

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
รายการตาราง	(9)
รายการภาพประกอบ	(11)
ตัวย่อและสัญลักษณ์	(14)
บทที่	
1 บทนำ	1
บทนำต้นเรื่อง	1
การตรวจเอกสาร	2
1. การกลั่นน้ำมัน	2
2. น้ำมันดีเซล (diesel oil)	4
3. สารประกอบกำมะถัน	5
4. กระบวนการขจัดสารกำมะถันในน้ำมันดีเซล	7
5. หลักการขจัดสารกำมะถัน โดยวิธีออกซิเดชันซัลเฟอร์ไรเซชัน (oxydesulfurization)	10
6. การสกัดของเหลว-ของเหลว	14
7. ตัวทำละลาย (solvent)	14
8. ตัวเร่งปฏิกิริยา (solid catalyst)	16
9. ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon)	18
10. แก๊สไอโซน	21
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	24
วัตถุประสงค์ของโครงการ	28
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	28

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2 วิธีการวิจัย	29
1. วัตถุประสงค์และสารเคมี	29
2. เครื่องมือและอุปกรณ์	29
3. วิธีการทดลอง	30
3.1 การเตรียมสารละลาย	30
3.2 ขั้นตอนการทดลอง	30
3.2.1 ขั้นตอนการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาเฟอร์ริกออกไซด์บนถ่านกัมมันต์	31
3.2.2 การศึกษาการเปรียบเทียบผลของตัวทำละลายในขั้นตอนการสกัด	32
3.2.3 การศึกษาผลของ retention time ของไอโซนกับน้ำมันดีเซลในระบบ ดำเนินการเบดนิ่งแบบกึ่งกะ (semi-batch system)	34
3.2.4 การศึกษาผลของ retention time ของน้ำมันดีเซลกับไอโซนในระบบ ดำเนินการเบดนิ่งแบบต่อเนื่อง (continuous system)	36
4. แนวคิดพื้นฐานการคำนวณปริมาณไอโซนที่ใช้ในปฏิกิริยา	38
3 ผลการทดลองและบทวิจารณ์	39
3.1 ผลการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาเฟอร์ริกออกไซด์บนถ่านกัมมันต์	39
3.2 การเปรียบเทียบผลของตัวทำละลายในขั้นตอนการสกัด	40
3.3 ผลการศึกษา retention time ของไอโซนกับน้ำมันดีเซลในระบบดำเนินการ เบดนิ่งแบบกึ่งกะ (semi-batch system)	48
3.4 ผลการศึกษา retention time ของน้ำมันดีเซลกับไอโซนในระบบดำเนินการ เบดนิ่งแบบต่อเนื่อง (continuous system)	55
3.5 การเปรียบเทียบผลของระบบดำเนินการแบบกึ่งกะและต่อเนื่อง	58
4 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	60
บทสรุป	60
ข้อเสนอแนะ	61
บรรณานุกรม	63

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก	66
ภาคผนวก ก. ประกาศกระทรวงพาณิชย์ เรื่องการกำหนดคุณภาพของน้ำมันดีเซล สำหรับใช้กับเครื่องยนต์หมุนเร็ว	67
ภาคผนวก ข. คุณสมบัติพื้นฐานของน้ำมันดีเซล	70
ข 1. คุณสมบัติพื้นฐานของน้ำมันดีเซลที่นำมาใช้ทดลอง	70
ข 2. วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐานของน้ำมัน	71
ภาคผนวก ค. คุณสมบัติพื้นฐานของตัวทำละลาย	74
ค 1. เมทานอล	74
ค 2. เฟอร์ฟูรอล	75
ภาคผนวก ง. ตัวอย่างการคำนวณ	76
ง 1. การคำนวณปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในการออกซิไดส์ น้ำมันดีเซล	76
ง 2. การคำนวณอัตราการไหลเข้าของน้ำมันดีเซลที่ retention time ต่าง ๆ	78
ง 3. การคำนวณร้อยละผลได้ของน้ำมันและร้อยละ การแยกคืนเมทานอล	78
ง 4. การคำนวณร้อยละผลได้ของน้ำมันและร้อยละ การแยกคืนเฟอร์ฟูรอล	79
ภาคผนวก จ. เครื่องมือวิเคราะห์พื้นที่ผิวและขนาดของรูพรุน	80
ภาคผนวก ฉ. ตัวอย่างผลการวิเคราะห์	81
ฉ 1. ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ปริมาณกำมะถันในน้ำมันดีเซล ด้วยเครื่อง XRF	81
ฉ 2. ตัวอย่างผลการวิเคราะห์สเปกตรัมของน้ำมันดีเซลด้วย GC	83
ฉ 4. ตัวอย่างผลการวิเคราะห์พื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ด้วยเครื่อง BET	84
ประวัติผู้เขียน	85

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
1-1	ตัวอย่างประเภทของสารประกอบกำมันในน้ำมัน	6
1-2	การเปรียบเทียบกระบวนการไฮโดรดีซัลเฟอร์ไรเซชัน และออกซิเดชันไฮโดรไรเซชัน	13
1-3	ค่าความต่างศักย์รีดอกซ์ของตัวออกซิไดส์ต่าง ๆ	22
1-4	การเปรียบเทียบข้อกำหนดที่สำคัญของน้ำมันดีเซลในอนาคต	26
3-1	แสดงผลการเปรียบเทียบถ่านกัมมันต์ ถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการเคลือบด้วยเพอร์ริกไนเตรตจำนวน 1 ครั้ง และถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการเคลือบด้วยเพอร์ริกไนเตรตจำนวน 2 ครั้ง	39
3-2	แสดงผลการทดลองเปรียบเทียบผลของตัวทำละลายเมทานอลและเพอร์ฟูรอลในการสกัดน้ำมันดีเซล จาก บริษัทไทยออยล์ จำกัด (มหาชน)	41
3-3	แสดงผลการทดลองเปรียบเทียบผลของตัวทำละลายเมทานอลและเพอร์ฟูรอลในการสกัดน้ำมันดีเซล จาก บริษัทบางจาก ปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน)	42
3-4	แสดงผลการออกซิไดส์น้ำมันดีเซลด้วยโอโซน	48
3-5	แสดงผลการออกซิไดส์น้ำมันดีเซล จาก บริษัทไทยออยล์ จำกัด (มหาชน) ด้วยโอโซนร่วมกับตัวเร่งปฏิกิริยาถ่านกัมมันต์	49
3-6	แสดงผลการออกซิไดส์น้ำมันดีเซล จาก บริษัทบางจาก ปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน) ด้วยโอโซนร่วมกับตัวเร่งปฏิกิริยาถ่านกัมมันต์	50
3-7	แสดงผลการออกซิไดส์น้ำมันดีเซล จาก บริษัทไทยออยล์ จำกัด (มหาชน) ด้วยโอโซนร่วมกับตัวเร่งปฏิกิริยาเพอร์ริกออกไซด์บนถ่านกัมมันต์	51
3-8	แสดงผลการออกซิไดส์น้ำมันดีเซล จาก บริษัทบางจาก ปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน) ด้วยโอโซนร่วมกับตัวเร่งปฏิกิริยาเพอร์ริกออกไซด์บนถ่านกัมมันต์	51
3-9	แสดงผลของ retention time ของน้ำมันดีเซล จาก บริษัทไทยออยล์ จำกัด (มหาชน) กับโอโซน (ออกซิไดส์ด้วยโอโซนร่วมกับตัวเร่งปฏิกิริยาเพอร์ริกออกไซด์บนถ่านกัมมันต์)	55
3-10	แสดงผลของ retention time ของน้ำมันดีเซล จาก บริษัทไทยออยล์ จำกัด (มหาชน) กับโอโซน (ออกซิไดส์ด้วยโอโซนร่วมกับตัวเร่งปฏิกิริยาเพอร์ริกออกไซด์บนถ่านกัมมันต์)	56

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
3-11 แสดงผลการเปรียบเทียบของระบบดำเนินการแบบกึ่งกะและต่อเนื่อง	58
ข1.-1 แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของน้ำมันดีเซลที่นำมาใช้ทดลอง	70
ง1.-2 แสดงปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาคิดเป็นร้อยละ โดยน้ำหนักกับน้ำมันดีเซล และเทียบเป็นความสูงของชั้นเบดภายในคอลัมน์ออกซิเดชัน	76
ง1.-3 แสดงปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาคิดเป็นร้อยละ โดยน้ำหนักกับน้ำมันดีเซล และเทียบเป็นความสูงของชั้นเบดภายในคอลัมน์ออกซิเดชัน และ retention time ของไอโซน (ภายในระยะเวลาดำเนินการ 3 ชั่วโมง)	77

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1-1 แสดงโรงกลั่นน้ำมัน	3
1-2 แสดงหอกลั่นน้ำมัน	4
1-3 แสดงสถานะดำเนินการของกระบวนการดีซัลเฟอร์ไรเซชัน	10
1-4 แสดงกลไกการเกิดปฏิกิริยาที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาของแข็ง	17
1-5 แสดงการวางตัวของรูพรุนขนาดต่าง ๆ ของถ่านกัมมันต์	19
1-6 แสดงโครงสร้างของถ่านกัมมันต์	21
2-1 แสดงแผงควบคุมเครื่องผลิตโอโซน	30
2-2 แสดงขั้นตอนการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาเฟอร์ริกออกไซด์บนถ่านกัมมันต์	32
2-3 แสดง Catalytic Ozonation Unit (Semi-batch System)	36
2-4 แสดง Catalytic Ozonation Unit (Continuous System)	37
2-5 แสดง Catalytic Ozonation Unit (Continuous System),ใช้ในการทดลองจริง	37
3-1 กราฟแท่งแสดงผลของตัวทำละลายเมทานอลและเฟอร์ฟูรอลในการสกัดน้ำมันดีเซลจาก บริษัทไทยออยล์ จำกัด (มหาชน)	41
3-2 กราฟแท่งแสดงผลของตัวทำละลายเมทานอลและเฟอร์ฟูรอลในการสกัดน้ำมันดีเซลจาก บริษัทบางจาก ปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน)	42
3-3 แสดงลักษณะของสเปกตรัมของน้ำมันดีเซลวัตถุดิบเริ่มต้นจาก บริษัทไทยออยล์ จำกัด (มหาชน)	44
3-4 แสดงลักษณะของสเปกตรัมของน้ำมันดีเซลที่ผ่านการออกซิไดส์ด้วยโอโซนร่วมกับตัวเร่งปฏิกิริยาเฟอร์ริกออกไซด์บนถ่านกัมมันต์ โดยมี retention time ของโอโซน 1.944 วินาที และทำการสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอลจาก บริษัทไทยออยล์ จำกัด (มหาชน)	44
3-5 แสดงลักษณะของสเปกตรัมของน้ำมันดีเซลที่ผ่านการออกซิไดส์ด้วยโอโซนร่วมกับตัวเร่งปฏิกิริยาเฟอร์ริกออกไซด์บนถ่านกัมมันต์ โดยมี retention time ของโอโซน 1.944 วินาที และทำการสกัดด้วยตัวทำละลายเฟอร์ฟูรอลจาก บริษัทไทยออยล์ จำกัด (มหาชน)	45

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
3-6 แสดงลักษณะของสเปกตรัมของน้ำมันดีเซลวัตถุดิบเริ่มต้น จาก บริษัทบางจาก ปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน)	45
3-7 แสดงลักษณะของสเปกตรัมของน้ำมันดีเซลที่ผ่านการออกซิไดส์ด้วยโอโซนร่วมกับ ตัวเร่งปฏิกิริยาเฟอร์ริกออกไซด์บนถ่านกัมมันต์ โดยมี retention time ของโอโซน 1.944 วินาที และทำการสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล จาก บริษัทบางจาก ปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน)	46
3-8 แสดงลักษณะของสเปกตรัมของน้ำมันดีเซลที่ผ่านการออกซิไดส์ด้วยโอโซนร่วมกับ ตัวเร่งปฏิกิริยาเฟอร์ริกออกไซด์บนถ่านกัมมันต์ โดยมี retention time ของโอโซน 1.944 วินาที และทำการสกัดด้วยตัวทำละลายเฟอร์ฟูรอล จาก บริษัทบางจาก ปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน)	46
3-9 กราฟแท่งแสดงร้อยละผลได้ (yield) ของน้ำมันดีเซลหลังจากผ่านกระบวนการสกัด และร้อยละผลได้ (yield) ของการแยกคืนตัวทำละลาย	47
3-10 แสดงกราฟแท่งเปรียบเทียบ %sulfur ในน้ำมันดีเซลจาก บริษัทไทยออยล์ จำกัด (มหาชน) เมื่อทำการออกซิไดส์น้ำมันดีเซลในสภาวะต่าง ๆ	52
3-11 แสดงกราฟแท่งเปรียบเทียบ %sulfur ในน้ำมันดีเซลจาก บริษัทบางจาก ปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน) เมื่อทำการออกซิไดส์น้ำมันดีเซลในสภาวะต่าง ๆ	52
3-12 แสดงกราฟเส้นในการออกซิไดส์น้ำมันดีเซลจาก บริษัทไทยออยล์ จำกัด (มหาชน) ด้วยโอโซนร่วมกับตัวเร่งปฏิกิริยาเฟอร์ริกออกไซด์ ที่ retention time ของโอโซนต่าง ๆ	54
3-13 แสดงกราฟเส้นในการออกซิไดส์น้ำมันดีเซลจาก บริษัทบางจาก ปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน) ด้วยโอโซนร่วมกับตัวเร่งปฏิกิริยาเฟอร์ริกออกไซด์ ที่ retention time ของโอโซนต่าง ๆ	54

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
3-14 แสดงกราฟเส้นในการเพิ่ม retention time ของน้ำมันดีเซลจาก บริษัทไทยออยล์ จำกัด (มหาชน) (ออกซิไดส์ด้วยโอโซนร่วมกับตัวเร่งปฏิกิริยาเฟอร์ริกออกไซด์บน ถ่านกัมมันต์ และระยะเวลาดำเนินการ 3 ชั่วโมง)	56
3-15 แสดงกราฟเส้นในการเพิ่ม retention time ของน้ำมันดีเซลจาก บริษัทบางจาก ปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน) (ออกซิไดส์ด้วยโอโซนร่วมกับตัวเร่งปฏิกิริยาเฟอร์ริกออกไซด์บน ถ่านกัมมันต์ และระยะเวลาดำเนินการ 3 ชั่วโมง)	57
ข 2.-1 แสดงอุปกรณ์ในการวิเคราะห์จุดไหลเท	71
จ.-2 แสดงส่วนต่าง ๆ ของเครื่องวัด Surface Area บริเวณด้านหน้า และหลัง	80