การเก็บน้ำมันคืนโดยใช้เครื่องกวาดน้ำมันรูปทรงกระบอก

นายอำพล รัตนสุวงศ์ชัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2530

ISBN 974-569-064-3

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

014260
014260
i18310576

Oil Recovery by Oil Drum Skimmer

Mr. Ampon Ratanasuwongchai

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

ISBN 974-569-064-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การเก็บน้ำมันคืนโดยใช้เครื่องกวาดน้ำมันรูปทรงกระบอก

โดย นายอำพล รัตนสุวงศ์ชัย

ภาควิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพล สายพานิช

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย พรรณสวัสดิ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพล สายพานิช)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุทธิรักษ์ สุจริตตานนท์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ไพพรรณ พรประภา)

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อำพล รัตนสุวงศ์ชัย : การเก็บน้ำมันคืนโดยใช้เครื่องกวาดน้ำมันรูปทรงกระบอก (OIL RECOVERY BY OIL DRUM SKIMMER) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.สุรพล สายพานิช, 193 หน้า

การศึกษาวิจัยการเก็บน้ำมันคืนโดยใช้เครื่องกวาดน้ำมันรูปทรงกระบอก แบ่งออกเป็น 3 ส่วน สรุปได้ดังนี้

ในส่วนแรกศึกษาคุณสมบัติทางด้านการดูดติด พบว่าหยดน้ำลงบน อลูมิเนียม โพลีเอทธีลีน พีวีซีผิวเรียบ พีวีซีผิวหยาบ ฟลูโอโรคาร์บอน เหล็ก เหล็กไร้สนิม และไม้สัก ปรากฏว่าวัสดุเหล่านี้สามารถดูดติดน้ำได้ใกล้เคียงกัน ส่วนเมื่อทำการทดลองกับหยดน้ำมันพบว่าวัสดุต่างๆมีคุณสมบัติดูดติดน้ำมันได้เท่ากัน และเมื่อทดลองโดยหยดน้ำมันลงบนวัสดุในน้ำ พบว่าวัสดุเหล่านี้สามารถดูดติดน้ำมันได้ใกล้เคียงกัน ยกเว้นไม้สักซึ่งมีค่างานแอดฮีชันน้อยกว่าวัสดุที่กล่าวมาข้างต้น จึงดูดติดน้ำมันได้น้อยกว่า

ในส่วนที่สองศึกษาพารามิเตอร์ต่างๆของเครื่องกวาดน้ำมันรูปทรงกระบอกพบว่า ชนิดของวัสดุที่ใช้เป็นกระบอกหมุน ความลึกที่กระบอกหมุนจมอยู่ในน้ำและในน้ำมัน ลักษณะผิวเรียบและผิวหยาบของกระบอกหมุนไม่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บน้ำมัน ยกเว้นแต่ความเร็วรอบของกระบอกหมุนเท่านั้นที่พบว่าเป็นปฏิภาคโดยตรงกับประสิทธิภาพในการเก็บน้ำมัน นอกจากนี้ยังพบว่ากระบอกหมุน 4 ชนิดได้แก่ ฟลูโอโรคาร์บอน เหล็กไร้สนิม พีวีซีผิวเรียบ พีวีซีผิวหยาบ มีประสิทธิภาพในการเก็บน้ำมันคีโรซีนประมาณร้อยละ 95 -98 ส่วนกระบอกหมุนไม้สักพบว่ามีประสิทธิภาพประมาณร้อยละ 56 และมีปริมาณน้ำปนมาร้อยละ 42

ในส่วนที่สามศึกษาทดลองกับน้ำเสียที่มีน้ำมันลอยอยู่ที่ผิว จากโรงงานของบริษัทธนากร จำกัด และโรงงานของบริษัทสยามน้ำมันละหุ่ง จำกัด พบว่าประสิทธิภาพสูงสุดในการเก็บน้ำมันมีค่าประมาณร้อยละ 77 และ 75 ตามลำดับ มีน้ำปนมากับน้ำมันร้อยละ 60 และ 54 ตามลำดับ และเหตุที่ประสิทธิภาพในการเก็บน้ำมันมีค่าต่ำ และมีน้ำปนมาค่อนข้างมาก เพราะมีสารแขวนลอยจำพวกไฮโดรฟิลิก และน้ำสบู่ซึ่งเป็นสารลดแรงตึงผิวปะปนอยู่

ภาควิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล ลายมือชื่อนิสิต อำพล รัตนสุวงศ์ชัย

สาขาวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล

ปีการศึกษา 2530 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา สุรพล สายพานิช

AMPON RATANASUWONGCHAI : OIL RECOVERY BY OIL DRUM SKIMMER. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF.SURAPOL SAIPANICH,Dr.Ing. 193 pp.

The results of this research could be drawn into 3 parts as follows:

On the study of wettability ; it was found that when drops were formed (in presence of air phase) on Aluminium, Polyethylene, P.V.C(rough), P.V.C-(smooth), Fluorocarbon, Steel, Stainless Steel, and Teak, they had the similar properties of wettability. When tested with drops of oil (in presence of air phase), their wettability were equal. In presence of water phase,when drops of oil were formed on the materials, they had the similar properties of wettability. Except Teak which had the lowest adhesion work ; so, it was less wettable than materials mentioned above.

According to the second experiments on various parameters of the oil drum skimmer, the kind of drum, the immersion depth in water and in oil, the surface properties of drum, had no influence on increasing the efficiency of oil recovery. Only the rotation speed has direct influence on the efficiency of oil recovery. Four kinds of drums - Fluorcarbon, Stainless Steel, P.V.C(smooth) P.V.C(rough) - had the efficiency of kerosene recovery about 95-98 %. Whereas Teak drum had the efficiency about 56 % and had 42 % of water coming together with oil.

For the third experiments on wastewater from Thanakorn Vegetable Oil Product Company and Thai Caster Industry showed that the maximum value of the efficiency of oil recovery were 77 and 75 % and the percentage of water which dragged up were 60 and 54 respectively. The presence of suspened solid and the surfactant in wastewater caused the low efficiency of oil recovery and large quantity of water.

ภาควิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล

ปีการศึกษา 2530 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นผลงานวิจัยภายใต้โครงการวิจัยร่วมระหว่าง INSA de Toulouse ฝรั่งเศส จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และกรมโรงงานอุตสาหกรรม และเนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้บางส่วน ได้รับมาจากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิต-วิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณมา ณ.ที่นี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพล สายพานิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษา และข้อคิดเห็นต่างๆ ของการวิจัยมาด้วยดีโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ และขอบคุณ Dr. Y.AURELLE ,Prof.Dr. H.ROQUES และ Mr.B. POUEY ที่ได้ให้คำแนะนำและความอนุเคราะห์ต่างๆแก่ผู้วิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล ทุกๆท่าน ที่ได้กรุณาถ่ายทอดวิชาความรู้ต่างๆให้แก่ผู้วิจัย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งได้สนับสนุนและให้กำลังใจ แก่ผู้วิจัยตลอดมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญเรื่อง..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญ รูปประกอบ..... ฐ

คำนำ..... ท

บทที่

1 บทนำ..... 1

1.1 ทั่วไป..... 1

1.2 เทคนิคต่างๆที่ใช้ในการบ่งบัตมลภาวะของน้ำที่เกิดขึ้น เนื่องจากสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ที่จับตัวกันอยู่ในรูปของชั้นฟิล์ม..... 3

2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย..... 11

2.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 11

2.2 ขอบเขตของการวิจัย..... 11

3 ทฤษฎีและแนวความคิด..... 13

3.1 ทฤษฎีพื้นฐานทางเคมีกายภาพ..... 13

3.1.1 แรงดึงดูด..... 13

3.1.2 แรงตึงผิวของของเหลว..... 14

3.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงตึงผิว แรงตึงผิวระหว่างสาร และงานแอดฮีชัน..... 18

3.1.4 แรงตึงผิววิกฤต..... 21

3.1.5 สมการของ YOUNG..... 24

3.1.6 งานโคฮีชัน และงานแอดฮีชัน..... 26

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3

3.1.7 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมสัมผัสของของแข็งผิวเรียบ และผิวหยาบ..... 29

3.1.8 หลักการหาแรงตึงผิวของของแข็งโดยวิธี WU.. 30

3.1.9 การจำแนกชนิดวัสดุโดยวิธี HAMILTON..... 31

3.1.10 ประเภทของการเปียก..... 33

3.2 ประเภทของมลภาวะของน้ำที่มีสาเหตุเนื่องมาจากน้ำมัน. 35

3.2.1 มลภาวะของน้ำที่เกิดขึ้นเนื่องจากสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ที่อยู่ในรูปของชั้นฟิล์ม..... 35

3.3 การวิเคราะห์มิติเชิงหน่วย..... 38

4 การดำเนินการวิจัย..... 42

4.1 แผนการวิจัย..... 42

4.2 การดำเนินการวิจัย..... 42

4.2.1 ศึกษาทดลองเปรียบเทียบความสามารถในการเปียกได้ของวัสดุชนิดต่างๆ..... 48

4.2.2 ศึกษาทดลองพารามิเตอร์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับเครื่องกวาดน้ำมันรูปทรงกระบอก..... 52

4.2. ศึกษาทดลองโดยใช้น้ำเสียที่มีน้ำมันลอยอยู่ที่ผิวจากโรงงานอุตสาหกรรม..... 57

5 ผลของการทดลองและการวิจารณ์..... 59

5.1 การแสดงผลของการศึกษาทดลองเปรียบเทียบความสามารถในการเปียกได้ของวัสดุต่างชนิดกัน..... 59

5.2 การแสดงผลของการศึกษาทดลองพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องกวาดน้ำมันรูปทรงกระบอก..... 68

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5

5.2.1 การศึกษาชนิดของวัสดุที่ใช้เป็นกระบอกหมุน.... 68

5.2.2 การศึกษาความเร็วรอบของกระบอกหมุน..... 81

5.2.3 การศึกษาความลึกของกระบอกหมุนที่จมอยู่ในน้ำ 86

5.2.4 การศึกษาความลึกของกระบอกหมุนที่จมอยู่.... ในน้ำมัน..... 92

5.2.5 การศึกษาคุณสมบัติที่ผิวของกระบอกหมุน..... 97

5.2.6 การศึกษาการกวาดเก็บน้ำมันของกระบอกหมุน เมื่อเทียบกับเวลา..... 100

5.3 การแสดงผลของการศึกษาทดลองโดยใช้น้ำเสียที่มีน้ำมันลอยอยู่ที่ผิวจากโรงงานอุตสาหกรรม..... 111

5.3.1 ผลของการศึกษาทดลองจากโรงงานของบริษัท ธนากร จำกัด..... 111

5.3.2 ผลของการศึกษาทดลองจากโรงงานของบริษัท สยามน้ำมันละหุ่ง จำกัด..... 122

6 ความสำคัญทางด้านวิศวกรรม..... 132

7 สรุปผลของการวิจัย..... 134

7.1 กรณีศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการเปียกได้ของวัสดุ..... 134

7.2 กรณีศึกษาทดลองพารามิเตอร์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับเครื่องกวาดน้ำมันรูปทรงกระบอก..... 134

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 7

7.3 กรณีศึกษาทดลองกับน้ำเสียที่มีน้ำมันลอยอยู่ที่ผิว จากโรงงานอุตสาหกรรม..... 135

7.4 ข้อเสนอแนะสำหรับงานค้นคว้าวิจัยในอนาคต..... 136

เอกสารอ้างอิง..... 137

ภาคผนวก ก..... 139

ภาคผนวก ข..... 190

ประวัติผู้วิจัย..... 193

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

1.1 แสดงถึงงานอุตสาหกรรมบางประเภท ซึ่งเป็นแหล่งที่มาที่ก่อให้เกิดสารมลพิษจำพวกน้ำมัน..... 2

3.1 ค่าของแรงตึงผิว (Surface Tension) ของของเหลวชนิดต่างๆ..... 17

3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมสัมผัส แรงตึงผิวและงานแอดฮีชัน 20

3.3 ค่าของแรงตึงผิววิกฤตของวัสดุชนิดต่างๆ..... 23

3.4 มิติหลักของปริมาณที่จะวิเคราะห์..... 38

4.1 รายละเอียดการศึกษาทดลองความสามารถในการเปียกได้ของวัสดุ..... 51

4.2 รายละเอียดการศึกษาทดลองชนิดของวัสดุที่ใช้เป็นกระบอกหมุน ความเร็วรอบ และความลึกของกระบอกหมุนที่จมอยู่ในน้ำ ในสภาวะที่ปราศจากน้ำมัน..... 54

4.3 รายละเอียดการศึกษาทดลองชนิดของวัสดุที่ใช้เป็นกระบอกหมุน ความเร็วรอบ และความลึกของกระบอกหมุนที่จมอยู่ในน้ำมัน..... 55

4.4 รายละเอียดการศึกษาทดลองการกวาดเก็บน้ำมันในช่วงระยะเวลาหนึ่ง..... 56

4.5 รายละเอียดการศึกษาทดลองโดยใช้น้ำเสียที่มีน้ำมันลอยอยู่ที่ผิวจากโรงงานอุตสาหกรรม..... 58

5.1 ผลของการศึกษาทดลองเปรียบเทียบความสามารถในการเปียกได้ของวัสดุ..... 60

5.2 ประสิทธิภาพในการเก็บน้ำมันที่ความเร็วรอบต่างๆ..... 85

5.3 ปริมาณของน้ำและความหนาของชั้นฟิล์มสูงสุดของน้ำที่กวาดเก็บได้..... 86

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่

5.4 ปริมาณของน้ำมันและความหนาของชั้นฟิล์มสูงสุดของน้ำมันที่กวาดเก็บได้..... 92

5.5 ปริมาณของน้ำมันและความหนาของชั้นฟิล์มของน้ำมันที่กวาดเก็บได้ที่เวลาเริ่มต้นและเวลาสุดท้ายของการวิจัย. 100

5.6 แสดงผลของการศึกษาทดลองจากโรงงานของบริษัทธนากร จำกัด..... 121

5.7 แสดงผลของการศึกษาทดลองจากโรงงานของบริษัทสยามน้ำมันละหุ่ง จำกัด..... 131

สารบัญรูปประกอบ

หน้า

รูปที่

1.1 การใช้วิธีการสูบแบบ VORTEX..... 5

1.2 การใช้วิธีการสูบแบบ REHINWERFT..... 5

1.3 การใช้วิธีการสูบแบบ Cyclone..... 6

1.4 การใช้วิธีการสูบแบบ Weir..... 6

1.5 การเก็บน้ำมันอย่างต่อเนื่อง โดยใช้ระบบดิสก์..... 9

1.6 การเก็บน้ำมันอย่างต่อเนื่อง โดยใช้ระบบสายพาน..... 9

1.7 การเก็บน้ำมันอย่างต่อเนื่อง โดยใช้เครื่องกวาดน้ำมันรูปทรงกระบอก..... 10

3.1 สภาพสมดุลย์ของแรงที่กระทำต่อโมเลกุลที่อยู่ภายในของเหลว (Balanced Forces Field)..... 14

3.2 แรงลัพธ์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงที่กระทำต่อโมเลกุลที่ผิวของของเหลวอยู่ในสภาพไม่สมดุลย์ (Unbalanced Forces Field)..... 15

3.3 ใช้ประกอบคำอธิบายนิยามของแรงตึงผิว 15

3.4 ใช้ประกอบคำอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง แรงตึงผิว แรงตึงระหว่างผิวของสาร และงานแอดฮีชัน..... 19

3.5 สภาพสมดุลย์ของหยดของของเหลวที่อยู่บนของแข็ง..... 21

3.6 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมสัมผัส กับแรงตึงผิวของของเหลว.. 22

3.7 ลักษณะการสัมผัสของของเหลวบนผิวของของแข็ง เมื่อมุมสัมผัส (θdc) มีค่าน้อยกว่า 90 องศา..... 24

3.8 ลักษณะการสัมผัสของของเหลวบนผิวของของแข็ง เมื่อมุมสัมผัส (θdc) มีค่ามากกว่า 90 องศา..... 25

สารบัญรูปประกอบ (ต่อ)

หน้า

รูปที่

3.9 ความสัมพันธ์ระหว่างงานโคฮีชัน กับ แรงดึงผิวของสาร... 26
3.10 ความสัมพันธ์ระหว่างงานโคฮีชัน กับ แรงดึงผิวของสาร.. 27
3.11 ความสัมพันธ์ระหว่างงานแอดฮีชัน กับ แรงดึงผิวของสาร. 27
3.12 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมสัมผัสของของแข็งผิวเรียบ และ ของแข็งผิวหยาบ..... 29
3.13 ลักษณะการสัมผัสของ n-octane ที่ผิวของของแข็ง..... 32
3.14 ปรากฏการณ์การสัมผัสระหว่าง หยดของของเหลว A และ ของเหลว B..... 36
4.1 รายละเอียดส่วนประกอบต่างๆของเครื่องมือ และการติดตั้ง อุปกรณ์..... 43
4.2 เครื่องมือวัดแรงดึงผิว..... 45
4.3 เครื่องมือวัดมุมสัมผัส..... 45
4.4 เครื่องกวาดน้ำมันรูปทรงกระบอก..... 46
4.5 ส่วนประกอบต่างๆในการทำงานของเครื่องกวาดน้ำมันรูป ทรงกระบอก..... 47
4.6 ส่วนประกอบต่างๆของอุปกรณ์ และการติดตั้ง ซึ่งใช้ในการ ศึกษาทดลองหาค่ามุมสัมผัส..... 50
5.1 การเกาะติดของน้ำมันบนผิวของเหล็ก..... 62
5.2 การเกาะติดของน้ำมันบนผิวของ เหล็กไร้สนิม 62
5.3 การเกาะติดของน้ำมันบนผิวของไม้สัก..... 63
5.4 การเกาะติดของน้ำมันบนผิวของอลูมิเนียม..... 63

สารบัญรูปประกอบ (ต่อ)

หน้า

รูปที่

5.5 การเกาะติดของน้ำมันบนผิวของพีวีซีผิวเรียบ..... 64

5.6 การเกาะติดของน้ำมันบนผิวของพีวีซีผิวหยาบ..... 64

5.7 การเกาะติดของน้ำมันบนผิวของพลูโอโรคาร์บอน 65

5.8 การเกาะติดของน้ำมันบนผิวของโพลีเอทธีลีน..... 65

5.9 ความหนาของชั้นฟิล์มของน้ำ เทียบกับความเร็วรอบของกระบอกหมุน ความลึกของกระบอกหมุนที่จมอยู่ในน้ำเท่ากับ 0.5 ซม..... 70

5.10 ความหนาของชั้นฟิล์มของน้ำ เทียบกับความเร็วรอบของกระบอกหมุน ความลึกของกระบอกหมุนที่จมอยู่ในน้ำเท่ากับ 2.0 ซม..... 71

5.11 ความหนาของชั้นฟิล์มของน้ำ เทียบกับความเร็วรอบของกระบอกหมุน ความลึกของกระบอกหมุนที่จมอยู่ในน้ำเท่ากับ 3.0 ซม..... 72

5.12 ความหนาของชั้นฟิล์มของน้ำมัน เทียบกับความเร็วรอบของกระบอกหมุน ความลึกของกระบอกหมุนที่จมอยู่ในน้ำเท่ากับ 0.5 ซม. และในน้ำมันเท่ากับ 0.5 ซม... 73

5.13 ความหนาของชั้นฟิล์มของน้ำมัน เทียบกับความเร็วรอบของกระบอกหมุน ความลึกของกระบอกหมุนที่จมอยู่ในน้ำเท่ากับ 0.5 ซม. และในน้ำมันเท่ากับ 1.0 ซม... 74

5.14 ความหนาของชั้นฟิล์มของน้ำมัน เทียบกับความเร็วรอบของกระบอกหมุน ความลึกของกระบอกหมุนที่จมอยู่

สารบัญรูปประกอบ (ต่อ)

หน้า

รูปที่

ในน้ำเท่ากับ 1.0 ซม. และในน้ำมันเท่ากับ 0.5 ซม... 75
5.15 ความหนาของชั้นฟิล์มของน้ำมัน เทียบกับความเร็วรอบ ของกระบอกหมุน ความลึกของกระบอกหมุนที่จมอยู่ ในน้ำเท่ากับ 1.0 ซม. และในน้ำมันเท่ากับ 1.0 ซม... 76
5.16 ความหนาของชั้นฟิล์มของน้ำและน้ำมัน เทียบกับความเร็ว- รอบของกระบอกหมุน ชนิดของกระบอกหมุนได้แก่ ไม้สัก.. 77
5.17 ความหนาของชั้นฟิล์มของน้ำและน้ำมัน เทียบกับความเร็ว- รอบของกระบอกหมุน ชนิดของกระบอกหมุนได้แก่ ไม้สัก.. 78
5.18 ความหนาของชั้นฟิล์มของน้ำและน้ำมัน เทียบกับความเร็ว- รอบของกระบอกหมุน ชนิดของกระบอกหมุนได้แก่ ไม้สัก.. 79
5.19 ความหนาของชั้นฟิล์มของน้ำและน้ำมัน เทียบกับความเร็ว- รอบของกระบอกหมุน ชนิดของกระบอกหมุนได้แก่ ไม้สัก.. 80
5.20 ประสิทธิภาพในการเก็บน้ำมันของกระบอกหมุนชนิดที่เป็น ฟลูออโรคาร์บอน 82
5.21 ประสิทธิภาพในการเก็บน้ำมันของกระบอกหมุนชนิดที่เป็น เหล็กไร้สนิม 83
5.22 ประสิทธิภาพในการเก็บน้ำมันของกระบอกหมุนชนิดที่เป็น พีวีซีผิวเรียบ..... 84
5.23 ความหนาของชั้นฟิล์มของน้ำ เทียบกับความเร็วรอบ ชนิดของกระบอกหมุนได้แก่ ฟลูออโรคาร์บอน 87
5.24 ความหนาของชั้นฟิล์มของน้ำ เทียบกับความเร็วรอบ

สารบัญรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
	ชนิดของกระบอกหมุนได้แก่ เหล็กไร้สนิม	88
5.25	ความหนาของชั้นฟิล์มของน้ำ เทียบกับความเร็วรอบ ชนิดของกระบอกหมุนได้แก่ พีวีซีผิวเรียบ.....	89
5.26	ความหนาของชั้นฟิล์มของน้ำ เทียบกับความเร็วรอบ ชนิดของกระบอกหมุนได้แก่ พีวีซีผิวหยาบ.....	90
5.27	ความหนาของชั้นฟิล์มของน้ำ เทียบกับความเร็วรอบ ชนิดของกระบอกหมุนได้แก่ ไม้สัก.....	91
5.28	ความหนาของชั้นฟิล์มของน้ำมัน เทียบกับความเร็วรอบ ชนิดของกระบอกหมุนได้แก่ ฟลูโอโรคาร์บอน	93
5.29	ความหนาของชั้นฟิล์มของน้ำมัน เทียบกับความเร็วรอบ ชนิดของกระบอกหมุนได้แก่ เหล็กไร้สนิม	94
5.30	ความหนาของชั้นฟิล์มของน้ำมัน เทียบกับความเร็วรอบ ชนิดของกระบอกหมุนได้แก่ พีวีซีผิวเรียบ.....	95
5.31	ความหนาของชั้นฟิล์มของน้ำมัน เทียบกับความเร็วรอบ ชนิดของกระบอกหมุนได้แก่ พีวีซีผิวหยาบ.....	96
5.32	ความหนาของชั้นฟิล์มของน้ำมัน เทียบกับความเร็วรอบ ชนิดของกระบอกหมุนได้แก่ พีวีซีผิวเรียบ และพีวีซีผิวหยาบ	98
5.33	ความหนาของชั้นฟิล์มของน้ำมัน เทียบกับเวลา ชนิดของกระบอกหมุนได้แก่ ฟลูโอโรคาร์บอน	101
5.34	ความหนาของชั้นฟิล์มของน้ำมัน เทียบกับเวลา ชนิดของกระบอกหมุนได้แก่ เหล็กไร้สนิม	102

สารบัญรูปประกอบ (ต่อ)

หน้า

รูปที่

5.35 ความหนาของชั้นฟิล์มของน้ำมัน เทียบกับเวลา ชนิดของกระบอกหมุนได้แก่ พีวีซีผิวเรียบ..... 103

5.36 ความหนาของชั้นฟิล์มของน้ำมัน เทียบกับเวลา ชนิดของกระบอกหมุนได้แก่ พีวีซีผิวหยาบ..... 104

5.37 ความหนาของชั้นฟิล์มของน้ำมัน เทียบกับเวลา ชนิดของกระบอกหมุนได้แก่ ไม้สัก..... 105

5.38 ปริมาณของน้ำที่กวาดเก็บได้ เทียบกับความเร็วรอบของกระบอกหมุน..... 107

5.39 ปริมาณของน้ำมันที่กวาดเก็บได้ เทียบกับความเร็วรอบของกระบอกหมุน..... 108

5.40 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Re และ Fr..... 110

5.41 ขั้นตอนการผลิตน้ำมันของโรงงานบริษัทธนากร จำกัด.... 112

5.42 ประสิทธิภาพในการเก็บน้ำมันของกระบอกหมุนซึ่งได้แก่ พลูโอโรคาร์บอน 115

5.43 ประสิทธิภาพในการเก็บน้ำมันของกระบอกหมุนซึ่งได้แก่ เหล็กไร้สนิม 116

5.44 ประสิทธิภาพในการเก็บน้ำมันของกระบอกหมุนซึ่งได้แก่ พีวีซีผิวเรียบ..... 117

5.45 ประสิทธิภาพในการเก็บน้ำมันของกระบอกหมุนซึ่งได้แก่ พีวีซีผิวหยาบ..... 118

สารบัญรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
5.46	อัตราการเก็บน้ำมันของกระบอกหมุนซึ่งได้แก่ พลูโอโร-คาร์บอน	119
5.47	อัตราการเก็บน้ำมันของกระบอกหมุนซึ่งได้แก่ เหล็กไร้สนิม ..	119
5.48	อัตราการเก็บน้ำมันของกระบอกหมุนซึ่งได้แก่ พีวีซีผิวเรียบ	120
5.49	อัตราการเก็บน้ำมันของกระบอกหมุนซึ่งได้แก่ พีวีซีผิวหยาบ	120
5.50	ขั้นตอนการผลิตน้ำมันของบริษัทสยามน้ำมันละหุ่ง จำกัด	123
5.51	ประสิทธิภาพในการเก็บน้ำมันของกระบอกหมุน ซึ่งได้แก่ พลูโอโรคาร์บอน	125
5.52	ประสิทธิภาพในการเก็บน้ำมันของกระบอกหมุน ซึ่งได้แก่ เหล็กไร้สนิม	126
5.53	ประสิทธิภาพในการเก็บน้ำมันของกระบอกหมุนซึ่งได้แก่ พีวีซีผิวเรียบ.....	127
5.54	ประสิทธิภาพในการเก็บน้ำมันของกระบอกหมุนซึ่งได้แก่ พีวีซีผิวหยาบ.....	128
5.55	อัตราการเก็บน้ำมันของกระบอกหมุนซึ่งได้แก่ พลูโอโร-คาร์บอน	129
5.56	อัตราการเก็บน้ำมันของกระบอกหมุนซึ่งได้แก่ เหล็กไร้สนิม ..	129
5.57	อัตราการเก็บน้ำมันของกระบอกหมุนซึ่งได้แก่ พีวีซีผิวเรียบ	130
5.58	อัตราการเก็บน้ำมันของกระบอกหมุนซึ่งได้แก่ พีวีซีผิวหยาบ	130

ศัพท์

เครื่องกวาดน้ำมันรูปทรงกระบอก	Oil Drum Skimmer
กระบอกหมุน	Drum
แรงดึงดูด	Attractive Forces
แรงตึงผิว	Surface Tension
แรงตึงที่ผิว	Superfacial Tension
แรงตึงผิวระหว่างสาร	Interfacial Tension
แรงตึงผิววิกฤต	Critical Surface Tension
มุมสัมผัส	Contact Angle
สัมประสิทธิ์การแผ่กระจาย	Spreading Coefficient
ชอบดูดติดน้ำ	Hydrophilic
ชอบดูดติดน้ำมัน	Oleophilic
การวิเคราะห์มิติเชิงหน่วย	Dimensional Analysis
θ_w	มุมสัมผัสระหว่างวัสดุกับน้ำ เมื่อทดลองในบรรยากาศ
θ_o	มุมสัมผัสระหว่างวัสดุกับน้ำมัน เมื่อทดลองในบรรยากาศ
θ_{ow}	มุมสัมผัสระหว่างวัสดุกับน้ำมัน เมื่อทดลองในน้ำ
ความสามารถในการเปียก	Wettability