

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ณ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 น้ำมันหล่อลื่น.....	4
2.1.1 น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน.....	4
2.1.2 กระบวนการผลิตน้ำมันหล่อลื่น.....	6
2.1.3 คุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน.....	7
2.1.4 กลุ่มของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน.....	8
2.1.5 ปริมาณการใช้น้ำมันหล่อลื่น.....	9
2.1.6 มาตรฐานน้ำมันหล่อลื่น.....	9
2.1.7 การใช้ประโยชน์ของน้ำมันหล่อลื่น.....	11
2.2 น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว.....	12
2.2.1 คุณสมบัติน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว.....	12
2.2.2 ผลกระทบของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว.....	13
2.2.3 กระบวนการนำน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่.....	13

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3 กระบวนการไพโรไลซิส.....	14
2.3.1 สภาวะที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ในกระบวนการไพโรไลซิส.....	16
2.3.2 ปฏิกริยาในการไพโรไลซิส.....	16
2.3.3 ชนิดของเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิส.....	17
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	22
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	24
3.1 สารเคมีและอุปกรณ์.....	24
3.1.1 สารเคมี.....	24
3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้.....	24
3.2 ตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว.....	25
3.3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	26
3.3.1 การสร้างถังปฏิกรณ์ไพโรไลซิส.....	27
3.3.2 ศึกษาสภาวะและการสลายตัวของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วโดย TGA.....	29
3.3.3 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการไพโรไลซิส.....	29
3.3.4 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว และเชื้อเพลิงเหลวที่ได้จากการไพโรไลซิส.....	30
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปราย.....	32
4.1 ถังปฏิกรณ์ไพโรไลซิส.....	32
4.2 ผลการสลายตัวของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วด้วย TGA.....	33
4.3 ผลของการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในไพโรไลซิสน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว.....	33
4.3.1 ผลของอุณหภูมิและอัตราการไหลของก๊าซไนโตรเจนต่อ ปริมาณเชื้อเพลิงเหลวที่ได้.....	33
4.3.2 ผลของเวลาในการไพโรไลซิสต่อปริมาณเชื้อเพลิงเหลวที่ได้.....	35

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วและ ผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงเหลวที่ได้.....	36
4.4.1 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วและเชื้อเพลิงเหลวที่ได้ จากการไพโรไลซิส.....	36
4.4.2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว และเชื้อเพลิงเหลวจากการไพโรไลซิส.....	41
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	43
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	43
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	43
บรรณานุกรม.....	45
ภาคผนวก.....	49
ภาคผนวก ก ผลการทดลองสภาวะที่เหมาะสมในการไพโรไลซิส.....	50
ภาคผนวก ข ผลทางการวิเคราะห์ทางสถิติ.....	60
ประวัติคณะผู้วิจัย.....	63

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานจากน้ำมันดิบมาตรฐาน.....	5
2.2 ระบบ หน่วย และอุณหภูมิที่ใช้ในการวัดความข้นใสของน้ำมันหล่อลื่น.....	7
2.3 ประเภทน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานแบ่งกลุ่มตามคุณสมบัติใน API.....	8
2.4 สมบัติทางกายภาพของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว.....	12
3.1 ส่วนประกอบและหน้าที่ของเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว.....	28
3.2 วิธีมาตรฐานในการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว.....	29
3.3 สภาวะที่ใช้วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วและเชื้อเพลิงเหลว ด้วย GC-MS.....	31
4.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว.....	38
4.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงเหลวที่ได้จากกระบวนการ ไพโรไลซิส.....	38
4.3 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วก่อนและหลังไพโรไลซิสและ ผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงเหลวที่ได้จากการไพโรไลซิสตามวิธีมาตรฐาน ASTM.....	41
4.4 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วและผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงเหลวที่ได้จาก กระบวนการไพโรไลซิสที่วิเคราะห์ด้วย GC-MS.....	42
ก-1.1 ปริมาณของเชื้อเพลิงเหลวที่ได้จากการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 200–500 °C อัตราการไหลของก๊าซในโตรเจน 0.1 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง.....	50
ก-1.2 ปริมาณของเชื้อเพลิงเหลวที่ได้จากการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 200–500 °C อัตราการไหลของก๊าซในโตรเจน 0.45 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง.....	50
ก-1.3 ปริมาณของเชื้อเพลิงเหลวที่ได้จากการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 200–500 °C อัตราการไหลของก๊าซในโตรเจน 0.75 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง.....	51
ก-1.4 ปริมาณของเชื้อเพลิงเหลวที่ได้จากการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 200–500 °C อัตราการไหลของก๊าซในโตรเจน 1.0 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง.....	51

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ก-1.5 ปริมาณของเชื้อเพลิงเหลวที่ได้จากการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 350 °C	
อัตราการไหลของก๊าซไนโตรเจน 0.45 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 1, 2 และ 3 ชั่วโมง.....	51
ก-1.6 ปริมาณของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วที่เหลือจากการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 350 °C	
อัตราการไหลของก๊าซไนโตรเจน 0.1 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 1, 2 และ 3 ชั่วโมง.....	52
ก-1.7 ปริมาณของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วที่เหลือจากการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 350 °C	
อัตราการไหลของก๊าซไนโตรเจน 0.45 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 1, 2 และ 3 ชั่วโมง.....	52
ก-1.8 ปริมาณของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วที่เหลือจากการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 350 °C	
อัตราการไหลของก๊าซไนโตรเจน 0.75 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 1, 2 และ 3 ชั่วโมง.....	52
ก-1.9 ปริมาณของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วที่เหลือจากการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 350 °C	
อัตราการไหลของก๊าซไนโตรเจน 1.0 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 1, 2 และ 3 ชั่วโมง.....	53
ก-1.10 ปริมาณของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วที่เหลือจากการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 350 °C	
อัตราการไหลของก๊าซ 0.45 ลิตรต่อนาทีเป็นเวลา 2 ชั่วโมง.....	53
ก-2.1 องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงเหลวที่ได้วิเคราะห์โดยใช้ GC-MS.....	54
ก-2.2 องค์ประกอบของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ววิเคราะห์โดยใช้ GC-MS.....	57
ข-1 ข้อมูลทางสถิติของปริมาตรเชื้อเพลิงเหลวที่ได้จากการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ	
200, 300, 350, 400, 500 °C และอัตราการไหลของก๊าซไนโตรเจนที่	
0.1, 0.45, 0.75, 1.0 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง.....	60
ข-2 ข้อมูลทางสถิติของปริมาตรเชื้อเพลิงเหลวที่ได้จากการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 350 °C	
และอัตราการไหลของก๊าซไนโตรเจน 0.45 ลิตรต่อนาที ที่เวลา 1, 2 และ 3 ชั่วโมง.....	61
ข-3 ข้อมูลทางสถิติของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วที่เหลือจากการไพโรไลซิสอุณหภูมิ 350 °C	
และอัตราการไหลของก๊าซไนโตรเจน 0.45 ลิตรต่อนาที ที่เวลา 1, 2 และ 3 ชั่วโมง.....	62

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ขั้นตอนการกลั่นน้ำมันดิบ	5
2.2 กระบวนการผลิตน้ำมันหล่อลื่น	6
2.3 API Oil Service Ratings	9
2.4 กระบวนการจัดการน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วภาพรวม	14
2.5 กระบวนการไพโรไลซิส	15
2.6 ผลิตภัณฑ์ต่างๆที่เกิดจากการเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่นเป็นน้ำมัน โดยกระบวนการไพโรไลซิส	15
2.7 เครื่องปฏิกรณ์แบบเบดคงที่แสดงในระบบแบบกึ่งต่อเนื่อง	18
2.8 เครื่องปฏิกรณ์แบบถ่วงวน	19
2.9 เครื่องปฏิกรณ์แบบท่อไหล	19
2.10 เครื่องปฏิกรณ์แบบฟลูอิดไรซ์แบบฟองก๊าซ	20
2.11 เครื่องปฏิกรณ์แบบฟลูอิดไรซ์แบบไหลเวียน	21
2.12 เครื่องปฏิกรณ์แบบเครื่องอัดรีดแบบเตาหมุน	21
3.1 ตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว	25
3.2 แผนภูมิขั้นตอนการทดลอง	26
3.3 ระบบการไพโรไลซิสต้นแบบ	27
4.1 ถังปฏิกรณ์ไพโรไลซิสแบบถ่วงวนต้นแบบ	32
4.2 การแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วโดยใช้ TGA	33
4.3 ปริมาตรของเชื้อเพลิงเหลวที่ได้ (ก) และน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วที่เหลือ (ข) จากการไพโรไลซิสแปรค่าอุณหภูมิที่ 200, 300, 350, 400 และ 500 °C และ อัตราการไหลของก๊าซในโตรเจน 0.1, 0.45, 0.75, 1.0 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง	34
4.4 ปริมาตรของเชื้อเพลิงเหลวที่ได้ (ก) และน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วที่เหลือ (ข) จาก การไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 350 °C และอัตราการไหลของก๊าซในโตรเจน 0.45 ลิตรต่อนาที แปรค่าเวลาในการไพโรไลซิสที่ 1, 2, 3 ชั่วโมง	36

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.5 โครมาโตแกรมของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว (ก) และผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงเหลวที่ได้ (ข) จากการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 350 °C และอัตราการไหลของก๊าซไนโตรเจน 0.45 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง	37
4.6 ความสัมพันธ์ระหว่าง % ของพื้นที่ใต้กราฟกับจำนวนของคาร์บอนใน องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว (ก) และเชื้อเพลิงเหลวที่ได้ (ข) จากกระบวนการไพโรไลซิส	40