. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 1 มก./ล. , โพลีเมอร์แคตไอออน 0.3 มก./ล.
ข. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 3 มก./ล. , โพลีเมอร์แคตไอออน 0.3 มก./ล.
ค. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 5 มก./ล. , โพลีเมอร์แคตไอออน 0.3 มก./ล.....105
6.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของชั้นเม็ดตะกอนที่ชม.ที่ 6 กับความเข้มข้น
โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ ที่พีเอชต่าง ๆกัน
ก. กรณีใช้โพลีเมอร์แอนไอออน 0.3 มก./ล.
ข. กรณีใช้โพลีเมอร์นอนไอออน 0.3 มก./ล.
ค. กรณีใช้โพลีเมอร์แคตไอออน 0.3 มก./ล..... 107
6.5 ความสูงชั้นเม็ดตะกอน เมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 1 มก./ล. โพลีเมอร์
แอนไอออน 0.3 มก./ล. ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที ที่พีเอชต่าง ๆกัน..108
6.6 ความสูงชั้นเม็ดตะกอน เมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 3 มก./ล. โพลีเมอร์
แอนไอออน 0.3 มก./ล. ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที ที่พีเอชต่าง ๆกัน..109
6.7 ความสูงชั้นเม็ดตะกอน เมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 5 มก./ล. โพลีเมอร์
แอนไอออน 0.3 มก./ล. ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที ที่พีเอชต่าง ๆกัน..110
6.8 ความสูงชั้นเม็ดตะกอน เมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 1 มก./ล. โพลีเมอร์
นอนไอออน 0.3 มก./ล. ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที ที่พีเอชต่าง ๆกัน..112
6.9 ความสูงชั้นเม็ดตะกอน เมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 3 มก./ล. โพลีเมอร์
นอนไอออน 0.3 มก./ล. ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที ที่พีเอชต่าง ๆกัน..113
6.10 ความสูงชั้นเม็ดตะกอน เมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 5 มก./ล. โพลีเมอร์
นอนไอออน 0.3 มก./ล. ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที ที่พีเอชต่าง ๆกัน..114
6.11 ความสูงชั้นเม็ดตะกอน เมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 1 มก./ล. โพลีเมอร์
แคตไอออน 0.3 มก./ล. ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที ที่พีเอชต่าง ๆกัน..115
6.12 ความสูงชั้นเม็ดตะกอน เมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 3 มก./ล. โพลีเมอร์
แคตไอออน 0.3 มก./ล. ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที ที่พีเอชต่าง ๆกัน..116
6.13 ความสูงชั้นเม็ดตะกอน เมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 5 มก./ล. โพลีเมอร์
แคตไอออน 0.3 มก./ล. ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที ที่พีเอชต่าง ๆกัน..117

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

6.14 ขนาดของเม็ดตะกอนที่ ชม. ที่ 6 เมื่อใช้
ก. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 1 มก./ล. , โพลีเมอร์แอนไอออน 0.3 มก./ล.
ข. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 3 มก./ล. , โพลีเมอร์แอนไอออน 0.3 มก./ล.
ค. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 5 มก./ล. , โพลีเมอร์แอนไอออน 0.3 มก./ล.....119
6.15 ขนาดของเม็ดตะกอน เมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 1 มก./ล. โพลีเมอร์แอนไอออน 0.3 มก./ล. ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที ที่พีเอชต่าง ๆกัน..120
6.16 ขนาดของเม็ดตะกอน เมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 3 มก./ล. โพลีเมอร์แอนไอออน 0.3 มก./ล. ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที ที่พีเอชต่าง ๆกัน..121
6.17 ขนาดของเม็ดตะกอน เมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 5 มก./ล. โพลีเมอร์แอนไอออน 0.3 มก./ล. ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที ที่พีเอชต่าง ๆกัน..122
6.18 ความเร็วการจมตัวของเม็ดตะกอนที่ ชม. ที่ 6 เมื่อใช้
ก. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 1 มก./ล. , โพลีเมอร์แอนไอออน 0.3 มก./ล.
ข. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 3 มก./ล. , โพลีเมอร์แอนไอออน 0.3 มก./ล.
ค. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 5 มก./ล. , โพลีเมอร์แอนไอออน 0.3 มก./ล.....123
6.19 ความเร็วการจมตัวของเม็ดตะกอน เมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 1 มก./ล. โพลีเมอร์แอนไอออน 0.3 มก./ล. ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที ที่พีเอชต่าง ๆกัน..... 124
6.20 ความเร็วการจมตัวของเม็ดตะกอน เมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 3 มก./ล. โพลีเมอร์แอนไอออน 0.3 มก./ล. ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที ที่พีเอชต่าง ๆกัน..... 125
6.21 ความเร็วการจมตัวของเม็ดตะกอน เมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 5 มก./ล. โพลีเมอร์แอนไอออน 0.3 มก./ล. ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที ที่พีเอชต่าง ๆกัน..... 126
6.22 ความหนาแน่นของเม็ดตะกอนที่ ชม. ที่ 6 เมื่อใช้
ก. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 1 มก./ล. , โพลีเมอร์แอนไอออน 0.3 มก./ล.
ข. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 3 มก./ล. , โพลีเมอร์แอนไอออน 0.3 มก./ล.
ค. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 5 มก./ล. , โพลีเมอร์แอนไอออน 0.3 มก./ล.....128

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

6.23 ขนาดและความหนาแน่นของเม็ดตะกอน เมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 1 มก./ล. โพลีเมอร์แอนไอออน 0.3 มก./ล. ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที ที่พีเอชต่าง ๆกัน.....129
6.24 ขนาดและความหนาแน่นของเม็ดตะกอน เมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 3 มก./ล. โพลีเมอร์แอนไอออน 0.3 มก./ล. ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที ที่พีเอชต่าง ๆกัน.....131
6.25 ขนาดและความหนาแน่นของเม็ดตะกอน เมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 5 มก./ล. โพลีเมอร์แอนไอออน 0.3 มก./ล. ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที ที่พีเอชต่าง ๆกัน..... 133
6.26 ขนาดของเม็ดตะกอนที่ ชม. ที่ 6 เมื่อใช้
ก. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 1 มก./ล. , โพลีเมอร์นอนไอออน 0.3 มก./ล.
ข. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 3 มก./ล. , โพลีเมอร์นอนไอออน 0.3 มก./ล.
ค. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 5 มก./ล. , โพลีเมอร์นอนไอออน 0.3 มก./ล.... 135
6.27 ขนาดของเม็ดตะกอน เมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 1 มก./ล. โพลีเมอร์นอนไอออน 0.3 มก./ล. ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที ที่พีเอชต่าง ๆกัน..136
6.28 ขนาดของเม็ดตะกอน เมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 3 มก./ล. โพลีเมอร์นอนไอออน 0.3 มก./ล. ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที ที่พีเอชต่าง ๆกัน..137
6.29 ขนาดของเม็ดตะกอน เมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 5 มก./ล. โพลีเมอร์นอนไอออน 0.3 มก./ล. ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที ที่พีเอชต่าง ๆกัน..138
6.30 ความเร็วการจมตัวของเม็ดตะกอนที่ ชม. ที่ 6 เมื่อใช้
ก. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 1 มก./ล. , โพลีเมอร์นอนไอออน 0.3 มก./ล.
ข. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 3 มก./ล. , โพลีเมอร์นอนไอออน 0.3 มก./ล.
ค. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 5 มก./ล. , โพลีเมอร์นอนไอออน 0.3 มก./ล.....139
6.31 ความเร็วการจมตัวของเม็ดตะกอน เมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 1 มก./ล. โพลีเมอร์นอนไอออน 0.3 มก./ล. ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที ที่พีเอชต่าง ๆกัน..... 140

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

6.32 ความเร็วการจมตัวของเม็ดตะกอน เมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 3 มก./ล. โพลีเมอร์นอนไอออน 0.3 มก./ล. ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที ที่พีเอชต่าง ๆกัน.....141
6.33 ความเร็วการจมตัวของเม็ดตะกอน เมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 5 มก./ล. โพลีเมอร์นอนไอออน 0.3 มก./ล. ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที ที่พีเอชต่าง ๆกัน.....142
6.34 ความหนาแน่นของเม็ดตะกอนที่ ชม. ที่ 6 เมื่อใช้
ก. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 1 มก./ล. , โพลีเมอร์นอนไอออน 0.3 มก./ล.
ข. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 3 มก./ล. , โพลีเมอร์นอนไอออน 0.3 มก./ล.
ค. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 5 มก./ล. , โพลีเมอร์นอนไอออน 0.3 มก./ล.... 143
6.35 ขนาดและความหนาแน่นของเม็ดตะกอน เมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 1 มก./ล. โพลีเมอร์นอนไอออน 0.3 มก./ล. ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที ที่พีเอชต่าง ๆกัน..... 144
6.36 ขนาดและความหนาแน่นของเม็ดตะกอน เมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 3 มก./ล. โพลีเมอร์นอนไอออน 0.3 มก./ล. ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที ที่พีเอชต่าง ๆกัน.....146
6.37 ขนาดและความหนาแน่นของเม็ดตะกอน เมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 5 มก./ล. โพลีเมอร์นอนไอออน 0.3 มก./ล. ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที ที่พีเอชต่าง ๆกัน.....148
6.38 ขนาดของเม็ดตะกอนที่ ชม. ที่ 6 เมื่อใช้
ก. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 1 มก./ล. , โพลีเมอร์แคตไอออน 0.3 มก./ล.
ข. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 3 มก./ล. , โพลีเมอร์แคตไอออน 0.3 มก./ล.
ค. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 5 มก./ล. , โพลีเมอร์แคตไอออน 0.3 มก./ล.....151
6.39 ขนาดของเม็ดตะกอน เมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 1 มก./ล. โพลีเมอร์แคตไอออน 0.3 มก./ล. ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที ที่พีเอชต่าง ๆกัน..152
6.40 ขนาดของเม็ดตะกอน เมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 3 มก./ล. โพลีเมอร์แคตไอออน 0.3 มก./ล. ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที ที่พีเอชต่าง ๆกัน..153

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

6.41 ขนาดของเม็ดตะกอน เมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 5 มก./ล. โพลีเมอร์แคตไอออน 0.3 มก./ล. ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที ที่พีเอชต่าง ๆกัน..154
6.42 ความเร็วการจมตัวของเม็ดตะกอนที่ ชม. ที่ 6 เมื่อใช้
ก. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 1 มก./ล. , โพลีเมอร์แคตไอออน 0.3 มก./ล.
ข. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 3 มก./ล. , โพลีเมอร์แคตไอออน 0.3 มก./ล.
ค. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 5 มก./ล. , โพลีเมอร์แคตไอออน 0.3 มก./ล.....155
6.43 ความเร็วการจมตัวของเม็ดตะกอน เมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 1 มก./ล. โพลีเมอร์แคตไอออน 0.3 มก./ล. ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที ที่พีเอชต่าง ๆกัน.....156
6.44 ความเร็วการจมตัวของเม็ดตะกอน เมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 3 มก./ล. โพลีเมอร์แคตไอออน 0.3 มก./ล. ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที ที่พีเอชต่าง ๆกัน.....157
6.45 ความเร็วการจมตัวของเม็ดตะกอน เมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 5 มก./ล. โพลีเมอร์แคตไอออน 0.3 มก./ล. ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที ที่พีเอชต่าง ๆกัน.....158
6.46 ความหนาแน่นของเม็ดตะกอนที่ ชม. ที่ 6 เมื่อใช้
ก. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 1 มก./ล. , โพลีเมอร์แคตไอออน 0.3 มก./ล.
ข. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 3 มก./ล. , โพลีเมอร์แคตไอออน 0.3 มก./ล.
ค. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 5 มก./ล. , โพลีเมอร์แคตไอออน 0.3 มก./ล.... 159
6.47 ขนาดและความหนาแน่นของเม็ดตะกอน เมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 1 มก./ล. โพลีเมอร์แคตไอออน 0.3 มก./ล. ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที ที่พีเอชต่าง ๆกัน..... 160
6.48 ขนาดและความหนาแน่นของเม็ดตะกอน เมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 3 มก./ล. โพลีเมอร์แคตไอออน 0.3 มก./ล. ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที ที่พีเอชต่าง ๆกัน..... 162

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

6.49 ขนาดและความหนาแน่นของเม็ดตะกอน เมื่อใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 5 มก./ล. โพลีเมอร์แคตไอออน 0.3 มก./ล. ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม./นาที ที่พีเอชต่าง ๆกัน..... 164
6.50 ปริมาณอะลูมิเนียมละลายน้ำที่ ชม. ที่ 6 เมื่อใช้
ก. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 1 มก./ล. , โพลีเมอร์แอนไอออน 0.3 มก./ล.
ข. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 3 มก./ล. , โพลีเมอร์แอนไอออน 0.3 มก./ล.
ค. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 5 มก./ล. , โพลีเมอร์แอนไอออน 0.3 มก./ล.... 167
6.51 ปริมาณอะลูมิเนียมละลายน้ำที่ ชม. ที่ 6 เมื่อใช้
ก. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 1 มก./ล. , โพลีเมอร์นอนไอออน 0.3 มก./ล.
ข. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 3 มก./ล. , โพลีเมอร์นอนไอออน 0.3 มก./ล.
ค. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 5 มก./ล. , โพลีเมอร์นอนไอออน 0.3 มก./ล.....168
6.52 ปริมาณอะลูมิเนียมละลายน้ำที่ ชม. ที่ 6 เมื่อใช้
ก. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 1 มก./ล. , โพลีเมอร์แคตไอออน 0.3 มก./ล.
ข. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 3 มก./ล. , โพลีเมอร์แคตไอออน 0.3 มก./ล.
ค. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 5 มก./ล. , โพลีเมอร์แคตไอออน 0.3 มก./ล.....170
6.53 ปริมาณอะลูมิเนียมในเม็ดตะกอนที่ ชม. ที่ 6 เมื่อใช้
ก. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 1 มก./ล. , โพลีเมอร์แอนไอออน 0.3 มก./ล.
ข. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 3 มก./ล. , โพลีเมอร์แอนไอออน 0.3 มก./ล.
ค. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 5 มก./ล. , โพลีเมอร์แอนไอออน 0.3 มก./ล.....173
6.54 ปริมาณอะลูมิเนียมในเม็ดตะกอนที่ ชม. ที่ 6 เมื่อใช้
ก. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 1 มก./ล. , โพลีเมอร์นอนไอออน 0.3 มก./ล.
ข. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 3 มก./ล. , โพลีเมอร์นอนไอออน 0.3 มก./ล.
ค. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 5 มก./ล. , โพลีเมอร์นอนไอออน 0.3 มก./ล.....175
6.55 ปริมาณอะลูมิเนียมในเม็ดตะกอนที่ ชม. ที่ 6 เมื่อใช้
ก. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 1 มก./ล. , โพลีเมอร์แคตไอออน 0.3 มก./ล.
ข. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 3 มก./ล. , โพลีเมอร์แคตไอออน 0.3 มก./ล.
ค. โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 5 มก./ล. , โพลีเมอร์แคตไอออน 0.3 มก./ล.....177

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

4.1 อุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน 85
4.2 ชุดอุปกรณ์กวนเร็วพร้อมใบกวน ชุดที่ 1 และ ชุดที่ 2 86

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย