ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของกระบวนการสร้างเพ็ดเด็ต แบบไหลขึ้นในระบบขนาดต้นแบบ

นาย พลภัทร อรัณยกานนท์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร มหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2540

ISBN 974-638-629-8

ลิขสิทธิ์ของ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 18098648

TURBIDITY REMOVAL EFFICIENCY OF THE PROTOTYPE UPFLOW PELLETIZATION PROCESS

Mr . Palapatra Aranyakananda

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Environmental Engineering
Department of Environmental Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 1997

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของกระบวนการสร้างเพ็ลเล็ตแบบไหลขึ้นในระบบขนาดต้นแบบ
โดย	นาย พลภัทร อรัณยกานนท์
ภาควิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศาสตราจารย์ ดร. ธงชัย พรรณสวัสดิ์

บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยอนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ไพพรรณ พรประภา)

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

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุรพล สายพานิช)

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

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

พลภัทร อรัณยกานนท์ : ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของกระบวนการสร้างเพ็ลเล็ตแบบไหลขึ้นในระบบขนาดต้นแบบ (TURBIDITY REMOVAL EFFICIENCY OF THE PROTOTYPE UPFLOW PELLETIZATION PROCESS) อ.ที่ปรึกษา : ศ.ดร. ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 216 หน้า ISBN 974-638-629-8

การศึกษาครั้งนี้ได้ทดลองประยุกต์ใช้กระบวนการสร้างเพ็ลเล็ตแบบไหลขึ้นขนาดใช้งานจริงเพื่อผลิตน้ำประปาจริง โดยใช้น้ำดิบจากคลองประปาที่ในช่วงที่มีความขุ่นประมาณ 90 ถึง 250 เอ็นทียู(แปรผันไปตามฤดูกาล) ถังปฏิกรณ์ทำด้วยเหล็ก มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 ม. ผลิตน้ำได้อย่างน้อย 14 ลบ.ม./ชม. โดยใช้สารส้มปริมาณความเข้มข้น 17 มก./ล. $Al_2(SO_4)_3.18H_2O$ เป็นโคแอกกูแลนต์ และโพลีเมอร์ไม่มีประจุเป็นโคแอกกูแลนต์เอด ที่อัตราน้ำไหลขึ้นอย่างน้อย 8 ม./ชม. การทดลองแบ่งเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 ทดลองเปรียบเทียบการเวียนเพ็ลเล็ตที่อัตรา 0.3 ของน้ำไหลเข้าและไม่มีการเวียนเพ็ลเล็ต แปรค่าโพลีเมอร์ 4 ค่า คือ 0.1, 0.3, 0.5 และ 0.7 มก./ล. ส่วนการทดลองช่วงที่ 2 ทดลองเปรียบเทียบอัตราการหมุนใบกวนที่ 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที และแปรค่าโพลีเมอร์ 3 ค่าที่ 0.5, 0.7 และ 0.9 มก./ล. ช่วงที่ 3 ทดลองเปรียบเทียบรูปแบบจำนวนใบกวน 2 แบบ คือ แบบ 6 ใบ(เหมือนการทดลองช่วงที่ 1และ 2) และแบบ 2 ใบ ที่อัตราโพลีเมอร์คงที่ 0.3 มก./ล. การทดลองทั้งหมดดำเนินการทดลองเป็นเวลา 72 ชม.ต่อการทดลอง โดยเก็บน้ำตัวอย่างทุก 6 และ 12 ชม. ขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ต้องการ

จากการทดลองได้ข้อสรุปว่า

1.ในการทดลองนี้ยังไม่สามารถสร้างเพ็ลเล็ตได้ เนื่องจากยังไม่สามารถควบคุมลักษณะทางกายภาพของถังปฏิกรณ์ให้มีสภาพที่เหมาะสมในการเกิดเพ็ลเล็ตได้ แม้จะใช้ Al/T 0.015 ถึง 0.005 และ P/T 0.0025 ถึง 0.0098

2.การเวียนมวลของแข็งในการทดลองนี้ ทำให้ระบบเสียสมดุลและสถานะคงตัว อาจจะเนื่องจากเครื่องสูบน้ำที่ใช้เวียนมวลของแข็งที่ไม่เหมาะสม ทำให้มวลของแข็งแตกและกลายเป็นการเพิ่มภาระกับระบบ

3 อัตราการหมุนใบกวนที่ 2 รอบต่อนาที ให้ผลที่ดีกว่าการทดลองที่อัตราหมุนสูงกว่า และมีแนวโน้มว่าถ้าอัตราการหมุนต่ำกว่านี้จะให้ประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

4.รูปแบบใบกวน 2 ใบให้ผลดีกว่าแบบ 6 ใบ ซึ่งเป็นผลจากค่าความปั่นป่วนที่น้อยลง

5.การเพิ่มปริมาณโพลีเมอร์ไม่มีประจุจาก 0.1 ถึง 0.9 มก./ล. มีผลทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ดีขึ้น

6.อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นสามารถผลิตน้ำที่มีคุณภาพสูงได้(ต่ำกว่า 5 เอ็นทียู) แต่ต้องมีการปรับปรุงอีกเพื่อประสิทธิภาพที่สูงขึ้น ซึ่งคาดว่าสามารถใช้ผลิตน้ำประปาแบบใหม่ได้ในอนาคต

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต พลภัทร อรัณยกานนท์

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2543 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

C717945: : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING
KEY WORD:
TURBIDITY REMOVAL / PELLETIZATION

PALAPATRA ARANYAKANANDA: TURBIDITY REMOVAL EFFICIENCY OF THE PROTOTYPE UPFLOW PELLETIZATION PROCESS. THESIS ADVISOR: PROF. THONGCHAI PANSAWAD, Ph.D. 216pp ISBN 974-638-629-8

This paper is a study about the Upflow Pelletization Process using the raw water from the Prapa canel which has turbidity approximately at 90 to 250 NTU (depended on each season), also a tank reactor with diameter 1.5 m which can produce at least 14 m^3/hr treated water. Seventeen mg/l of alum was used as coagulant, nonionic polymer was used as coagulant at water up-flow rate of 8 m/hr This experiment was divided into 3 parts. The first one compared between pellet recirculation at 0.3 water inflow and without recirculated, with polymer at 0.1, 0.3, 0.5 and 0.7 mg./l. The second one compared the agitation speed at 2, 4, and 6 rev./min. The last part compared between two types of agitator,i.e., 2 blades, and 6 blades at 0.3 mg/l polymer. The experiment took 72 hr while the sample water was collected every 6 and 12 hr.

Conclusion of the experiment:

1. Pellet could not be created in this since the tank reactor could not be controlled under the suitable condition, even using the A1/T ratio of 0.015 to 0.005 and the ratio P/T 0.0025 to 0.0098.

2. Recirculation of solids mass made the process unsteady which might be caused from the unsuitable pump, so the solids mass were broken, resulting in the process overload.

3. The result of agitation speed at 2 rev./min. was better than the result of higher agitation speed. It had the trend that the lower agitation speed created the better effective result.

4. Two blades agitator gave better result than 6 blades, due to the less of velocity gradient

5. Nonionic polymer 0.1 to 0.9 mg/l gave the better turbidity removal efficiency .

6. This prototype Pelletization tank could produce high quality water (less than 5 NTU). It needed however to be improve in order to get the higher efficiency which could be used to produce a good treated water in the future.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต พลภัทร อรัญกานนท์

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2540 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ที่ได้สนับสนุนเงินทุนในการวิจัยทั้งหมด

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. ธงชัย พรรณสวัสดิ์ เป็นอย่างสูง ที่ให้โอกาสและคำปรึกษาแนะแนวทางในการดำเนินงานวิจัย การทำงาน ซึ่งอาจารย์เป็นแบบอย่างของการทำงานหนัก ทุ่มเทกับงานวิจัย ศึกษาในวิชาการความรู้ใหม่ๆ ตลอดเวลา และยังได้สละเวลาตรวจงานวิจัยของนิสิตอย่างรวดเร็ว สิ่งต่างๆที่อาจารย์ได้มอบให้ล้วนทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ไพพรรณ พรประภา รองศาสตราจารย์ ดร. สุรพล สายพานิช ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุทธิรักษ์ สุจริตตานนท์ ที่ได้สละเวลา ให้คำแนะนำ อนุมัติโครงร่างงานวิจัยตรวจสอบและเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ให้แก่ผู้วิจัย

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประแสง มงคลศิริ ที่ให้คำปรึกษาแนะนำ ในการทำวิจัยที่ผ่านมา

ขอขอบคุณการประปานครหลวง ที่ได้อนุเคราะห์ในเรื่องสถานที่ตั้งอุปกรณ์ สารส้มเหลว และเครื่องมือที่จำเป็นในวิเคราะห์วิจัย

ขอขอบคุณ คุณเดิมศักดิ์ โชติวรรณวิรัช เจ้าหน้าที่ส่วนวิเคราะห์คุณภาพน้ำระบบผลิต และเจ้าหน้าที่ส่วนต่างๆ ในโรงงานผลิตน้ำประปา บางเขน ทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำและข้อมูลต่างๆที่เป็นประโยชน์

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ห้องธุรการ ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม และเจ้าหน้าที่สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย ที่ได้อำนวยความสะดวกและความช่วยเหลือตลอดมา

ขอขอบคุณ บริษัท SAN E. 68 ที่ได้จัดหาสารเคมีในการไทเทรตคอลลอยด์ ซึ่งมีอยู่ที่เดียวในประเทศไทย

ขอขอบคุณ คุณสุธี มาตังคพงศ์ ที่ได้ช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการสร้างและติดตั้งอุปกรณ์การวิจัย

ขอขอบคุณ คุณอนุวัฒน์ ปุนพันธ์ฉาย ที่สละเวลาไปช่วยดูและแนะนำเกี่ยวกับด้านการรับน้ำหนักของพื้นที่ทดลอง ซึ่งสร้างความมั่นใจในความปลอดภัยให้กับผู้วิจัยระหว่างดำเนินการวิจัย

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ที่คอยให้กำลังใจ ช่วยเหลือ และแวะเวียนมาเยี่ยมเยือนเมื่อผู้วิจัยทำการวิจัยที่การประปานครหลวง บางเขน

ขอขอบคุณ คุณสุรัสวดี ก้องเกียรตินที ที่ได้ช่วยเหลือและให้กำลังใจ ในการทำวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ได้ให้ทุกสิ่งทุกอย่าง โดยที่ไม่เคยเรียกสิ่งตอบแทนใดๆ เลย และไม่เคยสร้างความกดดันในการเรียนปริญญาโท ซึ่งใช้เวลานานพอสมควร คุณความดีทั้งหลายอันเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จึงขอมอบให้กับท่านทั้งสอง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....จ
กิตติกรรมประกาศ .....ฉ
สารบัญ .....ช
สารบัญตาราง .....ฐ
สารบัญรูป.....ค

บทที่

1 บทนำ.....1
2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย.....2
2.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....2
2.2 ขอบเขตของการวิจัย.....2
3 ทฤษฎี สมมุติฐานและหลักการ.....3
3.1กระบวนการโคแอกกูเลชันและฟล็อคคูเลชัน.....3
3.1.1 กลไกการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์.....3
3.1.2 การควบคุมกระบวนการโคแอกกูเชัน.....4
3.1.3 การกวนเร็วและกวนช้า.....4
3.2 สารส้ม.....7
3.3 โพลิเมอร์.....11
3.4 เพ็ลเล็ต.....13
3.4.1สมมุติฐานเบื้องต้นของการกำจัดความขุ่นในกระบวนการสร้างเพ็ลเล็ต.....13
3.4.2 กลไกของกระบวนการสร้างเพ็ลเล็ต.....14
3.4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นประสิทธิผลและขนาดของ
มวลอนุภาคในชั้นเพ็ลเล็ต.....17

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ หน้า

3.4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นประสิทธิผลและขนาดของมวลอนุภาคในจาร์เทสต์....18
3.5 การศึกษาที่ผ่านมา....21
4.แผนการทดลองและดำเนินการ....50
4.1 การดำเนินงาน....50
4.2เครื่องมือและอุปกรณ์....52
4.3 แผนการทดลอง....56
4.4 วิธีการทดลอง....59
4.5 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง....61
4.6 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์....62
5. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล....65
5.1 การทดลองช่วงที่ 1....65
5.1.1 อิทธิพลของการเวียนมวลของแข็งที่มีต่อมวลมวลของแข็งในถังปฏิกรณ์....66
5.1.1.1 กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.1 มก./ล....66
5.1.1.2 กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.3 มก./ล....67
5.1.1.3 กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.5 มก./ล....73
5.1.1.4 กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.7 มก./ล....73
5.1.2 อิทธิพลของการเวียนมวลของแข็งที่มีต่อความขุ่นน้ำผลิต....78
5.1.2.1 กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.1 มก./ล....78
5.1.2.2 กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.3 มก./ล....81
5.1.2.3 กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.5 มก./ล....85
5.1.2.4 กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.7 มก./ล....88
5.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับความขุ่นน้ำผลิต....91
5.2 การทดลองช่วงที่ 2....96
5.2.1 อิทธิพลของอัตราการหมุนใบกวนต่อความขุ่นน้ำผลิต....96
5.2.1.1 กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.5 มก./ล....96
5.2.1.2 กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.7 มก./ล....100
5.2.1.3 กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.9 มก./ล....103

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ หน้า

5.2.2 อิทธิพลของอัตราการหมุนใบกวนต่อมวลในชั้นมวลของแข็ง.....108
5.2.1.1 กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.5 มก./ล....108
5.2.1.2 กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.7 มก./ล....110
5.2.1.3 กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.9 มก./ล....112
5.2.3 ค่าประจุคอลลอยด์ น้ำดิบ, น้ำหลังกวนเร็วและน้ำผลิต.....116
5.2.3.1 กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.5 มก./ล....116
5.2.3.2 กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.7 มก./ล....117
5.2.3.3 กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.9 มก./ล....120
5.2.4 สภาพด่างน้ำดิบ, น้ำหลังกวนเร็วและน้ำผลิต.....123
5.2.1.1 กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.5 มก./ล....123
5.2.1.2 กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.7 มก./ล....125
5.2.1.3 กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.9 มก./ล....127
5.2.5 ค่าพีเอชของน้ำดิบ, น้ำหลังกวนเร็วและน้ำผลิต.....129
5.2.1.1 กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.5 มก./ล....129
5.2.1.2 กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.7 มก./ล....131
5.2.1.3 กรณีใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.9 มก./ล....133
5.2.6 ค่าอะลูมิเนียม.....135
5.3 การทดลองช่วงที่ 3.....137
5.3.1 อิทธิพลของรูปแบบใบกวนต่อความขุ่นน้ำผลิต.....137
5.3.2 อิทธิพลของรูปแบบใบกวนต่อมวลของแข็งในระบบ.....139
6.สรุปผลการทดลอง.....141
7 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต.....144
รายการอ้างอิง.....145
ภาคผนวก.....150
ภาคผนวก ก ภาพอุปกรณ์การทดลอง.....151
ภาคผนวก ข วิธีการคำนวนค่าความปั่นป่วน.....167
ภาคผนวก ค วิธีการเริ่มระบบ.....172

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ หน้า

ภาคผนวก ง การคำนวนปริมาณสารส้ม.....174
ภาคผนวก จ วิธีวิเคราะห์การทดลอง.....176
ภาคผนวก ฉ การคำนวนค่าสารเคมี.....181
ภาคผนวก ช การคำนวนมวลในถัง.....182
ภาคผนวก น ข้อมูลของการทดลอง.....184
ภาคผนวก บ ตารางค่าAL/T และ P/T 214
ภาคผนวก ป บันทึกการทดลอง.....215

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 เปรียบเทียบอัตราส่วนจุลฟล็อกกับเพ็ลเล็ตที่ค่าความขุ่นและปริมาณสารเคมีที่ใช้.....17

3.2 ผลของจุดเติมโพลีเมอร์.....26

3.3 สถานะของเพ็ลเล็ตในชั้นตะกอนในอัตราส่วนระหว่างความขุ่นกับสี.....39

3.4 ผลการทดลอง.....41

3.5 สภาพการทดลอง.....43

3.6 ผลการทดลอง.....44

4.1 การทดลองในช่วงที่ 1.....57

4.2 การทดลองในช่วงที่ 2.....58

4.3 สมบัติทั่วไปของสารส้มเหลว 50 % ที่ใช้ในการทดลอง.....61

4.4 สมบัติทั่วไปของโพลีเมอร์ที่ใช้ในการทดลอง.....61

4.5การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ผลการทดลอง.....63

4.6 การจัดเวลาการทำงานในแต่ละวัน.....64

5.1 ความขุ่นน้ำดิบ น้ำผลิต และประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น กรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุที่ความเข้มข้น 0.1 มก./ล.....78

5.2 ความขุ่นน้ำดิบ น้ำผลิต และประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น กรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุที่ความเข้มข้น 0.3 มก./ล.....81

5.3 ความขุ่นน้ำดิบ น้ำผลิต และประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น กรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุที่ความเข้มข้น 0.5 มก./ล.....84

5.4 ความขุ่นน้ำดิบ น้ำผลิต และประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น กรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุที่ความเข้มข้น 0.7 มก./ล.....88

5.5 ความขุ่นน้ำดิบ น้ำผลิต และประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่สถานะคงตัว กรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล. 97

5.6 ความขุ่นน้ำดิบ น้ำผลิต และประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่สถานะคงตัว กรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล. 101

5.7 ความขุ่นน้ำดิบ น้ำผลิต และประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่สถานะคงตัว กรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.9 มก./ล. 104

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

5.8 มวลของแข็ง เปอร์เซนต์ของแข็งแขวนลอย ความขุ่นน้ำผลิตและประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่สถานะคงตัว กรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.5 มก./ล.....109
5.9 มวลของแข็ง เปอร์เซนต์ของแข็งแขวนลอย ความขุ่นน้ำผลิตและประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่สถานะคงตัว กรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.7 มก./ล.....111.
5.10 มวลของแข็ง เปอร์เซนต์ของแข็งแขวนลอย ความขุ่นน้ำผลิตและประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่สถานะคงตัว กรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.9 มก./ล.....113
5.11 ค่าความขุ่นน้ำดิบและน้ำผลิตเปรียบเทียบกับค่าประจุคอลลอยด์ของน้ำดิบ น้ำหลังกวนเร็วและน้ำผลิตที่สถานะคงตัว กรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล...117
5.12 ค่าความขุ่นน้ำดิบและน้ำผลิตเปรียบเทียบกับค่าประจุคอลลอยด์ของน้ำดิบ น้ำหลังกวนเร็วและน้ำผลิตที่สถานะคงตัว กรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล...119
5.13 ค่าความขุ่นน้ำดิบและน้ำผลิตเปรียบเทียบกับค่าประจุคอลลอยด์ของน้ำดิบ น้ำหลังกวนเร็วและน้ำผลิตที่สถานะคงตัว กรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.9 มก./ล...121
5.14 สภาพด่างน้ำดิบ น้ำหลังกวนเร็วและน้ำผลิต ที่อัตราการหมุนใบกวนที่ 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที กรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล. 124
5.15 สภาพด่างน้ำดิบ น้ำหลังกวนเร็วและน้ำผลิต ที่อัตราการหมุนใบกวนที่ 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที กรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล. 126
5.16 สภาพด่างน้ำดิบ น้ำหลังกวนเร็วและน้ำผลิต ที่อัตราการหมุนใบกวนที่ 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที กรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.9 มก./ล. 128
5.17 พีเอชน้ำดิบ น้ำหลังกวนเร็วและน้ำผลิต ที่อัตราการหมุนใบกวนที่ 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที กรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล. 130
5.18 พีเอชน้ำดิบ น้ำหลังกวนเร็วและน้ำผลิต ที่อัตราการหมุนใบกวนที่ 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที กรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล. 131
5.19 พีเอชน้ำดิบ น้ำหลังกวนเร็วและน้ำผลิต ที่อัตราการหมุนใบกวนที่ 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที กรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.9 มก./ล. 132

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

5.20 ค่าอะลูมิเนียมจากการทดลองทั้งหมด.....137
5.21 ความขุ่นน้ำดิบ น้ำผลิตและประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่สถานะคงตัว จากการทดลองแปรรูปแบบใบกวนที่ 2 และ 6 ใบ..... 138
5.22 มวลในถังปฏิกรณ์ ค่าของแข็งแขวนลอยเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่สถานะคงตัว ของการทดลองแปรค่าใบกวน.....140

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบการกวนและค่า G ในถังที่ต่างกัน 4 แบบจากการทดลอง....6
3.2 ชนิดของอะลูมิเนียมกับค่าพีเอชของสารประกอบอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ที่ $1x10^{-4}$ M อะลูมิเนียมเปอร์คลอเรต....8
3.3 กลไกในการสร้างโคแอกกูเลชันด้วยสารส้มทั้ง 2 ประเภท....9
3.4 Stability Diagram ของสารส้มในน้ำที่ไม่มีความขุ่น พื้นที่ภายในเส้นประเป็นบริเวณที่มีการก่อรูปของ $Al(OH)_3$ เกิดขึ้นได้รวดเร็ว ส่วนพื้นที่ภายนอกเส้นประแต่ยังแรเงาอยู่มีการก่อรูปของ $Al(OH)_3$ เกิดขึ้นอย่างช้าๆ....10
3.5 กลไกการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ แบบต่อเชื่อมด้วยโพลีเมอร์....12
3.6 สถานะของสารละลายเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีความเข้มข้นและพีเอชต่างกัน....13
3.7 เปรียบเทียบการจับตัวเป็นของแข็งในสภาวะปกติกับสภาวะเมตะ....14
3.8 ขั้นตอนการรวมกลุ่มมวลอนุภาคในหลายขั้นตอน....15
3.9 แสดงการจับแบบหนึ่งต่อหนึ่งและการชนแบบสุ่ม....16
3.10 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดกับความหนาแน่นประสิทธิผลที่ 4 ค่าความขุ่น (a) 0.3 g/l.; (b) 1.0 g/l. ; (c) 3.0 g/l. (d) 10.0 g/l. 18
3.11 ขนาดและความหนาแน่นประสิทธิผลของกลุ่มเพ็ลเล็ตในจาร์เทสที่เวลาต่างๆ....19
3.12 ผังการทดลอง....22
3.13 ค่าความขุ่นกับเวลา....22
3.14 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพ็ลเล็ตกับความสูงชั้นเพ็ลเล็ต....23
3.15 ความเร็วในการจมตัวกับขนาดเพ็ลเล็ต....23
3.16 ความหนาแน่นกับขนาดเพ็ลเล็ต....24
3.17 ความขุ่นเทียบกับเวลา....25
3.18 ความสัมพันธ์ระหว่างเพ็ลเล็ตกับความสูงชั้นเพ็ลเล็ต....25
3.19 รูปแบบถังปฏิกิริยาของการกำจัดความกระด้างแบบต่างๆ....26
3.20 รูปแบบถังปฏิกิริยากระบวนการสร้างเพ็ลเล็ตในการนำโลหะกลับมาใช้ใหม่....27
3.21 อุปกรณ์การทดลองสร้างเพ็ลเล็ต....29
3.22 รูปแบบการจัดใบพัดในแต่ละระดับชั้นเพ็ลเล็ตที่ทดลอง....31

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.23 ผังการทดลอง 32
3.24 ความขุ่นน้ำผลิตกับเวลาที่ ALT ต่างๆ 33
3.25 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดและความหนาแน่นเพ็ลเล็ตกับค่า ALT 33
3.26 ค่าความขุ่นน้ำผลิตกับเวลาที่ค่า PT ต่างกัน 34
3.27 ผลของโพลีเมอร์ต่างประจุในชั้นเพ็ลเล็ต 35
3.28 แสดงการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่เวลา 15, 30และ 60 นาทีตามลำดับ 36
3.29 การกระจายของอนุภาคสีกับความสูงของชั้นเพ็ลเล็ตที่เวลาต่างๆ 37
3.30 อัตราส่วนสีที่ล้นออกทางกระบอกแยกเพ็ลเล็ตกับเวลาที่ความเข้มข้น a) 3 ก./ล.
b) 1.0ก./ล. c) 0.3ก./ล. 38
3.31 ผังการทดลอง 40
3.32 ผังระบบที่ประยุกต์ใช้กระบวนการสร้างเพ็ลเล็ตในกระบวนการ AS 41
3.33 ผังอุปกรณ์การทดลอง 43
3.34 ผังระบบบำบัดน้ำเสีย 49
4.1 ขั้นตอนในการดำเนินการทดลองในการศึกษานี้ 51
4.2 รูปถังปฏิกรณ์สร้างเพ็ลเล็ต 53
4.3 รูปตัดตามขวางของถังปฏิกรณ์สร้างเพ็ลเล็ต 54
4.4 รูปแบบใบกวน 55
4.5 แผนผังการจัดวางอุปกรณ์ระบบการทดลอง 60
5.1 มวลของแข็งในถังปฏิกรณ์ที่เวลาต่างๆ กรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ
0.1 มก./ล เมื่อไม่มีและมีการเวียนมวลของแข็ง 68
5.2 ค่าของแข็งที่ระดับต่างๆและเวลาต่างๆกรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ
0.1 มก./ล เมื่อไม่มีและมีการเวียนมวลของแข็ง 69
5.3 มวลของแข็งในถังปฏิกรณ์ที่เวลาต่างๆ กรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ
0.3 มก./ล เมื่อไม่มีและมีการเวียนมวลของแข็ง 70
5.4 ค่าของแข็งที่ระดับต่างๆและเวลาต่างๆกรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ
0.3 มก./ล เมื่อไม่มีและมีการเวียนมวลของแข็ง 71
5.5 ผังความเร็วน้ำในระบบ 72

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.6 มวลของแข็งในถังปฏิกรณ์ที่เวลาต่างๆ กรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล เมื่อไม่มีและมีการเวียนมวลของแข็ง....74
5.7 ค่าของแข็งที่ระดับต่างๆและเวลาต่างๆกรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล เมื่อไม่มีและมีการเวียนมวลของแข็ง....75
5.8 มวลของแข็งในถังปฏิกรณ์ที่เวลาต่างๆ กรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล เมื่อไม่มีและมีการเวียนมวลของแข็ง....76
5.9 ค่าของแข็งที่ระดับต่างๆและเวลาต่างๆกรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล เมื่อไม่มีและมีการเวียนมวลของแข็ง....77
5.10ความขุ่นน้ำดิบและน้ำผลิตที่เวลาต่างๆ กรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.1 มก./ล เมื่อไม่มีและมีการเวียนมวลของแข็ง....79
5.11ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของระบบที่เวลาต่างๆ กรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.1 มก./ล เมื่อไม่มีและมีการเวียนมวลของแข็ง....80
5.12ความขุ่นน้ำดิบและน้ำผลิตที่เวลาต่างๆ กรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.3 มก./ล เมื่อไม่มีและมีการเวียนมวลของแข็ง....83
5.13ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของระบบที่เวลาต่างๆ กรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.3 มก./ล เมื่อไม่มีและมีการเวียนมวลของแข็ง....84
5.14ความขุ่นน้ำดิบและน้ำผลิตที่เวลาต่างๆ กรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล เมื่อไม่มีและมีการเวียนมวลของแข็ง....86
5.15ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของระบบที่เวลาต่างๆ กรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล เมื่อไม่มีและมีการเวียนมวลของแข็ง....87
5.16ความขุ่นน้ำดิบและน้ำผลิตที่เวลาต่างๆ กรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล เมื่อไม่มีและมีการเวียนมวลของแข็ง....89
5.17ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของระบบที่เวลาต่างๆ กรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล เมื่อไม่มีและมีการเวียนมวลของแข็ง....90
5.18 เปรียบเทียบความขุ่นน้ำผลิตที่โพลีเมอร์ต่างๆ เวลาต่างๆ ในกรณีไม่เวียนและเวียนมวลของแข็ง 0.3....92

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.19 เปรียบเทียบมวลในชั้นของแข็งที่ค่าโพลีเมอร์ 0.1, 0.3, 0.5 และ 0.7 มก./ล. และ เวลาต่างๆในกรณีไม่เวียนและเวียนมวลของแข็งที่ 0.3.....94
5.20มวลในถังปฏิกรณ์ที่ 12 ชม.สุดท้าย ในกรณีไม่เวียนและเวียนมวลของแข็ง.....95
5.21ความขุ่นน้ำผลิตที่ 12 ชม.สุดท้ายในกรณีกรณีไม่เวียนและเวียนมวลของแข็ง.....95
5.22ความขุ่นน้ำดิบและน้ำผลิต ในเวลาต่างๆ ที่ความเร็วรอบการหมุนใบกวน 2, 4และ 6 รอบต่อนาที ในกรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล.....98
5.23ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของระบบ ที่ความเร็วรอบการหมุนใบกวน 2, 4และ 6 รอบต่อนาที ในกรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล.....99
5.24 ความขุ่นน้ำผลิตเฉลี่ยที่สถานะคงตัว ที่ความเร็วรอบการหมุนใบกวน 2, 4และ 6 รอบ ต่อนาที ในกรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล.....99
5.25ความขุ่นน้ำดิบและน้ำผลิต ในเวลาต่างๆ ที่ความเร็วรอบการหมุนใบกวน 2, 4และ 6 รอบต่อนาที ในกรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล.....101
5.26ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของระบบ ที่ความเร็วรอบการหมุนใบกวน 2, 4และ 6 รอบต่อนาที ในกรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล.....102
5.27 ความขุ่นน้ำผลิตเฉลี่ยที่สถานะคงตัว ที่ความเร็วรอบการหมุนใบกวน 2, 4และ 6 รอบ ต่อนาที ในกรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล.....102
5.28ความขุ่นน้ำดิบและน้ำผลิต ในเวลาต่างๆ ที่ความเร็วรอบการหมุนใบกวน 2, 4และ 6 รอบต่อนาที ในกรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.9 มก./ล.....104
5.29ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของระบบ ที่ความเร็วรอบการหมุนใบกวน 2, 4และ 6 รอบต่อนาที ในกรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.9 มก./ล.....105
5.30 ความขุ่นน้ำผลิตเฉลี่ยที่สถานะคงตัว ที่ความเร็วรอบการหมุนใบกวน 2, 4และ 6 รอบ ต่อนาที ในกรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.9 มก./ล.....106
5.31ความขุ่นน้ำผลิตในแต่ละช่วงเวลา ของทุกการทดลองในช่วงที่ 2 107
5.32เปรียบเทียบความขุ่นน้ำผลิตที่สถานะคงตัว กรณีปริมาณโพลีเมอร์ 0.5, 0.7 และ 0.9 มก./ล. ที่ความเร็วรอบการหมุนในกวน 2, 4 และ 6 รอบต่อนาที.....109

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.33ค่าของแข็งเฉลี่ยทั้งการทดลองในระดับต่างๆ ที่อัตราการหมุนใบกวน 2, 4และ 6 รอบ ต่อนาที ในกรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล....109
5.34ค่าของแข็งเฉลี่ยทั้งการทดลองในระดับต่างๆ ที่อัตราการหมุนใบกวน 2, 4และ 6 รอบ ต่อนาที ในกรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล....111
5.35ค่าของแข็งเฉลี่ยทั้งการทดลองในระดับต่างๆ ที่อัตราการหมุนใบกวน 2, 4และ 6 รอบ ต่อนาที ในกรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.9 มก./ล....113
5.36เปรียบเทียบมวลของแข็งที่ระดับต่างๆ ในแต่ละการทดลอง....114
5.37ค่ามวลมวลของแข็งในถังปฏิกรณ์ที่ อัตราการหมุนใบกวน 2, 4และ 6 รอบต่อนาที ในกรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.5,0.7 และ0.9 มก./ล....115
5.38ค่าประจุคอลลอยด์น้ำดิบ น้ำหลังกวนเร็วและน้ำผลิต ในช่วงเวลาต่างๆ กรณีใช้สารส้ม ร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.5 มก./ล....118
5.39ค่าประจุคอลลอยด์น้ำดิบ น้ำหลังกวนเร็วและน้ำผลิต ในช่วงเวลาต่างๆ กรณีใช้สารส้ม ร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.7 มก./ล....119
5.40ค่าประจุคอลลอยด์น้ำดิบ น้ำหลังกวนเร็วและน้ำผลิต ในช่วงเวลาต่างๆ กรณีใช้สารส้ม ร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.9 มก./ล....121
5.41ค่าประจุคอลลอยด์น้ำผลิตที่สถานะคงตัว กรณีปริมาณความเข้มข้นโพลีเมอร์และ อัตราการหมุนใบกวนต่างๆ....122
5.42สภาพด่างน้ำดิบ น้ำหลังกวนเร็วและน้ำผลิต ในช่วงเวลาต่างๆกรณีใช้สารส้มร่วมกับ โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล....124
5.43สภาพด่างน้ำดิบ น้ำหลังกวนเร็วและน้ำผลิต ในช่วงเวลาต่างๆกรณีใช้สารส้มร่วมกับ โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล....126.
5.44สภาพด่างน้ำดิบ น้ำหลังกวนเร็วและน้ำผลิต ในช่วงเวลาต่างๆกรณีใช้สารส้มร่วมกับ โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.9 มก./ล....128
5.45ค่าพีเอชของน้ำดิบ น้ำหลังกวนเร็วและน้ำผลิต ในช่วงเวลาต่างๆ กรณีใช้สารส้มร่วม กับโพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.5 มก./ล....128
5.46ค่าพีเอชของน้ำดิบ น้ำหลังกวนเร็วและน้ำผลิต ในช่วงเวลาต่างๆ กรณีใช้สารส้มร่วม กับโพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.7 มก./ล....132

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.47ค่าพีเอชของน้ำดิบ น้ำหลังกวนเร็วและน้ำผลิต ในช่วงเวลาต่างๆ กรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.9 มก./ล.....134
5.48เปรียบเทียบค่าพีเอชน้ำดิบ น้ำหลังกวนเร็วและน้ำผลิตเฉลี่ย ที่การทดลองอัตราการหมุนใบกวน 2, 4และ 6 รอบต่อนาที และที่โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.5, 0.7และ0.9 มก./ล.....135
5.49 เปรียบเทียบค่าอะลูมิเนียมในน้ำดิบและน้ำผลิตจากการทดลองแปรค่าอัตราการหมุนใบกวน 2, 4และ 6 รอบต่อนาที และที่โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.5, 0.7 และ0.9 รอบต่อนาที...137
5.50ความขุ่นน้ำดิบและน้ำผลิต ในเวลาต่างๆจากการทดลองแปรรูปแบบใบกวนที่ 2 และ 6 ใบ139
5.51ค่าของแข็งเฉลี่ยที่ระดับต่างๆจากการทดลองเปลี่ยนรูปแบบใบกวนที่ 2 และ 6 ใบกรณีใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ไม่มีประจุปริมาณความเข้มข้น 0.3 มก./ล.....141

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย