สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

สมรรถนะและความทนทานของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กเมื่อใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมหรือไบโอดีเซล

Performance and Durability of a Small Diesel Engine Using Blended Crude Palm Oil or Biodiesel

T095173

โดย

นายธีรพงษ์ ตราประสาน

นายสุรศักดิ์ อัมนักมณี

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร. จินดา เจริญพรพาณิชย์

วศ.
ธ631ส
2549

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 95173
วัน,เดือน,ปี 21 พ.ค. 2552

b.19094405
i.....

ปริญญานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2549

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง สมรรถนะ และความทนทานของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กเมื่อใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมหรือไบโอดีเซล

Performance and Durability of a Small Diesel Engine Using Blended Crude Palm Oil or Biodiesel

ผู้จัดทำ

1. นายธีรพงษ์ ตราประสาน รหัสประจำตัว 46015399
2. นายสุรศักดิ์ อัมนักมณี รหัสประจำตัว 46015428

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร. จินดา เจริญพรพาณิชย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมรรถนะ และความทนทานของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก เมื่อใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมหรือไบโอดีเซล

นายธีรพงษ์ ตราประสาน 46015399
นายสุรศักดิ์ อัมนักมณี 46015428
ผศ.ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์
อาจารย์ที่ปรึกษา ปีการศึกษา 2549

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอถึงการทดสอบเครื่องยนต์เล็กดีเซลสูบเดียวเพื่อการเกษตร โดยใช้น้ำมันปาล์ม 30% ผสมน้ำมันดีเซล 70% โดยปริมาตร และน้ำมันไบโอดีเซล เพื่อศึกษาทางด้านสมรรถนะ และผลกระทบที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนของเครื่องยนต์หลังผ่านการใช้งานตามระยะเวลาที่กำหนด ส่วนแรกเป็นการทดสอบสมรรถนะเพื่อเปรียบเทียบ กำลัง, แรงบิด, อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง, ความเข้มควันดำ, อุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดที่ภาระโหลด (BMEP) 300, 400, 500 และ 600 kPa จากนั้นจะเป็นส่วนของการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์จากการใช้งานอย่างต่อเนื่อง ภายใต้ภาระโหลด 600 kPa เป็นระยะเวลา 500 ชั่วโมง จากผลทดสอบสมรรถนะก่อนการทดสอบระยะยาวโดยเปรียบเทียบน้ำมันทั้งสองชนิดกับน้ำมันดีเซล ที่ภาระ 600 kPa และความเร็วรอบ 2200 rpm พบว่าน้ำมันไบโอดีเซลให้กำลังสูงกว่าน้ำมันดีเซล 7.20% ส่วนน้ำมันปาล์มดิบผสมให้กำลังสูงกว่า 1.75% อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของน้ำมันไบโอดีเซลสูงกว่าน้ำมันดีเซล 2.76% และน้ำมันปาล์มดิบผสมสิ้นเปลืองสูงกว่า 4.19%, อุณหภูมิไอเสียของไบโอดีเซลสูงกว่าน้ำมันดีเซล 8.32% และน้ำมันปาล์มดิบผสมสูงกว่าน้ำมันดีเซล 48.82%, ค่าความเข้มควันดำของน้ำมันดีเซลมีค่าสูงที่สุด อุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่นของน้ำมันเชื้อเพลิงทั้งสามชนิดมีค่าไม่แตกต่างกัน ผลการทดสอบภายหลังการทดสอบระยะยาวที่สภาวะเดียวกัน พบว่าน้ำมันเชื้อเพลิงปาล์มดิบผสมมีกำลังต่ำกว่าไบโอดีเซลเท่ากับ 4.90% แรงบิดต่ำกว่า 5.93% มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่สูงกว่า 2.17 % ค่าอุณหภูมิไอเสีย และค่าความเข้มของควันดำมีค่าไม่แตกต่างกัน ทางด้านผลกระทบที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงปาล์มดิบผสม มีคราบเขม่าหนาเกาะที่ฝาสูบ และหัวลูกสูบมากกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล ส่วนการสึกหรอของชิ้นส่วนต่าง ๆ ไม่แตกต่างกัน จากการสุ่มตัวอย่างน้ำมันเครื่องไปตรวจ พบว่าปริมาณเขม่าที่เกิดจากการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงปาล์มดิบผสม มีค่าสูงกว่า 23.23%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Performance and Durability of a Small Diesel Engine

Using Blended Crude Palm Oil or Biodiesel

Teeraphong Traprasarn 46015399

Surasak Amnakmanee 46015428

Asst.Prof.Dr.Chinda Charoenphonphanich

Abstract

This research presents the performance and durability test of small diesel engine using diesel fuel 70% blended with crude palm oil 30% and biodiesel. First section is the comparison of power, torque, specific fuel consumption, smoke density, the temperature of exhaust gas of engine on engine dynamometer at BMEP of 300, 400, 500 and 600 kPa. After that the durability test of an engine was done at full load (600 kPa BMEP) for 500 hours. From the results of performance test at BMEP 600 kPa, 2200 rpm, it is found that power of biodiesel is more than that of diesel 7.20% and 1.75% for blended with crude palm oil 30%, specific fuel consumption of biodiesel is greater than diesel 2.76% and 4.19% for blended with crude palm oil, temperature of exhaust gas is 8.32% and 48.82% higher, smoke density of diesel is highest, oil temperature is approximately same. After 500 hours durability test, the power in case of blended crude palm oil is less than biodiesel 4.90%, torque decreased 5.93%, specific fuel consumption of blended crude palm oil is 2.17% higher, temperature of exhaust gas and smoke density is approximately same. The effect on engine parts is carbon deposit at cylinder head and piston with blended crude palm oil . The carbon deposit for engine using blended crude palm oil is greater than the engine using biodiesel fuel, and a little worn out of engine parts, and for engine oil analysis, we found soot in the blended crude palm oil is 23.23% greater than biodiesel.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษาประจำโครงงานชิ้นนี้ คือ ผศ.ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์ ที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะในการแก้ปัญหา ตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณพี่โอม, เพื่อน ๆ ME 48 และเพื่อน ๆ ME 49 ทุกคนที่คอยให้คำแนะนำ เป็นกำลังใจ และช่วยเหลือขณะทำการทดลอง

ขอขอบคุณพี่ภักดี และพี่หวัง บริษัทยันม่าร์เอส พี ประเทศไทย จำกัด ที่ให้การสนับสนุนเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบโดยใช้น้ำมันพืชผสม และไบโอดีเซล

สำหรับคุณประโยชน์และคุณงามความดีที่เกิดจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดา มารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ให้แก่ข้าพเจ้า

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญรูป.....VIII

สารบัญตาราง.....X

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....1

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....2

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....2

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....2

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....3

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....3

บทที่ 3 ทฤษฎีพื้นฐาน.....8

3.1 ไบโอดีเซล.....8

3.1.1 ไบโอดีเซล แบบน้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์.....8

3.1.2 ไบโอดีเซล แบบลูกผสม.....8

3.1.3 ไบโอดีเซล แบบเอสเทอร์.....8

3.2 ข้อดี ข้อเสียของไบโอดีเซล.....9

3.2.1 ไบโอดีเซล แบบน้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์.....9

3.2.2 ไบโอดีเซล แบบลูกผสม.....9

3.2.3 ไบโอดีเซล แบบเอสเทอร์.....9

3.3 น้ำมันปาล์ม.....9

3.3.1 สารเจือปนที่พบในน้ำมันปาล์ม.....10

3.4 คุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง.....11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4.1 ค่าความหนาแน่น (g/cm³).....11
3.4.2 ค่าความถ่วงจำเพาะ.....11
3.4.3 ค่าความร้อนจำเพาะ.....11
3.4.4 ค่าความร้อนแฝง.....12
3.4.5 จุดเดือด.....12
3.4.6 จุดวาบไฟ.....12
3.4.7 จุดติดไฟ.....13
3.4.8 เลขซีเทน.....13
3.4.9 ค่าความหนืด.....14
3.4.10อะโรมาติก.....15
3.4.11ปริมาณน้ำ และตะกอน.....15
3.5 หลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล.....15
3.5.1 หลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล.....15
3.5.2 ลักษณะของห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์จุดระเบิดแบบอัดชนิด IDI.....16
3.5.3 การทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ.....17
3.5.4 ระบบเชื้อเพลิง.....17
3.6 ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ดีเซล และปัญหาที่เกี่ยวข้องกับน้ำมันเชื้อเพลิง.....18
3.6.1 ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ดีเซล.....18
3.6.2 ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ใช้กำหนดประสิทธิภาพของเครื่องยนต์.....19
3.6.3 ปัจจัยที่สำคัญสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล.....20
3.7 สารหล่อลื่น.....21
3.8 ปริมาณ และการเกิดมลพิษไอเสียในเครื่องยนต์ดีเซล.....22
3.8.1 เขม่า.....22
3.8.2 ไนโตรเจนออกไซด์.....23
3.8.3 คาร์บอนมอนน็อกไซด์.....23
3.8.4 คาร์บอนไดออกไซด์.....24
3.8.5 ไฮโดรคาร์บอน.....24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.8.4 คาร์บอนไดออกไซด์....24
3.8.5 ไฮโดรคาร์บอน....24
3.8.6 ซัลเฟอร์ไดออกไซด์....24
3.9 การเสื่อมสภาพของเครื่องจักร....24
3.9.1 ประเภทของการเสื่อมสภาพ....25
3.9.2 การจำแนกกลไกการสึกหรอ....27
3.10การปนเปื้อน และการเสื่อมสภาพของน้ำมันหล่อลื่น....30
3.10.1การปนเปื้อนของน้ำมันหล่อลื่น....30
3.10.2การเสื่อมสภาพของน้ำมันหล่อลื่น....31

บทที่ 4 อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง....32
4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง....32
4.1.1 เครื่องยนต์....32
4.1.2 ไดนาโมมิเตอร์ ชนิด Eddy Current....33
4.1.3 เครื่องวัดความเข้มของไอเสีย....34
4.1.4 ชุดวัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง....35
4.1.5 เครื่องวัดอุณหภูมิไอเสีย และอุณหภูมิของน้ำมันเครื่อง....35
4.1.6 แท่นทดสอบชนิดใบพัด สำหรับสร้างภาระจำลองให้เครื่องยนต์....36
4.1.7 น้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับใช้ทดลอง....37
4.1.8 แผนผังอุปกรณ์ และการติดตั้ง....37
4.2 ขั้นตอนการทดลอง....38
4.2.1 การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์....38
4.2.2 การทดสอบผลกระทบที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนของเครื่องยนต์....39

บทที่ 5 ผลการทดลอง และการวิเคราะห์ผล....40
5.1 ผลการทดลองที่ได้จากการทดสอบสมรรถนะ....40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.1.1 ผลการทดลองเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างน้ำมันทั้งสามชนิดก่อนการทดลองระยะยาว.....40
5.1.2 ผลการทดลองเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างน้ำมันทั้งสองชนิดหลังการทดลองระยะยาว.....45
5.2 ผลการทดลองด้านผลกระทบที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนของเครื่องยนต์.....51
5.2.1 ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง.....51
5.2.2 ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องยนต์.....53
5.2.3 ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับน้ำมันเครื่อง.....59

บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ.....62
6.1 สรุปผลการทดลองในด้านของสมรรถนะของเครื่องยนต์.....62
6.2 สรุปผลการทดลองในด้านของผลกระทบที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนของเครื่องยนต์.....64
6.3 ข้อเสนอแนะ.....64

ภาคผนวก.....65
บรรณานุกรม.....82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

3.1 ลักษณะห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ชนิด IDI แบบมีห้องเผาไหม้ช่วย....16
3.2 แสดงระบบเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์....18
3.3 แสดงการเสื่อมสภาพตามเวลา....25
3.4 แสดงการเสื่อมสภาพที่ไม่ขึ้นกับเวลา....26
3.5 แสดงกลการสึกหรอแบบต่าง ๆ....26
3.6 แสดงพื้นผิวที่แท้จริงในระดับจุลภาค....27
3.7 แสดงลักษณะการสึกหรอแบบยึดติด....28
3.8 แสดงลักษณะการสึกหรอแบบขูดขีด....29
3.9 แสดงลักษณะการสึกหรอแบบล้าตัว....29
4.1 เครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก แบบ 1 สูบ Yanmar TF - 85 LM....32
4.2 ไดนาโมมิเตอร์ที่ใช้ทดสอบ ชนิด Eddy Current....33
4.3 อุปกรณ์สำหรับตรวจวัดความเข้มไอเสีย และกระดาษที่ใช้ตรวจวัด....34
4.4 อุปกรณ์วัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง....35
4.5 เครื่องวัดอุณหภูมิไอเสีย และอุณหภูมิของน้ำมันเครื่อง....36
4.6 แท่นทดสอบชนิดใบพัด....36
4.7 แสดงน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบ....37
4.8 แผนผังอุปกรณ์ และการติดตั้งสำหรับการทดสอบ....38
5.1 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ....40
5.2 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของไอเสีย....41
5.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเข้มของไอเสียที่ภาระ และโหลดต่าง ๆ....42
5.4 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของน้ำมันเครื่อง....43
5.5 แสดงการเปรียบเทียบกำลังของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ....43
5.6 แสดงการเปรียบเทียบแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ....44
5.7 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะก่อน และหลังผ่านการทดสอบที่ความเร็วรอบต่าง ๆ....45
5.8 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะก่อน และหลังผ่านการทดสอบตามภาระที่กำหนดให้....45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

5.9 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิไอเสียก่อน และหลังผ่านการทดสอบที่ความเร็วรอบต่าง ๆ....46
5.10 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิไอเสียก่อน และหลังผ่านการทดสอบตามภาระที่กำหนดให้...47
5.11 แสดงการเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นควันดำก่อน และหลังผ่านการทดสอบ ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ....48
5.12 แสดงการเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นควันดำก่อน และหลังผ่านการทดสอบ ตามภาระที่กำหนดให้....48
5.13 แสดงการเปรียบเทียบกำลังของเครื่องยนต์ก่อน และหลังผ่านการทดสอบ ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ....49
5.14 แสดงการเปรียบเทียบแรงบิดของเครื่องยนต์ก่อน และหลังผ่านการทดสอบ ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ....49
5.15 แสดงการเปรียบเทียบหัวฉีดที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล....51
5.16 แสดงการเปรียบเทียบหัวฉีดที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสม....52
5.17 แสดงภาพถ่ายเปรียบเทียบปากกระบอกสูบของเครื่องยนต์ภายหลังผ่านการใช้งาน....53
5.18 แสดงภาพถ่ายเปรียบเทียบฝาสูบของเครื่องยนต์ภายหลังผ่านการใช้งาน....54
5.19 แสดงภาพถ่ายเปรียบเทียบกระบอกสูบของเครื่องยนต์ภายหลังผ่านการใช้งาน....55
5.20 แสดงภาพถ่ายเปรียบเทียบลูกสูบของเครื่องยนต์ภายหลังผ่านการใช้งาน....56
5.21 แสดงภาพถ่ายเปรียบเทียบลูกปั๊มของเครื่องยนต์ภายหลังผ่านการใช้งาน....57
5.22 แสดงค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นที่ 40 องศาเซลเซียส ตามชั่วโมงการทำงาน....59
5.23 แสดงค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นที่ 100 องศาเซลเซียส ตามชั่วโมงการทำงาน....59
5.24 แสดงเปอร์เซนต์การปนเปื้อนของน้ำในน้ำมันหล่อลื่น ตามชั่วโมงการทำงาน....60
5.25 แสดงเปอร์เซนต์การปนเปื้อนของเขม่าในน้ำมันหล่อลื่น ตามชั่วโมงการทำงาน....60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

3.1 คุณลักษณะของน้ำมันปาล์มดิบ.....10
4.1 ข้อมูลของเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดลอง.....33
4.2 แสดงเงื่อนไขที่ใช้ในการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์.....38
5.1 แสดงปริมาณโลหะหนักในน้ำมันเครื่องของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสม ตามชั่วโมงการทำงาน (Part Per Million).....61
5.2 แสดงปริมาณโลหะหนักในน้ำมันเครื่องของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล ตามชั่วโมงการทำงาน (Part Per Million).....61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากวิกฤตการณ์น้ำมันแพงที่เกิดในปัจจุบัน หลายประเทศให้ความสนใจในการหาเชื้อเพลิงมาทดแทน รวมทั้งประเทศไทยได้มีการทดลองนำเอาผลผลิตทางการเกษตรหลายชนิดมาศึกษาวิจัยถึงความเป็นไปได้ที่จะนำเอามาทำเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง เช่น น้ำมันปาล์ม, น้ำมันมะพร้าว, น้ำมันจากถั่วลิสง และเมล็ดสบู่ดำ ครั้งแรกในปี พ.ศ. 2544 ได้นำน้ำมันจากเมล็ดถั่วลิสงมาทดลองเดินเครื่องยนต์ดีเซล โดยไม่มีการปรับแต่งเครื่องยนต์แต่อย่างใด ผลปรากฏว่าเครื่องยนต์ติดยาก, ดับง่าย, การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ และมีควันดำมาก จากการวิเคราะห์พบว่า น้ำมันจากเมล็ดถั่วลิสงนั้นมีความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซลมาก จึงทำให้หัวฉีดพ่นน้ำมันออกมาเป็นฝอยละเอียดได้ไม่ดี และเมื่อนำเครื่องยนต์ไปทดสอบสมรรถนะในระยะเวลาสั้น ๆ พบว่าให้กำลังที่ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล หลังจากนั้นได้ตรวจสภาพชิ้นส่วนภายในพบว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันจากเมล็ดถั่วลิสงมีคราบเขม่าจับที่หัวลูกสูบและวาล์วมาก และยังพบตะกรันขาวตกอยู่ในถังเชื้อเพลิงเป็นจำนวนมาก ต่อมาได้มีการแก้ปัญหาเรื่องความหนืดของน้ำมัน โดยการผสมกันระหว่างน้ำมันถั่วลิสงกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 40 ต่อ 60 และส่วนผสมระหว่างน้ำมันถั่วลิสงกับน้ำมันก๊าดในอัตราส่วน 50 ต่อ 50 เพื่อให้มีความหนืดที่ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล ผลการศึกษาค่าสมรรถนะของเครื่องยนต์หลังจากผสมแล้วปรากฏว่าใช้งานได้ดีกว่าเดิม สามารถติดเครื่องยนต์ได้ง่ายขึ้น, การเผาไหม้มีความสมบูรณ์ขึ้น นอกจากนั้นยังได้มีการทดลองกับน้ำมันชนิดอื่น ๆ อีก ได้แก่ น้ำมันปาล์ม และน้ำมันมะพร้าว ในบทนี้จะขอยกตัวอย่างการศึกษาวิจัยที่ผ่านมา ที่มีความเกี่ยวข้องกับการทดลองครั้งนี้

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Shaheed and Swain (1999) [7] ได้ทำการวิเคราะห์ก๊าซมลพิษและควันดำจากไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้เชื้อเพลิง 3 ชนิด คือ น้ำมันมะพร้าว, เมทิลเอสเทอร์ของน้ำมันมะพร้าว และน้ำมันดีเซล โดยก๊าซมลพิษที่ทำการศึกษาวิจัยในครั้งนี้คือ คาร์บอนมอนออกไซด์, คาร์บอนไดออกไซด์, ไฮโดรคาร์บอน, ไนโตรเจนออกไซด์ และค่าควันดำ ผลการศึกษาพบว่า ค่ามลพิษและควันดำจากไอเสียของเครื่องยนต์ที่ใช้เมทิลเอสเทอร์ของน้ำมันมะพร้าว จะให้ค่าต่ำที่สุดในทุกๆ ความเร็วที่ทดสอบ โดยน้ำมันมะพร้าวจะปล่อยคาร์บอนมอนออกไซด์, ไฮโดรคาร์บอน และควันดำสูงกว่า ยกเว้น ไนโตรเจนออกไซด์จะน้อยกว่าการใช้น้ำมันดีเซล เนื่องจากน้ำมันมะพร้าวมีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซลถึง 6 เท่าด้วยกัน และมีจำนวนธาตุคาร์บอนที่เป็นองค์ประกอบสูงกว่า อาจเป็นสาเหตุให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ได้

Canaki and Gerpen (2001) [4] ศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์และมลพิษที่เกิดขึ้นจากไบโอดีเซลที่ผลิตขึ้นจากน้ำมันที่มีกรดไขมันอิสระสูงที่ได้จากไขมันวัว ที่มีค่ากรดไขมันอิสระประมาณ 9% และที่ได้จากน้ำมันถั่วเหลือง โดยเชื้อเพลิงในการทดสอบ คือ เมทิลเอสเทอร์จากกรดไขมันอิสระของน้ำมันถั่วเหลืองความเข้มข้น 100% เมทิลเอสเทอร์จากกรดไขมันอิสระของไขมันวัวที่ความเข้มข้น 100 % และเมทิลเอสเทอร์จากกรดไขมันอิสระของน้ำมันถั่วเหลืองที่ผสมน้ำมันดีเซลที่ความเข้มข้น 20% เมทิลเอสเทอร์จากกรดไขมันอิสระของไขมันวัวผสมน้ำมันดีเซลที่ความเข้มข้น 20% และทำการเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซล โดยการทดสอบใช้ความเร็วรอบ 1400 รอบต่อนาที และกำลังเครื่องยนต์ 258 นิวตันต่อเมตร พบว่าไอเสียของเครื่องยนต์ที่ใช้ไบโอดีเซลมีปริมาณมลพิษน้อยกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล เช่น ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ ที่วัดจากไอเสียของเครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบไบโอดีเซลทุกชนิด มีค่าน้อยกว่าน้ำมันดีเซล โดยที่ปริมาณคาร์บอนมอนออกไซด์ของเมทิลเอสเทอร์จากกรดไขมันอิสระ มีค่าลดลง 18.2% และเมทิลเอสเทอร์จากไขมันวัวมีค่าลดลง 17.8% ส่วนปริมาณไฮโดรคาร์บอนที่ได้มีค่าน้อยกว่าน้ำมันดีเซลเช่นกันโดยที่ไฮโดรคาร์บอนจาก เมทิลเอสเทอร์จากไขมันวัวลดลงมากที่สุดคือ 46.3% ในขณะที่ เมทิลเอสเทอร์จากกรดไขมันอิสระของน้ำมันถั่วเหลืองมีค่าลดลง 42.5% และไฮโดรคาร์บอนของน้ำมันผสมมีค่าลดลง 3.1% และ 2.3% ตามลำดับ ในส่วนของคาร์บอนไดออกไซด์ค่าที่ได้จะมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล โดยเมทิลเอสเทอร์จากกรดไขมันอิสระของน้ำมันถั่วเหลือง และเมทิลเอสเทอร์จากกรดไขมันอิสระของไขมันวัวมีค่าเพิ่มขึ้น 1.8% และ 1.2% ตามลำดับ และไนโตรเจนออกไซด์ ก็มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซลเช่นกัน โดยที่เมทิลเอสเทอร์จากกรดไขมันอิสระของน้ำมันถั่วเหลือง และเมทิลเอสเทอร์จากกรดไขมันอิสระของไขมันวัว มีค่าเพิ่มขึ้น 13.1% และ 11.6%

Bari ET AL. (2002) [1],[2] ได้ทำการศึกษาเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมโดยการอุ่นด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันปัญหาการอุดตันของระบบจ่ายน้ำมัน พบว่าการอุ่นน้ำมันดังกล่าวไม่ได้ทำให้เกิดผลกระทบต่อระบบน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ และไม่ได้ทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ดีขึ้นกว่าเดิม ทำได้เพียงช่วยให้น้ำมันในระบบไหลดีขึ้นเมื่อทำการอุ่นน้ำมันที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสขึ้นไป และไม่ควรเกิน 97 องศาเซลเซียส และได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมน้ำมันปาล์มดิบอุ่นที่อุณหภูมิ 92 องศาเซลเซียส โดยการเดินเครื่องยนต์เป็นเวลา 500 ชั่วโมง พบว่า หลังการทดสอบค่ากำลังสูงสุดของเครื่องยนต์ลดลงไปถึง 20% และค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นถึง 26% และเมื่อถอดเครื่องยนต์ออกพบว่า มีคาร์บอนเกาะอยู่ในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์เป็นจำนวนมาก เกิดคราบคาร์บอนที่วาล์วไอดีและวาล์วไอเสีย และพบการสึกหรอที่เกิดขึ้นกับแหวนของลูกสูบอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Jones and Charles (2004) [5] ได้ศึกษาเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันพืชแทนน้ำมันดีเซล พบว่า ในการเผาไหม้ของเครื่องยนต์เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ เกิดเขม่าและคราบทำให้หัวฉีดเกิดการอุดตัน แหวนลูกสูบติดเนื่องมาจากคราบและไข หลังวาล์วและบ่าวาล์ว มีปริมาณคาร์บอนตกค้างเป็นจำนวนมากทำให้เกิดปัญหาวาล์วรั่วส่งผลให้กำลังอัดของกำลังเครื่องยนต์ลดลง และยังเกิดปัญหาคราบน้ำมันพืชที่เกิดการออกซิเดชันทำให้เกิดความเสียหายกับเครื่องยนต์ จึงได้ทำการผสมน้ำมันพืชกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนที่ไม่เกิน 20% สามารถนำมาใช้งานในเครื่องยนต์ได้โดยไม่เกิดปัญหาระหว่างการทดสอบที่ระยะเวลานาน

Ramadhas (2005) [6] ศึกษาการนำน้ำมันจากเมล็ดยางพาราบริสุทธิ์มาผลิตไบโอดีเซล ด้วยวิธีทรานเอสเทอริฟิเคชันแบบ 2 ขั้นตอน และทำการสังเกตการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล และค่าปริมาณมลพิษไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซล ในขั้นตอนการทำไบโอดีเซล 2 ขั้นตอน ได้ใช้กรดซัลฟิวริกปริมาณ 1% โดยปริมาตร เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาก่อนแล้วตามด้วย เบสโซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 1.5% โดยปริมาตร อัตราส่วนของ เมทานอล 1 ส่วนต่อน้ำมันเมล็ดยางพาราบริสุทธิ์ 3 ส่วน ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 40 - 50 องศาเซลเซียส แล้วนำไบโอดีเซลที่ได้มาผสมในน้ำมันดีเซล ในความเข้มข้น 10%, 20%, 50%, 75% และ 100% พบว่า เมื่อความเข้มข้นของไบโอดีเซลเพิ่มขึ้น ค่าซัลไฟด์ไอเสียของเครื่องยนต์ดังกล่าวจะต่ำลง และปริมาณการใช้เชื้อเพลิงก็ลดลงด้วย แต่ประสิทธิภาพของกำลังเบรกเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของไบโอดีเซลที่เพิ่มขึ้น ผลการทดลองพบว่าไบโอดีเซลผสม 10% ให้ค่าประสิทธิภาพความร้อนเบรกสูงสุดที่ 28%

กุณฑล ทองศรี (2545) [8] ศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กและคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงอัตราส่วนผสมระหว่างไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์กับน้ำมันดีเซล 10, 20, 30, 40 และ 50% และน้ำมันดีเซล 100% โดยใช้ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 2,000, 2,500, 3,000 และ 3,500 รอบต่อนาที ทดสอบในสภาวะเครื่องยนต์ที่มีภาระบรรทุก พบว่าอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมระหว่างน้ำมันดีเซลกับไขมันปาล์มบริสุทธิ์ คือ 20% มีค่าสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีกว่าอัตราส่วนผสมอื่นๆ โดยพิจารณาที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 2,500 รอบต่อนาที จะได้แรงบิดของเครื่องยนต์ 14.5 นิวตันเมตร อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 2,839 กรัมต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง และกำลังเครื่องยนต์ 3.79 กิโลวัตต์ และตัวแปรที่มีผลกระทบต่อการใช้เชื้อเพลิงผสม คือความข้นใส และความถ่วงจำเพาะ

พิชญ์ ปริญญาจารย์ (2546) [12] ศึกษาผลกระทบจากการใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลต่อเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก ชนิดห้องเผาไหม้ล่วงหน้าแบบหมุนวน โดยแบ่งงานวิจัยเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนแรกทำการทดสอบเพื่อหาส่วนผสมที่เหมาะสม ระหว่างน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันดีเซลพบว่าส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดอยู่ที่น้ำมันปาล์มดิบ 10% ซึ่งผ่านการอุ่นให้มีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ผสมกับน้ำมันดีเซล 90% ส่วนที่สองทำการทดสอบเครื่องยนต์บนแท่นทดสอบที่สภาวะคงตัวที่ความเร็วรอบคงที่ ระหว่างจากการใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลและน้ำมันดีเซล ทั้งที่สภาวะเต็มกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และที่สภาวะภาระบางส่วน ผลการทดสอบที่ได้ เมื่อนำมาปรับค่าเทียบกับอุณหภูมิ และความดันบรรยากาศมาตรฐาน พบว่า ผลการทดสอบที่สภาวะเต็มกำลังแรงบิดเบรกของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มผสมดีเซล มีค่าต่ำกว่าดีเซลเล็กน้อย ค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ และค่าอุณหภูมิไอเสียที่ได้จากการใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลมีค่าสูงกว่าการใช้น้ำมันดีเซล ค่าควันดำมีค่าใกล้เคียงกันที่ช่วงความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ แต่ช่วงความเร็วรอบสูงน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลมีค่าสูงกว่าน้ำมันดีเซล และพบว่ามีผลคล้ายกันในสภาวะภาระบางส่วน ในส่วนที่สาม ได้ทำการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ โดยการใช้งานเครื่องยนต์ต่อเนื่องภายใต้ภาระจำลองเป็นเวลา 320 ชั่วโมง พบว่าสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลหลังผ่านการทดสอบความทนทาน มีแรงบิดเบรกที่ลดลงอย่างชัดเจน ค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ มีค่าสูงขึ้นเล็กน้อย ค่าควันดำมีค่าสูงขึ้นตามอายุการใช้งาน ผลการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นมีค่าเกินระดับการเตือนขั้นวิกฤตในชั่วโมงที่ 100 และ 110 พบปริมาณโลหะตกค้างในน้ำมันหล่อลื่นสูงกว่า และพบว่าสภาพการสึกหรอในแบริ่งก้านสูบ ปริมาณเขม่าจับตัวหนาที่ปลายหัวฉีด คราบตะกอนสีแดงที่ฝาสูบในเครื่องยนต์ และมีปริมาณตะกอนในไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิงในปริมาณที่มากกว่าอีกด้วย

วัสสวรรษ นิโรภาส และคณะ (2547) [16] ศึกษาสมรรถนะเครื่องยนต์ และการสึกหรอจากการใช้น้ำมันพืช 3 ชนิด ได้แก่ น้ำมันปาล์มดิบ, น้ำมันมะพร้าวดิบ และน้ำมันสบู่ดำดิบ ผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 10%, 20% และ 30% เมื่อนำมาใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลที่ภาระบรรทุก 200, 400 และ 600 กิโลปาสคาล พบว่า อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง, ค่าอุณหภูมิไอเสียของน้ำมันพืชผสมที่ทุกภาระและความเร็วรอบของเครื่องยนต์ มีค่ามากกว่าน้ำมันดีเซลและเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนที่เพิ่มมากขึ้นของน้ำมันพืช จากการทดลองที่ความเร็วรอบ 2,200 รอบต่อนาที ที่ภาระโหลด 600 กิโลปาสคาล จะได้ค่าเปรียบเทียบกับน้ำมันมะพร้าวผสม น้ำมันปาล์มผสม และน้ำมันสบู่ดำผสม 30% โดยปริมาตร คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงได้ 9.4%, 7%, 4.2% ตามลำดับ และค่าอุณหภูมิไอเสียได้ 4.9%, 6.5% และ 9.4% ตามลำดับ ในด้านกำลังของเครื่องยนต์น้ำมันพืชผสมและน้ำมันดีเซลมีค่าใกล้เคียงกันมาก คือ ดีเซลให้กำลัง 6.33 กิโลวัตต์ และค่าเฉลี่ยของกำลังของน้ำมันพืชผสม 6.2 กิโลวัตต์ ส่วนค่าเปอร์เซ็นต์ควันดำที่ทุกภาระและความเร็วรอบของเครื่องยนต์มีค่าน้อยกว่าน้ำมันดีเซล และลดลงตามอัตราส่วนที่เพิ่มมากขึ้นของน้ำมันพืช จากการทดลองที่ความเร็วรอบ 2,200 รอบต่อนาที ที่ภาระโหลด 600 กิโลปาสคาล จะได้ค่าเปรียบเทียบกับน้ำมันมะพร้าวผสม น้ำมันปาล์มผสม และน้ำมันสบู่ดำผสม 30% โดยปริมาตรคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ควันดำได้ 27%, 7.7%, 21.1% ตามลำดับ จากการหาความสึกหรอของเครื่องยนต์ โดยจากค่าที่วัดชิ้นส่วนต่างๆ จะมีค่าการสึกหรอเกิดขึ้นไม่แตกต่างกันมากนัก แต่เมื่อนำน้ำมันเครื่องที่ใช้ไปหาปริมาณเหล็ก พบว่า น้ำมันเครื่องที่ใช้น้ำมันดีเซลมีปริมาณเหล็กมากกว่าในน้ำมันเครื่องที่ใช้น้ำมันพืชผสม แสดงว่าการใช้น้ำมันพืชผสมมีการสึกหรอน้อยกว่าการใช้น้ำมันดีเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มานพ ปลื้มยุทธ์ (2547) [14] ศึกษาคุณสมบัติของเมทิลเอสเทอร์จากน้ำมันปาล์มที่ใช้แล้ว และนำมาทดสอบเครื่องยนต์ดีเซล โดยใช้ปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันแบบ 2 ขั้นตอน ซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงน้ำมันดีเซล และนำเมทิลเอสเทอร์ที่ได้มาทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลโดยศึกษาการใช้เมทิลเอสเทอร์โดยตรง 100 % และศึกษาอัตราส่วนผสมระหว่างเมทิลเอสเทอร์กับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 80 ต่อ 20, 50 ต่อ 50 และ 20 ต่อ 80 เทียบกับน้ำมันดีเซล 100 % นำมาทดสอบเครื่องยนต์เพื่อศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์ เช่น แรงบิด, ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง, กำลังเบรก และมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์, ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์, ไฮโดรคาร์บอน, ซัลเฟอร์ออกไซด์ และปริมาณควันดำ โดยทดสอบกับเครื่องยนต์ยันมาร์ โดยทดสอบที่ความเร็วรอบที่ 800, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2200 และ 2400 รอบต่อนาที พบว่า ค่ากำลังและแรงบิดของเครื่องยนต์เปรียบเทียบกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่อัตราส่วนน้ำมันไบโอดีเซล 100% จะให้กำลังสูงสุด และให้กำลังและแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ได้เพิ่มขึ้นทุกความเร็วรอบตามอัตรส่วนผสมของน้ำมันไบโอดีเซลที่มากขึ้น และปริมาณอัตราการใช้เชื้อเพลิง มีผลทำให้การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นทุกความเร็วรอบเครื่องยนต์ และเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนในการผสมน้ำมันไบโอดีเซลที่มากขึ้น อุณหภูมิของไอเสียเครื่องยนต์สูงขึ้นตามสัดส่วนของน้ำมันไบโอดีเซลที่เพิ่มขึ้น การใช้น้ำมันไบโอดีเซลโดยตรงจะมีปริมาณควันดำของไอเสียของเครื่องยนต์น้อยกว่าการใช้น้ำมันดีเซล และมีปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นตามอัตราส่วนของน้ำมันดีเซลที่ผสมมากขึ้น ปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์, ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และปริมาณไนโตรเจนออกไซด์จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มความเร็วรอบเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ทฤษฎีพื้นฐาน

3.1 ไบโอดีเซล

ไบโอดีเซล คือ การนำน้ำมันจากพืช หรือไขมันสัตว์ หรือแม้แต่น้ำมันที่ใช้แล้วอย่าง น้ำมันทอดไก่ หรือปลาท่องโก๋มาใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งเราอาจแบ่งไบโอดีเซลตามประเภทของน้ำมันที่นำมาใช้ได้ออกเป็น 3 ประเภท

3.1.1 ไบโอดีเซล แบบน้ำมันพืช หรือน้ำมันสัตว์

ไบโอดีเซลประเภทนี้ก็คือน้ำมันพืชแท้ ๆ เช่น น้ำมันมะพร้าว, น้ำมันปาล์ม, น้ำมันถั่วลิสง เป็นต้น หรือน้ำมันจากไขมันสัตว์ เช่น น้ำหมู เป็นต้น ซึ่งเราสามารถนำมาใช้ได้เลยกับเครื่องยนต์ โดยไม่ต้องผสม หรือเติมสารเคมีอื่นใด หรือไม่ต้องนำมาเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำมันให้เปลืองเวลาเปลืองทรัพยากรอีก การใช้ไบโอดีเซลชนิดนี้ต้องมาอุ่นน้ำมันทุก ๆ จุดที่น้ำมันไหลผ่านได้แก่ ถังน้ำมัน, ท่อทางเดินน้ำมัน, ชุดกรองน้ำมัน อุณหภูมิของน้ำมันที่ใช้อุ่นอย่างน้อย 70 องศาเซลเซียส การนำน้ำมันพืชที่ยังไม่ผ่านกระบวนการกลั่นมาใช้อย่างเหมาะสมจำเป็นต้องอาศัยความร้อนในการหลอมเหลวไขแข็งและลดความหนืด

3.1.2 ไบโอดีเซล แบบลูกผสม

ไบโอดีเซลชนิดนี้เป็นลูกผสมระหว่างน้ำมันพืชกับน้ำมันก๊าด น้ำมันดีเซล หรืออะไรก็ได้ เพื่อให้ไบโอดีเซลที่ใช้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลให้มากที่สุด อย่างเช่น โคโดดีเซล ที่ อ.ทับสะแก ประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งเป็นการผสมระหว่างน้ำมันมะพร้าวกับน้ำมันก๊าด หรือปาล์มดีเซล เป็นการผสมระหว่างน้ำมันปาล์มกับน้ำมันดีเซล

3.1.3 ไบโอดีเซล แบบเอสเทอร์

ไบโอดีซลชนิดนี้เป็นไบโอดีเซลอย่างแท้จริง คือ เป็นไบโอดีเซลที่ผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยกระบวนการทางเคมีที่เรียกว่า ทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นก่อน นั่นคือการนำเอาน้ำมันพืชหรือสัตว์ที่มีกรดไขมันไปทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ โดยใช้กรดหรือด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้ได้เอสเทอร์ โดยจะเรียกชนิดของไบโอดีเซลแบบเอสเทอร์ตามแต่ชนิดของแอลกอฮอล์ที่เป็นตัวทำปฏิกิริยา ไบโอดีเซลชนิดเอสเทอร์นี้มีคุณสมบัติเหมือนกับน้ำมันดีเซลมากที่สุด วัตถุประสงค์ของกระบวนการดังกล่าวคือ ช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของน้ำมันในเรื่องความหนืดให้เหมาะสมกับการใช้งาน กับเครื่องยนต์ดีเซลและเพิ่มค่าซีเทนนัมเบอร์ ทำให้ไม่มีปัญหากับเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ข้อดี ข้อเสียของไบโอดีเซล

3.2.1 ไบโอดีเซล แบบน้ำมันพืช หรือน้ำมันสัตว์

ไบโอดีเซลชนิดนี้จะมีปัญหามาก เนื่องจากคุณสมบัติของน้ำมันแตกต่างกับน้ำมันดีเซลค่อนข้างมาก อย่างที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ก็เลยมีปัญหาเรื่องการสันดาปที่ไม่สมบูรณ์ เครื่องสะดุด มีผลต่อลูกสูบวาล์ว ตะกรันขาวหลงหาทางออกไม่ได้อยู่ในถังน้ำมันและหนืด ความหนืดสูงที่อุณหภูมิต่ำ ทำให้เครื่องสตาร์ทติดยาก แต่มีข้อดีคือราคาถูก พอใช้ได้กับเครื่อง แต่ก็ไม่ค่อยนิยม

3.2.2 ไบโอดีเซล แบบลูกผสม

เนื่องจากไบโอดีเซลประเภทนี้เกิดจาก การผสมระหว่างน้ำมันพืชและน้ำมันปิโตรเลียม ทำให้ลดปัญหาเรื่องความหนืดลงไปได้บ้าง แต่ก็ยังมีปัญหาตอนที่อากาศเย็นอยู่ดี แล้วก็เรื่องการอุดตันของเครื่องยนต์ คือไส้กรองจะอุดตันเร็วกว่าปกติ ส่วนเรื่องคุณสมบัติจะเหมือนกับน้ำมันดีเซลมาก เครื่องเดินเรียบไม่มีปัญหาเรื่องเครื่องสะดุดเหมือนน้ำมันไบโอดีเซลชนิดแรก เหมาะสำหรับใช้กับเครื่องยนต์รอบต่ำ หรือเครื่องจักรกลการเกษตร

3.2.3 ไบโอดีเซล แบบเอสเทอร์

ข้อดีอย่างแรกก็คือ ค่าซีเทนสูงกว่าน้ำมันดีเซล นั่นคือจุดติดง่ายกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้การจุดระเบิดทำได้ดี การสันดาปสมบูรณ์ คาร์บอนมอนน็อกไซด์น้อย ไม่มีควันดำและซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ความหนืดคงที่ แต่ข้อเสียก็คือ ราคาแพง ต้นทุนสูงกว่าไบโอดีเซลแบบอื่น ๆ เครื่องยนต์ให้กำลังต่ำกว่าน้ำมันดีเซล

3.3 น้ำมันปาล์ม [12]

น้ำมันปาล์ม หมายถึง น้ำมันที่ได้จากเนื้อของผลปาล์ม สามารถแบ่งเป็น 2 ชนิด คือน้ำมันปาล์มสำหรับบริโภค และน้ำมันปาล์มสำหรับอุตสาหกรรม โดยน้ำมันปาล์มสำหรับบริโภคสามารถแบ่งได้อีก 2 ชนิด คือน้ำมันปาล์มธรรมชาติ และน้ำมันปาล์มรีไฟร์

น้ำมันปาล์มธรรมชาติ หมายถึง น้ำมันปาล์มสำหรับบริโภคที่ได้จากการบีบ อัด หรือการใช้ความร้อน อาจทำให้สะอาดโดยการล้าง การตั้งไว้ให้ตกตะกอน การกรองและการหมุนเหวี่ยงเท่านั้น ส่วนน้ำมันปาล์มรีไฟร์ผ่านกรรมวิธีการกำจัดกรด น้ำมันปาล์มที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นน้ำมันปาล์มธรรมชาติหรือน้ำมันปาล์มดิบ ซึ่งได้จากการสกัดผลปาล์มสด โดยน้ำมันปาล์มดิบเป็นน้ำมันจากเส้นใยของผลปาล์มมีลักษณะเป็นน้ำมันข้น มีสีส้มขุ่น ณ อุณหภูมิปกติ เมื่ออุ่นด้วยความร้อนน้ำมันจะใสและมีสีส้มอมแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 สารเจือปนที่พบในน้ำมันปาล์ม

สารเจือปนที่พบในน้ำมันปาล์มแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

1. กลุ่มไฮโดรไลติค ประกอบด้วยความชื้น สิ่งสกปรก กรดไขมันอิสระ กรีเซอไรด์ และเอนไซด์ต่างๆ

2. กลุ่มออกซิเดทีฟ ประกอบด้วยเศษผงโลหะ สารออกซิเดชั่นต่าง ๆ เม็ดสีโทเฟอรอล และฟอสฟาไทด์

3. สารที่เป็นตัวเร่งให้เกิดสารพิษ ได้ก่ สารประกอบพวกไนโตรเจน, กำมันถัน, และเฮโลเจน ตลอดจนฟอลฟาไทด์ และสารออกซิเดชั่นต่าง ๆ

น้ำมันปาล์มดิบเป็นผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสกัดจากผลปาล์มซึ่งจัดเป็นพืชน้ำมันที่ให้ผลผลิตมากที่สุดสำหรับประเทศไทย ตามนิยามใน มอก. 288-2535 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม น้ำมันปาล์มสำหรับบริโภค น้ำมันปาล์มดิบมีคุณลักษณะทางเคมี และทางกายภาพ ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 คุณลักษณะของน้ำมันปาล์มดิบ [10]

คุณลักษณะ	วิธีการทดสอบ	ข้อกำหนด
ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (Relative Density) ที่ 50 °C	CAC/RM9	0.891-0.899
ดัชนีหักเห (Refractive Index) ที่ 50 °C	IUPAC (1979)	1.455-1.456
น้ำและสารระเหยได้ที่อุณหภูมิ 105 °C (%wt)	IUPAC (1979)	≤ 0.2
สารอื่นที่ไม่ละลาย (Insoluble Impurities) (%wt)	IUPAC (1979)	≤ 0.05
ค่าไอโอดีบแบบวิจส์ (Iodine Value, Wijis)	IUPAC (1979)	50-55
ค่าสะปอนนิฟิเคชั่น (Saponification Value) มิลลิกรัมโพทัสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อตัวอย่าง 1 กรัม	IUPAC (1979)	190-209
สารที่สะปอนนิฟายไม่ได้ (Unsaponifiable Metter) กรัมต่อตัวอย่าง 1 กิโลกรัม	IUPAC (1979)	≤ 12
ค่าของกรด (Acid Value) มิลลิกรัมโพทัสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อตัวอย่าง 1 กรัม	IUPAC (1979)	≤ 4
ค่าเพอร์ออกไซด์ (Peroxide Value) มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ออกซิเจนตัวอย่าง 1 กิโลกรัม	IUPAC (1979)	≤ 10
บีตาแคโรทีน (Beta Carotene) มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม	AOAC (1984)	500-2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันปาล์มดิบที่ทางโรงงานสกัดได้ ส่วนใหญ่จะให้กับโรงงานทำสบู่, มาการีน และกลั่นเป็นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ จากความไม่แน่นอนของสถานการณ์ตลาดปาล์มน้ำมันในประเทศที่มีผลทำให้ราคาปาล์มสด และน้ำมันปาล์มดิบ มีแนวโน้มลดต่ำลงจากในอดีตที่ผ่านมา ทำให้เกิดแนวคิดที่จะนำน้ำมันปาล์มดิบมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซลเพิ่มมากขึ้น

3.4 คุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง

การทดสอบคุณสมบัติของน้ำมันจะใช้มาตรฐานของน้ำมันดีเซล หรืออาจจะใช้มาตรฐานของเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน เป็นตัวเปรียบเทียบ โดยคุณสมบัติของน้ำมันที่ใช้ในการทดสอบจะบ่งบอกถึงความยากง่ายในการติดไฟ อัตราการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิง และความเหมาะสมกับการนำมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันพืชได้แก่ ความถ่วงจำเพาะ ความหนาแน่น จุดติดไฟ ความร้อนจำเพาะ ความร้อนแฝง จุดเดือด จุดวาบไฟ จุดติดไฟ ค่าความร้อน เลขซีเทน จุดไหลเท

3.4.1 ค่าความหนาแน่น (g/cm^3)

ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงดีเซลให้ประโยชน์ในการบ่งชี้องค์ประกอบ และคุณลักษณะที่สัมพันธ์กับประสิทธิภาพ เช่น คุณภาพของการจุดระเบิด, กำลัง, การประหยัดเชื้อเพลิง, คุณสมบัติที่อุณหภูมิต่ำ และแนวโน้มของควัน ค่าความหนาแน่น หมายถึง หน่วยของน้ำหนักต่อปริมาตรที่อุณหภูมิที่เป็นมาตรฐาน คือ 15 องศาเซลเซียส เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบค่าความหนาแน่นของน้ำมัน เรียกว่า ไฮโดรมิเตอร์ น้ำมันแต่ละชนิดจะมีค่าความหนาแน่นไม่เท่ากัน ค่าความหนาแน่นของน้ำมันดีเซลที่ 15 องศาเซลเซียส ควรอยู่ในช่วง 0.81-0.87 g/cm^3 น้ำมันที่มีความหนาแน่นต่ำกว่า 0.81 g/cm^3 จะทำให้เครื่องยนต์มีกำลังตก ขณะที่น้ำมันที่มีความหนาแน่นสูงกว่า 0.87 g/cm^3 จะมีผลต่อปัญหาการเกิดควันดำ

3.4.2 ค่าความถ่วงจำเพาะ

ค่าความถ่วงจำเพาะ คือ หน่วยของน้ำหนักต่อปริมาตรของเหลวที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เมื่อเทียบกับน้ำหนักของน้ำต่อปริมาณของน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน โดยปกติการรายงานผลจะมีอุณหภูมิกำกับด้วย เช่น 60/60 องศาฟาเรนไฮต์ เป็นต้น

3.4.3 ค่าความร้อนจำเพาะ

ค่าความร้อนจำเพาะ หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำมันหนึ่งหน่วยมวลนั้นมีอุณภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส ที่สภาวะความดันคงที่หรือปริมาณคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4 ค่าความร้อนแฝง

ค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ทำให้สารหนึ่งหน่วยมวลเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอที่อุณหภูมิและความดันคงที่

3.4.5 จุดเดือด

จุดเดือด หมายถึง อุณหภูมิของเชื้อเพลิงซึ่งความดันไอของเชื้อเพลิงเหลวเท่ากับความดันบรรยากาศที่กระทำที่ผิวหน้าของเชื้อเพลิงเหลวเนื่องจากน้ำมันดีเซล และน้ำมันพืชประกอบด้วยสารหลายชนิด และมีช่วงการเดือดกว้าง ค่าจุดเดือดสามารถหาได้จากค่าเฉลี่ยโดยน้ำมันตัวอย่างปริมาตร 100 มิลลิลิตร มากลั่นตามมาตรฐาน ASTM D86 บันทึกค่าอุณหภูมิที่ปริมาตรการกลั่นจากหยดแรกของการกลั่นและทุก 10% ปริมาตรการกลั่นได้ นำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับปริมาตรที่กลั่นได้ นำปริมาตรทั้งหมดไปหาพื้นที่เฉลี่ยใต้กราฟจะได้อุณหภูมิจุดเดือดเฉลี่ยของน้ำมัน

3.4.6 จุดวาบไฟ

จุดวาบไฟ คือ อุณหภูมิต่ำสุดของน้ำมันที่ทำให้เกิดไอน้ำมันเป็นปริมาณมากพอและเมื่อสัมผัสเปลวไฟก็จะทำให้เกิดการลุกไหม้ขึ้นในทันที จุดวาบไฟมีผลต่อคุณภาพการใช้งานโดยตรงและเป็นข้อกำหนดทางกฎหมายเพื่อความปลอดภัยจากการเกิดอัคคีภัยในการเก็บรักษาและการขนส่งเพราะถ้าอุณหภูมิเลยจุดนี้แล้ว จะกลายเป็นเปลวไฟได้ จุดวาบไฟมีความสัมพันธ์กับอัตราการระเหย กลายเป็นไอของน้ำมัน เช่น น้ำมันเบนซินติดไฟง่ายเพราะระเหยได้ที่อุณหภูมิต่ำ ข้อสังเกตอีกอย่างหนึ่งคือ น้ำมันเบามักมีจุดวาบไฟต่ำ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับโครงสร้างของน้ำมัน

จุดวาบไฟ มีความสำคัญในการผลิตน้ำมันหล่อลื่นไม่น้อย ส่วนมากจะบอกถึงน้ำมันบางชนิดอื่นที่อาจติดมาจากกระบวนการกลั่น น้ำมันเครื่องที่มีจุดวาบไฟต่ำทำให้เกิดการสิ้นเปลืองเพราะมีการระเหยได้ง่ายเมื่อไปเกาะอยู่ตามผนังกระบอกสูบ จุดวาบไฟสามารถบอกถึง การรั่วซึมของน้ำมันเชื้อเพลิงที่เข้าไปปนอยู่ในน้ำมันเครื่อง หรืออาจเกิดจากการแตกตัวของน้ำมันเองเมื่อได้รับความร้อนสูง ส่วนการที่น้ำมันเครื่องมีจุดวาบไฟสูงขึ้นหลังจากผ่านการใช้งานมาแล้วนั้น อาจเป็นเพราะอุณหภูมิของเครื่องยนต์ขณะที่ทำงานสูงมากจนส่วนที่เบาระเหยไป ทำให้น้ำมันมีความหนืดเพิ่มขึ้น เราสามารถทดสอบหาจุดวาบไฟในน้ำมันหล่อลื่นได้โดยวิธี ASTM D92 ซึ่งใช้เครื่องมือพิเศษเรียกว่า Pensky Martin Closed Cup ซึ่งใช้สำหรับน้ำมันดีเซลและน้ำมันเตา สำหรับน้ำมันเบา เช่น น้ำมันก๊าด จะใช้เครื่อง Tag Close Tested ASTM D56 ส่วนน้ำมันหนัก เช่น น้ำมันหล่อลื่นจะต้องใช้เครื่อง Cleveland Open Cup ซึ่งจุดวาบไฟจะไม่มีผลต่อคุณภาพหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานโดยตรง แต่เป็นข้อกำหนดทางกฎหมายเพื่อความปลอดภัยจากการเกิดอัคคีภัยในการเก็บรักษาและการขนถ่าย เพราะถ้าเลยอุณหภูมิจุดนี้ไปแล้วก็จะจุดติดไฟ

3.4.7 จุดติดไฟ

จุดติดไฟ คือ จุดที่อุณหภูมิต่ำสุดของน้ำมันที่จะเกิดไอน้ำมันขึ้นและทำให้มีเปลวไฟลุกขึ้นอย่างต่อเนื่องไม่ต่ำกว่า 5 วินาที โดยทั่วไปจุดติดไฟจะสูงกว่าจุดวาบไฟประมาณ 5 - 35 องศาเซลเซียส

3.4.8 เลขซีเทน

ค่าซีเทน เป็นสมบัติอย่างหนึ่งของน้ำมันดีเซล มีผลต่อคุณสมบัติต่างๆ ของเชื้อเพลิง เช่น คุณสมบัติการสตาร์ทเครื่อง, มลภาวะ, ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุด และเสียงของเครื่องยนต์ โดยตัวเลขที่ใช้บอกคุณภาพของน้ำมันดีเซลเป็นตัวเลขที่แสดงถึง ร้อยละโดยมวลของซีเทนในการผสมระหว่างนอร์มัลซีเทน กับ แอลฟาเมทิลแนฟทาลีน ซึ่งเกิดการเผาไหม้เรียกว่า Ignition Delay ของน้ำมันที่ได้จากการทดสอบกับเครื่องยนต์มาตรฐาน CLR ซึ่งเลขซีเทนคือตัวเลขจำนวนเต็มที่คำนวณจากอัตราส่วนผสมเป็นเปอร์เซ็นต์ ดังสมการที่ 3.1

$$\text{เลขซีเทน} = \%\ \text{Normal Cetane} + 0.15\ (\%\text{ของเฮปตาเมทิลโนเนน}) \qquad (3.1)$$

เลขซีเทน เป็นตัวเลขที่แสดงผลจากการทดสอบน้ำมันดีเซล ในเครื่องยนต์ที่ออกแบบมาโดยเฉพาะเพื่อประเมินค่าความล่าช้าในการจุดระเบิด โดยใช้น้ำมันเชื้อเพลิงอ้างอิง 2 ชนิดคือ ซีเทน ซึ่งมีคุณสมบัติในการจุดระเบิดดีมาก คือมีความล่าช้าในการจุดระเบิดสั้น ทำให้มีเลขซีเทนเท่ากับ 100 และ แอลฟาเมทิลแนฟทาลีน ซึ่งมีความล่าช้าในการจุดระเบิดยาว ให้เลขซีเทนเป็นศูนย์ การทดสอบจะกระทำโดยวัดความล่าช้าในการจุดระเบิดของเชื้อเพลิงที่ทดสอบเปรียบเทียบกับน้ำมันผสมระหว่างน้ำมันอ้างอิงทั้งสอง ตามวิธีทดสอบ ASTM 613 เนื่องจากการหาเลขซีเทนจำเป็นต้องใช้เครื่องยนต์และเสียเวลามาก จึงมีการนำผลจากวิธีทดสอบอื่นมาใช้คำนวณเลขซีเทน วิธีที่นิยมใช้มากที่สุดคือ การคำนวณเลขซีเทน ซึ่งจะประมาณค่าความถ่วงจำเพาะ API และจุดกลั่นกลางของน้ำมัน ค่าที่ประมาณได้เรียกว่า “เลขซีเทน” (ASTM 976) ซึ่งจะมีความใกล้เคียงกับเลขซีเทนมากสามารถใช้แทนกันได้ วิธีการทดสอบเลขซีเทนโดยใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D976 ค่าเลขซีเทนสามารถหาได้จากสมการ 3.2 หรือสมการ 3.3

$$\text{Calculate Cetane Index} = -420.34 + 0.016(G)^2 + 0.192(G)(\log M) + 65.01(\log M - 0.0001809(M)^2 \qquad (3.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{Cetane Index} = 454.74 - 1641.416(D) + 774.74(D)^2 - 0.554(B) - 97.803\,(\log B)^2 \qquad (3.3)$$

เมื่อ G = ความถ่วง API

M = อุณหภูมิ ณ จุดกลั่นกลาง หน่วยเป็น องศาฟาเรนไฮต์

D = ความหนาแน่นที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส หน่วยเป็น กรัมต่อมิลลิลิตร

B = อุณหภูมิ ณ จุดกลั่นกลาง หน่วยเป็นองศาเซลเซียส

หากค่าความล่าช้าในการจุดระเบิดสั้น ค่าเลขซีเทนของน้ำมันจะยิ่งสูงขึ้นปริมาณเชื้อเพลิงที่สะสมในห้องเผาไหม้จะลดลงก่อนการลุกติดไฟ ดังนั้นน้ำมันดีเซลที่มีเลขซีเทนสูงจะทำให้การควบคุมการเผาไหม้ทำได้ดียิ่งขึ้นเป็นผลทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ยิ่งสูงขึ้น ซึ่งผลดีของการที่น้ำมันเชื้อเพลิงมีเลขซีเทนสูง ได้แก่ เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพสูง, เพิ่มคุณสมบัติการสตาร์ทเครื่องในขณะเย็น, ลดควันดำในช่วงการอุ่นเครื่องยนต์, ลดเสียงดัง, ลดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และมลพิษ

3.4.9 ค่าความหนืด

ค่าความหนืดของของไหลบ่งบอกถึง ค่าความต้านทานการไหลของของไหล ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล เนื่องจากมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของการฉีดเชื้อเพลิงโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่อุณหภูมิต่ำ เมื่อความหนืดเพิ่มขึ้นมุมกรวยสเปรย์ของหัวฉีดจะลดลง, การกระจายเชื้อเพลิง และการฟุ้งของสเปรย์ก็จะลดลงไปด้วย ในขณะที่ขนาดของละอองน้ำมันเชื้อเพลิงใหญ่ขึ้นละอองพ่นได้ไม่ไกลจะมีลักษณะเป็นสาย ทำให้เกิดการรวมตัวกับอากาศได้ไม่ดี และส่งผลให้เครื่องยนต์เผาไหม้ได้ไม่สมบูรณ์มีผลให้กำลังของเครื่องยนต์ตก ส่วนน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีค่าความหนืดต่ำไปจะทำให้ลักษณะเชื้อเพลิงที่ฉีดพ่นออกมาเป็นฝอยมากเกินไป การโปรยตัวของละอองน้ำมันเชื้อเพลิงจะไปได้ไม่ไกลส่งผลให้การผสมของน้ำมันกับอากาศไม่ทั่วถึง การเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงก็จะไม่สมบูรณ์ส่งผลให้เครื่องยนต์มีกำลัง และประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ลดลง ดังนั้นความหนืดจะมีผลต่อระยะเวลาในการจุดระเบิดที่เหมาะสมสำหรับรูปร่างหัวฉีดและความดันการฉีดเชื้อเพลิงหนึ่งๆ นอกจากนี้ความหนืดจะมีอิทธิพลต่อปริมาณที่ฉีดด้วย ค่าความหนืด จึงเป็นตัวบอกถึงความต้านทานการไหลของน้ำมัน และบอกถึงคุณสมบัติในการหล่อลื่นพื้นผิว ความหนืด เป็นคุณสมบัติที่สำคัญมากอีกอย่างหนึ่งของผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมที่จำเป็นต้องคำนึงถึงโดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนผลิตภัณฑ์ชนิดหนัก เช่น น้ำมันดีเซล น้ำมันเตา รวมทั้งน้ำมันหล่อลื่น ความหนืดมีผลต่อการทำงานของเครื่องยนต์ดังนี้

- คุณภาพในการฉีดเป็นฝอย
- การหล่อลื่นระบบหัวฉีด
- การสึกหล่อของระบบหัวฉีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดค่าความหนืด นั้นต้องกำหนดทั้งค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด และเนื่องจากความหนืดเป็นปฏิภาคผกผันกับอุณหภูมิ ในการกำหนดค่าความหนืดจึงระบุอุณหภูมิควบคู่กันไปด้วยเสมอ ด้วยเหตุนี้แต่ละประเทศจึงอาจกำหนดค่าความหนืดของน้ำมันที่ใช้กับเครื่องยนต์ประเภทเดียวกัน หรือน้ำมันชนิดเดียวกันไว้ต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับภูมิอากาศของประเทศนั้นๆ

3.4.10 อะโรมาติก

อะโรมาติก คือ สารประกอบไฮโดรคาร์บอนซึ่งมีลักษณะทางเคมีคล้ายน้ำมันเบนซิน ปริมาณอะโรมาติกในน้ำมันเป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำมัน และบ่งชี้ถึงการป้องกันอันตรายต่อสุขภาพของผู้ใช้ อะโรมาติกเป็นสารก่อมะเร็ง เมื่อมีการเผาไหม้น้ำมันที่เป็นอะโรมาติกสูงจะทำให้เกิดไอเสียที่เป็นอะโรมาติกและเขม่าในปริมาณสูงเป็นมลพิษทางอากาศ

ส่วนประกอบอะโรมาติก ในเชื้อเพลิงดีเซลเป็นปัญหาที่สำคัญเพราะว่าทำให้เกิดการปล่อยมลพิษในอากาศ แต่อย่างไรก็ตามอะโรมาติกมีส่วนช่วยในการหล่อลื่นของเชื้อเพลิง ดังนั้นการกำจัดสารเหล่านี้จะทำให้เกิดอัตราการสึกหรอของปั๊มหัวฉีดสูงอย่างผิดปกติ

3.4.11 ปริมาณน้ำ และตะกอน

เราไม่สามารถที่จะกำจัดน้ำออกจากเชื้อเพลิงดีเซลได้หมด เนื่องจากขั้นตอนแรกที่มีน้ำเข้ามาคือกระบวนการผลิต นอกจากนี้ยังมีความเสี่ยงของการมีน้ำปะปนมาระหว่างการขนส่งและการเก็บในถัง การเกิดขึ้นของน้ำในถังเก็บอาจทำให้เกิดการเจริญเติบโตของราและแบคทีเรีย การเกิดการปนเปื้อน จุลินทรีย์ทำให้เกิดปัญหาที่สำคัญต่อเครื่องยนต์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบเชื้อเพลิง เช่น เกิดการอุดตันที่ไส้กรอง ตะกอนที่พบในเชื้อเพลิงดีเซลส่วนใหญ่เป็นสารอนินทรีย์โดยกำเนิด เช่น สนิม, อนุภาคโลหะ และฝุ่นละออง บางส่วนสามารถเป็นสารอินทรีย์จากการเสื่อมสภาพขององค์ประกอบเชื้อเพลิงที่ไม่เสถียร การกระทำของแบคทีเรียที่รอยต่อของน้ำมัน-น้ำ หรือไขจากเชื้อเพลิง ตะกอนสามารถนำไปสู่การอุดตันไส้กรองในยานพาหนะ และน้ำยังช่วยเพิ่มสภาวะกรดทำให้เกิดปัญหาเนื่องมาจากการกัดกร่อน และสึกหรอในเครื่องยนต์และระบบฉีดเชื้อเพลิง การทดสอบ มาตรฐานสำหรับปริมาณน้ำและตะกอนทำได้โดยวิธีการเหวี่ยง

3.5 หลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล

3.5.1 หลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล

เครื่องยนต์ดีเซลเป็นเครื่องยนต์แรงอัดสูงและจุดระเบิดเอง และเป็นเครื่องยนต์แบบเผาไหม้ภายใน การจุดระเบิดของเครื่องยนต์ใช้ความร้อนที่เกิดจากการอัดอากาศอย่างมากภายในกระบอกสูบ แล้วฉีดเชื้อเพลิงเข้าไปเพื่อทำเกิดการเผาไหม้ ไม่ใช่เป็นการจุดระเบิดจากหัวเทียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมือนในเครื่องยนต์เบนซิน โดยทั่วไปแล้วเครื่องยนต์ดีเซลได้มีการแบ่งประเภทตามระบบการทำงานออกเป็น 3 ชนิด

- ชนิดรอบต่ำ คือ ความเร็วรอบน้อยกว่า 300 รอบต่อนาที สำหรับงานหนักต่อเนื่องโดยมีรอบเครื่องยนต์คงที่ เช่น การขับเคลื่อนเรือเดินทะเล การผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นต้น

- ชนิดรอบปานกลาง คือ ความเร็วรอบ ระหว่าง 300 - 1000 รอบต่อนาที สำหรับงานที่ค่อนข้างหนักและรอบค่อนข้างคงที่ เช่น สถานีผลิตกระแสไฟฟ้า สถานีสูบน้ำ เป็นต้น

- ชนิดรอบสูง คือ ความเร็วรอบ 1000 รอบต่อนาทีขึ้นไป ใช้สำหรับงานที่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบบ่อยๆ และความเร็วเปลี่ยนแปลงมาก เช่น รถขนส่ง รถบรรทุก รถไฟ เป็นต้น

3.5.2 ลักษณะของห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์จุดระเบิดแบบอัดชนิด IDI

รูปที่ 3.1 ลักษณะห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ชนิด IDI แบบมีห้องเผาไหม้ช่วย (ก) Overall combustion chamber IDI engine (ข) ห้องเผาไหม้ช่วยในส่วนที่อยู่กับฝาสูบ (ค) ห้องเผาไหม้หลักในส่วนที่อยู่กับลูกสูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.5.3 การทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ

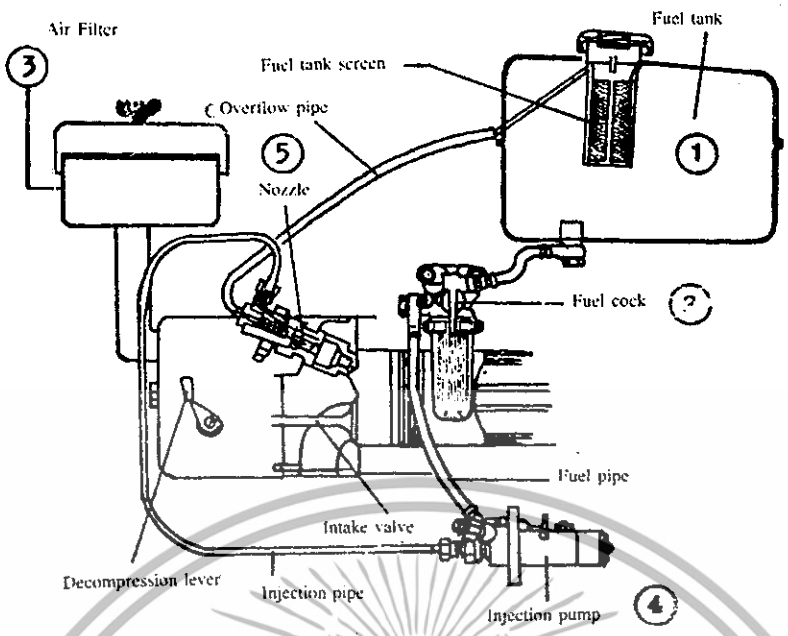
หลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ เกิดจากหลักการที่ว่าการจุดระเบิดของเชื้อเพลิงด้วยความร้อนจากแรงอัดสูงของบรรยากาศในกระบอกสูบโดยไม่ใช้หัวเทียน ซึ่งเป็นข้อแตกต่างจากเครื่องยนต์เบนซิน และเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงจะจุดระเบิดโดยอาศัยประกายไฟ ซึ่งอากาศจะถูกอัดในกระบอกสูบจนกระทั่งมีอุณหภูมิสูงก่อนที่ลูกสูบจะถึงศูนย์ตายบน น้ำมันดีเซลจะถูกฉีดออกจากหัวฉีดด้วยความดันสูงและความเร็วสูง ทำให้น้ำมันกระจายเป็นฝอยละออง เนื่องจากไม่มีแหล่งความร้อนจากภายนอกอากาศต้องถูกอัดตัวจนร้อนเพื่อที่จะทำให้ไอน้ำมันติดเองได้ น้ำมันที่ออกจากปั๊มหัวฉีดจะมีแรงดันประมาณ 100-200 kg/cm^2 จะพุ่งเข้าไปในห้องเผาไหม้ซึ่งมีแรงดันประมาณ 30-40 kg/cm^2 และมีอุณหภูมิประมาณ 450-550 องศาเซลเซียส ความร้อนจากอากาศในห้องเผาไหม้ที่ถ่ายเทให้กับละอองน้ำมันทำให้ละอองน้ำมันกลายเป็นไอ ส่วนอากาศที่ถ่ายเทความร้อนออกจะเย็นลง ความร้อนที่ถ่ายเทในช่วงนี้ถ้าไม่มากพอที่จะทำให้อุณหภูมิของไอน้ำมันถึงจุดติดไฟ การเผาไหม้ก็จะไม่เกิดขึ้น น้ำมันที่อยู่ตามผิวนอกของลำน้ำมันจะระเหยออกไป ทำให้แกนในเย็นลงและยังคงเป็นของเหลว ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้น้ำมันที่อยู่รอบผิวนอกจะช่วยทำให้น้ำมันที่อยู่ถัดไปกลายเป็นไอและเผาไหม้เร็วขึ้นเมื่อมีการระเบิดเกิดขึ้น และในการเผาไหม้จะเสร็จสิ้นเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับการผสมผสานกันของน้ำมันกับออกซิเจนในห้องเผาไหม้ ถ้าการผสมผสานของน้ำมันกับออกซิเจนในห้องเผาไหม้มีการผสมผสานเป็นไปอย่างรวดเร็วและทั่วถึง การเผาไหม้จะเกิดขึ้นและเสร็จอย่างรวดเร็ว

3.5.4 ระบบเชื้อเพลิง

น้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซลจะถูกส่งจากถังไปยังเครื่องยนต์ด้วยปั๊ม ซึ่งอาจจะติดอยู่กับปั๊มหัวฉีดของระบบจ่ายเชื้อเพลิง โดยปั๊มจะทำหน้าที่ป้อนน้ำมันให้กับระบบด้วยอัตราสูงแต่ความดันไม่มากนัก เพื่อให้ปั๊มหัวฉีดสร้างแรงดันขึ้นส่งต่อแก่หัวฉีดใน แต่ละกระบอกสูบ ส่วนถังน้ำมันเชื้อเพลิงจะมีกรองตาข่ายโลหะหยาบๆ ติดอยู่ในท่อเติมน้ำมันระหว่างปากทางเติมน้ำมัน และถังน้ำมันมีปลั๊กถ่ายน้ำมันอยู่ตอนล่างของถัง และมีชุดวัดระดับน้ำมันเพื่อบอกปริมาณน้ำมันในถัง ส่งสัญญาณไปปรากฏเป็นระดับน้ำมันที่มาตรวัดบนหน้าปัดของผู้ขับขี่ นอกจากนั้นก็มีท่อส่งน้ำมันที่อยู่ในถังมักจะมีตะแกรงกรองค่อนข้างละเอียดเพื่อป้องกันฝุ่นผง ก่อนเชื้อเพลิงจะถูกดูดผ่านปั๊มน้ำมันและส่งต่อไประหว่างทางเดินของน้ำมัน จากปั๊มตัวแรกไปสู่เครื่องยนต์นั้น น้ำมันดีเซลจะต้องผ่านกรองน้ำมันสองตัว เพื่อให้น้ำมันสะอาด ไม่มีผงหรือตะกอนไปทำให้หัวฉีดอุดตัน หัวฉีดน้ำมันดีเซลมีรูให้เชื้อเพลิงผ่านขนาดเล็กมาก ผงเล็กๆ อาจทำให้หัวฉีดตันได้ กรองน้ำมันดีเซลจึงเป็นจุดสำคัญที่ควรได้รับการดูแลรักษา เปลี่ยนใหม่เมื่อถึงกำหนด หรืออาจตรวจสอบเมื่อพบว่า เครื่องยนต์มีอาการเร่งไม่ออก รอบตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

95173



รูปที่ 3.2 แสดงระบบเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์

จากรูปที่ 3.2

1. ถังน้ำมันเชื้อเพลิง(Fuel Tank)
2. ท่อทาง ก๊อกและไส้กรอง
3. ไส้กรองอากาศ
4. ปั้มหัวฉีด
5. หัวฉีด

3.6 ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ดีเซล และปัญหาที่เกี่ยวข้องกับน้ำมันเชื้อเพลิง

3.6.1 ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ดีเซล

กำลังงานที่เกี่ยวข้องกับเครื่องยนต์ ซึ่งจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงสมรรถนะหรือความสามารถของเครื่องยนต์ดังกล่าว ในการเปรียบเทียบ และวิเคราะห์การทำงานของเครื่องยนต์เราจะใช้การวัดประสิทธิภาพ ซึ่งก็คืออัตราส่วนของส่วนที่ได้รับต่อส่วนที่เข้าไป แล้วทำเป็นเปอร์เซ็นต์จะเป็นตัวชี้สำคัญ ประสิทธิภาพต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องยนต์ดีเซลมีดังนี้

- ประสิทธิภาพเชิงกล หมายถึง อัตราส่วนของส่วนที่ได้รับก็คือ กำลังงานเบรกต่อกำลังงาน ฟลายวีล หรือกำลังงานเบรกต่อกำลังที่กระบอกสูบ วัดได้จากกำลัง หรือแรงบิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ประสิทธิภาพเชิงความร้อน คือ อัตราส่วนของกำลังงานที่ได้รับของเครื่องยนต์ ซึ่งอาจจะเป็นกำลังงานเบรกต่อความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ ประสิทธิภาพของความร้อนจะเป็นตัวเลขที่บ่งบอกปริมาณการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

3.6.2 ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ใช้กำหนดประสิทธิภาพของเครื่องยนต์

ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ ได้แก่ กำลังเบรก แรงบิดเบรกและอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

กำลังเบรกของเครื่องยนต์สามารถแสดงได้ดังสมการ

$$P_b = T_b\omega = \frac{2\pi NT_b}{6000} \tag{3.4}$$

Brake Fuel Conversion Efficiency

$$\eta_{f_b} = \frac{P_b}{m_f Q_{HV}} \tag{3.5}$$

อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก

$$bsfc = \frac{m_f}{P_b} \tag{3.6}$$

ความดันยังผลเฉลี่ยเบรกสำหรับเครื่องยนต์ 4 จังหวะ

$$bmep = 4\pi T_b / V_d \tag{3.7}$$

Volumetric Efficiency

$$\eta_v = \frac{2m_a \times 10^3}{60\rho_{a,i} V_d N} \tag{3.8}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ P_b = กำลังเบรก (kW)

T_b = แรงบิดเบรก (N-m)

$bmep$ = Brake Mean Effective Pressure (kPa)

N = ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (rev/min)

V_d = Displacement Volume (dm^3)

Q_{HV} = ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (kJ/kg)

m_f = อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลง (g/s)

$\rho_{a,i}$ = ความหนาแน่นของอากาศที่ไหลเข้าเครื่องยนต์ (kg/m^3)

$bsfc$ = อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (kg/m^3)

η_{f_b} = Brake Fuel Conversion Efficiency

ω = ความเร็วเชิงมุม (rad/s)

3.6.3 ปัจจัยที่สำคัญสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล

เครื่องยนต์ดีเซลจะทำงานได้มิใช่เพียงกลไกอย่างสมบูรณ์เท่านั้น แต่ต้องมีปัจจัยต่างๆ ในการใช้งานที่มีคุณภาพและปริมาณตามที่กำหนด ปัจจัยสำคัญเหล่านั้นย่อมมีความสำคัญ เช่นกัน เพื่อเป็นการถนอมเครื่องยนต์ให้ใช้งานได้นาน และทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ ได้แก่

- อากาศ จำเป็นจะต้องมีปริมาณเพียงพอ และสะอาด เพื่อนำไปผสมกับน้ำมันให้เกิดการเผาไหม้ ถ้าอากาศมีปริมาณไม่เพียงพอจะทำให้มีควันดำ เครื่องยนต์เดินไม่เรียบ มีการสูญเสียกำลัง และติดเครื่องยาก ถ้าอากาศสกปรกจะทำให้เกิดการสึกหรอของแหวน กระบอกสูบ แบริ่งอย่างรวดเร็ว เป็นผลให้อายุการใช้งานของเครื่องลดลง

- น้ำมันเชื้อเพลิง จำเป็นจะต้องสะอาดปราศจากน้ำและสิ่งสกปรก และจะต้องมีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด ถ้าเชื้อเพลิงมีน้ำและสิ่งสกปรกจะทำให้ปั๊มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงชำรุดอย่างรวดเร็ว มีผลต่อกำลังของเครื่องยนต์

- น้ำมันหล่อลื่น จะต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งการที่จะต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐานใดก็ขึ้นอยู่กับลักษณะการนำไปใช้งานของเครื่องยนต์ดีเซล ว่าจะนำไปใช้งานหนักหรืองานเบา และจะต้องมีความหนืดตามที่กำหนดเช่นกัน โดยจะใช้น้ำมันหล่อลื่นที่มีความหนืดเท่าใดหรือเกรดใดนั้น จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในขณะใช้งานเครื่องยนต์ ถ้าอุณหภูมิสูงก็จะใช้น้ำมันหล่อลื่นที่มีความหนืดสูง และถ้าอุณหภูมิต่ำก็จะใช้น้ำมันหล่อลื่นที่มีความหนืดต่ำ และควรมีการเปลี่ยนถ่ายตามระยะเวลาที่กำหนด คือ ให้ทำการตรวจเช็คทุกระยะ 5,000 กิโลเมตร เพื่อลดการสึกหรอของเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- น้ำสำหรับระบบหล่อเย็น ใช้สำหรับเครื่องยนต์ที่ต้องหล่อเย็นด้วยน้ำ จะต้องมีปริมาณที่เพียงพอ และจะต้องสะอาดไม่ทำให้เกิดตะกรัน มิฉะนั้นแล้วทำให้ทางเดินของน้ำในระบบหล่อเย็นอุดตัน เป็นผลให้เครื่องยนต์ดีเซลร้อนผิดปกติ และต้องทำการตรวจเช็คทุกอาทิตย์

3.7 สารหล่อลื่น [13]

องค์ประกอบซึ่งเป็นหน้าที่หลักประการสำคัญของสารหล่อลื่น คือ ลดแรงเสียดทาน ซึ่งมีผลต่อเนื่อง คือ เป็นการลดการสึกหรอ ประหยัดพลังงาน ลดความร้อน และเป็นการช่วยให้เกิดฟิล์มน้ำมันที่รองรับภาระการใช้งาน

หน้าที่สำคัญของสารหล่อลื่นยังรวมไปถึง

- ทำหน้าที่เสมือนสารหล่อเย็นที่นำพาความร้อนออกไปจากชิ้นส่วนที่มีการเคลื่อนที่
- ทำหน้าที่เสมือนซีลป้องกันสิ่งสกปรกเข้าสู่ชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่
- ป้องกันการกัดกร่อนและสนิม

สิ่งที่สำคัญที่สุด คือ สารหล่อลื่นจะต้องถูกออกแบบมาให้ใช้งานในช่วงการทำงานของเครื่องจักรโดยที่มีการเสื่อมหรือสึกหรอ และการสูญเสียคุณสมบัติของสารหล่อลื่นให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด และคุณสมบัติของสารหล่อลื่น ประกอบด้วย ค่าความหนืด

สารหล่อลื่นที่มีใช้ในเครื่องยนต์ หรือที่เรียกกันว่าน้ำมันหล่อลื่น เมื่อนำน้ำมันหล่อลื่นที่ผ่านการใช้งานแล้ว และน้ำมันที่อยู่ระหว่างการใช้งานมาวิเคราะห์ จะทำให้ทราบว่าน้ำมันหล่อลื่นยังอยู่ในเกณฑ์ที่ใช้งานหรือไม่ และทำให้ทราบถึงช่วงเวลาสำหรับการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ จะสามารถบ่งชี้สภาวะที่น่าจะทำให้เกิดอันตรายแก่เครื่องยนต์ รวมทั้งระยะเวลาที่เหมาะสมในการเปลี่ยนถ่าย และทำให้ทราบถึงสาเหตุของปัญหาของความเสียหายที่เกิดขึ้นและทำให้แก้ปัญหาและป้องกันได้อย่างถูกต้อง สำหรับในน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์นั้นเมื่อมีคราบสิ่งสกปรกหรือสารประกอบที่เกิดจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน จะทำให้น้ำมันหล่อลื่นมีค่าความหนืดเพิ่มสูงขึ้น หากมีการปะปนเข้ามาด้วยสิ่งสกปรกแขวนลอยที่เป็นของแข็งในน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ก็จะทำให้ค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นเพิ่มสูงขึ้น ตัวอย่างเช่น ของแข็งแขวนลอยที่มีปริมาณเกินกว่า 5% โดยน้ำหนัก ในน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ดีเซลจะทำให้น้ำมันมีความหนืดสูงมากทำให้เกิดปัญหาในการสตาร์ท การอุดตันในไส้กรองและส่งผลต่อการขาดสารหล่อลื่นจนทำให้เครื่องยนต์ชำรุดได้ หรือในกรณีที่ความหนืดลดลง เนื่องมาจากน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ถูกเจือจางด้วยน้ำมันเชื้อเพลิง จะทำให้มีการลดค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นลงเป็นอย่างมาก หรือการเกิดการตัดเฉือนตัวของสายใยโพลีเมอร์ในน้ำมันหล่อลื่นชนิดเกรดรวม ในกรณีการใช้งานของเครื่องยนต์หนัก ก็จะมีผลในการที่ทำให้ความหนืดของน้ำมันลดลงได้เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 ปริมาณ และการเกิดมลพิษไอเสียในเครื่องยนต์ดีเซล

ไอเสียของเครื่องยนต์โดยทั่วไป ประกอบด้วยสารที่ถือว่าเป็นมลพิษคล้ายๆ กับของเครื่องยนต์ที่จุดระเบิดด้วยประกายไฟ แต่ปริมาณของมลพิษบางตัวจะแตกต่างจากเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ โดยในไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลนั้นมีความเข้มข้นของ ไนโตรเจนออกไซด์ จะใกล้เคียงกับในไอเสียของเครื่องยนต์ที่จุดระเบิดด้วยประกายไฟ ส่วนไฮโดรคาร์บอนที่ออกมากับไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซล จะต่ำกว่าในไอเสียของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟประมาณ 5 เท่า ซึ่งไฮโดรคาร์บอนในไอเสียนี้อาจควบแน่นเกิดเป็นควันขาวในช่วงการติดและอุ่นเครื่องยนต์ได้ นอกจากนี้สารประกอบไฮโดรคาร์บอนบางชนิดในไอเสียยังเป็นแหล่งของกลิ่นไอเสียอีกด้วย สำหรับ คาร์บอนมอนน็อกไซด์ ที่ออกมากับไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลนั้นน้อยมาก ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องยนต์ดีเซลตามปกติแล้วทำงานด้วยสารผสม แต่ในไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลจะมีสารละอองที่เป็นอนุภาคขนาดเล็กราวร้อยละ 0.2 ถึงร้อยละ 0.5 ของมวลเชื้อเพลิง สารละอองนี้ประกอบด้วยเขม่าเป็นส่วนใหญ่และมีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ถูกดูดซับไว้อยู่บ้าง

การเกิดมลพิษในเครื่องยนต์ดีเซล จะขึ้นอยู่กับการกระจายเชื้อเพลิงและลักษณะของการกระจายที่แปรผันกับเวลาอันเนื่องจากการผสม เนื่องจากในเครื่องยนต์ดีเซลนั้นเชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าไปในกระบอกสูบก่อนการเผาไหม้เริ่มต้นเล็กน้อย การกระจายของเชื้อเพลิงจึงไม่สม่ำเสมอ เมื่อพิจารณาถึงแก๊สไอเสียจากเครื่องยนต์ดีเซล จะต้องแยกกันระหว่างส่วนประกอบที่เป็นอนุภาคและส่วนประกอบที่เป็นแก๊ส ซึ่งส่วนประกอบที่เป็นอนุภาค ส่วนใหญ่จะเป็นเขม่าที่อนุภาคของคาร์บอน แก๊สที่เป็นพิษที่สำคัญในไอเสีย ได้แก่ ไฮโดรคาร์บอน, คาร์บอนมอนน็อกไซด์, ไนโตรเจนออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์

3.8.1 เขม่า

เขม่า หมายถึง อนุภาคขนาดเล็กมากของคาร์บอน หรืออนุภาคที่มีคาร์บอนอยู่ในปริมาณสูงรวมตัวอยู่ มักเกิดจากกการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงไม่สมบูรณ์ จากการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าไปในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์จะเข้าไปผสมกับอากาศ ซึ่งการผสมจะไม่สมบูรณ์ในทุกบริเวณนั้น หมายความว่าในบริเวณนั้นมีปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงมากเกินไป ดังนั้น บริเวณที่อุณหภูมิสูงและมีการขาดออกซิเจน การกลั่นแห้งของไฮโดรคาร์บอนในน้ำมันเชื้อเพลิงก็จะเกิดขึ้น เนื่องจากการแยกตัวของไฮโดรเจน ผลที่ได้ก็คือคาร์บอน เมื่อการเผาไหม้เกิดขึ้นต่อไปคาร์บอนก็จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ได้คาร์บอนมอนน็อกไซด์ถ้ามีออกซิเจนเพียงพอและอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 1000 องศาเซลเซียส ถ้าออกซิเจนไม่เพียงพอ หรืออุณหภูมิต่ำเกินไปอนุภาคของคาร์บอนจะยังคงเป็นอนุภาคและออกไปกับไอเสียซึ่งเห็นเป็นควันดำนั่นเอง อนุภาคจะรวมตัวกันเป็นเม็ดเล็กๆ แต่ก็มีรายงานระบุว่า ควันดำไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพแต่อาจสามารถทำหน้าที่เป็นตัวจับสารที่เป็นอันตราย แต่อย่างไรก็ตาม ควันดำจะเป็นสาเหตุของการเคืองตา เพราะเป็นเหตุทำให้การมองเห็นลดลงและทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้พื้นที่บริเวณที่มีเขม่าโดยรอบเป็นสีดำ และทางราชการได้กำหนดค่าควันดำไว้ ตามประกาศของกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ให้ค่าควันดำของรถยนต์ที่ค่าควันดำของรถยนต์ที่เดินด้วยกำลังเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล ต้องไม่เกินร้อยละห้าสิบเมื่อรถยนต์จอดอยู่กับที่ หรือเมื่อรถยนต์แล่นอยู่บนทางเดินรถ หรือไม่เกินร้อยละสี่สิบเมื่อรถยนต์อยู่ในเครื่องทดสอบ

3.8.2 ไนโตรเจนออกไซด์

ไนโตรเจนออกไซด์ ที่พบมากที่สุด คือ ไนตริกออกไซด์ และ ไนโตรเจนไดออกไซด์ นักเคมีจึงรวมเอาก๊าซทั้ง 2 ชนิดดังกล่าวนี้จัดเข้าไว้ด้วยกัน และไนโตรเจนออกไซด์นี้ยังอาจแบ่งเป็น 2 พวกตามกระบวนการที่ทำให้เกิด คือ พวกที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีสารไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบอยู่ และพวกที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิสูงเกินกว่า 1100 องศาเซลเซียส ซึ่งจะพบการเกิดไนตริกออกไซด์ มากที่สุดถึง 90%

ไนตริกออกไซด์ เป็นก๊าซไม่มีสี ไม่มีรส ไม่มีกลิ่น มีความเสถียรภาพต่อความร้อนมากที่สุด ที่อุณหภูมิปกติทำปฏิกิริยากับออกซิเจนจะได้ไนโตรเจนไดออกไซด์ เป็นก๊าซสีน้ำตาลแดง ระคายเคือง ถ้ามีสารอินทรีย์ปนอยู่ด้วยจะทำให้มีกลิ่นคล้ายปลาเน่า ถือว่าเป็นสารมลพิษ เมื่อรวมตัวกับน้ำหรือไอน้ำ จะได้เป็นกรดไนตรัส และกรดไนตริก ซึ่งจะอยู่ในรูปของละอองไอไนเตรต ไนโตรเจนออกไซด์ละลายน้ำได้ยากและสามารถหายใจเข้าสู่ร่างกายได้ทางช่องปอดจะมีความไวต่อการตอบสนองของช่องหลอดลมใหญ่ตีบแคบมากกว่าในแต่ละบุคคล ด้วยการเกิดโรคหอบหืด ซึ่งปฏิกิริยานี้ขึ้นอยู่กับสภาวะที่เกิดขึ้นในห้องเผาไหม้คือ อุณหภูมิสูงหรือ ความดันสูงที่มีออกซิเจนอยู่

3.8.3 คาร์บอนมอนน็อกไซด์

คาร์บอนมอนน็อกไซด์ ไม่มีกลิ่น ไม่มีสี เบากว่าอากาศเล็กน้อย ไม่เกิดการระคายเคือง แต่เป็นก๊าซที่มีอันตรายต่อสุขภาพมาก เพราะเมื่อหายใจเข้าไปในร่างกายจะถูกปอดดูดซับ และทำปฏิกิริยากับฮีโมโกลบินของเม็ดเลือดแดง เพราะก๊าซคาร์บอนมอนน็อกไซด์จะสามารถรวมตัวกับฮีโมโกลบินได้ดีกว่าออกซิเจน ทำให้ร่างกายขาดออกซิเจนไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกาย และทำให้หายใจไม่ออก ก๊าซคาร์บอนมอนน็อกไซด์จะเกิดขึ้นระหว่างช่วงเผาไหม้หลังจากนั้น ก็จะรวมตัวกับออกซิเจนทำให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ไม่เป็นพิษ คาร์บอนมอนน็อกไซด์จะเกิดในไอเสีย ถ้าการเผาไหม้มีออกซิเจนไม่เพียงพอเท่านั้น ผลเนื่องมาจากเครื่องยนต์ดีเซลทำงานมีการเผาไหม้โดยมีอากาศ คือปริมาณออกซิเจนมากเกินพอ ปริมาณไอเสียในที่มีคาร์บอนมอนน็อกไซด์ในไอเสียจึงมีต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.4 คาร์บอนไดออกไซด์

เป็นก๊าซที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่เกิดความระคายเคือง มีน้ำหนักกว่าอากาศประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ มีอากาศร้อนเพราะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีความสามารถในการดูดซับแสงแดดได้ดีจึงทำให้บรรยากาศมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ค่อนข้างมาก ไม่ถือว่าเป็นสารมลพิษ แต่กลับเป็นก๊าซที่มีประโยชน์ต่อพืชและสัตว์ แต่ถ้ามีปริมาณความเข้มข้นสูงกว่าปกติอาจทำให้เกิดผลเสียได้ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนใหญ่การสันดาปเชื้อเพลิง หากมีการสันดาปมากปริมาณก็มากขึ้นด้วย

3.8.5 ไฮโดรคาร์บอน

ไฮโดรคาร์บอน ที่มีอยู่ในไอเสียของเครื่องยนต์เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของน้ำมันเชื้อเพลิง รวมไปถึงน้ำมันเชื้อเพลิงที่ระเหยออกมาจากระบบน้ำมันเชื้อเพลิง ก๊าซไฮโดรคาร์บอน เป็นก๊าซที่ไม่มีอันตรายต่อสุขภาพ แต่มีกลิ่นฉุน และอาจจะทำให้ระคายเคืองต่อดวงตาและระบบทางเดินหายใจได้ และอาจทำปฏิกิริยาทางแสงทำให้เกิดสม็อก ในการเผาไหม้นั้นหากห้องเผาไหม้มีอุณหภูมิสูงก็จะเกิดก๊าซไฮโดรคาร์บอนต่ำ ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่ลดปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอน

3.9.6 ซัลเฟอร์ไดออกไซด์

เกิดจาก 2 กรณี คือ เกิดจากการสันดาปเชื้อเพลิงที่มีซัลเฟอร์เจือปนอยู่ ปกติแล้วจะเกิดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มากกว่า ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ในสัดส่วน 40 - 80 ต่อ 1 หรือ 95 เปอร์เซ็นต์ของทั้งหมด หรือมักจะเกิดในกรณีที่สภาวะในการสันดาปเชื้อเพลิงไม่ปกติ

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นก๊าซไม่ติดไฟ ไม่มีสี ถ้ามีความเข้มข้นประมาณ 0.3 – 1 ppm จะมีรสชาติ มีกลิ่นฉุนชวนสำลัก ทำให้ระคายเคือง มีความเป็นพิษ ละลายน้ำคลายเป็นกรดซัลฟูรัส และมักทำปฏิกิริยากับอากาศ เป็นก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ ซึ่งมีความเป็นพิษ มีฤทธิ์ในการกัดกร่อนสูงสุด มีความไวมาก สามารถรวมตัวกับไอน้ำที่อุณหภูมิต่ำกลายเป็นละอองไอกรด

3.9 การเสื่อมสภาพของเครื่องจักร [13]

เมื่อมีการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนเกิดขึ้น ทำให้ชิ้นส่วนหนึ่งสัมผัสกับอีกชิ้นส่วนหนึ่งจะเกิดความเสียดทานขึ้น ไม่ว่าจะเป็นความเสียดทานจากการลื่นไถล หรือความเสียดทานแบบกลิ้งตัว แม้จะมีการลดความเสียดทานเหล่านี้ด้วยการใช้สารหล่อลื่น ซึ่งจะส่งผลให้สัมประสิทธิแรงเสียดทานต่ำลงและลดความร้อนที่เกิดขึ้นจากความเสียดทาน แต่สุดท้ายตามกฎเกณฑ์ของธรรมชาติสิ่งของต่าง ๆ ยังคงเกิดการสึกหรอและเสื่อมสภาพ เพื่อให้เข้าใจถึงลักษณะของการเสื่อมสภาพ

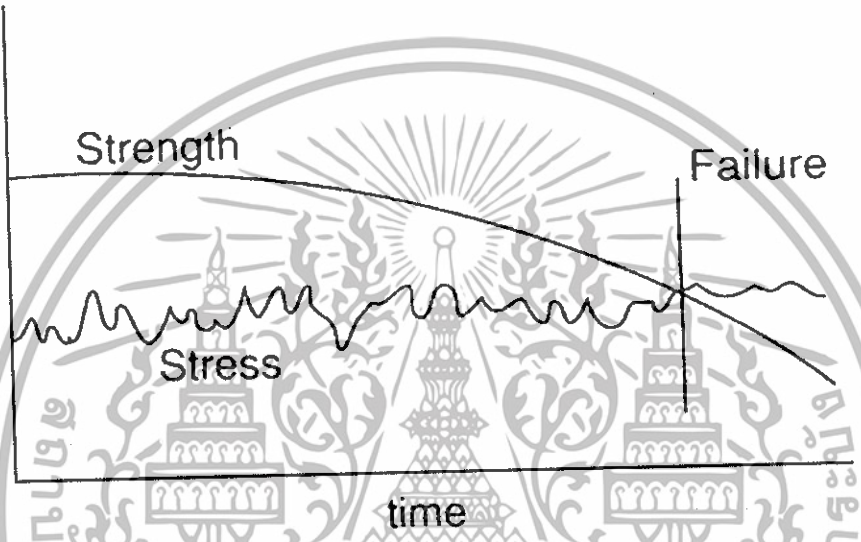
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และหาสาเหตุหลักของการเสื่อมสภาพเพื่อทำการแก้ไข จึงต้องศึกษาเพื่อให้ทราบถึงประเภทของการเสื่อมสภาพและลดกลไกของการสึกหรอ

3.9.1 ประเภทของการเสื่อมสภาพ

ประเภทของการเสื่อมสภาพอาจแบ่งได้ตามลักษณะของการชำรุดได้ดังนี้

- การเสื่อมสภาพตามเวลา



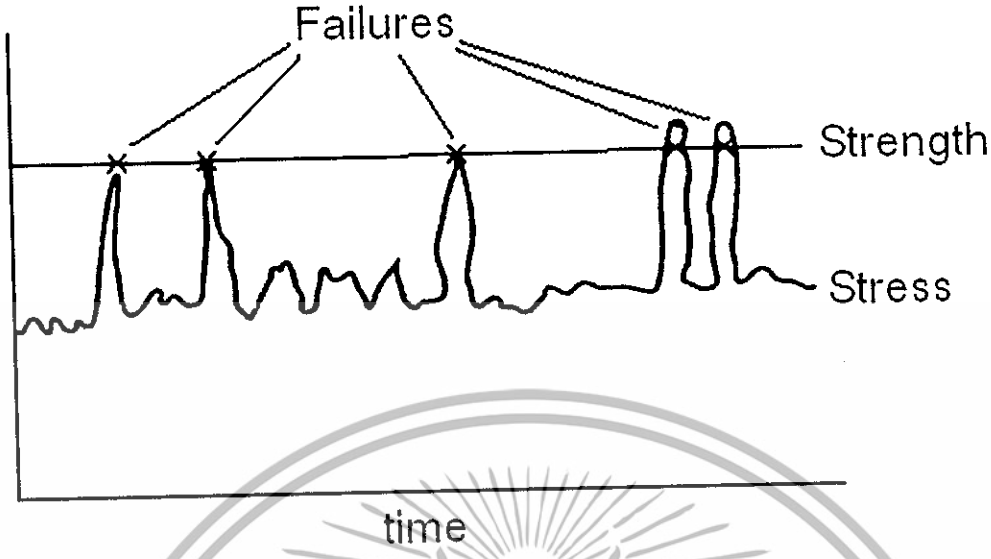
รูปที่ 3.3 แสดงการเสื่อมสภาพตามเวลา [13]

จากกราฟในรูปที่ 3.3 แสดงให้เห็นถึงลักษณะการเสื่อมสภาพของชิ้นส่วนอุปกรณ์ตามระยะเวลาการใช้งาน ซึ่งมีผลทำให้มิติ หรือขนาดของชิ้นส่วนเปลี่ยนแปลงไปมีผลทำให้ความแข็งแรงของชิ้นส่วนดังกล่าวมีค่าลดลงไปตามเวลาใช้งาน และสุดท้ายเมื่อค่าความแข็งแรงลดลงจนใกล้ หรือต่ำกว่าค่าภาระการใช้งาน ก็จะเป็นจุดที่เส้นกราฟ 2 เส้นมาบรรจบกันซึ่งเป็นจุดที่ชิ้นส่วนชำรุด หรือแตกหักเสียหาย

- การเสื่อมสภาพที่ขึ้นกับเวลา

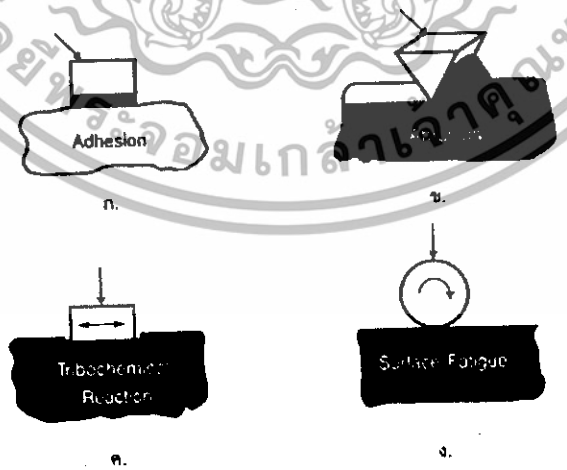
ในการเสื่อมสภาพจนชำรุดในลักษณะนี้เป็นการชำรุด โดยไม่เกี่ยวกับช่วงระยะเวลาที่ใช้งาน อาจจะเป็นช่วงเวลาสั้น ๆ ก็มีผลทำให้เกิดการชำรุดได้ (การชำรุดแบบทันทีทันใด) ซึ่งกรณีนี้ตรงข้ามกับกรณีแรก หากดูจากกราฟรูปที่ 3.4 จะเห็นว่าค่าอัตราระหว่างค่าความแข็งแรงของวัสดุต่อภาระใช้งานซึ่งเรียกว่า “ปัจจัยความปลอดภัย” โดยทั่วไปวิศวกรออกแบบมักกำหนดให้มีค่ามากกว่า 1 หากแต่ว่าเมื่อใดที่มีการใช้เครื่องจักรผิดวิธี ก็จะทำให้ภาระที่กระทำต่อชิ้นส่วนดังกล่าวพุ่งขึ้นสูงมากจนไปบรรจบกับค่าความแข็งแรงของวัสดุ จนทำให้วัสดุทนภาระดังกล่าวไม่ได้ และเกิดการชำรุดหรือแตกหักในที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงการเสื่อมสภาพที่ไม่ขึ้นกับเวลา [13]

จากทั้งสองหัวข้อ คือ การชำรุดหรือการเสื่อมสภาพตามเวลา มักจะเกี่ยวข้องกับการสึกหรอ ส่วนการชำรุดแบบไม่ขึ้นกับเวลา จะเกี่ยวข้องกับการแตกหัก ในการป้องกันการสึกหรอจำเป็นที่วิศวกรบำรุงรักษาต้องเข้าใจเสียก่อนว่า การสึกหรอของชิ้นส่วนของเครื่องจักรมีรูปแบบหรือกลไกการสึกหรืออย่างใดบ้าง แล้วจึงสามารถหาแนวทางดำเนินการป้องกันการเสื่อมสภาพได้ ตามมาตรฐานด้านอุตสาหกรรมของประเทศเยอรมันหมายเลข 50320 (DIN 50320) ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันว่าแบ่งกลไกการสึกหรอไว้อย่างเหมาะสม 4 รูปแบบดังรูปที่ 3.5



ก. กลไกการสึกหรอแบบยึดเกาะ
ข. กลไกการสึกหรอแบบบูดบี้ค
ค. กลไกการสึกหรอแบบไทรโบเคมีคอล
ง. กลไกการสึกหรอแบบล้าผิว

รูปที่ 3.5 แสดงกลการสึกหรอแบบต่าง ๆ [13]

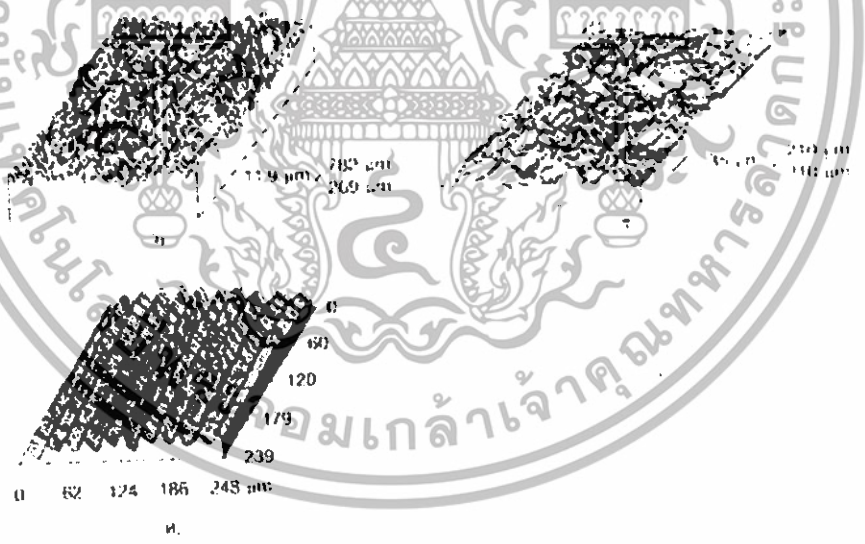
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9.2 การจำแนกกลไกการสึกหรอ

ก่อนจะกล่าวถึงกลไกการสึกหรอ จะอธิบายโดยสังเขปว่าเพราะเหตุใดจึงเกิดการสึกหรอขึ้น ทั้ง ๆ ที่มีบ้างคนแย้งว่าเครื่องจักรหรือชิ้นส่วนเครื่องจักรไม่ควรเกิดการสึกหรอเพราะไม่ได้ใช้งานให้ภาระหรือความเค้น ไม่มากเกินไปกว่าค่าความแข็งแรงของวัสดุซึ่งก็คือ วิศวกรออกแบบไว้ให้มีค่าปัจจัยความปลอดภัย แต่สุดท้ายชิ้นส่วนก็ยังสึกหรอและแตกหักตามเวลา เหตุที่สามารถอธิบายได้คือ การที่วิศวกรออกแบบคำนวณค่าความเค้นไว้คือ

$$\text{ความเค้น} = \frac{\text{แรงที่กระทำ}}{\text{พื้นที่รับแรงกระทำ}}$$

โดยที่พื้นที่รับแรงกระทำ จะเป็นการใช้ค่าพื้นที่รับแรงแรงกระทำเรามองเห็น หรือวัดได้ แต่แท้ที่จริงแล้วพื้นที่ดังกล่าวอยู่บนสมมติฐานที่ว่า พื้นผิวชิ้นงานมีความเรียบ และรับสัมผัสเต็มหน้าสัมผัส หากทว่าในระดับจุลภาคแล้วมนุษย์ไม่สามารถทำให้เกิดผิวเรียบของผิวดังกล่าวได้ ในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงพื้นผิวที่แท้จริงในระดับจุลภาค [13]

จะเห็นได้ว่าเมื่อหาค่าความเค้นในระดับจุลภาคแล้ว จะให้ค่าความเค้นที่แท้จริงที่เกิดขึ้นมีค่าสูงมากเกินค่าความแข็งแรงของวัสดุ โดยที่ยอดแหลม ๆ ที่เห็นจากภาพขยายของผิวงาน เมื่อมีการสัมผัสกันของชิ้นงานจุดที่รับภาระจริงในระดับจุลภาคคือ Aserties ซึ่งมีพื้นที่เล็ก ๆ และเมื่อค่าภาระสูงเกินค่าความแข็งแรง เหล่านี้จะเสียรูปและยุบตัวโดยฉาวรขณะที่ชิ้นส่วนเหล่านั้นหยุด

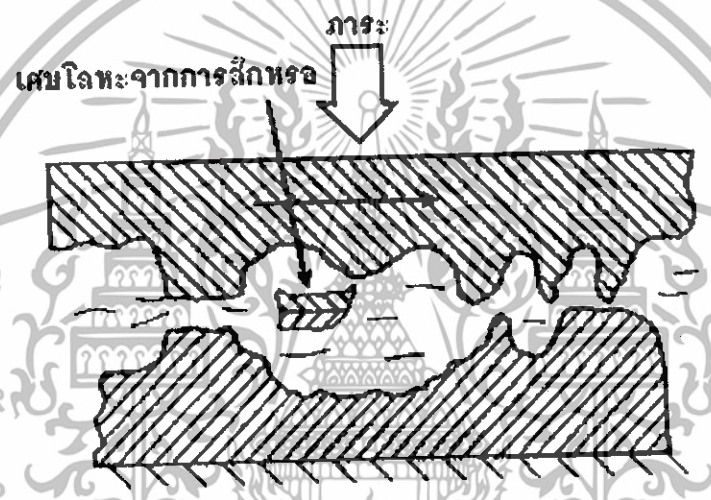
เอกสารนี้ ... ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นิ่ง เมื่อเริ่มมีการเคลื่อนที่ Asperitires ที่เสียรูปโดยถาวรดังกล่าวจะถูกเฉือนออกไป และกลายไปเป็นเศษโลหะจากการสึกหรอที่ปะปนอยู่ในน้ำมันหล่อลื่นนั้นเอง ดังนั้นไม่ว่าจะใช้ภาระต่ำหรือสูง ก็จะทำให้เกิดการสึกหรอเสมอโดยทั่วไปเราสามารถจำแนกการสึกหรอได้เป็น 4 กลไก คือ

1. กลไกการสึกหรอแบบยึดติด

เป็นกลไกที่เกิดขึ้นจากที่มีการเกิดการพันธะยึดติดกันเอง และมีการฉีกขาดตัวออกไปของพันธะที่เกิดขึ้นในขณะที่ชิ้นงานมีการเคลื่อนที่ ลักษณะการเกิดการสึกหรอแบบยึดติดแสดง ในรูปที่ 3.7

โดยสาเหตุที่เร่งให้เกิดการสึกหรอแบบยึดติด คือ สารหล่อลื่นมีความหนืดน้อยเกินไป ภาระมีค่าสูงมากเกินไปจนสารหล่อลื่นรับไม่ได้หรือใช้ความเร็วต่ำเกินไป

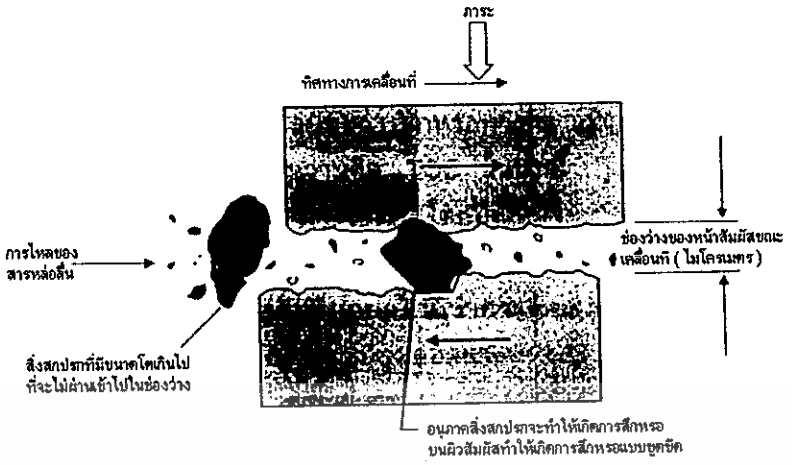


รูปที่ 3.7 แสดงลักษณะการสึกหรอแบบยึดติด [13]

2. การสึกหรอแบบขูดขีด

เป็นการสึกหรอที่เกิดขึ้นจากการที่เนื้อวัสดุถูกเฉือนออกไปจากการถูกขีด โดยสสารที่มีความแข็งสูงมาก เช่น ฝุ่นละออง หรือกากเพชร เป็นต้น ลักษณะของการสึกหรอประเภทนี้ดังรูปที่ 3.8 การเร่งให้เกิดการสึกหรอประเภทนี้ คือ การใช้สารสึกหรอที่สกปรก การชุบแข็งผิวสัมผัสที่มีความแข็งแตกต่างกันมากเกินไป

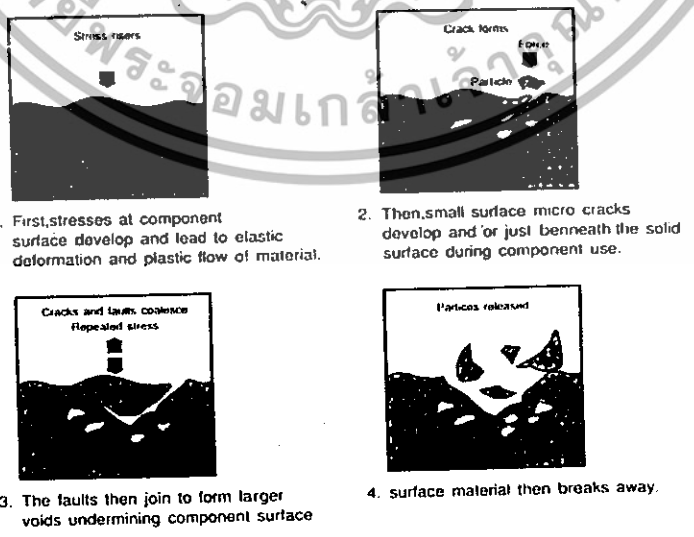
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 แสดงลักษณะการสึกหรอแบบขูดขีด [13]

3. การสึกหรอจากการล้าตัวของวัสดุ

เป็นการล้าตัวและเกิดรอยแตกหรือเป็นหลุมบนผิวหน้าสุดของบริเวณที่มีการล้าตัว ทั้งนี้เนื่องมาจากว่าชิ้นงานมีการรับภาระเป็นวงรอบ การล้าตัวของวัสดุจะมีโอกาสเกิดขึ้นน้อยมาก หากชิ้นงานรับภาระเพียงการกดหรือการดึงเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง แต่จะมีโอกาสเกิดการล้าตัวได้เร็วมาก ๆ หากมีการรับภาระสลับไปมาระหว่างการดึงกับการกด ซึ่งผลท้ายที่สุดจะส่งผลให้ผิววัสดุหลุดร่อนออกไปและทำให้มีรอยการสึกหรอหลงเหลือไว้บนชิ้นงาน ลักษณะการเกิดการล้าตัวอีกแบบหนึ่ง เกิดจากการมีสิ่งสกปรกอยู่ในสารหล่อลื่นและทำให้เกิดรอยกดขึ้นบนผิวชิ้นงานก่อนและเมื่อใช้ไปนานๆ รอยแตกจะค่อย ๆ แพร่กระจายออกไปเป็นรอยแตก เนื่องจากน้ำมันล่อลื่นเข้าไปอยู่ในรอยกดนั้นๆ ครั้งแล้วครั้งเล่า และเกิดเป็นหลุมในที่สุดดังแสดงในรูปที่ 3.9



1. First,stresses at component surface develop and lead to elastic deformation and plastic flow of material.

2. Then,small surface micro cracks develop and or just benneath the solid surface during component use.

3. The faults then join to form larger voids undermining component surface

4. surface material then breaks away.

รูปที่ 3.9 แสดงลักษณะการสึกหรอแบบล้าตัว [13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การสึกหรอแบบปฏิกิริยาไทรโบเคมี

บางครั้งถูกเรียกว่า "การสึกหรอแบบไป ๆ กลับ ๆ หรือเฟรตติ้ง" มีความหมายเบื้องต้นคือการที่ชิ้นงานต้องมีการขัดสี และเกิดผลพวงจากปฏิกิริยาเคมี โดยเฉพาะอย่างยิ่ง "ปฏิกิริยาออกซิเดชั่น" สามารถอธิบายได้โดยง่าย ๆ จากการเกิดไทรโบเคมิคอลรีแอคชั่นที่ข้อต่อโซ่ จะมีผลทำให้บริเวณข้อต่อโซ่ดังกล่าวมีการสึกหรอแบบยึดติด เมื่อมีการใช่งานจะทำให้บริเวณข้อต่อโซ่มีการเสียดสีกัน ก่อให้เกิดเศษเหล็กตรงจุดนั้น ผนวกเข้ากับเกิดความร้อนจากการเสียดสี ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเคมี โดยที่ผงเหล็กที่เกิดขึ้นก็เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีเช่นกัน เพราะเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวให้ออกซิเจนในอากาศ สามารถทำปฏิกิริยาได้ง่ายขึ้น เมื่อมีองค์ประกอบหลัก คือ เศษเหล็ก ความร้อน ความชื้น และออกซิเจน ซึ่งจะทำให้เกิดสนิมเหล็ก และสนิมเหล็กจะมีคุณสมบัติคล้าย ๆ กับฝุ่นละออง คือ มีความแข็งแต่เปราะและจะทำให้เกิดรอยขูด ตรงบริเวรข้อต่อโซ่ตามมาจนทำให้ข้อต่อโซ่มีขนาดลดลงและทนภาระไม่ได้ในที่สุดก็จะขาดชำรุด นอกจากโซ่แล้ว อาจจะเกิดขึ้นกับกลไกเกี่ยวกับเพลาได้ เฟืองแบบเลื่อย เป็นต้น

3.10 การปนเปื้อน และการเสื่อมสภาพของน้ำมันหล่อลื่น [17]

3.10.1 การปนเปื้อนของน้ำมันหล่อลื่น

การปนเปื้อน หมายถึง การที่มีวัสดุที่ไม่ต้องการหรือสารปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่น สารปนเปื้อนที่พบโดยทั่วไปมีอยู่ 7 ชนิด คือ

1. สารสึกหรอ หมายถึง สารซึ่งถ้ามีอยู่จะแสดงการสึกหรอของชิ้นส่วน สารสึกหรอเหล่านี้รวมถึง ทองแดง, เหล็ก, โครเมียม, อะลูมิเนียม, ตะกั่ว, ดีบุก, โมลิบดินัม, นิกเกิล, และแมกนีเซียม

2. ฝุ่นผง และเขม่า ฝุ่นผงสามารถเข้าไปในห้องเพลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์โดยที่อากาศสกปรกเข้าไปในกระบอกสูบที่ซึ่งฝุ่นผงจะเข้าไปติดกับฟิล์มของน้ำมัน และถูกขูดลงจากผนังกระบอกสูบ ฝุ่นผงยังคงสามารถเข้าไปโดยผ่านทางช่องทางระบายอากาศของห้องเพลาข้อเหวี่ยงที่บกพร่องหรือดูแลไม่ดี เขม่าเป็นเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้บางส่วน ไส้กรองอากาศที่สกปรก และต่อมามีควันดำจากไอเสียแสดงว่ามีเขม่าเกิดขึ้น เมื่อเขม่าผ่านแหวน และเข้าไปในอ่างน้ำมันก็จะทำให้น้ำมันเครื่องมีสีดำ

3. น้ำมันเชื้อเพลิง การสึกหรอของปั๊มหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงหรือรูปร่างของน้ำมันที่ฉีดจากหัวฉีดบกพร่อง สามารถทำให้น้ำมันเชื้อเพลิงเข้าไปในห้องเพลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์ได้ และไปเจือจางในน้ำมันหล่อลื่น

4. น้ำ เป็นผลของการเผาไหม้ และโดยทั่วไปแล้วจะถูกขับออกจากเครื่องยนต์โดยผ่านทางท่อไอเสียหรือเป็นไอน้ำออกไปทางช่องระบายของเพลาข้อเหวี่ยง แต่อย่างไรก็ตามถ้าอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่ำกว่าอุณหภูมิทำงานตามปกติ ภาระที่ลดลงหรือช่วงเดินเบาที่ยาวจะทำให้เปอร์เซ็นต์ของน้ำในน้ำมันหล่อลื่นเพิ่มขึ้น

5. เอทิลกลีโคลหรือสารกันเยือกแข็ง การรั่วภายในระบบหล่อเย็นจะทำให้สารหล่อเย็นที่มีสารกันเยือกแข็งเข้าไปในน้ำมันหล่อลื่นได้

6. ผลที่เกิดจากการเผาไหม้กำมะถัน กำมะถันมีอยู่ในน้ำมันเชื้อเพลิงหลังการกลั่น และเมื่อเผาไหม้ในกระบวนการเผาไหม้จะทำให้เกิดซัลเฟอร์ไทรออกไซด์ และน้ำซึ่งเป็นผลของการเผาไหม้เช่นเดียวกันเข้าไปในห้องเพลาข้อเหวี่ยง ซึ่งจะผสมกับวัลเฟอร์ไทรออกไซด์กลายสภาพเป็นกรดกำมะถัน

7. ผลที่เกิดจากการออกซิเดชัน การเกิดออกซิเดชันในน้ำมันจะเกิดเร็วขึ้นในอุณหภูมิการทำงานของเครื่องยนต์สูง ซึ่งทำให้น้ำมันข้นขึ้น และทำให้เกิดสารตกค้างในรูปของวาร์นิชและแลกเกอร์

3.10.2 การเสื่อมสภาพของน้ำมันหล่อลื่น

นอกจากสารปนเปื้อนแล้ว ยังมีปัจจัยอื่นในการทำงานซึ่งไปลดประสิทธิผลโดยรวมของน้ำมันหล่อลื่น ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ไม่ได้ทำให้น้ำมันหล่อลื่นปนเปื้อนโดยตรง แต่จะช่วยทำให้เกิดการเสื่อมสภาพหรือทำให้น้ำมันเสีย โดยจะแบ่งเป็นปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

1. อุณหภูมิสารหล่อเย็นเครื่องยนต์ต่ำ อุณหภูมิสารหล่อเย็นต่ำมีผลต่อการเกิดกรดที่กัดกร่อนในห้องเพลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์ อุณหภูมิการทำงานของเครื่องยนต์ต่ำจะไปลดปริมาณของไอน้ำที่ออกมาจากห้องเพลาข้อเหวี่ยง จึงเป็นสาเหตุของการเพิ่มปริมาณน้ำที่ไปทำให้เกิดกรดกำมะถันในน้ำมันหล่อลื่น เมื่อใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีปริมาณกำมะถัน 0.5 % หรือน้อยกว่า และอุณหภูมิทำงานของเครื่องยนต์ต่ำกว่า 80 °C จะทำให้เกิดกรดและทำให้เกิดการกัดกร่อน

2. ความชื้นสูง เมื่อเครื่องยนต์ทำงานภายใต้สภาวะความชื้นสูงก็จะมีปริมาณน้ำในอากาศซึ่งสามารถเพิ่มกรดในน้ำมันหล่อลื่นได้

3. ภาระของเครื่องยนต์ ภาระของเครื่องยนต์จะมีบทบาทที่สำคัญในการเสื่อมสภาพของน้ำมันหล่อลื่น เครื่องยนต์ที่ทำงานด้วยความเร็วรอบ และภาระที่มีความเหมาะสมจะทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับระบบหล่อลื่น และระบบหล่อเย็นของเครื่องยนต์ ถ้าภาระถูกลดลงในขณะที่เครื่องยนต์ยังทำงานด้วยความเร็วรอบที่กำหนดระบบหล่อลื่น และระบบหล่อเย็นก็จะยังคงทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ แต่เครื่องยนต์อาจถูกหล่อเย็นมากเกินไป ซึ่งมีผลต่ออัตราการสึกหรอของลูกสูบ, แหวน และปลอกสูบ ทำให้การรั่วของแก๊สผ่านลูกสูบหรือโบลว์บายมากขึ้น

4. น้ำมันเชื้อเพลิงเกรดต่ำ น้ำมันเชื้อเพลิงที่ไม่ได้ผ่านการกลั่นมาอย่างดีสามารถทำให้เครื่องยนต์เสียหายได้ เนื่องจากส่วนที่หนักของเชื้อเพลิงไม่สามารถเผาไหม้ได้หมดในวงจรการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซลหมุนเร็ว จึงทำให้เกิดเขม่าและสารตกค้างในน้ำมันหล่อลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดที่เกี่ยวกับอุปกรณ์การวัดค่า และอุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ในการทดลอง รวมทั้งวิธีการทดลองหาค่าต่างๆ ทางด้านสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลทั้งก่อนและหลังทดลองให้เครื่องยนต์ทำงานระยะยาว ซึ่งใช้น้ำมันปาล์มผสม และไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในการทดลอง

4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

4.1.1 เครื่องยนต์

เครื่องยนต์ที่ทดสอบเป็นเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ แบบมีห้องเผาไหม้ช่วยยี่ห้อ Yanmar - TF 85- LM แสดงในรูปที่ 4.1 รายละเอียดของข้อมูลของเครื่องยนต์แสดงในตารางที่ 4.1

รูปที่ 4.1 เครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก แบบ 1 สูบ Yanmar TF - 85 LM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลของเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องยนต์	Yanmar TF - 85 LM
ระบบเผาไหม้	มีห้องเผาไหม้ช่วย
จำนวนลูกสูบ	1
ความโตกระบอกสูบ X ช่วงชัก	85 X 87 มิลลิเมตร
ความจุ	0.493 ลิตร
กำลังม้าสูงสุด (แรงม้า)	8.5/2200 รอบต่อนาที
กำลังม้าต่อเนื่อง	7.5/2200 รอบต่อนาที
อัตราส่วนการอัด	22.4
ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	195 กรัม/แรงม้า-ชั่วโมง
ทิศทางการหมุนของเพลาข้อเหวี่ยง	ทวนเข็มนาฬิกาด้านล้อช่วยแรง
น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้	น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว
ระยะเวลาการฉีดน้ำมัน	ก่อนศูนย์ตายบน 13 องศา
ความจุถังน้ำมันเชื้อเพลิง	10.5 ลิตร
ระบบระบายความร้อน	หม้อน้ำแบบรังผึ้ง

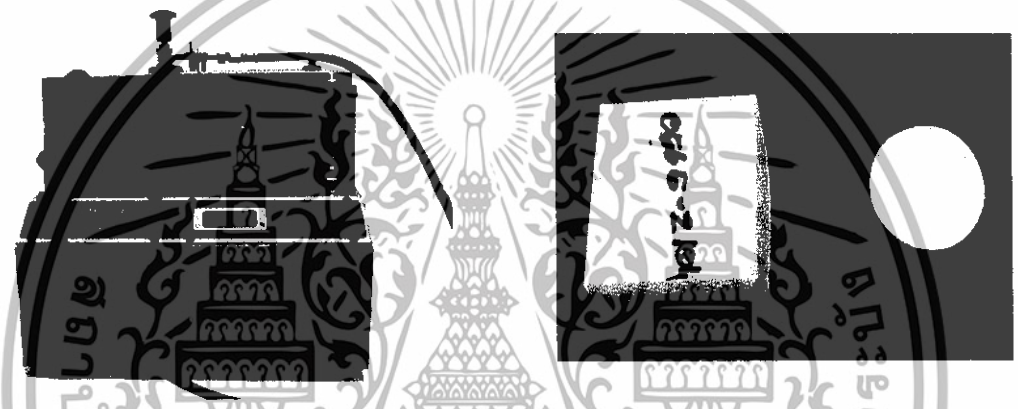
4.1.2 ไดนาโมมิเตอร์ ชนิด Eddy Current

รูปที่ 4.2 ไดนาโมมิเตอร์ที่ใช้ทดสอบ ชนิด Eddy Current

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไดนาโมมิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองเป็นไดนาโมมิเตอร์ชนิด Eddy Current ยี่ห้อ JICA รุ่น FD-60-LC กำลังสูงสุด 60 PS/3000 rpm แรงบิดสูงสุด 14.3 kg-m ความแม่นยำในการวัดแรงบิด ±0.1 ของค่าเต็มสเกล อัตราเร็วสูงสุด 9,000 รอบต่อนาที ควบคุมการทำงานด้วย Unit control รุ่น 301 เครื่องยนต์จะถูกนำมาต่อเข้ากับไดนาโมมิเตอร์ โดยใช้หน้าแปลนที่ติดอยู่กับเพลาซึ่งเชื่อมต่อร่วมกับ Universal Joint 2 ชุด ความเร็วรอบเครื่องยนต์วัดได้จาก เซ็นเซอร์วัดความเร็วที่ไดนาไมมิเตอร์ ความแม่นยำในการวัดความเร็วแบบดิจิตอลคือ ±1รอบต่อนาที แสดงในรูปที่ 4.2

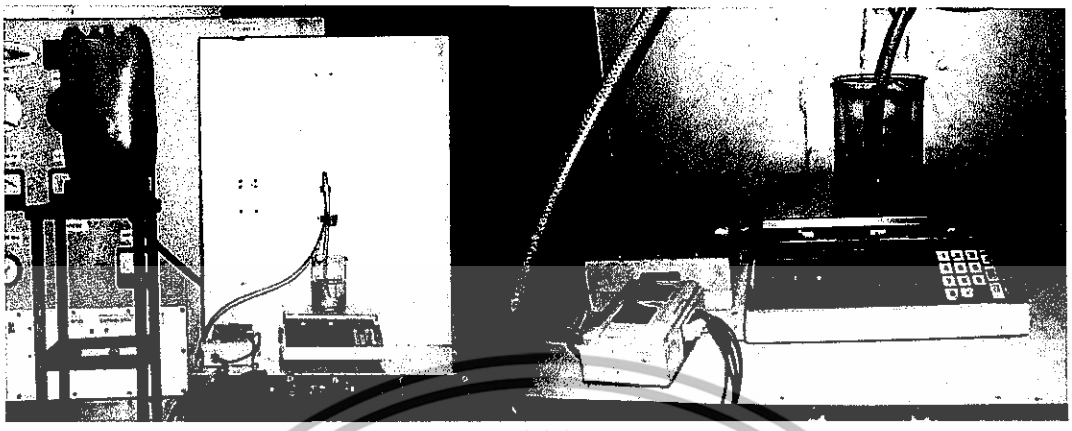
4.1.3 เครื่องวัดความเข้มของไอเสีย



รูปที่ 4.3 อุปกรณ์สำหรับตรวจวัดความเข้มไอเสีย และกระดาษที่ใช้ตรวจวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 ชุดวัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง



รูปที่ 4.4 อุปกรณ์วัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

เครื่องวัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ประกอบด้วย ตราชั่งแบบดิจิตอล ความละเอียด 0.1 g รับน้ำหนักได้สูงสุด 3 kg , Timer ใช้เป็นตัวควบคุมการเปิด - ปิดวาล์ว และกำหนดเวลาในการวัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง และบิกเกอร์ขนาด 500 ml. การทำงานให้กดปุ่มซ้ายมือซึ่งเป็นนาฬิกาจับเวลา และสวิทซ์เปิด - ปิด Solenoid Valve ที่ต่อกับวาล์ว 3 ทาง เมื่อกดปุ่ม Solenoid Valve จะปิดทางเดินน้ำมันที่มาจากถังน้ำมัน และจะเปิดวาล์วด้านที่ต่อกับบิกเกอร์บนเครื่องชั่งแทน ซึ่งจะทำการจับเวลาทั้งหมด 70 วินาที จากนั้นให้อ่านค่ามวลของน้ำมันที่ใช้ไป

4.1.5 เครื่องวัดอุณหภูมิไอเสีย และอุณหภูมิของน้ำมันเครื่อง

การวัดอุณหภูมิในระบบใช้ Thermocouple ชนิด type K จำนวน 2 ตัว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.2 mm และ 2 mm ใช้ร่วมกับ Temperature indicator และ Temperature switch ยี่ห้อ DIGICON ซึ่งมีการแสดงผลเป็นระบบ zero blanking ความแม่นยำ ±0.5% ของค่าเต็มสเกล ± 1 หลัก

1. อุณหภูมิของไอเสีย ตำแหน่งการติดตั้ง Thermocouple ขนาด 6.2 mm อยู่ที่ไอเสียออกจากเครื่องยนต์ห่างจากฝาสูบ 9 cm ก่อนเข้าหม้อพักท่อไอเสีย

2. อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น ตำแหน่งติดตัง Thermocouple ขนาด 2 mm ติดตั้งผ่านช่องเสียบก้านวัดน้ำมันหล่อลื่นเข้าไปที่อ่างน้ำมันหล่อลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.5 เครื่องวัดอุณหภูมิไอเสีย และอุณหภูมิของน้ำมันเครื่อง

4.1.6 แท่นทดสอบชนิดใบพัด สำหรับสร้างภาระจำลองให้เครื่องยนต์

รูปที่ 4.6 แท่นทดสอบชนิดใบพัด

รูปที่ 4.6 แสดงแท่นทดสอบแบบใบพัด ซึ่งใช้ในการทดสอบเป็นระยะเวลานาน ในการทดสอบเราจะติดเครื่องทดสอบเข้ากับแท่นทดสอบโดยใช้สายพานวีขนาด 14 นิ้วเป็นตัวโยงไปหาเพลาของใบพัด และติดเครื่องทดสอบเป็นเวลา 500 ชั่วโมง โดยภาระที่ให้กับเครื่องทดสอบจะมีค่าเท่ากับ 600 kPa โดยประมาณ เราจะวัดเทียบกับอุณหภูมิไอเสียของเครื่องทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.7 น้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับใช้ทดลอง

แบ่งออกเป็น 2ชนิด คือ

1. น้ำมันปาล์มดิบผสม
2. ไบโอดีเซล

(ก) (ข)

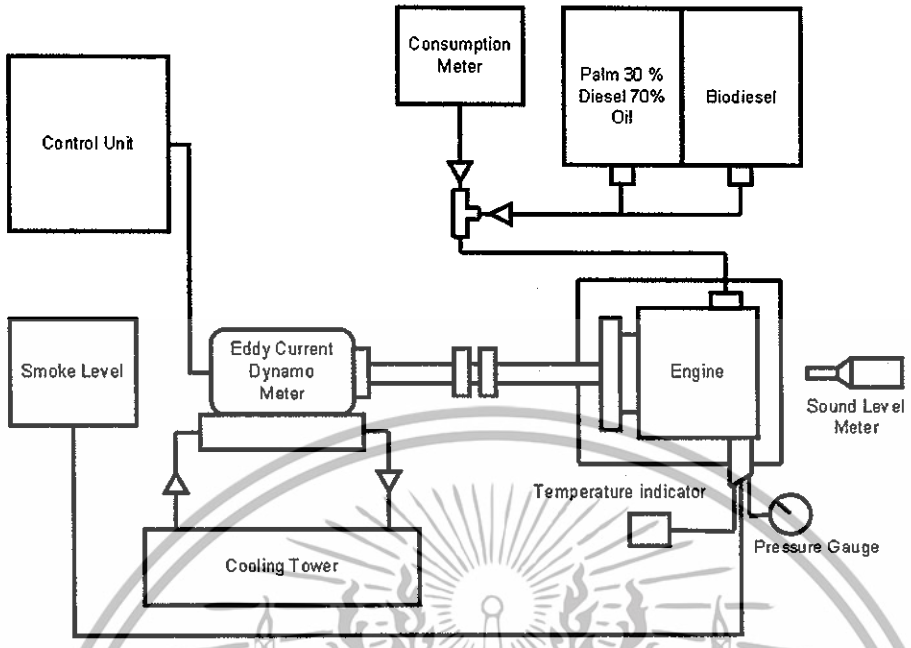
รูปที่ 4.7 แสดงน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบ (ก) น้ำมันปาล์มดิบผสม (ข) ไบโอดีเซล

4.1.8 แผนผังอุปกรณ์ และการติดตั้ง

ชุดอุปกรณ์ในการติดตั้งการทดสอบเครื่องยนต์มีรายละเอียดดังต่อ ไปนี

1. Diesel engine
2. Dynamometer (Eddy current)
3. Control unit
4. Smoke level
5. Pressure gauge
6. Fuel consumption meter
7. Timing light
8. Thermocouple
9. Temperature switch
10. Temperature indicator
11. Compressor
12. Sound level meter
13. Fuel tank (Palm 30% blend Diesel 70%, Biodiesel)
14. Injection pressure gauge

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 แผนผังอุปกรณ์ และการติดตั้งสำหรับการทดสอบ

4.2 ขั้นตอนการทดลอง

ในการดำเนินงานครั้งนี้ ได้แบ่งขั้นตอนการทดสอบออกเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ ดังต่อไปนี้.-

4.2.1 การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์

ตารางที่ 4.2 แสดงเงื่อนไขที่ใช้ในการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์

สมรรถนะ	กำลัง และแรงบิด, อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง, ควันดำ และอุณหภูมิไอเสีย
น้ำมันเชื้อเพลิง	ปาล์มดิบผสม, ไบโอดีเซล
ภาระ (kPa)	300, 400, 500, 600
ความเร็วรอบ (rpm)	1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดสอบแบบกำหนดภาระโหลดคงที่

1. ติดตั้งเครื่องยนต์เข้ากับไดนาโมมิเตอร์ และอุปกรณ์ต่าง ๆ

2. ติดเครื่องยนต์ด้วยน้ำมันปาล์มดิบผสม เพื่อทำการอุ่นเครื่องยนต์ที่รอบเดินเบาทิ้งไว้ประมาณ 15 นาที

3. ปรับความเร็วรอบไปที่ 1200 rpm แล้วค่อย ๆ เพิ่มภาระไปจนถึง 300 kPa จนความเร็วรอบและโหลดค่อนข้างคงที่

4. บันทึกผลอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง, อุณหภูมิไอเสีย, ความเข้มของควันดำ, อุณหภูมิน้ำมันเครื่อง และความดันน้ำมันเครื่อง

5. เปลี่ยนความเร็วรอบที่ใช้ทดลองเป็น 1400 rpm แล้วทำซ้ำขั้นตอนที่ 3 - 4 จนครบทุกความเร็วรอบตามเงื่อนไขที่กำหนด

6. เปลี่ยนภาระโหลดทดสอบเป็น 400 kPa แล้วทำซ้ำขั้นตอนที่ 3 - 5 อีกครั้ง แล้วจึงเปลี่ยนเป็น 500 และ 600 kPa ต่อไปตามลำดับ

7. เปลี่ยนน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ทดลองเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล ตามลำดับ

วิธีการทดลองเพื่อหาค่ากำลัง และแรงบิด

1. ทำตามขั้นตอน 1 - 2 ของวิธีการทดลองที่ผ่านมา

2. เร่งความเร็วรอบของเครื่องยนต์ไปที่ 2350 rpm ปล่อยภาระให้เป็นอิสระ

3. ยึดคันเร่งไว้ให้แน่น แล้วค่อย ๆ ใส่ภาระให้กับเครื่องยนต์ เพื่อให้รอบของเครื่องยนต์ลดลงเรื่อย ๆ จนเหลือ 2200, 2000, 1800, 1600, 1400 rpm ทำการบันทึกค่าภาระโหลดที่ให้กับเครื่องยนต์เมื่อถึงความเร็วรอบตามที่กำหนดเงื่อนไขไว้อย่างรวดเร็ว

4. เปลี่ยนน้ำมันที่ใช้ทดลองเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล

5. นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่ากำลัง และแรงบิดที่เครื่องยนต์สามารถทำได้

4.2.2 การทดสอบผลกระทบที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนของเครื่องยนต์

การทดสอบนี้ ใช้ใบพัดเป็นอุปกรณ์ในการสร้างภาระให้กับเครื่องยนต์ตลอดการทดสอบ โดยให้เครื่องยนต์ทำงานภายใต้ภาระจำลองเป็นเวลา 500 ชั่วโมง สำหรับน้ำมันเชื้อเพลิงแต่ละชนิด (โดย 1 วัน จะเดินเครื่อง 20 ชั่วโมง หยุดเดิน 4 ชั่วโมง เพื่อพักเครื่อง และเติมน้ำหล่อเย็น) โดยจะทำการเปลี่ยนน้ำมันเครื่องทุก ๆ 100 ชั่วโมง เมื่อเดินเครื่องครบตามเงื่อนไขที่กำหนด จะทำการเปลี่ยนลูกสูบ กระบอกสูบ และแหวนลูกสูบชุดใหม่ เพื่อนำชุดเก่าไปวัดหาการสึกหรอที่เกิดขึ้น แล้วนำไปเปรียบเทียบกับค่าที่วัดตั้งแต่ยังไม่ได้มีการใช้งาน และหลังจากการใช้งานกับน้ำมันเชื้อเพลิงในแต่ละชนิด สุดท้ายนำตัวอย่างน้ำมันเครื่องจากการทดลองไปตรวจ โดยการสุ่มเก็บตัวอย่างของน้ำมันหล่อลื่นในช่วงระหว่างการทดสอบ เพื่อนำไปตรวจหาปริมาณเศษโลหะที่อยู่ในน้ำมันเครื่อง

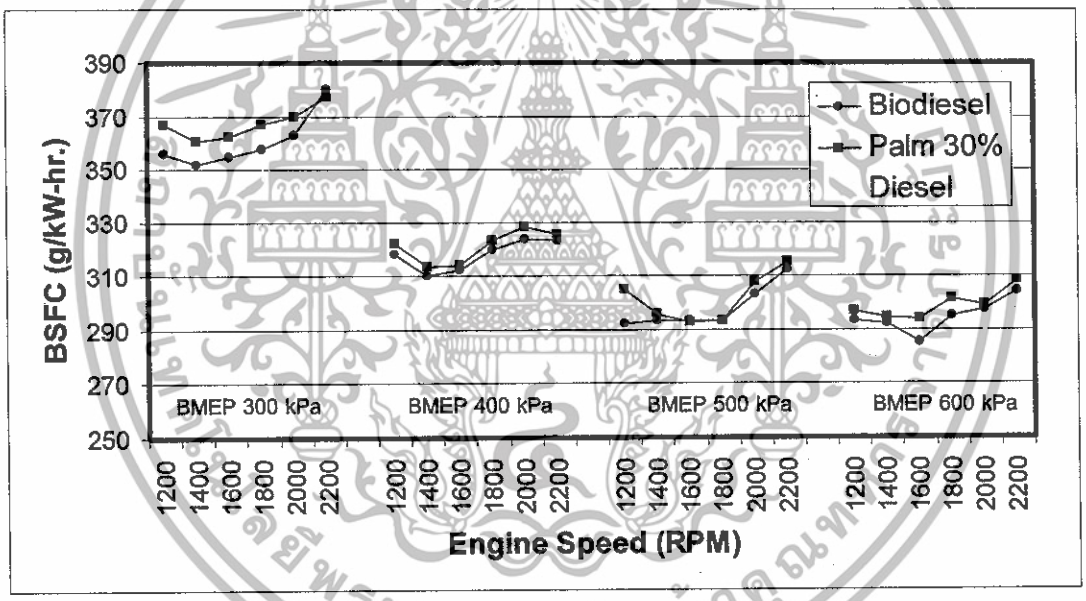
เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ผลการทดลอง และการวิเคราะห์ผล

ผลการทดลองจะแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกเป็นส่วนของผลการทดลองทางด้านสมรรถนะของเครื่องยนต์ และส่วนที่สองเป็นผลกระทบที่เกิดกับชิ้นส่วนต่าง ๆ ภายในเครื่องยนต์ภายหลังผ่านการใช้งานอย่างต่อเนื่อง

5.1 ผลการทดลองที่ได้จากการทดสอบสมรรถนะ

5.1.1 ผลการทดลองเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างน้ำมันทั้งสามชนิดก่อนการทดลองระยะยาว

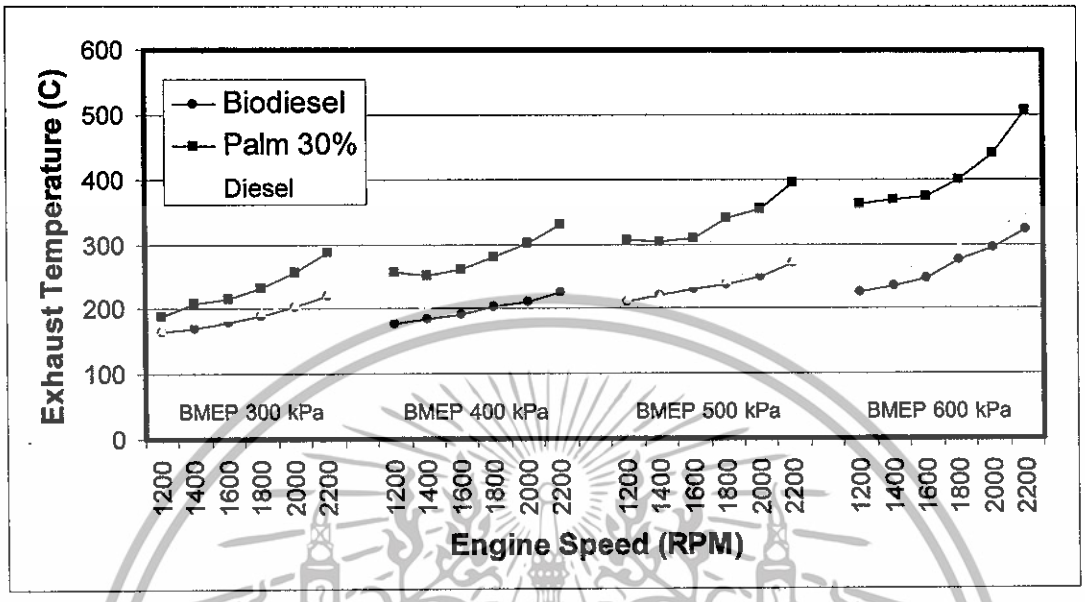


รูปที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ภาระ และความเร็วรอบต่าง ๆ

จากรูปที่ 5.1 พบว่าอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของน้ำมันปาล์มดิบผสม จะมีค่ามากกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล และน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลใน ทุก ๆ ความเร็วรอบ และทุกภาระที่ให้กับเครื่องยนต์ เนื่องมาจากค่าความร้อนของน้ำมันปาล์มดิบผสม มีค่าน้อยกว่าของน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล ดังนั้นปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้จึงต้องมากขึ้นตามสัดส่วนเพื่อให้ได้กำลังที่เท่ากัน และค่าความร้อนของน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลมีค่าสูงที่สุด จึงทำให้มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงต่ำกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่น ๆ โดยรวมแล้วน้ำมันปาล์มดิบผสม และน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซลมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน จากตัวอย่างการทดลองที่ความเร็วรอบ 2200 rpm BMEP เท่ากับ 600 kPa จะได้ค่าอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

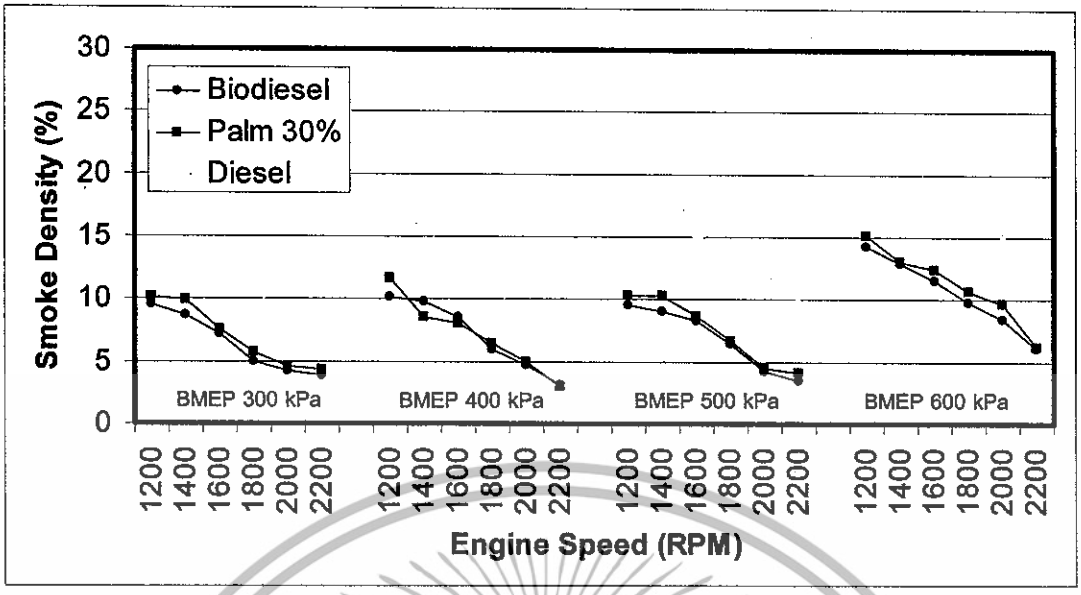
ปาล์มดิบผสม โดยปริมาตรเปรียบเทียบกับน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล และน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างได้สูงกว่าประมาณ 1.43% และ 4.19%



รูปที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของไอเสียที่ภาระ และความเร็วรอบต่าง ๆ

อุณหภูมิไอเสียของน้ำมันปาล์มดิบผสม จะมีค่าสูงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล และน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลในทุก ๆ ความเร็วรอบ และทุกภาระที่ให้กับเครื่องยนต์ เนื่องจากน้ำมันปาล์มดิบผสม ใช้ปริมาณเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ที่มากกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล และน้ำมันดีเซล ดังนั้นการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงจึงเกิดขึ้นในปริมาณที่มากกว่า ทำให้อุณหภูมิของไอเสียที่ออกมามีค่าสูงกว่า และเมื่อพิจารณาผลของน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลกับน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล จะเห็นว่าอุณหภูมิไอเสียของน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลมีค่าสูงกว่าแม้ว่าอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ต่ำกว่า ทั้งนี้เพราะว่าค่าความร้อนของน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลมีค่าสูงกว่านั่นเอง และเมื่อพิจารณาจากจุดเดียวกับกราฟแสดง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงพบว่าน้ำมันปาล์มดิบผสม มีอุณหภูมิไอเสียสูงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล และน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล คิดเป็น 57.14% และ 48.82% ตามลำดับ

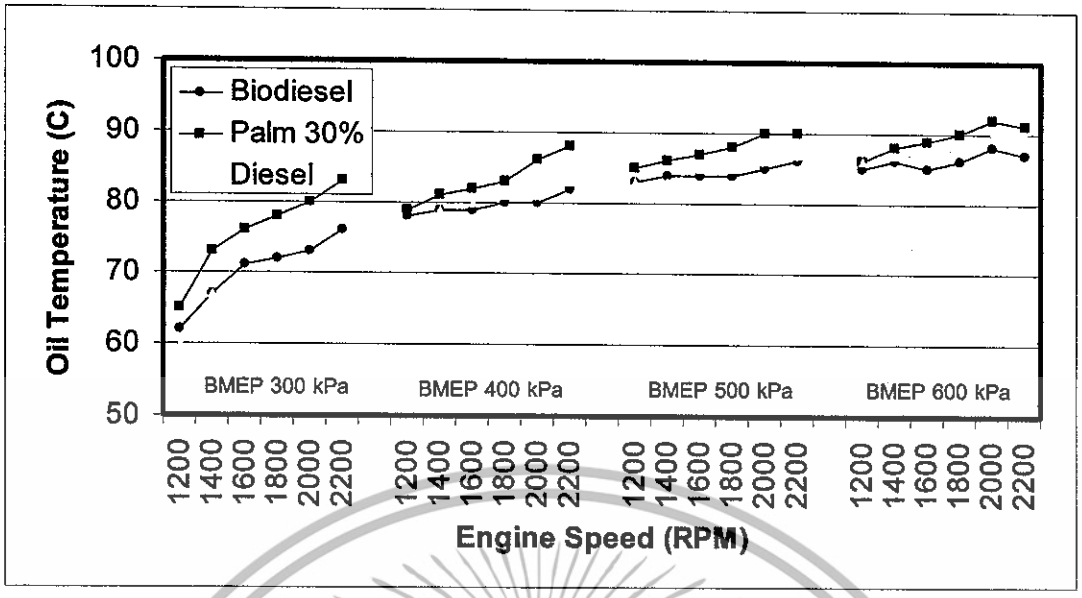
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเข้มของไอเสียที่ภาระ และความเร็วรอบต่าง ๆ

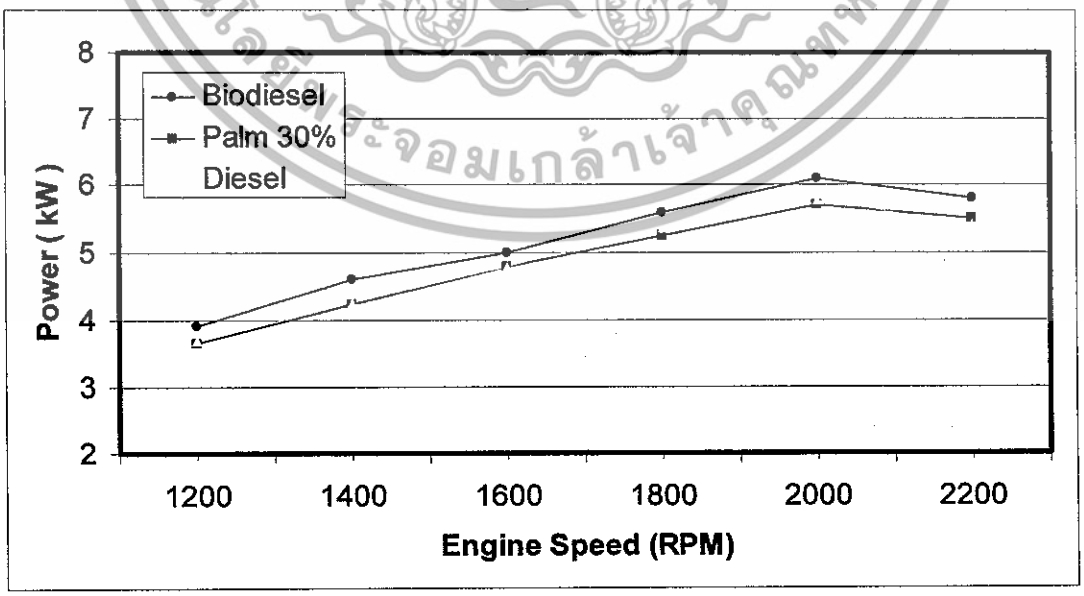
ค่าความเข้มไอเสียของน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล มีค่าสูงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล และน้ำมันน้ำมันปาล์มดิบผสม ในทุก ๆ ความเร็วรอบ และทุกภาระที่ให้กับเครื่องยนต์ และมีแนวโน้มลดลงเมื่อความเร็วรอบที่สูงขึ้น พิจารณาได้ว่าที่ความเร็วรอบต่ำ ๆ นั้นน้ำมันเชื้อเพลิงที่ออกมาจากปลายหัวฉีดยังเป็นฝอยละอองได้ไม่ดีนัก เนื่องจากความเร็วของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ออกจากปลายหัวฉีดแปรผันโดยตรงกับความเร็วรอบเครื่องยนต์ เมื่อเพิ่มความเร็วรอบให้สูงขึ้นการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นฝอยละเอียดมากขึ้น การผสมคลุกเคล้ากับอากาศสามารถทำได้ดีขึ้นการเผาไหม้จึงมีความสมบูรณ์มากกว่า อีกทั้งสารปรุงแต่งต่าง ๆ ที่มีอยู่ในน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลนั้นมีมากกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดอื่น เป็นผลต่อการเกิดควันดำโดยตรง น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลมีความเข้มไอเสียมากกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล และน้ำมันปาล์มดิบผสม คิดเป็น 121.31% และ 117.74% ตามลำดับ และน้ำมันปาล์มดิบผสม มีความเข้มไอเสียมากกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล คิดเป็น 1.63%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



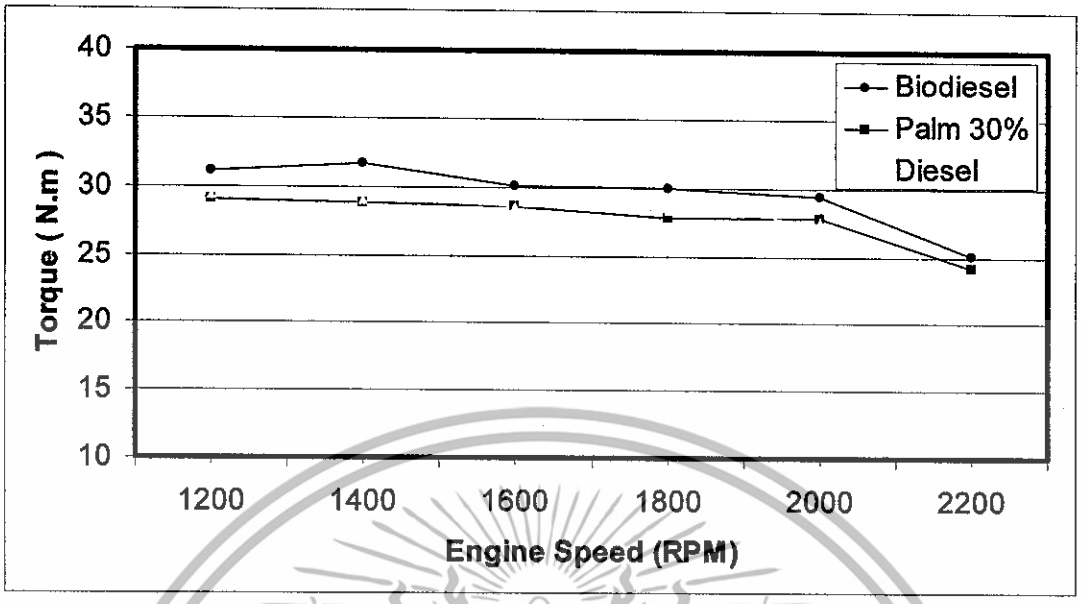
รูปที่ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของน้ำมันเครื่องที่ภาระ และความเร็วรอบต่าง ๆ

อุณหภูมิของน้ำมันเครื่องของน้ำมันเชื้อเพลิงทั้งสามชนิดมีค่าที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน แต่ละช่วงมีความแตกต่างกันเพียง 1 หรือ 2 องศาเซลเซียส ในทุก ๆ ความเร็วรอบ และทุกภาระโหลดที่ใส่ให้กับเครื่องยนต์ โดยน้ำมันปาล์มดิบผสม มีค่าสูงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดอื่น เมื่อพิจารณาจากจุดเดียวกับกราฟอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงพบว่าน้ำมันปาล์มดิบผสม มีอุณหภูมิน้ำมันเครื่องสูงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล และน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล คิดเป็น 4.59% และ 1.11% ตามลำดับ



รูปที่ 5.5 แสดงการเปรียบเทียบกำลังของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

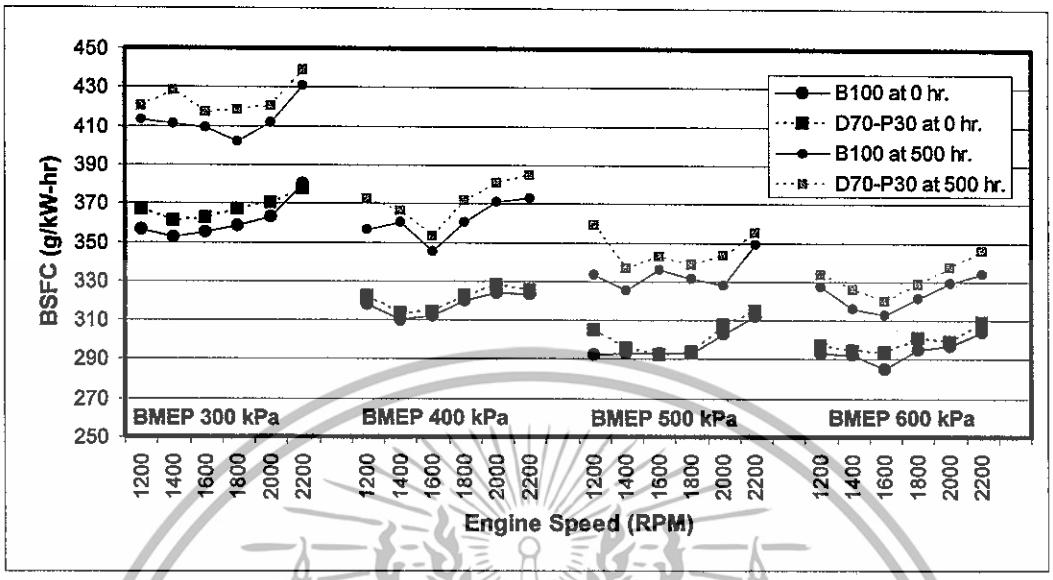


รูปที่ 5.6 แสดงการเปรียบเทียบแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ

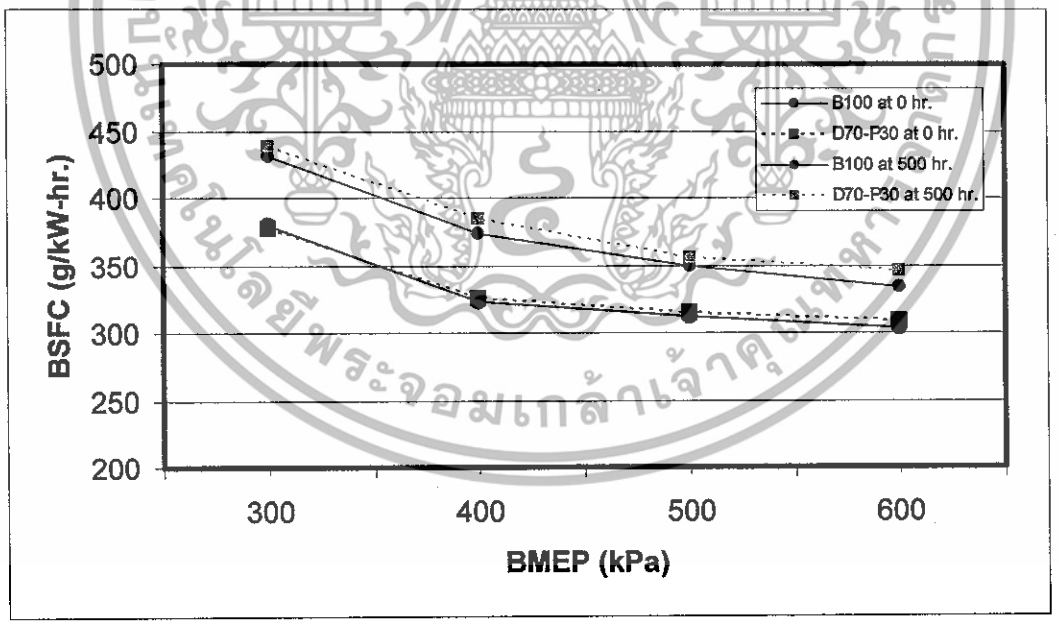
จากกราฟกำลัง และแรงบิดของเครื่องยนต์พบว่าน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล ให้กำลัง และแรงบิดที่สูงกว่าน้ำมันปาล์มดิบผสม และน้ำมันดีเซลในทุก ๆ ความเร็วรอบ โดยที่น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล และน้ำมันปาล์มดิบผสม มีค่ากำลัง และแรงบิดใกล้เคียงกัน การเปรียบเทียบกำลัง และแรงบิดที่ความเร็วรอบ 2200 rpm ของน้ำมันไบโอดีเซลมีค่าสูงกว่าเมื่อเทียบกับน้ำมันเชื้อเพลิงน้ำมันปาล์มดิบผสม เท่ากับ 5.45% และ 4.00% และสูงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล 7.20% และ 6.71% ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากค่าความหนืดที่มีอยู่ในน้ำมันเชื้อเพลิงปาล์มดิบผสม มีค่าสูงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล การสเปรย์ของน้ำมันเชื้อเพลิงที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้จึงทำได้ไม่ดี เป็นผลให้การเผาไหม้เกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ทำให้ทั้งกำลัง และแรงบิดที่ได้ลดต่ำลงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล และน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลที่มีความหนืดต่ำกว่า ส่วนน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล และน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซลนั้นแม้จะมีค่าความหนืดที่ใกล้เคียงกัน แต่เนื่องจากคุณสมบัติในการหล่อลื่นที่ดีกว่าของน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล ทำให้ช่วยลดความฝืดจากการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนต่าง ๆ ได้ดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2 ผลการทดลองเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างน้ำมันทั้งสองชนิดหลังการทดลองระยะยาว



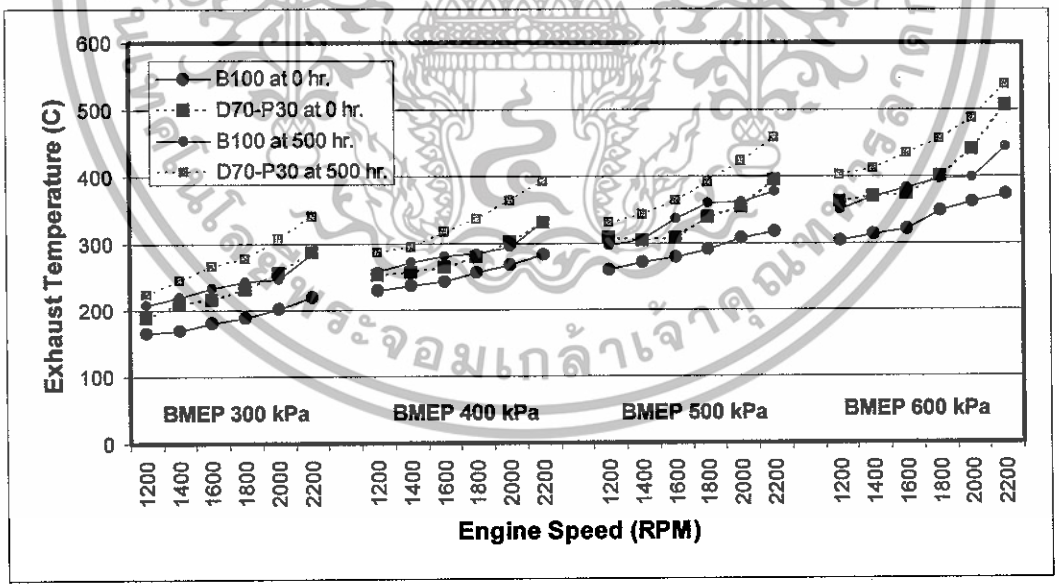
รูปที่ 5.7 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงก่อน และหลังผ่านการทดลองที่ความเร็วรอบต่างๆ



รูปที่ 5.8 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงก่อน และหลังผ่านการทดลองตามภาระที่กำหนดให้

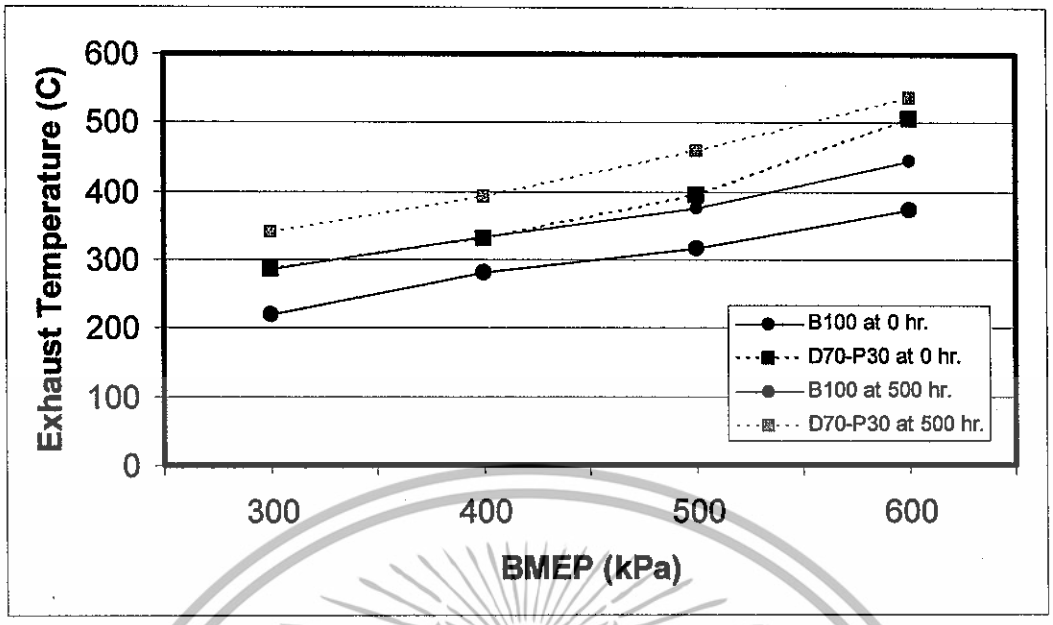
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลอง พบว่าอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสม และน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนหลังจากเครื่องยนต์ผ่านการใช้งานตามเวลาที่กำหนดในทุก ๆ ความเร็วรอบ และทุกภาระโหลด เมื่อเทียบกับสภาวะก่อนการใช้งาน จากรูปที่ 5.8 จะเห็นว่าเมื่อนำเอาอัตราการสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิงในช่วงความเร็วรอบที่ 2200 rpm มาพล็อตกราฟในทุกภาระโหลดตั้งแต่ 300 - 600 kPa เราจะเห็นว่าอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงมีอัตราลดลงตามภาระโหลดที่เพิ่มขึ้น อธิบายได้ว่าในช่วงการทำงานเริ่มต้นที่ภาระโหลดต่ำ ๆ นั้น เครื่องยนต์ยังคงมีอุณหภูมิที่ไม่สูงมากทั้งความฝืดของชิ้นส่วนต่าง ๆ ภายในเครื่องยนต์ยังคงมีอยู่มาก จึงเกิดแรงเสียดทานระหว่างชิ้นส่วนมาก ความเร็วในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงยังช้าอยู่ น้ำมันที่ถูกส่งเข้าสู่ห้องเผาไหม้จึงมีลักษณะเป็นฝอยละอองที่หยาบ ทำให้การคลุกเคล้ากับอากาศทำได้ไม่ดี เป็นผลให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์เกิดการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่สูง เมื่อเทียบกับกำลังของเครื่องยนต์ที่สามารถทำได้ในขณะนั้น และเมื่อทำการเพิ่มภาระให้กับเครื่องยนต์มากขึ้น แน่นอนว่าเครื่องยนต์ย่อมต้องการกำลังที่มากขึ้นเพื่อใช้ขับภาระที่เพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากความเร็วในการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงมีความเร็วที่สูงขึ้นการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้มีความเร็วมากตามไปด้วย ทำให้น้ำมันเกิดเป็นฝอยละอองที่ดีขึ้นการเผาไหม้เกิดได้สมบูรณ์กว่า และเครื่องยนต์มีอุณหภูมิทำงานที่เหมาะสม ความฝืดที่เกิดจากแรงเสียดทานของชิ้นส่วนจึงลดน้อยลง



รูปที่ 5.9 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิไอเสีย ก่อน และหลังผ่านการทดลองที่ความเร็วรอบต่างๆ

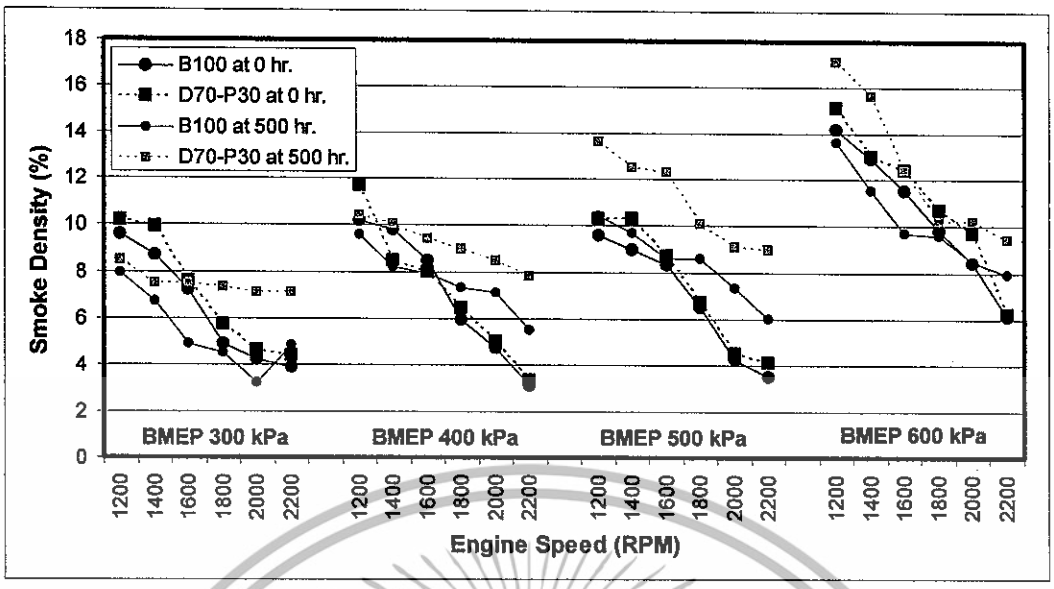
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



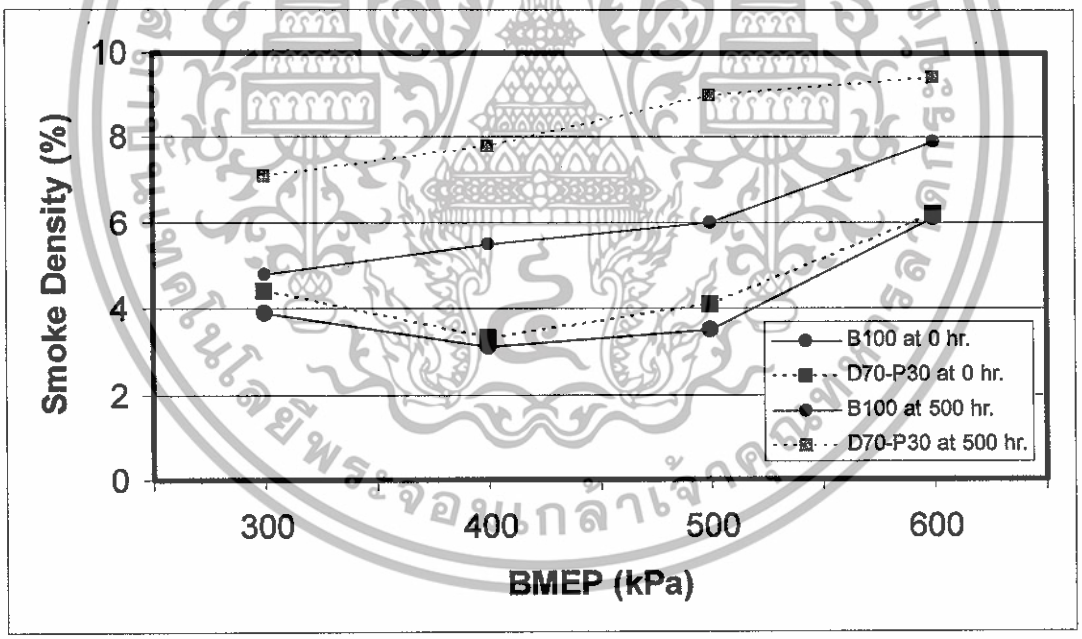
รูปที่ 5.10 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิไอเสีย ก่อน และหลังผ่านการทดลองตามภาระที่กำหนดให้

จากรูปที่ 5.9 อุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสม และน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล หลังผ่านการทดลองตามระยะเวลาที่กำหนดมีค่าเพิ่มขึ้นในทุก ๆ ความเร็วรอบ และทุกภาระโหลดที่มากขึ้น เมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบ 2200 rpm BMEP เท่ากับ 600 kPa มีค่าเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยประมาณ 5.92% และ 18.71% ตามลำดับ ซึ่งน้ำมันเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดที่นำมาทดลองมีแนวโน้มการเพิ่มของอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งอุณหภูมิของน้ำมันเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดภายหลังจากผ่านการใช้งานครบตามระยะเวลาที่กำหนด พบว่ามีสัดส่วนที่มีความใกล้เคียงกันเมื่อได้รับภาระที่มากขึ้น ดังรูปที่ 5.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.11 แสดงการเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นควันดำ ก่อน และหลังผ่านการทดลองที่ความเร็วรอบต่าง ๆ

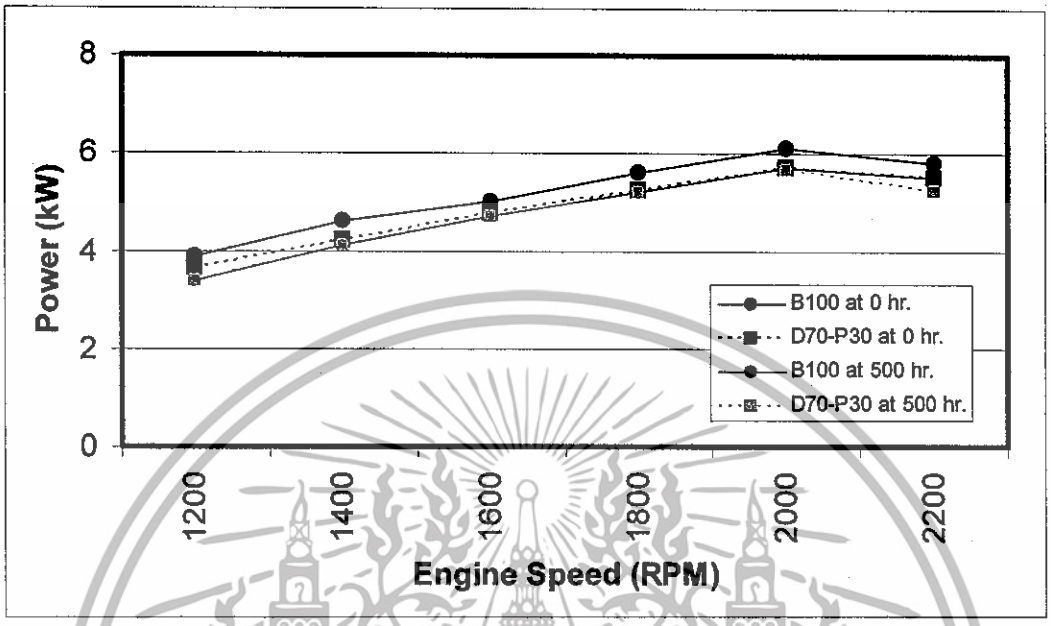


รูปที่ 5.12 แสดงการเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นควันดำก่อน และหลังผ่านการทดลองตามภาระที่กำหนดให้

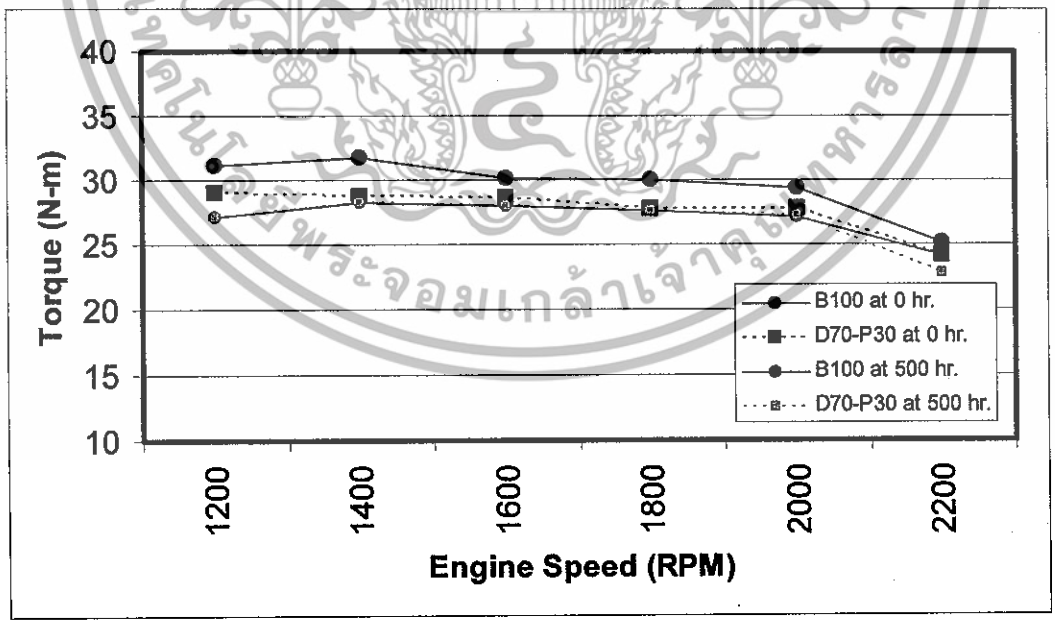
พิจารณาค่าความหนาแน่นของไอเสียจากรูปที่ 5.11 และรูปที่ 5.12 พบว่าหลังเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสม และน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล หลังผ่านการทดลองตามระยะเวลาที่กำหนดมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุการใช้งาน และมีความใกล้เคียงกันที่ทุก ๆ ความเร็วรอบ และทุกภาระที่เพิ่มขึ้น พิจารณาที่จุดเดียวกับอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง และอุณหภูมิไอเสียดิดเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของสภาวะก่อน และหลังของน้ำมันปาล์มดิบผสม และน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล เปรียบเทียบกันประมาณ 34.04% และ 22.78% ตามลำดับ



รูปที่ 5.13 แสดงการเปรียบเทียบกำลังของเครื่องยนต์ก่อน และหลังผ่านการทดลองที่ความเร็วรอบต่าง ๆ



รูปที่ 5.14 แสดงการเปรียบเทียบแรงบิดของเครื่องยนต์ก่อน และหลังผ่านการทดลองที่ความเร็วรอบต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.13 และ5.14 กราฟกำลัง และแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดมีอัตราลดลงที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน พิจารณาดูพบว่าน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซลมีอัตราลดลงมากกว่าเพียงเล็กน้อย คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 8.09% และ8.35% สำหรับน้ำมันปาล์มดิบผสมลดลง 2.85% และ3.26% ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ผลการทดลองด้านผลกระทบที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนของเครื่องยนต์

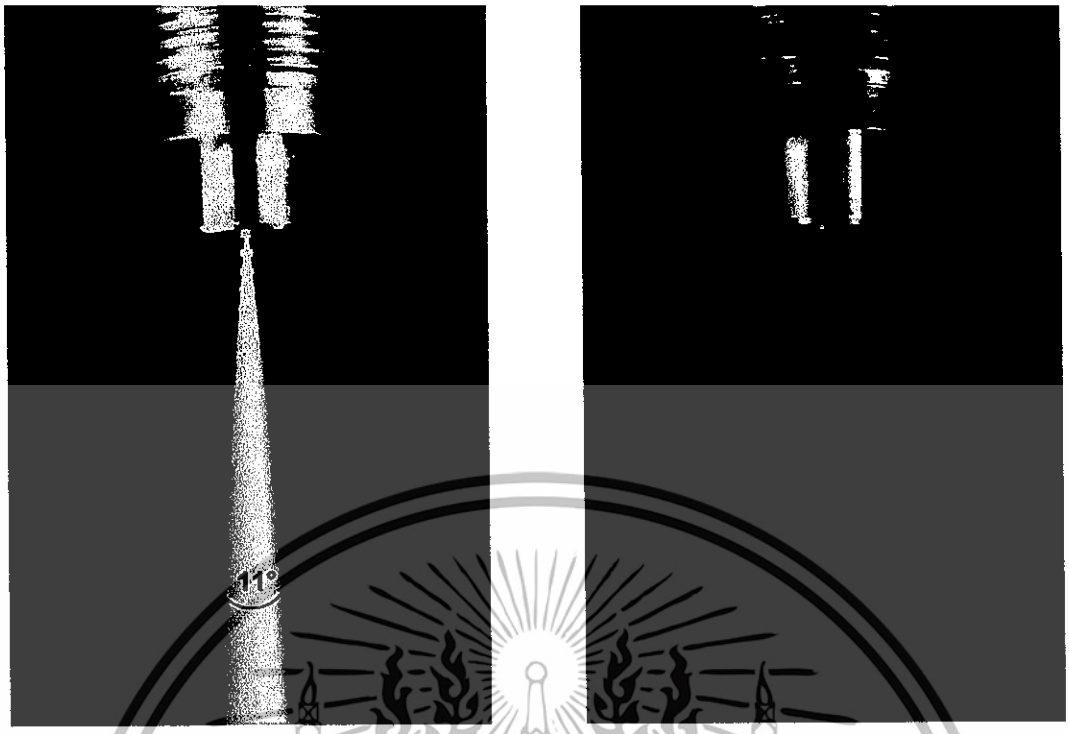
5.2.1 ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

(ก) (ข)

รูปที่ 5.15 แสดงการเปรียบเทียบหัวฉีดที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล (ก) ก่อนการทดลอง (ข) หลังการทดลอง

จากรูปที่ 5.15 เป็นการเปรียบเทียบสภาพของหัวฉีดของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล จะเห็นว่าก่อนการทดลองระยะยาว หัวฉีดให้การสเปรย์ของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ออกมาเป็นฝอยละอองค่อนข้างละเอียด เนื่องจากน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซลมีความหนืดที่ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลปกติ มีมุมสเปรย์เท่ากับ 8 องศา หลังผ่านการทดลองระยะยาว หัวฉีดเกิดการอุดตันที่ปลายอย่างชัดเจน การสเปรย์ทำได้ด้อยลง แต่ยังคงมีลักษณะที่เป็นฝอยละอองอยู่ มุมสเปรย์ลดลงเหลือเท่ากับ 8 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



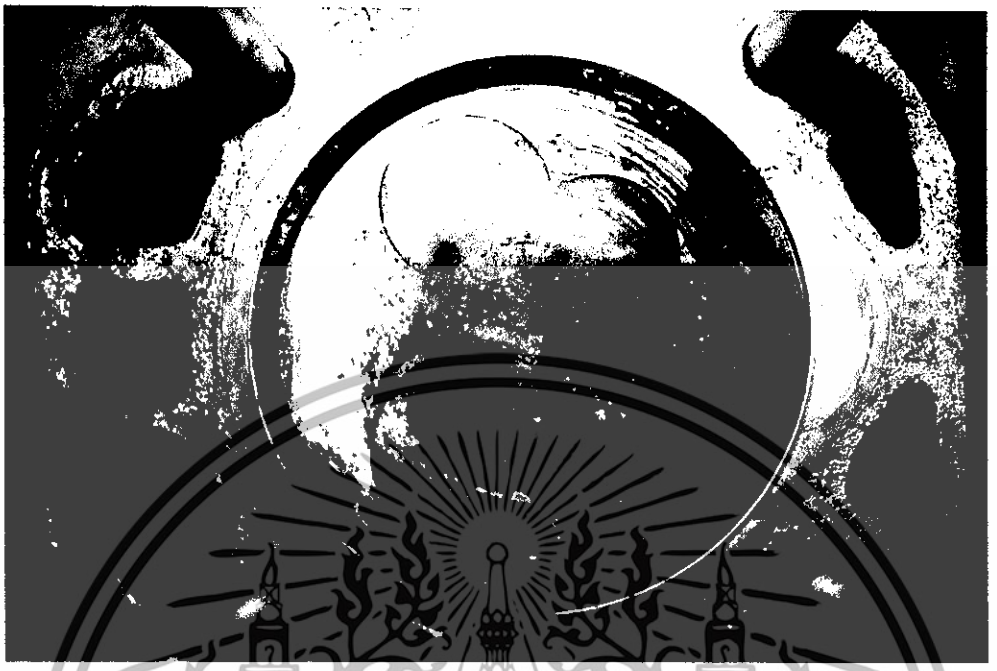
(ก) (ข)

รูปที่ 5.16 แสดงการเปรียบเทียบหัวฉีดที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสม
(ก) ก่อนการทดลอง (ข) หลังการทดลอง

จากรูปที่ 5.16 จะเห็นว่าการสเปรย์ของเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมก่อนการทดลองมีลักษณะเป็นฝอยละออง มีมุมสเปรย์เท่ากับ 11 องศา ซึ่งมีค่าน้อยกว่าของน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซลเนื่องจากค่าความหนืดที่ค่อนข้างมากกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล หลังจากผ่านการใช้งานตามเงื่อนไขที่กำหนด และนำหัวฉีดออกมาตรวจ พบว่าเกิดคราบเขม่าหนาที่ปลายหัวฉีดเมื่อนำมาทดสอบการสเปรย์ของเชื้อเพลิงจะเห็นว่าเกิดการติดขัด มุมสเปรย์ลดลงอย่างเห็นได้ชัดเหลือเพียง 3 องศา เมื่อเทียบกับสภาวะก่อนการทดลองน้ำมันที่ออกมามีลักษณะหยาบเป็นเม็ด และค้างอยู่ที่ปลายหัวฉีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องยนต์

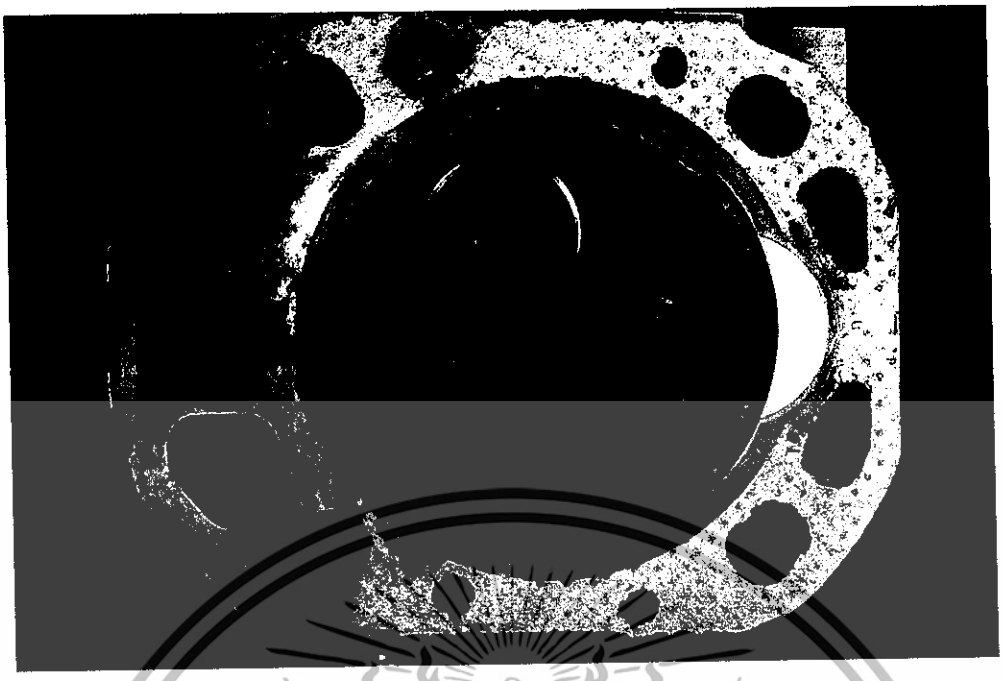


(ก)

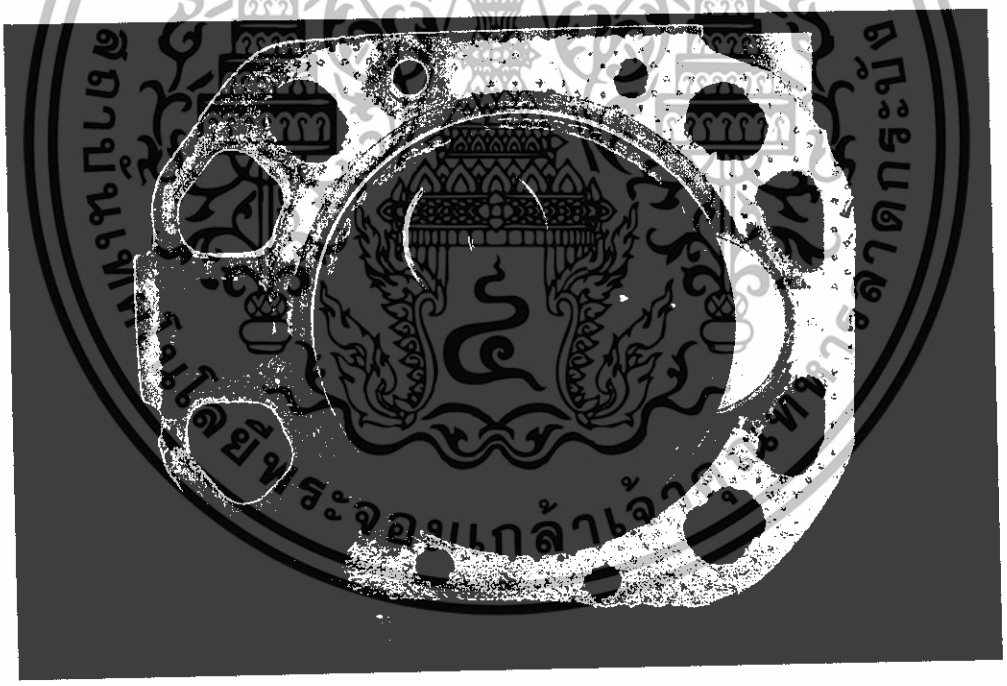
(ข)

รูปที่ 5.17 แสดงภาพถ่ายเปรียบเทียบปากกระบอกสูบของเครื่องยนต์ภายหลังผ่านการใช้งาน
(ก) น้ำมันไบโอดีเซล (ข) น้ำมันปาล์มดิบผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

รูปที่ 5.18 แสดงภาพถ่ายเปรียบเทียบฝาสูบของเครื่องยนต์ภายหลังผ่านการใช้งาน
(ก) น้ำมันไบโอดีเซล (ข) น้ำมันปาล์มดิบผสม

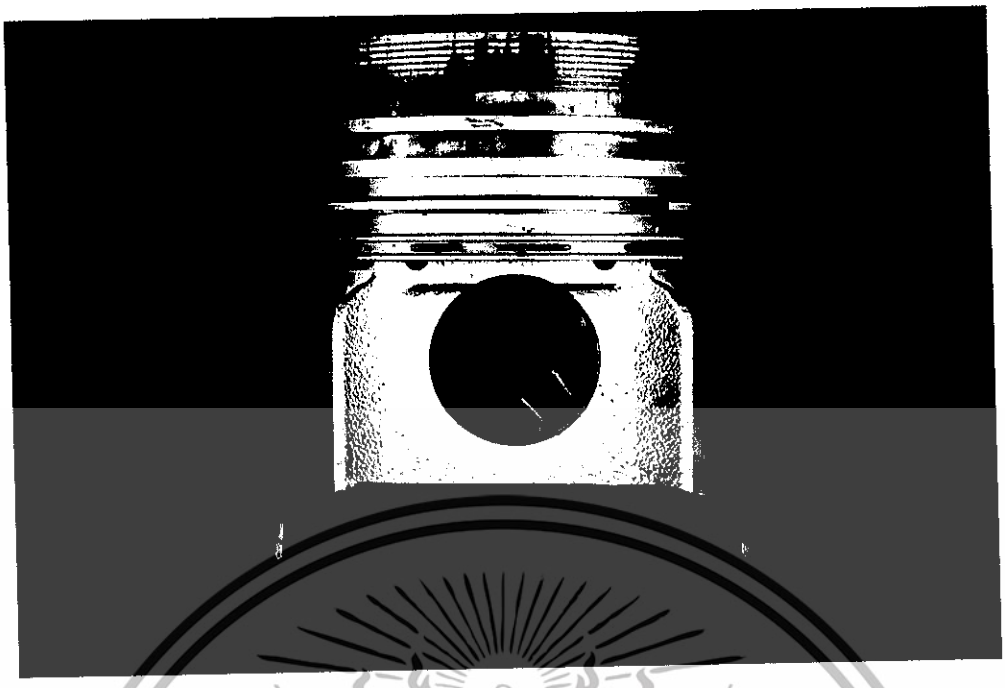
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก)

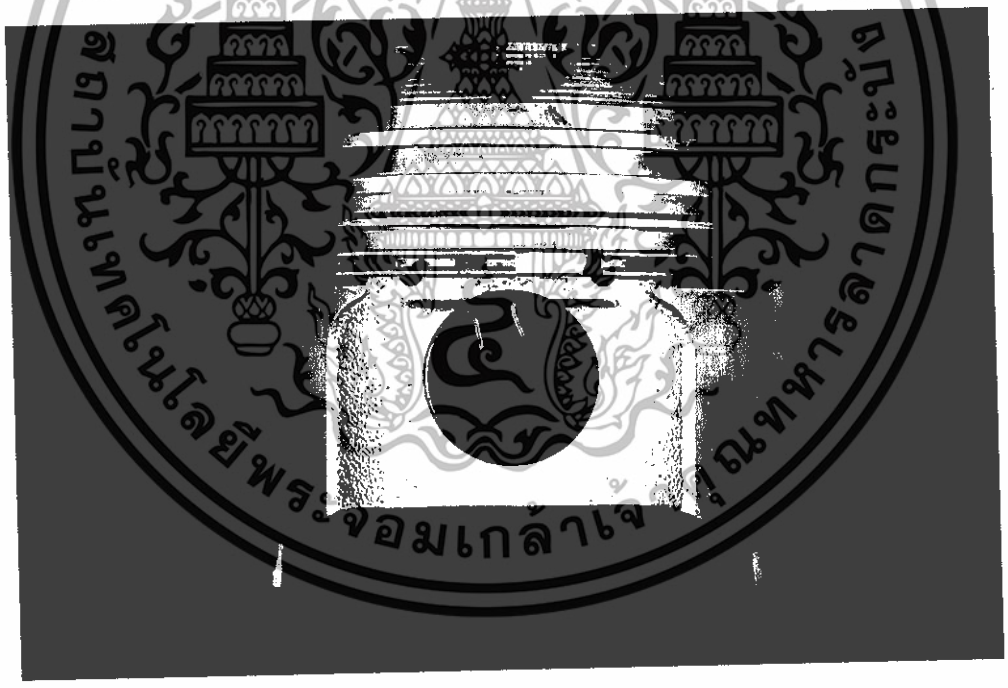
(ข)

รูปที่ 5.19 แสดงภาพถ่ายเปรียบเทียบกระบอกสูบของเครื่องยนต์ภายหลังผ่านการใช้งาน
(ก) น้ำมันไบโอดีเซล (ข) น้ำมันปาล์มดิบผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



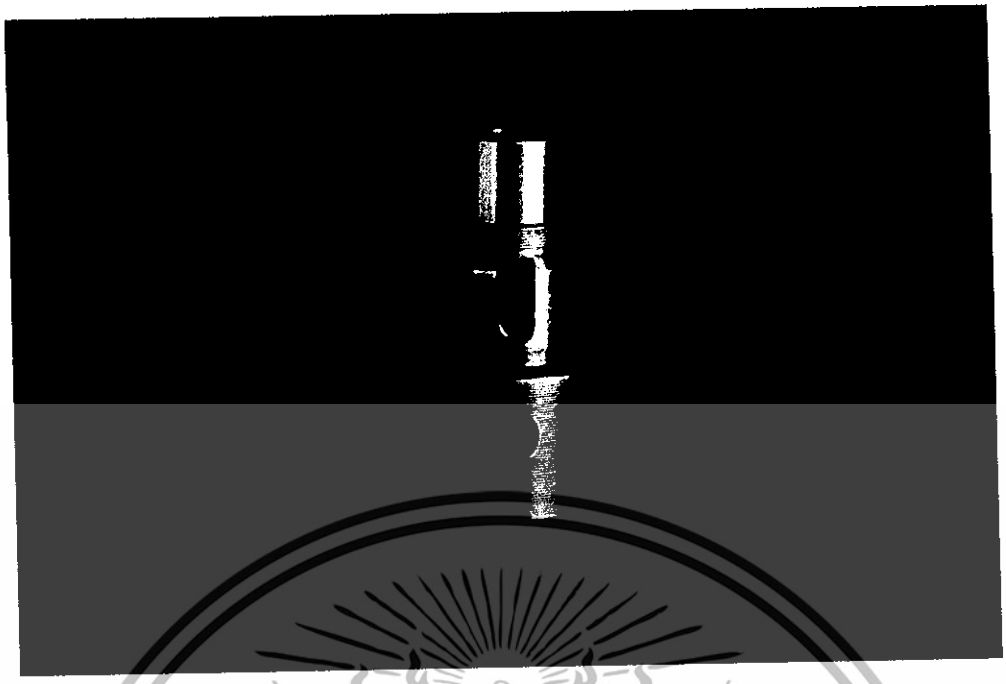
(ก)



(ข)

รูปที่ 5.20 แสดงภาพถ่ายเปรียบเทียบลูกสูบของเครื่องยนต์ภายหลังผ่านการใช้งาน
(ก) น้ำมันไบโอดีเซล (ข) น้ำมันปาล์มดิบผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

(ข)

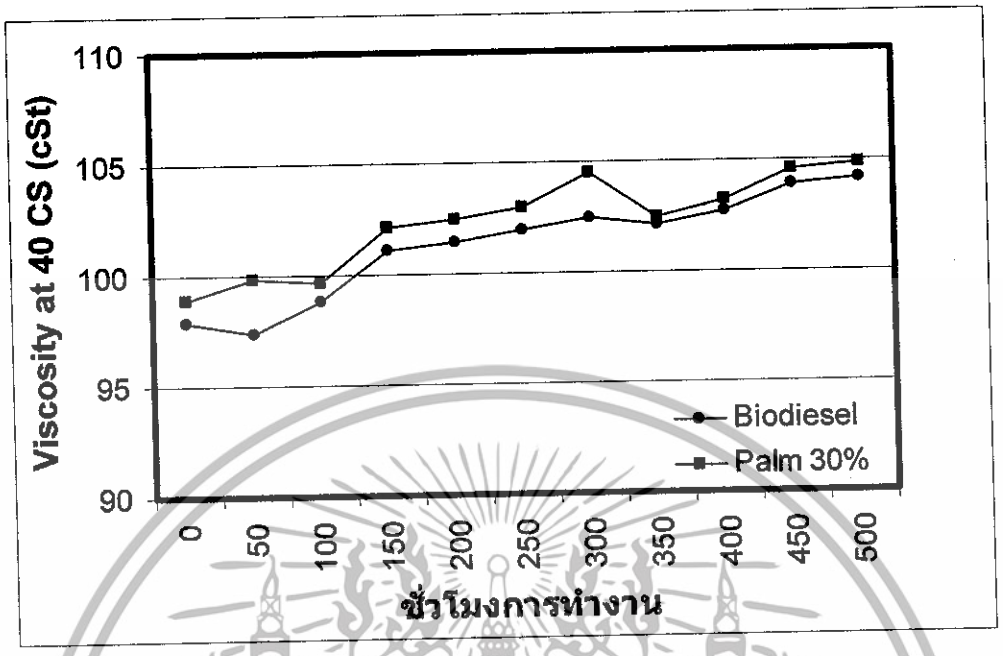
รูปที่ 5.21 แสดงภาพถ่ายเปรียบเทียบลูกปั๊มของเครื่องยนต์ภายหลังผ่านการใช้งาน
(ก) น้ำมันไบโอดีเซล (ข) น้ำมันปาล์มดิบผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

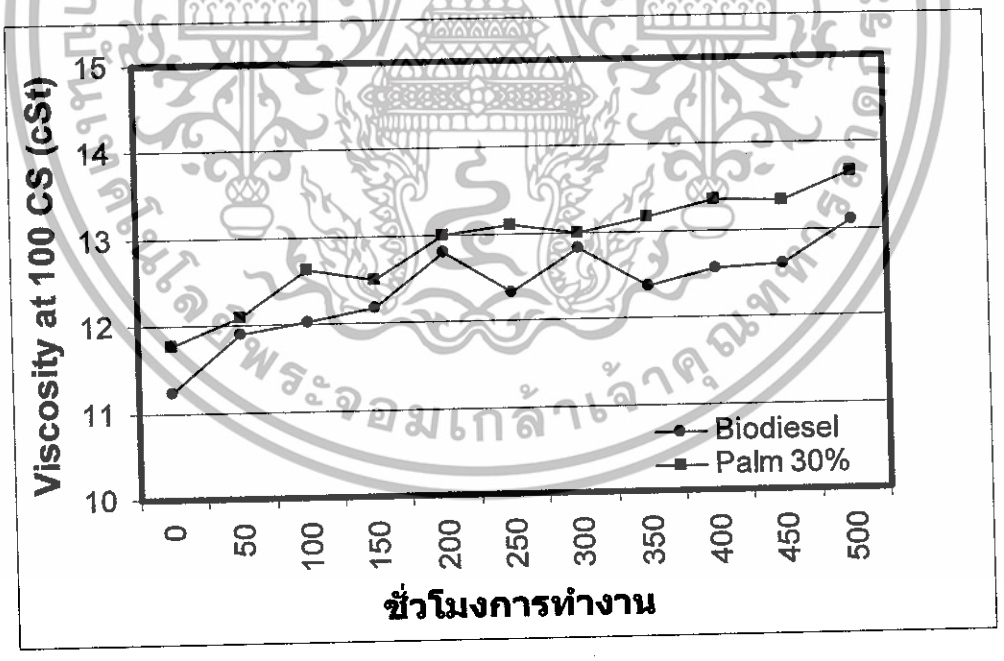
พิจารณารูปที่ 5.17 ถึงรูปที่ 5.20 จะเห็นว่าสภาพของชิ้นส่วนต่าง ๆ หลังผ่านการใช้งานของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสม จะมีเขม่าที่มีลักษณะค่อนข้างเปียกกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล ซึ่งจะมีเขม่าที่มีลักษณะแห้งกว่า ส่วนลูกปั๊มในรูปที่ 5.21 จะเห็นว่าลูกปั๊มของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสม มีคราบน้ำมันเยิ้มเกาะอยู่ที่ตัวลูกปั๊ม สำหรับขนาดของชิ้นส่วนต่าง ๆ ก่อน และหลังผ่านการใช้งานมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นน้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.3 ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับน้ำมันเครื่อง



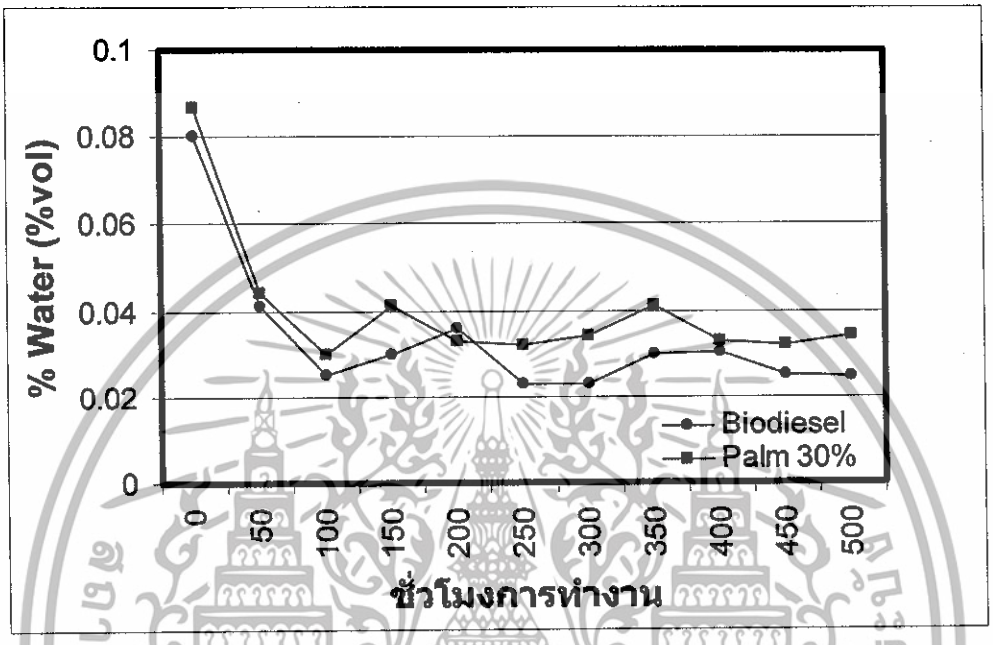
รูปที่ 5.22 แสดงค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นที่ 40 องศาเซลเซียส ตามชั่วโมงการทำงาน



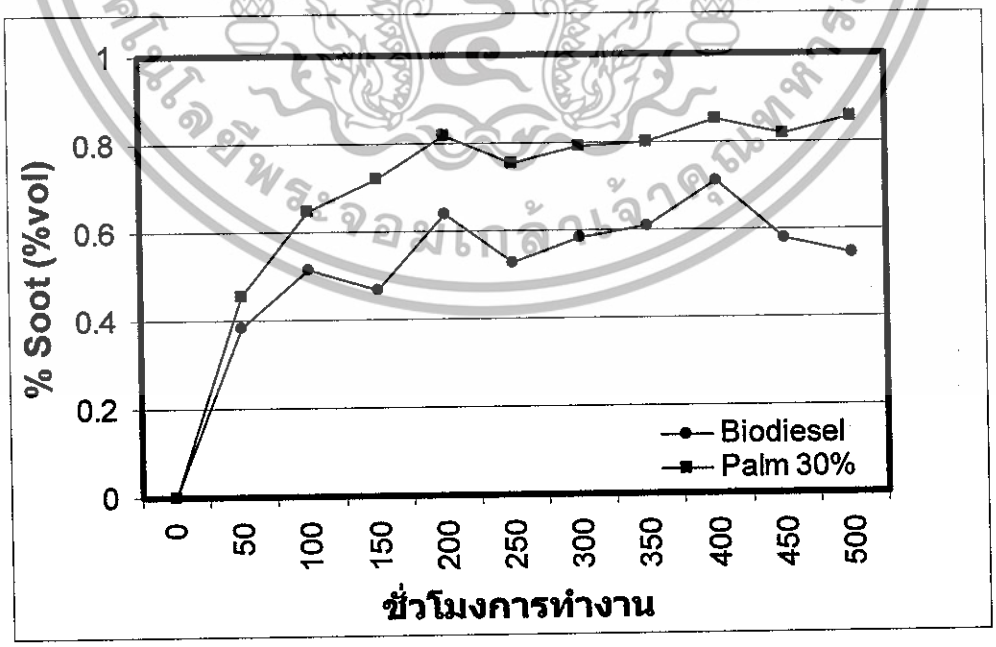
รูปที่ 5.23 แสดงค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นที่ 100 องศาเซลเซียส ตามชั่วโมงการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.22 และ 5.23 ความหนืดของน้ำมันเครื่องที่ 40 องศาเซลเซียส และที่ 100 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยน้ำมันปาล์มดิบผสม จะมีความหนืดที่สูงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามชั่วโมงการทำงานที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 5.24 แสดงเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนของน้ำในน้ำมันหล่อลื่น ตามชั่วโมงการทำงาน



รูปที่ 5.25 แสดงเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนของเขม่าในน้ำมันหล่อลื่น ตามชั่วโมงการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.25 พบการปนเปื้อนของเขม่าในน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสม สูงกว่าการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล ในทุก ๆ ชั่วโมงการทำงานอย่างชัดเจน เนื่องจากน้ำมันปาล์มดิบผสม มีออกซิเจนผสมอยู่มากกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซลทำให้การเผาไหม้เกิดได้ดีขึ้น แต่เนื่องจากจุดวาปไฟของน้ำมันปาล์มดิบผสม สูงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซลทำให้การเผาไหม้เกิดขึ้นได้ช้ากว่า ดังนั้นจึงเกิดเป็นเขม่าหลงเหลือจากการเผาไหม้ก็จะไปเกาะอยู่ตามชิ้นส่วนต่าง ๆ ในเครื่องยนต์ บางส่วนก็จะตกลงสู่น้ำมันเครื่อง

ตารางที่ 5.1 แสดงปริมาณโลหะหนักในน้ำมันเครื่องของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมน้ำมันดีเซล ตามชั่วโมงการทำงาน (Part Per Million)

ชนิดของโลหะหนัก (ppm)	ชั่วโมงการทำงานของน้ำมันหล่อลื่น (ชั่วโมง)				
	100 ชั่วโมง	200 ชั่วโมง	300 ชั่วโมง	400 ชั่วโมง	500 ชั่วโมง
ตะกั่ว	4.28	4.26	4.26	4.23	4.22
เหล็ก	136	72.6	70.0	64.0	56.4
อลูมิเนียม	ไม่ปรากฏ	ไม่ปรากฏ	ไม่ปรากฏ	ไม่ปรากฏ	ไม่ปรากฏ
โครเมียม	4.26	3.22	2.83	2.36	2.33

ตารางที่ 5.2 แสดงปริมาณโลหะหนักในน้ำมันเครื่องของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล ตามชั่วโมงการทำงาน (Part Per Million)

ชนิดของโลหะหนัก (ppm)	ชั่วโมงการทำงานของน้ำมันหล่อลื่น (ชั่วโมง)				
	100 ชั่วโมง	200 ชั่วโมง	300 ชั่วโมง	400 ชั่วโมง	500 ชั่วโมง
ตะกั่ว	ไม่ปรากฏ	ไม่ปรากฏ	ไม่ปรากฏ	ไม่ปรากฏ	ไม่ปรากฏ
เหล็ก	112	51.5	49.3	42.8	30.3
อลูมิเนียม	169	118	ไม่ปรากฏ	ไม่ปรากฏ	ไม่ปรากฏ
โครเมียม	ไม่ปรากฏ	ไม่ปรากฏ	ไม่ปรากฏ	ไม่ปรากฏ	ไม่ปรากฏ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดลองในด้านของสมรรถนะของเครื่องยนต์

1. อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของน้ำมันปาล์มดิบผสม จะมีค่ามากกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล และน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลใน ทุก ๆ ความเร็วรอบ และทุกภาระที่ให้กับเครื่องยนต์ เนื่องมาจากค่าความร้อนของน้ำมันปาล์มดิบผสม มีค่าน้อยกว่าของน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล ดังนั้นปริมาณของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้จึงต้องมากขึ้นตามสัดส่วนเพื่อให้ได้กำลังที่เท่ากัน และค่าความร้อนของน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลมีค่าสูงที่สุด จึงทำให้มีอัตราการสิ้นเปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิงต่ำกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดอื่น ๆ โดยรวมแล้วน้ำมันเชื้อเพลิงปาล์มดิบผสม และน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซลมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน จากตัวอย่างการทดลองที่ความเร็วรอบ 2200 rpm BMEP เท่ากับ 600 kPa จะได้ค่าอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของน้ำมันปาล์มดิบผสม โดยปริมาตรเปรียบเทียบกับน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล และน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างได้สูงกว่าประมาณ 1.43% และ 4.19% และภายหลังจากผ่านการใช้งานติดต่อกันเป็นระยะเวลา 500 ชั่วโมง พบว่าน้ำมันเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจน ซึ่งน้ำมันปาล์มดิบผสม ยังคงมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่สูงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล

2. อุณหภูมิไอเสียของน้ำมันปาล์มดิบผสม จะมีค่าสูงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล และน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลในทุก ๆ ความเร็วรอบ และทุกภาระที่ให้กับเครื่องยนต์ เนื่องจากน้ำมันปาล์มดิบผสม ใช้ปริมาณเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ที่มากกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล และน้ำมันดีเซล ดังนั้นการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงจึงเกิดขึ้นในปริมาณที่มากกว่า ทำให้อุณหภูมิของไอเสียที่ออกมามีค่าสูงกว่า และเมื่อพิจารณาผลของน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลกับน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล จะเห็นว่าอุณหภูมิไอเสียของน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลมีค่าสูงกว่าแม้ว่าอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ต่ำกว่า ทั้งนี้เพราะว่าค่าความร้อนของน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลมีค่าสูงกว่านั่นเอง และเมื่อพิจารณาจากจุดเดียวกับกราฟแสดง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงพบว่าน้ำมันปาล์มดิบผสมมีอุณหภูมิไอเสียสูงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล และน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล คิดเป็น 57.14% และ 48.82% ตามลำดับ หลังผ่านการใช้งานติดต่อกันเป็นระยะเวลาที่กำหนด พบว่าน้ำมันปาล์มดิบผสม มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนที่ใกล้เคียงกับน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล แต่อุณหภูมิของน้ำมันเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับภาระที่มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ค่าความเข้มไอเสียของน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล มีค่าสูงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล และน้ำมันน้ำมันปาล์มดิบผสม ในทุก ๆ ความเร็วรอบ และทุกภาระที่ให้กับเครื่องยนต์ และมีแนวโน้มลดลงเมื่อความเร็วรอบที่สูงขึ้น พิจารณาได้ว่าที่ความเร็วรอบต่ำ ๆ นั้นน้ำมันเชื้อเพลิงที่ออกมาจากปลายหัวฉีดยังเป็นฝอยละอองได้ไม่ดีนัก เนื่องจากความเร็วของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ออกจากปลายหัวฉีดแปรผันโดยตรงกับความเร็วรอบเครื่องยนต์ เมื่อเพิ่มความเร็วรอบให้สูงขึ้นการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นฝอยละเอียดมากขึ้น การผสมคลุกเคล้ากับอากาศสามารถทำได้ดีขึ้นการเผาไหม้จึงมีความสมบูรณ์มากกว่า อีกทั้งสารปรุงแต่งต่าง ๆ ที่มีอยู่ในน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลนั้นมีมากกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดอื่น เป็นผลต่อการเกิดควันดำโดยตรง น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลมีความเข้มไอเสียมากกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล และน้ำมันปาล์มดิบผสม คิดเป็น 121.31% และ 117.74% ตามลำดับ และน้ำมันปาล์มดิบผสม มีความเข้มไอเสียมากกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล คิดเป็น 1.63% หลังเครื่องยนต์ผ่านการใช้งานตามระยะเวลาที่กำหนด พบว่าค่าความเข้มไอเสียมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการใช้งานของเครื่องยนต์ และภาระที่ให้กับเครื่องยนต์

4. อุณหภูมิของน้ำมันเครื่องของน้ำมันเชื้อเพลิงทั้งสามชนิดมีค่าที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน แต่ละช่วงมีความแตกต่างกันเพียง 1 หรือ 2 องศาเซลเซียส ในทุก ๆ ความเร็วรอบ และทุกภาระโหลดที่ใส่ให้กับเครื่องยนต์ โดยน้ำมันปาล์มดิบผสม มีค่าสูงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดอื่น เมื่อพิจารณาจากจุดเดียวกับกราฟอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงพบว่าน้ำมันปาล์มดิบผสม มีอุณหภูมิน้ำมันเครื่องสูงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล และน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล คิดเป็น 4.59% และ 1.11% ตามลำดับภายหลังผ่านการใช้งานตามระยะเวลาที่กำหนด พบว่าอุณหภูมิของน้ำมันเครื่องมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

5. จากกราฟกำลัง และแรงบิดของเครื่องยนต์พบว่าน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล ให้กำลังและแรงบิดที่สูงกว่าน้ำมันปาล์มดิบผสม และน้ำมันดีเซลในทุก ๆ ความเร็วรอบ โดยที่น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล และน้ำมันปาล์มดิบผสม มีค่ากำลัง และแรงบิดใกล้เคียงกัน การเปรียบเทียบกำลังและแรงบิดที่ความเร็วรอบ 2200 rpm ของน้ำมันไบโอดีเซลมีค่าสูงกว่าเมื่อเทียบกับน้ำมันเชื้อเพลิงน้ำมันปาล์มดิบผสม เท่ากับ 5.45% และ 4.00% และสูงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล 7.20% และ 6.71% ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากค่าความหนืดที่มีอยู่ในน้ำมันเชื้อเพลิงปาล์มดิบผสม มีค่าสูงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล การสเปรย์ของน้ำมันเชื้อเพลิงที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้จึงทำได้ไม่ดีเป็นผลให้การเผาไหม้เกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ทำให้ทั้งกำลัง และแรงบิดที่ได้ลดต่ำลงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล และน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลที่มีความหนืดต่ำกว่า ส่วนน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล และน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซลนั้นแม้จะมีค่าความหนืดที่ใกล้เคียงกัน แต่เนื่องจากคุณสมบัติในการหล่อลื่นที่ดีกว่าของน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล ทำให้ช่วยลดความฝืดจากการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนต่าง ๆ ได้ดีกว่าภายหลังผ่านการใช้งานครบตามเงื่อนไขที่กำหนดพบว่าทั้งกำลัง และแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซลลดลงจากเดิม คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.09% และ8.35% และน้ำมันปาล์มดิบผสม มีกำลัง และแรงบิดลดลงจากเดิมคิดเป็น 2.85% และ 3.26% ตามลำดับ

6.2 สรุปผลการทดลองในด้านของผลกระทบที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนของเครื่องยนต์

ในส่วนของผลกระทบที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ โดยพิจารณาจากสภาพชิ้นส่วน และค่าที่วัดชิ้นส่วนต่าง ๆ พบว่าการสึกหรอของชิ้นส่วนต่าง ๆ เกิดขึ้นไม่แตกต่างกันมากนักสำหรับน้ำมันเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดที่นำมาทดลอง เนื่องจากระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองเพียง 500 ชั่วโมง จึงทำให้เห็นผลได้ไม่ชัดเจน แต่จากการสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นไปตรวจหาสิ่งปนเปื้อน และปริมาณโลหะ พบว่าน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสม มีความหนืด, เปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนของน้ำ และเขม่า โดยรวมสูงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล ทั้งปริมาณโลหะที่พบในน้ำมันเครื่องก็มีมากกว่าเช่นกัน ส่วนหัวฉีดของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดหลังผ่านการใช้งานและนำมาทดสอบเพื่อดูการสเปรย์ของน้ำมันเชื้อเพลิง พบว่าเกิดคราบเขม่า และมีการอุดตันที่ปลายหัวฉีดทำให้องศาของละอองน้ำมันเชื้อเพลิงลดลงอย่างชัดเจน

6.3 ข้อเสนอแนะ

1. ทำการปรับองศาการเปิด - ปิดของวาล์วไอดี และวาล์วไอเสียให้เหมาะสมกับค่า Cetane Number ของน้ำมันแต่ละชนิดที่นำมาทดลอง
2. ในการศึกษาด้านผลกระทบที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ พบว่าระยะเวลายังคงเป็นปัจจัยสำคัญ เพื่อให้เห็นผลกระทบที่เกิดได้ชัดเจนมากขึ้นควรให้ระยะเวลาในการเดินเครื่องยนต์เพิ่มมากกว่านี้ประมาณ 1000 ชั่วโมง หรือมากกว่า
3. ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงปาล์มผสมน้ำมันดีเซล ควรมีการอุ่นน้ำมันเชื้อเพลิงที่จะใช้ทดลองเพื่อป้องกันปัญหาการอุดตันของไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

โครงสร้างทางเคมีของกรดไขมันทั่วไป (สุมลทา, 2547)

กรดไขมัน	สูตรอย่างง่าย	จำนวนคาร์บอน : พันธะคู่	แหล่งที่พบ
กรดไขมันอิ่มตัว			
กรดบิวทีริก (Butyric acid)	C_3H_7COOH	4 : 0	เนย
กรดคาโพรอิก (Caproic acid)	$C_5H_{11}COOH$	6: 0	น้ำมันปาล์ม, น้ำมันมะพร้าว
กรดคาพรีอิก (Capreic acid)	$C_7H_{15}COOH$	8 : 0	น้ำมันปาล์ม, น้ำมันมะพร้าว
กรดคาพริก (Capric acid)	$C_9H_{19}COOH$	10 : 0	เนย, น้ำมันมะพร้าว
กรดลออิก (Lauric acid)	$C_{11}H_{23}COOH$	12 : 0	ไขปลาวาฬ, น้ำมันมะพร้าว
กรดปาล์มิติก (Palmitic acid)	$C_{15}H_{31}COOH$	16 : 0	ไขมันสัตว์และพืช
กรดสเทียริก (Stearic acid)	$C_{17}H_{23}COOH$	18 : 0	ไขมันสัตว์และพืช
กรดไขมันไม่อิ่มตัว			
กรดโอเลอิก (Oleic acid)	$C_{17}H_{33}COOH$	18 : 1	ไขมันสัตว์และพืช
กรดลิโนเลอิก (Linoleic acid)	$C_{17}H_{31}COOH$	18 : 2	น้ำมันลินสีด
กรดลิโนเลนิก (Linolenic acid)	$C_{17}H_{29}COOH$	18 : 3	น้ำมันเมล็ดฝ้าย
กรดอะราคิโดนิก(Arachidonic acid)	$C_{19}H_{31}COOH$	20 : 4	ไขมันสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะคุณภาพน้ำมันดีเซล (ฉบับที่ 3) พ.ศ.2548

รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูง ต่ำ	น้ำมันดีเซล			วิธีทดสอบ [1]
			หมุนเร็ว		หมุนช้า	
			ธรรมดา	บี 5		
1	ความถ่วงจำเพาะ ที่ 15.6/15.6°C	ไม่ต่ำกว่า ไม่สูงกว่า	0.81 0.87	0.81 0.87	- 0.920	ASTM D 1298
2	จำนวนซีเทน ดัชนีซีเทน	ไม่ต่ำกว่า	47	47	45	ASTM D 613 ASTM D 976
3	ความหนืด ที่ 40°C (cSt) ที่ 50°C (cSt)	ไม่ต่ำกว่า ไม่สูงกว่า ไม่สูงกว่า	1.8 4.1 -	1.8 4.1 -	- 8.0 6.0	ASTM D 445
4	จุดไหลเท (°C)	ไม่สูงกว่า	10	10	16	ASTM D 97
5	กำมะถัน (% wt)	ไม่สูงกว่า	0.035	0.035	1.5	ASTM D 4294
6	การกัดกร่อนแผ่นทองแดง	ไม่สูงกว่า	หมายเลข 1	หมายเลข 1	-	ASTM D 130
7	เสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกริยา ออกซิเดชัน (g/m^3)	ไม่สูงกว่า	-	25	-	ASTM D 2274
8	กากถ่าน (% wt)	ไม่สูงกว่า	0.05	0.05	-	ASTM D 189
9	น้ำและตะกอน (%vol.)	ไม่สูงกว่า	0.05	0.05	0.3	ASTM D 2709
10	เถ้า (% wt)	ไม่สูงกว่า	0.01	0.01	0.021	ASTM D 482
11	จุดวาบไฟ (°C)	ไม่ต่ำกว่า	52	52	52	ASTM D 93
12	การกลั่น, อุณหภูมิของส่วนที่กลั่น ได้โดยปริมาตรในอัตรา 90% (°C)	ไม่สูงกว่า	357	357	-	ASTM D 86
13	สี ชนิดของสี เนื้อสี (mg/l)	ไม่ต่ำกว่า		น้ำเงิน 7.0		ASTM D 1500 ASTM D 2392
14	ไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ ของกรดไขมัน (%vol.)	ไม่ต่ำกว่า ไม่สูงกว่า		4 5		
15	คุณสมบัติการหล่อลื่น (μm)	ไม่สูงกว่า	460	460	-	CEC F-06-A-96
16	สารเติมแต่ง (ถ้ามี)	ให้เป็นไปตามที่ได้รับความเห็นชอบจากอธิบดีกรมธุรกิจพลังงาน				

หมายเหตุ 1 วิธีทดสอบอาจใช้วิธีอื่นที่เทียบเท่าก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน พ.ศ. 2548

รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูงต่ำ		วิธีทดสอบ[1]
1	เมทิลเอสเทอร์ (% wt)	ไม่ต่ำกว่า	96.5	EN 14103
2	ความหนาแน่น ที่ 15°C (kg/m^3)	ไม่ต่ำกว่า และไม่สูงกว่า	860 900	ASTM D 1298
3	ความหนืด ที่ 40°C (cSt)	ไม่ต่ำกว่า และไม่สูงกว่า	3.5 5.0	ASTM D 445
4	จุดวาบไฟ (°C)	ไม่ต่ำกว่า	120	ASTM D 93
5	กำมะถัน (% wt)	ไม่สูงกว่า	0.0010	ASTM D 2622
6	กากถ่าน (% wt)	ไม่สูงกว่า	0.30	ASTM D 4530
7	จำนวนซีเทน	ไม่ต่ำกว่า	51	ASTM D 613
8	เถ้าซัลเฟต (% wt)	ไม่สูงกว่า	0.02	ASTM D 874
9	น้ำ (% wt)	ไม่สูงกว่า	0.050	ASTM D 2709
10	สิ่งปนเปื้อนทั้งหมด (% wt)	ไม่สูงกว่า	0.0024	ASTM D 5452
11	การกัดกร่อนแผ่นทองแดง	ไม่สูงกว่า	หมายเลข 1	ASTM D 130
12	เสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกริยาออกซิเดชัน ที่ 110°C (hours)	ไม่ต่ำกว่า	6	EN 14112
13	ค่าความเป็นกรด (mg KOH/g)	ไม่สูงกว่า	0.50	ASTM D 664
14	ค่าไอโอดีน (g Iodine/100g)	ไม่สูงกว่า	120	EN 14111

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15	กรดลิโนเลนิกเมทิลเอสเตอร์	ไม่สูงกว่า	12.0	EN 14103
16	เมทานอล	ไม่สูงกว่า	0.20	EN 14110
17	โมโนกลีเซอไรด์	ไม่สูงกว่า	0.80	EN 14105
18	ไดกลีเซอไรด์	ไม่สูงกว่า	0.20	EN 14105
19	ไตรกลีเซอไรด์	ไม่สูงกว่า	0.20	EN 14105
20	กลีเซอรีนอิสระ	ไม่สูงกว่า	0.20	EN 14105
21	กลีเซอรีนทั้งหมด	ไม่สูงกว่า	0.25	EN 14105
22	โลหะกลุ่ม 1 (โซเดียมและโปแตสเซียม) โลหะกลุ่ม 2 (แคลเซียมและแมกนีเซียม)	ไม่สูงกว่า ไม่สูงกว่า	5.0 5.0	EN 14108 และ EN 14109 prEN 14538
23	ฟอสฟอรัส	ไม่สูงกว่า	0.0010	ASTM D 4951
24	สารเติมแต่ง (ถ้ามี)	ให้เป็นไปตามที่ได้รับความเห็นชอบจากอธิบดีกรมธุรกิจพลังงาน		

หมายเหตุ 1 วิธีทดสอบอาจใช้วิธีอื่นที่เทียบเท่าก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปรียบเทียบน้ำมัน CPO 30% กับน้ำมันไบโอดีเซลตามมาตรฐานลักษณะคุณภาพน้ำมันดีเซล

No.	ข้อกำหนด	อัตรา	น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว		ดีเซล	ไบโอดีเซล	
			ธรรมดา	บี 5		แบบ 2 ขั้นตอน	CPO 30%
1	ความถ่วงจำเพาะ ที่ 15.6/15.6°C	Min	0.81	0.81	-	-	-
		Max	0.87	0.87	0.826	0.845	0.836
2	จำนวนซีเทน ดัชนีซีเทน	Min	47	47	58	51	55
3	ความหนืดที่ 40°C (cSt)	Min	1.8	1.8	-	-	-
		Max	4.1	4.1	3.1	3.6	3.9
	ที่ 50°C (cSt)	Max	-	-	-	-	-
4	จุดไหลเท (°C)	Max	10	10	10	10	12
5	กำมะถัน (% wt)	Max	0.035	0.035	-	-	-
6	การกัดกร่อนแผ่นทองแดง	Max	หมายเลข 1	หมายเลข 1	-	-	-
7	เสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกริยาออกซิเดชัน (g/m^3)	Max	-	25	-	-	-
8	กากถ่าน (% wt)	Max	0.05	0.05	0.005	0.03	0.039
9	น้ำและตะกอน (%vol.)	Max	0.05	0.05	0.001	0.039	0.047
10	เถ้า (% wt)	Max	0.01	0.01	-	-	-
11	จุดวาบไฟ (°C)	Max	52	52	75	136	89
12	การกลั่น อุณหภูมิที่กลั่นได้โดยปริมาตรอัตรา 90% (°C)	Max	357	357	296	330	346
13	สี ชนิดของสี เนื้อสี (mg/l)	Max		น้ำเงิน 7.0	เหลือง -	เหลือง -	น้ำตาล -
14	ไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน (%vol.)	Min		4	-	-	-
		Max		5	-	-	-
15	คุณสมบัติการหล่อลื่น (μm)	Max	460	460	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงการเปรียบเทียบน้ำมันดีเซลกับไบโอดีเซลตามมาตรฐานลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน พ.ศ. 2548

No.	ข้อกำหนด	อัตราสูงต่ำ		ดีเซล	ไบโอดีเซล	
					แบบ 2 ขั้นตอน	ดีเซลปาล์ม
1	เมทิลเอสเทอร์ (% wt)	Min	96.5	-	97.9	-
2	ความหนาแน่น ที่ 15°C (kg/m^3)	Min Max	860 900	-	-	-
3	ความหนืด ที่ 40°C (cSt)	Min Max	3.5 5.0	3.1	3.6	3.9
4	จุดวาบไฟ (°C)	Min	120	75	136	89
5	กำมะถัน (% wt)	Max	0.0010	-	-	-
6	กากถ่าน (% wt)	Max	0.30	0.001	0.03	0.039
7	จำนวนซีเทน	Max	51	58	51	55
8	เถ้าซัลเฟต (% wt)	Max	0.02	-	-	-
9	น้ำ (% wt)	Max	0.050	-	-	-
10	สิ่งปนเปื้อนทั้งหมด (% wt)	Max	0.0024	-	-	-
11	การกัดกร่อนแผ่นทองแดง	Max	หมายเลข 1	-	-	-
12	เสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกริยาออกซิเดชัน ที่ 110°C (hours)	Min	6	-	-	-
13	ค่าความเป็นกรด (mg KOH/g)	Max	0.50	0.04	0.05	0.04
14	ค่าไอโอดีน (g Iodine/100g)	Max	120	-	112	-
15	กรดลิโนเลนิกเมทิลเอสเทอร์	Max	12.0	-	-	-
16	เมทานอล	Max	0.20	-	-	-
17	โมโนกลีเซอไรด์	Max	0.80	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18	ไดกลีเซอไรด์	Max	0.20	-	-	-
19	ไตรกลีเซอไรด์	Max	0.20	-	-	-
20	กลีเซอรีนอิสระ	Max	0.20	-	-	-
21	กลีเซอรีนทั้งหมด	Max	0.25	-	-	-
22	โลหะกลุ่ม 1 (โซเดียมและโปแตสเซียม) โลหะกลุ่ม 2 (แคลเซียมและแมกนีเซียม)	Max Max	5.0 5.0	- -	- -	- -
23	ฟอสฟอรัส	Max	0.0010	-	-	-
24	ความร้อน (J/g)	-	-	45765	44740	44327

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงปริมาณโลหะหนักในน้ำมันเครื่องของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลที่ 100 ชั่วโมงการทำงาน (Part Per Million)

INTERNATIONAL TESTING SERVICE CO., LTD
1213/388 Ladprao 94 Ladprao Rd. Wangtonglang Bangkok 10310
Tel 0-2559-2095 Fax 0-2559-2096
E-mail : sale@itest-lab.com web site : www.itest-lab.com

Client Name : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
Address : 3 หมู่ 2 ต.ลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

DATE : **Mar 16,2007**

Test Report No. **R-T-0703-049**
The sample submitted by client as below
Part Name : **Biodiesel 100 hr**
Sample State : ☐ Solid ☒ Liquid ☐ Semi-Solid
Date Received : **Mar12,2007**
Testing Date : **Mar 16,2007**

TEST RESULTS

Analysis	Method	Instrument	Unit	DL	Results
Lead (Pb)	EPA 3052	ICP	ppm	2	ND
Ferrous(Fe)	EPA 3052	ICP	ppm	2	112
Alluminium(Al)	EPA 3052	ICP	ppm	2	169
Chromium (Cr)	EPA 3052	ICP	ppm	2	ND

Remark:
ppm : part per million
DL : Detection limit
ND : Not Detectable (Lower than detection limit)

********** END OF REPORT **********

Test Result Approved on behalf of
International Testing Service Co., Ltd

(Yuttana Tholueng)
Technical and Laboratory Manager

The Results shown in this test report refer only to the sample(s) tested unless otherwise stated
This Test Report cannot be reproduced, except in full, without permission of company.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงปริมาณโลหะหนักในน้ำมันเครื่องของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลที่ 200 ชั่วโมงการทำงาน (Part Per Million)

INTERNATIONAL TESTING SERVICE CO., LTD
1213/388 Ladprao 94 Ladprao Rd. Wanglonglang Bangkok 10310
Tel 0-2559-2095 Fax 0-2559-2096
E-mail : sale@itest-lab.com web site : www.itest-lab.com

Client Name : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
Address : 3 หมู่ 2 ถ.ฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

DATE : Mar 16,2007

Test Report No. **R-T-0703-050**
The sample submitted by client as below
Part Name : **Biodiesel 200 hr**
Sample State : ☐ Solid ☒ Liquid ☐ Semi-Solid
Date Received : **Mar12,2007**
Testing Date : **Mar 16,2007**

TEST RESULTS

Analysis	Method	Instrument	Unit	DL	Results
Lead (Pb)	EPA 3052	ICP	ppm	2	ND
Ferrous(Fe)	EPA 3052	ICP	ppm	2	51.5
Alluminium(Al)	EPA 3052	ICP	ppm	2	118
Chromium (Cr)	EPA 3052	ICP	ppm	2	ND

Remark:
ppm : part per million
DL : Detection limit
ND : Not Detectable (Lower than detection limit)

********** END OF REPORT **********

Test Result Approved on behalf of
International Testing Service Co., Ltd

(Yuttana Tholueng)
Technical and Laboratory Manager

The Results shown in this test report refer only to the sample(s) tested unless otherwise stated
This Test Report cannot be reproduced, except in full, without permission of company.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงปริมาณโลหะหนักในน้ำมันเครื่องของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลที่ 300 ชั่วโมงการทำงาน (Part Per Million)

INTERNATIONAL TESTING SERVICE CO., LTD
1213/388 Ladprao 94 Ladprao Rd. Wangtonglang Bangkok 10310
Tel 0-2559-2095 Fax 0-2559-2096
E-mail : sale@itest-lab.com web site : www.itest-lab.com

ISO/IEC 17025

Client Name : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
Address : 3 หมู่ 2 ต.ฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

DATE : Mar 16,2007

Test Report No. **R-T-0703-051**
The sample submitted by client as below
Part Name : **Biodiesel 300 hr**
Sample State : ☐ Solid ☒ Liquid ☐ Semi-Solid
Date Received : **Mar12,2007**
Testing Date : **Mar 16,2007**

TEST RESULTS

Analysis	Method	Instrument	Unit	DL	Results
Lead (Pb)	EPA 3052	ICP	ppm	2	ND
Ferrous(Fe)	EPA 3052	ICP	ppm	2	49.3
Alluminium(Al)	EPA 3052	ICP	ppm	2	ND
Chromium (Cr)	EPA 3052	ICP	ppm	2	ND

Remark:
ppm : part per million
DL : Detection limit
ND : Not Detectable (Lower than detection limit)

********** END OF REPORT **********

Test Result Approved on behalf of
International Testing Service Co., Ltd

(Yuttana Thobueng)
Technical and Laboratory Manager

The Results shown in this test report refer only to the sample(s) tested unless otherwise stated
This Test Report cannot be reproduced, except in full, without permission of company.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงปริมาณโลหะหนักในน้ำมันเครื่องของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลที่ 400 ชั่วโมงการทำงาน (Part Per Million)

INTERNATIONAL TESTING SERVICE CO., LTD
1213/388 Ladprao 94 Ladprao Rd. Wangtonglang Bangkok 10310
Tel 0-2559-2095 Fax 0-2559-2096
E-mail : sale@itest-lab.com web site : www.itest-lab.com

Client Name : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
Address : 3 หมู่ 2 ถ.ฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

DATE : Mar 16,2007

Test Report No. **R-T-0703-050**
The sample submitted by client as below
Part Name : **Biodiesel 400 hr**
Sample State : ☐ Solid ☒ Liquid ☐ Semi-Solid
Date Received : **Mar12,2007**
Testing Date : **Mar 16,2007**

TEST RESULTS

Analysis	Method	Instrument	Unit	DL	Results
Lead (Pb)	EPA 3052	ICP	ppm	2	ND
Ferrous(Fe)	EPA 3052	ICP	ppm	2	42.8
Alluminium(Al)	EPA 3052	ICP	ppm	2	ND
Chromium (Cr)	EPA 3052	ICP	ppm	2	ND

Remark:
ppm : part per million
DL : Detection limit
ND : Not Detectable (Lower than detection limit)

********** END OF REPORT **********

Test Result Approved on behalf of
International Testing Service Co., Ltd

(Yuttana Tholitang)
Technical and Laboratory Manager

The Results shown in this test report refer only to the sample(s) tested unless otherwise stated
This Test Report cannot be reproduced, except in full, without permission of company.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงปริมาณโลหะหนักในน้ำมันเครื่องของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลที่ 500 ชั่วโมงการทำงาน (Part Per Million)

INTERNATIONAL TESTING SERVICE CO., LTD
1213/388 Ladprao 94 Ladprao Rd. Wangtonglang Bangkok 10310
Tel 0-2559-2095 Fax 0-2559-2096
E-mail : sale@itest-lab.com web site : www.itest-lab.com

Client Name : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
Address : 3 หมู่ 2 ต.คลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

DATE : Mar 16,2007

Test Report No. R-T-0703-053
The sample submitted by client as below
Part Name : **Biodiesel 500 hr**
Sample State : ☐ Solid ☒ Liquid ☐ Semi-Solid
Date Received : **Mar12,2007**
Testing Date : **Mar 16,2007**

TEST RESULTS

Analysis	Method	Instrument	Unit	DL	Results
Lead (Pb)	EPA 3052	ICP	ppm	2	ND
Ferrous(Fe)	EPA 3052	ICP	ppm	2	30.3
Alluminium(Al)	EPA 3052	ICP	ppm	2	ND
Chromium (Cr)	EPA 3052	ICP	ppm	2	ND

Remark:
ppm : part per million
DL : Detection limit
ND : Not Detectable (Lower than detection limit)

********** END OF REPORT **********

Test Result Approved on behalf of
International Testing Service Co., Ltd

(Yuttana Thongeng)
Technical and Laboratory Manager

The Results shown in this test report refer only to the sample(s) tested unless otherwise stated
This Test Report cannot be reproduced, except in full, without permission of company.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงปริมาณโลหะหนักในน้ำมันเครื่องของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์ม 30% ผสม น้ำมันดีเซล 70% โดยปริมาตรที่ 100 ชั่วโมงการทำงาน (Part Per Million)

INTERNATIONAL TESTING SERVICE CO., LTD
1213/388 Ladprao 94 Ladprao Rd. Wanglonglang Bangkok 10310
Tel 0-2559-2095 Fax 0-2559-2096
E-mail : sale@itest-lab.com web site : www.itest-lab.com

Client Name : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
Address : 3 หมู่ 2 ถ.ฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

DATE : Mar16,2007

Test Report No. R-T-0703-047
The sample submitted by client as below
Part Name : **Palm 30% 100 hr**
Sample State : ☐ Solid ☒ Liquid ☐ Semi-Solid
Date Received : **Mar12,2007**
Testing Date : **Mar 16,2007**

TEST RESULTS

Analysis	Method	Instrument	Unit	DL.	Results
Lead (Pb)	EPA 3052	ICP	ppm	2	4.28
Ferrous(Fe)	EPA 3052	ICP	ppm	2	136
Alluminium(Al)	EPA 3052	ICP	ppm	2	ND
Chromium (Cr)	EPA 3052	ICP	ppm	2	4.26

Remark:
ppm : part per million
DL. : Detection limit
ND : Not Detectable (Lower than detection limit)

********** END OF REPORT **********

Test Result Approved on behalf of
International Testing Service Co., Ltd

(Yuttana Tholueng)
Technical and Laboratory Manager

The Results shown in this test report refer only to the sample(s) tested unless otherwise stated
This Test Report cannot be reproduced, except in full, without permission of company.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงปริมาณโลหะหนักในน้ำมันเครื่องของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์ม 30% ผสม น้ำมันดีเซล 70% โดยปริมาตรที่ 200 ชั่วโมงการทำงาน (Part Per Million)

INTERNATIONAL TESTING SERVICE CO., LTD
1213/388 Ladprao 94 Ladprao Rd. Wangtonglang Bangkok 10310
Tel 0-2559-2095 Fax 0-2559-2096
E-mail : sale@itest-lab.com web site : www.itest-lab.com

Client Name : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
Address : 3 หมู่ 2 ถ.ฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

DATE : Mar 16,2007

Test Report No. R-T-0703-044
The sample submitted by client as below
Part Name : Palm 30% 200 hr
Sample State : ☐ Solid ☒ Liquid ☐ Semi-Solid
Date Received : Mar12,2007
Testing Date : Mar 16,2007

TEST RESULTS

Analysis	Method	Instrument	Unit	DL	Results
Lead (Pb)	EPA 3052	ICP	ppm	2	4.26
Ferrous(Fe)	EPA 3052	ICP	ppm	2	72.6
Alluminium(Al)	EPA 3052	ICP	ppm	2	ND
Chromium (Cr)	EPA 3052	ICP	ppm	2	3.22

Remark:
ppm : part per million
DL : Detection limit
ND : Not Detectable (Lower than detection limit)

********** END OF REPORT **********

Test Result Approved on behalf of
International Testing Service Co., Ltd
(Yuttana Tholueng)
Technical and Laboratory Manager

The Results shown in this test report refer only to the sample(s) tested unless otherwise stated
This Test Report cannot be reproduced, except in full, without permission of company.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงปริมาณโลหะหนักในน้ำมันเครื่องของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์ม 30% ผสม น้ำมันดีเซล 70% โดยปริมาตรที่ 300 ชั่วโมงการทำงาน (Part Per Million)

INTERNATIONAL TESTING SERVICE CO., LTD
1213/388 Ladprao 94 Ladprao Rd. Wangtonglang Bangkok 10310
Tel 0-2559-2095 Fax 0-2559-2096
E-mail : sale@itest-lab.com web site : www.itest-lab.com

Client Name : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
Address : 3 หมู่ 2 ถ.ฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

DATE : **Mar 16,2007**

Test Report No. **R-T-0703-048**
The sample submitted by client as below
Part Name : **Palm 30% 300 hr**
Sample State : ☐ Solid ☒ Liquid ☐ Semi-Solid
Date Received : **Mar12,2007**
Testing Date : **Mar 16,2007**

TEST RESULTS

Analysis	Method	Instrument	Unit	DL	Results
Lead (Pb)	EPA 3052	ICP	ppm	2	4.26
Ferrous(Fe)	EPA 3052	ICP	ppm	2	70.0
Alluminium(Al)	EPA 3052	ICP	ppm	2	ND
Chromium (Cr)	EPA 3052	ICP	ppm	2	2.83

Remark:
ppm : part per million
DL : Detection limit
ND : Not Detectable (Lower than detection limit)

********** END OF REPORT **********

Test Result Approved on behalf of
International Testing Service,Co., Ltd

(Yuttana Thaluong)
Technical and Laboratory Manager

The Results shown in this test report refer only to the sample(s) tested unless otherwise stated
This Test Report cannot be reproduced, except in full, without permission of company.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงปริมาณโลหะหนักในน้ำมันเครื่องของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์ม 30% ผสม น้ำมันดีเซล 70% โดยปริมาตรที่ 400 ชั่วโมงการทำงาน (Part Per Million)

INTERNATIONAL TESTING SERVICE CO., LTD
1213/388 Ladprao 94 Ladprao Rd. Wangtonglang Bangkok 10310
Tel 0-2559-2095 Fax 0-2559-2096
E-mail : sale@itest-lab.com web site : www.itest-lab.com

Client Name : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
Address : 3 หมู่ 2 ถ.ฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

DATE : Mar 16,2007

Test Report No. R-T-0703-046
The sample submitted by client as below
Part Name : **Palm 30% 400 hr**
Sample State : ☐ Solid ☒ Liquid ☐ Semi-Solid
Date Received : **Mar12,2007**
Testing Date : **Mar 16,2007**

TEST RESULTS

Analysis	Method	Instrument	Unit	DL	Results
Lead (Pb)	EPA 3052	ICP	ppm	2	4.23
Ferrous(Fe)	EPA 3052	ICP	ppm	2	64.0
Alluminium(Al)	EPA 3052	ICP	ppm	2	ND
Chromium (Cr)	EPA 3052	ICP	ppm	2	2.36

Remark:
ppm : part per million
DL : Detection limit
ND : Not Detectable (Lower than detection limit)

********** END OF REPORT **********

Test Result Approved on behalf of
International Testing Service Co., Ltd

(Yuttana Thongeng)
Technical and Laboratory Manager

The Results shown in this test report refer only to the sample(s) tested unless otherwise stated
This Test Report cannot be reproduced, except in full, without permission of company.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงปริมาณโลหะหนักในน้ำมันเครื่องของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์ม 30% ผสม น้ำมันดีเซล 70% โดยปริมาตรที่ 500 ชั่วโมงการทำงาน (Part Per Million)

INTERNATIONAL TESTING SERVICE CO., LTD
1213/388 Ladprao 94 Ladprao Rd. Wangtonglang Bangkok 10310
Tel 0-2559-2095 Fax 0-2559-2096
E-mail : sale@itest-lab.com web site : www.itest-lab.com

Client Name : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
Address : 3 หมู่ 2 ถ.ฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

DATE : Mar 16,2007

Test Report No. R-T-0703-045
The sample submitted by client as below
Part Name : Palm 30% 500 hr
Sample State : ☐ Solid ☒ Liquid ☐ Semi-Solid
Date Received : Mar12,2007
Testing Date : Mar 16,2007

TEST RESULTS

Analysis	Method	Instrument	Unit	DL	Results
Lead (Pb)	EPA 3052	ICP	ppm	2	4.22
Ferrous(Fe)	EPA 3052	ICP	ppm	2	56.4
Alluminium(Al)	EPA 3052	ICP	ppm	2	ND
Chromium (Cr)	EPA 3052	ICP	ppm	2	2.33

Remark:
ppm : part per million
DL : Detection limit
ND : Not Detectable (Lower than detection limit)

********** END OF REPORT **********

Test Result Approved on behalf of
International Testing Service Co., Ltd

(Yuttana Thonlang)
Technical and Laboratory Manager

The Results shown in this test report refer only to the sample(s) tested unless otherwise stated
This Test Report cannot be reproduced, except in full, without permission of company.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] Bari S., Lim T.H. and Yu C.W. (2002). **"Effects of Preheating of Crude Palm Oil (CPO) on Injection System, Performance and Emission of a Diesel Engine,"** Renewable Energy Journal. 27 (2002):339-351.

[2] Bari S., Yu C.W. and Lim T.H. (2002). **"Performance deterioration and durability issues while running a Diesel Engine with Crude Palm Oil,"** Proc. I. MECH. E. part D Journal of Automobile Engineering. Vol.216 (2002):785-351.

[3] Bose, P.K, Beg, R.A., Ghosh, B.B., Chakrabarti, R.K. and Saha. (2001). **"Performance and Emissions Characteristics of a Naturally Aspirated Diesel Engine with Esterified"**

[4] Canakci, M. and J. Ven Gerpen. (1999). **"Comparison of Acid and Base Catalysts for Biodiesel Transeterfication,"** Carmen Stavarache and other . **"Fatty acids methyl esters from vegetable oil by means of ultrasonic energy,"** Applied Material Science, College of Engineering, Osaka, Japan. 2004 : 367-372

[5] Jones S.andCharles Peterson L.. (2004). **"Using Unmodified Vegetable Oil as a Diesel Fuel Extender-a Literature review,"** http://www.uidaho.edu/bae/biodiesel/vegetable %20oils_literature%20review.doc.

[6] Ramadhas A.S., Muraleedharan C. and Jayaraj S. (2005). **"Performance and emission evaluation of a diesel engine fueled with methyl esters of rubber seed oil,"** Mechanical Engineeriing, National Institute of Technology Calicat, India.

[7] Shaheed A.and Swain E.(1999). **"Combustion analysis of coconut oil and its methylester in a diesel engine,"** Mechanical Engineering, Loughborough, UK.

[8] กุลฑล ทองศรี (2545). **"การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลเล็กที่ใช้ไขมันปาล์มไบโอดีเซล,"**วารสารนนทรี: (กรกฎาคม – กันยายน 2546), 89-96.

[9] คณิต กฤษณังกูร. **"การใช้น้ำมันพืชเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล,"** เทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, วารสาร สจ.ธ: ปีที่ 14 ฉบับที่ 1 มิถุนายน 2534

[10] ทบวงมหาวิทยาลัย. **"โครงการวิจัยการใช้น้ำมันปาล์มเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล,"**รายงาน.ทม 0204(5)25498: 3 ธันวาคม 2544

[11] ปรีชา อ่องอารีย์ และคณะ. **"การใช้น้ำมันปาล์มเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล,"** วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ: 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[12] พิชญ์ ปริญญาจารย์ (2546). **"ผลของการใช้น้ำมันปาล์มดีเซลในเครื่องยนต์ CI ขนาดเล็กที่ใช้ในการเกษตร,"** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล,วิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

[13] มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มอก. 28/8-2535. **"น้ำมันปาล์มสำหรับบริโภค,"** สำนักงาน มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

[14] มานพ ปลื้มยุทธ์ (2547). **"การผลิตเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันจากน้ำมันปาล์ม ที่ใช้แล้วสองขั้นตอนเพื่อให้สำหรับเครื่องยนต์ดีเซล,"** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต,สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร, กรุงเทพฯ.

[15] วัชระ ลอยสมุทร, อุฬารวิศว์ ครองยุทธ, สุรชัย ฝั้นแก้ว, ศิริกุล จันทร์สว่าง. **"การปรับปรุงน้ำมันพืชที่ใช้แล้วเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล,"** สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและอุตสาหการ กลุ่มคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี (กวท.) มหาวิทยาลัยรังสิต RSU JET VOL.3 NO.3 ,1999

[16] วัสสวรรษ นิโรภาส สุธิดา ตันติศรีสุข และอลงกรณ์ ไทรทอง (2547). **"เครื่องยนต์น้ำมันพืชดิบ,"** ปริญญานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต, ภาควิชาเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

[17] วีระศักดิ์ กรัยวิเชียร. **"เครื่องยนต์ดีเซล และระบบน้ำมันเชื้อเพลิง,"** กรุงเทพมหานคร. ซีเอ็ดยูเคชั่น: 2542

[18] สุรพล ราษฎร์นัย. **"วิศวกรรมการบำรุงรักษา,"** กรุงเทพมหานคร. ซีเอ็ดยูเคชั่น: 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้