

๗๓๓๖๓ ๗๓

การศึกษามรรถนะของเครื่องโคเอเลสเซอร์ ในสภาวะที่ทำงานอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน



นายกำจร สรวณาหงส์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2530

ISBN 974-568-310-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

014273

A Study of Coalescer Performance for Long Term Continuous Feed Conditions

Mr. Kumtorn Sornmanapong

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of The Requirements

For The Degree of Master of Engineering

Department of Sanitary Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1987

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาสมรรถนะของเครื่องโคเอเลสเซอร์ ในสภาวะที่ทำงาน
 อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน

โดย นายกำธร สรมพาพงศ์

ภาควิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. สุรพล สายพานิช



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้มหาวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
 ของการศึกษาคณะหลักสูตร ปริญญาโทบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
 (ศาสตราจารย์ ดร. อวาร์ วัชรวิทย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
 (รองศาสตราจารย์ ดร. ชงชัย พรพงษ์สวัสดิ์)

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

..... กรรมการ
 (รองศาสตราจารย์ ไพพรวณ พรประภา)

..... กรรมการ
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวิริยะ สุจริตตานนท์)

กำจร สรรณาพงศ์ การศึกษาสมรรถนะของเครื่องโคเอเลสเซอร์ในสภาวะที่ทำงานอย่าง
ต่อเนื่องเป็นเวลานาน (A study of Coalescer Performance for Long Term
Continuous Feed Condition) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.สุรพล สายพานิช. 142 หน้า

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาสมรรถนะของเครื่องโคเอเลสเซอร์ ในสภาวะที่ทำงาน
อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน และศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ระบบโคเอเลสเซอร์กับน้ำเสียจาก
โรงงานน้ำมันพืช

ผลการวิจัยพบว่าเมื่อระบบทำงานติดต่อกันเป็นเวลานาน ประสิทธิภาพการกำจัดที่ไอซี และการ
สูญเสียแรงดันน้ำมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเป็นช่วง ๆ เนื่องจากการอุดตัน และหลุดจากชั้นตัวกลางของสาร
แขวนลอย ทำให้ลักษณะของชั้นตัวกลางเปลี่ยนไปจากการวิจัยพบว่า พารามิเตอร์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการ
กำจัดที่ไอซี และการสูญเสียแรงดันน้ำมีลักษณะคงที่ขึ้นกับชนิดของสารชั้นตัวกลาง โดยชั้นตัวกลางชนิดเรซิน
ที่น้ำมันจับยึดเป็นชั้นตัวกลางที่เหมาะสม และพบว่าอัตราการความเร็วในการบำบัดที่ 0.012 ม³/ม²-วินาที
ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดที่ไอซี และการสูญเสียแรงดันน้ำมีลักษณะคงที่ต่ำกว่าที่อัตราการบำบัด 0.003
ม³/ม²-วินาที

การประยุกต์ระบบโคเอเลสเซอร์ใช้น้ำเสียโรงงานสยามน้ำมันละหุ่ง และโรงงานธนาคาร
ผลิตภัณฑ์น้ำมันพืช พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดที่ไอซีมีค่าต่ำ เนื่องจากน้ำเสียมีน้ำสบู่ซึ่งเป็นสารเซอร์ -
แฟกแทนทปนอยู่ด้วย ทำให้ประสิทธิภาพมีค่าต่ำ



ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล.....
สาขาวิชาสุขาภิบาล.....
ปีการศึกษา2530.....

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
(Signature)

KUMTORN SORNMANAPONG : A STUDY OF COALESCER PERFORMANCE FOR LONG TERM CONTINUOUS FEED CONDITION. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. SURAPOL SAIPANICH, DR.ING. 142pp.

This experiment was undertaken to study a coalescer's parameters and its performance under a long term continuous feed condition. The synthetic wastewater of kerosene and water was used in the experiment. An application of coalescer the for the industries was also observed.

The results show that the maximum TOC removal efficiency was obtained to the hydrophillic resin used as the media in the coalescer. The media used at the critical depth also gave the maximum TOC removal efficiency. The TOC removal efficiency varies inversely with the media's diameter, and the feeding rate. The head loss varied directly with the bed depth and the feeding rate but varied inversely with the media's diameter.


During 100 hours of continuous feed condition, the TOC removal efficiency and the head loss of the coalescer were not constant due to the behavior of the suspended solids. The suspended solid would deposit in and separate from media, so the characteristics of media would change during the operating. Media made of the oleophilic resin seemed to be the best media to reduce those effects of the suspension solid. The feeding rate at 12 lits/m²-sec gives the better TOC removal efficiency than that at 3 lits/m²-sec.

A field test of the coalescer for Thai Castor Industries and Thanakorn Vegetable Oil Product Company showed very low TOC removal efficiency. The presence of a surfactant in the wastewater was observed to be the cause.



ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล.....
สาขาวิชาสุขาภิบาล.....
ปีการศึกษา 2530.....

ลายมือชื่อนิติต 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นโครงการวิจัยร่วมระหว่าง INSA de Toulouse ประเทศฝรั่งเศส, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และกรมโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อทำการศึกษาเครื่องไอ-เอเลสเซอร์ ในสภาวะที่ทำงานอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. สุรพล สายพานิช ที่ท่านได้แนะนำความคิดในการวิจัย และการวิเคราะห์ปัญหาต่าง ๆ ตลอดจนให้คำปรึกษาในด้านวิชาการต่าง ๆ จนทำให้ผู้วิจัยมีกำลังฝ่าฟันอุปสรรคต่าง ๆ จนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จออกมา

ขอขอบพระคุณ Dr. Y. AURELLE, Prof. Dr. H. ROQUES และ Mr. B. Pouey ที่ได้ประสาทความรู้ทางด้านการนำคลื่นนำเสียงที่มีน้ำมันผสมอยู่ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในด้านเอกสารวิชาการ และคำปรึกษา

คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาลทุก ๆ ท่าน ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์แก่ผู้วิจัยในค่านต่าง ๆ ตลอดจนการประสานวิชาความรู้ต่าง ๆ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่กรุณาให้ทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จ ลุล่วง ไปด้วยดี

คุณพิพรรณ หล่อสุวรรณรัตน์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จ ลุล่วง ไปด้วยดี

ท้ายสุดนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่ ที่ได้กำลังใจ และคอยช่วยเหลือผู้วิจัย ้วยความรักตลอดมา.



สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญเรื่อง.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพประกอบ.....	ฉ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 คำนำ.....	1
1.2 จุดประสงค์ของการวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
2 การพัฒนาและความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับกระบวนการโคเอเลสเซนซ์.....	3
2.1 การพัฒนาของกระบวนการโคเอเลสเซนซ์.....	3
2.2 การแบ่งชนิดของอิมัลชัน	
2.2.1 การจำแนกโดยอาศัยสารต่อเนื่องเป็นบรรทัดฐาน.....	5
2.2.2 การจำแนกโดยอาศัยขนาดของอิมัลชันเป็นบรรทัดฐาน.....	5
2.2.3 การจำแนกโดยอาศัยเสถียรภาพของอิมัลชันเป็นบรรทัดฐาน.....	5
2.3 ความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการโคเอเลสเซนซ์.....	6
2.3.1 แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของของเหลว.....	6
2.3.2 แรงตึงผิว.....	7

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 2

2.3.3 แรงดึงดูดระหว่างสารต่างชนิดกัน..... 8

2.3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงดูดของสารกระจาย
และสารคือนอง ผนังของภาชนะของสาร
กระจาย..... 9

2.3.5 สมการของยัง11

2.3.6 ความดันคาปิลลารี.....12

2.4 สารตัวกลางที่ใช้ในกระบวนการโคเอเลสเซนซ์.....13

2.4.1 การแบ่งสารตามลักษณะตัวกลาง..... 14

2.4.2 การแบ่งสารตามคุณสมบัติเคมี.....14

2.5 อิทธิพลของสารลดแรงดึงดูด..... 14

2.5.1 อิทธิพลต่อแรงดึงดูดระหว่างผิวในของเหลวต่างชนิดกัน..... 14

2.5.2 อิทธิพลต่อแรงดึงดูดระหว่างผิวของของแข็งกับก๊าซ..... 16

3 ทฤษฎีกระบวนการโคเอเลสเซนซ์..... 17

3.1 หลักการแยกสวรมัลลันด้วยกระบวนการโคเอเลสเซนซ์..... 17

3.2 ทฤษฎีและการทำงานของกระบวนการโคเอเลสเซนซ์..... 17

3.2.1 การส่งผ่านสารกระจายเข้าสู่ชั้นตัวกลาง..... 18

3.2.1.1 แบบจำลองที่ 1 การส่งผ่านแบบตกตะกอน..... 18

3.2.1.2 แบบจำลองที่ 2 การส่งผ่านแบบปะทะ..... 19

3.2.1.3 แบบจำลองที่ 3 การส่งผ่านแบบแพร่กระจาย..... 19

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3

3.2.2	การรวมตัวของสารกระจายภายในสารชั้นค้ำกลาง.....	21
3.2.3	การหลุดออกจากผิว	22
3.2.3.1	คุณสมบัติของสารผิวหน้าชั้นค้ำกลาง	22
3.2.3.2	แรงค้ำผิวระหว่างน้ำกับน้ำมัน และขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางของช่องที่ออก.....	24
3.2.3.3	อัตราความเร็วของการบำบัด.....	25
3.2.3.4	อัตราส่วนของสารกระจายกับสารต่อเนื่อง	25
4	การดำเนินการวิจัย	26
4.1	แผนการวิจัย	26
4.1.1	ศึกษาพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของกระบวนการโคเอเลสเซนซ์.....	26
4.1.2	ศึกษาพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของกระบวนการโคเอเลสเซนซ์ เมื่อทำงานติดต่อกันเป็นระยะเวลายาวนาน	26
4.1.3	ศึกษาการประยุกต์กระบวนการโคเอเลสเซนซ์กับน้ำเสีย ที่เกิดจากโรงงาน	27
4.2	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	27
4.2.1	ส่วนการทําน้ำเสียสังเคราะห์	27
4.2.2	ส่วนของระบบบำบัด	28
4.3	วิธีการทดลอง	29
4.3.1	วิธีทดลองเพื่อศึกษาพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของกระบวนการ โคเอเลสเซนซ์	29

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4

4.3.2	วิธีทดลองเพื่อศึกษาพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของกระบวนการ เมื่อทำงานติดต่อกันในระยะเวลายาวนาน	30
4.3.3	วิธีทดลองเพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้กับน้ำเสียจากโรงงาน	32
4.4	การเก็บตัวอย่างน้ำและการวิเคราะห์	32
4.5	การวัดการสูญเสียแรงดันน้ำ	32
5	ผลการทดลองและวิจารณ์	33
5.1	การศึกษาพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการทำงานของกระบวนการ โคเอเลสเซนซ์	33
5.1.1	การศึกษาคุณสมบัติของสารชั้นตัวกลาง	33
5.1.1.1	ประสิทธิภาพการกำจัดที่โอซี	34
5.1.1.2	การสูญเสียแรงดันน้ำ	37
5.1.2	การศึกษาคุณสมบัติความสูงของชั้นตัวกลาง	38
5.1.2.1	ประสิทธิภาพการกำจัดที่โอซี	39
5.1.2.2	การสูญเสียแรงดันน้ำ	42
5.1.3	การศึกษาคุณสมบัติขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอนุภาคของชั้นตัวกลาง	43
5.1.3.1	ประสิทธิภาพการกำจัดที่โอซี	44
5.1.3.2	การสูญเสียแรงดันน้ำ	45
5.1.4	การศึกษาคุณสมบัติอัตราการความเร็วในการบำบัด	46

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5

5.1.4.1	ประสิทธิภาพการกำจัดที่ไอซี	46
5.1.4.2	การสูญเสียแรงดันน้ำ	47
5.2	การศึกษาพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของกระบวนการเมื่อทำงานติดต่อกัน ในระยะเวลายาวนาน	49
5.2.1	การศึกษาคุณสมบัติของสารชั้นตัวกลาง	49
5.2.1.1	ประสิทธิภาพการกำจัดที่ไอซี	49
5.2.1.2	การสูญเสียแรงดันน้ำ	60
5.2.2	การศึกษาคุณสมบัติความสูงของสารชั้นตัวกลาง	60
5.2.2.1	ประสิทธิภาพการกำจัดที่ไอซี	65
5.2.2.2	การสูญเสียแรงดันน้ำ	65
5.2.3	การศึกษาคุณสมบัติขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอนุภาคของ ชั้นตัวกลาง	67
5.2.3.1	ประสิทธิภาพการกำจัดที่ไอซี	67
5.2.3.2	การสูญเสียแรงดันน้ำ	67
5.2.4	การศึกษาคุณสมบัติอัตราการความเร็วในการนำค	72
5.2.4.1	ประสิทธิภาพการกำจัดที่ไอซี	72
5.2.4.2	การสูญเสียแรงดันน้ำ	73
5.3	การศึกษาการประยุกต์ระบบโคเอเลสเซนซ์กับน้ำเสียที่เกิดจาก โรงงานอุตสาหกรรม	73

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5

5.3.1	โรงงานสยามน้ำมันหุง	73
	การทดลองประยุกต์ระบบโคเอเลสเซนซ์กับน้ำเสีย	
	โรงงานสยามน้ำมันหุง	76
5.3.2	โรงงานธนาคารผลิตภัณฑ์น้ำมันพืช	79
	การทดลองประยุกต์ระบบโคเอเลสเซนซ์กับน้ำเสีย	
	โรงงานธนาคารผลิตภัณฑ์น้ำมันพืช	81
6	สรุปและวิจารณ์	89
6.1	สรุปผลการวิจัย	89
6.1.1	การศึกษากลไกของระบบโคเอเลสเซนซ์	89
6.1.2	การศึกษากการทำงานระยะเวลายาวนานของระบบ	
	โคเอเลสเซนซ์	90
6.1.3	การศึกษากการประยุกต์ใช้ระบบโคเอเลสเซนซ์กับ	
	โรงงานอุตสาหกรรม	91
6.2	ความสำคัญทางวิศวกรรม	92
6.3	ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป	92
	เอกสารอ้างอิง	93
	ภาคผนวก	95
	ภาคผนวกที่ 1	95
	ประวัติผู้วิจัย	142

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

2.1 การจำแนกชนิดของอิมัลชัน.....6

2.2 แสดงค่าแรงดึงผิวของของเหลวชนิดต่าง ๆ7

4.1 รายละเอียดการทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ30

4.2 รายละเอียดการทดลองศึกษาการทำงานของระบบที่ต่อเนื่องเป็น
ระยะเวลายาวนาน31

5.1 ประสิทธิภาพการกำจัด และค่าการสูญเสียแรงดันน้ำของสาร
ตัวกลางแต่ละชนิด33

5.2 แสดงประสิทธิภาพการกำจัด และการสูญเสียแรงดันน้ำของสาร
ตัวกลางที่ระดับความสูงต่าง ๆ.....39

5.3 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดที่ไอซี และการสูญเสียแรงดันน้ำที่
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคต่าง ๆ กัน43

5.4 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดที่ไอซี และการสูญเสียแรงดันน้ำที่อัตรา
ความเร็วไหลารวามักต่าง ๆ.....46

5.5 แสดงค่าเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐานของประสิทธิภาพการ
กำจัดที่ไอซี และค่าการสูญเสียแรงดันน้ำของสารตัวกลางชนิดต่างๆ
ที่ระดับความสูงต่าง ๆ50

5.6 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของประสิทธิภาพการกำจัด
ที่ไอซี และการสูญเสียแรงดันน้ำของอนุภาคที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง
ต่างกันที่ระดับความสูงต่าง ๆ.....68

5.7 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของประสิทธิภาพการกำจัด
และการสูญเสียแรงดันน้ำ ที่อัตราความเร็วการร่วามักต่าง ๆ72

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่

6.1	แสดงโรงงานที่มีการใช้ระบบโตะเอสเซนซ์	93
6.2	แสดงประสิทธิภาพการบำบัดจากชั้นตอนต่าง ๆ	94

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่

2.1	แสดงแรงดึงผิวซึ่งเกิดจากแรงดึงดูดของโมเลกุลที่อยู่ด้านข้างและด้านล่าง	8
2.2	แสดงลักษณะการสัมผัสระหว่างสารกระจายกับผิวของแข็งซึ่งมีมุมสัมผัส (θ_{dc}) น้อยกว่า 90 องศา	11
2.3	แสดงลักษณะการสัมผัสระหว่างสารกระจายกับผิวของแข็งซึ่งมีมุมสัมผัส (θ_{dc}) มากกว่า 90 องศา	11
2.4	แสดงระกบ้ำน้ำในหลอดคาปิลลารีที่มุมในของเหลว	13
2.5	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงระหว่างผิวกับปริมาณสารลดแรงดึงผิว	15
2.6	แสดงการเกิดเสถียรภาพเนื่องจากมีสารลดแรงดึงผิว	16
3.1	แสดงแบบจำลองทั้ง 3 แบบ ของการส่งผ่านสารกระจายเข้าสู่ชั้นตัวกลาง	18
3.2	แสดงชั้นตัวกลางของกระบวนการโคเฮเลสเซนซ์ที่สารกระจายเคลื่อนผ่าน	20
3.3	แสดงการรวมตัวของสารกระจายที่เคลื่อนผ่านช่องว่างภายในสารชั้นตัวกลาง	21
3.4 ก	แสดงการกอดตัวเป็นโพนของสารกระจายที่ผิวหน้าสารชั้นตัวกลางที่น้ำมันจับยึดได้	22
3.4 ข	แสดงการกอดตัวของสารกระจายที่ผิวหน้าสารชั้นตัวกลางที่น้ำจับยึดได้	23
3.5	แสดงการกอดตัวของสารกระจายที่ผิวหน้าสารชั้นตัวกลาง	24

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่

2.1	แสดงแรงดึงผิวซึ่งเกิดจากแรงดึงดูดของโมเลกุลที่อยู่ข้าง และด้านล่าง	8
2.2	แสดงลักษณะการสัมผัสระหว่างสารกระจายกับผิวของแข็งซึ่งมีมุม สัมผัส (θ_{dc}) น้อยกว่า 90 องศา	11
2.3	แสดงลักษณะการสัมผัสระหว่างสารกระจายกับผิวของแข็งซึ่งมีมุม สัมผัส (θ_{dc}) มากกว่า 90 องศา	11
2.4	แสดงระกบน้ำในหลอดคาปิลลารีที่มุมในของเหลว	13
2.5	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงระหว่างผิวกับปริมาณสาร ลดแรงดึงผิว	15
2.6	แสดงการเกิดเสถียรภาพเนื่องจากมีสารลดแรงดึงผิว	16
3.1	แสดงแบบจำลองทั้ง 3 แบบ ของการส่งผ่านสารกระจายเข้าสู่ชั้น ตัวกลาง	18
3.2	แสดงชั้นตัวกลางของกระบวนการโคเอเลสเซนซ์ที่สารกระจาย เคลื่อนผ่าน	20
3.3	แสดงการรวมตัวของสารกระจายที่เคลื่อนผ่านช่องว่างภายในสาร ชั้นตัวกลาง	21
3.4 ก.	แสดงการก่อกวเป็นโพมของสารกระจายที่ผิวหน้าสารชั้นตัวกลาง ที่น้ำมันจับยึดได้	22
3.4 ข	แสดงการก่อกวของสารกระจายที่ผิวหน้าสารชั้นตัวกลางที่น้ำ จับยึดได้	23
3.5	แสดงการก่อกวของสารกระจายที่ผิวหน้าสารชั้นตัวกลาง	24

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่

5.22 ประสิทธิภาพการกำจัดและการสูญเสียแรงดันน้ำของระบบ
เมื่อระยะเวลายาวนาน 63

5.23 ประสิทธิภาพการกำจัดและการสูญเสียแรงดันน้ำของระบบ
เมื่อระยะเวลายาวนาน 64

5.24 ความสัมพันธ์ระหว่างการสูญเสียแรงดันน้ำกับความสูงของ
ชั้นตัวกลางในสารชั้นตัวกลางต่าง ๆ กัน 66

5.25 ประสิทธิภาพการกำจัดและการสูญเสียแรงดันน้ำของระบบ
เมื่อระยะเวลายาวนาน 69

5.26 ประสิทธิภาพการกำจัดและการสูญเสียแรงดันน้ำของระบบ
เมื่อระยะเวลายาวนาน 70

5.27 ประสิทธิภาพการกำจัดและการสูญเสียแรงดันน้ำของระบบ
เมื่อระยะเวลายาวนาน 71

5.28 ประสิทธิภาพการกำจัดและการสูญเสียแรงดันน้ำของระบบ
เมื่อระยะเวลายาวนาน 72

5.29 แสดงขั้นตอนการผลิตน้ำมันละหุ่งของโรงงานสยามน้ำมันละหุ่ง

5.30 ประสิทธิภาพการกำจัดและการสูญเสียแรงดันน้ำกับระยะ
เวลาการบำบัด 77

5.31 ประสิทธิภาพการกำจัดและการสูญเสียแรงดันน้ำกับระยะเวลา
การบำบัด 78

5.32 แสดงขั้นตอนการผลิตของโรงงานธนาคารน้ำมันพืช 80

5.33 ประสิทธิภาพการกำจัดและการสูญเสียแรงดันน้ำกับ
ระยะเวลาในการบำบัด 82

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่

5.11	การ เปรียบเทียบการสูญเสียแรงดันน้ำที่อัตราการความเร็วใน ในการบำบัดต่างกัน	48
5.12	ประสิทธิภาพการกำจัดและการสูญเสียแรงดันน้ำของระบบ เมื่อระยะเวลายาวนาน	52
5.13	ประสิทธิภาพการกำจัดและการสูญเสียแรงดันน้ำของระบบ เมื่อระยะเวลายาวนาน	53
5.14	ประสิทธิภาพการกำจัดและการสูญเสียแรงดันน้ำของระบบ เมื่อระยะเวลายาวนาน	54
5.15	ประสิทธิภาพการกำจัดและการสูญเสียแรงดันน้ำของระบบ เมื่อระยะเวลายาวนาน	55
5.16	ประสิทธิภาพการกำจัดและการสูญเสียแรงดันน้ำของระบบ เมื่อระยะเวลายาวนาน	56
5.17	ประสิทธิภาพการกำจัดและการสูญเสียแรงดันน้ำของระบบ เมื่อระยะเวลายาวนาน	57
5.18	ประสิทธิภาพการกำจัดและการสูญเสียแรงดันน้ำของระบบ เมื่อระยะเวลายาวนาน	58
5.19	ประสิทธิภาพการกำจัดและการสูญเสียแรงดันน้ำของระบบ เมื่อระยะเวลายาวนาน	59
5.20	ประสิทธิภาพการกำจัดและการสูญเสียแรงดันน้ำของระบบ เมื่อระยะเวลายาวนาน	60
5.21	ประสิทธิภาพการกำจัดและการสูญเสียแรงดันน้ำของระบบ เมื่อระยะเวลายาวนาน	61

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่

3.6	แสดงลักษณะการหลุดออกของสารกระจายที่อัตราการเร็วของการ นำบัคสูง	25
4.1	แสดงเครื่องมือในส่วนการทำน้ำเสียสังเคราะห์	28
4.2	แสดงเครื่องมือส่วนระบบ บัคของกระบวนการโคเอเลสเซนซ์	29
5.1	กราฟแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการนำบัคที่ไอซีของสารทั้ง 4 ชนิด	34
5.2	แสดงการจับยึกของสารกระจายบนเรซินทั้ง 2 ชนิด	35
5.3	แสดงการเกาะกึกของสารกระจายบนทรายทั้ง 2 ชนิด	36
5.4	แสดงการสูญเสียแรงดันน้ำของสารตัวกลางชนิดต่าง ๆ	37
5.5	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการนำบัคของชั้นตัวกลางที่มี ความสูงต่าง ๆ	40
5.6	กราฟแสดงการเปรียบเทียบการสูญเสียแรงดันน้ำของชั้นตัวกลางที่มี ความสูงต่าง ๆ	41
5.7	ประสิทธิภาพการนำบัค และการสูญเสียแรงดันน้ำ กับความสูงของชั้นตัวกลาง	42
5.8	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการนำบัคของสารตัวกลางที่มี อนุภาคน้ำต่าง ๆ กัน	44
5.9	การเปรียบเทียบการสูญเสียแรงดันน้ำของสารชั้นตัวกลาง ที่มีอนุภาคน้ำต่าง ๆ กัน	45
5.10	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการนำบัคที่ไอซีที่อัตราการเร็ว เร็วในการนำบัคต่างกัน	47

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่

5.34	ประสิทธิภาพการกำจัดและการสูญเสียแรงคั้นน้ำกับระยะเวลาในการบำบัด	83
5.35	ประสิทธิภาพการกำจัดและการสูญเสียแรงคั้นน้ำกับระยะเวลาในการบำบัด	84
5.35	ประสิทธิภาพการกำจัดและการสูญเสียแรงคั้นน้ำกับระยะเวลาในการบำบัด	85
5.36	ประสิทธิภาพการกำจัดและการสูญเสียแรงคั้นน้ำกับระยะเวลาในการบำบัด	86
5.37	ประสิทธิภาพการกำจัดและการสูญเสียแรงคั้นน้ำกับระยะเวลาในการบำบัด	87
5.38	ประสิทธิภาพการกำจัดและการสูญเสียแรงคั้นน้ำกับระยะเวลาในการบำบัด	88