การศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลแบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม โดยใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิง

นายชัยนิกร กุลวงษ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-533-236-4

PERFORMANCE STUDY OF AN INDIRECT INJECTION DIESEL ENGINE USING CRUDE PALM OIL AS FUEL

Mr. Chainikorn Kunlawong

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Engineering in Mechanical Engineering

Suranaree University of Technology

Academic Year 2002

ISBN 974-533-236-4

การศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลแบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม
โดยใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิง

PERFORMANCE STUDY OF AN INDIRECT INJECTION DIESEL ENGINE
USING CRUDE PALM OIL AS FUEL

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....
(รองศาสตราจารย์ น.อ. ดร. วรพจน์ ขำพิศ)
ประธานกรรมการ

.....
(รองศาสตราจารย์ ร.อ. ดร. กนต์ธร ชำนิประศาสน์)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. ทวิช จิตรสมบูรณ์)
กรรมการ

.....	.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. ทวิช จิตรสมบูรณ์)	(รองศาสตราจารย์ น.อ. ดร. วรพจน์ ขำพิศ)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ	คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ชัยนิกร กุลวงษ์: การศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลแบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม โดยใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิง (PERFORMANCE STUDY OF AN INDIRECT INJECTION DIESEL ENGINE USING CRUDE PALM OIL AS FUEL)
อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ.ร.อ.ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์
จำนวน 189 หน้า. ISBN 974-533-236-4

งานวิจัยนี้เป็นการทดสอบการใช้น้ำมันปาล์มดิบที่ผ่านการกรองและการลดค่าความหนืดเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อมของบริษัท Nissanรุ่น TD 27 เพื่อศึกษาถึงสมรรถนะการทำงานของเครื่องยนต์และผลกระทบจากการใช้งานในระยะยาวที่อาจจะเกิดขึ้น

การทดสอบแบ่งออกเป็นสองช่วง คือ การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ และการทดสอบความคงทนของเครื่องยนต์

ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์แสดงให้เห็นว่าเครื่องยนต์มีสมรรถนะ และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ผลการทดสอบความคงทนของเครื่องยนต์ ตลอดระยะเวลา 270 ชั่วโมง หรือเป็นระยะทางประมาณ 27,000 กิโลเมตร พบว่า เครื่องยนต์มีสมรรถนะที่ลดลง และไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิงมีอายุการใช้งานที่สั้นลงเหลือเพียง 30 ชั่วโมงเท่านั้น นอกจากนี้ยังพบกากคาร์บอนหรือเขม่าที่สะสมตามบริเวณพื้นผิวของชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ในปริมาณที่สูงมากใกล้เคียงกับกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงเป็นระยะเวลาประมาณ 3,000 ชั่วโมง หรือเป็นระยะทางประมาณ 300,000 กิโลเมตร สำหรับสภาพน้ำมันเครื่องยนต์หลังจากการใช้งาน 30 ชั่วโมง พบว่ามีค่าความหนืดเพิ่มขึ้นประมาณ 19% แต่ไม่พบว่ามีการปนเปื้อนของน้ำมันปาล์มดิบในน้ำมันเครื่องยนต์แต่อย่างใด

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนักศึกษา.....
ปีการศึกษา 2545 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

CHAINIKORN KUNLAWONG: PERFORMANCE STUDY OF AN INDIRECT INJECTION DIESEL ENGINE USING CRUDE PALM OIL AS FUEL
THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF KONTORN CHMNIPRASAT, Ph.D.,
189 PP., ISBN974-533-236-4

DIESEL ENGINE/CRUDE PALM OIL

The objective of this research is to investigate the use of filtered and viscosity-reduced crude palm oil for the TD27 model of Nissan's indirect injection diesel engine. The experiment includes the study of engine performances and its long-term effects.

The experiment is divided in two parts: i) engine performance test and ii) engine durability test.

The results from the first test show that the performances and specific fuel consumption of the engine for the palm oil fuel are slightly increased when compared with those for the diesel fuel. The durability test performed by operating the engine for 270 hours or 27,000 kilometers indicates the reduction of the engine performance and the short lifetime of the engine oil's filter, just about 30 hours. In addition, an amount of accumulated carbon on any engine part is as high as that resulting from a regular diesel engine operated for 3,000 hours or 300,000 kilometers. Furthermore, after 30 hours of operation, the viscosity of the engine oil is increased by 19% but contamination by the crude palm oil is not found.

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนักศึกษา.....
ปีการศึกษา 2545 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บุคคล และกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลือ อย่างดียิ่ง ทั้งในด้านวิชาการ และ ด้านการดำเนินงานวิจัย อาทิเช่น

- รองศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร. กนต์ธร ชำนิประศาสน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
- รองศาสตราจารย์ ดร. ทวิช จิตรสมบูรณ์, รองศาสตราจารย์ นาวาอากาศเอก ดร. วรพจน์ ขำพิศ และผู้ช่วยช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกชัย จันทสาโร อาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- คุณอาภรณ์พรรณ ศรีอัครวิทยา และคุณทัศนีย์ ทิพย์สาคร เจ้าหน้าที่ประจำสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- คุณศรัทธา โพธิสว่าง วิศวกรประจำศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- คุณนพพร เทนอิสระ, คุณจุฑาทิพย์ ทองเดชาสามารถ, คุณวสันต์ จันทร์หยวก, คุณชัยฤกษ์ เชื้อประสาท, คุณพรสวรรค์ ทองใบ, คุณจารุวรรณ ตั้งต้นสกุลวงศ์, คุณธิดา แมคอินไตย์ และเพื่อนร่วมเรียนระดับปริญญาโทที่ให้กำลังใจ ช่วยเหลือ และ ให้คำปรึกษามาโดยตลอด
- ขอขอบพระคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัย

ท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้การเลี้ยงดูอบรม และส่งเสริมการศึกษาเป็นอย่างดีตลอดมาในอดีต จนทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในชีวิตตลอดมา

ชัยนิกร กุลวงษ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ซ
สารบัญรูป ..... ญ
คำอธิบายสัญลักษณ์ และคำย่อ ..... น
บทที่
1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 ผลงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.2 ผลสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 26
2.2.1 ค่าคุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงของน้ำมันพืช 26
2.2.2 สมรรถนะของเครื่องยนต์ 29
2.2.3 อัตราการสึกหรอของเครื่องยนต์ 33
2.2.4 องค์ประกอบไอเสีย 36
2.2.5 ปัญหาในการใช้งาน 41
3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 44
3.1 เครื่องยนต์ดีเซล 44

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2 ความหมาย 44
3.2.1 ระบบเผาไหม้ของเครื่องยนต์ 44
3.3 ความหมายและองค์ประกอบของเชื้อเพลิง 47
3.3.1 น้ำมันดีเซล 47
3.3.2 น้ำมันพืช หรือไขมันสัตว์ 48
3.4 คุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิง 49
3.4.1 การติดไฟ 50
3.4.2 ตัวเลขซีเทน 50
3.4.3 ดัชนีซีเทน 50
3.4.4 ความถ่วงจำเพาะ 53
3.4.5 การกระจายเป็นฝอย 53
3.4.6 การระเหยตัว 53
3.4.7 จุดวาบไฟ 54
3.4.8 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง 54
3.4.9 ความสะอาด 55
3.4.10 จุดเกิดหมอก 55
3.4.11 จุดเริ่มไหลเท หรือจุดไหลเท 55
3.4.12 กำมะถัน 55
4 วิธีดำเนินการวิจัย 60
4.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน 60
4.2 ขั้นตอนการทดสอบ 62
4.2.1 ขั้นตอนการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ 62
4.2.2 ขั้นตอนการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ 64
4.3 วิธีการทดสอบ
4.3.1 วิธีการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ 65

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3.2 วิธีการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ 66
4.4 การวิเคราะห์ข้อมูล 66
4.4.1 การวิเคราะห์ข้อมูล จากผลการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ 66
4.4.2 การวิเคราะห์ข้อมูล จากผลการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ 66
4.5 สถานที่ทำการทดสอบ 66
4.6 อุปกรณ์การทดสอบ 67
4.7 เครื่องมือทดสอบ 67
4.7.1 เครื่องไดนาโมมิเตอร์ 67
4.7.2 เครื่องมือวัดอัตราการไหลของอากาศ 68
4.7.3 หม้อต้มไฟฟ้าที่ใช้สำหรับต้มน้ำมันปาล์มดิบ 68
4.7.4 เครื่องกรองที่ใช้สำหรับกรองน้ำมันปาล์มดิบ 69
4.7.5 เครื่องมือวัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 70
4.7.6 เครื่องมือวัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเครื่อง 71
4.8 น้ำมันที่ใช้ในการทดสอบ 71
4.8.1 น้ำมันดีเซล 71
4.8.2 น้ำมันปาล์มดิบ 71
4.8.3 น้ำมันเครื่อง 71
4.8.4 น้ำมันไฮดรอลิค 71
5 ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผล 72
5.1 ผลการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ 72
5.1.1 กำลัง 72
5.1.2 แรงบิด 75
5.1.3 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ 77
5.2 ผลการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ 81
5.2.1 กำลัง 81

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.2.2 แรงบิด 83
5.2.3 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเครื่อง 85
5.2.4 ค่าความหนืดของน้ำมันเครื่อง 87
5.2.5 การอุดตันของไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิง 90
5.2.6 ผลกระทบต่อชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ 90
6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 107
6.1 สรุปผลการวิจัย 107
6.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป 108
รายการอ้างอิง 110
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก. การวัดอัตราการไหลของอากาศและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 115
ภาคผนวก ข. ข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องยนต์ดีเซล 121
ภาคผนวก ค. ข้อมูลจากการทดสอบ 124
ภาคผนวก ง. ผลการทดสอบ 132
ภาคผนวก จ. ชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ดีเซล ก่อนทำการทดสอบ 141
ภาคผนวก ฉ. ชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ดีเซล หลังจากทำการทดสอบ
ใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิง 154
ภาคผนวก ช. ชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ดีเซล หลังจากผ่านการใช้งานมาแล้ว
โดยการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง 183
ประวัติผู้เขียน 189

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

3.1 แสดงองค์ประกอบของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนในกลุ่มพาราฟิน 48
3.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวเลขซีเทน กับค่าดัชนีซีเทน 52
3.3 แสดงค่าคุณสมบัติของน้ำมันปาล์ม และน้ำมันมะพร้าวเทียบกับน้ำมันดีเซล 56
3.4 แสดงค่าไอโอดีนของน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ 57
3.5 แสดงการเปรียบเทียบผลผลิตน้ำมันของพืชน้ำมันแต่ละชนิด 58
3.6 แสดงปริมาณการผลิตพืชน้ำมันชนิดต่างๆ ภายในประเทศ 58
4.1 แสดงเงื่อนไขในการ run-in และการ pretest เครื่องยนต์ก่อนที่จะทำการทดสอบจริง 62
4.2 แสดงข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ในการทดสอบ 67
4.3 แสดงรายละเอียดของเครื่องไดนาโมมิเตอร์ 68
4.4 แสดงรายละเอียดของเครื่องมือวัดอัตราการไหลของอากาศ 68
ข.1 แสดงข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องยนต์ดีเซลรุ่นต่างๆ 123
ค.1 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ในช่วงเพิ่มรอบการทำงานของเครื่องยนต์ 126
ค.2 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ในช่วงลดรอบการทำงานของเครื่องยนต์ 127
ค.3 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ในช่วงเพิ่มรอบการทำงานของเครื่องยนต์ 128
ค.4 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ในช่วงลดรอบการทำงานของเครื่องยนต์ 129

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

ค.5 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ในการทดสอบช่วงที่หนึ่ง 130

ค.6 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ในการทดสอบช่วงที่สอง 131

ง.1 แสดงผลการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ในช่วงเพิ่มรอบการทำงานของเครื่องยนต์ 135

ง.2 แสดงผลการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ในช่วงลดรอบการทำงานของเครื่องยนต์ 135

ง.3 แสดงผลการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ในช่วงเพิ่มรอบการทำงานของเครื่องยนต์ 136

ง.4 แสดงผลการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ในช่วงเพิ่มรอบการทำงานของเครื่องยนต์ 137

ง.5 แสดงผลการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ในการทดสอบช่วงที่หนึ่ง 138

ง.6 แสดงผลการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ในการทดสอบช่วงที่สอง 139

ง.7 แสดงค่าความหนืดของน้ำมันเครื่อง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงจากการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ ตลอดระยะเวลา 270 ชั่วโมง 140

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

3.1 แสดงลักษณะของห้องเผาไหม้แบบต่างๆ ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรง 45

3.2 แสดงลักษณะของห้องเผาไหม้แบบต่างๆ ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม 47

3.3 แสดงการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์จำพวกของไตรกลีเซอไรด์ 48

3.4 แสดงสูตรโครงสร้างของ ไตรกลีเซอไรด์, ไดกลีเซอไรด์, โมโนกลีเซอไรด์และกรดไขมันอิสระ 49

3.5 แสดงโนโมกราฟสำหรับการประมาณหาค่าดัชนีซีเทน 52

4.1 แสดงลักษณะการติดตั้งเครื่องยนต์บนแท่นทดสอบไดนาโมมิเตอร์พร้อมทั้งการจัดวางอุปกรณ์ต่างๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในระหว่างการทดสอบให้อยู่ในสภาพพร้อมที่จะทำการทดสอบ 61

4.2 แสดงเครื่องมือวัดอัตราการไหลของอากาศ 69

4.3 แสดงหม้อต้มไฟฟ้าที่ใช้สำหรับต้มน้ำมันปาล์มดิบ ทั้งบริเวณพื้นผิวด้านนอกและบริเวณพื้นผิวด้านใน 69

4.4 แสดงเครื่องกรอง ที่ใช้สำหรับกรองน้ำมันปาล์มดิบ 70

5.1 แสดงค่ากำลังของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ ทั้งในกรณีของการใช้น้ำมันปาล์มดิบ และในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซล เพื่อเป็นเพลิง 74

5.2 แสดงค่าแรงบิดของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ ทั้งในกรณีของการใช้น้ำมันปาล์มดิบ และในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซล เพื่อเป็นเพลิง 76

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

5.3 แสดงค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะในหน่วยมวลต่องานของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ ทั้งในกรณีของการใช้น้ำมันปาล์มดิบ และในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซล เพื่อเป็นเพลิง 78

5.4 แสดงค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะในหน่วยปริมาตรต่องานของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ ทั้งในกรณีของการใช้น้ำมันปาล์มดิบ และในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซล เพื่อเป็นเพลิง 79

5.5 แสดงค่ากำลังของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิง ตลอดระยะเวลา 270 ชั่วโมง ที่รอบการทำงานของเครื่องยนต์ ประมาณ 2,000 รอบต่อนาที 82

5.6 แสดงค่าแรงบิดของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิง ตลอดระยะเวลา 270 ชั่วโมง ที่รอบการทำงานของเครื่องยนต์ ประมาณ 2,000 รอบต่อนาที 84

5.7 แสดงอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเครื่อง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิง ตลอดระยะเวลา 270 ชั่วโมง ที่รอบการทำงานของเครื่องยนต์ ประมาณ 2,000 รอบต่อนาที 86

5.8 แสดงค่าความหนืดของน้ำมันเครื่อง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิง ตลอดระยะเวลา 270 ชั่วโมง ที่รอบการทำงานของเครื่องยนต์ ประมาณ 2,000 รอบต่อนาที (shear rate = 369.5 l/s) 88

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

5.9 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านขวาของกระบอกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซล ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ทั้งก่อนและหลังจากการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ตลอดระยะเวลา 270 ชั่วโมง 92

5.10 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านล่างของฝาสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซล ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ทั้งก่อนและหลังจากการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ตลอดระยะเวลา 270 ชั่วโมง 94

5.11 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านล่างของฝาสูบทั้งสี่ฝา ของเครื่องยนต์ดีเซล ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ทั้งก่อนและหลังจากการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ตลอดระยะเวลา 270 ชั่วโมง 95

5.12 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของลูกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซล ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ทั้งก่อนและหลังจากการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ตลอดระยะเวลา 270 ชั่วโมง 97

5.13 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านหน้าของลูกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซล ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ทั้งก่อนและหลังจากการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ตลอดระยะเวลา 270 ชั่วโมง 99

5.14 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของหัวฉีดลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซล ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ทั้งก่อนและหลังจากการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ตลอดระยะเวลา 270 ชั่วโมง 101

5.15 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านข้างของหัวฉีดลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซล ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ทั้งก่อนและหลังจากการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ตลอดระยะเวลา 270 ชั่วโมง 103

5.16 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของแหวนอัดกำลังตัวที่หนึ่งและตัวที่สอง ของลูกสูบ ลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ทั้งก่อน และหลัง จากการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ตลอดระยะเวลา 270 ชั่วโมง 105

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

ก.1 แสดงการวัดอัตราการไหลของอากาศ โดยใช้มาตรวัดการไหลแบบ orifice air flow meter 116

ก.2 แสดงการเกิดปรากฏการณ์ Vena contracta เมื่ออากาศไหลผ่าน orifice plate 118

จ.1 แสดงถึงลักษณะการบอกทิศทาง รวมถึงลำดับที่ของชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ดีเซล ตามลักษณะการจัดวางตัวของเครื่องยนต์บนแท่นทดสอบ 142

จ.1.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านขวาของกระบอกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ก่อนที่จะทำการทดสอบ 143

จ.2.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านล่างของฝาสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ก่อนที่จะทำการทดสอบ 143

จ.2.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านล่างของฝาสูบลำดับที่สอง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ก่อนที่จะทำการทดสอบ 144

จ.2.3 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านล่างของฝาสูบลำดับที่สาม ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ก่อนที่จะทำการทดสอบ 144

จ.2.4 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านล่างของฝาสูบลำดับที่สี่ ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ก่อนที่จะทำการทดสอบ 145

จ.3.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านขวาของลูกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ก่อนที่จะทำการทดสอบ 146

จ.3.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านซ้ายของลูกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ก่อนที่จะทำการทดสอบ 146

จ.3.3 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านหน้าของลูกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ก่อนที่จะทำการทดสอบ 147

จ.3.4 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านหลังของลูกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ก่อนที่จะทำการทดสอบ 147

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

จ.3.5 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของลูกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ก่อนที่จะทำการทดสอบ 148

จ.4.1.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของหัวฉีดลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ก่อนที่จะทำการทดสอบ 149

จ.4.1.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านข้างของหัวฉีดลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ก่อนที่จะทำการทดสอบ 149

จ.4.2.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของหัวฉีดลำดับที่สอง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ก่อนที่จะทำการทดสอบ 150

จ.4.2.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านข้างของหัวฉีดลำดับที่สอง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ก่อนที่จะทำการทดสอบ 150

จ.4.3.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของหัวฉีดลำดับที่สาม ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ก่อนที่จะทำการทดสอบ 151

จ.4.3.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านข้างของหัวฉีดลำดับที่สาม ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ก่อนที่จะทำการทดสอบ 151

จ.4.4.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของหัวฉีดลำดับที่สี่ ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ก่อนที่จะทำการทดสอบ 152

จ.4.4.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านข้างของหัวฉีดลำดับที่สี่ ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ก่อนที่จะทำการทดสอบ 152

จ.5.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของแหวนลูกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ก่อนที่จะทำการทดสอบ 153

ฉ.1.1.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านขวาของกระบอกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 155

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

ฉ.1.1.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านซ้ายของกระบอกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 156

ฉ.1.1.3 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านหน้าของกระบอกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 156

ฉ.1.1.4 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านหลังของกระบอกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 157

ฉ.1.2.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านขวาของกระบอกสูบลำดับที่สอง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 157

ฉ.1.2.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านซ้ายของกระบอกสูบลำดับที่สอง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 158

ฉ.1.2.3 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านหน้าของกระบอกสูบลำดับที่สอง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 158

ฉ.1.2.4 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านหลังของกระบอกสูบลำดับที่สอง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 159

ฉ.1.3.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านขวาของกระบอกสูบลำดับที่สาม ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 159

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

ฉ.1.3.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านซ้ายของกระบอกสูบลำดับที่สาม ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 160

ฉ.1.3.3 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านหน้าของกระบอกสูบลำดับที่สาม ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 160

ฉ.1.3.4 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านหลังของกระบอกสูบลำดับที่สาม ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 161

ฉ.1.4.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านขวาของกระบอกสูบลำดับที่สี่ ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 161

ฉ.1.4.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านซ้ายของกระบอกสูบลำดับที่สี่ ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 162

ฉ.1.4.3 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านหน้าของกระบอกสูบลำดับที่สี่ ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 162

ฉ.1.4.4 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านหลังของกระบอกสูบลำดับที่สี่ ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 163

ฉ.2.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านล่างของฝาสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 164

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

ฉ.2.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านล่างของฝาสูบลำดับที่สอง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 164

ฉ.2.3 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านล่างของฝาสูบลำดับที่สาม ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 165

ฉ.2.4 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านล่างของฝาสูบลำดับที่สี่ ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 165

ฉ.3.1.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านขวาของลูกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 166

ฉ.3.1.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านซ้ายของลูกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 167

ฉ.3.1.3 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านหน้าของลูกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 167

ฉ.3.1.4 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านหลังของลูกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 168

ฉ.3.1.5 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของลูกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 168

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

ฉ.3.2.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านขวาของลูกสูบลำดับที่สอง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล.....169

ฉ.3.2.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านซ้ายของลูกสูบลำดับที่สอง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล.....169

ฉ.3.2.3 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านหน้าของลูกสูบลำดับที่สอง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล.....170

ฉ.3.2.4 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านหลังของลูกสูบลำดับที่สอง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล.....170

ฉ.3.2.5 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของลูกสูบลำดับที่สอง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล.....171

ฉ.3.3.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านขวาของลูกสูบลำดับที่สาม ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล.....171

ฉ.3.3.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านซ้ายของลูกสูบลำดับที่สาม ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล.....172

ฉ.3.3.3 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านหน้าของลูกสูบลำดับที่สาม ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล.....172

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

ฉ.3.3.4 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านหลังของลูกสูบลำดับที่สาม ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 173

ฉ.3.3.5 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของลูกสูบลำดับที่สาม ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 173

ฉ.3.4.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านขวาของลูกสูบลำดับที่สี่ ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 174

ฉ.3.4.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านซ้ายของลูกสูบลำดับที่สี่ ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 174

ฉ.3.4.3 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านหน้าของลูกสูบลำดับที่สี่ ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 175

ฉ.3.4.4 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านหลังของลูกสูบลำดับที่สี่ ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 175

ฉ.3.4.5 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของลูกสูบลำดับที่สี่ ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 176

ฉ.4.1.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของหัวฉีดลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 177

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

ฉ.4.1.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านข้างของหัวฉีดลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 178

ฉ.4.2.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของหัวฉีดลำดับที่สอง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 178

ฉ.4.2.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านข้างของหัวฉีดลำดับที่สอง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 179

ฉ.4.3.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของหัวฉีดลำดับที่สาม ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 179

ฉ.4.3.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านข้างของหัวฉีดลำดับที่สาม ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 180

ฉ.4.4.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของหัวฉีดลำดับที่สี่ ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 180

ฉ.4.4.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านข้างของหัวฉีดลำดับที่สี่ ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 181

ฉ.5.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของแหวนอัดกำลังตัวที่หนึ่ง และตัวที่สองของลูกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล 182

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

ช.1.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านขวาของกระบอกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากผ่านการใช้งานมาแล้ว โดยการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง 184

ช.2.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านล่างของฝาสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากผ่านการใช้งานมาแล้ว โดยการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง 185

ช.3.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของลูกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากผ่านการใช้งานมาแล้ว โดยการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง 186

ช.3.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านหน้าของลูกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากผ่านการใช้งานมาแล้ว โดยการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง 187

ช.4.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของหัวฉีดลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากผ่านการใช้งานมาแล้ว โดยการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง 187

ช.4.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านข้างของหัวฉีดลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากผ่านการใช้งานมาแล้ว โดยการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง 187

ช.5.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของแหวนอัดกำลังตัวที่หนึ่ง และตัวที่สองของลูกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากผ่านการใช้งานมาแล้ว โดยการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง 188

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

A	พื้นที่หน้าตัด
A/F	อัตราส่วนระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิง
API	American Petroleum Institute
ASTM	American Society for Testing and Materials
c	ความร้อนจำเพาะ
C_d	สัมประสิทธิ์การไหล
CNG	Compressed Natural Gas
COC	Cleveland Open Cup Apparatus
DMS	DMS Dieselmotoren-und Geratebau GmbH
g	แรงโน้มถ่วงของโลก
G	ความถ่วง API
h	ค่าสูงหัว
IP	Institute of Petroleum
LNG	Liquefied Natural Gas
m	มวล
$\dot{m}$	อัตราไหลมวล
P	ความดัน
PMCC	Pensky- Martens Closed Cup Apparatus
PORIM	Palm Oil Research Institute of Malaysia
Q	ความร้อน
$\dot{Q}$	อัตราไหลปริมาตร
t	เวลา
T	อุณหภูมิ
UM	University of Malaysia
UTM	University of Technology Malaysia

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

V	ความเร็ว
z	ความสูง
$\forall$	ปริมาตร
ρ	ความหนาแน่น
Δ	สัญลักษณ์เดลตา

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

น้ำมันดีเซลซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม และใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลมาตลอดนั้น นับวันยิ่งมีปริมาณที่ลดลง และจากปริมาณน้ำมันสำรองที่เหลืออยู่ในปัจจุบันนี้ คาดว่าในอีก 40 ปีข้างหน้าน้ำมันอาจหมดไปจากโลกได้ แต่ในขณะเดียวกันกลับพบว่า อัตราความต้องการยิ่งมีปริมาณที่เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้เกิดวิกฤตการณ์น้ำมันมีราคาแพงขึ้น โดยเฉพาะในช่วงปี พ.ศ. 2543 ถึงปี พ.ศ. 2545 ซึ่งจากวิกฤตการณ์นั้นเอง ที่ได้ส่งผลกระทบต่อผู้บริโภคไปทั่วโลก โดยเฉพาะในกลุ่มประเทศที่มีการนำเข้าน้ำมันดิบเป็นจำนวนมาก อาทิเช่น ในประเทศไทย ที่พบว่าในห้วงระยะเวลา 10 ปีที่ผ่านมานี้ ปริมาณความต้องการใช้น้ำมันดีเซลนั้นได้เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งสังเกตได้จากปริมาณความต้องการใช้น้ำมันดีเซลทั้งชนิดหมุนเร็วและชนิดหมุนช้า รวมกันแล้วประมาณ 9,928 ล้านลิตร ในปี พ.ศ. 2533 และได้เพิ่มปริมาณขึ้นเรื่อยๆ จนมีค่าประมาณ 14,973 ล้านลิตร ในปี พ.ศ. 2543 ซึ่งจากปริมาณความต้องการที่สูงเช่นนี้ จึงต้องมีการนำเข้าน้ำมันดิบมากถึงวันละ 674,978 บาเรล หรือคิดเป็นมูลค่าการนำเข้าประมาณ 258,862 ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2543 (พิสมัย เจนวนิชปัญจกุล, 2544) ดังนั้นจึงถึงเวลาแล้ว ที่ประเทศไทยของเราจะให้ความสำคัญกับปัญหานี้ โดยการศึกษาค้นคว้ารวมถึงทำการวิจัย เพื่อหาเชื้อเพลิงทดแทนมาใช้แทนน้ำมันดีเซล และเนื่องจากประเทศไทยของเราเป็นประเทศกสิกรรม ซึ่งมีผลผลิตทางการเกษตรจำพวกพืชให้น้ำมันอยู่เป็นจำนวนมาก ไม่ว่าจะเป็น ปาล์มน้ำมัน มะพร้าว ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ละหุ่ง และงา ดังนั้นจึงถือว่าเป็นการเหมาะสมอย่างมาก ที่รัฐบาลจะให้การสนับสนุนและผลักดันให้มีการทดสอบใช้น้ำมันพืชชนิดต่างๆ เหล่านี้ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ทั้งนี้ก็เพื่อเป็นการลดปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลให้น้อยลง และยังเป็นการหลีกเลี่ยงปัญหาต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้น อันเนื่องมาจากสารซัลเฟอร์ที่มีอยู่ในน้ำมันดีเซล ที่อาจส่งผลกระทบต่อชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ได้ในระหว่างการใช้งาน นอกจากนี้แล้วยังรวมถึงประโยชน์ในด้านอื่นๆ อีก ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของการลดการสูญเสียเงินตราต่างประเทศ การแก้ปัญหาการขาดดุลการค้า ดุลการชำระเงิน การแก้ปัญหาความยากจนของเกษตรกร การเกิดเสถียรภาพทางการเมือง รวมถึงเป็นการเพิ่มขีดความสามารถที่จะพึ่งพาตนเองในส่วนของพลังงานที่ผลิตเองได้ภายในประเทศได้อีกในระดับหนึ่ง และที่สำคัญอีกอย่างคือ เป็นการแก้ปัญหามลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่ปล่อยออกมาสู่

บรรยากาศจากการใช้น้ำมันพืชเพื่อเป็นเชื้อเพลิงนั้น มีปริมาณที่ค่อนข้างต่ำ เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

การใช้น้ำมันพืชเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลนั้น ไม่ใช่ของใหม่ แต่พบว่าได้มีการใช้มาตั้งแต่สมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 แล้ว แต่เนื่องจากในขณะนั้น น้ำมันปิโตรเลียมยังมีราคาที่ถูก และมีปริมาณที่มากพอ จึงไม่ค่อยมีใครให้ความสนใจมากนัก ที่จะใช้น้ำมันพืชชนิดต่างๆ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล แต่หลังจากที่เกิดวิกฤตน้ำมันของโลกในปี พ.ศ. 2514 เป็นต้นมา ได้เริ่มมีการตื่นตัวและพยายามหาพลังงานทดแทนมาใช้แทนเชื้อเพลิงปิโตรเลียม โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากพลังงานหมุนเวียน (renewable energy) ที่สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น และน้ำมันพืชก็ถือได้ว่าเป็นพลังงานหมุนเวียนอีกชนิดหนึ่งที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก ที่จะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

ในต่างประเทศนั้นได้มีการทดลองนำน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันทานตะวัน และน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว มาทดลองใช้เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ส่วนสำหรับประเทศไทยของเรานั้นเคยได้มีการวิจัยในเรื่องดังกล่าวมาแล้วตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 โดยการทดลองใช้น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันเมล็ดถั่วดำ น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม รวมถึงเอสเตอร์ (ester) ของน้ำมันปาล์ม เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล แต่เมื่อวิกฤตน้ำมันผ่านไป ความสนใจในการวิจัยค้นคว้าและการศึกษาถึงความเหมาะสมของการใช้น้ำมันพืชชนิดต่างๆ จึงลดน้อยลงตามไปด้วย รวมถึงไม่มีการสนับสนุนงบประมาณการทำวิจัยในด้านนี้อย่างจริงจังและอย่างต่อเนื่อง ทำให้ข้อมูลในการใช้น้ำมันพืชเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ภายในประเทศนั้นมีจำกัด จนกระทั่งเมื่อได้เกิดวิกฤตการณ์น้ำมันมีราคาแพงอีกครั้ง คือเมื่อต้นปี พ.ศ. 2543 ที่ผ่านมา จึงได้มีการสนใจที่จะมีการนำน้ำมันพืชมาเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลอีกครั้ง แต่เนื่องจากข้อมูลที่มีอยู่อย่างจำกัด จึงทำให้ไม่เพียงพอที่จะให้คำตอบถึงผลกระทบต่อเครื่องยนต์ เมื่อมีการใช้น้ำมันพืชเป็นเชื้อเพลิงในระยะยาว รวมถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และข้อมูลความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ ได้

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาถึงแนวทางความเป็นไปได้ รวมถึงโอกาสในการใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซล ในเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม (Indirect Injection)

1.2.2 เพื่อศึกษาถึงสมรรถนะของเครื่องยนต์ และผลกระทบในระยะยาวที่อาจจะเกิดขึ้นกับเครื่องยนต์ สำหรับการใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 เป็นการใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

1.3.2 เป็นการทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถวิเคราะห์ถึงปัญหาของการใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อมได้

1.4.2 สามารถพิจารณาถึงการใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ที่รอบการทำงานของเครื่องยนต์สูงได้ เพื่อที่จะทราบถึงผลกระทบต่อระบบการทำงานของอุปกรณ์ในระบบ รวมถึงปริมาณการสึกหรอของชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์

1.4.3 สามารถที่จะเป็นพื้นฐานในการพัฒนาเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อมที่จะใช้น้ำมันปาล์มดิบรวมถึงน้ำมันพืชชนิดอื่นๆ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซลได้

1.4.4 เป็นอีกทางเลือกหนึ่ง สำหรับการหาพลังงานเพื่อนำมาใช้ทดแทนน้ำมันดีเซล

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงงานวิจัยต่างๆ ในอดีตที่เกี่ยวข้อง โดยจะเริ่มจากการกล่าวถึงผลงานวิจัยของนักวิจัยแต่ละท่านอย่างคร่าวๆ ทั้งในกรณีของการใช้น้ำมันพืชดิบ และในกรณีของการใช้น้ำมันพืชที่ผ่านกระบวนทางเคมี หรือที่เรียกว่า ไบโอดีเซล (biodiesel) เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล และต่อมาเป็นการสรุปผลงานการวิจัยของนักวิจัยทุกๆ ท่าน

2.1 ผลงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาและค้นคว้างานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวกับการใช้น้ำมันพืชดิบและไบโอดีเซล เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลนั้น สามารถกล่าวได้ดังนี้ คือ

พิสมัย เจนวนิชปัญจกุล (2524) ได้ทำการศึกษาและรายงานผลการทดสอบที่เกี่ยวกับการใช้น้ำมันถั่วลิสงเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กของบริษัท Yanmar ที่มี 1 ลูกสูบ และมีกำลังสูงสุดประมาณ 7 แรงม้า โดยไม่มีการดัดแปลงหรือปรับปรุงในส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ทั้งสิ้น จากผลการทดสอบสามารถกล่าวได้ว่า การใช้น้ำมันถั่วลิสงทั้งชนิดดิบและชนิดกลั่น (refine) เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลนั้น ส่งผลให้การทำงานของเครื่องยนต์ในรอบต่ำๆ มีอาการสะดุดเกิดขึ้น การสันดาปของเครื่องยนต์ไม่สมบูรณ์และไม่ต่อเนื่อง รวมถึงพบปัญหาในการติดเครื่องยนต์ด้วย ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากค่าความหนืดของน้ำมันถั่วลิสงทั้งสองชนิดมีค่าที่สูงมาก เมื่อทำการเปรียบเทียบกับค่าความหนืดน้ำมันดีเซล แต่อย่างไรก็ตามจากผลการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ จากการใช้น้ำมันถั่วลิสงทั้งสองชนิดเพื่อเป็นเชื้อเพลิงพบว่า กำลังของเครื่องยนต์ที่วัดค่าได้มีค่าที่ใกล้เคียงกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง และหลังจากทำการทดสอบได้สักระยะเวลาหนึ่งจึงได้ทำการตรวจสอบสภาพชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ ซึ่งพบว่า มีการสะสมตัวของเขม่าตามบริเวณผิวของลูกสูบและบริเวณผิวของวาล์วในปริมาณที่มากกว่าปกติ นอกจากนี้แล้วยังพบว่า มีตะกรันสีขาวขุ่นตกตะกอนอยู่ด้านล่างของถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงและหากมีการหลุดไหลไปกับน้ำมันเชื้อเพลิงอาจส่งผลกระทบต่อลูกสูบ รวมถึงหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงได้

ในเวลาต่อมาได้ทำการทดลองใช้น้ำมันถั่วลิสงดิบผสมกับน้ำมันก๊าด และน้ำมันถั่วลิสงดิบผสมกับน้ำมันดีเซล ในอัตราส่วน 50: 50 และ 40: 60 ตามลำดับ เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ทั้งนี้ก็เพื่อที่จะต้องการลดค่าความหนืดของน้ำมันถั่วลิสงให้น้อยลงและใกล้เคียงกับค่าความ

หนืดของน้ำมันดีเซลให้มากที่สุด จากผลการทดสอบในระยะสั้นพบว่า การทำงานของเครื่องยนต์เป็นไปอย่างราบเรียบ ไม่พบอาการสะดุดของเครื่องยนต์ที่รอบการทำงานต่ำๆ รวมทั้งการสันดาปของเครื่องยนต์เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์และต่อเนื่อง และไม่พบว่ามีปัญหาในการติดเครื่องยนต์

นอกจากที่กล่าวมาแล้วยังได้มีการนำเมธิลเอสเตอร์ (methy ester) ของน้ำมันปาล์ม หรือที่เรียกว่า ไบโอดีเซล เพื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งจากผลการทดสอบพบว่า กำลังของเครื่องยนต์ที่วัดค่าได้มีค่าที่เทียบเท่ากับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเพื่อเป็นเชื้อเพลิงทุกประการ ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากค่าความหนืดของเมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันปาล์มมีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าของน้ำมันดีเซล รวมถึงมีค่าตัวเลขซีเทน (cetane number) ที่สูงกว่าน้ำมันดีเซลอีกด้วย แต่อย่างไรก็ตามยังคงเป็นผลการทดสอบในระยะเวลาสั้นๆ เท่านั้น ส่วนผลการทดสอบในระยะยาวพบว่า ในขณะนั้นยังไม่มีการรายงานผล

ระพีพันธุ์ ภาสบุตร และ สุขสันต์ สุทธิผลไพบูลย์ (2524) ได้ทำการศึกษาและรายงานผลการวิจัยที่เกี่ยวกับการใช้น้ำมันเมล็ดสบู่ดำ (jatropha oil) เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งจากผลการทดสอบพบว่า สามารถใช้งานได้ดี โดยไม่พบว่ามีอาการน็อค (knock) ของเครื่องยนต์เกิดขึ้นในระหว่างทำการทดสอบ และหลังจากทำการทดสอบครบ 1,000 ชั่วโมง ได้ทำการตรวจสอบสภาพชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ ไม่ว่าจะเป็น เสื้อสูบ ลูกสูบ แหวนลูกสูบ และหัวฉีด ซึ่งก็พบว่าชิ้นส่วนทุกชิ้นอยู่ในสภาพดี และไม่พบว่ามียางเหนียวเกาะตัวอยู่

โสภณ สกุลอำนวยพงศา และ สังวร สังกะ (2526) ได้ทำการศึกษาและทดลองใช้น้ำมันมะพร้าวผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 100: 0, 98: 2 และน้ำมันมะพร้าวผสมกับน้ำมันก๊าดในอัตราส่วน 10: 1, 20: 1, 30: 1, 40: 1 โดยปริมาตร เพื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล จากผลการทดลองผสมน้ำมันเชื้อเพลิงทุกๆ อัตราส่วน ทำให้ทราบว่าเชื้อเพลิงผสมที่มีค่าเหมาะสมและใช้งานได้ดีที่สุดคือ น้ำมันมะพร้าวผสมกับน้ำมันก๊าดในอัตราส่วน 20: 1 ดังนั้นในเวลาต่อมาจึงได้นำเชื้อเพลิงผสมนี้ไปใช้ในการทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กที่มี 1 ลูกสูบ และมีกำลังสูงสุด 10 แรงม้า ทั้งในสภาวะไร้ภาระการและในสภาวะที่มีการรับภาระการ จากผลการทดสอบทั้งหมดสามารถกล่าวได้ว่า การใช้น้ำมันมะพร้าวผสมกับน้ำมันก๊าดในอัตราส่วน 20 : 1 เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลนั้นพบว่า มีปัญหาเกิดขึ้นในระหว่างทำการทดสอบ กล่าวคือ น้ำมันเชื้อเพลิงไหลไม่สะดวก การทำงานของเครื่องยนต์ไม่ราบเรียบ และมีอาการสะดุดของเครื่องยนต์เกิดขึ้นเมื่อมีการใช้งานในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่ำ ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากค่าความหนืดของน้ำมันมะพร้าวมีค่าที่ค่อนข้างสูงเมื่อทำการเปรียบเทียบกับค่าความหนืดของน้ำมันดีเซล และมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอีก ถ้าอุณหภูมิมีค่าต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส นอกจากนี้แล้วยังพบว่า น้ำมันมะพร้าวเกิดการแข็งตัวขึ้นที่อุณหภูมิประมาณ 15 – 17 องศาเซลเซียส ดังนั้น ถ้าคิดจะนำน้ำมันเชื้อเพลิงผสมชนิดนี้มาใช้งานจริงๆ จำเป็นต้องมี

การดัดแปลงหรือปรับปรุงในส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ให้มีความเหมาะสมก่อน ซึ่งการทดสอบในครั้งนี้ได้ทำการเพิ่มตัวทำความร้อนเข้าไปในระบบการทำงานของเครื่องยนต์ เพื่อทำการอุ่นน้ำมันเชื้อเพลิงให้ร้อนก่อนที่จะมีการลำเลียงเข้าสู่ปั๊มหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง จากผลการทดสอบพบว่า การทำงานของเครื่องยนต์เป็นไปอย่างราบเรียบ แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิงมีอายุการใช้งานที่ค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเกิดปัญหาการอุดตันขึ้นในระหว่างทำการทดสอบ และหลังจากทำการทดสอบได้สักระยะเวลาหนึ่งได้ทำการตรวจสอบสภาพชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ ซึ่งพบว่า ในบริเวณผิวของลูกสูบ ฝาสูบ และหัวฉีด มีเขม่าสีดำปนเทาเกาะตัวอยู่ในปริมาณที่มากกว่าในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงอยู่เพียงเล็กน้อย ส่วนอัตราการสึกหรอของเสื้อสูบและแหวนลูกสูบพบว่า มีค่าที่ใกล้เคียงกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ยุทธชัย วิวัฏฏ์กุลธร (2526) ได้ทำการศึกษาและทดลองใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมกับน้ำมันดีเซล และน้ำมันก๊าดในอัตราส่วนต่างๆ เพื่อให้ได้น้ำมันผสมที่มีค่าความหนืดเหมาะสมที่สุด ซึ่งในที่สุดพบว่า อัตราส่วนของน้ำมันผสมที่เหมาะสมที่สุดคือ น้ำมันปาล์มดิบผสมกับน้ำมันดีเซลและผสมกับน้ำมันก๊าด ในอัตราส่วน 60: 40: 7 โดยปริมาตร ซึ่งในเวลาต่อมาได้นำน้ำมันผสมนี้ไปทดลองใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลทั้งในสภาวะไร้ภาระงานและในสภาวะที่มีการรับภาระงาน รวมถึงการทดสอบกับรถยนต์ที่ใช้ในทางการเกษตรเพื่อใช้ในการเดินทางไกลด้วย แต่ก็ไม่พบว่ามีรายละเอียดในการทดสอบ เพียงแต่ได้กล่าวไว้ว่า สามารถใช้งานได้ดีเช่นเดียวกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง นอกจากที่กล่าวมาแล้วยังพบอีกว่า เคยมีการทดลองใช้น้ำมันมะพร้าวดิบที่ผ่านการกรองแล้วมาผสมกับน้ำมันก๊าด เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลของรถกระบะ โดยทำการทดสอบโดยการวิ่งทางไกลจากจังหวัดพิษณุโลกถึงสุไหงโกลก ไปกลับเป็นระยะทางถึง 6,000 กิโลเมตร ซึ่งจากผลการทดสอบพบว่า สามารถใช้งานได้ดี

Schumacher, Borgelt, Fosseen, Hires และ Goetz (1994) ได้ทำการศึกษาและทดสอบใช้เมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันถั่วเหลืองผสมกับน้ำมันดีเซลในสัดส่วนต่างๆ ดังนี้คือ 10%, 20%, 30% และ 40% เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลของบริษัท Detroit รุ่น A 6V-92TA จากผลการทดสอบทั้งหมดพบว่า ค่ากำลัง (power) ที่วัดได้จากการใช้เมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันถั่วเหลืองผสมกับน้ำมันดีเซลในสัดส่วนต่างๆ มีค่าที่ใกล้เคียงกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ส่วนปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่วัดค่าได้ไม่ว่าจะเป็น particulate matter (PM), carbon monoxide (CO) และ hydrocarbons (HC) พบว่า มีปริมาณที่ลดลง ส่วน oxide of nitrogen (NO_x) พบว่า มีปริมาณที่เพิ่มขึ้น แต่ในขณะเดียวกันกลับพบว่า อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (specific fuel consumption) และปริมาณของ carbon dioxide (CO_2) ที่วัดค่าได้มีการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง นอกจากที่กล่าวมาแล้วยังได้แนะนำถึง

วิธีการลดปริมาณของ NO_x อีกด้วย โดยการเพิ่มช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด (ignition delay) ให้มีค่าที่ยาวขึ้น โดยพยายามลดแรงดันและอุณหภูมิสูงสุดในห้องเผาไหม้ให้มีค่าลดลง

Crookes และ Kiannejad (1995) ได้ทำการศึกษาและทดสอบใช้แอลกอฮอล์ผสมกับน้ำมันพืช และน้ำบริสุทธิ์ผสมกับน้ำมันพืช (emulsion) ในสัดส่วน 10% เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรง (Direct Injection) ขนาดเล็กที่มี 1 ลูกสูบ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อที่จะทำการลดปริมาณของ NO_x จากการใช้น้ำมันพืชชนิดต่างๆ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลให้น้อยลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำบริสุทธิ์ที่ผสมเข้าไปจะทำให้ค่าความหนืดของน้ำมันพืชมีค่าลดลงโดยอัตโนมัติ ส่งผลให้ค่าในการกระจายเป็นฝอย (atomization) ของน้ำมันพืชมีความละเอียดมากขึ้น รวมถึงเป็นการลดค่าอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ให้น้อยลงด้วย นอกเหนือจากน้ำบริสุทธิ์แล้วยังพบว่า แอลกอฮอล์น่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถใช้แทนได้และน่าจะได้ผลที่ดีกว่าด้วยซ้ำ เพราะแอลกอฮอล์มีจุดเดือดที่ต่ำกว่า รวมถึงค่าพลังงานในการระเหยเป็นไอที่สูงกว่าน้ำบริสุทธิ์ จากผลการทดสอบทั้งหมดสามารถที่จะสรุปได้ว่า การใช้น้ำมันพืชผสมกับน้ำบริสุทธิ์ และน้ำมันพืชผสมกับแอลกอฮอล์เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลนั้น ส่งผลให้ปริมาณของ NO_x มีปริมาณที่ลดลงจริง เมื่อเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ส่วนปริมาณของไอเสียอื่นๆ มีปริมาณการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมาก

Gafar et al. (1995) ได้ทำการศึกษาและเสนอผลการทดสอบที่เกี่ยวกับการใช้เมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันปาล์มดิบ 100% และเมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันปาล์มดิบผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 30: 70 เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล จากผลการทดสอบทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า สมรรถนะการทำงานของเครื่องยนต์ไม่ว่าจะเป็นค่าแรงบิด (torque) สูงสุด และค่ากำลังสูงสุดที่วัดค่าได้ จากการใช้เชื้อเพลิงทั้งสองชนิด เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลนั้นมีค่าที่ลดลง แต่ในขณะเดียวกันกลับพบว่า ค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะมีค่าที่เพิ่มขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากค่าความร้อนเผาไหม้ (heating value) ของเมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันปาล์มดิบมีค่าที่ต่ำกว่าค่าของน้ำมันดีเซล นอกจากที่กล่าวมาแล้วยังพบอีกว่า ลักษณะสีของควันจากการใช้เชื้อเพลิงทั้งสองชนิด เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลนั้นมีสีที่จางกว่า ส่วนปริมาณของไอเสียต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น HC, CO และ CO_2 พบว่า มีปริมาณที่ลดลง แต่อย่างไรก็ตามจากผลการทดสอบไม่สามารถที่จะสรุปได้ว่า อัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงระหว่างเมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันปาล์มดิบกับน้ำมันดีเซลที่เหมาะสมที่สุดมีค่าเท่าใด

Hitam และ Jahis (1995) ได้ทำการศึกษาและเสนอผลสรุปเบื้องต้นของงานวิจัยที่เกี่ยวกับการทดสอบใช้น้ำมันปาล์ม เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลของ Elsbett ซึ่งเป็นลักษณะของเครื่องยนต์ดีเซลที่ได้รับการออกแบบมาเป็นพิเศษให้มีความเหมาะสมกับการใช้น้ำมันพืชชนิดต่างๆ

เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล จากผลของการศึกษาทั้งหมดสามารถที่จะกล่าวได้ว่า เริ่มแรกในปี ค.ศ.1984 ประเทศมาเลเซียได้นำเข้าเครื่องยนต์ดีเซลของ Elsbett มาจากประเทศเยอรมนี เพื่อจุดประสงค์ในการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบและไบโอดีเซลของน้ำมันปาล์ม เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล โดยจะทำการทดสอบเป็นระยะทางทั้งหมด 65,000 กิโลเมตร และ 75,000 กิโลเมตร ตามลำดับ ซึ่งจากผลของการทดสอบในครั้งนั้นได้ผลเป็นที่น่าพอใจ ต่อมาในปี ค.ศ.1992 Palm Oil Research Institute of Malaysia (PORIM) ได้ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลในรถยนต์ของบริษัท Mercedes Benz รุ่น 124 ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลของ Elsbett เป็นจำนวนรถยนต์ทั้งหมด 20 คัน ซึ่งตามกำหนดการแล้วจะทำการทดสอบเป็นระยะทางทั้งหมด 300,000 กิโลเมตร แต่ในขณะที่ทำการรายงานผลนั้นได้มีการทดสอบผ่านไปเป็นระยะทางเพียง 80,000 กิโลเมตรเท่านั้น ดังนั้นจึงไม่สามารถบอกรายละเอียดที่เกี่ยวกับอัตราการสึกหรอของชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ได้ แต่จากผลการทดสอบตลอด 80,000 กิโลเมตร ที่ผ่านมาน่าจะกล่าวได้ว่า การใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลของ Elsbett นั้นพบว่า การใช้งานทุกอย่างเป็นไปอย่างราบรื่นไม่ว่าจะเป็น ในส่วนของการลำเลียงน้ำมันเชื้อเพลิงจากถังเก็บสู่ห้องเผาไหม้ การทำงานของเครื่องยนต์ และการติดเครื่องยนต์ แต่อย่างไรก็ตามในระหว่างทำการทดสอบพบว่า ไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิงจะเกิดการอุดตันและต้องทำการเปลี่ยนใหม่ทุกๆ 5,000 กิโลเมตร รวมถึงสายน้ำมันเชื้อเพลิงมีอายุการใช้งานประมาณ 30,000 กิโลเมตร และหลังจากนั้นอีกไม่นานจะบวมและรั่วในที่สุด

Kammpman (1995) ได้ทำการศึกษาและเสนอผลงานวิจัยที่เกี่ยวกับการใช้เมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันปาล์มและน้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล จากผลการทดสอบทั้งหมด สามารถกล่าวได้ว่า การใช้เมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันปาล์มเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลนั้นสามารถใช้ได้ดี โดยไม่จำเป็นต้องมีการดัดแปลงหรือปรับปรุงในส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ทั้งสิ้น โดยเฉพาะการใช้งานกับเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อมพบว่า มีความเหมาะสมมาก

ส่วนในกรณีของการใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลนั้นพบว่า จะใช้ได้ดีและมีความเหมาะสมเฉพาะกับเครื่องยนต์ดีเซลที่มีการดัดแปลงหรือปรับปรุงในส่วนต่างๆ ขึ้นมาเป็นพิเศษเท่านั้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากค่าคุณสมบัติบางค่าของน้ำมันปาล์มดิบมีค่าที่แตกต่างจากค่าของน้ำมันดีเซลอยู่ค่อนข้างมาก อาทิเช่น อุณหภูมิที่จุดเดือดของน้ำมันปาล์มดิบมีค่าที่สูงกว่าของน้ำมันดีเซลประมาณ 80 องศาเซลเซียส ความหนืดของน้ำมันปาล์มดิบมีค่าสูงกว่าน้ำมันดีเซลประมาณ 10 เท่าตัว และความหนาของพื้นผิวของน้ำมันปาล์มดิบที่วัดในขณะที่เชื้อเพลิงไหลมีค่าที่สูงกว่าของน้ำมันดีเซลอยู่ค่อนข้างมาก และด้วยเหตุนี้เองจึงได้มีการพัฒนาเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงขึ้นมาใหม่ เพื่อจุดประสงค์ในการใช้น้ำมันพืชเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมัน

ดีเซล โดยได้ทำการดัดแปลงหรือปรับปรุงในส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ขึ้นมาใหม่ อาทิเช่น การใช้เหล็กชนิดพิเศษในการผลิตลูกสูบ ส่งผลให้ค่าอุณหภูมิบริเวณรอบๆ ห้องเผาไหม้ที่อยู่บนหัวลูกสูบมีค่าสูงถึง 600 องศาเซลเซียส ซึ่งโดยปกติแล้วมีค่าเพียง 350 องศาเซลเซียสเท่านั้น ทั้งนี้เพื่อเป็นการชดเชยค่าอุณหภูมิที่จุดเดือดของน้ำมันปาล์มดิบที่มีค่าสูงกว่าของน้ำมันดีเซลอยู่ค่อนข้างมาก นอกจากนี้แล้วยังได้ทำการเพิ่มตัวทำความร้อนเข้าไปในตำแหน่งถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิง รวมถึงในตำแหน่งระหว่างปั๊มหัวฉีดกับไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อเป็นการลดค่าความหนืดของน้ำมันปาล์มดิบให้น้อยลง

นอกจากปัญหาต่างๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วยังพบอีกว่า กรดไขมันอิสระ (free fatty acid) ที่พบได้ในน้ำมันพืช เมื่อมีการสัมผัสกับน้ำและอากาศที่มีอุณหภูมิค่อนข้างสูงจะเกิดการรวมตัวกันขึ้น หรือการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชั่น (polymerization) เป็นสารโมเลกุลสูงที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ส่งผลให้การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงไม่สมบูรณ์และก่อให้เกิดการสะสมตัวของเขม่าตามชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ในปริมาณที่มากกว่าปกติ แต่อย่างไรก็ตามไม่พบว่าเกิดปัญหานี้ขึ้นกับน้ำมันพืชที่มีกรดไขมันอิสระค่อนข้างน้อย เช่น น้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันมะพร้าวดิบ

Marshall, Schumacher และ Howell (1995) ได้ทำการศึกษาและทดสอบใช้เชื้อเพลิงผสมระหว่างไบโอดีเซล / น้ำดีเซล / heavy alkylate ในอัตราส่วนต่างๆ คือ 20: 80: 0 (B20), 30: 70: 0 (B30), 30: 55: 15 (B30A15) และ 20: 60: 20 (B20A20) ตามลำดับ เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงของบริษัท Cummin รุ่น L10E ที่มี 6 ลูกสูบ และมีขนาดความจุของกระบอกสูบ 10 ลิตร รวมทั้งมีการติดตั้งเทอร์โบชาร์จ (turbocharger) เข้ามาช่วยในการอัดอากาศเพิ่ม โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อทำการลดปริมาณของ NO_x จากการใช้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงให้มีปริมาณน้อยลง โดยการเติมสาร heavy alkylate ผสมลงไปในน้ำมันเชื้อเพลิง รวมถึงการหน่วงให้ช่วงระยะเวลาในการเริ่มฉีดเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ (injection timing) ให้มีค่าที่ยาวขึ้น จากผลการทดสอบทั้งหมดสามารถที่จะสรุปได้ว่า การนำสาร heavy alkylate มาผสมกับไบโอดีเซลเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล รวมถึงการหน่วงให้ช่วงระยะเวลาในการเริ่มฉีดเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้มีค่าที่ยาวขึ้นนั้นทำให้ปริมาณของ NO_x รวมถึงปริมาณไอเสียอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็น HC, CO และ PM มีปริมาณที่ลดลงจริง สำหรับในส่วนสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่วัดค่าได้จากการใช้เชื้อเพลิงทั้งสี่ชนิดพบว่า มีค่าที่ใกล้เคียงกันมาก เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้ไบโอดีเซล 100% เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล

Masjuki, Abdulmuin และ Sii (1995) ได้ทำการศึกษาค้นคว้าและเสนอผลงานวิจัยที่เกี่ยวกับการใช้น้ำบริสุทธิ์ผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิงทั้งกับปาล์มออยดีเซล และกับน้ำมันดีเซลในสัดส่วน 5% และ 10% เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงของบริษัท Isuzu รุ่น

4FB1 ที่มี 4 ลูกสูบ ทั้งนี้เพื่อเป็นการเพิ่มค่าในการกระจายเป็นฝอยของน้ำมันเชื้อเพลิงให้มีความละเอียดมากขึ้น จากผลการทดสอบทั้งหมดสามารถกล่าวได้ว่า การนำน้ำบริสุทธิ์มาผสมกับเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดไม่ว่าจะในสัดส่วน 5% หรือ 10% เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ในการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ ตลอดระยะเวลา 20 ชั่วโมงนั้น ไม่พบว่ามีปัญหาในการติดเครื่องยนต์ รวมถึงการทำงานของเครื่องยนต์เป็นไปอย่างราบเรียบ และไม่พบว่ามีอาการน็อคของเครื่องยนต์เกิดขึ้นในขณะทำการทดสอบ ส่วนการทดสอบเพื่อหาค่าสมรรถนะของเครื่องยนต์นั้นพบว่า ค่ากำลังของเครื่องยนต์ที่วัดค่าได้จากการใช้เชื้อเพลิงทั้งสองชนิดเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลนั้นพบว่า มีค่าที่ลดลง แต่ในขณะเดียวกันกลับพบว่า อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะมีค่าที่เพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามถือว่าเป็นค่าความแตกต่างเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ส่วนปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่วัดค่าได้ไม่ว่าจะเป็น CO, CO_2, HC และควันไอเสียพบว่า มีปริมาณที่ลดลง นอกจากที่กล่าวมาแล้วยังพบอีกว่า อัตราการสึกหรอของชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์มีค่าลดลงเช่นกัน โดยสังเกตได้จากปริมาณของสารปนเปื้อนต่างๆ ในน้ำมันเครื่องยนต์ยนต์ รวมถึงปริมาณของคราบเขม่าต่างๆ ที่สะสมตามบริเวณปลายของหัวฉีด ที่พบว่ามีปริมาณที่ลดลง เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

May, Ngan และ Basiron (1995) ได้ทำการศึกษาและเสนอผลงานวิจัยที่เกี่ยวกับกระบวนการผลิตรวมถึงการประเมินค่าความเหมาะสมในการใช้เมธิลเอสของน้ำมันปาล์ม เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล จากผลการศึกษาทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า โอกาสที่จะใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลนั้นน่าจะมีความเป็นไปได้สูง ถ้ามีการกำจัดหรือลดปัญหาต่างๆ ที่เกี่ยวเนื่องกับค่าคุณสมบัติของน้ำมันปาล์มดิบโดยตรง อาทิเช่น ค่าความหนืดที่สูงกว่าน้ำมันดีเซลอยู่หลายเท่าตัว ค่าคุณสมบัติของการระเหยตัว (volatility) ได้ค่อนข้างน้อย รวมถึงการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชั่นของสารประกอบจำพวกไฮโดรคาร์บอนที่ไม่อิ่มตัว ซึ่งถือว่าเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ รวมถึงการสะสมของตัวเขม่าตามชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ในปริมาณที่มากกว่าปกติ ไม่ว่าจะเป็นในส่วนของหัวฉีด แหวนลูกสูบ และการเกิดสารเหนียวในน้ำมันเครื่องยนต์ยนต์ แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ปัญหาบางอย่างสามารถทำการแก้ไขได้ โดยเฉพาะค่าความหนืดที่สามารถลดได้ โดยการนำน้ำมันปาล์มดิบมาทำให้ร้อนก่อนที่จะนำไปใช้งาน ซึ่งถือได้ว่าเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ได้ผลค่อนข้างดี แต่อย่างไรก็ตามการเพิ่มความร้อนให้กับน้ำมันปาล์มดิบก็เป็นเพียงการลดความหนืดเท่านั้น ส่วนองค์ประกอบอื่นๆ ก็ยังคงมีอยู่ในน้ำมันปาล์มดิบเหมือนเดิมไม่ว่าจะเป็นกรดไขมันอิสระ และสารเหนียว (gum) ดังนั้นจึงเป็นเหตุให้การเผาไหม้เชื้อเพลิงไม่สมบูรณ์ และเกิดการสะสมตัวของคราบเขม่าตามชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ในปริมาณที่มากกว่าปกติ โดยเฉพาะสารเหนียวที่ถือว่าเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิงเกิดการอุดตันเร็วกว่าปกติ

รวมถึงการเกิดปัญหาต่างๆ ตามมาอีกมากมาย

สำหรับในส่วนของเมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันปาล์มดิบนั้น ได้มีการทดสอบใช้เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลจำนวนทั้งหมด 36 เครื่อง รวมเป็นระยะทางในการทดสอบทั้งหมด 300,000 กิโลเมตร จากผลการทดสอบทั้งหมดพบว่า ไม่มีปัญหาใดๆ เกิดขึ้นในระหว่างทำการทดสอบไม่ว่าจะเป็นสมรรถนะของเครื่องยนต์ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง รวมถึงการสะสมตัวของเขม่าตามชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ ที่มีค่าใกล้เคียงกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง นอกจากนี้แล้วยังพบอีกว่า ปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่วัดค่าได้ไม่ว่าจะเป็น HC, NO_x และ CO มีปริมาณที่ลดลง และไม่พบว่ามีปริมาณของ sulfur dioxide (SO_2) เลย แต่อย่างไรก็ตาม จากผลการทดสอบใช้เมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันปาล์มเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลนั้นพบว่า วัสดุบางชนิดที่ผลิตมาจากพลาสติกคุณภาพต่ำ รวมถึงวัสดุที่ผลิตมาจากยางบางชนิดมีอายุการใช้งานที่ค่อนข้างต่ำ เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

Moussa (1995) ได้ทำการศึกษาและนำเสนอข้อมูลที่เกี่ยวกับการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงที่มีชื่อว่า DMS Dieselmotoren-und Geratebau GmbH (DMS) ซึ่งถือได้ว่าเป็นเครื่องยนต์ดีเซลเครื่องแรกที่สร้างขึ้นมาสำหรับการใช้น้ำมันพืชดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงโดยเฉพาะ ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากค่าคุณสมบัติบางค่าของน้ำมันพืชดิบมีค่าที่แตกต่างจากค่าของน้ำมันดีเซลอยู่ค่อนข้างมากไม่ว่าจะเป็นค่าความหนืดที่สูงกว่า ค่าความหนาแน่นที่สูงกว่า ค่าอุณหภูมิที่จุดเดือดที่สูงกว่า ค่าความร้อนในการเผาไหม้ที่ต่ำกว่า รวมถึงค่าคุณสมบัติในการระเหยตัวได้ค่อนข้างน้อย เป็นต้น และด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้เกิดปัญหาต่างๆ ตามมา เมื่อมีการใช้น้ำมันพืชดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลไม่ว่าจะเป็นปัญหาในการติดเครื่องยนต์ ปัญหาการลำเลียงน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ รวมถึงเกิดการสะสมตัวของเขม่าตามชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ในปริมาณที่มากกว่าปกติ แต่อย่างไรก็ตามปัญหาต่างๆ เหล่านี้สามารถทำการแก้ไขและหลีกเลี่ยงได้ โดยการปรับปรุงหรือดัดแปลงในส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ให้มีประสิทธิภาพและมีค่าความเหมาะสมในการที่จะใช้น้ำมันพืชดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิง อย่างเช่นในกรณีของเครื่องยนต์ DMS ที่ได้รับการออกแบบและสร้างขึ้นมาใหม่ ซึ่งจากผลการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ของ DSM ตลอดระยะเวลา 600 ชั่วโมง พบว่า ไม่มีปัญหาใดๆ เกิดขึ้นในระหว่างทำการทดสอบไม่ว่าจะเป็น การทำงานของเครื่องยนต์เป็นไปอย่างราบเรียบ ไม่จำเป็นต้องใช้น้ำมันดีเซลช่วยในการติดเครื่องยนต์ แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ถ้ามีการใช้งานในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า –15 องศาเซลเซียส จำเป็นต้องมีการติดตั้งหัวเผาเพิ่มเติมเข้าไปในระบบ เพื่อช่วยในการติดเครื่องยนต์

Pittroff (1995) ได้ทำการศึกษาและเสนอผลกระทบต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการใช้น้ำมันเมล็ดเรพ (rapeseed oil) และเมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันเมล็ดเรพเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล จากการศึกษาทั้งหมดสามารถกล่าวได้ว่า น้ำมันเมล็ดเรพมีค่าคุณสมบัติบางค่าที่แตกต่างจากของน้ำมันดีเซลอยู่ค่อนข้างมากไม่ว่าจะเป็น มวลโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่กว่าน้ำมันดีเซลประมาณ 6-7 เท่าตัว ค่าความหนืดที่สูงกว่าน้ำมันดีเซลประมาณ 13-18 เท่าตัว รวมถึงอุณหภูมิที่จุดเดือดที่สูงกว่าน้ำมันดีเซลอยู่ค่อนข้างมาก ด้วยเหตุนี้เองจึงก่อให้เกิดปัญหาต่างๆ ตามมา เมื่อมีการใช้น้ำมันเมล็ดเรพเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ไม่ว่าจะเป็นปัญหาในการติดเครื่องยนต์ ปัญหาการลำเลียงเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ การอุดตันของไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิง รวมถึงความสามารถในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงให้เป็นฝอยทำได้ยาก และในที่สุดจะส่งผลให้การเผาไหม้เชื้อเพลิงภายในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ไม่สมบูรณ์ รวมถึงเกิดการสะสมตัวของกากคาร์บอนหรือเขม่าตามชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ไม่ว่าจะเป็น บริเวณผิวกระบอกสูบ ส่วนปลายของหัวฉีด แหวนลูกสูบ และวาล์ว ทั้งของไอดีและของไอเสียในปริมาณที่มากกว่าปกติ โดยเฉพาะการใช้น้ำมันเมล็ดเรพเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรง แต่อย่างไรก็ตามจากการทดสอบใช้น้ำมันเมล็ดเรพเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงของ Elsbett นั้น ไม่พบว่ามีปัญหาในสะสมตัวของเขม่าตามชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่อง

Schumacher, Borgelt, Fosseen และ Goetz (1995) ได้ทำการศึกษาและทำการทดสอบใช้เมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันถั่วเหลืองผสมกับน้ำมันดีเซลในสัดส่วน 0%, 10%, 20%, 30% และ 40% เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงของบริษัท Detroit รุ่น A 6V92TA โดยจะแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ช่วง คือช่วงแรกเป็นการทดสอบใช้เมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันถั่วเหลืองผสมกับน้ำมันดีเซลในสัดส่วนต่างๆ ในเครื่องยนต์ดีเซลที่อยู่ในสภาพปกติ ส่วนช่วงที่สองจะมีการเปลี่ยนแปลงในบางจุดของเครื่องยนต์ คือ มีการใช้ระบบทางไฟฟ้าเข้ามาช่วยในการหน่วงให้ช่วงระยะเวลาในการเริ่มฉีดเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้มีค่าที่ยาวขึ้น รวมถึงการติดตั้งตัวกรองไอเสีย (catalytic converter) เพิ่มเข้าไปในระบบ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อทำการลดปริมาณของ NO_x ให้น้อยลง จากผลการทดสอบทั้งสองช่วง สามารถกล่าวได้ดังนี้คือ

การทดสอบในช่วงแรกไม่พบว่ามีปัญหาใดๆ เกิดขึ้นในระหว่างการทำงานของเครื่องยนต์ไม่ว่าจะเป็น การทำงานของเครื่องยนต์เป็นไปอย่างราบเรียบ ค่ากำลังที่วัดได้มีค่าที่เพิ่มขึ้น แต่ก็เพียงเล็กน้อยเท่านั้น สำหรับในส่วนของปริมาณไอเสียต่างๆ ที่วัดค่าได้ไม่ว่าจะเป็น CO, HC และ PM พบว่า มีปริมาณที่ลดลง ในขณะที่ NO_x พบว่า มีปริมาณที่เพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามพบว่า CO_2 มีปริมาณการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมาก เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ส่วนการทดสอบในช่วงที่สองพบว่า การหน่วงให้ช่วงระยะเวลาในการเริ่มฉีดเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้มีช่วงที่ยาวขึ้นนั้นส่งผลให้ NO_x มีปริมาณลดลงจริง และในขณะเดียวกันก็ไม่ส่งผลให้ปริมาณของไอเสียตัวอื่นๆ เพิ่มขึ้นแต่อย่างใด ส่วนการติดตั้งตัวกรองไอเสียเพิ่มเข้าไปในระบบนั้นพบว่า CO, HC และ PM มีปริมาณที่ลดลงอีก เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

Schumacher, Borgelt, Russell และ Hiresl (1995) ได้ทำศึกษาและทดสอบใช้ไบโอดีเซลของน้ำมันถั่วเหลืองผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 20: 80 (B20) เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลของบริษัท Navistar จำนวนทั้งหมด 4 เครื่อง คือ เป็นเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงที่มีขนาดความจุของกระบอกสูบ 7.3 ลิตร จำนวน 2 เครื่อง และเป็นเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อมที่มีระบบเทอร์โบชาร์จช่วยในการอัดอากาศ และมีขนาดความจุของกระบอกสูบ 5.9 ลิตร อีกจำนวน 2 เครื่อง โดยมีจุดประสงค์เพื่อเป็นการศึกษาถึงลักษณะการทำงาน รวมถึงองค์ประกอบของไอเสียต่างๆ ที่ถูกปล่อยออกมาสู่บรรยากาศ จากผลการทดสอบทั้งหมดพบว่า ค่ากำลังที่วัดได้จากการใช้เชื้อเพลิงผสม B20 เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลที่มีขนาดความจุของกระบอกสูบ 7.3 ลิตร และ 5.9 ลิตรนั้นพบว่า มีค่าที่ลดลงและเพิ่มขึ้น ตามลำดับ แต่ในขณะเดียวกันกลับพบว่า ค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซลทั้งสองขนาดความจุนั้นพบว่า มีค่าที่ลดลง แต่ก็เพียงเล็กน้อยเท่านั้น สำหรับในส่วนปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่วัดค่าได้จากการทดสอบใช้เชื้อเพลิงผสม B20 เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลที่มีขนาดความจุของกระบอกสูบ 7.3 ลิตรนั้น ไม่ว่าจะเป็น HC, NO_x, CO และควันไอเสีย พบว่า มีปริมาณที่ลดลง แต่สำหรับการทดสอบใช้กับของเครื่องยนต์ดีเซลที่มีขนาดความจุของกระบอกสูบ 5.9 ลิตรนั้น พบว่า NO_x และควันไอเสียมีปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่วน CO และ HC พบว่า มีปริมาณที่ลดลง เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

Schumacher, Borgelt, Russell และ Krahl (1995) ได้ทำการศึกษาและทดสอบใช้เมธิลเอสเตอร์ ของน้ำมันถั่วเหลือง 100% (B100) เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลจำนวนทั้งหมด 2 เครื่อง คือเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงของบริษัท Cummins รุ่น 6BT (1991) และ รุ่น 6BTA (1992) ที่มี 6 ลูกสูบ และมีขนาดความจุของกระบอกสูบ 5.9 ลิตร รวมถึงมีการติดตั้งเทอร์โบชาร์จเข้ามาช่วยในการอัดอากาศ ส่วนระยะทางที่ใช้ในการทดสอบทั้งหมดคือ 89,888 กิโลเมตร และ 82,658 กิโลเมตร สำหรับเครื่อง 6BT (1991) และ 6BTA (1992) ตามลำดับ จากผลการทดสอบทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า การใช้เมธิลเอสเทอร์ของน้ำมันถั่วเหลือง 100% เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลนั้น ส่งผลให้ค่ากำลังที่วัดได้มีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 3% – 7% สำหรับในส่วนอัตราการสึกหรอของชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ที่สามารถพิจารณาได้จากปริมาณของสารปนเปื้อน

ต่างๆ ในน้ำมันเครื่องยนต์ยนต์ไม่ว่าจะเป็นเหล็ก (iron) ตะกั่ว (lead) และซิลิกอน (silicon) ที่พบได้ในปริมาณที่น้อยลง แต่ก็เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้นจึงสามารถกล่าวได้ว่า อัตราการสึกหรอของชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์มีค่าเป็นปกติ แต่อย่างไรก็ตาม ในระหว่างทำการทดสอบพบว่า สายน้ำมันเชื้อเพลิงมีอายุการใช้งานที่ต่ำกว่าปกติ นอกจากที่กล่าวมาแล้ว ยังพบอีกว่า ปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่วัดค่าได้ไม่ว่าจะเป็น CO, HC, PM และควันไอเสีย มีปริมาณที่ลดลง ในขณะที่ NO_x พบว่ามีปริมาณที่เพิ่มขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

Tang, Hitam และ Basiron (1995) ได้ทำการศึกษาและเสนอผลการทดสอบที่เกี่ยวกับการวัดหาปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่ปล่อยออกมาสู่บรรยากาศจากการใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลของ Elsbett ซึ่งเป็นเครื่องยนต์ที่วางอยู่ในรถยนต์ของบริษัท Mercedes Benz รุ่น 190 ที่มี 3 ลูกสูบ มีกำลังสูงสุด 64 กิโลวัตต์ ที่ความเร็วรอบ 4,300 รอบต่อนาที มีระบบเทอร์โบชาร์จช่วยในการอัดอากาศ และอินเตอร์คูลเลอร์ช่วยในการระบายความร้อนให้แก่ไอดี จากผลการทดสอบทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า ค่ากำลังสูงสุดที่วัดค่าได้จากการใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงนั้นมีค่าลดลงประมาณ 17.5% แต่ในขณะเดียวกันกลับพบว่า อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 7% สำหรับในส่วนปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่วัดค่าได้ไม่ว่าจะเป็น HC, NO_x และ PM พบว่า มีปริมาณที่ลดลง คือประมาณ 27%, 7.6% และ 42% ตามลำดับ รวมทั้งในส่วนของไอเสียต่างๆ ที่ไม่มีการควบคุมปริมาณตามกฎหมาย อย่างเช่น benzene, toluene, ethyl – benzene และ xylene ก็พบว่า มีปริมาณที่ลดลงเช่นกัน แต่ในขณะเดียวกันกลับพบว่า CO และ CO_2 มีปริมาณที่เพิ่มขึ้นประมาณ 2.4% และ 1.2% ตามลำดับ นอกจากที่กล่าวมาแล้ว ยังพบอีกว่าลักษณะของควันไอเสียที่ปล่อยออกมาสูบรรยากาศมีสีที่จางกว่า รวมถึงค่าความสามารถในการดูดกลืนแสงที่น้อยกว่า เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

Chandler et al. (1996) ได้ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวกับการทดสอบใช้เชื้อเพลิงทดแทนชนิดต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นก๊าซธรรมชาติ ทั้งที่เก็บอยู่ในรูปของเหลว (liquefied natural gas, LNG) และเก็บอยู่ในรูปของก๊าซ (compressed natural gas, CNG) เอธานอล (ethanol) เมธานอล (methanol) และไบโอดีเซลของน้ำมันถั่วเหลืองผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 20: 80 (B20) เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล จากผลการทดสอบทั้งหมด สามารถแบ่งผลสรุปออกเป็นส่วนๆ ได้ดังนี้

- ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ในการใช้งาน จากผลการทดสอบส่วนใหญ่แล้วไม่พบว่ามีปัญหาใดๆ เกิดขึ้นในระหว่างทำการทดสอบ ยกเว้นก็แต่ในกรณีของการใช้ก๊าซธรรมชาติที่เก็บอยู่ในรูปของเหลวเท่านั้นที่พบว่า ระบบน้ำมันเชื้อเพลิงเกิดการรั่ว รวมถึงปั๊มหัวฉีดเกิดปัญหาขึ้นในระหว่างใช้งาน

- ประสิทธิภาพของน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Efficiency) จากผลการทดสอบส่วนใหญ่แล้วพบว่า สมรรถนะการทำงานของเครื่องยนต์มีค่าลดลง ยกเว้นก็แต่ในกรณีของการใช้เอธานอลเท่านั้นที่พบว่า สมรรถนะการทำงานมีค่าที่ใกล้เคียงกัน เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง
- ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (Operating Costs) จากผลการทดสอบส่วนใหญ่แล้วพบว่า ค่าใช้จ่ายต่างๆ ในระหว่างการดำเนินงานมีค่าที่เพิ่มขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง
- ต้นทุน (Capital Cost) ในการดำเนินการ จากผลการทดสอบส่วนใหญ่แล้วพบว่า ค่าต้นทุนในการดำเนินงานมีค่าที่เพิ่มขึ้น ยกเว้นก็แต่ในกรณีของการใช้ไบโอดีเซลเท่านั้นที่ไม่จำเป็นต้องมีการปรับปรุงหรือดัดแปลงในส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ จึงไม่มีค่าต้นทุนในการดำเนินการ

Krahl, Munack, Bahadir, Schumacher และ Elser (1996) ได้ทำการศึกษาและสำรวจผลงานการวิจัยที่เกี่ยวกับการวัดหาปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่ปล่อยออกมาสู่บรรยากาศ รวมถึงผลกระทบต่างๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้เมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันเมล็ดเรพเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล จากผลของการศึกษาทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า การใช้เมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันเมล็ดเรพเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลนั้นพบว่า ปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่วัดค่าได้ไม่ว่าจะเป็น HC, CO และควันไอเสียมีปริมาณที่ลดลง คือ ประมาณ 20% 15% และ 40% ตามลำดับ ส่วน NO_x พบว่า มีปริมาณที่เพิ่มขึ้น แต่ในขณะเดียวกันกลับพบว่า ปริมาณของ PM ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลย เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

Sapuan, Masjuki และ Azlan (1996) ได้ทำการศึกษาและสำรวจผลงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวกับโอกาสความเป็นไปได้ในการใช้น้ำมันปาล์มเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล โดยการพิจารณาจากองค์ประกอบหลายๆ อย่างเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล ซึ่งก็พบว่าน้ำมันปาล์มดิบมีค่าคุณสมบัติบางค่าที่แตกต่างจากน้ำมันดีเซลอยู่ค่อนข้างมาก โดยเฉพาะค่าความหนืดที่สูงกว่าน้ำมันดีเซลประมาณ 11 เท่าตัว ส่วนค่าคุณสมบัติอื่นๆ ถือว่ามีค่าที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงถือว่าเป็นเรื่องไม่ค่อยเหมาะสมนักที่จะใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล นอกเสียจากว่ามีกรรมวิธีในการลดค่าความหนืดของน้ำมันปาล์มดิบให้มีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าของน้ำมันดีเซลก่อน ซึ่งกรรมวิธีนั้นก็คือ การผลิตไบโอดีเซลนั่นเอง จากผลการสำรวจทั้งหมดสามารถกล่าวได้ว่า

เริ่มแรกในปี ค.ศ.1983 ทาง PORIM ได้ทำการทดสอบใช้เมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันปาล์มกลั่นเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้อยู่ในรถยนต์รุ่นต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นรถ tractor lorry และ land cruiser เป็นระยะทางหรือระยะเวลาทั้งหมดประมาณ 96,000 กิโลเมตร 98,000 กิโลเมตร

และ 1,100 ชั่วโมง ตามลำดับ จากผลการทดสอบทั้งหมดพบว่า การติดเครื่องยนต์ทำได้ง่าย ไม่เกิดอาการน็อก เครื่องยนต์เดินเรียบ กำลังของเครื่องยนต์ไม่ตก ปริมาณควันดำลดลง แต่ในขณะเดียวกันกลับพบว่า อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 5% - 25% และหลังจากการทำการทดสอบครบตามที่กำหนด ได้ทำการตรวจสอบสภาพชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ ซึ่งพบว่า มีกากคาร์บอน หรือเขม่าที่สะสมตัวอยู่ตามบริเวณผิวของวาล์วในปริมาณที่ใกล้เคียงกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเพื่อเป็นเชื้อเพลิง แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ที่ผลิตจากพลาสติกและยางมีการเสื่อมสภาพหรืออายุการใช้งานที่สั้นกว่าปกติ

ต่อมาทาง PORIM ยังได้ทำการทดสอบใช้เมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันปาล์มกลั่นเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลของรถแท็กซี่ (taxi) จากผลการทดสอบทั้งหมดพบว่า ค่ากำลังสูงสุดที่วัดได้มีค่าที่ลดลงประมาณ 4.5% ส่วนอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมีค่าที่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย แต่อย่างไรก็ตาม พบว่า ถ้าใช้ความเร็วในการทดสอบมากกว่า 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจะมีค่าที่ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

นอกจากที่กล่าวมาแล้วยังพบอีกว่า University of Technology Malaysia (UTM) ได้มีการทดสอบใช้เมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันปาล์ม เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ ของบริษัท Ricardo รุ่น E-6 และของบริษัท Isuzu รุ่น 4JB1 และเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กของบริษัท Yanmar รุ่น TF80 และของบริษัท Lister จากผลการทดสอบทั้งหมดพบว่า ค่ากำลังที่วัดค่าได้มีทั้งกรณีที่เพิ่มขึ้นและใกล้เคียงกัน แต่ในขณะเดียวกันกลับพบว่า อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมีค่าที่เพิ่มขึ้น สำหรับในส่วนปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่วัดค่าได้พบว่า CO_2 มีปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่วน CO พบว่า มีปริมาณการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมาก เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ต่อมาทาง University of Malaysia (UM) ได้ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนต่างๆ คือ 25: 75, 50: 50, 75: 25 และน้ำมันปาล์ม 100% เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงของบริษัท Isuzu รุ่น 4FB1 ที่มี 4 ลูกสูบ จากผลการทดสอบทั้งหมดพบว่า สมรรถนะของเครื่องยนต์ และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมีค่าที่ใกล้เคียงกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ส่วนปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่วัดค่าได้ไม่ว่าจะเป็น HC, CO และ NO_x พบว่า มีปริมาณการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมาก สำหรับในส่วนอัตราการสึกหรอของชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ที่สามารถทำการพิจารณาได้จากปริมาณของสารปนเปื้อนในน้ำมันเครื่องยนต์ยนต์พบว่า มีค่าที่เป็นปกติ เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

Shumacher และ Gerpen (1996) ได้ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ไบโอดีเซลเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลทั้งระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรง และระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม โดยข้อมูลทั้งหมดที่ทำการรวบรวมเป็นข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองใช้งานจริงในชีวิตประจำวันที่อยู่ในช่วงปี ค.ศ.1991 - 1995 ส่วนเชื้อเพลิงที่ใช้มีทั้งไบโอดีเซลบริสุทธิ์ 100% และไบโอดีเซลผสมกับน้ำมันดีเซลในสัดส่วนต่างๆ จากผลการทดสอบทั้งหมดสามารถแบ่งผลสรุปออกเป็นส่วนๆ ได้ดังนี้

- การผสมไบโอดีเซลเข้ากับน้ำมันดีเซลกำมะถันต่ำ (Blending of Biodiesel และ Low Sulfur Diesel Fuel) วิธีที่เหมาะสมที่จะใช้ในการผสมเชื้อเพลิงระหว่างไบโอดีเซลเข้ากับน้ำมันดีเซลนั้น ต้องเป็นวิธีที่สามารถทำให้เชื้อเพลิงทั้งสองชนิดรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันตลอดให้ได้
- การติดเครื่องยนต์ที่สภาวะอุณหภูมิต่ำ (Cold Start Tendencies) จากผลการทดสอบ พบว่า มีปัญหาในการติดเครื่องยนต์ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่ำมากๆ
- สภาพของน้ำมันเครื่องยนต์ยนต์ (Condition of Engine Lubricant Oil) จากผลการวิเคราะห์สภาพของน้ำมันเครื่องยนต์ยนต์หลังจากการทดสอบพบว่า มีทั้งผลงานวิจัยที่บ่งบอกว่ามีปริมาณของเอสเตอร์ผสมอยู่ในน้ำมันเครื่องยนต์ยนต์ในปริมาณที่ค่อนข้างสูง ปริมาณเล็กน้อย และไม่พบเลย
- ระบบหล่อเย็น (Cooling System) จากผลการทดสอบพบว่า ระบบหล่อเย็นของเครื่องยนต์ดีเซลมีการชำรุดและเสียหายถึงขนาดที่ต้องเปลี่ยนใหม่มากกว่าในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ส่วนสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหานั้นยังไม่สามารถสรุปแน่ชัดได้
- ไอเสียที่ปล่อยออกมาจากเครื่องยนต์ (Engine Exhaust Emission) จากการวิเคราะห์ปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่ปล่อยออกมาสู่บรรยากาศ พบว่า NO_x มีปริมาณที่เพิ่ม แต่ก็เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ส่วน CO, HC และ PM พบว่า มีปริมาณที่ใกล้เคียงกันมาก เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง
- การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (Fuel Economy) จากผลการทดสอบพบว่า อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมีค่าที่เพิ่มขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง แต่ก็เพียงเล็กน้อยเท่านั้น
- การอุดตันของกรองน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Filter Plugging) จากผลการทดสอบพบว่าไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิงเกิดการอุดตันเร็วกว่าปกติ
- คุณภาพของน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Quality) จากการตรวจสอบคุณภาพของไบโอดีเซลจากหลายๆ หน่วยงานพบว่า บางหน่วยงานมีกรีเซอร์รีน (glycerin) ผสมอยู่ในปริมาณ

ที่มากกว่าปกติ ส่วนบางหน่วยงานก็พบว่า มีปริมาณของสารปนเปื้อนที่มีลักษณะเป็นครีมสีขุ่นผสมอยู่ในปริมาณที่มากกว่าปกติเช่นกัน

- การเสียหายของหัวฉีด (Injector Failure) จากการวิเคราะห์สภาพของหัวฉีดที่ผ่านการการใช้งานมาแล้วพบว่า มีทั้งกรณีที่ทำให้หัวฉีดพังหรือเกิดความเสียหายขึ้น กล่าวคือมีลักษณะคล้ายๆ กับการเกิดโพรง ส่วนในบางกรณีก็ไม่พบว่ามีปัญหาใดๆ เกิดขึ้นกับหัวฉีด
- การเข้ากันได้ของวัสดุ (Material Compatibility) จากผลการทดสอบพบว่า มีปัญหาเกี่ยวกับการเสื่อมสภาพหรืออายุการใช้งานที่สั้นกว่าปกติเกิดขึ้นกับชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ ไม่ว่าจะเป็นในส่วนของลิ้นวาล์วเปิดปิดน้ำมันเชื้อเพลิง ระบบวงจรไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของปั๊มหัวฉีด ระบบกลไกภายในของปั๊มหัวฉีด รวมถึงสายน้ำมันเชื้อเพลิงต่างๆ เป็นต้น
- การเพิ่มขึ้นของควันไอเสีย (Smoke Increases) จากการวิเคราะห์ปริมาณของควันไอเสียที่วัดค่าได้พบว่า มีทั้งกรณีที่มีปริมาณลดลง โดยเฉพาะในขณะที่เครื่องยนต์ทำงานที่รอบเดินเบา ส่วนในบางกรณีก็พบว่ามีปริมาณที่เพิ่มขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง
- ผลสรุปของการทดสอบเพื่อหาค่ากำลัง (Power Test Results) จากผลการทดสอบส่วนใหญ่แล้วพบว่า กำลังที่วัดค่าได้มีค่าลดลง เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง แต่ก็เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

Schumacher และ Madzura (1997) ได้ทำการศึกษาและเสนอผลงานวิจัยที่เกี่ยวกับการทดสอบใช้ไบโอดีเซลผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 20: 80 (B20) เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ของบริษัท Detroit รุ่น 5 – 6V92 จากผลการศึกษาทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า การใช้เชื้อเพลิงผสม B20 เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลนั้น ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายโดยรวมมีค่าที่สูงกว่าในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง อาทิเช่น ค่าเชื้อเพลิงของ B20 ที่มีราคาต่อหน่วยสูงกว่าน้ำมันดีเซลประมาณ 2.35 เท่าตัว และยังพบอีกว่าในช่วงฤดูร้อนเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงผสม B20 เพื่อเป็นเชื้อเพลิงนั้น ต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมระบบหล่อเย็นสูงกว่าในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงประมาณ 50.3% แต่จากข้อมูลในขณะนั้นไม่ได้บอกว่ามีสาเหตุมาจากอะไร ซึ่งนอกจากระบบหล่อเย็นแล้วก็ไม่พบว่ามีชิ้นส่วนใดๆ ของเครื่องยนต์เกิดการเสียหายหรือชำรุดมากไปกว่าปกติ ส่วนปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่วัดค่าได้ไม่ว่าจะเป็น PM, CO, CO_2 และ HC พบว่ามีปริมาณการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมาก ยกเว้นก็แต่ NO_x เท่านั้น ที่พบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้น แต่ก็เพียงเล็กน้อยเท่านั้น สำหรับในส่วนอัตราการสึกหรอของชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ ที่ทำการ

พิจารณาได้จากปริมาณของสารปนเปื้อนชนิดต่างๆ ในน้ำมันเครื่องยนต์ยนต์ ซึ่งส่วนใหญ่แล้วก็พบว่า มีปริมาณที่ใกล้เคียงกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเพื่อเป็นเชื้อเพลิง ยกเว้นก็แต่เหล็กเท่านั้นที่มีปริมาณเพิ่มขึ้น

Masjuki, Kalam, Maleque, Suhaimi และ Mokhtar (1998) ได้ทำการศึกษาและทดสอบใช้เชื้อเพลิงผสมระหว่างน้ำมันปาล์มโอลีนผสมกับน้ำมันดีเซล และน้ำมันมะพร้าวผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนต่างๆ คือ 20: 80, 30: 70, 40: 60 และ 50: 50 เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงของบริษัท Isuzu รุ่น 4FB1 ที่มี 4 ลูกสูบ จากผลการทดสอบพบว่า ค่ากำลังเบรกที่วัดค่าได้จากการใช้น้ำมันปาล์มโอลีนผสมกับน้ำมันดีเซล และน้ำมันมะพร้าวผสมกับน้ำมันดีเซล เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลนั้น มีค่าที่เพิ่มขึ้นประมาณ 10% และ 6.8% ตามลำดับ และในขณะเดียวกัน อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะก็มีค่าที่เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน คือประมาณ 8.7% และ 9.6% ตามลำดับ สำหรับในส่วนปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่วัดค่าได้ไม่ว่าจะเป็น CO, CO_2 HC และควันไอเสีย พบว่า มีปริมาณที่ลดลง นอกจากที่กล่าวมาแล้วยังพบอีกว่า การสะสมตัวของกากคาร์บอนตามบริเวณปลายของหัวฉีด มีปริมาณที่น้อยมาก เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

Schumacher, Soylu, Gerpen และ Wetherell (1998) ได้ทำการศึกษาและเสนอผลงานวิจัยที่เกี่ยวกับการใช้เมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันถั่วเหลืองผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 2:98 (B2) เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงของบริษัท Dodge ที่มีขนาดความจุของกระบอกสูบ 5.9 ลิตร มีระยะทางในการทดสอบทั้งหมด 40,608 ไมล์ จากผลการทดสอบพบว่า ประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องยนต์มีค่าที่ใกล้เคียงกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ส่วนอัตราการสึกหรอของชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์เป็นปกติ โดยพิจารณาได้จากปริมาณของสารปนเปื้อนชนิดต่างๆ ที่พบได้ในน้ำมันเครื่องยนต์ยนต์ไม่ว่าจะเป็นโครเมียม (chromium) เหล็ก ตะกั่ว ทองแดง (copper) และซิลิกอน ที่พบได้ในปริมาณที่ลดลง สำหรับในส่วนปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่วัดค่าได้ไม่ว่าจะเป็น CO, HC และ NO_x พบได้ในปริมาณที่ลดลง ส่วนควันไอเสียพบว่า มีปริมาณการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมาก และยังคงมีค่าที่ลดลงอีก ถ้าอัตราเร่งของเครื่องยนต์มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

วัชระ ลอยสมุทร, อุฬารวิศว์ ครองยุทธ, สุรชัย ฝั้นแก้ว และ ศิริกุล จันทร์สว่าง (2542) ได้ทำการศึกษาและค้นคว้าเกี่ยวกับการปรับปรุงสภาพของน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว เพื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล โดยกระบวนการทางเคมีที่เรียกว่า ทรานเอสเทอริฟิเคชั่น (transesterification) แล้วค่อยนำไปทดสอบใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กที่มี 1 ลูกสูบ และมีกำลังสูงสุด 11 แรงม้า โดยจะไม่มีการดัดแปลงหรือปรับปรุงในส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ทั้งสิ้น จากผลการทดสอบพบว่า

อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน (thermal efficiency) และอัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิง (air fuel ratio) มีค่าที่เพิ่มขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

สมชัย นรเศรษฐ์โศภน และ ปิ่น ประมาพันธ์ (2542) ได้ทำการศึกษาและนำเสนอผลการทดสอบที่เกี่ยวกับการหาจุดวาบไฟ (flash point) ของเชื้อเพลิง แรงบิดของเครื่องยนต์ กำลังของเครื่องยนต์ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และการวิเคราะห์หาปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่ปล่อยออกมาสู่บรรยากาศจากการใช้น้ำมันพืชผสมกับน้ำมันดีเซล เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กที่มี 1 ลูกสูบ จากผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่า เครื่องยนต์สามารถทำงานได้ดีโดยไม่ต้องทำการปรับแต่งและแก้ไขในส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ทั้งสิ้น สำหรับในส่วนของจุดวาบไฟของเชื้อเพลิงนั้นพบว่า มีค่าแปรผันตามปริมาณของน้ำมันพืช ส่วนค่ากำลังและแรงบิดที่วัดค่าได้พบว่า มีค่าที่ลดลง แต่ในขณะเดียวกันกลับพบว่า อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมีค่าที่เพิ่มขึ้น แต่ก็เพียงเล็กน้อยเท่านั้น นอกจากนี้แล้วยังพบอีกว่า ปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่ถูกปล่อยออกมาสู่บรรยากาศไม่ว่าจะเป็น CO และ oxygen dioxide (O_2) มีปริมาณการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมาก ในขณะที่ปริมาณของ CO_2 และ HC มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นๆ ลงๆ ตามอัตราส่วนผสมระหว่างน้ำมันพืชกับน้ำมันดีเซล เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

Schumacher, Wetherell และ Fischer (1999) ได้ทำการศึกษาถึงคุณสมบัติต่างๆ ของไบโอดีเซล และไบโอดีเซลผสมกับน้ำมันดีเซล ที่อาจส่งผลกระทบต่อการใช้งานในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่ำมากๆ ซึ่งได้แก่ ค่าจุดเกิดหมอก (cloud point) ค่าจุดไหลเท (pour point) และค่าความหนืดของเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดที่มีค่าต่างจากของน้ำมันดีเซลอยู่ค่อนข้างมาก โดยเฉพาะค่าจุดเกิดหมอกและจุดไหลเท ที่มีค่าสูงกว่าค่าของน้ำมันดีเซลประมาณ 13.3 องศาเซลเซียส และ 19.4 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และด้วยเหตุนี้เองจึงส่งผลให้การใช้งานของไบโอดีเซลในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่ำมีขีดความสามารถที่ค่อนข้างจำกัด และจากการทดสอบในครั้งนี้ เป็นการนำเสนอแนวทางอีกแนวทางหนึ่งในการลดค่าจุดไหลเท และจุดเกิดหมอกของไบโอดีเซลให้มีค่าใกล้เคียงกับค่าของน้ำมันดีเซล โดยการเติมสารลดค่าจุดไหลเทที่มีชื่อว่า SOV ในสัดส่วน 0%, 0.1%, 0.2%, 0.5%, 0.75%, 1% และ 2% โดยปริมาตร ผสมลงไปในไบโอดีเซล หรือเติมผสมลงไปในเชื้อเพลิงผสมระหว่างไบโอดีเซลกับน้ำมันดีเซลในสัดส่วนต่างๆ คือ 100%, 40%, 30%, 20% และ 0% จากผลการทดสอบทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า การเติมสาร SOV ลงไปในไบโอดีเซล หรือไบโอดีเซลผสมกับน้ำมันดีเซลในสัดส่วนต่างๆ นั้น ส่งผลให้จุดไหลเทและจุดเกิดหมอกมีค่าลดลง ส่วนค่าความหนืดมีค่าที่เพิ่มขึ้น แต่ก็เพียงเล็กน้อยเท่านั้น และจากการเปรียบเทียบไม่ว่าจะเป็นค่าจุดไหลเท จุดเกิดหมอก และค่าความหนืด รวมถึงค่าต้นทุนที่ต้องจ่ายเพิ่มพบว่า การเติมสาร SOV ลงไปในเชื้อเพลิงผสม B20 ในปริมาณ 0.75% มี

ความคุ้มค่า รวมถึงขีดความสามารถในการใช้งานในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่ำใกล้เคียงกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงมากที่สุด

University of Idaho และ Montana Department of Environmental Quality (1999) ได้ทำการศึกษาและทดสอบใช้เอธิลเอสเตอร์ของน้ำมันเมล็ดเรพ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงของรถกระบะขับเคลื่อน 4 ล้อ ที่มีขนาดความจุของกระบอกสูบ 5.9 ลิตร มีเทอร์โบชาร์จช่วยในการอัดอากาศ และมีอินเตอร์คูลเลอร์ช่วยในการระบายความร้อนให้กับไอดี ที่วิ่งอยู่ในวนอุทยานแห่งชาติ Yellowstone ในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยมีจุดประสงค์เพื่อเป็นการสาธิตการใช้ไบโอดีเซลในเชิงอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวว่ามีผลดีและผลเสียอย่างไรบ้าง ตลอดโครงการใช้ระยะทางในการทดสอบทั้งหมด 149,408 กิโลเมตร ซึ่งจากผลการทดสอบทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า เครื่องยนต์ที่ใช้เอธิลเอสเตอร์ของน้ำมันเมล็ดเรพเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลนั้นพบว่า ค่ากำลังที่วัดได้มีค่าที่ใกล้เคียงกัน แต่ในขณะเดียวกันกลับพบว่า อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะมีค่าที่เพิ่มขึ้น ส่วนอัตราการสึกหรอของชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์พบว่า มีค่าที่ลดลง แต่ก็เพียงเล็กน้อยเท่านั้น สำหรับในส่วนปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่วัดค่าได้ไม่ว่าจะเป็น CO, CH และ NO_x พบว่า มีปริมาณลดลง ส่วน PM และ CO_2 พบว่า มีปริมาณเพิ่มขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

Beg, Bose และ Ghosh (2000) ได้ทำการศึกษาและทดสอบใช้น้ำมันลินซีด (linseed oil) น้ำมันลินซีดผสมกับน้ำมันดีเซล รวมถึงไบโอดีเซลของน้ำมันลินซีด เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กที่ได้รับการเคลือบสารทนความร้อนในบริเวณพื้นผิวด้านบนของลูกสูบ และสามารถทำการปรับอัตราส่วนการอัด (compression ratio) ได้ จากผลการทดสอบทั้งหมดพบว่า อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ อุณหภูมิของไอเสีย ปริมาณของ CO และควันไอเสียพบว่า มีค่าที่ลดลง แต่ประสิทธิภาพเชิงความร้อนและปริมาณของ NO_x มีค่าที่เพิ่มขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

Kumar, Ramesh, Nagalingam และ Gopalakrishnan (2000) ได้ทำการศึกษาและทดสอบใช้ไบโอดีเซลของน้ำมันเมล็ดสบู่ดำ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลที่มี 1 ลูกสูบ และมีระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ โดยการทดสอบในครั้งนั้นเป็นการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะการทำงานของเครื่องยนต์ ซึ่งจากผลการทดสอบทั้งหมดพบว่า การทำงานของเครื่องยนต์เป็นไปอย่างราบเรียบไม่มีอาการสะดุดของเครื่องยนต์เกิดขึ้น ส่วนประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่วัดค่าได้พบว่า มีค่าลดลง แต่ในขณะเดียวกันกลับพบว่า อัตราการสิ้นเชื้อเพลิงจำเพาะมีค่าเพิ่มขึ้น สำหรับในส่วนปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่ถูกปล่อยออกมาสู่บรรยากาศพบว่า HC มีปริมาณที่ลดลง ส่วนควันไอเสียพบว่า มีปริมาณที่ใกล้เคียงกัน แต่ CO พบว่ามีปริมาณที่เพิ่มขึ้น และยังคงเพิ่มขึ้นอีกถ้าได้รับภาระการเพิ่ม

ขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

Raju, Rao และ Ramamohan (2000) ได้ทำการศึกษาและทดสอบใช้น้ำมันเมล็ดสบู่ดำดิบกรอง และไบโอดีเซลของน้ำมันเมล็ดสบู่ดำ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงที่มี 1 ลูกสูบ และมีระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ แล้วทำการวัดหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ได้จากการทดสอบ จากผลการทดสอบทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า ค่ากำลังที่วัดได้จากการใช้ไบโอดีเซลของน้ำมันเมล็ดสบู่ดำเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลนั้นมีค่าที่ลดลง ส่วนอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะมีค่าที่เพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามถ้ามีการเปลี่ยนมาใช้หัวฉีดเชื้อเพลิงแรงดันสูง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะจะมีค่าลดลง ส่วนปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่วัดค่าได้ไม่ว่าจะเป็น CO และ O_2 พบว่า มีปริมาณที่ลดลง แต่ CO_2 พบว่า มีปริมาณที่เพิ่มขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ทวิช จิตรสมบูรณ์ (2544) ได้ทำการศึกษาและรวบรวมผลงานวิจัยต่างๆ ในอดีตทั้งของนักวิจัยในประเทศ และต่างประเทศที่เกี่ยวกับการใช้น้ำมันพืชเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล รวมทั้งการให้ทัศนะต่างๆ ต่อข้อมูลเหล่านั้นด้วยในกรณีที่ผู้ทำวิจัยไม่ได้แสดงทัศนะไว้หรือในกรณีที่ผลการวิจัยขัดแย้งกัน โดยประเด็นหลักที่นำเสนอ คือ คุณสมบัติของน้ำมันพืชทั้งทางกายภาพและทางเคมี สมรรถนะของเครื่องยนต์ ผลกระทบต่อความคงทนของเครื่องยนต์ องค์ประกอบของไอเสีย และปัญหาอื่นๆ ที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้น้ำมันพืชเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล โดยการศึกษาในครั้งนี้จะมุ่งเน้นที่น้ำมันปาล์มและน้ำมันมะพร้าว ซึ่งจากผลการศึกษาทั้งหมดสามารถกล่าวได้ว่า จากผลงานการวิจัยทั้งของนักวิจัยในไทยและของนักวิจัยทั่วโลกในภาพรวมๆ ที่ได้ทำการศึกษาและทดสอบใช้น้ำพืชดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล โดยไม่มีการดัดแปลงหรือปรับปรุงในส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ทั้งสิ้นได้ผลสรุปว่า มีการชำรุดหรือเสียหายเกิดขึ้นกับชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ เพราะแหวนลูกสูบเกิดการติดตัว เนื่องจากการสะสมตัวของกากคาร์บอนตามร่องแหวน ส่วนสาเหตุอาจเนื่องมาจากน้ำมันพืชมีค่าความหนืดที่สูงกว่าน้ำมันดีเซลประมาณ 15 เท่าตัว ดังนั้นถ้าคิดจะใช้น้ำมันพืชเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลอย่างจริงจังนั้น จำเป็นต้องมีการปรับสภาพของน้ำมันพืชดิบให้มีค่าเหมาะสมหรือใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลให้มากที่สุด โดยในที่นี้มีอยู่ 3 แนวทางด้วยกันคือ 1. กรรมวิธีทางเคมี โดยการทำให้เป็นน้ำมันใสหรือเอสเตอร์ 2. การผสมเข้ากับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนไม่เกิน 20% และ 3. การทำให้ร้อนขึ้น นอกจากนี้แล้วยังพบอีกว่าการเลือกใช้เครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม รวมถึงมีการติดตั้งเทอร์โบชาร์จเพื่อช่วยในการอัดอากาศ ส่งผลให้การทำงานโดยรวมของเครื่องยนต์ดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตามจากผลสรุปของงานวิจัยหลายๆ งานวิจัย ยังมีประเด็นที่คลุมเครืออยู่หลายประเด็น เช่น ความเร็วรอบสูงดีหรือต่ำดี น้ำมันเครื่องยนต์ยนต์ใสขึ้นหรือข้นขึ้น และอะไรคือตัวกำหนดว่าควันพิษบางตัว เช่น NO_x มีปริมาณที่

เพิ่มขึ้นหรือลดลง

ปรีดา วิบูลย์สวัสดิ์ (2544) ได้ทำการศึกษาและรายงานผลงานวิจัยที่เกี่ยวกับการใช้น้ำมันพืชชนิดต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นน้ำมันปาล์ม น้ำมันปาล์มผสมกับน้ำมันดีเซลในสัดส่วนต่างๆ น้ำมันมะพร้าว รวมถึงเอสเตอร์ของน้ำมันปาล์ม เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กที่มี 1 ลูกสูบ ซึ่งจากการศึกษาคุณสมบัติต่างๆ ของน้ำมันปาล์มเปรียบเทียบกับคุณสมบัติของน้ำมันมะพร้าว พบว่า น้ำมันปาล์มน่าจะมีค่าความเหมาะสมมากกว่า เพราะว่าน้ำมันปาล์มมีค่าความหนืดที่น้อยกว่า ส่วนค่าดัชนีซีเทน (cetane index) มีค่าที่ใกล้เคียงกัน และยังพบว่ามีค่าที่สูงกว่าของน้ำมันดีเซลอีกด้วย ส่วนปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่ถูกปล่อยออกมาสู่บรรยากาศไม่ว่าจะเป็น CO และ PM มีปริมาณที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณของ CO_2 และ SO_2 มีปริมาณที่ลดลง เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

สุรกิตติ ศรีกุล, สุนีย์ นิเทศพัตรพงศ์ และ ชาย โพธิวิส (2544) ได้ทำการศึกษาและรายงานผลการวิจัยที่เกี่ยวกับแนวทางของการพัฒนาผลผลิตและการปรับปรุงพืชน้ำมัน (ปาล์มน้ำมัน) เพื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ปาล์มน้ำมันจัดว่าเป็นพืชที่มีศักยภาพทางเศรษฐกิจที่สูงที่สุดในโลก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากศักยภาพในการผลิตน้ำมันมีค่าที่เหนือกว่าพืชน้ำมันทุกชนิด เมื่อทำการพิจารณาจากพื้นที่ปลูกที่มีขนาดเท่ากัน แต่อย่างไรก็ตามสำหรับในประเทศไทยนั้นพบว่า ปริมาณของปาล์มน้ำมันที่ผลิตในประเทศส่วนใหญ่แล้วหมดไปกับการบริโภคภายในประเทศเท่านั้น ไม่ว่าจะเป็นในภาคอุตสาหกรรมอาหาร ภาคอุตสาหกรรมเคมี รวมถึงในส่วนของน้ำมันพืชเพื่อใช้บริโภคเป็นอาหาร ส่วนที่เหลืออีกเล็กน้อยได้ถูกเก็บสะสมไว้เพื่อใช้ในปีต่อไป ดังนั้นการที่จะนำปาล์มน้ำมันมาผลิตไบโอดีเซลเพื่อการใช้งานอย่างจริงจังนั้นจำเป็นต้องมีมาตรการรองรับ เช่น การเพิ่มผลผลิตทลายปาล์มน้ำมัน การเพิ่มพื้นที่เพาะปลูก และการนำเข้าน้ำมันปาล์มดิบจากต่างประเทศ เป็นต้น แต่จากการประเมินค่าความเหมาะสมของลักษณะดินและสภาพภูมิอากาศเพื่อการปลูกปาล์มน้ำมันโดยกรมวิชาการเกษตรพบว่า ประเทศไทยมีพื้นที่ดินที่มีศักยภาพในการปลูกปาล์มน้ำมันประมาณ 23.15 ล้านไร่ ซึ่งในจำนวนนี้เป็นพื้นที่ดินที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตประมาณ 3 ตันต่อไร่ จำนวน 12.97 ล้านไร่ แต่พบว่า มีการใช้เนื้อที่ในการปลูกปาล์มน้ำมันจริงๆ เพียง 0.715 ล้านไร่ เท่านั้น นอกเหนือจากนั้นจะเป็นพื้นที่ดินที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตประมาณ 2.5 – 3 ตันต่อไร่ จำนวน 10.18 ล้านไร่ แต่ในปี พ.ศ. 2544 พบว่า มีการใช้เนื้อที่ในการปลูกปาล์มน้ำมันจริงเพียง 1.4 ล้านไร่ เท่านั้น ดังนั้นโอกาสที่ประเทศไทยจะทำการขยายพื้นที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมันในอนาคตนั้นจึงเป็นไปได้ค่อนข้างสูง โดยไม่จำเป็นต้องพึ่งพาการนำเข้าจากต่างประเทศ เพราะมีพื้นที่ดินที่เพียงพอ มีเทคโนโลยีที่เหมาะสม มีพันธุ์ปาล์มน้ำมันพันธุ์ดีที่พร้อมจะแจกจ่ายให้แก่เกษตรกร รวมถึงการให้คำแนะนำในการจัดการสวนปาล์มที่ถูกต้องและเหมาะสม

จากกรมวิชาการเกษตรที่ได้มีการศึกษา การวิจัย และการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง

สุรพัฒน์ หวังวงศ์วัฒนา (2544) ได้ทำการศึกษาและนำเสนอผลงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวกับผลกระทบต่อเครื่องยนต์และมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นจากการใช้น้ำมันพืชชนิดต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นน้ำมันมะพร้าวดิบ น้ำมันปาล์มดิบ รวมถึงการใช้เอสเตอร์ของทั้งน้ำมันมะพร้าวและของน้ำมันปาล์มเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งจากการศึกษาพบว่า เอสเตอร์ของน้ำมันพืชทั้งสองชนิดมีค่าคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลมากที่สุด ส่วนค่าคุณสมบัติของน้ำมันพืชดิบทั้งสองชนิดพบว่า มีค่าบางค่าที่แตกต่างจากของน้ำมันดีเซลอยู่ค่อนข้างมาก ซึ่งอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องยนต์ได้ กล่าวคือ ค่าความหนืดของน้ำมันปาล์มและน้ำมันมะพร้าวที่มีค่าสูงกว่าน้ำมันดีเซลค่อนข้างมาก ทำให้การจุดระเบิดเกิดขึ้นได้ช้ากว่า ปั๊มหัวฉีดและหัวฉีดทำงานหนักไม่สามารถฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงให้เป็นฝอยได้ ซึ่งเป็นเหตุให้การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ รวมถึงเกิดการสะสมตัวของเขม่า และยางเหนียวตามบริเวณปั๊มหัวฉีดและบริเวณปลายของหัวฉีด รวมทั้งอาจทำให้หัวฉีดเกิดการอุดตันได้ ซึ่งในที่สุดก็ส่งผลให้สมรรถนะการทำงานของเครื่องยนต์มีค่าลดลง รวมถึงมลพิษในอากาศมีค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนี้แล้วยังพบอีกว่า ค่าความร้อนเผาไหม้ของน้ำมันพืชดิบที่มีค่าต่ำกว่าของน้ำมันดีเซลนั้นส่งผลให้ค่ากำลังที่วัดได้มีค่าที่ต่ำกว่า ดังนั้นเมื่อนำไปใช้งานจริงจึงทำให้อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมีค่าที่เพิ่มขึ้น อีกประการหนึ่งคือ ค่าจุดไหลเทของน้ำมันปาล์มดิบและของน้ำมันมะพร้าวดิบมีจุดไหลเทที่อุณหภูมิค่อนข้างสูง ซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาได้ในกรณีของการใช้งานในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่ำ เช่น การติดเครื่องยนต์เป็นไปอย่างลำบาก และมีไขมันอุดตันไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิงในปริมาณที่สูง เป็นต้น

นอกจากนี้แล้วยังได้มีการนำเสนอผลงานการวิจัยของ รศ.พูลพร แสงบางปลา (2526) ที่ได้นำน้ำมันพืชกลั่นมาผสมกับน้ำมันดีเซลในสัดส่วนต่างๆ คือ 20%, 40% และ 80% เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลในการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซล จากผลการทดสอบทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากการใช้เชื้อเพลิงผสมทั้งสามอัตราส่วนเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลนั้นพบว่า มีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 6%, 12% และ 24% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง นอกจากนี้แล้วยังพบอีกว่า เมื่อมีการใช้น้ำมันพืชผสมกับน้ำมันดีเซลในสัดส่วนตั้งแต่ 80% ขึ้นไป เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลนั้น การทำงานของเครื่องยนต์ในสภาวะที่มีภาระการต่ำๆ สามารถได้ยินเสียงการน็อคของเครื่องยนต์ได้ และยิ่งถ้าใช้น้ำมันพืช 100% การน็อคของเครื่องยนต์จะเกิดขึ้นอย่างรุนแรง โดยเฉพาะในสภาวะที่มีการรับภาระการต่ำๆ แต่ความรุนแรงของการน็อคจะลดลง เมื่อมีการรับภาระการเพิ่มขึ้น

นอกจากการนำเสนอผลงานการวิจัยของ รศ. พูลพร แสงบางปลา ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้น ยังได้มีการนำเสนอผลงานการวิจัยของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ได้

ทำการทดสอบโดยการนำน้ำมันปาล์มดิบ และน้ำมันปาล์มกลั่นมาผสมกับน้ำมันดีเซลในสัดส่วนตั้งแต่ 10% - 100% เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลที่มีขนาดความจุของกระบอกสูบ 3 ลิตร โดยทำการทดสอบวิ่งบนถนนจริงจากกรุงเทพมหานคร - สุพรรณบุรี และจากกรุงเทพมหานคร – หาดใหญ่ จากผลการทดสอบทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า ไม่ว่าจะเป็นการใช้น้ำมันปาล์มดิบหรือการใช้น้ำมันปาล์มกลั่นผสมกับน้ำมันดีเซลในสัดส่วนตั้งแต่ 50% - 100% พบว่า อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมีค่าเพิ่มขึ้น สำหรับในส่วนของอัตราเร่ง ความเร็วเฉลี่ยสูงสุด และปริมาณควันดำ พบว่า มีค่าลดลง นอกจากนี้แล้วยังพบอีกว่า ปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่ถูกปล่อยออกมาสู่บรรยากาศไม่ว่าจะเป็น CO, CO_2 และ HC มีปริมาณที่ลดลง โดยเฉพาะที่รอบการทำงานสูงๆ แต่กลับพบว่า มีปริมาณที่เพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่อเครื่องยนต์ทำงานที่รอบเดินเบา โดยเฉพาะในกรณีของการใช้น้ำมันปาล์มกลั่น 100% ส่วนในกรณีของการใช้น้ำมันปาล์มดิบ 100% พบว่า มีเฉพาะ CO เท่านั้นที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อเครื่องยนต์ทำงานที่รอบเดินเบา

Schumacher, Peterson และ Gerpen (2001) ได้ทำการศึกษาและเสนอผลของการวิเคราะห์น้ำมันเครื่องยนต์ยนต์ของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้เชื้อเพลิงผสมระหว่างเมธิลเอสเตอร์ และเอธิลเอสเตอร์ของน้ำมันถั่วเหลือง ของน้ำมันเมล็ดเรพ และของน้ำมันแคโนลา (canola oil) ผสมกับน้ำมันดีเซลในสัดส่วน 1%, 2%, 20%, 50% และ 100% เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงของบริษัท Cummin และมีความจุของกระบอกสูบ 5.9 ลิตร ทั้งนี้เนื่องจากผลของการวิเคราะห์น้ำมันเครื่องยนต์ยนต์สามารถใช้เป็นตัวชี้วัดได้ว่าอัตราการสึกหรอของชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์มีมากน้อยเพียงใด โดยทำการพิจารณาจากปริมาณของสารปนเปื้อนชนิดต่างๆ ในน้ำมันเครื่องยนต์ยนต์ไม่ว่าจะ เป็น อะลูมินัม (aluminum) โครเมียม เหล็ก ตะกั่ว ทองแดง และซิลิกอน ซึ่งจากผลการทดสอบทั้งหมดสามารถที่สรุปได้ว่า การใช้ไบโอดีเซล หรือไบโอดีเซลผสมกับน้ำมันดีเซลเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลนั้นพบว่า อัตราการสึกหรอของเครื่องยนต์เป็นปกติ เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งสามารถสังเกตได้จากปริมาณของสารปนเปื้อนชนิดต่างๆ ในน้ำมันเครื่องยนต์ยนต์ที่ผ่านการใช้งานมาแล้วไม่ว่าจะเป็น อะลูมินัม โครเมียม เหล็ก และตะกั่ว ที่พบว่ามีปริมาณที่ลดลง ยกเว้นก็แต่ ทองแดง เท่านั้นที่พบว่า มีปริมาณที่เพิ่มขึ้น แต่ก็เพียงเล็กน้อยเท่านั้น เมื่อทำการเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

Vanichseni, Intaravichai, Saitthiti และ Kiatiwat (2002) ได้ทำการศึกษาถึงแนวทางและโอกาสความเป็นไปได้ในการผลิตไบโอดีเซลของน้ำมันปาล์ม เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนภายในประเทศไทย โดยทำการพิจารณาจากแหล่งที่มีการปลูกปาล์มน้ำมันอยู่แล้วในปัจจุบัน รวมถึงบริเวณพื้นที่ที่มีศักยภาพในการเพาะปลูกปาล์มน้ำมัน คุณสมบัติของน้ำมันปาล์ม ขบวนการผลิตไบโอดีเซล คุณภาพของไบโอดีเซล ผลกระทบต่อเครื่องยนต์ รวมถึงสมรรถนะของเครื่องยนต์ จากการ

ใช้ไบโอดีเซลเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ซึ่งจากผลการรายงานทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า ถ้ามีการใช้ไบโอดีเซลเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลประมาณ 20% ในปี 2000 สามารถลดค่าใช้จ่ายในการนำเข้าของน้ำมันดีเซลจากต่างประเทศได้ประมาณ 13,436 ล้านบาท และจากปริมาณไบโอดีเซลที่ต้องการใช้ประมาณ 20% จึงจำเป็นต้องมีการเพาะปลูกปาล์มน้ำมันมากถึง 4.4 ล้านไร่ แต่อย่างไรก็ตามจากการสำรวจพื้นที่ในภาคใต้ทั่วประเทศไทยพบว่า มีบริเวณพื้นที่ที่มีศักยภาพในการปลูกปาล์มน้ำมันอยู่ประมาณ 12.9 ล้านไร่ ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้สูงที่จะทำการขยายและปลูกพืชตระกูลปาล์มน้ำมัน เพื่อนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซลสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลภายในประเทศได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้แล้วยังพบว่าจากการใช้ไบโอดีเซลเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลนั้นไม่พบว่ามีปัญหาใดๆ ที่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องยนต์ไม่ว่าจะเป็นการทดสอบใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรง หรือเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อมก็ตาม ส่วนปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่ถูกปล่อยออกมาไม่ว่าเป็น CO, PM, HC พบว่ามีปริมาณที่ลดลง ยกเว้นแต่ NO_x เท่านั้นที่พบว่ามีปริมาณที่เพิ่ม แต่อย่างไรก็ตามในปัจจุบันนี้ยังคงพบว่า ต้นทุนที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซลนั้นยังมีค่าที่สูงกว่าราคาของน้ำมันดีเซลอยู่ค่อนข้างมาก

2.2 ผลสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากผลงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวกับการใช้น้ำมันพืชดิบ ไบโอดีเซล และเชื้อเพลิงผสมในอัตราส่วนต่างๆ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลนั้น สามารถทำการสรุปโดยการแยกออกเป็นหัวข้อหลักๆ ได้ดังนี้

2.2.1 ค่าคุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงของน้ำมันพืช

จากการศึกษาค้นคว้าพบว่า เมื่อประมาณปี ค.ศ. 1989 ดร. รูดอล์ฟ ดีเซล วิศวกรชาวเยอรมัน ได้ทำการออกแบบ และสร้างเครื่องยนต์ดีเซลเครื่องแรกของโลกขึ้นมา และในเวลาต่อมา คือ ในปี ค.ศ. 1900 ได้มีการสาธิตใช้น้ำมันถั่วลิสงเป็นเชื้อเพลิงในการเดินเครื่องยนต์เป็นครั้งแรก (http://www.hempcar.org/diesel.shtml, 200l) ดังนั้นจึงหมายความได้ว่า น้ำมันพืชสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลได้ แต่อย่างไรก็ตามจากผลงานวิจัยต่างๆ ทั้งของนักวิจัยไทยและนักวิจัยต่างชาติที่เกี่ยวกับการศึกษาถึงค่าคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและทางเคมีของน้ำมันพืชพบว่า มีค่าคุณสมบัติบางค่าของน้ำมันพืชที่ไม่ค่อยเหมาะสมนักที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล นอกเสียจากว่าจะมีการนำน้ำมันพืชเหล่านั้นไปผ่านกระบวนการทางเคมี เพื่อทำการปรับสภาพให้มีค่าคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกับค่าของน้ำมันดีเซลก่อน ซึ่งในที่นี้คือ กรรมวิธีในการผลิตน้ำมันใสเอสเตอร์ หรือที่เรียกว่า

ไบโอดีเซล ส่วนค่าคุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงอื่นๆ ทั้งของน้ำมันพืชและของไบโอดีเซล สามารถกล่าวได้ดังนี้

2.2.1.1 ค่าความหนืด

- จากการศึกษาค่าความหนืดของน้ำมันถั่วลิสงดิบ ถั่วลิสงกลั่น (พิสมัย เจนวนิชปัญจกุล, 2524) น้ำมันปาล์มดิบ (Hitam และ Jahis, 1995; Kammpman, 1995; May, Ngan และ Basiron, 1995; Sapuan, Masjuki และ Azlan, 1996) น้ำมันเมล็ดเรพดิบ (Pittroff, 1995) น้ำมันถั่วเหลือง (Schumacher, Wetherell และ Fischer, 1999) รวมถึงน้ำมันพืชดิบชนิดอื่นๆ (Moussa, 1995; ทวิช จิตรสมบูรณ์, 2544; สุรพัฒน์ หวังวงศ์วัฒนา, 2544) พบว่า มีค่าที่สูงกว่าค่าของน้ำมันดีเซลอยู่ค่อนข้างมาก คือประมาณ 10 - 20 เท่าตัว
- ผลงานการวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวกับการนำน้ำมันถั่วลิสงดิบมาผสมกับน้ำมันดีเซล (พิสมัย เจนวนิชปัญจกุล, 2524) การนำน้ำมันมะพร้าวมาผสมกับน้ำมันก๊าด หรือน้ำมันดีเซล (โสภณ สกุลอำนวยพงศา และสังวร สังกะ, 2526) และการนำน้ำบริสุทธิ์หรือแอลกอฮอล์มาผสมกับน้ำมันพืชดิบ ในสัดส่วนที่เหมาะสมนั้น (Crookes และ Kiannejad, 1995) พบว่า ค่าความหนืดมีค่าลดลง เมื่อทำการเปรียบเทียบกับค่าของน้ำมันพืชดิบ 100%
- ค่าความหนืดของเมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันปาล์ม (พิสมัย เจนวนิชปัญจกุล, 2524; Sapuan, Masjuki และ Azlan, 1996; สุรพัฒน์ หวังวงศ์วัฒนา, 2544) และเอสเตอร์ของน้ำมันมะพร้าว (สุรพัฒน์ หวังวงศ์วัฒนา, 2544) พบว่า มีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าของน้ำมันดีเซล

2.2.1.2 ค่าความหนาแน่น

จากผลการศึกษาทั้งหมดสามารถกล่าวได้ว่า ค่าความหนาแน่นของน้ำมันพืชดิบ (Hitam และ Jahis, 1995; Moussa, 1995; Sapuan, Masjuki และ Azlan, 1996) รวมถึงของไบโอดีเซลหรือของเอสเตอร์ (Sapuan, Masjuki และ Azlan, 1996) พบว่า มีค่าที่แตกต่างจากค่าของน้ำมันดีเซลอยู่เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

2.2.1.3 ค่าในการกระจายเป็นฝอย

จากผลงานการวิจัยของ Crookes และ Kiannejad (1995) พบว่า เชื้อเพลิงผสมระหว่างน้ำมันพืชกับน้ำบริสุทธิ์และน้ำมันพืชกับแอลกอฮอล์ มีค่าในการกระจายเป็นฝอยที่ดีกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับค่าของน้ำมันพืช 100%

2.2.1.4 การระเหยตัว

จากผลงานการวิจัยของ May, Nganและ Basiron (1995) พบว่า การระเหยตัวของน้ำมันปาล์มดิบมีค่าที่น้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับค่าของน้ำมันดีเซล

2.2.1.5 มวลโมเลกุล

จากผลงานการวิจัยของ Pittroff (1995) พบว่า มวลโมเลกุลของน้ำมันเมล็ดเรพมีขนาดที่ใหญ่กว่าของน้ำมันดีเซลประมาณ 6 – 7 เท่าตัว

2.2.1.6 จุดเดือด

จากการศึกษาค่าอุณหภูมิที่จุดเดือดของน้ำมันพืชดิบ (Moussa,1995) ชนิดต่างๆ ทั้งของน้ำมันปาล์มดิบ (Kammpman, 1995; Hitam และ Jahis, 1995) และของน้ำมันเมล็ดเรพดิบ (Pittroff,1995) พบว่า มีค่าที่สูงกว่าค่าของน้ำมันดีเซลอยู่ค่อนข้างมาก คือประมาณ 80 องศาเซลเซียส

2.2.1.7 ค่าความร้อนเผาไหม้

จากการศึกษาค่าความร้อนเผาไหม้ของเมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันปาล์มดิบ (Gafar et al., 1995) รวมถึงค่าความร้อนเผาไหม้ของน้ำมันปาล์มดิบ (Tang, Hitam และ Basiron, 1995; Sapuan, Masjuki และ Azlan, 1996) พบว่า มีค่าที่ต่ำกว่าค่าของน้ำมันดีเซลประมาณ 15% -24%

2.2.1.8 ค่าตัวเลขซีเทน

จากผลงานการวิจัยของ Sapuan, Masjuki และ Azlan (1996), ปรีดา วิบูลย์สวัสดิ์ (2544) พบว่า ค่าตัวเลขซีเทนของน้ำมันปาล์มดิบมีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าของน้ำมันดีเซลมาก คือประมาณ 50 – 52 ส่วนค่าตัวเลขซีเทนของเมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันปาล์มพบว่า มีค่าประมาณ 64

2.2.1.9 จุดเกิดหมอก

จากผลงานการวิจัยของ Schumacher, Wetherell และ Fischer (1999) พบว่า น้ำมันถั่วเหลืองมีค่าจุดเกิดหมอกที่สูงกว่าค่าของน้ำมันดีเซลประมาณ 13 องศาเซลเซียส

2.2.1.10 จุดไหลเท

จากผลงานการวิจัยของ Schumacher, Wetherell และ Fischer (1999), สุรพัฒน์ หวังวงศ์วัฒนา (2544) พบว่า น้ำมันพืชดิบหรือน้ำมันถั่วเหลืองมีค่าอุณหภูมิที่จุดไหลเทสูงกว่าค่าของน้ำมันดีเซลประมาณ 19.4 องศาเซลเซียส

2.2.2 สมรรถนะของเครื่องยนต์

จากผลงานวิจัยต่างๆ ทั้งหมดที่เกี่ยวกับการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซล จากการใช้น้ำมันพืช ไบโอดีเซล และเชื้อเพลิงผสมในอัตราส่วนต่างๆ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้นนั้น สามารถทำการสรุปได้ดังนี้

2.2.2.1 สมรรถนะของเครื่องยนต์ จากการใช้ไบโอดีเซล และไบโอดีเซลผสมเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

ในปี 2524 พิสมัย เจนวนิชปัญจกุล พบว่า ค่ากำลังของเครื่องยนต์จากการใช้เมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันปาล์มเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล มีค่าที่เทียบเท่ากับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงทุกประการ

ต่อมา Schumacher, Borgelt, Fosseen, Hires และ Goetz (1994) พบว่า ค่ากำลังของเครื่องยนต์จากการใช้เมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันถั่วเหลืองผสมกับน้ำมันดีเซล ในสัดส่วน 10%, 20%, 30% และ 40% เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล มีค่าที่ใกล้เคียงกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง แต่ในขณะเดียวกันกลับพบว่า อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะมีค่าที่เพิ่มขึ้น แต่ก็เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ในปี 1995 Gafar และคณะได้กล่าวไว้ว่า การใช้เมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันปาล์มดิบ 100% และเมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันปาล์มดิบผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 30: 70 เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ส่งผลให้สมรรถนะการทำงานของเครื่องยนต์มีค่าที่ลดลง แต่ในขณะเดียวกันกลับพบว่า อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะมีค่าที่เพิ่มขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ในปี 1995 Marshall, Schumacher และ Howell พบว่า สมรรถนะของเครื่องยนต์จากการใช้เชื้อเพลิงผสมระหว่างไบโอดีเซล / น้ำดีเซล / heavy alkylate ในอัตราส่วน 20: 80: 0, 30: 70: 0, 30: 55: 15 และ 20: 60: 20 เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล มีค่าที่ใกล้เคียงกันมาก เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ต่อมา Masjuki, Abdulmuin และ Sii (1995) ได้กล่าวไว้ว่า การใช้น้ำบริสุทธิ์ผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิงทั้งกับปาล์มออยดีเซล และกับน้ำมันดีเซลในสัดส่วน 5% และ 10% เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ส่งผลให้ค่ากำลังของเครื่องยนต์มีค่าที่ลดลง แต่ในขณะเดียวกันกลับพบว่า อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

จำเพาะมีค่าที่เพิ่มขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ในปี 1995 Schumacher, Borgelt, Fosseen และ Goetz ได้กล่าวไว้ว่า การใช้เมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันถั่วเหลืองผสมกับน้ำมันดีเซลในสัดส่วน 0%, 10%, 20%, 30% และ 40% เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ส่งผลให้ค่ากำลังของเครื่องยนต์มีค่าที่เพิ่มขึ้น แต่ก็เพียงเล็กน้อยเท่านั้น เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ในปี 1995 Schumacher, Borgelt, Russell และ Hiresl ได้กล่าวไว้ว่า การใช้ไบโอดีเซลของน้ำมันถั่วเหลืองผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 20: 80 เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ที่มีขนาดความจุของกระบอกสูบ 7.3 ลิตร และ 5.9 ลิตร ส่งผลให้ค่ากำลังของเครื่องยนต์มีค่าที่ลดลง และเพิ่มขึ้น ตามลำดับ แต่ในขณะเดียวกันกลับพบว่า ค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซลทั้งสองขนาดความจุมีค่าที่ลดลง แต่ก็เพียงเล็กน้อยเท่านั้น เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ในปี 1995 Schumacher, Borgelt, Russell และ Krahl พบว่า ค่ากำลังของเครื่องยนต์จากการใช้เมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันถั่วเหลือง 100% เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล มีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 3% – 7% เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ต่อมา Shumacher และ Gerpen (1996) ได้กล่าวไว้ว่า การใช้ไบโอดีเซลเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ส่งผลให้ค่ากำลังของเครื่องยนต์มีค่าที่ลดลง แต่ในขณะเดียวกันกลับพบว่า ค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมีค่าที่เพิ่มขึ้น แต่ก็เพียงเล็กน้อยเท่านั้น เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ในปี 1996 Sapuan, Masjuki และ Azlan ได้กล่าวไว้ว่า การใช้เมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันปาล์มกลั่น เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ส่งผลให้ค่ากำลังของเครื่องยนต์มีค่าที่ใกล้เคียงกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง แต่ในขณะเดียวกันกลับพบว่า อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 5% - 25%

ในปี 1998 Schumacher, Soylu, Gerpen และ Wetherell พบว่า ประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องยนต์ จากการใช้เมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันถั่วเหลือง

ผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 2:98 เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล มีค่าที่ใกล้เคียงกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ต่อมา วัชระ ลอยสมุทร, อุฬารวิศว์ ครองยุทธ, สุรชัย ฝั้นแก้ว และ ศิริกุล จันทร์สว่าง (2542) ได้กล่าวไว้ว่า การใช้ไบโอดีเซลที่ผลิตมาจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก ส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ รวมถึงอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะมีค่าที่เพิ่มขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ในปี 1999 University of Idaho และ Montana Department of Environmental Quality พบว่า ค่ากำลังของเครื่องยนต์จากการใช้เอธิลเอสเตอร์ของน้ำมันเมล็ดเรพ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล มีค่าที่ใกล้เคียงกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง แต่ในขณะเดียวกันกลับพบว่า อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะมีค่าที่เพิ่มขึ้น

ในปี 2000 Beg, Bose และ Ghosh ได้กล่าวไว้ว่า การใช้ไบโอดีเซลของน้ำมันลินซีด เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก ส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์มีค่าที่เพิ่มขึ้น แต่ในขณะเดียวกันกลับพบว่า อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะมีค่าที่ลดลง เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ในปี 2000 Kumar, Ramesh, Nagalingam และ Gopalakrishnan พบว่า ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ จากการใช้ไบโอดีเซลของน้ำมันเมล็ดสบู่ดำเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลมีค่าที่ลดลง แต่ในขณะเดียวกันกลับพบว่า อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ต่อมา Raju, Rao และ Ramamohan (2000) ได้กล่าวไว้ว่า การใช้ไบโอดีเซลของน้ำมันเมล็ดสบู่ดำ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ส่งผลให้ค่ากำลังของเครื่องยนต์มีค่าที่ลดลง ในขณะเดียวกันกลับพบว่า อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะมีค่าที่เพิ่มขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

2.2.2.2 สมรรถนะของเครื่องยนต์ จากการใช้น้ำมันพืช และน้ำมันพืชผสมเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

ในปี 2524 พิสมัย เจนวนิชปัญจกุล พบว่า ค่ากำลังของเครื่องยนต์จากการใช้น้ำมันถั่วลิสงเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล มีค่าที่ใกล้เคียงกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ต่อมา Tang, Hitam และ Basiron (1995) ได้กล่าวไว้ว่า การใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลของ Elsbett ส่งผลให้ค่ากำลังสูงสุดของเครื่องยนต์มีค่าลดลงประมาณ 17.5% แต่ในขณะเดียวกันกลับพบว่า อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 7% เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ในปี 1998 Masjuki, Kalam, Maleque, Suhaimi และ Mokhtar ได้กล่าวไว้ว่า การใช้เชื้อเพลิงผสมระหว่างน้ำมันปาล์มโอลีนกับน้ำมันดีเซล และน้ำมันมะพร้าวกับน้ำมันดีเซล ในอัตราส่วน 20: 80, 30: 70, 40: 60 และ 50: 50 เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ส่งผลให้ค่ากำลังของเครื่องยนต์มีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 10% และ 6.8% ตามลำดับ รวมถึงอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะที่มีค่าเพิ่มขึ้นอีกด้วยเช่นกัน คือประมาณ 8.7% และ 9.6% ตามลำดับ เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ในปี 2542 สมชัย นรเศรษฐ์โศภน และ ปิ่น ประมาพันธ์ พบว่า สมรรถนะของเครื่องยนต์จากการใช้น้ำมันพืชผสมกับน้ำมันดีเซล เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล มีค่าที่ลดลง แต่ในขณะเดียวกันกลับพบว่า อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ในปี 2000 Beg, Bose และ Ghosh ได้กล่าวไว้ว่า การใช้น้ำมันลินซีด และน้ำมันลินซีดผสมกับน้ำมันดีเซล เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก ส่งผลให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์มีค่าที่เพิ่มขึ้น แต่ในขณะเดียวกันกลับพบว่า อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะมีค่าที่ลดลง เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ต่อมา ทวิช จิตรสมบูรณ์ (2544) พบว่า สมรรถนะของเครื่องยนต์จากการใช้น้ำมันพืชชนิดต่างๆ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล มีทั้งกรณีที่มีค่าเพิ่มขึ้น ไม่มีการเปลี่ยนแปลง และมีค่าลดลง ในขณะที่อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงส่วน

ใหญ่แล้วพบว่า มีค่าที่เพิ่มขึ้น แต่ก็เพียงเล็กน้อยเท่านั้น เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

จากผลงานวิจัยต่างๆ ทั้งของนักวิจัยไทย และของนักวิจัยต่างชาติ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้นพบว่า ค่าสมรรถนะของเครื่องยนต์จากการใช้ไบโอดีเซลน้ำมันพืช รวมถึงเชื้อเพลิงผสมในอัตราส่วนต่างๆ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลนั้น มีทั้งกรณีที่มีค่าเพิ่มขึ้น ไม่มีการเปลี่ยนแปลง และลดลง แต่ในขณะเดียวกันกลับพบว่า อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะส่วนใหญ่แล้ว มีค่าที่เพิ่มขึ้น แต่ก็เพียงเล็กน้อยเท่านั้น เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

2.2.3 อัตราการสึกหรอของเครื่องยนต์

จากผลงานวิจัยต่างๆ ทั้งหมดที่เกี่ยวกับการพิจารณาถึงอัตราการสึกหรอของชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์จากการใช้น้ำมันพืช ไบโอดีเซล และเชื้อเพลิงผสมในอัตราส่วนต่างๆ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลดังที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้นนั้น สามารถทำการสรุปได้ดังนี้

2.2.3.1 อัตราการสึกหรอของเครื่องยนต์ จากการใช้ไบโอดีเซล และไบโอดีเซลผสมเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

ในปี 1995 Masjuki, Abdulmuin และ Sii ได้กล่าวไว้ว่า การใช้น้ำบริสุทธิ์ผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิงทั้งกับปาล์มออยดีเซล และกับน้ำมันดีเซลในสัดส่วน 5% และ 10% เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ส่งผลให้ชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์มีอัตราการสึกหรอที่ลดลง รวมถึงการสะสมตัวของเขม่าตามบริเวณปลายของหัวฉีดในปริมาณที่ลดลงอีกด้วย เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ต่อมา May, Nganและ Basiron (1995) พบว่า ปริมาณของเขม่าที่สะสมตัวตามชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ หลังจากการใช้เมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันปาล์มเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล มีปริมาณที่ใกล้เคียงกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ในปี 1995 Schumacher, Borgelt, Russell และ Krahl พบว่า อัตราการสึกหรอของชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ หลังจากการใช้เมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันถั่วเหลือง 100% เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล มีค่าที่ใกล้เคียงกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ในปี 1996 Shumacher และ Gerpen ได้เสนอผลงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวกับการใช้ไบโอดีเซลเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งส่วนใหญ่แล้วพบว่าระบบหล่อเย็นของเครื่องยนต์เกิดความเสียหายจนต้องเปลี่ยนใหม่ มากกว่าในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง รวมถึงในบางกรณียังพบอีกว่า หัวฉีดเกิดความเสียหายขึ้น แต่ในบางกรณีก็ไม่พบว่ามีปัญหาใดๆ เกิดขึ้นกับหัวฉีด

ในปี 1996 Sapuan, Masjuki และ Azlan พบว่า ปริมาณของกากคาร์บอนที่สะสมตัวตามบริเวณพื้นผิวของวาล์ว หลังจากการใช้เมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันปาล์มกลั่นเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล มีปริมาณที่ใกล้เคียงกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ต่อมา Schumacher, Soylu, Gerpen และ Wetherell (1998) พบว่า อัตราการสึกหรอของชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ หลังจากการใช้เมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันถั่วเหลืองผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 2:98 เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล มีค่าที่ใกล้เคียงกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

2.2.3.2 อัตราการสึกหรอของเครื่องยนต์ จากการใช้น้ำมันพืช และน้ำมันพืชผสมเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

ในปี 2524 พิสมัย เจนวนิชปัญจกุล พบว่า ปริมาณของเขม่าที่สะสมตัวตามบริเวณพื้นผิวของลูกสูบ และบริเวณผิวของวาล์ว หลังจากการใช้น้ำมันถั่วลิสงเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล มีปริมาณที่ใกล้เคียงกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ต่อมา ระพีพันธุ์ ภาสบุตร และ สุขสันต์ สุทธิผลไพบูลย์ (2524) พบว่า ชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ไม่ว่าจะเป็น บริเวณพื้นผิวของเสื้อสูบ ลูกสูบ แหวนลูกสูบ และหัวฉีด หลังจากการใช้น้ำมันเมล็ดสบู่ดำเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ยังคงอยู่ในสภาพดี และไม่พบว่ามียางเหนียวเกาะตัวอยู่

ในปี 2526 โสภณ สกุลอำนวยพงศา และ สังวร สังกะ ได้กล่าวไว้ว่า การใช้น้ำมันมะพร้าวผสมกับน้ำมันก๊าดในอัตราส่วน 20: 1 เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ส่งผลให้ชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ไม่ว่าจะเป็น บริเวณพื้นผิวของลูกสูบ ฝาสูบ และหัวฉีด มีเขม่าสีดำปนเทาเกาะตัวอยู่ในปริมาณที่มากกว่าปกติ ส่วนอัตราการสึกหรอของเสื้อสูบ และแหวนถือว่ามีค่าใกล้เคียงกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ต่อมา May, Ngan และ Basiron (1995) ได้กล่าวไว้ว่า การใช้น้ำมันปาล์มเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ส่งผลให้ชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ไม่ว่าจะเป็น หัวฉีด และแหวนลูกสูบ มีเขม่าเกาะตัวอยู่ในปริมาณที่มากกว่าปกติ รวมถึงพบว่า มีสารเหนียวปนเปื้อนในน้ำมันเครื่องยนต์ยนต์อีกด้วย

ในปี 1995 Pittroff ได้กล่าวไว้ว่า การใช้น้ำมันเมล็ดเรพเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ส่งผลให้ชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ไม่ว่าจะเป็น บริเวณพื้นผิวกระบอกสูบ ส่วนปลายของหัวฉีด แหวนลูกสูบ และวาล์ว มีเขม่าเกาะตัวอยู่ในปริมาณที่มากกว่าปกติ

ในปี 1998 Masjuki, Kalam, Maleque, Suhaimi และ Mokhtar ได้กล่าวไว้ว่า การใช้เชื้อเพลิงผสมระหว่างน้ำมันปาล์มโอลีนผสมกับน้ำมันดีเซล และน้ำมันมะพร้าวผสมกับน้ำมันดีเซล ในอัตราส่วน 20: 80, 30: 70, 40: 60 และ 50: 50 เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ส่งผลให้บริเวณส่วนปลายของหัวฉีด มีกากคาร์บอนเกาะตัวอยู่ในปริมาณที่ลดลง เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ในปี 2544 ทวิช จิตรสมบูรณ์ ได้กล่าวไว้ว่า การใช้น้ำมันพืชชนิดต่างๆ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ส่งผลให้ชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์เกิดการเสียหาย หรือชำรุดขึ้น ทั้งนี้ก็เพราะว่าแหวนลูกสูบเกิดการติดตัว เนื่องจากการสะสมตัวของกากคาร์บอนตามร่องแหวนในปริมาณที่มากกว่าปกติ

ในปี 2544 สุรพัฒน์ หวังวงศ์วัฒนา ได้กล่าวไว้ว่า การใช้น้ำมันพืชชนิดต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น น้ำมันมะพร้าวดิบ และน้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ส่งผลให้ชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ไม่ว่าจะเป็น ปั๊มหัวฉีด และบริเวณปลายของหัวฉีด มีปริมาณของเขม่า รวมถึงยางเหนียวเกาะตัวอยู่ในปริมาณที่มากกว่าปกติ

จากผลงานวิจัยต่างๆ ทั้งของนักวิจัยไทย และของนักวิจัยต่างชาติ ส่วนใหญ่แล้วพบว่า อัตราการสึกหรอของชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ จากการใช้ไบโอดีเซล และไบโอดีเซลผสม เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลนั้น มีค่าที่ใกล้เคียงกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง รวมถึงพบว่ามีปริมาณของเขม่าหรือกากคาร์บอนที่สะสมตัวตามชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ ในปริมาณที่น้อยกว่าปกติอีกด้วย ส่วนการใช้น้ำมันพืช และน้ำมันพืชผสมเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลนั้น ส่วนใหญ่แล้วพบว่า อัตราการสึกหรอของชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่อง

ยนต์ มีค่าที่เพิ่มขึ้น รวมถึงมีปริมาณของเขม่า หรือกากคาร์บอนที่สะสมตัวตามชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ในปริมาณที่มากกว่าปกติ เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

2.2.4 องค์ประกอบไอเสีย

จากผลงานวิจัยต่างๆ ทั้งหมดที่เกี่ยวกับการศึกษาถึงองค์ประกอบต่างๆ ของไอเสียที่ปล่อยออกมาสู่บรรยากาศจากการใช้น้ำมันพืช ไบโอดีเซล และเชื้อเพลิงผสมในอัตราส่วนต่างๆ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลดังที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้นนั้น สามารถทำการสรุปได้ดังนี้

2.2.4.1 องค์ประกอบของไอเสีย จากการใช้ไบโอดีเซล และไบโอดีเซลผสมเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

ในปี 1994 Schumacher, Borgelt, Fosseen, Hires และ Goetz ได้กล่าวไว้ว่า การใช้เมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันถั่วเหลืองผสมกับน้ำมันดีเซลในสัดส่วน 10%, 20%, 30% และ 40% เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ส่งผลให้ปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่ถูกปล่อยออกมาสู่บรรยากาศไม่ว่าจะเป็น PM, CO และ HC มีปริมาณที่ลดลง ในขณะที่ NO_x มีปริมาณที่เพิ่มขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ต่อมา Gafar et al. (1995) พบว่า ปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่ปล่อยออกมาสู่บรรยากาศไม่ว่าจะเป็น HC, CO และ CO_2 จากการใช้เมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันปาล์มดิบ 100% และเมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันปาล์มดิบผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 30: 70 เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล มีปริมาณที่ลดลง เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ในปี 1995 Marshall, Schumacher และ Howell ได้กล่าวไว้ว่า การใช้เชื้อเพลิงผสมระหว่างไบโอดีเซล / น้ำดีเซล / heavy alkylate ในอัตราส่วน 20: 80: 0, 30: 70: 0, 30: 55: 15 และ 20: 60: 20 เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ส่งผลให้ปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่ถูกปล่อยออกมาสู่บรรยากาศไม่ว่าจะเป็น NO_x, HC, CO และ PM มีปริมาณที่ลดลง เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ในปี 1995 Masjuki, Abdulmuin และ Sii พบว่า ปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่ถูกปล่อยออกมาสู่บรรยากาศไม่ว่าจะเป็น CO, CO_2 และควันไอเสีย จากการใช้น้ำบริสุทธิ์ผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิงทั้งกับปาล์มออยดีเซล และกับน้ำมันดีเซล ในสัด

ส่วน 5% และ 10% เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล มีปริมาณที่ลดลง เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ต่อมา May, Ngan และ Basiron (1995) ได้กล่าวไว้ว่า การใช้เมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ส่งผลให้ปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่ถูกปล่อยออกมาสู่บรรยากาศไม่ว่าจะเป็น HC, NO_x และ CO มีปริมาณที่ลดลง ส่วน SO_2 พบได้ในปริมาณที่น้อยมาก เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ในปี 1995 Schumacher, Borgelt, Fosseen และ Goetz ได้กล่าวไว้ว่า การใช้เมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันถั่วเหลืองผสมกับน้ำมันดีเซลในสัดส่วน 0%, 10%, 20%, 30% และ 40% เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ส่งผลให้ปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่ถูกปล่อยออกมาสู่บรรยากาศไม่ว่าจะเป็น CO, HC และ PM มีปริมาณที่ลดลง ส่วน NO_x และ CO_2 มีปริมาณที่เพิ่มขึ้น และมีปริมาณการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมาก ตามลำดับ เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ต่อมา Schumacher, Borgelt, Russell และ Hiresl (1995) พบว่า ปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่ปล่อยออกมาสู่บรรยากาศไม่ว่าจะเป็น HC, NO_x, CO และควันไอเสีย จากการใช้ไบโอดีเซลของน้ำมันถั่วเหลืองผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 20: 80 เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล มีปริมาณที่ลดลง เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ในปี 1995 Schumacher, Borgelt, Russell และ Krahl ได้กล่าวไว้ว่า การใช้เมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันถั่วเหลืองเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ส่งผลให้ปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่ถูกปล่อยออกมาสู่บรรยากาศไม่ว่าจะเป็น CO, HC, PM และควันไอเสีย มีปริมาณที่ลดลง ส่วน NO_x พบว่า มีปริมาณที่เพิ่มขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ต่อมา Krahl, Munack, Bahadir, Schumacher และ Elser (1996) ได้กล่าวไว้ว่า การใช้เมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันเมล็ดเรพเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ส่งผลให้ปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่ถูกปล่อยออกมาสู่บรรยากาศไม่ว่าจะเป็น HC, CO และควันไอเสีย มีปริมาณที่ลดลง ในขณะที่ NO_x และ PM ไม่พบว่ามีการเปลี่ยนแปลง เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ในปี 1996 Sapuan, Masjuki และ Azlan ได้กล่าวว่า การใช้เมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันปาล์มเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ส่งผลให้ปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่ถูกปล่อยออกมาสู่บรรยากาศไม่ว่าจะเป็น CO_2 และ CO มีปริมาณที่เพิ่มขึ้น และมีปริมาณการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมาก ตามลำดับ เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ในปี 1996 Shumacher และ Gerpen พบว่า ปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่ถูกปล่อยออกมาสู่บรรยากาศไม่ว่าจะเป็น CO, HC และ PM จากการใช้ไบโอดีเซลเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล มีปริมาณการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมาก จะมีก็แต่ NO_x เท่านั้น ที่พบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้น แต่ก็เพียงเล็กน้อยเท่านั้น เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ในปี 1997 Schumacher และ Madzura พบว่า ปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่ถูกปล่อยออกมาสู่บรรยากาศไม่ว่าจะเป็น PM, CO, CO_2 และ HC จากการใช้ไบโอดีเซลผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 20: 80 เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล มีปริมาณที่ใกล้เคียงกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง จะมีก็แต่ NO_x เท่านั้นที่พบว่า มีปริมาณเพิ่มขึ้น แต่ก็เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ต่อมา Schumacher, Soylu, Gerpen และ Wetherell (1998) ได้กล่าวไว้ว่า การใช้เมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันถั่วเหลืองผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 2:98 เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ส่งผลให้ปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่ถูกปล่อยออกมาสู่บรรยากาศไม่ว่าจะเป็น CO, HC และ NO_x มีปริมาณที่น้อยมาก ส่วนควันไอเสียพบว่า มีปริมาณการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมากและยังคงมีค่าลดลงอีก ถ้าเครื่องยนต์มีอัตราเร่งเพิ่มขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ในปี 1999 University of Idaho และ Montana Department of Environmental Quality ได้กล่าวไว้ว่า การใช้เอธิลเอสเตอร์ของน้ำมันเมล็ดเรพเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ส่งผลให้ปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่ถูกปล่อยออกมาสู่บรรยากาศไม่ว่าจะเป็น CO, HC และ NO_x มีปริมาณที่ลดลง ส่วน PM และ CO_2 พบว่ามีปริมาณที่เพิ่มขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ในปี 2000 Beg, Bose และ Ghosh ได้กล่าวไว้ว่า การใช้ไบโอดีเซลของน้ำมันลินซีดเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ส่งผลให้ปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่

ถูกปล่อยออกมาสู่บรรยากาศไม่ว่าจะเป็น CO และควันไอเสีย มีปริมาณที่ลดลง รวมถึงค่าอุณหภูมิของไอเสียที่มีค่าลดลงอีกด้วย ส่วน NO_x พบว่ามีปริมาณที่เพิ่มขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ในปี 2000 Kumar, Ramesh, Nagalingam และ Gopalakrishnan ได้กล่าวไว้ว่า การใช้ไบโอดีเซลของน้ำมันเมล็ดสบู่ดำเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ส่งผลให้ปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่ถูกปล่อยออกมาสู่บรรยากาศไม่ว่าจะเป็น HC และควันไอเสีย มีปริมาณที่ลดลง และมีปริมาณการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมาก ตามลำดับ ส่วน COพบว่า มีปริมาณที่เพิ่มขึ้นและยังคงเพิ่มขึ้นอีกถ้าได้รับภาระการเพิ่มขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเพื่อเป็นเชื้อเพลิง

ต่อมา Raju, Rao และ Ramamohan (2000) พบว่า ปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่ปล่อยออกมาสู่บรรยากาศไม่ว่าจะเป็น CO และ O_2 จากการใช้ไบโอดีเซลของน้ำมันเมล็ดสบู่ดำเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล มีปริมาณที่ลดลง จะมีก็แต่ CO_2 เท่านั้น ที่พบว่ามีปริมาณที่เพิ่มขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

2.2.4.2 องค์ประกอบของไอเสีย จากการใช้น้ำมันพืช และน้ำมันพืชผสมเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

ในปี 1995 Crookes และ Kiannejad ได้กล่าวไว้ว่า การใช้น้ำมันพืชผสมกับแอลกอฮอล์ และน้ำมันพืชผสมกับน้ำบริสุทธิ์ในสัดส่วน 10% เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ส่งผลให้ปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่ปล่อยออกมาสู่บรรยากาศ มีปริมาณการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมาก จะมีก็แต่ NO_x เท่านั้น ที่พบว่ามีปริมาณลดลง เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ต่อมา Tang, Hitam และ Basiron (1995) พบว่า ปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่ปล่อยออกมาสู่บรรยากาศไม่ว่าจะเป็น HC, NO_x, PM, benzene, toluene, ethyl – benzene และ xylene จากการใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลของ Elsbett มีปริมาณที่ลดลง จะมีก็แต่ CO และ CO_2 เท่านั้น ที่พบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้น นอกจากนี้แล้วยังพบอีกว่า ควันไอเสียมีสีที่จากกว่า รวมถึงความสามารถในการดูดกลืนแสงที่น้อยกว่า เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ในปี 1996 Sapuan, Masjuki และ Azlan ได้กล่าวไว้ว่า การใช้น้ำมันปาล์มผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 25: 75, 50: 50, 75: 25 และน้ำมันปาล์ม 100% เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ส่งผลให้ปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่ถูกปล่อยออกมาสู่บรรยากาศไม่ว่าจะเป็น HC, CO และ NO_x มีปริมาณการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมาก เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ในปี 1998 Masjuki, Kalam, Maleque, Suhaimi และ Mokhtar พบว่า ปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่ถูกปล่อยออกมาสู่บรรยากาศไม่ว่าจะเป็น CO, CO_2, HC และควันไอเสีย จากการใช้เชื้อเพลิงผสมระหว่างน้ำมันปาล์มโอลีนผสมกับน้ำมันดีเซล และน้ำมันมะพร้าวผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 20: 80, 30: 70, 40: 60 และ 50: 50 เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล มีปริมาณที่ลดลง เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ต่อมา สมชัย นรเศรษฐ์โศภน และ ปิ่น ประมาพันธ์ (2542) ได้กล่าวไว้ว่า การใช้น้ำมันพืชผสมกับน้ำมันดีเซล เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก ส่งผลให้ปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่ถูกปล่อยออกมาสู่บรรยากาศไม่ว่าจะเป็น CO และ O_2 มีปริมาณการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมาก ส่วน CO_2 และ HC พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นๆ ลงๆ ตามอัตราส่วนผสมระหว่างน้ำมันพืชกับน้ำมันดีเซล เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ในปี 2000 Beg, Bose และ Ghosh ได้กล่าวไว้ว่า การใช้น้ำมันลินซีด และน้ำมันลินซีดผสมกับน้ำมันดีเซล เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ส่งผลให้ปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่ถูกปล่อยออกมาสู่บรรยากาศไม่ว่าจะเป็น CO และ ควันไอเสีย มีปริมาณที่ลดลง รวมถึงค่าอุณหภูมิของไอเสียที่มีค่าลดลงอีกด้วย ส่วน NO_x พบว่า มีปริมาณที่เพิ่มขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ในปี 2000 Raju, Rao และ Ramamohan พบว่า ปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่ถูกปล่อยออกมาสู่บรรยากาศไม่ว่าจะเป็น CO และ O_2 จากการใช้น้ำมันเมล็ดสบู่ดำดิบที่ผ่านการกรองแล้วเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล มีปริมาณที่ลดลง จะมีก็แต่ CO_2 เท่านั้น ที่พบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ในปี 2544 ปรีดา วิบูลย์สวัสดิ์ ได้กล่าวไว้ว่า การใช้น้ำมันพืชชนิดต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นน้ำมันปาล์ม น้ำมันปาล์มผสมกับน้ำมันดีเซลในสัดส่วนต่างๆ และน้ำมันมะพร้าว เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ส่งผลให้ปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่ถูกปล่อยออกมาสู่บรรยากาศไม่ว่าจะเป็น CO และ PM มีปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่วน CO_2 และ SO_2 มีปริมาณที่ลดลง เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ต่อมา ทวิช จิตรสมบูรณ์ (2544) พบว่า ปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่ปล่อยออกมาสู่บรรยากาศ จากการใช้น้ำมันพืชชนิดต่างๆ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล มีทั้งกรณีที่เพิ่มขึ้น คงที่ และลดลง แต่ก็เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ยกเว้นก็แต่ SO_2 เท่านั้น ที่ไม่พบเลย เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

จากผลงานวิจัยต่างๆ ทั้งของนักวิจัยไทย และของนักวิจัยต่างชาติ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้นพบว่า ปริมาณของไอเสียต่างๆ ที่ปล่อยออกมาสู่บรรยากาศ ไม่ว่าจะเป็น PM, CO, HC, CO_2, NO_x และควันไอเสีย จากการใช้น้ำมันพืช ไบโอดีเซล รวมถึงเชื้อเพลิงผสมในอัตราส่วนต่างๆ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลนั้น มีทั้งกรณีที่เพิ่มขึ้น คงที่ และลดลง ยกเว้นก็แต่ SO_2 เท่านั้น ที่ไม่พบเลย เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

2.2.5 ปัญหาในการใช้งาน

จากผลงานวิจัยต่างๆ ทั้งหมดที่เกี่ยวกับการศึกษาถึงปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการใช้น้ำมันพืช ไบโอดีเซล และเชื้อเพลิงผสมในอัตราส่วนต่างๆ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลดังที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้นนั้น สามารถทำการสรุปได้ดังนี้

2.2.5.1 ปัญหาในการใช้งาน จากการใช้ไบโอดีเซล และไบโอดีเซลผสมเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

ในปี 1995 Masjuki, Abdulmuin และ Sii ได้กล่าวไว้ว่า การใช้น้ำบริสุทธิ์ผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิงทั้งกับปาล์มออยดีเซล และกับน้ำมันดีเซลในสัดส่วน 5% และ 10% เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ไม่พบว่ามีปัญหาในการติดเครื่องยนต์

ต่อมา May, Ngan และ Basiron (1995) ได้กล่าวไว้ว่า การใช้เมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ส่งผลให้วัสดุที่ผลิต

จากพลาสติกคุณภาพต่ำ รวมถึงวัสดุที่ผลิตมาจากยางมีอายุการใช้งานที่สั้นกว่าปกติ

ในปี 1996 Shumacher และ Gerpen ได้กล่าวไว้ว่า การใช้ไบโอดีเซลเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ส่งผลให้มีปัญหาในการติดเครื่องยนต์ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่ำมากๆ รวมถึงการอุดตันของไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิงที่เร็วกว่าปกติ นอกจากนี้แล้วยังพบอีกว่า มีปัญหาเกี่ยวกับการเสื่อมสภาพของชิ้นส่วนต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นในส่วนของลิ้นวาล์วเปิดปิดน้ำมันเชื้อเพลิง วงจรไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับระบบการทำงานของปั๊มหัวฉีด ระบบกลไกภายในของปั๊มหัวฉีด รวมถึงสายลำเลียงน้ำมันเชื้อเพลิงต่างๆ

ในปี 1996 Sapuan, Masjuki และ Azlan ได้กล่าวไว้ว่า การใช้เมธิลเอสเตอร์ของน้ำมันปาล์มกลั่นเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ไม่พบว่ามีปัญหาในการติดเครื่องยนต์ แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ที่ผลิตจากพลาสติก และยาง มีการเสื่อมสภาพหรืออายุการใช้งานที่สั้นกว่าปกติ

ต่อมา Schumacher, Wetherell และ Fischer (1999) ได้กล่าวไว้ว่า การใช้ไบโอดีเซล และไบโอดีเซลผสมเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่ำมากๆ มีขีดความสามารถที่ค่อนข้างจำกัด

2.2.5.2 ปัญหาในการใช้งาน จากการใช้น้ำมันพืช และน้ำมันพืชผสมเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

ในปี 2524 พิสมัย เจนวนิชปัญจกุล ได้กล่าวไว้ว่า การใช้ใช้น้ำมันถั่วลิสงเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ส่งผลให้มีปัญหาในการติดเครื่องยนต์

ต่อมา โสภณ สกุลอำนวยพงศา และ สังวร สังกะ (2526) ได้กล่าวได้ว่า การใช้น้ำมันมะพร้าวผสมกับน้ำมันก๊าดในอัตราส่วน 20: 1 เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ส่งผลให้มีปัญหาในการลำเลียงน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ โดยเฉพาะการใช้งานในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่ำมากๆ

ในปี 1995 Hitam และ Jahis ได้กล่าวไว้ว่า การใช้น้ำมันปาล์มเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลของ Elsbett ส่งผลให้ไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิงเกิดการอุดตัน และต้องทำการเปลี่ยนใหม่ทุกๆ 5,000 กิโลเมตร รวมถึงสายน้ำมันเชื้อเพลิงมีอายุการใช้งานที่สั้นลง คือประมาณ 30,000 กิโลเมตร และหลังจากนั้นอีกไม่นานจะบวม และรั่วในที่สุด

ในปี 1995 May, Ngan และ Basiron ได้กล่าวไว้ว่า การใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ส่งผลให้ไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิงเกิดการอุดตันเร็วกว่าปกติ รวมถึงการเกิดปัญหาต่างๆ ตามมาอีกมากมาย

ต่อมา Moussa (1995) ได้กล่าวไว้ว่า การใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ส่งผลให้มีปัญหาในการติดเครื่องยนต์ รวมถึงปัญหาในการลำเลียงน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์

ในปี 1995 Pittroff ได้กล่าวไว้ว่า การใช้น้ำมันเมล็ดเรพเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ส่งผลให้มีปัญหาในการติดเครื่องยนต์ ปัญหาในการลำเลียงเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ รวมถึงการอุดตันของไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิง

ในปี 2544 ทวิช จิตรสมบูรณ์ ได้กล่าวไว้ว่า การใช้น้ำมันพืชเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ส่งผลให้มีปัญหาในการติดเครื่องยนต์ รวมถึงการอุดตันของไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิงที่เร็วกว่าปกติ นอกจากนี้แล้วยังพบว่า วัสดุจำพวกท่อยางมีการเสื่อมสภาพ เช่น พองตัว และแข็งตัวเร็วกว่าปกติ

ต่อมา สุรพัฒน์ หวังวงศ์วัฒนา (2544) ได้กล่าวไว้ว่า การใช้น้ำมันมะพร้าวดิบและน้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ส่งผงให้มีปัญหาในการติดเครื่องยนต์ รวมถึงมีไขมันอุดตันไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิงในปริมาณที่สูงกว่าปกติ

จากผลงานวิจัยต่างๆ ทั้งของนักวิจัยไทย และของนักวิจัยต่างชาติ ส่วนใหญ่แล้วพบว่า การใช้ไบโอดีเซล และไบโอดีเซลผสมเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลนั้น ไม่พบว่ามีปัญหาในการติดเครื่องยนต์ ยกเว้นก็แต่ในกรณีของการใช้งานในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่ำมากๆ เท่านั้น ที่พบว่ามีปัญหาในการติดเครื่องยนต์ รวมถึงการอุดตันของไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิงที่เร็วกว่าปกติ นอกจากนี้แล้วยังพบว่า ชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ที่ผลิตมาจากยาง หรือพลาสติกคุณภาพต่ำ มีอายุการใช้งานที่สั้นกว่าปกติ ส่วนการใช้น้ำมันพืช และน้ำมันพืชผสมเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลนั้น ส่วนใหญ่แล้วพบว่า มีปัญหาในการติดเครื่องยนต์ การลำเลียงน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ การอุดตันของไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิงที่เร็วกว่าปกติ รวมถึงการเสื่อมสภาพของชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ที่ผลิตมาจากยาง หรือพลาสติก โดยเฉพาะการใช้งานในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิค่อนข้างต่ำ

บทที่ 3
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาในบทนี้ กล่าวถึงทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยในครั้งนี้ ไม่ว่าจะเป็น ในส่วนของเครื่องยนต์ดีเซล ความหมายและองค์ประกอบของเชื้อเพลิง รวมถึงค่าคุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งสามารถกล่าวได้ดังนี้ คือ

3.1 เครื่องยนต์ดีเซล

3.1.1 ความหมาย

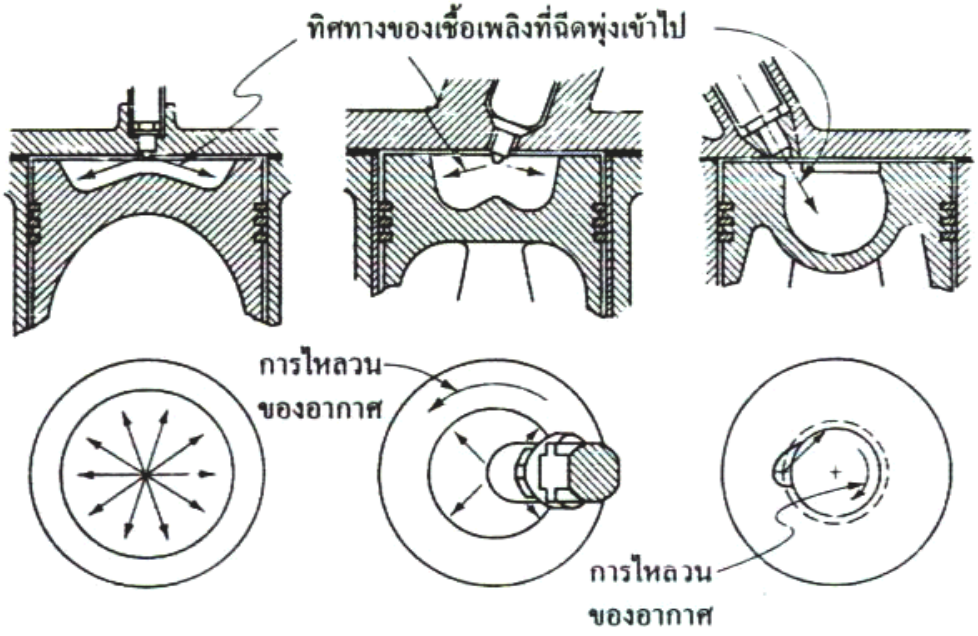
เครื่องยนต์ดีเซลหรือเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด คือเครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน (internal combustion engine) ชนิดหนึ่ง ที่อาศัยการจุดระเบิดด้วยการอัดอากาศให้ร้อน กล่าวคือ จะมีการดูดอากาศเข้าไปในกระบอกสูบแล้วค่อยทำการอัดอากาศให้มีค่าความดันและค่าอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น หลังจากนั้นค่อยทำการฉีดเชื้อเพลิงเข้าไปในห้องเผาไหม้ เพื่อทำการเผาไหม้ ในลำดับต่อไป

3.1.2 ระบบเผาไหม้ของเครื่องยนต์

ระบบเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซล ถ้าแบ่งตามลักษณะการออกแบบของห้องเผาไหม้ แล้ว สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ด้วยกัน คือ ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรง และระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ซึ่งสามารถกล่าวได้ดังนี้คือ

3.1.2.1 ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรง

คือระบบที่มีห้องเผาไหม้เปิดเพียงห้องเดียว และเชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าไปโดยตรงในห้องเผาไหม้ ซึ่งในปัจจุบันนี้ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงที่นิยมใช้กันสามารถแบ่งออกได้เป็นหลายแบบด้วยกัน คือ แบบที่มีห้องเผาไหม้แบบนิ่ง แบบที่มีห้องเผาไหม้แบบมีหลุมในลูกสูบ ใช้หัวฉีดหลายรู และแบบที่มีห้องเผาไหม้แบบมีหลุมในลูกสูบ ใช้หัวฉีดรูเดียว ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ด้านล่าง



(ก) (ข) (ค)

(ก) ห้องเผาไหม้แบบนิ่ง ใช้หัวฉีดหลายรู

(ข) ห้องเผาไหม้แบบมีหลุมในลูกสูบ มีการไหลวน และใช้หัวฉีดแบบหลายรู

(ค) ห้องเผาไหม้แบบมีหลุมในลูกสูบ มีการไหลวน และใช้หัวฉีดแบบรูเดียว

รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะของห้องเผาไหม้แบบต่างๆ ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรง[1]

[1] หมายเหตุ จาก เครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน ทฤษฎีและการคำนวณ (หน้า 389), วีระศักดิ์ กรัยวิเชียร, 2543, กรุงเทพมหานคร: วิทยาพัฒน์.

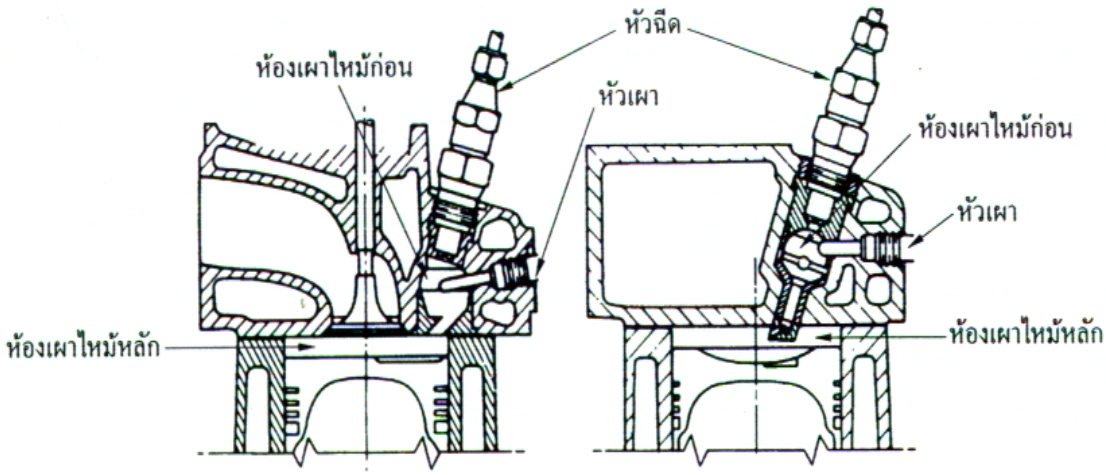
จากรูปที่ 3.1 (ก) แสดงห้องเผ้าไหม้แบบนิ่ง ใช้หัวฉีดหลายรู ที่นิยมใช้กันในเครื่องยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ ระบบนี้ไม่ต้องการการเคลื่อนที่ของอากาศในกระบอกสูบ เนื่องจากเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้าไปในห้องเผาไหม้มีพลังและโมเมนตัมมากพอที่จะกระจายตัว และผสมกับอากาศได้ดีพอ ดังนั้นห้องเผาไหม้จึงมีลักษณะเป็นหลุมตื้นๆ บนหัวลูกสูบ และใช้หัวฉีดหลายรูติดตั้งไว้ในตำแหน่งตรงกลาง

จากรูปที่ 3.1 (ข) แสดงห้องเผาไหม้แบบมีหลุมในลูกสูบ ใช้หัวฉีดหลายรูติดตั้งไว้ในตำแหน่งตรงกลาง ทั้งนี้ก็เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงให้เชื้อเพลิงที่ไปกระทบผนังของหลุมในลูกสูบมีปริมาณน้อยที่สุด ส่วนรูปที่ 3.1 (ค) แสดงห้องเผาไหม้

แบบมีหลุมในลูกสูบ ใช้หัวฉีดรูเดียวติดตั้งไว้ในตำแหน่งตรงกลาง หรือที่เรียกว่าห้องเผาไหม้ระบบเอ็ม (M.A.N M system) ทั้งนี้ก็เพื่อต้องการให้เชื้อเพลิงส่วนใหญ่ไปกระทบ และเกาะติดบนผนังของหลุมในลูกสูบ ซึ่งระบบทั้งสองนี้นิยมใช้กันในเครื่องยนต์ดีเซลขนาดกลาง (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ 10 เซนติเมตร ถึง 15 เซนติเมตร) และเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ 8 เซนติเมตร ถึง 10 เซนติเมตร) ทั้งนี้ก็เพราะว่าเป็นระบบที่มีการไหลวนของอากาศค่อนข้างรุนแรง

3.1.2.2 ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม

คือระบบที่ห้องเผาไหม้ถูกแบ่งออกเป็นสองส่วน ซึ่งก็ได้แก่ ห้องเผาไหม้ก่อน หรือห้องเผาไหม้ล่วงหน้า (pre chamber) และห้องเผาไหม้หลัก (main chamber) ส่วนการฉีดเชื้อเพลิงนั้นจะทำการฉีดเข้าไปยังห้องเผาไหม้ล่วงหน้า ซึ่งถือว่าเป็นห้องเผาไหม้ที่สามารถทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของแก๊สอย่างรุนแรงได้ ในระหว่างจังหวะอัดในช่วงการฉีดเชื้อเพลิง ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อมที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้มีอยู่ 2 แบบด้วยกัน คือ แบบห้องเผาไหม้ล่วงหน้าไหลวน และแบบห้องเผาไหม้ล่วงหน้าปั่นป่วน ดังแสดงในรูปที่ 3.2 ด้านล่าง



(ก) (ข)

(ก) แบบห้องเผาไหม้ล่วงหน้าไหลวน

(ข) แบบห้องเผาไหม้ล่วงหน้าปั่นป่วน

รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะของห้องเผาไหม้แบบต่างๆ ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม [2]

[2] หมายเหตุ จาก เครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน ทฤษฎีและการคำนวณ (หน้า 391), วีระศักดิ์ กรัยวิเชียร, 2543, กรุงเทพมหานคร: วิทยาพัฒน์.

โดยห้องเผาไหม้ทั้งสองแบบนี้ ในช่วงการอัดอากาศจากห้องเผาไหม้หลักที่อยู่ด้านบนของลูกสูบจะถูกดันเข้าไปในห้องเผาไหม้ล่วงหน้าโดยผ่านรูเล็กๆ ดังนั้นเมื่อสิ้นสุดการอัด แก๊สที่อยู่ในห้องเผาไหม้ล่วงหน้าจะเกิดการเคลื่อนที่อย่างรุนแรงขึ้น

3.2 ความหมายและองค์ประกอบของเชื้อเพลิง

3.2.1 น้ำมันดีเซล

น้ำมันดีเซล คือสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดอิ่มตัวในกลุ่มพาราฟิน (parafin) หรือ แอลเคน ซึ่งมีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็น C_nH_{2n+2} ดังแสดงในตารางที่ 3.1 ด้านล่าง

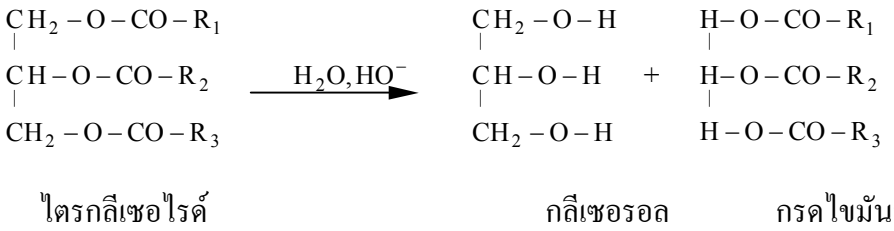
ตารางที่ 3.1 แสดงองค์ประกอบของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนในกลุ่มพาราฟิน (C_nH_{2n+2}) [3]

n	สูตรทางเคมี	ชื่อเรียก
1	CH_4	มีเทน (methane)
2	C_2H_6	อีเทน (ethane)
3	C_3H_8	โพรเพน (propane)
4	C_4H_{10}	บิวเทน (butane)
5	C_5H_{12}	เพนเทน (pentane)
6	C_6H_{14}	เฮกเซน (hexane)
7	C_7H_{16}	เฮพเทน (heptane)
8	C_8H_{18}	ออกเทน (octane)

[3] หมายเหตุ จาก “ไบโอดีเซล แนวทางการวิจัยเพื่อพัฒนาสำหรับประเทศไทย,” โดย กล้าณรงค์ ศรีรอต, 2544, แนวทางการวิจัยและพัฒนาไบโอดีเซลไปสู่เชิงพาณิชย์, ก-1.

3.2.2 น้ำมันพืช หรือไขมันสัตว์

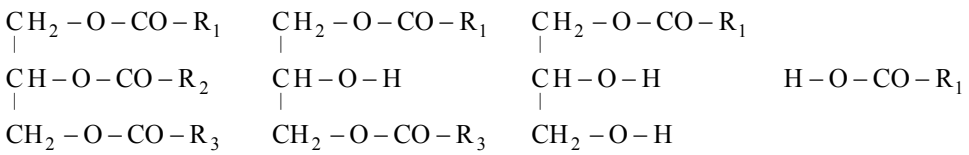
น้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ คือสารประกอบอินทรีย์จำพวกไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) (C_3H_5) ที่เชื่อมต่อกับกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 10 - 30 ตัว เมื่อย่อยสลายจะได้ กลีเซอรอล (glycerol) กับกรดไขมันอิสระ ดังแสดงในรูปที่ 3.3 ด้านล่าง



ไตรกลีเซอไรด์ กลีเซอรอล กรดไขมันอิสระ

รูปที่ 3.3 แสดงการย่อยสลายของสารประกอบอินทรีย์จำพวกไตรกลีเซอไรด์ ($R = C_nH_{2n+1}$)

ซึ่งตามปกติแล้วน้ำมันพืช หรือไขมันสัตว์ มีการย่อยสลายเองในธรรมชาติเป็นบางส่วนอยู่แล้ว แต่ยังไม่สมบูรณ์ จึงมีส่วนประกอบของไตรกลีเซอไรด์เป็นส่วนประกอบหลัก ส่วนที่เหลือก็จะเป็น ไดกลีเซอไรด์ (diglyceride) โมโนกลีเซอไรด์ (monoglyceride) และกรดไขมันอิสระ ดังแสดงในรูปที่ 3.4 ด้านล่าง



ไตรกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ โมโนกลีเซอไรด์ กรดไขมันอิสระ

รูปที่ 3.4 แสดงสูตรโครงสร้างของ ไตรกลีเซอไรด์, ไดกลีเซอไรด์, โมโนกลีเซอไรด์ และกรดไขมันอิสระ

จากสูตรโครงสร้างทางเคมีของน้ำมันพืช หรือไขมันสัตว์แต่ละชนิด พบว่ากรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบมีชนิดที่แตกต่างกันออกไป แต่เนื่องจากกรดไขมันที่อยู่ในโครงสร้างโดยปริมาณมีมากถึงร้อยละ 94 – 96 ของน้ำหนักโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ ดังนั้นจึงทำให้คุณสมบัติของน้ำมันพืช หรือไขมันสัตว์แต่ละชนิดทั้งทางเคมีและทางกายภาพ มีค่าแตกต่างกันไปตามคุณสมบัติของกรดไขมันนั้นๆ ที่เป็นองค์ประกอบอยู่ โดยส่วนใหญ่แล้วกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันพืชเป็นจำพวกกรดไขมันไม่อิ่มตัว มีลักษณะเด่นคือ จุดหลอมเหลวต่ำ มีลักษณะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง ส่วนไขมันสัตว์เป็นจำพวกกรดไขมันอิ่มตัว มีจุดหลอมเหลวสูง มีลักษณะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ยกเว้นน้ำมันปาล์มและน้ำมันมะพร้าว ที่จะมีกรดยูลิค (lauric acid) ซึ่งเป็นกรดไขมันอิ่มตัวอยู่ในปริมาณที่สูง

3.3 คุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิง

ดังที่กล่าวมาแล้วในข้างต้นว่าน้ำมันพืช หรือไขมันสัตว์ คือสารประกอบอินทรีย์จำพวกไตรกลีเซอไรด์ ที่เชื่อมต่ออยู่กับกรดไขมัน และเนื่องจากในสูตรโครงสร้างทางเคมีของกรดไขมันมี R เป็นองค์ประกอบหลัก ที่มีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็น C_nH_{2n+1} ซึ่งจากการสังเกตพบว่ามีลักษณะที่ใกล้เคียงกับสูตรโครงสร้างทางเคมีของไฮโดรคาร์บอนในกลุ่มพาราฟิน ที่มีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็น C_nH_{2n+2} ดังนั้นจึงสามารถกล่าวได้ว่า น้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ และน้ำมันดีเซลมีคุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงที่ใกล้เคียงกัน

นอกจากสูตรโครงสร้างทางเคมีของน้ำมันพืชที่มีลักษณะใกล้เคียงกับสูตรโครงสร้างทางเคมีของน้ำมันดีเซลแล้ว ยังคงมีคุณสมบัติอื่นๆ อีกที่จำเป็นต้องทำการพิจารณาควบคู่กันไป ก่อนที่จะทำการตัดสินใจเลือกน้ำมันพืชชนิดต่างๆ เหล่านั้น เพื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล คุณสมบัติดังกล่าว ได้แก่

3.3.1 การติดไฟ

คุณสมบัติในการติดไฟของน้ำมันเชื้อเพลิง แสดงถึงความสามารถในการติดเครื่องยนต์ การป้องกันการน็อคในเครื่องยนต์ ความเร็วในการเผาไหม้ รวมถึงประสิทธิภาพในการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งค่าต่างๆ เหล่านี้ จะแสดงออกมาอยู่ในรูปของค่าตัวเลขซีเทน หรือค่าดัชนีซีเทน

3.3.2 ตัวเลขซีเทน

ตัวเลขซีเทน คือค่าที่ใช้ในการวัดคุณภาพของน้ำมันเชื้อเพลิงในด้านของคุณสมบัติการติดไฟ ซึ่งน้ำมันเชื้อเพลิงที่เลือกใช้ควรมีค่าตัวเลขซีเทนที่เหมาะสมกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ เพราะทำให้การติดเครื่องยนต์ทำได้ง่าย ไม่ก่อให้เกิดการน็อคในเครื่องยนต์ และยังเป็นการประหยัดเชื้อเพลิงอีกด้วย ปกติแล้วน้ำมันดีเซลที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้มีค่าตัวเลขซีเทนอยู่ในช่วงประมาณ 40-60 โดยน้ำมันดีเซลที่มีคุณสมบัติการติดไฟง่ายที่สุดคือ นอร์มอลซีเทน (normal cetane [$C_{16}H_{34}$]) ซึ่งกำหนดให้มีค่าตัวเลขซีเทน เท่ากับ 100 ส่วนน้ำมันดีเซลที่มีคุณสมบัติการติดไฟยากที่สุดคือ แอลฟาเมทิลแนพธาลีน (alpha methyl naphthalene [$C_{11}H_{10}$]) ซึ่งกำหนดให้มีค่าตัวเลขซีเทน เท่ากับ 0

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบหาค่าตัวเลขซีเทนของน้ำมันเชื้อเพลิงนั้น จะเป็นลักษณะของเครื่องยนต์มาตรฐานชนิดสูบเดียวที่สามารถปรับอัตราส่วนการอัดตัวได้ โดยวิธีการทดสอบนั้นจะนำน้ำมันเชื้อเพลิงที่ต้องการหาค่าตัวเลขซีเทนมาทำการเดินเครื่องยนต์มาตรฐานชนิดสูบเดียว ที่สามารถปรับอัตราส่วนการอัดตัวได้ แล้วค่อยนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับน้ำมันเชื้อเพลิงมาตรฐานที่มีส่วนผสมของนอร์มอลซีเทน กับแอลฟาเมทิลแนพธาลีน เช่น น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีค่าตัวเลขซีเทน เท่ากับ 70 จะมีค่าคุณสมบัติในการติดไฟหรือการป้องกันการน็อคได้ดีเท่ากับน้ำมันเชื้อเพลิงมาตรฐานที่มีส่วนผสมของน้ำมันนอร์มอลดีเซล 70 % โดยปริมาตร กับน้ำมันแอลฟาเมทิลแนพธาลีน 30 %โดยปริมาตร เป็นต้น

หากค่าตัวเลขซีเทนของน้ำมันเชื้อเพลิงยิ่งมีค่าสูง นั่นก็หมายความว่าช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดของน้ำมันเชื้อเพลิงนั้นยิ่งมีค่าต่ำ หรือสามารถที่จะติดไฟได้ง่ายนั่นเอง ถ้าน้ำมันเชื้อเพลิงมีค่าตัวเลขซีเทนต่ำกว่า 40 เมื่อเกิดการเผาไหม้ในเครื่องยนต์จะทำให้เกิดควันไอเสียในปริมาณมาก มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่สูง และมีค่ากำลังที่ลดลง

3.3.3 ดัชนีซีเทน

ดัชนีซีเทน คือค่าอีกค่าหนึ่งที่ใช้ในการวัดคุณภาพของน้ำมันเชื้อเพลิงในด้านของคุณสมบัติการติดไฟ เช่นเดียวกันกับค่าตัวเลขซีเทน แต่เนื่องจากการหาค่าตัวเลขซีเทนของน้ำมันเชื้อเพลิงโดยวิธีการเดินเครื่องยนต์มาตรฐานนั้น มีค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นแทน

ที่จะทำการหาค่าตัวเลขซีเทนโดยตรง ก็อาจจะทำการหาค่าดัชนีซีเทนแทน เพราะเป็นวิธีที่ง่ายกว่า และมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่า แล้วค่อยนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานเดิมที่มีอยู่แล้ว (ดังแสดงในตารางที่ 3.2)ส่วนวิธีการหาค่าดัชนีซีเทนนั้น สามารถหาได้จากวิธีการคำนวณดังแสดงในสมการ (3.1)

$$CI = 97.833(\log T) + 2.2088(G)(\log T) + 0.01247(G)^2 + 423.51(\log T) - 4.7808(G) + 419.59 \quad (3.1)$$

เมื่อ

CI คือค่าดัชนีซีเทน

G คือความถ่วง ตามมาตรฐานของ American Petroleum Institute (API)

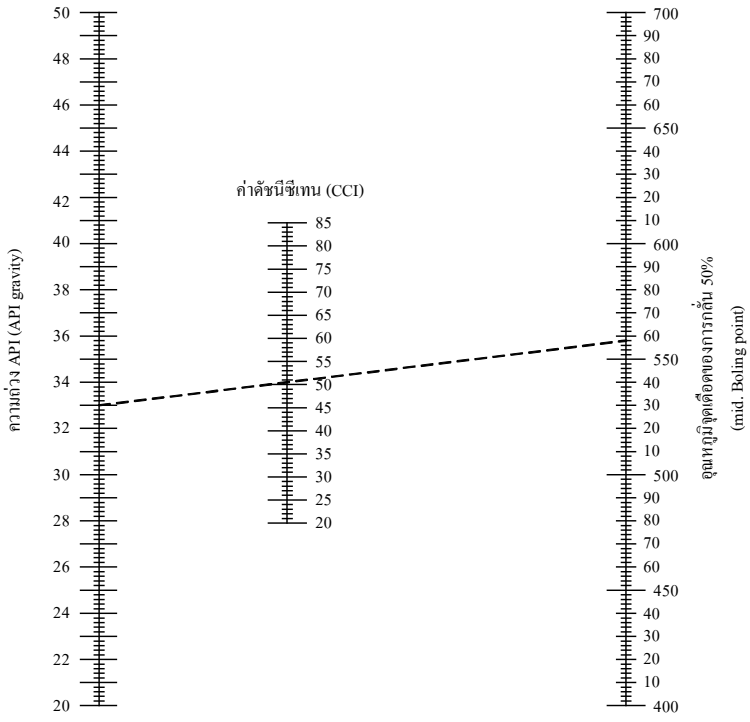
T คืออุณหภูมิของการกลั่นที่ 50% ของความดันบรรยากาศ หาได้โดยวิธีมาตรฐานของ American Society for Testing and Materials (ASTM) ที่มาตรฐาน D86 หรือ ที่ D158

การหาค่าดัชนีซีเทนอีกวิธีหนึ่ง คือการหาจากโนโมกราฟ (nomograph) ดังแสดงในรูปที่ 3.5 ซึ่งจะง่ายกว่าการคำนวณจากสมการ (3.1) อย่างไรก็ตามการหาค่าดัชนีซีเทนทั้งสองวิธีนี้ มีความเหมาะกับการประมาณค่าตัวเลขซีเทนของน้ำมันเชื้อเพลิงใส (distillate fuels) เท่านั้น

ตารางที่ 3.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวเลขซีเทน กับค่าดัชนีซีเทน [4]

ค่าตัวเลขซีเทน	ค่าดัชนีซีเทน
30	26
35	34
40	42
45	49
50	56
55	64
60	72

[4] หมายเหตุ : จาก น้ำมันเชื้อเพลิงและสารหล่อลื่น (หน้า159), โดยประเสริฐ เทียนนิมิตร, ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์ และปานเพชร ชินินทร, 2536, กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น.



รูปที่ 3.5 แสดงโนโมกราฟสำหรับการประมาณหาค่าดัชนีซีเทน [5]

[5] หมายเหตุ : จาก น้ำมันเชื้อเพลิงและสารหล่อลื่น (หน้า 160), โดยประเสริฐ เทียนนิมิตร, ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์ และปานเพชร ชินินทร, 2536, กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

3.3.4 ความถ่วง

คืออัตราความหนาแน่นของสารต่อความหนาแน่นของน้ำบริสุทธิ์ ที่มีปริมาตรเท่ากันและที่อุณหภูมิเดียวกัน American Petroleum Institute ได้ตั้งมาตรฐานความถ่วง API ขึ้นเพื่อใช้วัดคุณภาพของน้ำมันเชื้อเพลิง โดยเทียบกับความถ่วงจำเพาะ ดังแสดงในสมการ (3.2)

$$\text{ความถ่วง API} = \frac{141.5}{\text{S.G. at } 60/60^{\circ}\text{F}} - 131.5 \qquad (3.2)$$

3.3.5 การกระจายเป็นฝอย

คุณสมบัตินี้ขึ้นอยู่กับความหนืด หรือความข้นใสของน้ำมันน้ำมันเชื้อเพลิง โดยความหนืด หรือความข้นใสของน้ำมันเชื้อเพลิงมีผลต่อรูปร่างของละอองน้ำมันที่ฉีดออกจากหัวฉีด ถ้าน้ำมันมีความหนืดหรือความข้นใสสูงการฉีดเป็นฝอยละอองจะไม่ดี ละอองน้ำมันมีขนาดใหญ่ และพุ่งไปไกล ซึ่งมีลักษณะการพุ่งเป็นสายแทนที่จะกระจายเป็นฝอยเล็กๆ ทำให้น้ำมันรวมตัวกับอากาศไม่ดี การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ลดลง และถ้าเป็นเครื่องยนต์ขนาดเล็ก น้ำมันเชื้อเพลิงอาจพุ่งไปกระทบผนังกระบอกสูบได้ เป็นการชะล้างฟิล์มน้ำมันหล่อลื่นลงสู่ก้นอ่างทำให้เครื่องยนต์สึกหรอเร็ว และน้ำมันเครื่องสกปรกเร็ว แต่ถ้าน้ำมันมีค่าความหนืดต่ำ หรือมีค่าความข้นใสต่ำเกินไป จะทำให้การฉีดฝอยน้ำมันละเอียดดี แต่ไม่พุ่งไปไกลเท่าที่ควร การเผาไหม้ก็ไม่ดีนัก และอาจทำให้เกิดการรั่วกลับในตัวปั๊มหัวฉีดมาก ภายใต้สภาพการณ์เช่นนี้อาจทำให้น้ำมันที่ผ่านหัวฉีดออกไปมีปริมาณลดลง ทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ลดลงได้เช่นกัน นอกจากนี้แล้ว การสึกหรอของชิ้นส่วนในระบบเชื้อเพลิงจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากน้ำมันใสเกินไปทำให้การหล่อลื่นพวกปั๊มหัวฉีดไม่ดีเท่าที่ควร โดยเฉพาะในปั๊มแบบโรตารี่ที่อาศัยการหล่อลื่นจากน้ำมันดีเซลเท่านั้น

3.3.6 การระเหยตัว

ความสามารถในการระเหยตัว มีผลต่อจุดเดือด จุดวาบไฟ และจุดติดไฟของน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งโดยทั่วไปแล้วช่วงจุดเดือดของน้ำมันดีเซลจะอยู่ในช่วง 138 – 385 องศาเซลเซียส ความสามารถในการระเหยตัวของน้ำมันดีเซล วัดได้จากการกลั่นตามมาตรฐาน ASTM ที่ D86 หรือ ตามมาตรฐาน Institute of Petroleum (IP) ที่ 123 การระเหยตัวของน้ำมันดีเซลนั้นมีความสำคัญต่อการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซลมาก โดยเฉพาะในช่วงของความเร็วรอบการทำงานปานกลาง และรอบการทำงานสูง ถ้าน้ำมันระเหยตัวช้าเกินไปทำ

ให้น้ำมันฉีดเป็นฝอยได้ไม่ดี เป็นเหตุให้การจุดระเบิดเกิดขึ้นได้ยาก เครื่องยนต์ติดยาก และหลงเหลือคราบเขม่าเกาะที่หัวฉีด ผนังลูกสูบ แหวนและวาล์ว แต่ถ้าระเหยตัวมากไป ก็จะเกิดเวเพอร์ล็อก (vapor lock) ในระบบน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งเป็นเหตุให้เครื่องยนต์ดับได้

3.3.7 จุดวาบไฟ

จุดวาบไฟคือ จุดอุณหภูมิที่เชื้อเพลิงได้รับความร้อนจนกลายเป็นไอ และเมื่อไอนี้ถูกเปลวไฟ ก็จะเกิดการลุกวาบไฟขึ้น การหาจุดวาบไฟของเชื้อเพลิงนั้น สามารถหาได้จากการใช้เครื่องมือ Cleveland Open Cup Apparatus (COC) หรือ Pensky-Martens Closed Cup Apparatus (PMCC) ในทางปฏิบัติแล้วจุดวาบไฟมีความสำคัญต่อด้านด้านความปลอกภัยจากอัคคีภัยในการเก็บรักษาและการใช้งานเท่านั้น ไม่พบว่ามีความสำคัญต่อการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง และประสิทธิภาพของเครื่องยนต์

3.3.8 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

เนื่องจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง เกิดขึ้นเมื่อธาตุที่เป็นองค์ประกอบของเชื้อเพลิง เช่น คาร์บอน และไฮโดรเจน ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนแล้วเปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ พร้อมกับการคายความร้อนออกมาจำนวนหนึ่ง และค่าความร้อนที่คายออกมานั่นเอง ที่เรียกว่าค่าความร้อนของเชื้อเพลิง ส่วนการหาค่าความร้อนของน้ำมันเชื้อเพลิงนั้น สามารถหาได้โดยการใช้เครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ (bomb calorimeter) โดยการนำเชื้อเพลิงที่ต้องการหาค่าความร้อนไปทำการชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด แล้วค่อยนำเชื้อเพลิงนั้นมาทำการเผาไหม้กับออกซิเจนบริสุทธิ์ภายใต้ความดันที่อยู่ภายในเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ ซึ่งความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจะมีการถ่ายเทให้กับน้ำหล่อเย็นที่อยู่ภายในเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ ที่สามารถวัดค่าอุณหภูมิได้โดยการใช้เทอร์โมมิเตอร์ ดังนั้นจึงสามารถที่จะคำนวณหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงได้จากสมการ (3.3)

$$Q = mc\Delta T \tag{3.3}$$

เมื่อ

- Q คือ ค่าความร้อน
- m คือ มวลของน้ำที่ใช้สำหรับการหล่อเย็นในเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์
- c คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ
- ΔT คือ อุณหภูมิของน้ำที่เปลี่ยนไป

3.3.9 ความสะอาด

เป็นคุณสมบัติที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของน้ำมันเชื้อเพลิง กล่าวคือ น้ำมันเชื้อเพลิงจะต้องมีความสะอาดทั้งก่อนและหลังจากการเผาไหม้ เช่น ต้องมีตะกอน น้ำ กากถ่าน หรือเขม่าในปริมาณที่น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ เนื่องจากระบบของเครื่องยนต์ดีเซลนั้น ต้องใช้ปั๊มและหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อทำการฉีดเชื้อเพลิงเข้าไปยังห้องเผาไหม้

3.3.10 จุดเกิดหมอก

คือจุดที่โมเลกุลจับตัวกันเป็นผลึก ทำให้ข้นและไหลเทลำบาก

3.3.11 จุดเริ่มไหลหรือจุดไหลเท

คืออุณหภูมิต่ำสุดที่น้ำมันเชื้อเพลิงยังเป็นของเหลวพอที่จะไหลได้ เมื่อได้รับความเย็น มีความสำคัญคือ สำหรับการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่ำมากๆ เช่น ห้องเย็น โรงน้ำแข็ง หรือในฤดูหนาว จำเป็นต้องใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีจุดเริ่มไหลต่ำกว่าอุณหภูมินั้นๆ ที่อุณหภูมิต่ำพบว่าองค์ประกอบที่เป็นพวกพาราฟินของน้ำมันดีเซลจะแยกตัวออกเป็นไข ทำให้อุดตันทางเดินและไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิง ทำให้สตาร์ทเครื่องยนต์ไม่ติด หรือการทำงานของเครื่องยนต์ผิดปกติ

3.3.12 กำมะถัน

กำมะถันที่อยู่ในน้ำมันเชื้อเพลิงถือว่าเป็นสิ่งที่ไม่พึงปรารถนา เพราะว่าเมื่อกำมะถันรวมกับน้ำจะเป็นสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นกรด ที่สามารถกัดกร่อนชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ได้

ตารางที่ 3.3 ได้แสดงคุณสมบัติต่างๆ เหล่านี้ ของน้ำมันดีเซล เทียบกับของน้ำมันปาล์ม และกับของน้ำมันมะพร้าว

ตารางที่ 3.3 แสดงค่าคุณสมบัติของน้ำมันปาล์ม และน้ำมันมะพร้าว เทียบกับน้ำมันดีเซล

คุณลักษณะ	น้ำมันดีเซล	น้ำมันมะพร้าว	น้ำมันปาล์ม
จุดวาบไฟ (°C) [8]	98	-	240
ความถ่วงจำเพาะ (@ 15.6 °C) [6]	0.853	0.927	0.915
ความถ่วง API (@ 15.5 °C) [6]	34.40	21.20	23.10
จุดเริ่มไหลเท (°C)	3.0 [9]	-	12.8 [8]
ความหนืด (cSt @ 21 °C) [7]	3.8	51.9	88.6
ค่าความร้อน (kJ/kg) [6]	45,520	37,630	39,540
ความหนาแน่น (g/ml)	0.822 @ 28 °C	-	0.889 @ 50 °C
ค่าตัวเลขซีเทน [8]	53	-	50-52
ปริมาณกำมะถัน (% by weight) [6]	0.35	ไม่มี	ไม่มี

หมายเหตุ : [6] จาก “การใช้ biodiesel กับเครื่องยนต์มีผลอย่างไร,” โดย พูลพร แสงบางปลา, 2544, สมาคมวิศวกรรมยานยนต์ไทย, ปีที่ 3, 4.

[7] จาก “ไบโอดีเซล: พลังงานทางเลือก,” โดย พิสมัย เจนวนิชปัญจกุล, 2544, แนวทางการวิจัยและพัฒนาไบโอดีเซลไปสู่เชิงพาณิชย์, E8.

[8] From “Preliminary Observations of Using Palm Oil As Fitted with Elsbett Engine,” Hitam and Jahis, 1995, Proceedings PORIM BIOFUEL ’95 1995 Porim International Biofuel Conference, 93.

[9] From “Preparation of Palm Oil Esters-diesel Fuel Mix and Its Performance Test on Stationary Engine,”Gafar et al., 1995, Proceedings PORIM BIOFUEL ’95 1995 Porim International Biofuel Conference, 54.

จากค่าคุณสมบัติต่างๆ ของเชื้อเพลิงดังแสดงในตารางข้างบนพบว่า มันมะพร้าว และน้ำมันปาล์ม มีค่าความร้อนที่ต่ำกว่าน้ำมันดีเซลประมาณ 17.3% และ 13.1% ตามลำดับ แต่ในขณะเดียวกันกลับพบว่า น้ำมันพืชทั้งสองมีค่าความหนืดที่สูงกว่าน้ำมันดีเซลประมาณ 23.3 และ 13.6 เท่าตัว ตามลำดับ และที่อุณหภูมิต่ำลง น้ำมันพืชยิ่งมีค่าความหนืดที่สูงขึ้นเป็นลำดับ จนเกิดเป็นไขขึ้น เช่น น้ำมันมะพร้าว เริ่มเป็นไขที่อุณหภูมิ 24 – 26 องศาเซลเซียส และพบว่ามีปริมาณไขมากถึง 36% ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ซึ่งนับว่าเป็นอุปสรรคต่อการลำเลียงเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ และการใช้งานในบางพื้นที่และบางฤดูกาลที่มีอุณหภูมิต่ำ นอกจากนั้นแล้วยังพบอีกว่าน้ำ

มันพืชมีคุณสมบัติในการระเหยตัวได้น้อยมาก ดังนั้นเมื่อป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ การจุดระเบิดเกิดขึ้นได้ช้ากว่า ซึ่งเป็นเหตุให้เครื่องยนต์ติดยาก และหลงเหลือคราบเขม่าเกาะตัวอยู่ตามบริเวณพื้นผิวของหัวฉีด ผนังลูกสูบ แหวนลูกสูบ และวาล์ว ในปริมาณที่มากกว่าปกติ และเนื่องจากน้ำมันพืชมีความหนืดที่สูง รวมถึงการระเหยตัวได้ต่ำกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้เกิดความยุ่งยากในการใช้น้ำมันพืชล้วนๆ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล แต่อย่างไรก็ตามพบว่า น้ำมันพืชไม่มีกำมะถันอยู่เลย ซึ่งนับว่าเป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อม

เนื่องจากน้ำมันพืชเป็นสารที่ไม่อยู่ตัวสามารถถูกอ๊อกซิไดซ์ได้ง่าย และเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชั่น ได้ที่อุณหภูมิสูง ซึ่งส่งผลให้น้ำมันเกิดเป็นสารเหนียวขึ้น โดยทั่วไปแล้ว ค่าไอโอดีนของน้ำมันพืชสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้การเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชั่นได้ว่ามีค่ามากหรือน้อยเพียงใด ฉะนั้นการเลือกใช้น้ำมันพืชที่มีค่าไอโอดีนต่ำ (น้ำมันพืชที่มีกรดไขมันอิ่มตัวในปริมาณสูง) เช่น น้ำมันปาล์มดิบ และน้ำมันมะพร้าวดิบ (ดังแสดงในตารางที่ 3.4)เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลนั้น สามารถป้องกันการเกิดสารเหนียวที่เกิดจากปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชั่นในเครื่องยนต์ได้ในเบื้องต้น

ตารางที่ 3.4 แสดงค่าไอโอดีนของน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ [10]

น้ำมันพืชชนิดดิบ	**ค่าไอโอดีน**
น้ำมันปาล์ม	14.1 - 21.0
น้ำมันปาล์มโอเลอีน	56
น้ำมันปาล์มสเตียรีน	48
น้ำมันเมล็ดในปาล์ม	50.0 - 55.0
น้ำมันมะพร้าว	6.3 - 10.6
น้ำมันถั่วลิสง	86 - 107
น้ำมันเมล็ดสบู่ดำ	101
น้ำมันถัวเหลือง	124 - 139

[10] หมายเหตุ: จาก “ไบโอดีเซล: พลังงานทางเลือก,” โดย พิสมัย เจนวนิชปัญจกุล, 2544, แนวทางการวิจัยและพัฒนาไบโอดีเซลไปสู่เชิงพาณิชย์, E8.

แต่อย่างไรก็ตาม ถ้าทำการเปรียบเทียบศักยภาพในการให้น้ำมันต่อพื้นที่ปลูกที่เท่ากันแล้วพบว่าปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่มีศักยภาพในการให้น้ำมันสูงที่สุด เมื่อทำการเปรียบเทียบกับพืชน้ำมัน

ชนิดอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 แสดงการเปรียบเทียบผลผลิตน้ำมันของพืชน้ำมันแต่ละชนิด [11]

พืชผล	น้ำมัน (กิโลกรัม / ไร่)
ผลปาล์ม	720
เมล็ดในปาล์ม	72
มะพร้าว	168
ผลโอลีฟ	120
เมล็ดเรพ	128
ดอกทานตะวัน	78
ถั่วเหลือง	59

[11] หมายเหตุ: จาก “การพัฒนาการผลิตและการปรับปรุงพืชน้ำมัน (ปาล์มน้ำมัน),” โดย สุรกิตติ ศรีกุล, สุนีย์ นิเทศพัตรพงศ์ และ ชาย โฆรวิส, 2544, แนวทางการวิจัยและพัฒนาไบโอดีเซลไปสู่เชิงพาณิชย์, B1.

ในตารางที่ 3.6 แสดงปริมาณการผลิตพืชน้ำมันชนิดต่างๆ ภายในประเทศ ซึ่งก็พบว่าปาล์มน้ำมันเป็นพืชน้ำมันที่มีปริมาณการผลิตสูงสุด

ตารางที่ 3.6 แสดงปริมาณการผลิตพืชน้ำมันชนิดต่างๆ ภายในประเทศ (พันตัน) [12]

ปี พ. ศ.	ปาล์มน้ำมัน	มะพร้าว	ถั่วเหลือง	ถั่วลิสง	ละหุ่ง	งา
2538 - 2539	2,225	1,413	386	147	6	34
2539 - 2540	2,688	1,419	359	147	6	34
2540 - 2541	2,681	1,386	338	126	6	35
2541 - 2542	2,465	1,372	321	135	7	36
2542 - 2543	3,512	-	-	-	-	-

[12] หมายเหตุ: จาก “ไบโอดีเซล: พลังงานทางเลือก,” โดย พิสมัย เจนวนิชปัญจกุล, 2544, แนวทางการวิจัยและพัฒนาไบโอดีเซลไปสู่เชิงพาณิชย์, E5.

ดังนั้นถ้าทำการพิจารณาจากองค์ประกอบหลายๆ อย่างประกอบกันไม่ว่าจะเป็น คุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิง ศักยภาพในการให้น้ำมัน รวมถึงปริมาณการผลิตพืชน้ำมันชนิดต่างๆ ภายในประเทศแล้วพบว่า ปาล์มน้ำมัน น่าจะเป็นพืชน้ำมันที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ที่จะนำมาใช้ในการผลิตน้ำมัน เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซล ในลำดับต่อไป

บทที่ 4
วิธีดำเนินการวิจัย

เนื้อหาในบทนี้ เป็นการกล่าวถึงรายละเอียดต่างๆ ที่เกี่ยวกับขั้นตอนการดำเนินงาน ขั้นตอนการทดสอบ วิธีการทดสอบ สถานที่ทดสอบ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ น้ำมันที่ใช้ในการทดสอบ รวมถึงเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งสามารถกล่าวได้ดังนี้ คือ

4.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

4.1.1 ขั้นแรกจะเป็นการศึกษาถึงแนวทาง และโอกาสความเป็นไปได้ในการใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล โดยทำการพิจารณาจากคุณสมบัติต่างๆ ของน้ำมันปาล์มดิบ ทั้งทางกายภาพและทางเคมีว่ามีค่าแตกต่างจากค่าของน้ำมันดีเซลอย่างไร รวมถึงการพิจารณาว่าน้ำมันปาล์มดิบมีค่าความเหมาะสมที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนได้หรือไม่

4.1.2 ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวกับคุณสมบัติของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อมของแต่ละบริษัทที่ยังคงมีการใช้งานอยู่ภายในประเทศ ณ ปัจจุบันนี้ เพื่อทำการเลือกซื้อเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อมที่มีความเหมาะสมที่สุด ที่จะใช้สำหรับการทดสอบในครั้งนี้ โดยทำการพิจารณาจากข้อมูลทางเทคนิคต่างๆ ของเครื่องยนต์ สภาพความสมบูรณ์ของเครื่องยนต์ รวมถึงราคาที่เหมาะสม

4.1.3 ทำการยกเครื่อง หรือ overhaul เครื่องยนต์ที่ซื้อมาใหม่ รวมถึงการถ่ายรูปชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์เก็บไว้ ก่อนที่จะทำการประกอบเครื่องยนต์กลับคืนสู่สภาพพร้อมที่จะใช้งาน

4.1.4 ทำการออกแบบ และสร้างหม้อต้มไฟฟ้า ที่ใช้สำหรับการต้มน้ำมันปาล์มดิบขึ้นมาใหม่

4.1.5 ทำการออกแบบ และสร้างเครื่องกรอง ที่ใช้สำหรับการกรองน้ำมันปาล์มดิบขึ้นมาใหม่

4.1.6 นำน้ำมันปาล์มดิบมาผ่านกระบวนการทำให้ร้อน โดยการต้มด้วยหม้อต้มไฟฟ้า จนกระทั่งน้ำมันปาล์มดิบมีค่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึง 50 องศาเซลเซียสแล้วค่อยนำมากรองด้วยเครื่องกรองน้ำมันปาล์มดิบ

4.1.7 นำน้ำมันปาล์มดิบที่ผ่านการกรองในขั้นตอน (4.1.6) เก็บไว้ในถังเหล็กขนาด 200 ลิตร

4.1.8 ทำการติดตั้งเครื่องยนต์ที่ผ่านการยกเครื่องมาเรียบร้อยแล้วบนแท่นทดสอบไดนาโมมิเตอร์ พร้อมทั้งการจัดวางอุปกรณ์ต่างๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในระหว่างทำการทดสอบ ให้อยู่ในสภาพพร้อมที่จะทำการทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ด้านล่าง

รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะการติดตั้งเครื่องยนต์บนแท่นทดสอบไดนาโมมิเตอร์ พร้อมทั้งการจัดวางอุปกรณ์ต่างๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในระหว่างการทดสอบ ให้อยู่ในสภาพพร้อมที่จะทำการทดสอบ

4.1.9 ทำการเดินเครื่องยนต์ เพื่อปรับสภาพชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ ให้พร้อมที่จะทำงานหนักๆ ได้ หรือที่เรียกว่าการ run in เครื่องยนต์หลังจากที่ทำการยกเครื่องมาใหม่ รวมถึงการลองทดสอบก่อน (pretest) ก่อนที่จะทำการทดสอบจริง เพื่อทำการ

ตรวจสอบสภาพการทำงานของเครื่องยนต์ว่ามีความสมบูรณ์มากน้อยเพียงใด โดยมีเงื่อนไขดังแสดงในตารางที่ 4.1 ด้านล่าง

ตารางที่ 4.1 แสดงเงื่อนไขในการ run-in และการ pretest เครื่องยนต์ก่อนที่จะทำการทดสอบจริง

เงื่อนไข	การทดสอบเพื่อปรับสภาพ	การทดสอบเพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์
เวลา (นาที)	60	120
ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	1,500	2,000
ภาระการ (แรงบิด)	20 % ของแรงบิดสูงสุด	40 % ของแรงบิดสูงสุด

4.1.10 ทำการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ ทั้งในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซล และในกรณีของการใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิง

4.1.11 ทำการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ โดยการใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิง

4.1.12 หลังจากทำการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ครบ 270 ชั่วโมง ให้ทำการถอดรื้อชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ออกมา เพื่อทำการตรวจสอบสภาพดูว่ามีลักษณะเปลี่ยนแปลงอย่างไรบ้าง เมื่อเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง รวมถึงทำการบันทึกภาพชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์เก็บไว้

4.1.13 ทำการสรุป และวิเคราะห์ผลการทดสอบ

4.2 ขั้นตอนการทดสอบ

ในการทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลในครั้งนี้ สามารถจำแนกขั้นตอนในการทดสอบออกเป็น 2 ขั้นตอนใหญ่ๆ ด้วยกัน คือ ขั้นตอนการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ และขั้นตอนการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ ซึ่งสามารถกล่าวได้ดังนี้ คือ

4.2.1 ขั้นตอนการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์

ในการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลในครั้งนี้ จะทำการทดสอบทั้งในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซล และในกรณีของการใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งมีขั้นตอนในการทดสอบดังนี้

4.2.1.1 ทำการติดเครื่องยนต์โดยการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง แล้วปล่อยให้เครื่องยนต์เดินต่อไปเป็นเวลา 1 นาที หลังจากนั้นทำการเข้าเกียร์ให้กับเครื่องยนต์ในตำแหน่งเกียร์ 2 รวมถึงการปรับภาระการและรอบการ

ทำงานของเครื่องยนต์ จนกระทั่งเครื่องยนต์มีค่าแรงบิดเท่ากับ 20% ของแรงบิดสูงสุด ที่รอบการทำงานของเครื่องยนต์ 1,400 รอบต่อนาที ทำการเดินเครื่องยนต์ต่อไปอีกเป็นเวลา 10 นาที หรือจนกระทั่งตัวควบคุมการไหลเวียนของระบบน้ำหล่อเย็นเริ่มที่จะทำงาน

4.2.1.2 เริ่มทำการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ โดยการปรับภาระการและรอบการทำงานของเครื่องยนต์ให้มีความสัมพันธ์กัน ตามวิธีการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ โดยเริ่มทำการทดสอบที่รอบการทำงานของเครื่องยนต์ 1,000 รอบต่อนาที ในระหว่างทำการทดสอบให้อ่านและบันทึกค่ารอบการทำงานของเครื่องยนต์ กำลัง แรงบิด และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ทุกๆ 5 วินาที จนกระทั่งครบ 3 ค่า ส่วนอัตราการไหลของอากาศให้ทำการอ่านและบันทึกค่าเพียงครั้งเดียวเท่านั้น

4.2.1.3 ทำการทดสอบในขั้นตอน (4.2.1.2) ซ้ำ โดยการเพิ่มรอบการทำงานของเครื่องยนต์ขึ้นเรื่อยๆ ครั้งละ 200 รอบต่อนาที จนกระทั่งถึงรอบการทำงานสูงสุดของเครื่องยนต์ที่สามารถปรับค่าได้

4.2.1.4 หลังจากนั้นให้ทำการลดรอบการทำงานของเครื่องยนต์จากรอบการทำงานสูงสุดลงมา 200 รอบต่อนาที รวมถึงการลดภาระการให้มีความสัมพันธ์กันด้วย ในระหว่างทำการทดสอบให้อ่านและบันทึกค่ารอบการทำงานของเครื่องยนต์ กำลัง แรงบิด และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ทุกๆ 5 วินาที จนกระทั่งครบ 3 ค่า ส่วนอัตราการไหลของอากาศให้ทำการอ่านและบันทึกค่าเพียงครั้งเดียวเท่านั้น

4.2.1.5 ทำการทดสอบในขั้นตอน (4.2.1.4) ซ้ำ โดยการลดรอบการทำงานของเครื่องยนต์ลงเรื่อยๆ ครั้งละ 200 รอบต่อนาที จนกระทั่งถึงรอบการทำงานเริ่มต้นในการทดสอบ คือที่ 1,000 รอบต่อนาที

4.2.1.6 หลังจากทำการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์เสร็จ ทั้งในช่วงเพิ่มรอบ และลดรอบการทำงานของเครื่องยนต์ ให้ทำการเดินเครื่องยนต์ที่สภาวะไร้ภาระการ ที่รอบการทำงานของเครื่องยนต์ 1,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที แล้วค่อยทำการดับเครื่องยนต์

4.2.1.7 นำน้ำมันปาล์มดิบที่ผ่านการกรองแล้ว มาทำการต้มด้วยหม้อต้มไฟฟ้าให้มีค่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น และมีค่าคงที่ที่ 50 องศาเซลเซียส โดยทำการปรับตัว

ควบคุมอุณหภูมิ (thermostat) ไปที่ตำแหน่ง 50 องศาเซลเซียส รอจนกระทั่งน้ำมันปาล์มดิบมีค่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึง 50 องศาเซลเซียส

4.2.1.8 ทำการทดสอบในขั้นตอน (4.2.1.1) ถึงขั้นตอน (4.2.1.6) ซ้ำ แต่เปลี่ยนจากการใช้น้ำมันดีเซลมาเป็นน้ำมันปาล์มดิบที่ผ่านกระบวนการในขั้นตอน (4.2.1.7) เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

4.2.2 ขั้นตอนการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์

4.2.2.1 ทำการเปลี่ยนน้ำมันเครื่องใหม่ให้กับเครื่องยนต์ หลังจากทำการทดสอบเพื่อหาค่าสมรรถนะของเครื่องยนต์เสร็จ ในปริมาณที่บอกไว้ตามคู่มือการซ่อมบำรุงของเครื่องยนต์แต่ละรุ่น

4.2.2.2 นำน้ำมันปาล์มดิบที่ผ่านการกรองแล้ว มาทำการต้มด้วยหม้อต้มไฟฟ้าให้มีค่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น และมีค่าคงที่ที่ 50 องศาเซลเซียส โดยทำการปรับตัวควบคุมอุณหภูมิไปที่ตำแหน่ง 50 องศาเซลเซียส รอจนกระทั่งน้ำมันปาล์มดิบมีค่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึง 50 องศาเซลเซียส

4.2.2.3 ทำการติดเครื่องยนต์ โดยการใช้น้ำปาล์มดิบที่ผ่านกระบวนการในขั้นตอน (4.2.2.2) เพื่อเป็นเชื้อเพลิง แล้วปล่อยให้เครื่องยนต์เดินต่อไปเป็นเวลา 1 นาที หลังจากนั้นทำการเข้าเกียร์ให้กับเครื่องยนต์ในตำแหน่งเกียร์ 3 รวมถึงการปรับภาระการและรอบการทำงานของเครื่องยนต์ จนกระทั่งเครื่องยนต์มีค่าแรงบิดเท่ากับ 20% ของแรงบิดสูงสุด ที่รอบการทำงานของเครื่องยนต์ 1,400 รอบต่อนาที ทำการเดินเครื่องยนต์ต่อไปอีกเป็นเวลา 10 นาที หรือจนกระทั่งตัวควบคุมการไหลเวียนของระบบน้ำหล่อเย็นเริ่มที่จะทำงาน

4.2.2.4 เริ่มทำการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ โดยทำการปรับภาระการให้มีความสัมพันธ์กับรอบการทำงานของเครื่องยนต์ ตามวิธีการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ โดยจะทำการทดสอบที่รอบการทำงานของเครื่องยนต์คงที่ที่ 2,000 รอบต่อนาที ทำการเดินเครื่องยนต์ไปเรื่อยๆ จนครบ 15 ชั่วโมง ในระหว่างทำการทดสอบให้อ่านและบันทึกค่ากำลัง แรงบิด อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง อัตราการไหลของอากาศ อุณหภูมิสภาพแวดล้อม รวมถึงการสังเกตว่าเครื่องยนต์มีการทำงานที่ผิดปกติหรือไม่

4.2.2.5 หลังจากทำการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ครบ 15 ชั่วโมง ให้ทำการเดินเครื่องยนต์ที่สภาวะไร้ภาระการ ที่รอบการทำงานของเครื่องยนต์ 1,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที แล้วค่อยทำการดับเครื่องยนต์

4.2.2.6 หยุดทำการทดสอบเพื่อพักเครื่องยนต์เป็นเวลา 8 ชั่วโมง แล้วค่อยทำการปล่อยน้ำมันเครื่องจากท้องอ่างน้ำเครื่องออกมา เพื่อทำการวัดหาปริมาตรของน้ำมันเครื่องที่เปลี่ยนไปทุกๆ 15 ชั่วโมง รวมถึงการเก็บตัวอย่างน้ำมันเครื่องที่ผ่านการใช้งานมาแล้วครั้งละ 30 มิลลิลิตร

4.2.2.7 เติมน้ำมันเครื่องกลับคืนสู่เครื่องยนต์ในปริมาณที่เท่ากับปริมาณเริ่มต้น

4.2.2.8 ทำการทดสอบในขั้นตอน (4.2.2.2) ถึงขั้นตอน (4.2.2.7) ซ้ำไปเรื่อยๆ จนกระทั่งครบ 9 รอบการทำงาน หรือครบ 135 ชั่วโมง

4.2.2.9 ทำการเปลี่ยนน้ำมันเครื่องใหม่ให้กับเครื่องยนต์หลังจากทำการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ครบ 135 ชั่วโมง ในปริมาณที่บอกไว้ตามคู่มือการซ่อมบำรุงของเครื่องยนต์แต่ละรุ่น

4.2.2.10 ทำการทดสอบในขั้นตอน (4.2.2.2) ถึงขั้นตอน (4.2.2.8) ซ้ำ เพื่อให้ระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ ครบ 270 ชั่วโมง

4.3 วิธีการทดสอบ

วิธีที่ใช้ในการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะและความคงทนของเครื่องยนต์นั้น สามารถกล่าวได้ดังนี้

4.3.1 วิธีการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์

วิธีที่ใช้ในการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลในครั้งนี้ เป็นลักษณะวิธีการทดสอบที่อาศัยเงื่อนไขของการสังเกตควันดำเข้ามาช่วยในการปรับค่าต่างๆ กล่าวคือ เป็นวิธีการทดสอบที่ต้องมีการปรับรอบการทำงานของเครื่องยนต์ไปพร้อมๆ กับการปรับเปลี่ยนภาระการให้มีความสัมพันธ์กัน จนกระทั่งสังเกตเห็นได้ว่าควันไอเสียที่ปล่อยออกมาจากเครื่องยนต์เริ่มเปลี่ยนเป็นสีเทา ซึ่งนั่นก็หมายความว่าเชื้อเพลิงที่ถูกส่งเข้าสู่ห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์มีปริมาณที่เพียงพอ และเริ่มเผาไหม้ไม่หมดแล้ว หรือสามารถกล่าวได้ว่าเป็นปริมาณเชื้อเพลิงที่สูงที่สุด ที่เมื่อถูกส่งเข้าสู่ห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์แล้ว มีการนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

4.3.2 วิธีการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์

วิธีที่ใช้ในการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ดีเซลในครั้งนี้ เป็นลักษณะวิธีการทดสอบที่อาศัยเงื่อนไขของการสังเกตควันดำเข้ามาช่วยในการปรับค่าต่างๆ เช่นเดียวกับในกรณีของการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ แต่การทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์นั้น ทำการทดสอบที่รอบการทำงานของเครื่องยนต์รอบใดรอบหนึ่งเท่านั้น ซึ่งจะแตกต่างจากในกรณีของการทดสอบเพื่อหาค่าสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ทำการทดสอบตั้งแต่รอบเดินเบาของเครื่องยนต์ จนกระทั่งถึงรอบการทำงานสูงสุดของเครื่องยนต์

4.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบในครั้งนี้ สามารถแยกออกได้เป็น 2 ส่วน ด้วยกัน คือ

4.4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์

ทำการเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลัง แรงบิด และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ กับรอบการทำงานของเครื่องยนต์

4.4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์

4.4.2.1 ทำการเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลัง และแรงบิดกับรอบการทำงานของเครื่องยนต์

4.4.2.2 ทำการเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของน้ำมันเครื่อง และค่าความหนืดของน้ำมันเครื่องที่เปลี่ยนไป กับช่วงระยะเวลาต่างๆ ในการทดสอบ ตลอด 270 ชั่วโมง

4.4.2.3 ทำการเปรียบเทียบชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ ระหว่างก่อนการทดสอบ กับหลังการทดสอบ ว่ามีลักษณะแตกต่างกันอย่างไร

4.5 สถานที่ทำการทดสอบ

สถานที่ที่ใช้ในการทำวิจัยในครั้งนี้คืออาคารเครื่องมือ 1 และอาคารเครื่องมือ 5 ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.6 อุปกรณ์การทดสอบ

อุปกรณ์การทดสอบที่ใช้ในการทำวิจัยในครั้งนี้ คือเครื่องยนต์ดีเซลของบริษัท Nissanซึ่งมีข้อมูลทางเทคนิค (specification) ดังแสดงในตารางที่ 4.2 ด้านล่าง

ตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ในการทดสอบ [1]

ข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องยนต์ดีเซล		
รุ่น	Nissan TD 27	
แบบ	ระบบ OHV 4 สูบแถวเรียง, มีระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม	
	, มีระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ	
ขนาดความจุของกระบอกสูบ	2,663 (ซีซี.)	
ความโตกระบอกสูบ x ช่วงชัก	96.0 x 92.0 (มม.)	
กำลังสูงสุด-EEC Net	62 / 4,300 (กิโลวัตต์/รอบต่อนาที)	
แรงบิดสูงสุด-EEC Net	175 / 2,200 (นิวตัน-เมตร/รอบต่อนาที)	
อัตราส่วนกำลังอัด	21.8: 1	
อัตราทดของเกียร์	1 st	3.98: 1
	2 nd	2.24: 1
	3 th	1.41: 1
	4 th	1.0: 1

[1] หมายเหตุ จาก http://www.nissan.com.sg/specsprice/pickup.cfm

4.7 เครื่องมือทดสอบ

4.7.1 เครื่องไดนาโมมิเตอร์

เครื่องไดนาโมมิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบในครั้งนี้ มีระบบการทำงานโดยอาศัยแรงดันของน้ำมันไฮดรอลิคเป็นตัวให้ภาระการแก่เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงใน ตารางที่ 4.3 ด้านล่าง

4.7.2 เครื่องมือวัดอัตราการไหลของอากาศ

เครื่องมือที่ใช้วัดอัตราการไหลของอากาศในครั้งนี้ เป็นลักษณะของถังทรงกระบอก ที่มีการติดตั้ง orifice plate ไว้ในตำแหน่งทางเข้าของอากาศ โดยมีรายละเอียดต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.2 และในตารางที่ 4.4 ด้านล่าง

4.7.3 หม้อต้มไฟฟ้าที่ใช้สำหรับต้มน้ำมันปาล์มดิบ

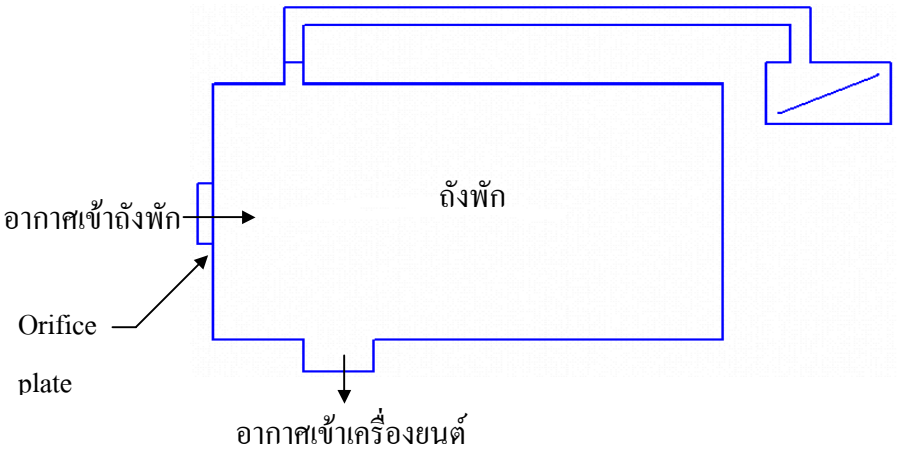
หม้อต้มไฟฟ้าที่ใช้สำหรับต้มน้ำมันปาล์มดิบในครั้งนี้ เป็นลักษณะของถังทรงสี่เหลี่ยมที่ผลิตมาจากเหล็กปลอดสนิม (stainless) โดยมีขนาดของความจุประมาณ 96 ลิตร พร้อมทั้งมีการติดตั้งตัวทำความร้อน (heater) ขนาด 1,500 วัตต์ จำนวน 4 ตัว รวมถึงการติดตั้งตัวควบคุมอุณหภูมิให้มีค่าคงที่เข้าไปด้วย ทั้งนี้ก็เพื่อทำการปรับค่าและควบคุมอุณหภูมิในการต้มให้มีค่าคงที่ตลอดเวลา ดังแสดงในรูปที่ 4.3 ด้านล่าง

ตารางที่ 4.3 แสดงรายละเอียดของเครื่องไดนาโมมิเตอร์

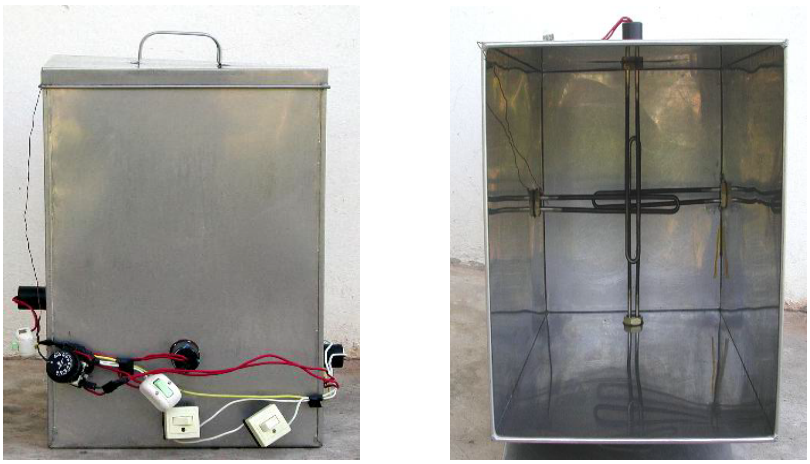
Dynamometer	
Make	AW Dynamometer, Inc.
Model	Neb 2-300
Serial	230-108
Power (kW)	74.6 at 540 Rpm
	156.6 at 1000 Rpm
	223.7 at 2000 Rpm
Capacity torque dynamometer (Nm.)	1490
Capacity torque drive line (Nm.)	4475

ตารางที่ 4.4 แสดงรายละเอียดของเครื่องมือวัดอัตราการไหลของอากาศ

Air Flow Meter	
Drum size	42 in long x 27 in diameter
Orifice size	64.95 mm
Coefficient of discharge	0.6



รูปที่ 4.2 แสดงเครื่องมือวัดอัตราการไหลของอากาศ

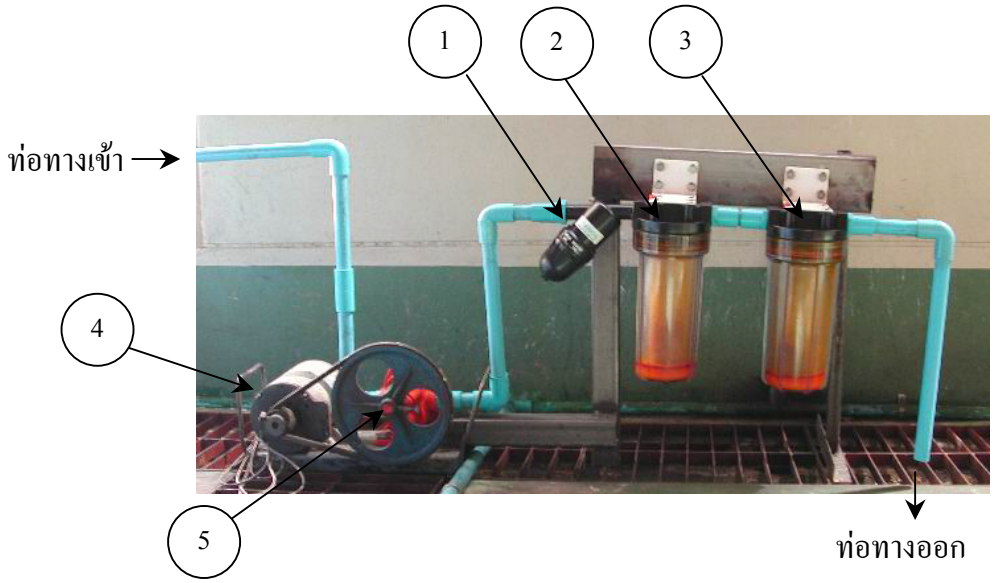


บริเวณพื้นผิวด้านนอก บริเวณพื้นผิวด้านใน

รูปที่ 4.3 แสดงหม้อต้มไฟฟ้าที่ใช้สำหรับต้มน้ำมันปาล์มดิบ ทั้งบริเวณพื้นผิวด้านนอกและบริเวณพื้นผิวด้านใน

4.7.4 เครื่องกรองที่ใช้สำหรับกรองน้ำมันปาล์มดิบ

เครื่องกรองที่ใช้สำหรับกรองน้ำมันปาล์มดิบในครั้งนี้ มีลักษณะของการนำไส้กรองที่ใช้สำหรับกรองน้ำให้บริสุทธิ์ที่มีค่าความละเอียดประมาณ 100, 25 และ 5 ไมโครเมตร มาทำการต่ออนุกรมกัน แล้วทำการดูดและอัดน้ำมันปาล์มดิบเข้าไปด้วยปั๊มชนิดเฟือง (gear pump) ดังแสดงได้ในรูปที่ 4.4 ด้านล่าง



1. ไส้กรองชนิดตาข่าย (mesh) ที่มีค่าความละเอียดประมาณ 100 ไมโครเมตร
2. ไส้กรองใยสังเคราะห์ขนาด 10 นิ้ว ที่มีค่าความละเอียดประมาณ 25 ไมโครเมตร
3. ไส้กรองใยสังเคราะห์ขนาด 10 นิ้ว ที่มีค่าความละเอียดประมาณ 5 ไมโครเมตร
4. มอเตอร์ไฟฟ้าขนาดกำลังไฟ 1 กิโลวัตต์
5. ปั๊มชนิดเฟือง ขนาด 9.8 GPM / 400 รอบต่อนาที

รูปที่ 4.4 แสดงเครื่องกรอง ที่ใช้สำหรับกรองน้ำมันปาล์มดิบ

4.7.5 เครื่องมือวัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในครั้งนี้ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 อย่างด้วยกันคือ

4.7.5.1 เครื่องมือที่ใช้วัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซล

มีลักษณะเป็นกระบอกตวงที่ผลิตมาจากวัสดุประเภทแก้ว รุ่น Plint Size 2 ที่มีการแบ่งสเกลวัดออกเป็น 3 ช่วงการวัดคือ 100, 200 และ 400 มิลลิลิตร โดยมีทางเข้าหลอดแก้ว 2 ทาง คือจากถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิง และอีกทางสำหรับน้ำมันเชื้อเพลิงไหลย้อนกลับจากปั๊มหัวฉีด ส่วนทางออกจากหลอดแก้วมีเพียงทางเดียวเท่านั้น คือทางลำเลียงน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าสู่เครื่องยนต์นั่นเอง ในบริเวณเหนือหลอดแก้วมีวาล์วสำหรับเปิดปิดให้อากาศเข้าสู่หลอดแก้วในขณะทำการวัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

4.7.5.2 เครื่องมือที่ใช้วัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันปาล์มดิบ

มีลักษณะเป็นกระบอกตวงที่ผลิตมาจากวัสดุประเภท polymer รุ่น Poly lab ที่มีการแบ่งสเกลวัดออกเป็นช่วงๆ ช่วงละ 5 มิลลิลิตร ซึ่งมีปริมาตรสูงสุด 500 มิลลิลิตร ส่วนทางเข้ากระบอกตวงจะมี 2 ทาง และทางออกอีก 1 ทาง เช่นเดียวกันกับกระบอกตวงที่ใช้วัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซล

4.7.6 เครื่องมือวัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเครื่อง

ในการวัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเครื่องในครั้งนี้ จะใช้กระบอกตวงเหล็กขนาด 5 ลิตร บีกเกอร์วัดปริมาตรขนาด 600 มิลลิลิตร และกระบอกฉีด (syringe) ขนาด 50 มิลลิลิตร

4.8 น้ำมันที่ใช้ในการทดสอบ

4.8.1 น้ำมันดีเซล

น้ำมันดีเซลที่ใช้ในการทดสอบในครั้งนี้ เป็นน้ำมันดีเซลกำมะถันต่ำตามมาตรฐานของบริษัท ปตท.

4.8.2 น้ำมันปาล์ม

น้ำมันปาล์มที่ใช้ในการทดสอบในครั้งนี้ เป็นน้ำมันปาล์มดิบที่สกัดมาจากเนื้อของผลปาล์ม ที่ผ่านกระบวนการกรองร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เพื่อกำจัดสิ่งเจือปน รวมถึงการใช้งานในขณะที่น้ำมันปาล์มดิบมีอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ก็เพื่อเป็นการลดค่าความหนืดของน้ำมันปาล์มดิบให้น้อยลง

4.8.3 น้ำมันเครื่อง

น้ำมันเครื่องที่ใช้ในการทดสอบในครั้งนี้ เป็นน้ำมันเครื่องของบริษัท Caltex รุ่น Delo Gold ที่มีมาตรฐานระดับ API CF/SJ เกรด SAE 40

4.8.4 น้ำมันไฮดรอลิค

น้ำมันไฮดรอลิคที่ใช้สำหรับเติมในเครื่องทดสอบไดนาโมมิเตอร์ในครั้งนี้ เป็นน้ำมันไฮดรอลิคของบริษัท Trane ที่มีมาตรฐานระดับ ISO 32 (NO. 10)

บทที่ 5
ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผล

เนื้อหาในบทนี้ เป็นการนำเสนอผล รวมถึงการวิเคราะห์ผลทั้งหมดที่ได้จากการทดสอบ ซึ่งผลจากการทดสอบทั้งหมดในครั้งนี้ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ ด้วยกัน คือ ผลการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ และผลการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ ซึ่งสามารถกล่าวได้ดังนี้คือ

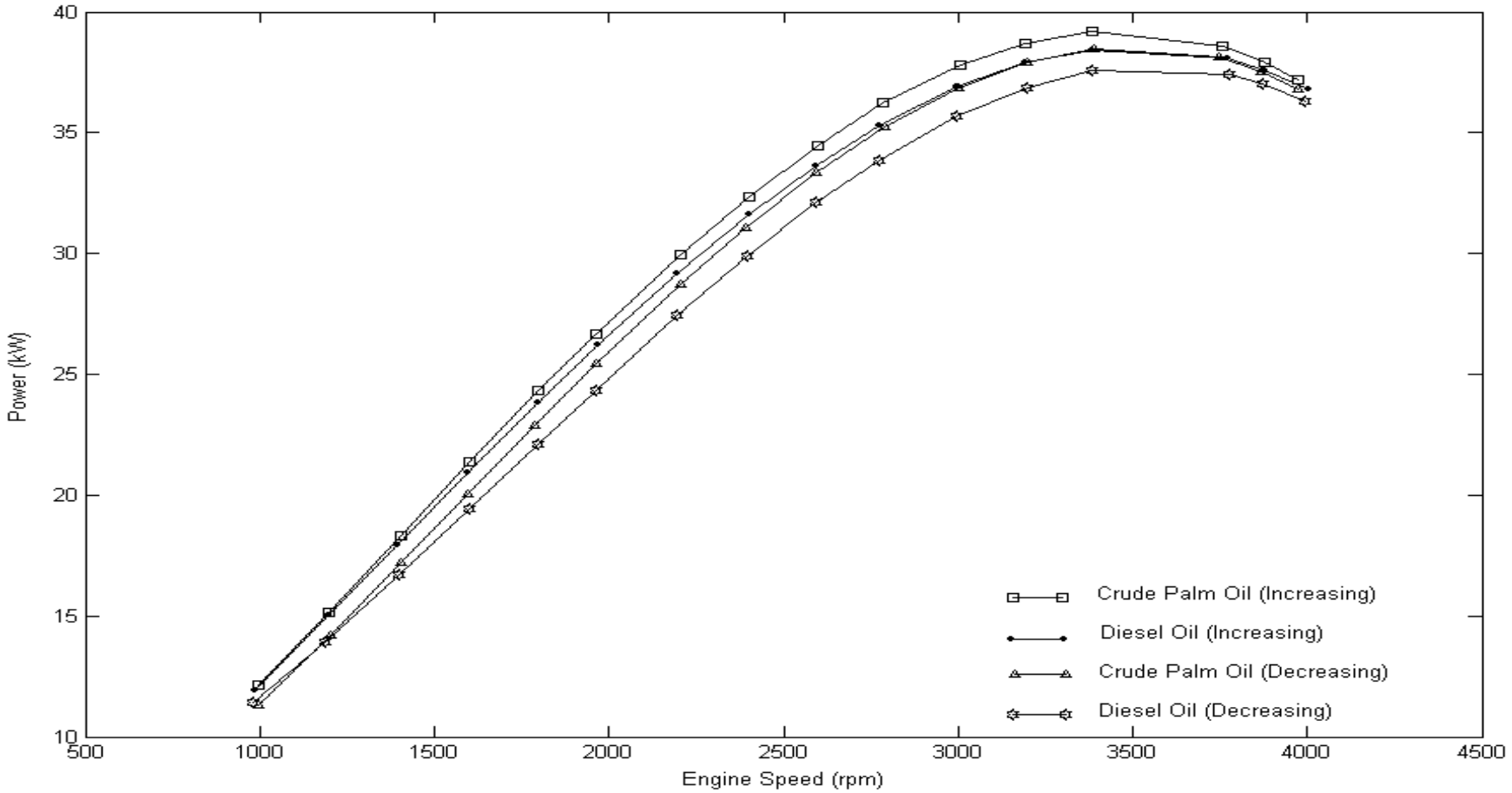
5.1 ผลการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์

ในการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงในครั้งนี้ เป็นการทดสอบใช้ทั้งน้ำมันปาล์มดิบ และการใช้น้ำมันดีเซลเพื่อเป็นเชื้อเพลิง โดยทำการทดสอบทั้งในช่วงเพิ่มรอบ และในช่วงลดรอบการทำงานของเครื่องยนต์ คืออยู่ในช่วง 1,000 รอบต่อนาที ถึง 4,000 รอบต่อนาที ทั้งนี้ก็เพื่อเป็นการหาค่า hysteresis errors หรือ bias error (ซึ่งก็คือค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเนื่องมาจาก ค่าความหนืด การโค้งตัวของชิ้นส่วนจักรกลภายใน รวมถึงประจุไฟฟ้า ที่เกิดขึ้นในระหว่างการทดสอบ) (Anthony and Ahmad, 1996) รวมถึงเป็นการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่วัดค่าได้ จากการทดสอบใช้เชื้อเพลิงทั้งสองชนิด ไม่ว่าจะเป็น ค่ากำลัง แรงบิด และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ ว่ามีค่าแตกต่างกันเท่าไร ซึ่งจากผลการทดสอบทั้งหมดสามารถกล่าวได้ดังนี้

5.1.1 กำลัง

จากรูปที่ 5.1 แสดงค่ากำลังของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ที่วัดค่าได้จากการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ ทั้งในกรณีของการใช้น้ำมันปาล์มดิบ และในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง จากการสังเกตพบว่า ค่ากำลังของเครื่องยนต์จากการใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิง มีค่าที่สูงกว่าในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ทั้งในช่วงเพิ่มรอบ และลดรอบการทำงานของเครื่องยนต์ โดยเฉลี่ยแล้วก็ประมาณ 1.96% และ 2.81% ตามลำดับ ซึ่งก็ถือได้ว่าเป็นค่าความแตกต่างที่น้อยมาก ถ้าพิจารณาในแง่ที่ว่าเป็นการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ จากการใช้เครื่องไดนาโมมิเตอร์ที่มีระบบการทำงานแบบปรับเองด้วยมือ (manual system) ทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็น การปรับภาระการ รวมถึงการปรับรอบการทำงานของเครื่องยนต์ ดังนั้นจึงถือว่าเป็น

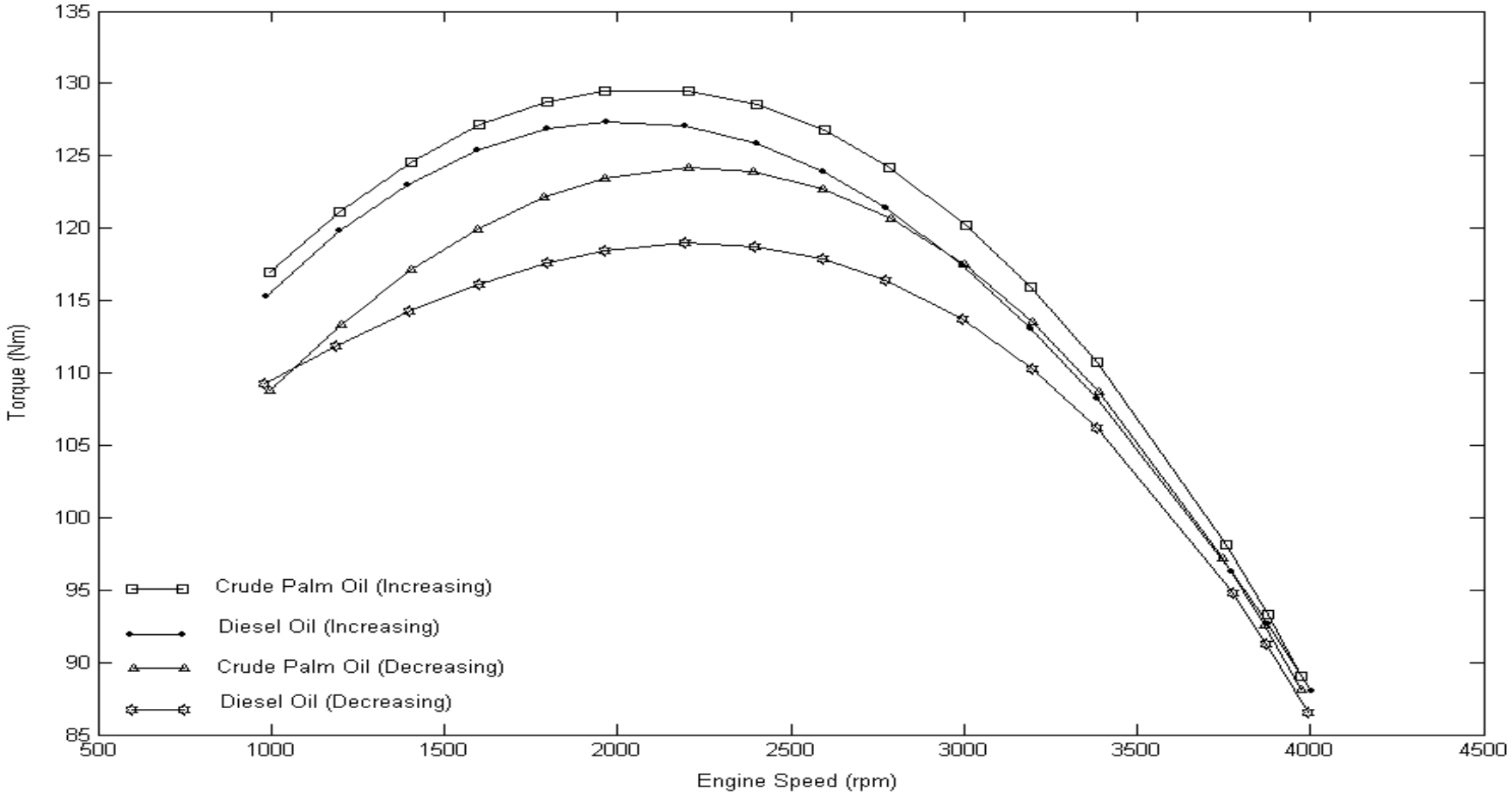
เรื่องปกติที่ต้องมีค่า precision error หรือ ค่าความผิดพลาดเนื่องมาจากความแม่นยำในการวัด ที่เกิดขึ้นในระหว่างทำการทดสอบ แต่อย่างไรก็ตาม จากการสังเกตพบว่า ค่ากำลังของเครื่องยนต์ที่วัดค่าได้ จากการใช้เชื้อเพลิงทั้งสองชนิด มีลักษณะแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายกันมาก ซึ่งนั่นก็หมายความว่าเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิง ให้ค่ากำลังที่ค่อนข้างสูง การทำงานของเครื่องยนต์เป็นไปอย่างราบเรียบ ไม่พบว่ามีอาการสะดุดของเครื่องยนต์เกิดขึ้น ที่รอบการทำงานต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ รวมถึงไม่พบว่ามีอาการน็อคของเครื่องยนต์เกิดขึ้นในระหว่างทำการทดสอบอีกด้วย



รูปที่ 5.1 แสดงค่ากำลังของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ ทั้งในกรณีของการใช้น้ำมันปาล์มดิบ และในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซล เพื่อเป็นเพลิง

5.1.2 แรงบิด

จากรูปที่ 5.2 แสดงค่าแรงบิดของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ ทั้งในกรณีของการใช้น้ำมันปาล์มดิบ และในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซล เพื่อเป็นเชื้อเพลิง จากการสังเกตพบว่า ค่าแรงบิดของเครื่องยนต์จากการใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิง มีค่าที่สูงกว่าในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ทั้งในช่วงเพิ่มรอบ และลดรอบการทำงานของเครื่องยนต์ โดยเฉลี่ยแล้วก็ประมาณ 1.77% และ 2.84% ตามลำดับ

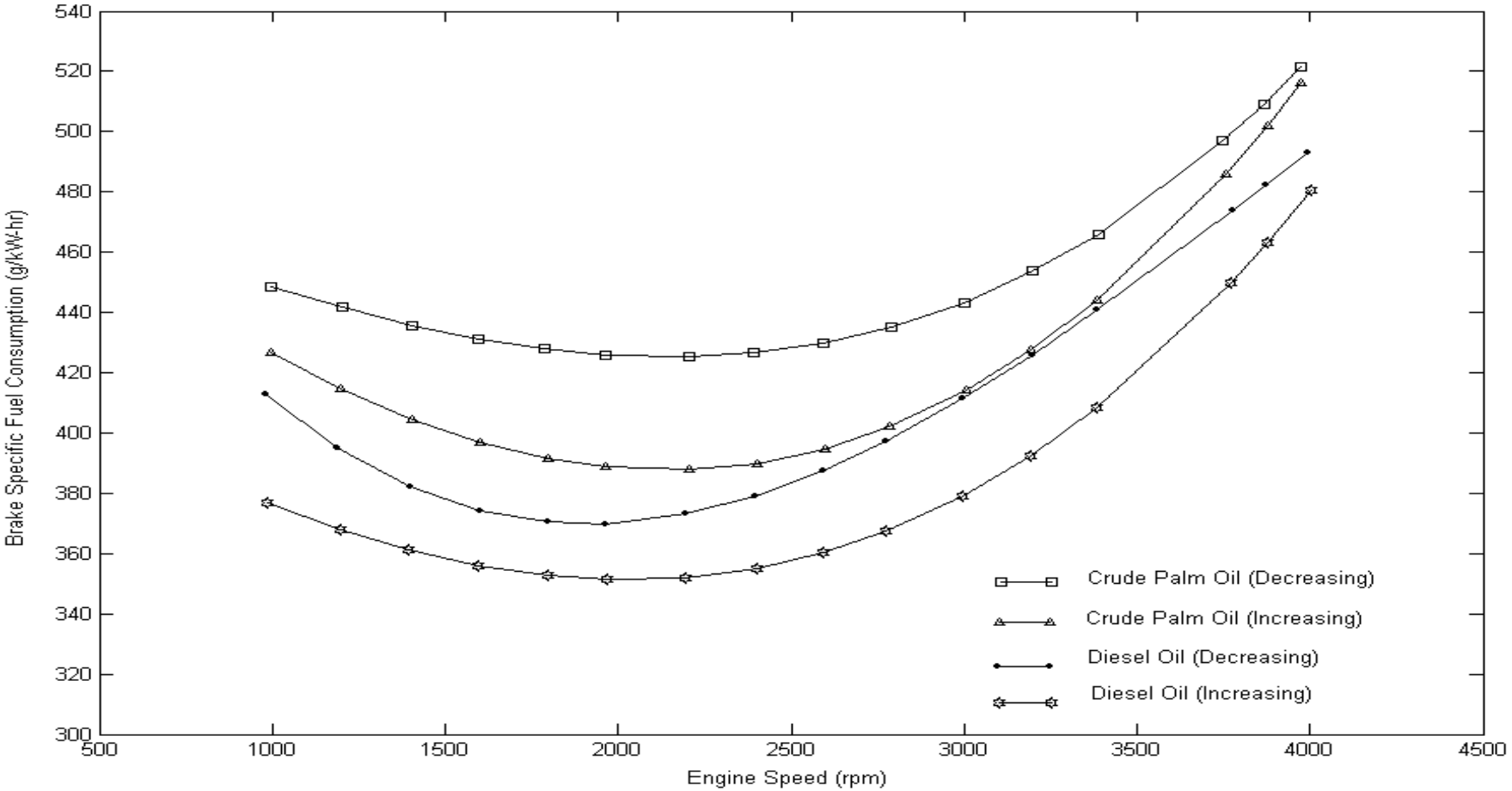


รูปที่ 5.2 แสดงค่าแรงบิดของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ ทั้งในกรณีของการใช้น้ำมันปาล์มดิบและในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซล เพื่อเป็นเชื้อเพลิง

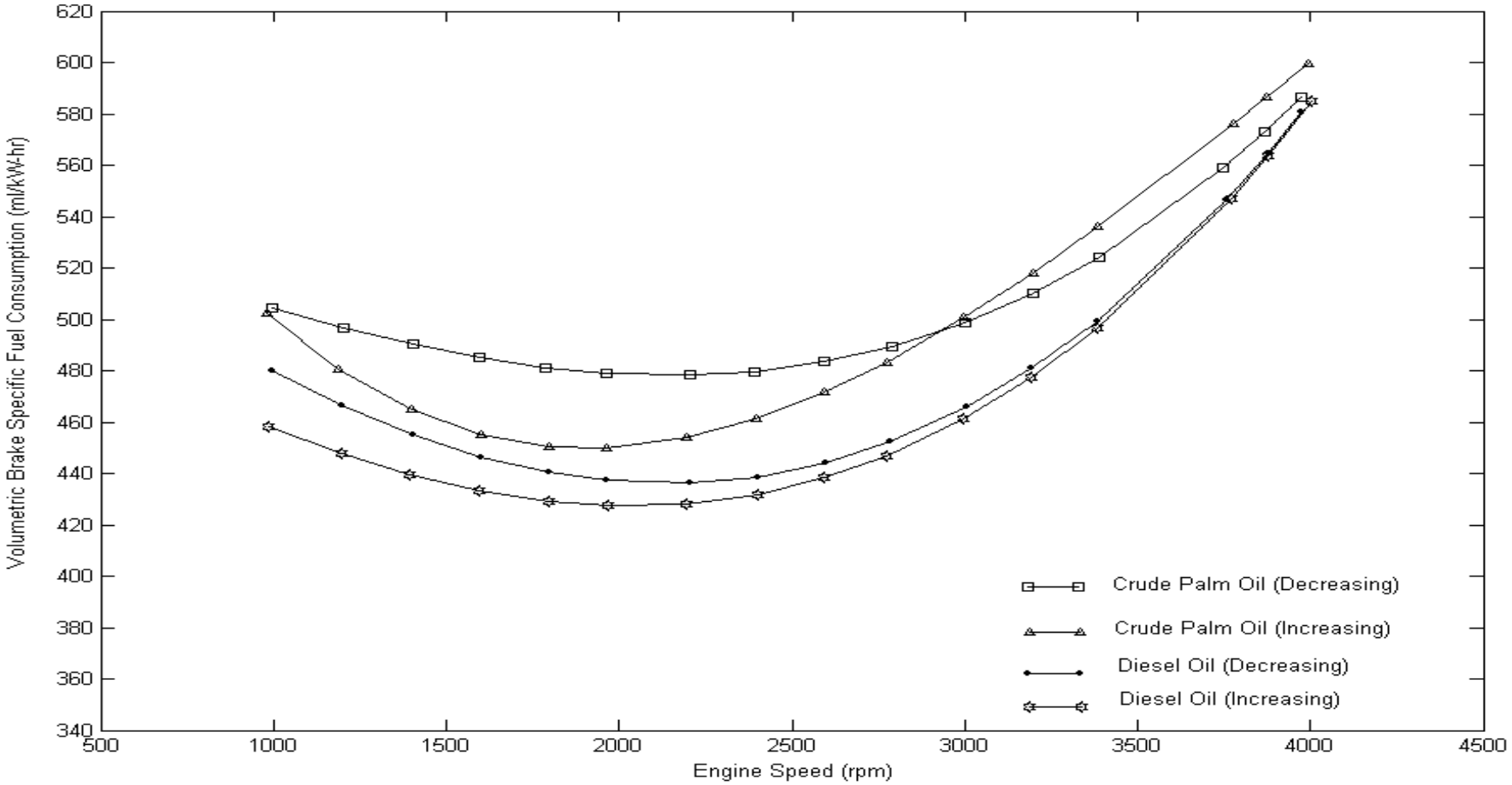
5.1.3 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ

จากรูปที่ 5.3 แสดงค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะในหน่วยมวลต่องาน (g/kW-hr) ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ ทั้งในกรณีของการใช้น้ำมันปาล์มดิบ และในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซล เพื่อเป็นเชื้อเพลิง จากการสังเกตพบว่า อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะในหน่วยมวลต่องาน จากการใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิง มีค่าที่สูงกว่าในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ทั้งในช่วงเพิ่มรอบ และลดรอบการทำงานของเครื่องยนต์ โดยเฉลี่ยแล้วก็ประมาณ 9.03% และ 8.99% ตามลำดับ

ส่วนรูปที่ 5.4 แสดงค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะในหน่วยปริมาตรต่องาน (ml/kW- hr) ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ ทั้งในกรณีของการใช้น้ำมันปาล์มดิบ และในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซล เพื่อเป็นเชื้อเพลิง จากการสังเกตพบว่า อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะในหน่วยปริมาตรต่องาน จากการใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิง มีค่าที่สูงกว่าในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง โดยเฉลี่ยแล้วก็ประมาณ 1.62% และ 1.58% สำหรับการทดสอบในช่วงเพิ่มรอบ และลดรอบการทำงานของเครื่องยนต์ ตามลำดับ ซึ่งก็ถือได้ว่าเป็นค่าความแตกต่างที่ค่อนข้างน้อย และจากการเปรียบเทียบพบว่า อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะในหน่วยมวลต่องาน มีค่าที่สูงกว่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะในหน่วยปริมาตรต่องานประมาณ 7.41% ทั้งนี้ก็เนื่องมาจาก น้ำมันปาล์มดิบมีค่าความถ่วงจำเพาะที่สูงกว่าน้ำมันดีเซล คือ ประมาณ 0.975 และ 0.853 ตามลำดับ



รูปที่ 5.3 แสดงค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะในหน่วยมวลต่องานของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อมจากการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ ทั้งในกรณีของการใช้น้ำมันปาล์มดิบ และในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซล เพื่อเป็นเชื้อเพลิง



รูปที่ 5.4 แสดงค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะในหน่วยปริมาตรต่องาน ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ ทั้งในกรณีของการใช้น้ำมันปาล์มดิบ และในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซล เพื่อเป็นเชื้อเพลิง

จากค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่วัดค่าได้จากการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อมทั้งหมด ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้นไม่ว่าจะเป็น ค่ากำลัง ค่าแรงบิด และค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ พอที่จะสรุปโดยรวมๆ ได้ว่า การใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อมในระยะเวลาสั้นๆ นั้น พบว่าเครื่องยนต์มีสมรรถนะการทำงานที่ดี มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะที่ใกล้เคียงกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง มีการทำงานที่ราบเรียบ ไม่พบว่ามีอาการสะดุดของเครื่องยนต์เกิดขึ้น ที่รอบการทำงานต่างๆ ของเครื่องยนต์ รวมถึงไม่พบว่ามีอาการน็อคของเครื่องยนต์เกิดขึ้นในระหว่างทำการทดสอบอีกด้วย

ส่วนสาเหตุหลักที่ทำให้ค่ากำลัง และค่าแรงบิดที่วัดค่าได้จากการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิงในครั้งนี้ มีค่าที่สูงกว่าในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ก็น่าจะสืบเนื่องมาจาก วิธีการหรือเงื่อนไขที่เลือกใช้ เพื่อทำการทดสอบหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ในครั้งนี้ เป็นวิธีการที่ต้องอาศัยการสังเกตควันดำ เพื่อเข้ามาช่วยการปรับภาระการ และรอบการทำงานของเครื่องยนต์ให้มีความสัมพันธ์กัน และเนื่องจากผลงานวิจัย ของนักวิจัยท่านต่างๆ ส่วนมากแล้วกล่าวไว้ว่าปริมาณของไอเสียต่าง ๆ ที่ถูกปล่อยออกมาสู่บรรยากาศไม่ว่าจะเป็น CO, HC และควันไอเสีย จากการใช้น้ำมันพืชชนิดต่างๆ เป็นเชื้อเพลิงนั้น มีปริมาณที่ลดลง โดยเฉพาะที่รอบการทำงานของเครื่องยนต์สูงๆ พบว่ามีปริมาณที่น้อยมาก เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้การที่จะปรับภาระการให้เหมาะสมกับรอบการทำงานของเครื่องยนต์ จนกระทั่งสามารถเริ่มสังเกตเห็นควันเป็นสีเทาได้ ที่รอบการทำงานของเครื่องยนต์เท่าๆ กันระหว่างการใช้เชื้อเพลิงทั้งสองชนิด ภาระการที่ให้แก่เครื่องยนต์ ที่ใช้น้ำมันพืชเป็นเชื้อเพลิง ต้องมีค่าที่สูงกว่าในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงอย่างแน่นอน ดังนั้นจึงถือว่าเป็นเรื่องปกติที่กำลัง และแรงบิดที่วัดค่าได้ จากการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิงในครั้งนี้ มีค่าที่สูงกว่าในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

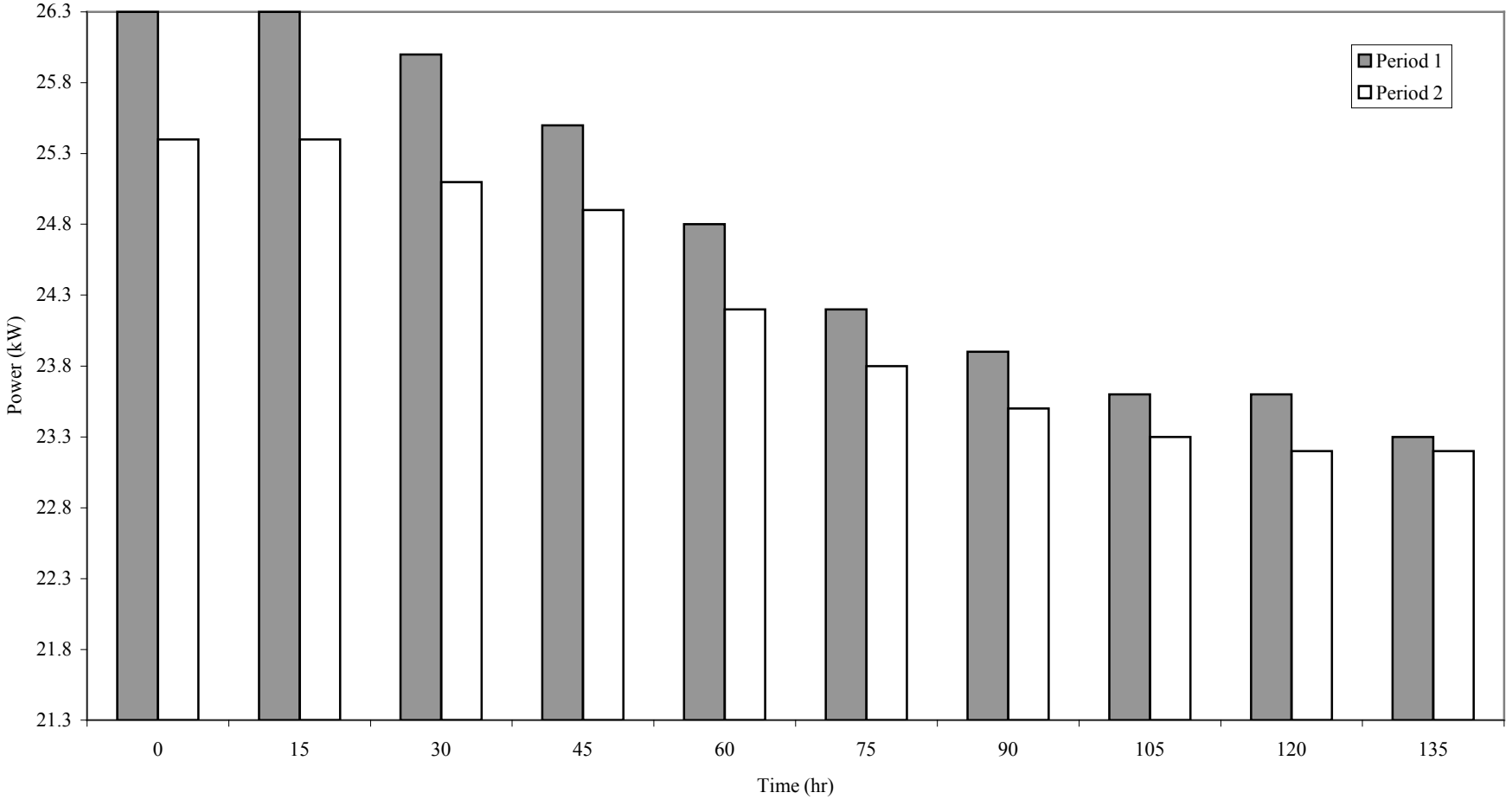
ส่วนสาเหตุที่ทำให้อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ จากการใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิงในครั้งนี้ มีค่าที่สูงกว่าในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ก็น่าจะสืบเนื่องมาจาก ภาระการที่ให้แก่เครื่องยนต์ ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิง มีค่าที่สูงกว่าในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงนั่นเอง ผนวกกับค่าความร้อนเผาไหม้ของน้ำมันปาล์มดิบที่มีค่าต่ำกว่าค่าของน้ำมันดีเซลอยู่แล้ว ก็ยิ่งจะส่งผลให้อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ มีค่าที่เพิ่มสูงขึ้นอีก แต่อย่างไรก็ตาม ก็ถือว่าเป็นค่าที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น รวมถึงลักษณะแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เหล่านี้ ก็ยังคงมีลักษณะที่คล้ายเคียงกันอยู่

5.2 ผลการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์

ในการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลในครั้งนี้ นอกจากที่จะทำการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์แล้ว ยังได้มีการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์อีกด้วย โดยจะทำการทดสอบที่รอบการทำงานของเครื่องยนต์คงที่ที่ 2,000 รอบต่อนาที ซึ่งตลอดโครงการจะใช้ระยะเวลาในการทดสอบทั้งหมด 270 ชั่วโมง กล่าวคือ แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ช่วง ช่วงละ 9 วัน วันละ 15 ชั่วโมง ในระหว่างทำการทดสอบ ให้ทำการบันทึกค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น ค่ากำลัง แรงบิด และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเครื่อง รวมถึงการตรวจว่าไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิงเกิดการอุดตันขึ้นหรือไม่ นอกจากนี้แล้วให้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำมันเครื่องที่ผ่านการใช้งานมาแล้วทุกๆ 15 ชั่วโมง เพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าความหนืดของน้ำมันเครื่องที่เปลี่ยนไป และหลังจากทำการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ครบ 270 ชั่วโมงแล้ว ก็ได้ทำการถอดรื้อชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ออกมา เพื่อทำการตรวจสอบสภาพดูว่ามีลักษณะการเปลี่ยนแปลงอย่างไรบ้าง ซึ่งจากผลการทดสอบทั้งหมดสามารถกล่าวได้ดังนี้

5.2.1 กำลัง

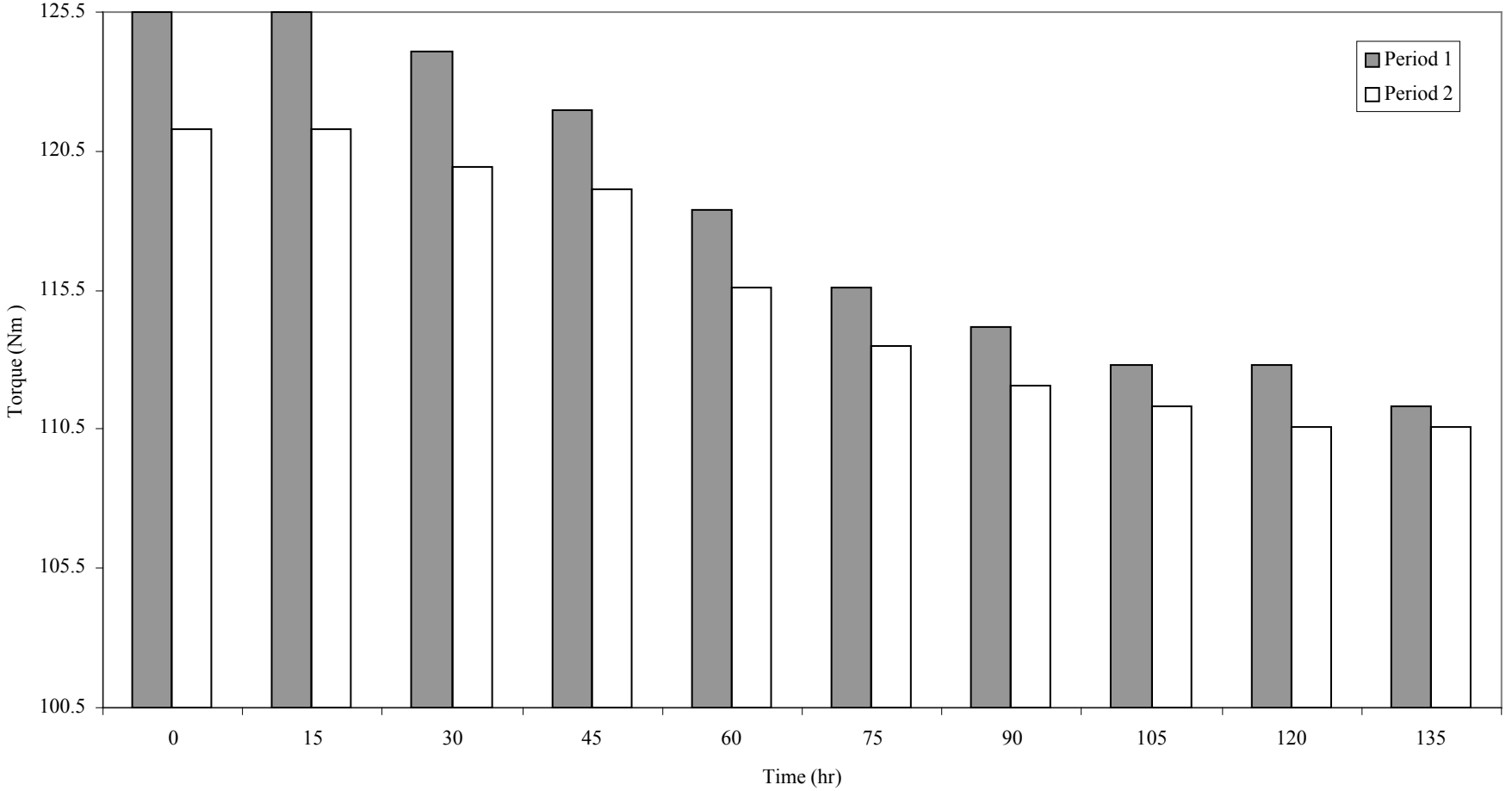
จากรูปที่ 5.5 แสดงค่ากำลังของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อมที่วัดค่าได้ จากการทดสอบหาเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ตลอดระยะเวลา 18 วัน จากการสังเกตพบว่า ค่ากำลังของเครื่องยนต์จากการทดสอบในช่วงที่หนึ่ง มีค่าในแต่ละวันลดลงเรื่อยๆ และจากการเปรียบเทียบค่ากำลังระหว่างวันที่ 1 และวันที่ 9 ของการทดสอบในช่วงที่หนึ่ง พบว่าค่ากำลังมีค่าลดลงประมาณ 11.40% ส่วนการทดสอบในช่วงที่สอง หลังจากทำการเปลี่ยนน้ำมันเครื่องใหม่ให้กับเครื่องยนต์ พบว่าลักษณะแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงค่ากำลังของเครื่องยนต์ มีลักษณะที่เหมือนกับค่าในช่วงที่หนึ่งของการทดสอบ กล่าวคือ มีค่าในแต่ละวันลดลงเรื่อยๆ เช่นเดียวกันกับค่าในช่วงที่หนึ่ง แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ค่ากำลังในวันแรกของการทดสอบในช่วงที่สอง มีค่าที่เพิ่มขึ้นอีกครั้งหนึ่ง เมื่อทำการเปรียบเทียบกับค่ากำลังในวันสุดท้ายของการทดสอบในช่วงที่หนึ่ง แต่อย่างไรก็ตามก็ยังคงมีค่าที่ต่ำกว่าวันที่ 1, 2 และวันที่ 3 ของการทดสอบในช่วงที่หนึ่งอยู่ดี ส่วนถ้าจะทำการเปรียบเทียบเฉพาะในวันแรกและวันสุดท้ายของการทดสอบในช่วงที่สอง พบว่าค่ากำลังมีค่าลดลงประมาณ 9.44%



รูปที่ 5.5 แสดงค่ากำลังของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิงตลอดระยะเวลา 270 ชั่วโมง ที่รอบการทำงานของเครื่องยนต์ ประมาณ 2,000 รอบต่อนาที

5.2.2 แรงบิด

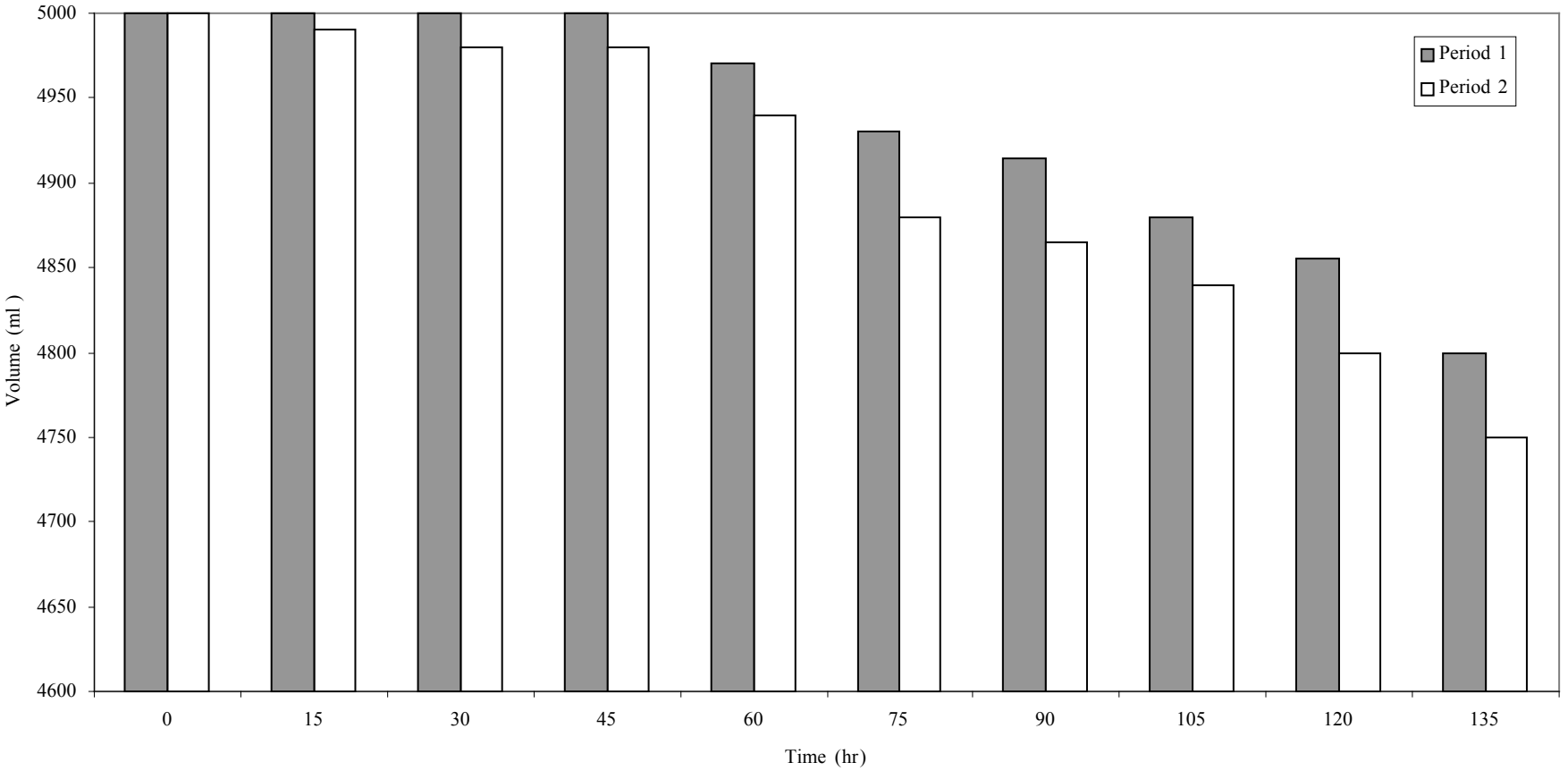
จากรูปที่ 5.6 แสดงค่าแรงบิดของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อมที่วัดค่าได้ จากการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ตลอดระยะเวลา 18 วัน จากการสังเกตพบว่า ลักษณะแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงค่าแรงบิดของเครื่องยนต์ ตลอดระยะเวลา 270 ชั่วโมง มีลักษณะที่เหมือนกับแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงค่ากำลังของเครื่องยนต์ กล่าวคือ มีค่าในแต่ละวันลดลงเรื่อยๆ ส่วนถ้าจะทำการเปรียบเทียบค่าระหว่างวันที่ 1 และวันที่ 9 ของการทดสอบในช่วงที่หนึ่งพบว่า ค่าแรงบิดมีค่าลดลงประมาณ 11.31% ส่วนการทดสอบในช่วงที่สองพบว่า ค่าแรงบิดในวันแรกมีค่าเพิ่มขึ้นอีกครั้งหนึ่ง เมื่อเปรียบเทียบกับค่าแรงบิดในวันสุดท้ายของการทดสอบในช่วงที่หนึ่ง แต่อย่างไรก็ตามก็ยังคงมีค่าที่ต่ำกว่าวันที่ 1, 2 และวันที่ 3 ของการทดสอบในช่วงที่หนึ่ง เช่นเดียวกับค่ากำลัง ส่วนถ้าจะทำการเปรียบเทียบเฉพาะในวันแรก และวันสุดท้ายของการทดสอบในช่วงที่สอง พบว่าค่าแรงบิดมีค่าลดลง ประมาณ 8.82%



รูปที่ 5.6 แสดงค่าแรงบิดของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิง ตลอดระยะเวลา 270 ชั่วโมง ที่รอบการทำงานของเครื่องยนต์ ประมาณ 2,000 รอบต่อนาที

5.2.3 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเครื่อง

จากรูปที่ 5.7 แสดงค่าอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเครื่องของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อมที่วัดค่าได้ จากการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ตลอดระยะเวลา 18 วัน จากการสังเกตพบว่าปริมาตรของน้ำมันเครื่องในระยะ 3 วันแรกของการทดสอบทั้งสองช่วง มีปริมาณการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมาก ส่วนหลังจากนั้นอีก 6 วัน อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเครื่องมีค่าที่เพิ่มขึ้น และเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตลอดระยะเวลาที่เหลือในการทดสอบทั้งสองช่วง กล่าวคือปริมาตรของน้ำมันเครื่องมีค่าลดลงประมาณ 0%, 0%, 0%, 0.6%, 1.4%,1.7%, 2.4%,2. % และ 4% สำหรับการทดสอบในช่วงที่หนึ่งตลอด 9 วัน และ 0.2%, 0.4%, 0.4%, 1.2%, 2.4%, 2.7%, 3.2%, 4% และ 5% สำหรับการทดสอบในช่วงที่สองอีก 9 วัน ซึ่งก็ถือได้ว่าเป็นปริมาณการเปลี่ยนแปลงที่ค่อนข้างน้อย และน่าที่จะเป็นอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเครื่องตามปกติ ที่ต้องทำการเปลี่ยนน้ำมันเครื่องใหม่ทุกๆ 5,000 กิโลเมตรอยู่แล้ว

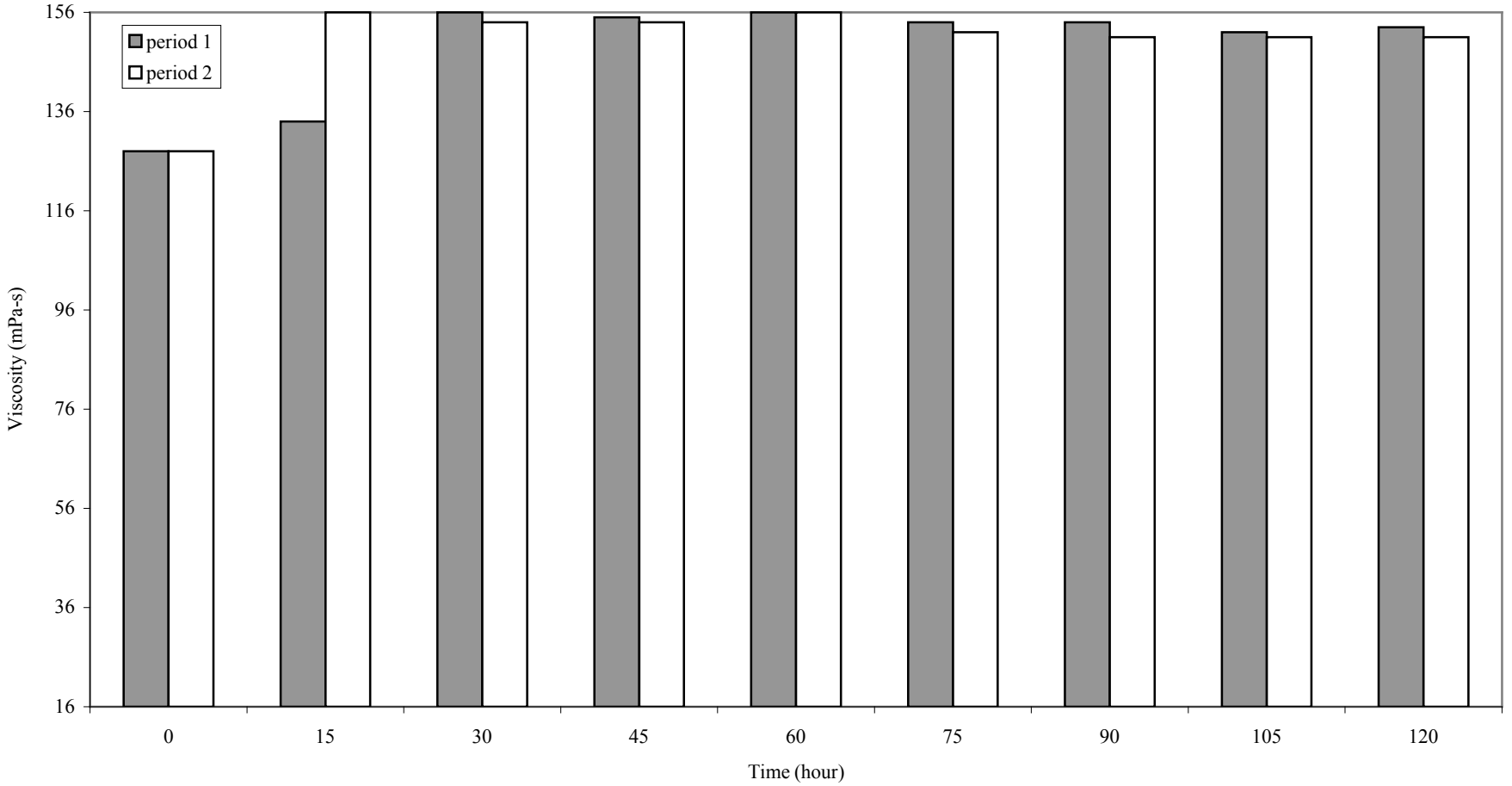


รูปที่ 5.7 แสดงอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเครื่องของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ ที่ใช้น้ำมัน ปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิง ตลอดระยะเวลา 270 ชั่วโมง ที่รอบการทำงานของเครื่องยนต์ ประมาณ 2,000 รอบต่อนาที

5.2.4 ค่าความหนืดของน้ำมันเครื่อง

จากรูปที่ 5.8 แสดงค่าความหนืดของน้ำมันเครื่อง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อมที่วัดค่าได้ จากการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ตลอดระยะเวลา 18 วัน จากการสังเกต พบว่าค่าความหนืดของน้ำมันเครื่องในระยะ 2 วันแรกของการทดสอบในช่วงที่หนึ่ง และในวันแรกของการทดสอบในช่วงที่สอง มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว คือประมาณ 19.5% และ 17.9% ตามลำดับ ส่วนระยะเวลาที่เหลือของการทดสอบทั้งสองช่วงพบว่า ค่าความหนืดของน้ำมันเครื่องมีค่าเกือบคงที่ตลอด คือที่ค่าความหนืดเฉลี่ยประมาณ 154 mPa.s และ 153 mPa.s สำหรับการทดสอบในช่วงที่หนึ่ง และในช่วงที่สอง ตามลำดับ

ส่วนสาเหตุหลักที่ทำให้ค่าความหนืดของน้ำมันเครื่องในระยะแรกๆ ของการทดสอบทั้งสองช่วง มีค่าที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และเกือบคงที่ในระยะหลังๆ นั้น ก็น่าที่จะสืบเนื่องมาจากมีปริมาณของสารเจือปนชนิดต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น อนุภาคของกากคาร์บอนหรือเขม่าที่หลงเหลือจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงภายในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ รวมถึงอนุภาคเล็กๆ ของชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ที่เกิดการสึกหรอขึ้น ปนเปื้อนอยู่ในน้ำมันเครื่องในปริมาณที่สูงกว่าปกติ ดังนั้นจึงถือว่าเป็นเรื่องปกติ ที่ทำให้ค่าความหนืดของน้ำมันเครื่องหลังจากมีการใช้งานได้สักระยะเวลาหนึ่ง มีค่าที่เพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์สภาพของน้ำมันเครื่อง ไม่พบว่ามีการปนเปื้อนของน้ำมันปาล์มดิบแต่อย่างใด



รูปที่ 5.8 แสดงค่าความหนืดของน้ำมันเครื่อง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิง ตลอดระยะเวลา 270 ชั่วโมง ที่รอบการทำงานของเครื่องยนต์ประมาณ 2,000 รอบต่อนาที (shear rate = 369.5 l/s)

จากรูปที่ 5.5 – 5.8 ที่แสดงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่วัดค่าได้ จากการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ตลอดระยะเวลา 270 ชั่วโมง จากผลการทดสอบทั้งหมดสามารถสรุปโดยรวมๆ ได้ว่า การใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม เป็นระยะเวลานานๆ นั้น พบว่ามีผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องยนต์จริง ซึ่งจะสังเกตได้จากค่าสมรรถนะการทำงานของเครื่องยนต์ ไม่ว่าจะเป็น ค่ากำลัง และแรงบิด ที่มีค่าในแต่ละวันลดลงเรื่อยๆ แต่อย่างไรก็ตาม ค่าต่างๆ เหล่านี้ กลับมีค่าที่เพิ่มอีกครั้ง หลังจากทำการเปลี่ยนน้ำมันเครื่องใหม่ให้กับเครื่องยนต์ สำหรับในส่วนสภาพของน้ำมันเครื่อง พบว่ามีค่าความหนืดเพิ่มขึ้น แต่ไม่พบว่ามีการปนเปื้อนของน้ำมันปาล์มดิบแต่อย่างใด ส่วนอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเครื่องนั้น ไม่น่าที่จะถือว่าเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทดสอบ ซึ่งน่าจะเป็นปริมาณการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นตามปกติของการใช้งานอยู่แล้ว

ส่วนสาเหตุหลัก ที่ทำให้ค่ากำลังและค่าแรงบิดที่วัดค่าได้ในแต่ละวัน มีค่าลดลงเรื่อยๆ ก็น่าจะมีสาเหตุมาจาก ค่าคุณสมบัติบางค่าของน้ำมันปาล์มดิบ ที่มีค่าแตกต่างจากค่าของน้ำมันดีเซลอยู่ค่อนข้างมาก ไม่ว่าจะเป็น ค่าความหนืดที่สูงกว่าน้ำมันดีเซลอยู่หลายเท่าตัว ถึงแม้จะทำการลดค่าความหนืดโดยการต้มให้ร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสแล้วก็ตาม ก็ยังคงพบว่ามีค่าความหนืดที่สูงกว่าน้ำมันดีเซลอยู่ดี นอกจากนี้แล้วก็ยังพบว่า น้ำมันปาล์มดิบมีค่าความสามารถในการระเหยตัวเป็นไอได้ค่อนข้างช้า และในปริมาณที่น้อยมาก รวมถึงสิ่งเจือปนชนิดต่างๆในน้ำมันปาล์มดิบ ที่ยังไม่ได้ทำการสกัดออก ไม่ว่าจะเป็นน้ำ หรือยางเหนียว ดังนั้นเมื่อมีการนำไปใช้งานจริง จึงทำให้การเผาไหม้เชื้อเพลิงภายในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์เกิดขึ้นอย่างไม่สมบูรณ์ ซึ่งก็จะส่งผลให้กากคาร์บอน หรือเขม่าที่หลงเหลือจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง มีการสะสมตัวตามชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ในปริมาณที่มากกว่าปกติ (ดังรูปที่ 5.9-5.15) และจะมีปริมาณที่เพิ่มขึ้นอีกเรื่อยๆ ถ้ายังคงมีการใช้งานต่อไป และเนื่องจากปริมาณของกากคาร์บอน หรือเขม่าที่สะสมตัวตามชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์มีปริมาณที่เพิ่มขึ้นนี้เอง จึงส่งผลให้การทำงานของระบบต่างๆ ในเครื่องยนต์ ไม่ว่าจะเป็น การฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ และการเผาไหม้เชื้อเพลิงภายในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ มีประสิทธิภาพที่ลดลง ดังนั้นจึงถือว่าเป็นเรื่องปกติอยู่แล้ว ที่ส่งผลให้สมรรถนะการทำงานของเครื่องยนต์ ไม่ว่าจะเป็น ค่ากำลัง และแรงบิดที่วัดค่าได้ในแต่ละวัน มีค่าที่ลดลงเรื่อยๆ

ส่วนสาเหตุหลักอีกอย่างที่ทำให้ค่ากำลัง และแรงบิดที่วัดค่าได้มีค่าที่เพิ่มขึ้นอีกครั้ง หลังจากทำการเปลี่ยนน้ำมันเครื่องใหม่ให้กับเครื่องยนต์ ก็น่าจะสืบเนื่องมาจากปริมาณของสิ่งเจือปนชนิดต่าง ๆ ที่ปนเปื้อนในน้ำมันเครื่อง เมื่อมีการใช้งานได้สักระยะเวลาหนึ่ง น่าจะมีปริมาณที่เพิ่ม

ขึ้นจนถึงจุด ๆ หนึ่ง ที่เพียงพอ และมีส่วนที่ทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องยนต์มีค่าลดลง

5.2.1 การอุดตันของไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิง

ในระหว่างทำการทดสอบ เพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลในครั้งนี้ พบว่าไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิงเกิดการอุดตันจนถึงขนาดใช้งานไม่ได้ เมื่อมีการใช้งานผ่านมาแล้วประมาณ 30 ชั่วโมง ซึ่งจากการสังเกตพบว่า มีอนุภาคที่มีลักษณะเป็นสารสีเหลืองปนน้ำตาลคล้ายๆ กับไข เกาะตัวอยู่ตามพื้นผิวของไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการเปลี่ยนไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิงใหม่ทุกๆ 30 ชั่วโมง ซึ่งโดยปกติแล้วอายุการใช้งานของไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิง ที่ระบุไว้ตามบริษัทผู้ผลิตนั้น นานถึง 20,000 กิโลเมตร หรือเป็นระยะเวลาประมาณ 200 ชั่วโมง ดังนั้นจึงสามารถกล่าวได้ว่า การใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิงนั้น เป็นเหตุให้ไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิงมีอายุการใช้งานที่ต่ำกว่าในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงประมาณ 7 เท่าตัว

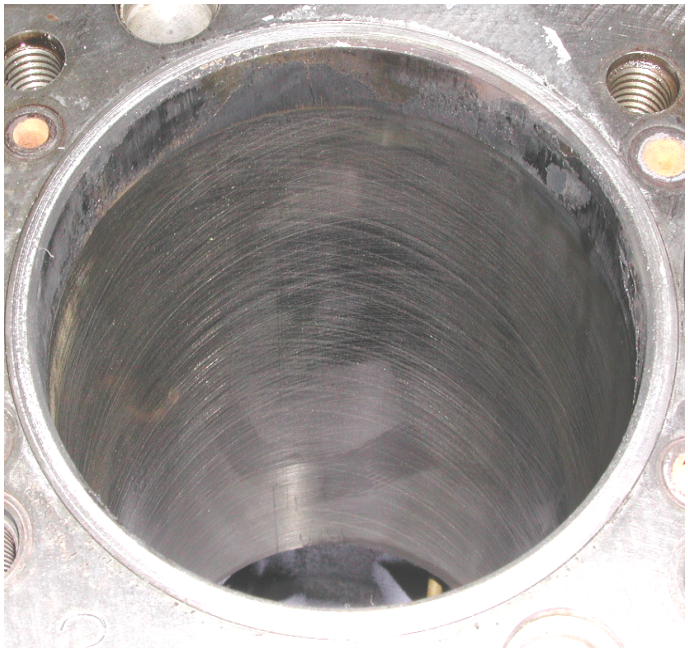
ส่วนสาเหตุหลัก ที่ทำให้ไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิงมีอายุการใช้งานที่ค่อนข้างต่ำ ก็น่าจะสืบเนื่องมาจาก มีสารเจือปนในน้ำมันปาล์มดิบบางตัวที่ยังไม่ได้ทำการสกัดออก ก่อนที่จะนำมาใช้งานจริง โดยเฉพาะสารเหนียว ที่พบได้ในน้ำมันพืชดิบทุกชนิด ดังนั้นเมื่อมีการใช้งานโดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่ำ ก็ยิ่งทำให้สารเหนียวเกิดการจับตัวตามบริเวณพื้นผิวของไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิงได้ง่าย และมีปริมาณที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนในที่สุดก็ทำให้ไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิงเกิดการอุดตัน และไม่สามารถใช้งานต่อไปอีกได้

5.2.2 ผลกระทบต่อชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องยนต์

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้นว่า การทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ในครั้งนี้ นอกจากที่จะทำการวัดหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในระหว่างทำการทดสอบแล้ว หลังจากที่ทำการทดสอบครบ 270 ชั่วโมง ก็ได้ทำการถอดรื้อชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ออกมา เพื่อทำการตรวจสอบสภาพดูว่าชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงอย่างไรบ้าง และเพื่อให้การนำเสนอผลในครั้งนี้ สามารถมองเห็นภาพลักษณะการเปลี่ยนได้ชัดเจนยิ่งขึ้น จึงได้นำชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อมของบริษัท Mitsubishi รุ่น 4M56 หลังจากที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว โดยการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง เป็นระยะทางประมาณ 300,000 กิโลเมตร หรือเป็นระยะเวลาประมาณ 3,000 ชั่วโมง (ดังแสดงในภาคผนวก ช) เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ ที่ใช้ในการทดสอบในครั้งนี้ ซึ่งจากผลการทดสอบทั้งหมด สามารถกล่าวได้ดังนี้คือ

จากรูปที่ 5.9 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านขวาของกระบอกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ทั้งก่อนและหลังจากการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ตลอดระยะเวลา 270 ชั่วโมง ซึ่งจากรูปที่ 5.9 สามารถกล่าวได้ว่า ในบริเวณพื้นผิวตอนบนของกระบอกสูบ ของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิงนั้น พบว่า มีการสะสมตัวของกากคาร์บอน หรือเขม่าที่หลงเหลือจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในปริมาณที่ค่อนข้างสูง เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในระยะเวลาการใช้งานที่เท่ากัน หรือสามารถที่จะประมาณได้ว่ามีปริมาณของเขม่าที่เกิดขึ้นใกล้เคียงกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง เป็นระยะเวลาประมาณ 3,000 ชั่วโมง หรือเป็นระยะทางประมาณ 300,000 กิโลเมตร แต่อย่างไรก็ตามจากการสังเกตพบว่า ลักษณะของเขม่าที่เกิดขึ้น จากการใช้เชื้อเพลิงทั้งสองชนิด ยังคงมีลักษณะที่แตกต่างกันค่อนข้างชัดเจน กล่าวคือ ลักษณะของเขม่าที่เกิดจากการใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิงพบว่า มีลักษณะเป็นตะกรันแข็งสีดำ เกาะตัวกันเป็นหย่อมๆ อยู่ตามบริเวณพื้นผิวตอนบนของกระบอกสูบ ส่วนลักษณะของเขม่าที่เกิดจากการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงพบว่า มีลักษณะเป็นเขม่าสีดำ เนื้ออ่อน เกาะตัวอยู่ตามบริเวณรอบๆ พื้นผิวตอนบนของกระบอกสูบ เนื่องจากสาเหตุนี้เอง จึงส่งผลให้เครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิงในระยะเวลานานๆ มีอัตราการสึกหรอในบริเวณพื้นผิวที่มีการสัมผัสกันโดยตรงระหว่างลูกสูบ แหวนลูกสูบ และบริเวณพื้นผิวตอนบนของกระบอกสูบในปริมาณที่สูงกว่ากรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง และถ้ายังคงมีใช้งานต่อไปอีกเรื่อยๆ ปัญหาที่จะตามมาคือ ลูกสูบเกิดการติดตัว แหวนตาย และเครื่องยนต์พังได้ในที่สุด

ก่อนการทดสอบ



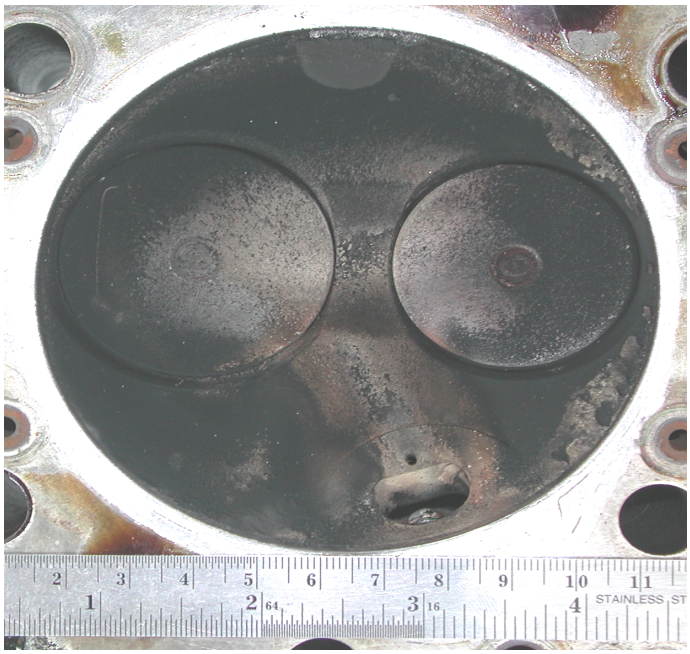
หลังการทดสอบ

รูปที่ 5.9 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านขวาของกระบอกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ทั้งก่อนและหลังจากการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ตลอดระยะเวลา 270 ชั่วโมง

จากรูปที่ 5.10 และ 5.11 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านล่างของฝาสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ทั้งก่อนและหลังจากการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ตลอดระยะเวลา 270 ชั่วโมง ซึ่งจากรูปทั้งสองสามารถกล่าวได้ว่า กากคาร์บอน หรือเขม่าที่สะสมตัวตามบริเวณพื้นผิวด้านล่างของฝาสูบจากการใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิงนั้น มีปริมาณที่ค่อนข้างสูง เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง หรือสามารถที่จะกล่าวได้เช่นกันว่า มีปริมาณของเขม่าที่เกิดขึ้นใกล้เคียงกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง เป็นระยะเวลาประมาณ 3,000 ชั่วโมง หรือเป็นระยะทางประมาณ 300,000 กิโลเมตร แต่อย่างไรก็ตามจากการสังเกตพบว่า ลักษณะของเขม่าที่เกิดขึ้น จากการใช้เชื้อเพลิงทั้งสองชนิด ยังคงมีลักษณะที่แตกต่างกันค่อนข้างชัดเจน กล่าวคือ ลักษณะของเขม่าที่เกิดจากการใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิงพบว่า มีลักษณะที่เป็นคราบเขม่าทั้งสีดำ สีขาว สีน้ำตาลแดง รวมถึงมีลักษณะเป็นตะกรันแข็งสีขาว เกาะตัวกันเป็นหย่อมๆ อยู่ตามแนวเส้นรอบวงบริเวณพื้นผิวด้านล่างของฝาสูบ ในขณะที่ลักษณะของเขม่าที่เกิดจากการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงพบว่า มีเฉพาะลักษณะที่เป็นคราบเขม่าสีดำ กระจายตัวอยู่โดยรอบๆ บริเวณพื้นผิวฝาสูบเท่านั้น

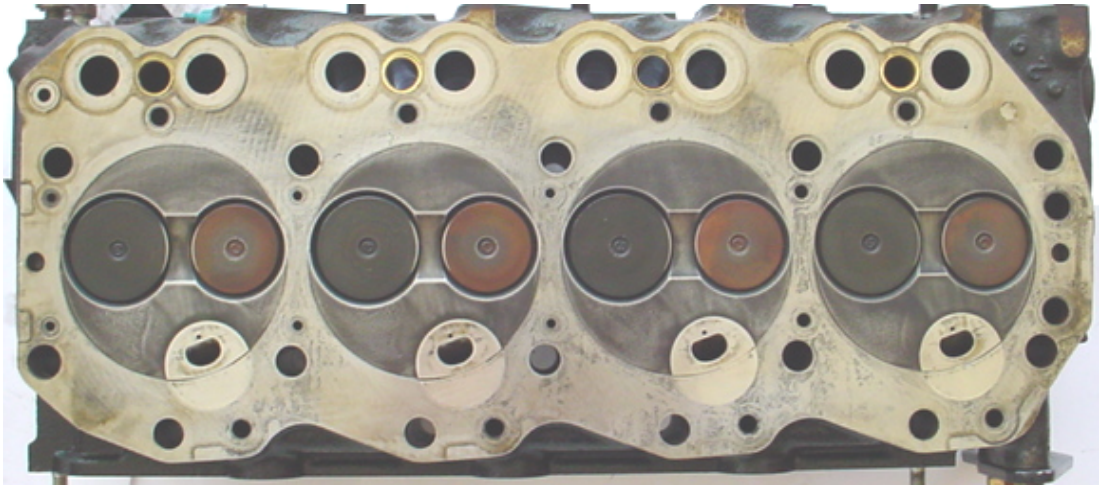
ดังนั้นถ้ามีการใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิงในระยะเวลานานๆ ปัญหาอีกอย่างที่น่าจะเกิดขึ้นในระหว่างการใช้งานคือ เกิดรอยรั่วขึ้นระหว่างผิวสัมผัสของวาล์วทั้งของไอดีและของไอเสีย กับบริเวณร่องบ่ารับวาล์วบนฝาสูบ ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากมีเขม่าที่สะสมตัวตามบริเวณร่องบ่ารับวาล์วในปริมาณที่มากกว่าปกติ ทำให้การปิดวาล์วทั้งของไอดี และของไอเสียไม่สนิทเท่าที่ควร เป็นเหตุให้ค่าแรงดันในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์มีค่าลดลง ซึ่งก็จะส่งผลให้การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์เกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ และในที่สุดก็ทำให้สมรรถนะของเครื่องยนต์มีค่าที่ลดลง

ก่อนการทดสอบ

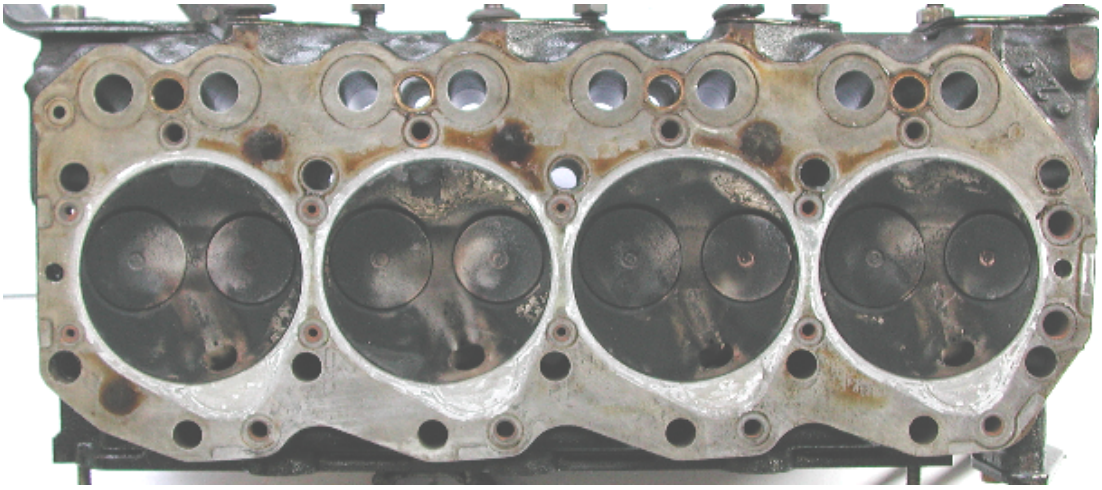


หลังการทดสอบ

รูปที่ 5.10 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านล่างของฝาสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ทั้งก่อนและหลังจากการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ตลอดระยะเวลา 270 ชั่วโมง



ก่อนการทดสอบ



หลังการทดสอบ

รูปที่ 5.11 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านล่างของฝาสูบ ครบทั้งสี่ฝา ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ทั้งก่อนและหลังจากการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ตลอดระยะเวลา 270 ชั่วโมง

จากรูปที่ 5.12 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของลูกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ทั้งก่อนและหลังจากการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ตลอดระยะเวลา 270 ชั่วโมง จากรูปสามารถกล่าวได้ว่า กากคาร์บอน หรือเขม่าที่สะสมตัวตามบริเวณพื้นผิวด้านบนของลูกสูบ จากการใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิงนั้น มีปริมาณที่ค่อนข้างสูง หรือสามารถที่จะประมาณได้เช่นกันว่า มีปริมาณของเขม่าที่เกิดขึ้นใกล้เคียงกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง เป็นระยะเวลาประมาณ 3,000 ชั่วโมง หรือเป็นระยะทางประมาณ 300,000 กิโลเมตร นอกจากนี้แล้วยังพบว่า เขม่าที่เกิดขึ้นจากการใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิงนั้น มีลักษณะเป็นคราบเขม่าทั้งสีดำ สีน้ำตาลแดง รวมถึงตะกรันแข็งสีขาว เกาะตัวอยู่ตามแนวเส้นรอบวงบริเวณพื้นผิวด้านบนของลูกสูบ ส่วนเขม่าที่เกิดขึ้นจากการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงนั้น พบว่า มีเฉพาะลักษณะที่เป็นคราบเขม่าสีดำเท่านั้น ที่เกาะตัวอยู่โดยรอบๆ บริเวณพื้นผิวด้านบนของลูกสูบ

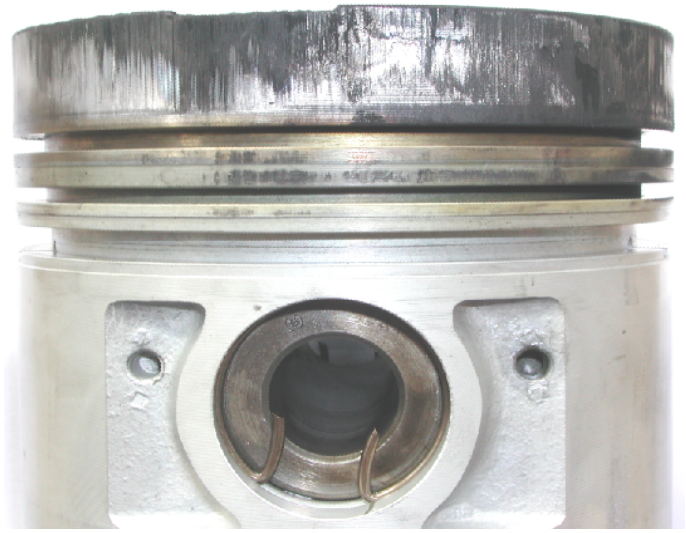
ก่อนการทดสอบ

หลังการทดสอบ

รูปที่ 5.12 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของลูกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ทั้งก่อนและหลังจากการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ตลอดระยะเวลา 270 ชั่วโมง

จากรูปที่ 5.13 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านหน้าของลูกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ทั้งก่อนและหลังจากการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ตลอดระยะเวลา 270 ชั่วโมง จากรูปสามารถกล่าวได้ว่า กากคาร์บอน หรือเขม่าที่สะสมตัวตามบริเวณพื้นผิวด้านหน้าของลูกสูบ จากการใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิงนั้น มีปริมาณที่ค่อนข้างสูง เช่นเดียวกันกับชิ้นส่วนอื่นๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้น โดยเฉพาะในบริเวณพื้นผิวด้านหน้าส่วนบนของลูกสูบ ที่พบว่ามีเขม่าในปริมาณที่ค่อนข้างสูง หรือสามารถที่จะกล่าวได้เช่นกันว่า มีปริมาณของเขม่าใกล้เคียงกับในกรณีของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง เป็นระยะเวลาประมาณ 3,000 ชั่วโมง หรือเป็นระยะทางประมาณ 300,000 กิโลเมตร แต่อย่างไรก็ตามจากการสังเกต ไม่พบว่ามีการสะสมตัวของกากคาร์บอน หรือเขม่าตามบริเวณร่องแหวนเลย ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ในครั้งนี้ ค่อนข้างที่จะสั้น เมื่อทำการเปรียบเทียบกับระยะเวลาที่มีการใช้งานจริงๆ ในชีวิตประจำวัน ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วสำหรับการใช้เครื่องยนต์ดีเซล ในประเทศไทยเรานั้น ก็น่าจะมีระยะทางในการใช้งานประมาณ 300,000 กิโลเมตร และหลังจากนั้นค่อยทำการยกเครื่องใหม่ ให้กับเครื่องยนต์

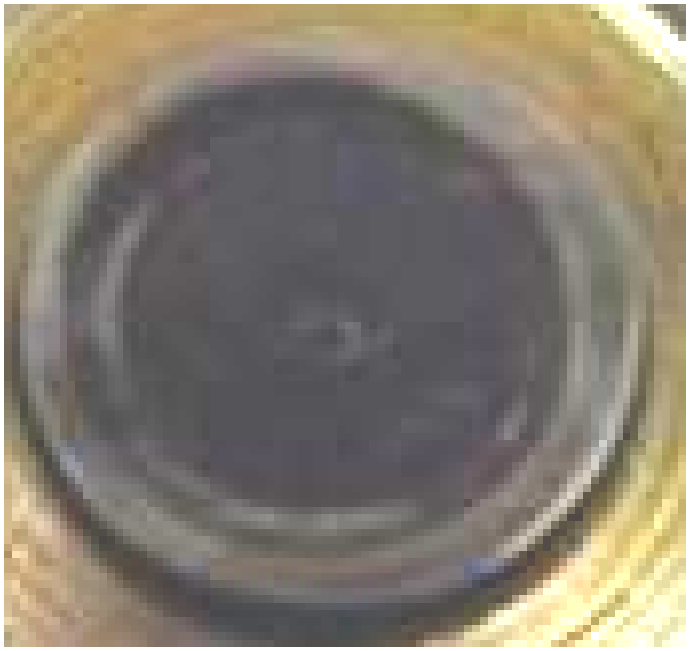
ก่อนการทดสอบ



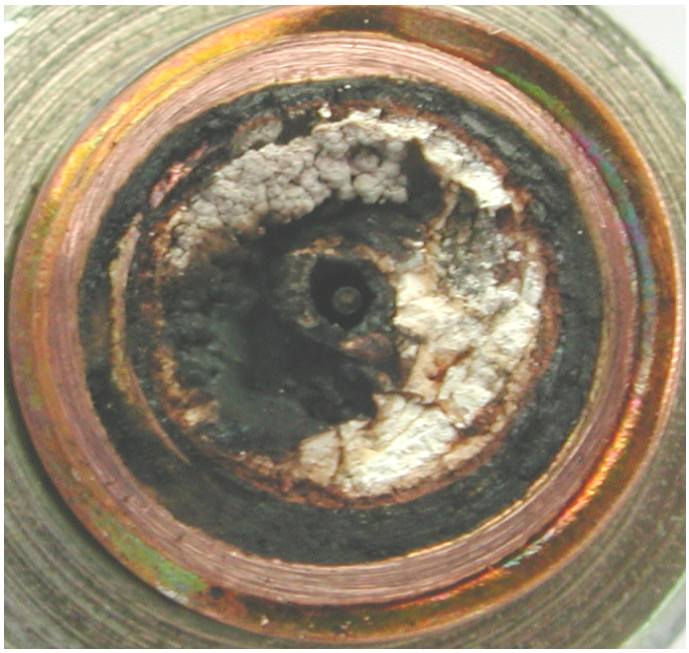
หลังการทดสอบ

รูปที่ 5.13 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านหน้าของลูกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ทั้งก่อนและหลังจากการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ตลอดระยะเวลา 270 ชั่วโมง

จากรูปที่ 5.14 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของหัวฉีดลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ทั้งก่อนและหลังจากการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ตลอดระยะเวลา 270 ชั่วโมง จากรูปสามารถกล่าวได้ว่า กากคาร์บอน หรือเขม่าที่สะสมตัวตามบริเวณพื้นผิวด้านบนของหัวฉีด จากการใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิงนั้น มีปริมาณที่สูงมาก เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง แม้กระทั่งการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง เป็นระยะเวลาประมาณ 3,000 ชั่วโมง หรือเป็นระยะทางประมาณ 300,000 กิโลเมตรแล้วก็ตาม ก็ยังคงพบว่า มีปริมาณที่มากกว่าหลายเท่าตัว รวมถึงลักษณะของเขม่าที่เกิดขึ้นจากการใช้เชื้อเพลิงทั้งสองชนิดนั้นพบว่า มีลักษณะที่แตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง กล่าวคือ เขม่าที่เกิดจากการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงพบว่า มีเฉพาะลักษณะที่เป็นคราบเขม่าสีดำเท่านั้น ที่มีการเกาะตัวอยู่ตามบริเวณพื้นผิวรอบๆ รูของหัวฉีด ส่วนเขม่าที่เกิดจากการใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิงนั้นพบว่า มีลักษณะเป็นเขม่าทั้งสีดำ และสีขาว ที่มีการเกาะตัวกันเป็นกลุ่มอย่างไม่เป็นระเบียบอยู่ตามบริเวณพื้นผิวรอบๆ รูของหัวฉีด และแน่นอนว่าถ้ายังคงมีการใช้งานต่อไปอีกเรื่อยๆ ปัญหาที่จะเกิดขึ้นตามมาอย่างแน่นอนคือ รูหัวฉีดเกิดการอุดตันขึ้น และในที่สุดก็จะทำให้การฉีดเชื้อเพลิงให้เป็นฝอยละอองทำได้น้อยมาก ซึ่งถือว่าเป็นสาเหตุหลัก ที่ทำให้การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงภายในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์เกิดขึ้นอย่างไม่สมบูรณ์



ก่อนการทดสอบ



หลังการทดสอบ

รูปที่ 5.14 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของหัวฉีดลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ทั้งก่อนและหลังจากการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ตลอดระยะเวลา 270 ชั่วโมง

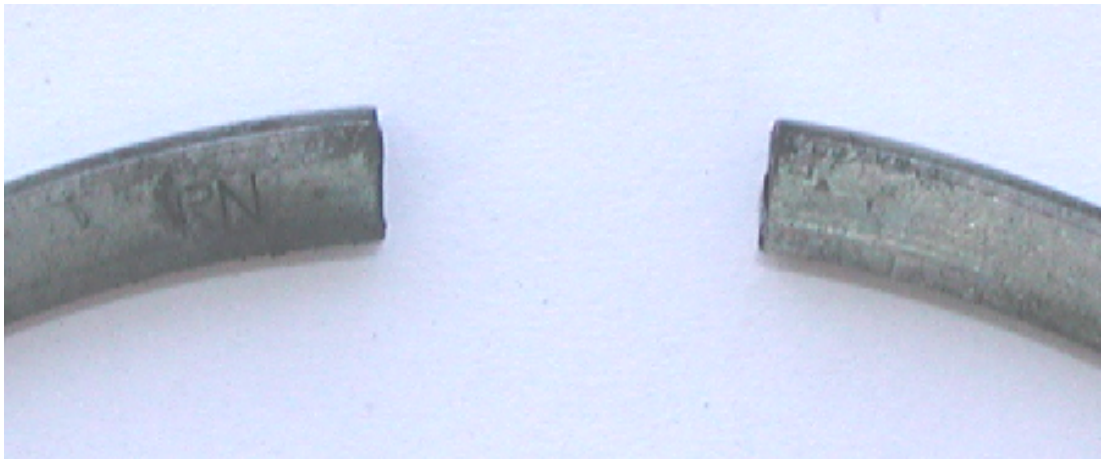
จากรูปที่ 5.15 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านข้างของหัวฉีดลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ทั้งก่อนและหลังจากการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ตลอดระยะเวลา 270 ชั่วโมง จากรูปสามารถกล่าวได้ว่า กากคาร์บอน หรือเขม่าที่สะสมตัวตามบริเวณพื้นผิวด้านข้างของหัวฉีด จากการใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิงนั้น มีปริมาณที่น้อยมาก หรือแทบจะไม่มีเลย ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากบริเวณพื้นผิวด้านข้างหัวฉีด เป็นบริเวณที่ไม่ได้มีการสัมผัสกับห้องเผาไหม้โดยตรง ดังนั้นจึงทำให้การที่จะได้รับผลกระทบจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงภายในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์นั้น มีน้อยมาก หรือแทบจะไม่มีเลย

ก่อนการทดสอบ

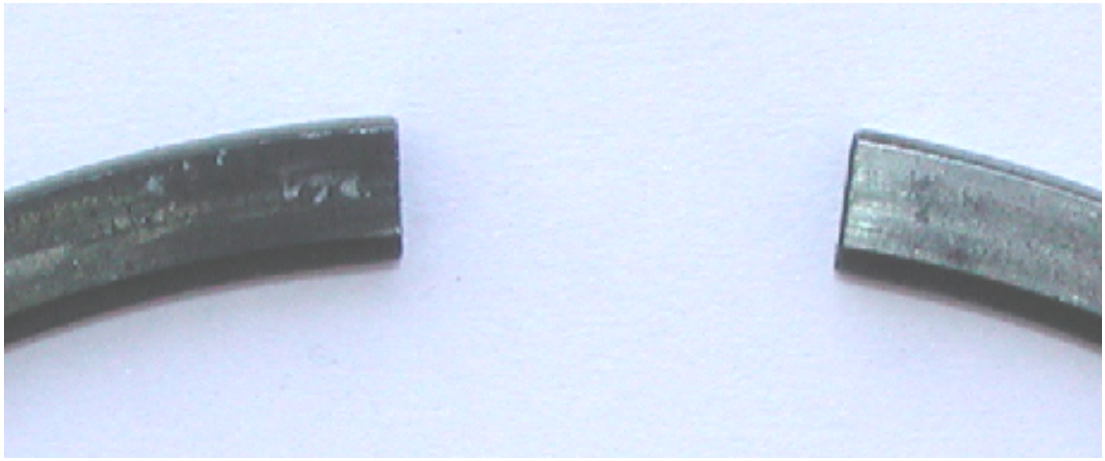
หลังการทดสอบ

รูปที่ 5.15 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านข้างของหัวฉีดลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ทั้งก่อนและหลังจากการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ตลอดระยะเวลา 270 ชั่วโมง

จากรูปที่ 5.16 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของแหวนอัดกำลังตัวที่หนึ่ง และแหวนอัดกำลังตัวที่สอง ของลูกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ตลอดระยะเวลา 270 ชั่วโมง ซึ่งจากรูปสามารถกล่าวได้ว่า กากคาร์บอน หรือเขม่าที่สะสมตัวตามบริเวณพื้นผิวด้านบนของแหวนลูกสูบ จากการใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิงนั้น มีปริมาณที่น้อยมาก โดยเฉพาะแหวนอัดกำลังตัวที่หนึ่ง และแหวนน้ำมันเครื่อง ที่พบว่ามีสภาพไม่แตกต่างจากสภาพของแหวนก่อนทำการทดสอบเลย ยกเว้นก็แต่แหวนอัดกำลังตัวที่สองเท่านั้น ที่พบว่ามีคราบเขม่าบางๆ เกาะอยู่บริเวณรอบๆ พื้นผิวด้านบน แต่ก็เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ในครั้งนี้ มีระยะที่สั้นเกินไป ถ้าจะทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้งานจริงในชีวิตประจำวัน



แหวนอัดกำลังตัวที่หนึ่ง (ตัวบน)



แหวนอัดกำลังตัวที่สอง(ตัวล่าง)

รูปที่ 5.16 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของแหวนอัดกำลังตัวที่หนึ่ง และแหวนอัดกำลังตัวที่สองของลูกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ตลอดระยะเวลา 270 ชั่วโมง

จากรูปที่ 5.9 ถึง 5.16 ที่แสดงภาพชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ทั้งก่อนและหลังจากการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ตลอดระยะเวลา 270 ชั่วโมง ซึ่งจากผลการทดสอบทั้งหมดสามารถสรุปโดยรวมๆ ได้ว่า การใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ในระยะเวลานานๆ นั้น จะส่งผลกระทบต่ออายุการใช้งานของชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์จริง โดยสังเกตได้จากปริมาณของกากคาร์บอน หรือเขม่าที่สะสมตัวตามชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ ในปริมาณที่ค่อนข้างสูง เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในระยะเวลาการใช้งานที่เท่ากัน หรืออาจจะประมาณได้ว่ามีปริมาณของเขม่าที่ใกล้เคียงกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง เป็นระยะเวลาประมาณ 3,000 ชั่วโมง หรือเป็นระยะทางประมาณ 300,000 กิโลเมตร ยกเว้นก็แต่ในส่วนบริเวณพื้นผิวด้านบนของหัวฉีดเท่านั้น ที่ยังคงพบว่ามีกากคาร์บอน หรือเขม่าในปริมาณที่สูงมาก ถึงแม้จะทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง เป็นระยะเวลาประมาณ 3,000 ชั่วโมง หรือเป็นระยะทางประมาณ 300,000 กิโลเมตรแล้วก็ตาม ก็ยังคงพบว่ามีปริมาณที่สูงกว่าหลายเท่าตัว ส่วนลักษณะของการคาร์บอน หรือเขม่า รวมถึงลักษณะการเกาะตัว พบว่ามีลักษณะที่แตกต่างกันค่อนข้างที่จะชัดเจน ถึงแม้จะทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงด้วยระยะเวลาประมาณ 3,000 ชั่วโมง แล้วก็ตาม ก็ยังคงพบว่ามีลักษณะที่แตกต่างกันอยู่ดี

ส่วนสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดปัญหาการสะสมตัวของกากคาร์บอน หรือเขม่าตามชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ในปริมาณที่มากกว่าปกตินั้น ก็น่าจะมีสาเหตุหลักมาจาก ค่าคุณสมบัติบางค่าของน้ำมันปาล์มดิบที่มีค่าแตกต่างจากค่าคุณสมบัติของน้ำมันดีเซลอยู่ค่อนข้างมาก ไม่ว่าจะเป็น ค่าความหนืดที่สูงกว่าของน้ำมันดีเซลอยู่หลายเท่าตัว ค่าความสามารถในการระเหยตัวเป็นไอค่อนข้างที่จะช้า และน้อยมาก รวมถึงสารเจือปนต่างๆ ที่ยังไม่ได้มีการสกัดออกจากน้ำมันปาล์มดิบ ไม่ว่าจะเป็นน้ำ หรือยางเหนียว ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในข้างต้น ดังนั้นเมื่อมีการนำไปใช้งานจริงจึงทำให้ปั๊มหัวฉีด และหัวฉีดทำงานค่อนข้างหนัก ไม่สามารถที่จะฉีดน้ำมันให้เป็นฝอยละอองได้ดีเท่าที่ควร ละอองของน้ำมันมีขนาดใหญ่ และพุ่งไปไกล ซึ่งจะมีลักษณะการพุ่งเป็นสายแทนที่จะกระจายเป็นฝอยเล็กๆ ทำให้น้ำมันรวมตัวกับอากาศไม่ดี การจุดระเบิดเกิดขึ้นได้ยาก เครื่องยนต์ติดยาก การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ลดลง และในที่สุดก็ก่อให้เกิดเขม่า และยางเหนียวเกาะตามชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ในปริมาณที่มากกว่าปกติ

บทที่ 6
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

เนื้อหาในบทนี้ เป็นการนำเสนอผลการวิจัยโดยสรุป รวมถึงการนำเสนอข้อเสนอแนะที่คาดหวังว่าน่าจะเป็นประโยชน์สำหรับการทำวิจัยในครั้งต่อไป ซึ่งสามารถกล่าวได้ดังนี้

6.1 สรุปผลการวิจัย

ในการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อมในครั้งนี้ มีจุดประสงค์หลักๆ คือ เพื่อเป็นการศึกษาถึงแนวทาง และโอกาสความเป็นไปได้ในการที่จะนำน้ำมันปาล์มดิบที่ผ่านการกรองร้อนที่อุณภูมิ 50 องศาเซลเซียส เพื่อกำจัดสิ่งเจือปน รวมถึงการลดค่าความหนืดโดยการใช้งานในขณะที่น้ำมันปาล์มดิบมีค่าอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มาใช้เพื่อเป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซล รวมถึงการศึกษาถึงสมรรถนะของเครื่องยนต์ และผลกระทบจากการใช้งานในระยะยาวที่อาจจะเกิดขึ้น สำหรับในส่วนของเครื่องยนต์ที่เลือกใช้ในการทดสอบในครั้งนี้ เป็นเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อมของบริษัท Nissan รุ่น TD 27 ที่มี 4 ลูกสูบ และมีขนาดความจุของกระบอกสูบ 2,663 ซีซี. จากการทดสอบทั้งหมดสามารถแบ่งผลการทดสอบออกได้เป็น 2 ส่วนใหญ่คือๆ ผลการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ และผลการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

6.1.1 ผลการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์

จากผลการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์พบว่า เครื่องยนต์มีสมรรถนะการทำงานที่สูง มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะที่ใกล้เคียงกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซล เครื่องยนต์เดินเรียบ ไม่พบว่ามีอาการสะดุดของเครื่องยนต์เกิดขึ้นที่รอบการทำงานต่างๆ ของเครื่องยนต์ ไม่พบว่ามีปัญหาในการติดเครื่องยนต์ และไม่พบว่ามีปัญหาในการลำเลียงน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์แต่อย่างใด ดังนั้นจึงสามารถกล่าวได้ว่าการใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลในระยะเวลาสั้นๆ นั้นสามารถที่จะใช้งานได้ และใช้ได้ค่อนข้างดี

6.1.2 ผลการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์

จากผลการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ตลอดระยะเวลา 270 ชั่วโมง พบว่า เครื่องยนต์มีสมรรถนะการทำงานที่ลดลง ซึ่งสามารถสังเกตได้จากค่ากำลัง และแรง

บิดของเครื่องยนต์ในแต่ละวันที่มีค่าลดลงเรื่อยๆ และในขณะเดียวกันก็พบว่า ไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิงเกิดการอุดตันขึ้นถึงขนาดไม่สามารถใช้งานอีกต่อไปได้ เมื่อผ่านการใช้งานมาแล้วประมาณ 30 ชั่วโมงเท่านั้น ซึ่งตามปกติแล้วไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิงจะมีอายุการใช้งานที่นานถึง 20,000 กิโลเมตร หรือเป็นระยะเวลาประมาณ 200 ชั่วโมง นอกจากนี้แล้วยังพบอีกว่า กากคาร์บอน หรือเขม่าที่หลงเหลือจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง มีการสะสมตัวอยู่ตามชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ในปริมาณที่สูงมาก โดยเฉพาะชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ที่เกี่ยวข้องกับระบบการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงโดยตรงไม่ว่าจะเป็น ฝาสูบ ลูกสูบ เสื้อสูบ แหวนลูกสูบ และหัวฉีด เป็นต้น หรือสามารถที่จะประมาณได้ว่ามีการสะสมตัวของกากคาร์บอน หรือเขม่าตามชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ในปริมาณที่ใกล้เคียงกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง เป็นระยะเวลาประมาณ 3,000 ชั่วโมง หรือเป็นระยะทางประมาณ 300,000 กิโลเมตร แต่อย่างไรก็ตามก็ยังคงพบว่า ลักษณะของเขม่า รวมถึงลักษณะการเกาะตัวของเขม่าตามชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ ที่เกิดขึ้นจากการใช้เชื้อเพลิงทั้งสองชนิดนั้นจะมีลักษณะที่แตกต่างกันค่อนข้างชัดเจน นอกจากนี้แล้วยังพบอีกว่าค่าความหนืดของน้ำมันเครื่องในระยะแรกๆ ของการทดสอบทั้งสองช่วง มีค่าที่เพิ่มขึ้นสูงกว่าปกติ เมื่อทำการเปรียบเทียบกับในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง แต่อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์สภาพของน้ำมันเครื่อง ไม่พบว่ามีการปนเปื้อนของน้ำมันปาล์มดิบแต่อย่างใด ส่วนอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเครื่องนั้น ไม่น่าที่จะถือว่าเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทดสอบ ซึ่งน่าจะเป็นปริมาณการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นตามปกติของการใช้งานอยู่แล้ว

6.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

เนื่องจากน้ำมันปาล์มดิบที่ใช้ในการทดสอบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อมในครั้งนี้ เป็นลักษณะของน้ำมันปาล์มดิบที่ผ่านการกรองร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เพื่อกำจัดสิ่งเจือปน และทำการลดค่าความหนืดโดยการใช้งานในขณะที่น้ำมันปาล์มดิบมีค่าอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเท่านั้น รวมถึงเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบในครั้งนี้ไม่ได้มีการดัดแปลง หรือปรับปรุงในส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ทั้งสิ้น ดังนั้นผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลในระยะยาวนั้น จึงมีมากกว่าในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง โดยเฉพาะการสะสมตัวของกากคาร์บอน หรือเขม่าตามชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ดังที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น ดังนั้นในการทำวิจัยครั้งต่อไปจึงมีความเห็นว่าน้ำมันปาล์มดิบที่จะนำมาใช้ในการทดสอบ นอกจากที่จะทำการกำจัดสิ่งเจือปน และลดค่าความหนืดให้น้อยลงแล้ว น่า

ที่จะทำการสกัดสารเหนียวออกจากน้ำมันปาล์มดิบด้วย ส่วนลักษณะของเครื่องยนต์ที่ใช้ น่าจะเป็นลักษณะของเครื่องยนต์ที่ใช้ปั๊มหัวฉีดแรงดันสูง ทั้งนี้ก็เพราะว่า น่าจะเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ช่วยให้การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงภายในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์เกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และในที่สุดก็จะส่งผลให้กากคาร์บอน หรือเขม่าที่สะสมตัวตามชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์มีปริมาณที่ลดลง

รายการอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอต. (2544). ไบโอดีเซลแนวทางการวิจัยเพื่อพัฒนาสำหรับประเทศไทย. ใน **เอกสาการประชุมระดมความคิดเรื่องแนวทางการวิจัยและพัฒนาไบโอดีเซลไปสู่เชิงพาณิชย์** (หน้า ก1- ก24). กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

จอห์น, บี. เฮย์วูด., (2543). **เครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน**. แปลโดย วีระศักดิ์ กรัยวิเชียร. กรุงเทพมหานคร: จูนพับสิชชิ่ง.

ปรีดา วิบูลย์สวัสดิ์. (2544). การใช้น้ำมันพืชในเครื่องยนต์ดีเซล. ใน **เอกสารการประชุมระดมความคิดเรื่องแนวทางการวิจัยและพัฒนาไบโอดีเซลไปสู่เชิงพาณิชย์** (หน้า A1-A6). กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

ประเสริฐ เทียนนิมิตร, ขวัญชัย สินทิพย์สมบูณร์ และปานเพชร ชินินทร. (2536). **เชื้อเพลิงและสารหล่อลื่น** . ห้างจำกัดเอช-เอน: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

พิสมัย เจนวนิชปัญจกุล. (2524). ไบโอดีเซลพลังงานทางเลือก. ใน **เอกสารการประชุมระดมความคิดเรื่องแนวทางการวิจัยและพัฒนาไบโอดีเซลไปสู่เชิงพาณิชย์** (หน้า E1-E11). กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

พูลพร แสงบางปลา. (2544). การใช้ Biodiesel กับเครื่องยนต์มีผลอย่างไร. **สารสมาคมวิศวกรรมยานยนต์ไทย**. 3 (3): 3-6.

ยุทธชัย วิวัฏฏ์กุลธร. (2526). **มุ่งสู่พลังงานทางเลือก** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.deqp.go.th/dataenv/stateenv/HTML/page171.html.

ระพีพันธุ์ ภาสบุตร และสุขสันต์ สุทธิผลไพบูลย์. (2524). **“สบู่ดำ” ต้นไม้ให้น้ำมันของดีที่ถูกลืม** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://biodiversity.biotec.or.th/update/news/article/press2.htm.

วัชระ ลอยสมุทร, อุฬาวิศว์ ครองยุทธ, สุรชัย ฝั้นแก้ว และศิริกุล จันทร์สว่าง. (2542). การปรับปรุงน้ำมันพืชที่ใช้แล้วเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล. **วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยรังสิต**. 3 (3): 34-37.

สมชัย นรเศรษฐ์โสภน และปิ่น ประมาพันธ์. (2542) ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงดีเซลกับน้ำมันพืช. **วิศวสารลาดกระบังสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**. 17 (3): 132-137.

รายการอ้างอิง (ต่อ)

สุรกิตติ ศรีกุล สุนีย์ นิเทศพัตรพงศ์ และ ชาย โฆรวิส. (2544). การพัฒนาการผลิตและการปรับปรุงพืชน้ำมัน (ปาล์มน้ำมัน). ใน **เอกสารการประชุมระดมความคิดเรื่องแนวทางการวิจัยและพัฒนาไบโอดีเซลไปสู่เชิงพาณิชย์** (หน้า B1-B18). กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

สุรพัฒน์ หวังวงศ์วัฒนา. (2544). ผลกระทบของการใช้น้ำมันดีเซลผสมน้ำมันพืชต่อเครื่องยนต์และมลพิษทางอากาศ. ใน **เอกสารการประชุมระดมความคิดเรื่องแนวทางการวิจัยและพัฒนาไบโอดีเซลไปสู่เชิงพาณิชย์** (หน้า F1-F7). กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

โสภณ สกุลอำนวยพงศา และสังวร สังกะ. (2526). **การศึกษาการใช้น้ำมันมะพร้าวเดินเครื่องยนต์ดีเซล**. อ้างถึงใน พิสมัย เจนวนิชปัญจกุล. (2544). ไบโอดีเซลพลังงานทางเลือก. **เอกสารการประชุมระดมความคิดเรื่องแนวทางการวิจัยและพัฒนาไบโอดีเซลไปสู่เชิงพาณิชย์** (หน้า E3-E5). กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

ทวิช จิตรสมบูรณ์. (2544). โอกาสและปัญหาจากการใช้น้ำมันพืชแทนน้ำมันดีเซลในประเทศไทย. ใน **เอกสารการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 15** (หน้า EM20-EM29). กรุงเทพมหานคร: คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

Anthony, J. W., and Ahmad, R. G. (1996). Measurement error and related definition**. Intoduction to engineering Experimentation**. (pp 12-13). United States of America: Prentice Hall.

Asmus, A. F., Wellington, B. F. (1992). **Diesel engines and fuel systems** (3th ed.). Malaysia: Longman Cheshire.

Beg, R. A., Bose, P. K., and Ghosh, B. B. (2000). Effect of compression ratio on the performance and exhaust emission of an insulated piston head diesel engine using vegetable oil. **I.C. Engines and Combustion.** (pp 82-88). London: Narosa.

Chandler, K., et al. (1996). Alternative fuel transit bus evaluation program results. **International Spring Fuels and Lubricant Meeting**. Dearborn, MI. SAE Paper No. 961082.

รายการอ้างอิง (ต่อ)

Crookes, R. J., and Kiannejad, F. (1995). Diesel engine operation with vegetable oil-alcohol emulsion [Special issue]**. Proceedings PORIM BIOFUEL '95 1995 Porim International Biofuel Conference**. (1995, January): 42-49.

Gafar, A., et al. (1995). Preparation of palm oil esters-diesel fuel mix and it's performance test on stationary engine [Special issue]**. Proceedings PORIM BIOFUEL '95 1995 Porim International Biofuel Conference**. (1995, January): 52-57.

Hitam, A. H., and Jahis, S. (1995). Preliminary observations of using palm oil as fuel for cars fitted with Elsbett engine [Special issue]**. Proceedings PORIM BIOFUEL '95 1995 Porim International Biofuel Conference**. (1995, January): 92-96.

Kammpman, H. J. (1995). Modern serial engines operating with natural diesel fuel 50-200 kw (60-270 b.h.p.) [Special issue]**. Proceedings PORIM BIOFUEL '95 1995 Porim International Biofuel Conference**. (1995, January): 29-34.

Krahl, J., Munack, A., Bahadir, M., Schumacher, L. G., and Elser, N. (1996). Survey about biodiesel exhaust emission and their environmental effects. **Proceedings of the Third Liquid Fuel Conference**. Nashville, TN.

Kumar, M. S, Ramesh, A., Nagalingam, B., and Gopalakrishnan, K. V. (2000). Performance studies on a CI Engine Using Methly Ester of Jatropha Oil as Fuel. **I.C. Engines and Combustion.** (pp 89-94). London: Narosa.

Marshall, W., Schumacher, L. G., Howell, S. A. (1995). **Engine exhaust emissions evaluation of a Cummins L10E when fueled with a biodiesel blend.** SAE Paper No. 952363. SAE, Warrendale, PA.

Masjuki, H., Abdulmuin, M. Z., and Sii, H. S. (1995). Investigation on palm oil diesel emulsion as fuel extender for diesel engine [Special issue]**. Proceedings PORIM BIOFUEL '95 1995 Porim International Biofuel Conference**. (1995, January): 79-91.

รายการอ้างอิง (ต่อ)

Masjuki, H. H., Kalam, M. A., Maleque, M. A., Suhaimi, T., and Mokhtar, N. (1998). Performance and Exhaust Emissions of Compression Ignition Engine Fuelled with Coconut Oil and Palm Olein**. Proceedings of the 1998 PORIM International Biofuel and Lubricant Conference.** 2-10.

May, C. Y., Ngan, M. A., Basiron, Y. (1995). Production and evaluation of palm oil methyl ester as diesel substitute [Special issue]**. Proceedings PORIM BIOFUEL '95 1995 Porim International Biofuel Conference**. (1995, January): 15-25.

Moussa, W. (1995). Vegetable oil engine [Special issue]**. Proceedings PORIM BIOFUEL '95 1995 Porim International Biofuel Conference**. (1995, January): 50-51.

Nissan Pickup. (2002). [On-line]. Available: http://www.nissan.com.sg/specsprice/pickup.cfm

Pittroff, R. M. (1995) . Biofuel: Technical, economic and environmental impacts. **Proceedings PORIM BIOFUEL '95 1995 Porim International Biofuel Conference**. (1995, January): 1-11.

Raju, N. V., Rao, G. A. P, and Ramamohan, P. (2000). Esterified jatropha oil as a fuel in diesel engines. **I.C. Engines and Combustion.** (pp 65-75). London: Narosa.

Rundolf Diesel: 1858-1913. (2001). [On-line]. Available: www.hempcar.org/diesel.shtml

Sapuan, S. M., Masjuki, H. H., and Azlan, A. (1996). The use of palm oil as diesel fuel Substitute. **Proc Instn Mech Engrs**. (210): 47-53.

Schumacher, L. G., Borgelt, S. C., Fosseen, D., and Goetz, W. (1995). 6V92TA DDC engine exhaust emission using methyl ester soybean oil/diesel fuel blends. **Bioresource Technology.**

Schumacher, L. G., Borgelt, S. C., Fosseen, D., Hires, W. G., and Goetz, W. (1994). Fueling diesel engines with blend of methyl-ester soybean oil diesel fuel. **Biodiesel '94**. Sioux Falls, SD.

Schumacher, L. G., Borgelt, S. C., and Russell, M. A. (1995). Fueling 5.9l and 7.3l Navistar engines with biodiesel-20. **Proceedings of the American Society of Agricultural Engineers Summer Meeting**. Chicago, IL. ASAE Paper No. 956739.

รายการอ้างอิง (ต่อ)

Schumacher, L. G., Borgelt, S., Russell, M. A., and Krahl, J. G. (1995). Project Update: Fueling 5.9l Cummins engines with 100 % biodiesel. **Proceedings of the American Society of Agricultural Engineers Summer Meeting.** Chicago, IL. ASAE Paper No. 956740.

Schumacher, L., and Gerpen, J. V. (1996). Research needs resulting from experiences of fueling engines with biodiesel. **Proceedings of the Third Liquid Fuel Conference**. Nashville, TN.

Schumacher, L. G., Peterson, C. L., and Gerpen, J. V. (2001). Engine oil analysis of diesel engine fueled with biodiesel blends. **Proceedings of the American Society of Agricultural Engineers International Meeting**. Sacramento, CA. ASAE Paper No. 01-6053.

Schumacher, L. G., Soylu, S., Gerpen, J. V., and Wetherell, W. (1998). Fueling direct injected diesel engines with 2% biodiesel blend. **Proceedings of the American Society of Agricultural Engineers International Meeting**. Orlando, FL. ASAE Paper No. 986084.

Schumacher, L. G., Wetherell, W., and Fischer, J. A. (1999). Cold flow properties of biodiesel and it's blend with diesel fuel. **Proceedings of the American Society of Agricultural Engineers International Meeting.** Toronto, Ontario, Canada. ASAE Paper No. 996133.

Tang, T.S., Hitam, A., and Basiron, Y. (1995). Emission of Elsbett engine using palm oil fuel [Special issue]**. Proceedings PORIM BIOFUEL '95 1995 Porim International Biofuel Conference**. (1995, January): 110-120.

University of Idaho and Montana Dept. of Environmental Quality. (1999). **Truck in the park, biodiesel demonstration with yellowstone national park** [On-line]. Available: http://www.deg.state.mt.us/ppa/p2/bioenergy/truck_in_the_park_biodiesel_demo.asp

Vanicheseni, T., Intaravichai, S., Saitthiti, B., and Kiatiwat, T. (2002). Potential biodiesel production from palm oil for Thailand. **Kasetsart Journal**. (36): 83-97.

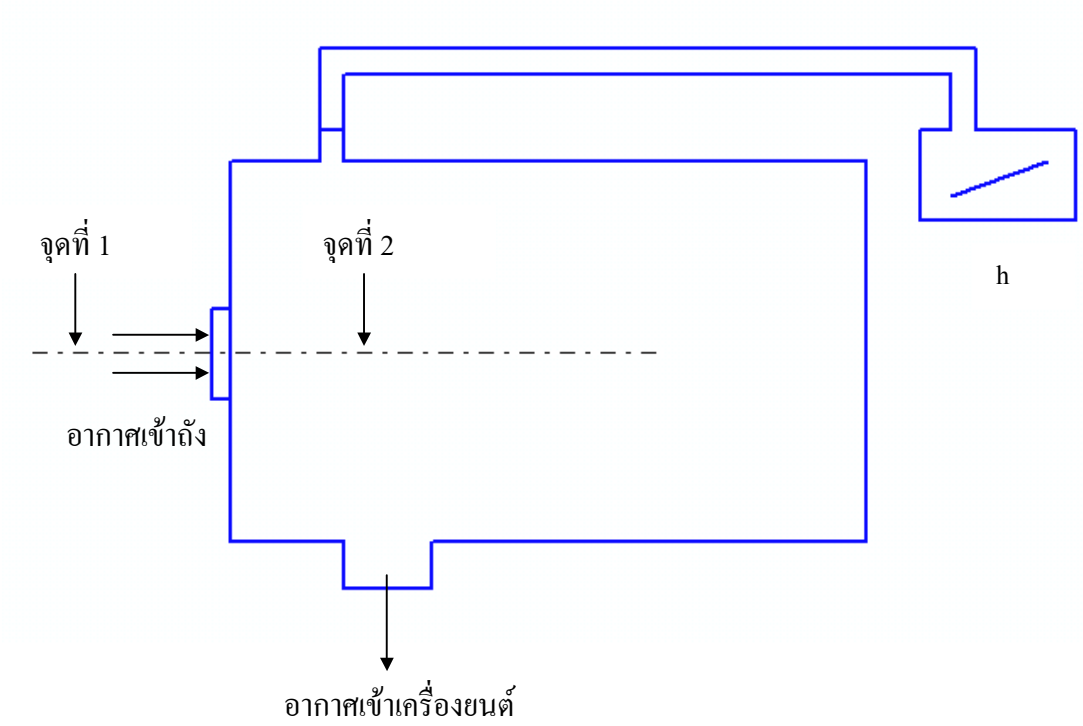
Wheeler, A. J., Ganji, A. R. (1996). **Introduction to engineering experimentation.** United States: Prentice Hall.

ภาคผนวก ก
การวัดอัตราการไหลของอากาศ และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

เนื้อหาในภาคผนวกนี้ แสดงถึงวิธีในการวัดหาค่าอัตราการไหลของอากาศเข้าสู่เครื่องยนต์ รวมถึงอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ซึ่งสามารถกล่าวได้ดังนี้คือ

ก. 1 การวัดอัตราการไหลของอากาศ

การวัดอัตราการไหลของอากาศที่ถูกดูดเข้าไป เพื่อใช้ในการสันดาปของเครื่องยนต์ ในการทดสอบในครั้งนี้ ใช้วิธีการวัดโดยใช้มาตรวัดการไหลแบบ orifice air flow meter ดังแสดงในรูปที่ ก.1 ด้านล่าง



รูปที่ ก.1 แสดงการวัดอัตราการไหลของอากาศ โดยใช้มาตรวัดการไหลแบบ orifice air flow meter

จากรูปที่ ก.1 แสดงสภาวะการไหลของอากาศจากจุดที่ 1 ไปยังจุดที่ 2 ซึ่งจากสมการเบอร์นูลลี จะได้ว่า

$$\frac{P_1}{\rho_{air}} + \frac{1}{2}V_1^2 + gz_1 = \frac{P_2}{\rho_{air}} + \frac{1}{2}V_2^2 + gz_2 \qquad (ก.1)$$

เมื่อ

P_1, P_2 คือความดันจุดที่ 1 และจุดที่ 2 ตามลำดับ (N/m^2)

V_1, V_2 คือความเร็วจุดที่ 1 และจุดที่ 2 ตามลำดับ (m/sec)

z_1, z_2 คือระดับความสูงจุดที่ 1 และจุดที่ 2 ตามลำดับ (m)

ρ_{air} คือค่าความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^2)

g คือค่าแรงโน้มถ่วงของโลก (m/sec^2)

สมมุติว่า:

1. การไหลของอากาศเป็นแบบอัดตัวไม่ได้ (incompressible flow) ดังนั้นความหนาแน่นของอากาศจึงมีค่าคงที่
2. จุดที่ 1 อากาศมีความเร็วต่ำมากหรือประมาณได้ว่าเป็นศูนย์
3. จุดที่ 1 และจุดที่ 2 อยู่ในระดับเดียวกัน ($z_1 = z_2$)

ดังนั้นจากสมการที่ (ก.1) จะได้ว่า

$$V_2^2 = 2\frac{P_1 - P_2}{\rho_{air}} \qquad \text{(ก.2)}$$

และเนื่องจาก

$$P_1 - P_2 = \rho_{H_2O} gh \qquad \text{(ก.3)}$$

เมื่อ

ρ_{H_2O} คือค่าความหนาแน่นของน้ำ (kg/m^2)

h คือค่าสูงหัวของระดับน้ำที่วัดค่าได้จาก air flow meter (m)

ดังนั้นจากสมการที่ (ก.2) จะได้ว่า

$$V_2 = \sqrt{\frac{2\rho_{H_2O} gh}{\rho_{air}}} \qquad (ก.4)$$

เมื่อคิดการการไหลแบบคงตัว จะได้ว่า

$$\dot{Q}_{air} = AV \qquad (ก.5)$$

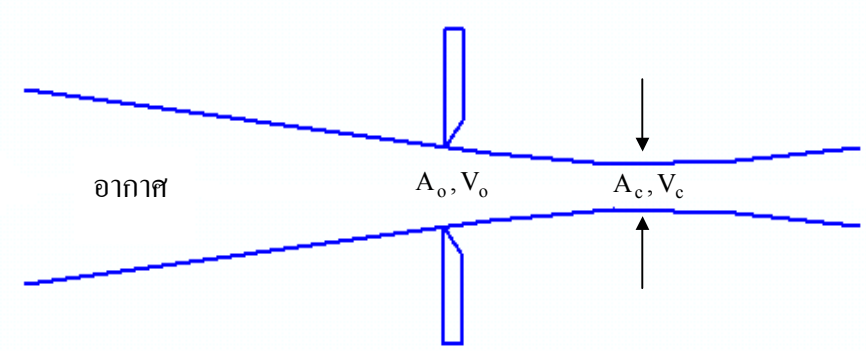
เมื่อ

$\dot{Q}_{air}$ คืออัตราไหลปริมาตรของอากาศ (m^3/sec)

A คือพื้นที่หน้าตัดของ orifice plate (m^2)

V คือค่าความเร็วที่ down stream (m/s)

แต่เนื่องจากอากาศที่ไหลผ่าน orifice plate จะเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า Vena contracta ซึ่งเป็นเหตุให้อัตราการไหลตามความเป็นจริงมีค่าที่ต่ำกว่าค่าตามทางทฤษฎี ดังแสดงได้ในรูปที่ ก.2 ด้านล่าง



รูปที่ ก.2 แสดงการเกิดปรากฏการณ์ Vena contracta เมื่ออากาศไหลผ่าน orifice plate

เมื่อ

V_o, V_c คือค่าความเร็วของอากาศที่ตำแหน่ง orifice plate และตำแหน่งคอคลอดตามลำดับ

A_o, A_c คือพื้นที่หน้าตัดที่อากาศไหลผ่านที่ตำแหน่ง orifice plate และตำแหน่งคอคลอดตามลำดับ

ดังนั้นจากสมการที่ (ก.5) จะได้ว่า

$$\dot{Q}_{air} = C_d A_o V_o = A_c V_c \qquad (ก.6)$$

เมื่อ

C_d คือค่าสัมประสิทธิ์การไหล

ดังนั้นจากสมการที่ (ก.4) จะได้ว่า

$$\dot{Q}_{air} = C_d A_o \sqrt{\frac{2\rho_{H_2O} gh}{\rho_{air}}} \quad , \text{เมื่อ} \quad V_o = V_2 \qquad (ก.7)$$

และเนื่องจาก

$$\dot{m} = \rho \dot{Q} \qquad (ก.8)$$

ดังนั้นจะได้ว่า

$$\dot{m}_{air} = \rho_{air} C_d A_2 \sqrt{\frac{2\rho_{H_2O} gh}{\rho_{air}}} \qquad (ก.9)$$

เมื่อ

$\dot{m}_{air}$ คือ อัตราไหลมวลของอากาศ (kg/sec)

ก. 2 การวัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

การวัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของการทดสอบในครั้งนี้ จะใช้กระบอกตวงที่มีการแบ่งสเกลวัดออกเป็นช่วงๆ เพื่อช่วยในการวัดหาปริมาตรของเชื้อเพลิงที่ถูกใช้ไปต่อหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งสามารถแสดงได้ในสมการ (ก.10) ด้านล่าง

$$\dot{Q}_f = \frac{\forall_f}{t} \qquad (ก.10)$$

เมื่อ

$\dot{Q}_f$ คืออัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (m^3 / sec)

$\forall_f$ คือปริมาตรของเชื้อเพลิงที่ถูกใช้ไป (m^3)

t คือช่วงระยะเวลาที่ใช้ในการวัดหาปริมาตรของเชื้อเพลิงที่ถูกใช้ไป (sec)

จากสมการ (ก.8) จะได้ว่า

$$\dot{m}_f = \frac{\rho_f \forall_f}{t} \qquad \text{(ก.11)}$$

ดังนั้นจากสมการที่ (ก.9) และ (ก.11) สามารถที่จะหาอัตราส่วนระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงได้ดังในสมการที่ (ก.12)

$$A/F = \frac{\dot{m}_{air}}{\dot{m}_f} = \frac{C_d \rho_{air} A_2 \sqrt{\frac{2\rho_{H_2O} gh}{\rho_{air}}}}{\rho_f \frac{\forall_f}{t}} \qquad \text{(ก.12)}$$

ภาคผนวก ข
ข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องยนต์ดีเซล

เนื้อหาในภาคผนวกนี้ แสดงถึงข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องยนต์ดีเซลรุ่นต่างๆ ที่ได้ใช้ในการพิจารณาเลือกซื้อเครื่องยนต์ เพื่อนำมาใช้ในการทดสอบในครั้งนี้ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังในตารางที่ ข.1 ด้านล่าง

ตารางที่ ข.1 แสดงข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องยนต์ดีเซลรุ่นต่างๆ [1]

บริษัท	รุ่น	เครื่องยนต์	จำนวนลูกสูบ	กระบอกสูบ x ช่วงชัก	ปริมาตรกระบอกสูบ	อัตราส่วนกำลังอัด	ห้องเผาไหม้แบบ	กำลังสูงสุด-EEC Net	แรงบิดสูงสุด-EEC Net
ISUZU	4JA1	ดีเซล 4 จังหวะ OHV	4	93 x 92 mm.	2,499 C.C	18.4: 1	Direct Injection	63 kW at 4,000 rpm	172 Nm. at 2,000 rpm
	4JA1-T	ดีเซล 4 จังหวะ OHV	4	93 x 92 mm.	2,499 C.C	18.5: 1	Direct Injection	58 kW at 3,900 rpm	176 Nm. at 1,800 rpm
	4JB1	ดีเซล 4 จังหวะ OHV	4	93 x 102 mm.	2,771 C.C	18.2: 1	Direct Injection	65 kW at 3,600 rpm	196 Nm at 2,000 rpm
	4JH1-T	ดีเซล 4 จังหวะ OHV	4	95.4 x 104.9 mm.	2,999 C.C	17.7: 1	Direct Injection	88 kW at 3,800 rpm	254 Nm. at 2,000 rpm
MITSUBISHI	4D56	ดีเซล 4 จังหวะ SOHC	4	91.1 x 95 mm.	2,477 C.C	21.0: 1	Indirect Injection	57 kW at 4,200 rpm	158 Nm. at 2,500 rpm
	4M40	ดีเซล 4 จังหวะ SOHC	4	95.0 x 100 mm.	2,835 C.C	21.0: 1	Indirect Injection	71 kW at 4,000 rpm	198 Nm. at 2,000 rpm
NISSAN	TD25	ดีเซล 4 จังหวะ OHV	4	92.9 x 92 mm.	2,494 C.C	22.2: 1	Indirect Injection	57 kW at 4,300 rpm	169 Nm. at 2,200 rpm
	TD27	ดีเซล 4 จังหวะ OHV	4	96 x 92 mm.	2,663 C.C	21.8: 1	Indirect Injection	66 kW at 4,300 rpm	180 Nm. at 2,200 rpm
TOYOTA	2L-II	ดีเซล 4 จังหวะ OHV	4	92 x 92 mm.	2,446 C.C	22.3: 1	Indirect Injection	65 kW at 4,000 rpm	167 Nm. at 2,400 rpm
	2L-II	ดีเซล 4 จังหวะ OHC	4	92 x 92 mm.	2,446 C.C	22.2: 1	Indirect Injection	62 kW at 4,000 rpm	157 Nm. at 2,400 rpm
	3L	ดีเซล 4 จังหวะ OHC	4	96 x 96 mm.	2,779 C.C	22.2: 1	Indirect Injection	65.5 kW at 4,000 rpm	188 Nm. at 2,400 rpm
	5L-E	ดีเซล 4 จังหวะ OHC	4	99.5 x 96 mm.	2,986 C.C	22.2: 1	Indirect Injection	77 kW at 4,000 rpm	220 Nm. at 2,600 rpm
FORD	WL	ดีเซล 4 จังหวะ OHC	4	93 x 92 mm.	2,499 C.C	21.9: 1	Indirect Injection	60 kW at 4,100 rpm	170 Nm. at 2,500 rpm
	WL-T	ดีเซล 4 จังหวะ OHV	4	93 x 92 mm.	2,499 C.C	19.8: 1	Indirect Injection	82 kW at 3,500 rpm	270 Nm. at 2,000 rpm
	W9	ดีเซล 4 จังหวะ OHC	4	95 x 102 mm.	2,892C.C	22.1: 1	Indirect Injection	68 kW at 4,000 rpm	197 Nm. at 2,500 rpm

[1] หมายเหตุ จากhttp://www.isuzu -tis.com/, http://www.nissan-th.com/, http://www.nakornchai.com, http://www.ford.co.th, http://www.toyota.co.th.

ภาคผนวก ค

ข้อมูลจากการทดสอบ

เนื้อหาในภาคผนวกนี้ แสดงถึงข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการทดสอบ ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลจากการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ และข้อมูลจากการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังในตารางที่ ค.1 ถึง ตารางที่ ค.6 ด้านล่าง

ตารางที่ ค.1 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ในช่วงเพิ่มรอบการทำงานของเครื่องยนต์

ความเร็วรอบ (rpm)			แรงบิด (Nm)			กำลัง (kW)			อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (ml/s)			ความดันอากาศ
ค่าที่ 1	ค่าที่ 2	ค่าที่ 3	ค่าที่ 1	ค่าที่ 2	ค่าที่ 3	ค่าที่ 1	ค่าที่ 2	ค่าที่ 3	ค่าที่ 1	ค่าที่ 2	ค่าที่ 3	(mm. H_2O)
985.6	983.36	985.6	114.29	114.73	114.73	11.8	11.81	11.84	1.51	1.51	1.51	9
1200.64	1196.16	1189.44	121.88	121.43	121.43	15.32	15.21	15.12	1.9	1.89	1.89	10
1393.28	1388.8	1393.28	122.77	121.88	122.32	17.91	17.72	17.85	2.17	2.18	2.18	11
1594.88	1594.88	1599.36	125	125	124.55	20.88	20.88	20.86	2.56	2.56	2.55	13.5
1796.48	1794.24	1794.24	125.89	125.89	125.45	23.68	23.65	23.57	2.81	2.81	2.82	16.5
1964.48	1971.2	1966.72	127.68	127.23	127.68	26.27	26.26	26.3	3.06	3.07	3.07	21
2195.2	2195.2	2192.96	129.91	129.91	129.91	29.86	29.86	29.83	3.29	3.31	3.31	27.5
2401.28	2405.76	2405.76	125.89	125.89	126.34	31.66	31.72	31.83	3.75	3.77	3.79	31
2596.16	2596.16	2593.92	123.21	123.66	123.21	33.5	33.62	33.47	4.18	4.26	4.25	34
2777.6	2775.36	2777.6	120.09	119.64	119.2	34.93	34.77	34.67	4.53	4.54	4.52	39
2994.88	2999.36	3001.6	116.07	115.63	115.63	36.4	36.32	36.34	4.78	4.79	4.78	47
3194.24	3192	3198.72	114.29	114.29	113.84	38.23	38.2	38.13	5.12	5.12	5.16	51
3386.88	3384.64	3380.16	108.93	108.93	108.48	38.63	38.61	38.4	5.26	5.23	5.22	56
3774.4	3772.16	3769.92	99.11	99.11	98.66	39.17	39.15	38.95	5.39	5.45	5.37	61
3875.2	3872.96	3879.68	91.07	91.07	91.07	36.96	36.94	37	5.7	5.75	5.77	65
3991.68	3996.16	3993.92	85.71	86.16	85.71	35.83	36.06	35.85	6.17	6.19	6.2	70

ตารางที่ ค.2 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ในช่วงลดรอบการทำงานของเครื่องยนต์

ความเร็วรอบ (rpm)			แรงบิด (Nm)			กำลัง (kW)			อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (ml/s)			ความดันอากาศ
ค่าที่ 1	ค่าที่ 2	ค่าที่ 3	ค่าที่ 1	ค่าที่ 2	ค่าที่ 3	ค่าที่ 1	ค่าที่ 2	ค่าที่ 3	ค่าที่ 1	ค่าที่ 2	ค่าที่ 3	(mm. H_2O)
981.12	978.88	983.36	109.82	109.82	111.16	11.28	11.26	11.45	1.61	1.61	1.61	9
1187.2	1191.68	1189.44	111.61	111.61	112.05	13.88	13.93	13.96	1.84	1.84	1.85	9.5
1397.76	1400	1400	112.95	112.5	111.61	16.53	16.49	16.36	2.15	2.16	2.16	10.5
1597.12	1603.84	1603.84	114.29	114.73	114.73	19.11	19.27	19.27	2.43	2.43	2.43	13
1796.48	1796.48	1798.72	117.86	117.86	117.86	22.17	22.17	22.2	2.77	2.76	2.76	16
1960	1964.48	1960	120.09	119.64	120.09	24.65	24.61	24.65	3.02	3.02	3.01	21
2199.68	2192.96	2197.44	122.77	123.21	122.32	28.28	28.3	28.15	3.44	3.41	3.42	27
2396.8	2394.56	2401.28	118.75	118.3	118.75	29.81	29.67	29.86	3.85	3.87	3.86	31
2596.16	2593.92	2596.16	116.07	116.52	116.07	31.56	31.65	31.56	4.31	4.32	4.3	34
2773.12	2770.88	2777.6	114.73	114.29	114.29	33.32	33.16	33.24	4.57	4.61	4.58	39
2999.36	2994.88	2999.36	112.95	113.39	112.95	35.48	35.56	35.48	4.98	4.97	4.92	47
3198.72	3194.24	3198.72	111.16	110.71	110.71	37.24	37.03	37.09	5.28	5.33	5.33	49.5
3386.88	3384.64	3386.88	106.25	106.25	106.25	37.68	37.66	37.68	5.56	5.52	5.61	56
3774.4	3774.4	3776.64	97.77	97.77	97.32	38.64	38.64	38.49	5.77	5.8	5.84	60.5
3872.96	3875.2	3870.72	89.73	90.18	89.73	36.39	36.6	36.37	6.01	6.04	5.97	64
3991.68	3996.16	3993.92	85.71	86.16	85.71	35.83	36.06	35.85	6.17	6.19	6.2	70

ตารางที่ ค.3 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ในช่วงเพิ่มรอบการทำงานของเครื่องยนต์

ความเร็วรอบ (rpm)			แรงบิด (Nm)			กำลัง (kW)			อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (ml/s)			ความดันอากาศ
ค่าที่ 1	ค่าที่ 2	ค่าที่ 3	ค่าที่ 1	ค่าที่ 2	ค่าที่ 3	ค่าที่ 1	ค่าที่ 2	ค่าที่ 3	ค่าที่ 1	ค่าที่ 2	ค่าที่ 3	(mm. H_2O)
1001.28	990.08	996.8	118.75	117.41	117.86	12.45	12.17	12.3	1.62	1.62	1.62	8
1198.4	1196.16	1191.68	121.88	121.43	120.98	15.29	15.21	15.1	1.98	1.97	1.97	9
1404.48	1402.24	1400	123.21	124.55	123.66	18.12	18.29	18.13	2.33	2.34	2.34	10.5
1599.36	1606.08	1603.84	125	125.89	125	20.94	21.17	20.99	2.69	2.69	2.68	13
1796.48	1796.48	1805.44	126.34	126.34	125.89	23.77	23.77	23.8	2.92	2.93	2.92	16
1964.48	1962.24	1960	130.36	129.91	129.46	26.82	26.69	26.57	3.2	3.2	3.21	19
2206.4	2204.16	2210.88	133.48	133.04	133.48	30.84	30.71	30.9	3.51	3.55	3.53	26
2401.28	2401.28	2403.52	130.36	131.25	130.36	32.78	33	32.81	4	3.98	3.96	29.5
2598.4	2593.92	2600.64	126.34	125.89	126.79	34.38	34.2	34.53	4.25	4.25	4.26	34.5
2782.08	2791.04	2786.56	125	125.89	125.45	36.42	36.8	36.61	4.63	4.63	4.64	39
3003.84	3010.56	3006.08	117.41	117.86	117.41	36.93	37.16	36.96	4.86	4.77	4.87	46
3192	3196.48	3194.24	114.29	114.73	114.73	38.2	38.4	38.38	5.23	5.24	5.21	51
3382.4	3386.88	3384.64	108.48	108.93	108.93	38.42	38.63	38.61	5.48	5.51	5.45	56
3758.72	3756.48	3754.24	103.13	102.68	103.13	40.59	40.39	40.54	5.74	5.77	5.81	60
3875.2	3879.68	3877.44	91.52	91.96	91.96	37.14	37.36	37.34	5.87	5.88	5.85	64
3976	3973.76	3978.24	87.5	87.05	87.5	36.43	36.23	36.45	6.01	6.02	6	70

ตารางที่ ค.4 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ในช่วงลดรอบการทำงานของเครื่องยนต์

ความเร็วรอบ (rpm)			แรงบิด (Nm)			กำลัง (kW)			อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (ml/s)			ความดันอากาศ
ค่าที่ 1	ค่าที่ 2	ค่าที่ 3	ค่าที่ 1	ค่าที่ 2	ค่าที่ 3	ค่าที่ 1	ค่าที่ 2	ค่าที่ 3	ค่าที่ 1	ค่าที่ 2	ค่าที่ 3	(mm. H_2O)
994.56	996.8	992.32	108.93	109.82	109.38	11.34	11.46	11.37	1.58	1.58	1.58	8.00
1198.4	1200.64	1202.88	114.73	115.18	115.18	14.4	14.48	14.51	2	1.99	1.99	8.50
1408.96	1402.24	1400	115.18	116.07	114.73	16.99	17.04	16.82	2.31	2.3	2.30	10.50
1597.12	1590.4	1594.88	118.3	117.86	117.41	19.79	19.63	19.61	2.78	2.8	2.79	13.00
1785.28	1783.04	1794.24	119.64	119.64	120.54	22.37	22.34	22.65	3.01	3.01	3.00	16.00
1960	1966.72	1964.48	122.77	124.55	123.66	25.2	25.65	25.44	3.32	3.31	3.29	19.00
2206.4	2204.16	2201.92	129.91	128.57	128.57	30.02	29.68	29.65	3.77	3.79	3.77	26.00
2396.8	2394.56	2390.08	125.89	125	124.55	31.6	31.34	31.17	4.32	4.26	4.24	29.50
2593.92	2598.4	2591.68	123.21	123.21	122.77	33.47	33.53	33.32	4.44	4.46	4.42	34.00
2788.8	2786.56	2791.04	121.43	120.98	121.43	35.46	35.3	35.49	4.79	4.77	4.77	39.00
2997.12	2999.36	3001.6	113.39	114.29	114.29	35.59	35.9	35.92	4.98	4.94	4.97	46.50
3194.24	3200.96	3196.48	112.5	111.61	112.05	37.63	37.41	37.51	5.49	5.48	5.49	50.00
3386.88	3391.36	3386.88	108.04	108.04	107.59	38.32	38.37	38.16	5.71	5.7	5.73	55.00
3745.28	3752	3749.76	101.79	102.68	102.23	39.92	40.34	40.14	5.85	5.85	5.84	61.00
3868.48	3866.24	3870.72	90.63	90.18	91.07	36.71	36.51	36.91	5.93	5.92	5.93	64.50
3976	3973.76	3978.24	87.5	87.05	87.5	36.43	36.23	36.45	6.01	6.02	6.00	70.00

ตารางที่ ค.5 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ในการทดสอบช่วงที่หนึ่ง

ระยะเวลา	ความเร็วรอบ	แรงบิด	กำลัง	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (ml/s)			อุณหภูมิแวดล้อม		ความดันอากาศ	ปริมาณน้ำมันเครื่อง (ml)		ข้อสังเกตที่ได้ระหว่างทำการทดสอบเครื่องยนต์		
(hr)	(rpm)	(Nm)	(kW)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	T_{wet}(^{o}C)	T_{dry} (^{o}C)	(mm. H_2O)	ก่อนทดสอบ	หลังทดสอบ	สภาพเครื่องยนต์	เสียงเครื่องยนต์	ปริมาณควัน
15	2000	125.5	26.3	3.06	3.07	3.05	22.0	28.5	22	5000	5000	ปกติ	ปกติ	ปกติ
30	2000	124.1	26.0	3.02	3.06	3.06	26.5	30.0	22	5000	5000	ปกติ	ปกติ	ปกติ
45	2000	122.0	25.5	3.02	3.02	3.04	26.0	31.0	22	5000	5000	ปกติ	ปกติ	ปกติ
60	2000	118.4	24.8	3.06	3.01	3.03	25.0	30.0	22	5000	4970	ปกติ	ปกติ	ปกติ
75	2000	115.6	24.2	3.06	3.00	3.03	25.5	30.5	22	5000	4930	ปกติ	ปกติ	ปกติ
90	2000	114.2	23.9	3.02	3.05	3.05	21.0	29.0	22	5000	4915	ปกติ	ปกติ	ปกติ
105	2000	112.8	23.6	3.05	3.05	3.05	26.0	32.0	22	5000	4880	ปกติ	ปกติ	ปกติ
120	2000	112.8	23.6	3.05	3.04	3.04	25.0	28.0	22	5000	4855	ปกติ	ปกติ	ปกติ
135	2000	111.3	23.3	3.06	3.04	3.05	24.0	28.0	22	5000	4800	ปกติ	ปกติ	ปกติ

ตารางที่ ค.6 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ในการทดสอบช่วงที่สอง

ระยะเวลา	ความเร็วรอบ	แรงบิด	กำลัง	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (ml/s)			อุณหภูมิแวดล้อม		ความดันอากาศ	ปริมาณน้ำมันเครื่อง(ml)		ข้อสังเกตที่ได้ระหว่างการทดสอบเครื่องยนต์		
(hr)	(rpm)	(Nm)	(kW)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	T_{wet}(^{o}C)	T_{dry} (^{o}C)	(mm. H_2O)	ก่อนทดสอบ	หลังทดสอบ	สภาพเครื่องยนต์	เสียงเครื่องยนต์	ปริมาณควัน
150	2000	121.3	25.4	3.02	3.06	3.04	25.0	28.0	22	5000	4990	ปกติ	ปกติ	ปกติ
165	2000	119.9	25.1	3.07	3.07	3.05	25.0	29.0	22	5000	4980	ปกติ	ปกติ	ปกติ
180	2000	119.1	24.9	3.06	3.06	3.05	23.0	29.0	22	5000	4980	ปกติ	ปกติ	ปกติ
195	2000	115.6	24.2	3.02	3.05	3.06	26.0	30.5	22	5000	4940	ปกติ	ปกติ	ปกติ
210	2000	113.5	23.8	3.07	3.05	3.05	25.5	30.5	22	5000	4880	ปกติ	ปกติ	ปกติ
225	2000	112.1	23.5	3.06	3.06	3.07	26.5	31.0	22	5000	4865	ปกติ	ปกติ	ปกติ
240	2000	111.3	23.3	3.04	3.05	3.05	25.5	30.0	22	5000	4840	ปกติ	ปกติ	ปกติ
255	2000	110.6	23.2	3.04	3.02	3.03	22.0	29.0	22	5000	4800	ปกติ	ปกติ	ปกติ
270	2000	110.6	23.2	3.04	3.05	3.06	23.0	28.5	22	5000	4750	ปกติ	ปกติ	ปกติ

ภาคผนวก ง

ผลการทดสอบ

เนื้อหาในภาคผนวกนี้ แสดงถึงผลการทดสอบทั้งหมด ที่อยู่ในรูปของข้อมูล ไม่ว่าจะเป็นผลการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ และผลการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังในตารางที่ ง.1 ถึงตารางที่ ง.6 ด้านล่าง

ตารางที่ ง.1 แสดงผลการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ในช่วงเพิ่มรอบการทำงานของเครื่องยนต์

ความเร็วรอบ$_{เฉลี่ย}$	แรงบิด$_{เฉลี่ย}$	กำลัง$_{เฉลี่ย}$	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ $_{เฉลี่ย}$		อัตราไหลมวลของอากาศ	อัตราส่วนระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิง
(rpm)	(Nm)	(kW)	(g/kW-hr)	(ml/kW-hr)	(kg/sec)	(A/F)
984.85	114.58	11.90	375.64	456.98	0.025	20.354
1195.41	121.58	15.17	369.28	449.24	0.029	18.416
1391.79	122.32	17.67	365.09	444.15	0.031	17.273
1596.37	124.85	20.90	361.93	440.31	0.036	17.010
1794.99	125.74	23.67	351.43	427.53	0.040	17.294
1967.47	127.53	26.30	345.00	419.71	0.043	16.950
2194.45	129.91	29.83	327.58	398.52	0.047	17.241
2404.27	126.04	31.73	351.37	427.46	0.053	17.174
2595.41	123.36	33.53	373.21	454.02	0.060	17.162
2776.85	119.64	34.77	385.38	468.83	0.063	17.024
2998.61	115.77	36.37	389.40	473.72	0.067	16.997
3194.99	114.14	38.17	398.09	484.30	0.073	17.236
3383.89	108.78	38.57	401.94	488.98	0.077	17.815
3772.16	98.96	39.13	408.62	497.10	0.079	17.801
3875.95	91.07	36.93	459.96	559.56	0.084	17.823
3993.92	85.86	35.88	510.22	620.70	0.087	17.062

ตารางที่ ง.2 แสดงผลการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ในช่วงลดรอบการทำงานของเครื่องยนต์

ความเร็วรอบ$_{เฉลี่ย}$	แรงบิด$_{เฉลี่ย}$	กำลัง$_{เฉลี่ย}$	อัตราการการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ$_{เฉลี่ย}$		อัตราไหลมวลของอากาศ	อัตราส่วนระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิง
(rpm)	(Nm)	(kW)	(g/kW-hr)	(ml/kW-hr)	(kg/sec)	(A/F)
981.12	110.27	11.43	416.54	506.74	0.026	19.781
1189.44	111.76	13.97	390.82	475.46	0.028	18.363
1399.25	112.35	16.47	387.76	471.72	0.030	17.028
1601.60	114.58	19.27	372.83	453.56	0.034	16.923
1797.23	117.86	22.17	368.88	448.76	0.039	17.081
1961.49	119.94	24.63	362.31	440.77	0.042	17.017
2196.69	122.77	28.27	358.45	436.06	0.048	16.968
2397.55	118.60	29.77	383.54	466.60	0.054	17.037
2595.41	116.22	31.57	404.13	491.64	0.060	17.047
2773.87	114.43	33.23	408.40	496.84	0.064	16.998
2997.87	113.10	35.53	412.63	501.98	0.069	16.915
3197.23	110.86	37.20	422.55	514.05	0.074	16.875
3386.13	106.25	37.60	437.90	532.73	0.077	16.903
3775.15	97.62	38.67	444.19	540.37	0.080	16.870
3872.96	89.88	36.47	487.38	592.92	0.084	16.977
3993.92	85.86	35.88	510.22	620.70	0.087	17.010

ตารางที่ ง.3 แสดงผลการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ในช่วงเพิ่มรอบการทำงานของเครื่องยนต์

ความเร็วรอบ$_{เฉลี่ย}$	แรงบิด$_{เฉลี่ย}$	กำลัง$_{เฉลี่ย}$	อัตราการการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ$_{เฉลี่ย}$		อัตราไหลมวลของอากาศ	อัตราส่วนระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิง
(rpm)	(Nm)	(kW)	(g/kW-hr)	(ml/kW-hr)	(kg/sec)	(A/F)
996.05	118.01	12.31	420.23	472.70	0.026	18.206
1195.41	121.43	15.20	415.49	467.37	0.028	15.875
1402.24	123.81	18.18	411.63	463.02	0.032	15.241
1603.09	125.30	21.03	408.65	459.67	0.034	14.428
1799.47	126.19	23.78	393.76	442.93	0.038	14.690
1962.24	129.91	26.69	384.35	432.34	0.042	14.612
2207.15	133.33	30.82	366.63	412.41	0.046	14.753
2402.03	130.65	32.86	387.93	436.37	0.052	14.776
2597.65	126.34	34.37	395.99	445.43	0.056	14.841
2786.56	125.45	36.61	405.01	455.58	0.060	14.484
3006.83	117.56	37.02	417.93	470.11	0.064	14.827
3194.24	114.58	38.33	436.19	490.65	0.068	14.689
3384.64	108.78	38.56	455.09	511.92	0.071	14.665
3756.48	102.98	40.51	456.25	513.22	0.074	14.412
3877.44	91.82	37.28	503.40	566.25	0.076	14.660
3976.00	87.35	36.37	528.93	594.97	0.08	14.85

ตารางที่ ง.4 แสดงผลการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ในช่วงลดรอบการทำงานของเครื่องยนต์

ความเร็วรอบ$_{เฉลี่ย}$	แรงบิด$_{เฉลี่ย}$	กำลัง$_{เฉลี่ย}$	อัตราการการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ$_{เฉลี่ย}$		อัตราไหลมวลของอากาศ	อัตราส่วนระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิง
(rpm)	(Nm)	(kW)	(g/kW-hr)	(ml/kW-hr)	(kg/sec)	(A/F)
994.56	109.38	11.39	444.17	499.63	0.025	17.984
1200.64	115.03	14.46	440.81	495.85	0.028	15.729
1403.73	115.33	16.95	434.73	489.01	0.031	15.123
1594.13	117.86	19.67	453.84	510.51	0.034	13.889
1787.52	119.94	22.45	428.43	481.93	0.038	14.302
1963.73	123.66	25.43	416.21	468.17	0.042	14.162
2204.16	129.02	29.78	405.86	456.54	0.046	13.793
2393.81	125.15	31.37	436.29	490.76	0.054	14.102
2594.67	123.07	33.44	424.94	478.00	0.056	14.111
2788.80	121.28	35.42	431.72	485.63	0.060	14.044
2999.36	113.99	35.80	443.49	498.86	0.063	14.367
3197.23	112.05	37.52	468.20	526.66	0.069	14.048
3388.37	107.89	38.28	477.64	537.28	0.071	13.948
3749.01	102.23	40.14	466.14	524.34	0.073	14.117
3868.48	90.63	36.71	516.75	581.27	0.076	14.389
3976.00	87.35	36.37	528.93	594.97	0.079	14.849

ตารางที่ ง.5 แสดงผลการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ในการทดสอบช่วงที่หนึ่ง

ระยะเวลา	ความเร็วรอบ	แรงบิด	กำลัง	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	อัตราไหลมวลของอากาศ	อุณหภูมิแวดล้อม		ปริมาณน้ำมันเครื่อง(ml)		ข้อสังเกตที่ได้ระหว่างการทดสอบเครื่องยนต์		
(hr)	(rpm)	Nm	kW	(liter/hr)	(kg/hr)	T_{wet}(^{o}C)	T_{dry} (^{o}C)	ก่อนทดสอบ	หลังทดสอบ	สภาพเครื่องยนต์	เสียงเครื่องยนต์	ปริมาณควัน
15.00	2000.00	125.50	26.30	11.01	161.30	22.00	28.50	5000.00	5000.00	ปกติ	ปกติ	ปกติ
30.00	2000.00	124.10	26.00	10.97	161.30	26.50	30.00	5000.00	5000.00	ปกติ	ปกติ	ปกติ
45.00	2000.00	122.00	25.50	10.89	161.30	26.00	31.00	5000.00	5000.00	ปกติ	ปกติ	ปกติ
60.00	2000.00	118.40	24.80	10.93	161.30	25.00	30.00	5000.00	4970.00	ปกติ	ปกติ	ปกติ
75.00	2000.00	115.60	24.20	10.92	161.30	25.50	30.50	5000.00	4930.00	ปกติ	ปกติ	ปกติ
90.00	2000.00	114.20	23.90	10.95	161.30	21.00	29.00	5000.00	4915.00	ปกติ	ปกติ	ปกติ
105.00	2000.00	112.80	23.60	10.99	161.30	26.00	32.00	5000.00	4880.00	ปกติ	ปกติ	ปกติ
120.00	2000.00	112.80	23.60	10.96	161.30	25.00	28.00	5000.00	4855.00	ปกติ	ปกติ	ปกติ
135.00	2000.00	111.30	23.30	10.97	161.30	24.00	28.00	5000.00	4800.00	ปกติ	ปกติ	ปกติ

ตารางที่ ง.6 แสดงผลการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ในการทดสอบช่วงที่สอง

ระยะเวลา	ความเร็วรอบ	แรงบิด	กำลัง	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	อัตราไหลมวลของอากาศ	อุณหภูมิแวดล้อม		ปริมาณน้ำมันเครื่อง(ml)		ข้อสังเกตที่ได้ระหว่างการทดสอบเครื่องยนต์		
(hr)	(rpm)	(Nm)	(kW)	(liter/hr)	(kg/hr)	T_{wet}(^{o}C)	T_{dry} (^{o}C)	ก่อนทดสอบ	หลังทดสอบ	สภาพเครื่องยนต์	เสียงเครื่องยนต์	ปริมาณควัน
150.00	2000.00	121.30	25.40	10.96	161.30	25.00	28.00	5000.00	4990.00	ปกติ	ปกติ	ปกติ
165.00	2000.00	119.90	25.10	11.02	161.30	25.00	29.00	5000.00	4980.00	ปกติ	ปกติ	ปกติ
180.00	2000.00	119.10	24.90	11.01	161.30	23.00	29.00	5000.00	4980.00	ปกติ	ปกติ	ปกติ
195.00	2000.00	115.60	24.20	10.97	161.30	26.00	30.50	5000.00	4940.00	ปกติ	ปกติ	ปกติ
210.00	2000.00	113.50	23.80	11.00	161.30	25.50	30.50	5000.00	4880.00	ปกติ	ปกติ	ปกติ
225.00	2000.00	112.10	23.50	11.03	161.30	26.50	31.00	5000.00	4865.00	ปกติ	ปกติ	ปกติ
240.00	2000.00	111.30	23.30	10.96	161.30	25.50	30.00	5000.00	4840.00	ปกติ	ปกติ	ปกติ
255.00	2000.00	110.60	23.20	10.91	161.30	22.00	29.00	5000.00	4800.00	ปกติ	ปกติ	ปกติ
270.00	2000.00	110.60	23.20	10.97	161.30	23.00	28.50	5000.00	4750.00	ปกติ	ปกติ	ปกติ

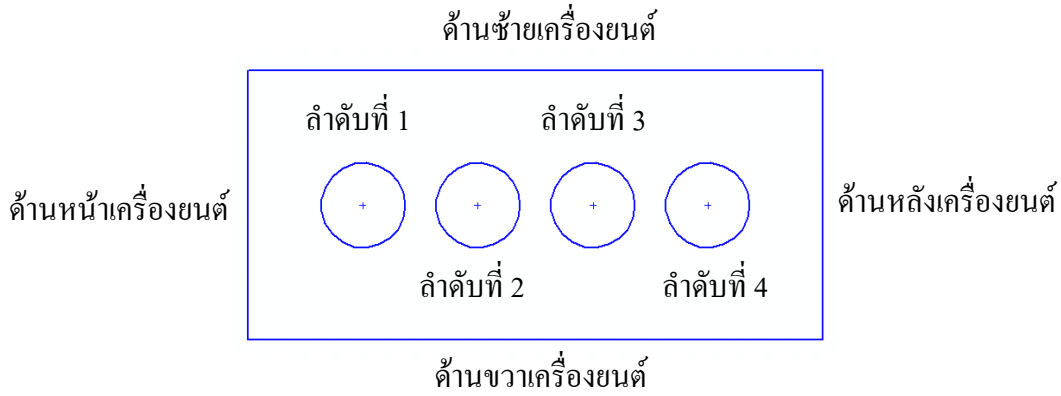
ตารางที่ ง.7 แสดงค่าความหนืดของน้ำมันเครื่อง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม จากการทดสอบเพื่อหาความคงทนของเครื่องยนต์ ตลอดระยะเวลา 270 ชั่วโมง

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ความหนืด (mPa-s)	
	ช่วงที่หนึ่ง	ช่วงที่สอง
0	128	128
15	134	156
30	156	154
45	155	154
60	156	156
75	154	152
90	154	151
105	152	151
120	153	151

ภาคผนวก จ
ชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ดีเซล ก่อนทำการทดสอบ*

* สามารถดูภาพสีได้ที่ไฟล์ข้อมูลในแผ่น ซีดี-รอม ที่แนบมาในท้ายเล่ม

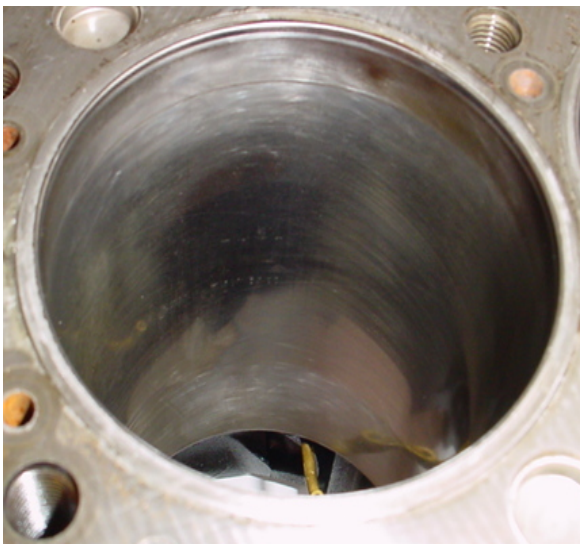
เนื้อหาในภาคผนวกนี้ แสดงถึงภาพชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ของบริษัท Nissanรุ่น TD 27 ก่อนที่จะทำการทดสอบ และเพื่อให้การแสดงภาพในครั้งนี้เป็นไปในลักษณะเดียวกันทั้งหมด จึงได้มีการกำหนดทิศทาง รวมถึงการบอกลำดับที่ของชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ ตามลักษณะการจัดวางตัวของเครื่องยนต์บนแท่นทดสอบ ดังแสดงได้ในรูปที่ จ.1 ด้านล่าง



รูปที่ จ.1 แสดงลักษณะการบอกทิศทาง รวมถึงการบอกลำดับที่ของชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ดีเซล ตามลักษณะการจัดวางตัวของเครื่องยนต์บนแท่นทดสอบ

จ.1 กระบอกสูบ

ในการแสดงภาพของกระบอกสูบ ก่อนที่จะทำการทดสอบในครั้งนี้ จะทำการแสดงเฉพาะบริเวณพื้นผิวด้านขวาของกระบอกสูบลำดับที่หนึ่งเท่านั้น ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากบริเวณพื้นผิวทั้งสี่ด้านของกระบอกสูบมีลักษณะที่เหมือนกัน รวมถึงในขณะที่ทำการยกเครื่องยนต์ใหม่ได้ทำการเปลี่ยนกระบอกสูบใหม่ทั้งหมดแล้ว แต่ในขณะนั้นไม่สามารถที่จะทำการถ่ายรูปเก็บไว้ได้ เนื่องจากเกิดปัญหาบางอย่างขึ้น ดังนั้นจึงได้นำเสนอภาพของกระบอกสูบก่อนที่จะทำการยกเครื่องยนต์ใหม่แทน เพื่อให้เห็นถึงลักษณะของกระบอกสูบว่ามีลักษณะอย่างไร ดังแสดงได้ในรูปด้านล่าง

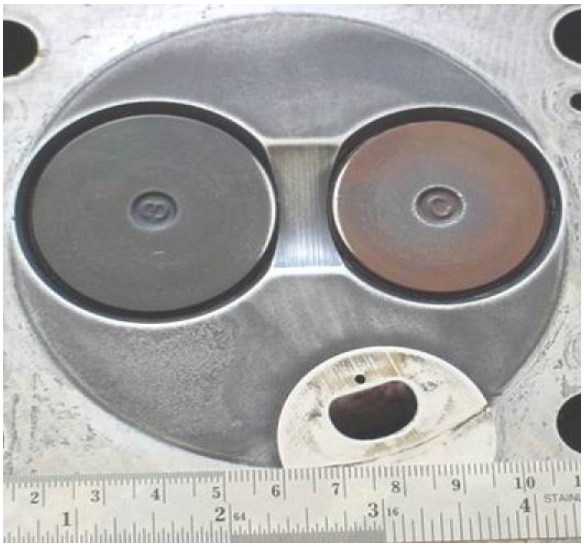


รูปที่ จ.1.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านขวาของกระบอกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ก่อนที่จะทำการทดสอบ

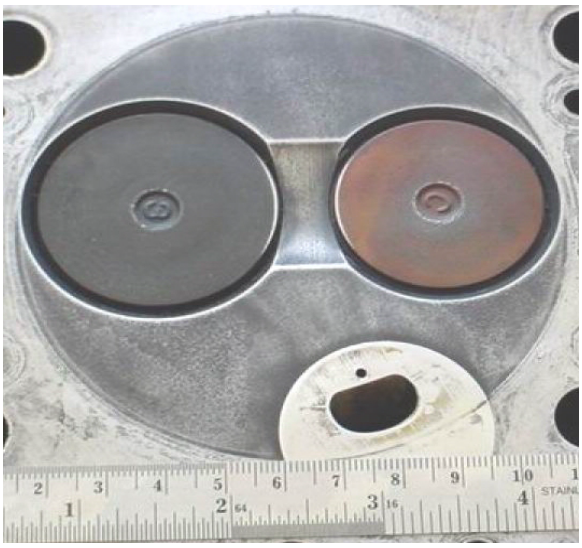
จ.2 ฝาสูบ

ในการแสดงภาพของฝาสูบ ก่อนที่จะทำการทดสอบในครั้งนี้ จะทำการแสดงครบทั้งสี่ฝาสูบ ดังแสดงได้ในรูปด้านล่าง

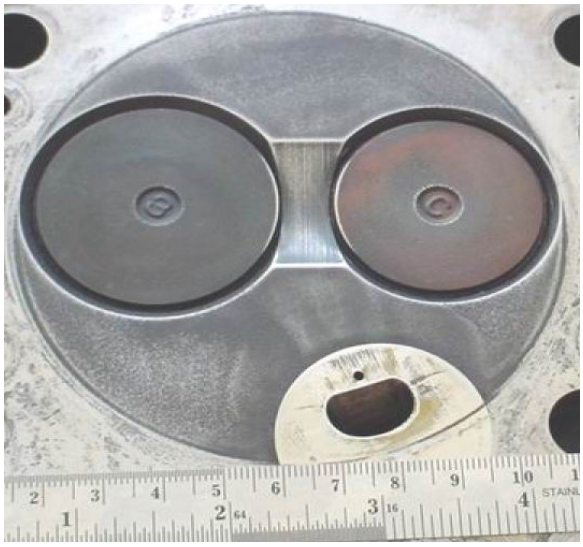
รูปที่ จ.2.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านล่างของฝาสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ก่อนที่จะทำการทดสอบ



รูปที่ จ.2.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านล่างของฝาสูบลำดับที่สอง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ก่อนที่จะทำการทดสอบ



รูปที่ จ.2.3 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านล่างของฝาสูบลำดับที่สาม ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ก่อนที่จะทำการทดสอบ



รูปที่ จ.2.4 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านล่างของฝาสูบลำดับที่สี่ ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ก่อนที่จะทำการทดสอบ

จ.3 ลูกสูบ

ในการแสดงภาพของลูกสูบ ก่อนที่จะทำการทดสอบในครั้งนี้ จะทำการแสดงเฉพาะบริเวณพื้นผิวทั้งห้าด้านของลูกสูบลำดับที่หนึ่งเท่านั้น ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากลูกสูบทั้งสี่ลูกมีลักษณะที่เหมือนกัน รวมถึงในขณะที่ทำการยกเครื่องยนต์ใหม่ได้ทำการเปลี่ยนลูกสูบใหม่ทั้งหมดแล้ว แต่ในขณะนั้นไม่สามารถที่จะทำการถ่ายรูปเก็บไว้ได้ เนื่องจากเกิดปัญหาบางอย่างขึ้น ดังนั้นจึงได้นำเสนอภาพของลูกสูบก่อนที่จะทำการยกเครื่องยนต์ใหม่แทน เพื่อให้เห็นถึงลักษณะของลูกสูบว่ามีลักษณะอย่างไร ดังแสดงได้ในรูปด้านล่าง

รูปที่ จ.3.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านขวาของลูกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ก่อนที่จะทำการทดสอบ

รูปที่ จ.3.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านซ้ายของลูกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ก่อนที่จะทำการทดสอบ

รูปที่ จ.3.3 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านหน้าของลูกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ก่อนที่จะทำการทดสอบ

รูปที่ จ.3.4 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านหลังของลูกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ก่อนที่จะทำการทดสอบ

รูปที่ จ.3.5 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของลูกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ก่อนที่จะทำการทดสอบ

จ.4 หัวฉีด

ในการแสดงภาพของหัวฉีด ก่อนที่จะทำการทดสอบในครั้งนี้ จะทำการแสดงครบทั้งสี่หัวฉีด ดังแสดงได้ในรูปด้านล่าง

จ.4.1 หัวฉีดลำดับที่หนึ่ง

รูปที่ จ.4.1.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของหัวฉีดลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ก่อนที่จะทำการทดสอบ

รูปที่ จ.4.1.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านข้างของหัวฉีดลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ก่อนที่จะทำการทดสอบ

จ.4.2 หัวฉีดลำดับที่สอง

รูปที่ จ.4.2.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของหัวฉีดลำดับที่สอง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ก่อนที่จะทำการทดสอบ

รูปที่ จ.4.2.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านข้างของหัวฉีดลำดับที่สอง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ก่อนที่จะทำการทดสอบ

จ.4.3 หัวฉีดลำดับที่สาม

รูปที่ จ.4.3.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของหัวฉีดลำดับที่สาม ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ก่อนที่จะทำการทดสอบ

รูปที่ จ.4.3.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านข้างของหัวฉีดลำดับที่สาม ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ก่อนที่จะทำการทดสอบ

จ.4.4 หัวฉีดลำดับที่สี่

รูปที่ จ.4.4.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของหัวฉีดลำดับที่สี่ ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ก่อนที่จะทำการทดสอบ

รูปที่ จ.4.4.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านข้างของหัวฉีดลำดับที่สี่ ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ก่อนที่จะทำการทดสอบ

จ.5 แหวนลูกสูบ

ในการแสดงภาพของแหวนลูกสูบ ก่อนที่จะทำการทดสอบในครั้งนี้ จะทำการแสดงเฉพาะแหวนลูกสูบลำดับที่หนึ่งเท่านั้น ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากในขณะที่ยกเครื่องยนต์ใหม่ได้ทำการเปลี่ยนแหวนลูกสูบใหม่ทั้งหมดแล้ว ดังแสดงได้ในรูปด้านล่าง

แหวนอัดกำลังตัวที่หนึ่ง แหวนอัดกำลังตัวที่สอง แหวนน้ำมันเครื่อง

รูปที่ จ.5.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของแหวนลูกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ก่อนที่จะทำการทดสอบ

ภาคผนวก ฉ
ชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ดีเซล
หลังจากทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิง*

* สามารถดูภาพสีได้ที่ไฟล์ข้อมูลในแผ่น ซีดี-รอม ที่แนบมาในท้ายเล่ม

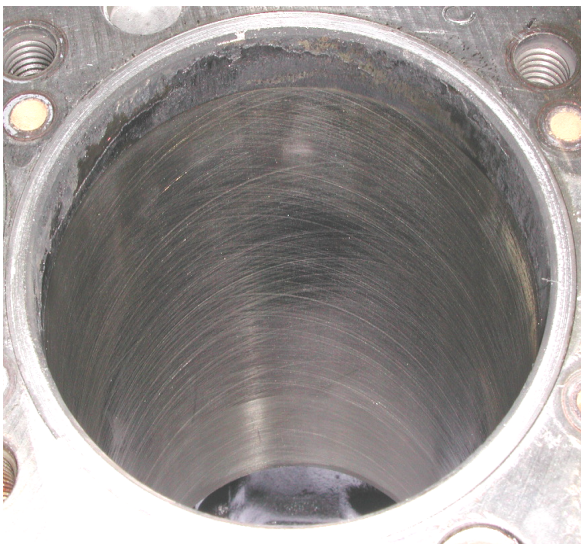
เนื้อหาในภาคผนวกนี้ แสดงถึงภาพชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ของบริษัท Nissanรุ่น TD 27 หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล ตลอดระยะเวลาทั้งหมด 270 ชั่วโมง ซึ่งสามารถแสดงได้ดังนี้คือ

ฉ.1 กระบอกสูบ

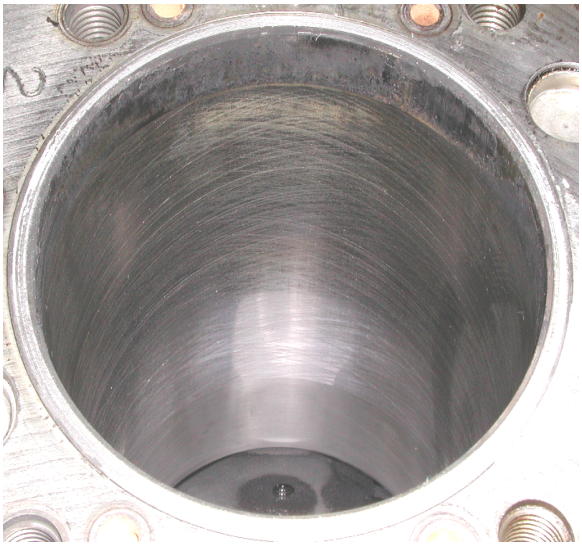
ในการแสดงภาพของกระบอกสูบ หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลในครั้งนี้ จะทำการแสดงครบทั้งสี่กระบอกสูบ ดังแสดงได้ในรูปด้านล่าง

ฉ.1.1 กระบอกสูบลำดับที่หนึ่ง

รูปที่ ฉ.1.1.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านขวาของกระบอกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล



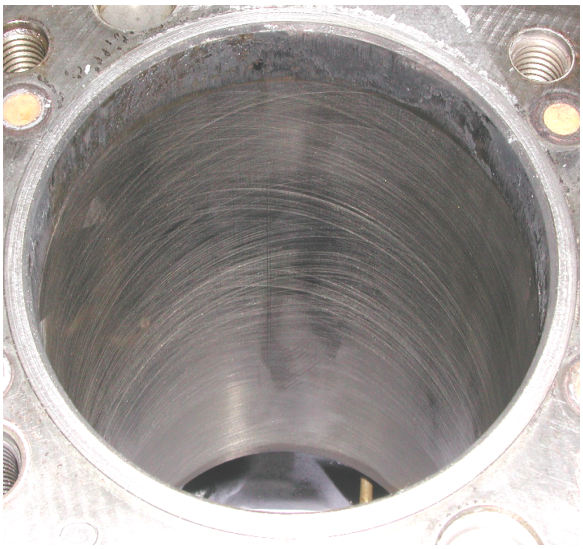
รูปที่ ฉ.1.1.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านซ้ายของกระบอกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล



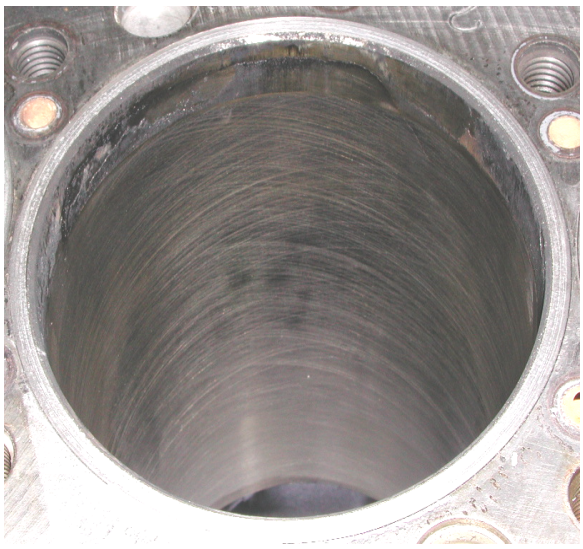
รูปที่ ฉ.1.1.3 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านหน้าของกระบอกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

รูปที่ ฉ.1.1.4 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านหลังของกระบอกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

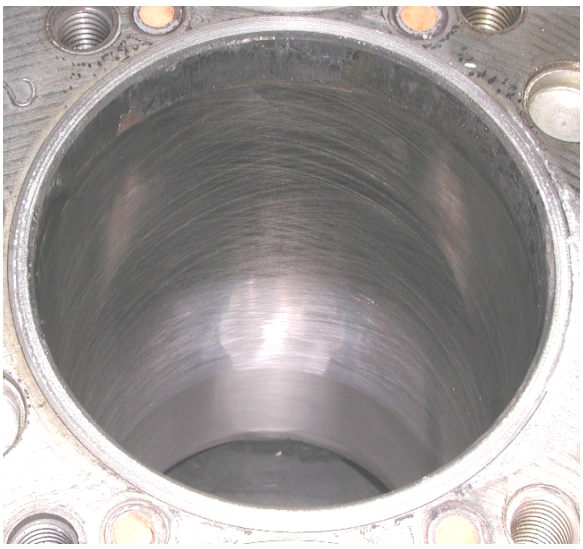
ฉ.1.2 กระบอกสูบลำดับที่สอง



รูปที่ ฉ.1.2.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านขวาของกระบอกสูบลำดับที่สอง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล



รูปที่ ฉ.1.2.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านซ้ายของกระบอกสูบลำดับที่สอง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล



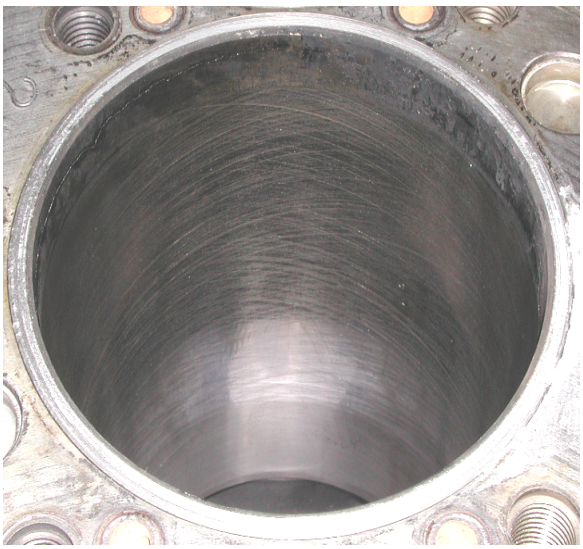
รูปที่ ฉ.1.2.3 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านหน้าของกระบอกสูบลำดับที่สอง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

รูปที่ ฉ.1.2.4 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านหลังของกระบอกสูบลำดับที่สอง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

ฉ.1.3 กระบอกสูบลำดับที่สาม

รูปที่ ฉ.1.3.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านขวาของกระบอกสูบลำดับที่สาม ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

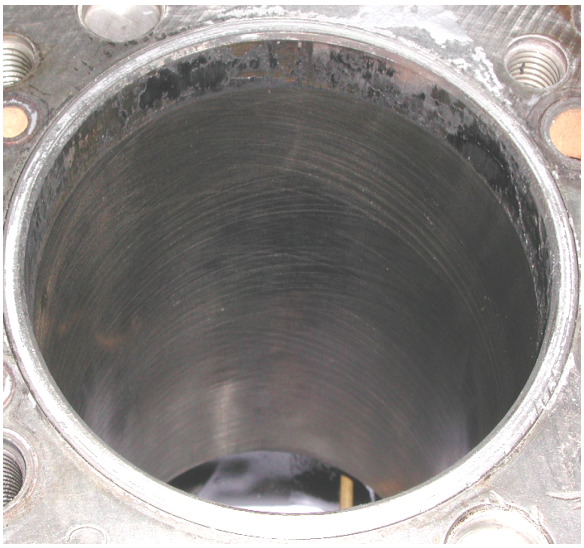
รูปที่ ฉ.1.3.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านซ้ายของกระบอกสูบลำดับที่สาม ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล



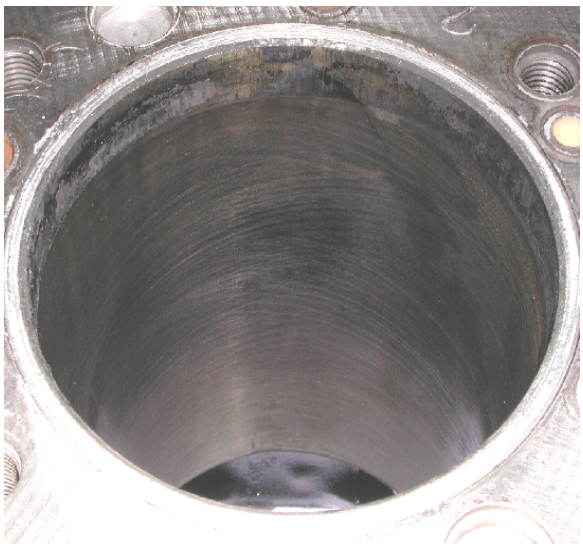
รูปที่ ฉ.1.3.3 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านหน้าของกระบอกสูบลำดับที่สาม ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

รูปที่ ฉ.1.3.4 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านหลังของกระบอกสูบลำดับที่สาม ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

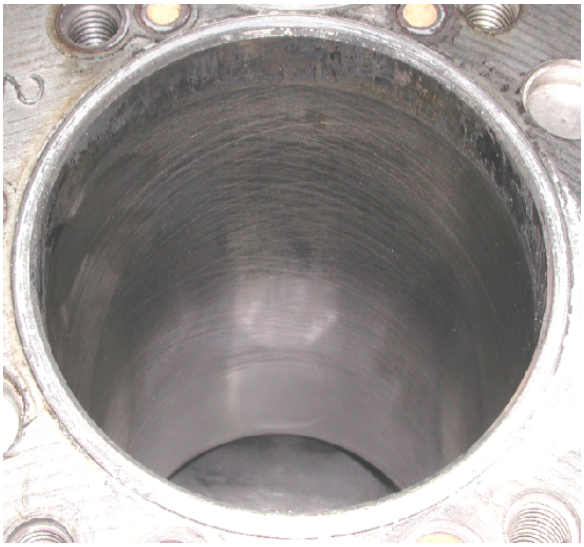
ฉ.1.4 กระบอกสูบลำดับที่สี่



รูปที่ ฉ.1.4.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านขวาของกระบอกสูบลำดับที่สี่ ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล



รูปที่ ฉ.1.4.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านซ้ายของกระบอกสูบลำดับที่สี่ ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล



รูปที่ ฉ.1.4.3 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านหน้าของกระบอกสูบลำดับที่สี่ ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

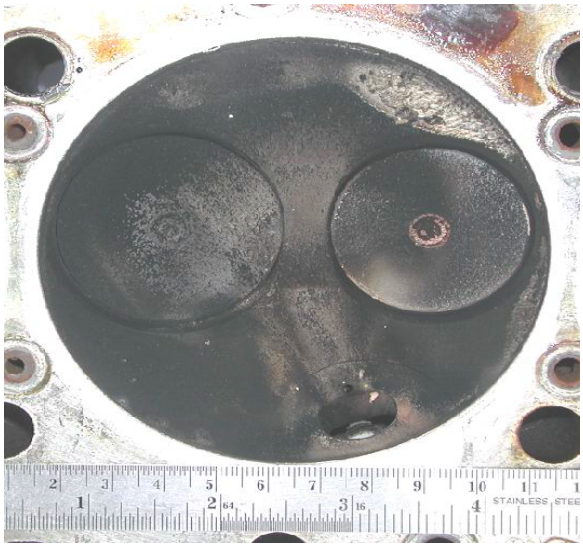
รูปที่ ฉ.1.4.4 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านหลังของกระบอกสูบลำดับที่สี่ ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

ฉ.2 ฝาสูบ

ในการแสดงภาพของฝาสูบ หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลในครั้งนี้ จะทำการแสดงครบทั้งสี่ฝาสูบ ดังแสดงได้ในรูปด้านล่าง

รูปที่ ฉ.2.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านล่างของฝาสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

รูปที่ ฉ.2.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านล่างของฝาสูบลำดับที่สอง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล



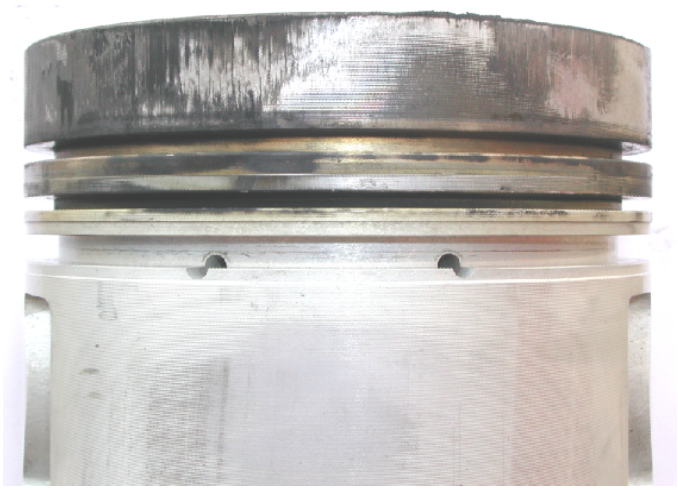
รูปที่ ฉ.2.3 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านล่างของฝาสูบลำดับที่สาม ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

รูปที่ ฉ.2.4 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านล่างของฝาสูบลำดับที่สี่ ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

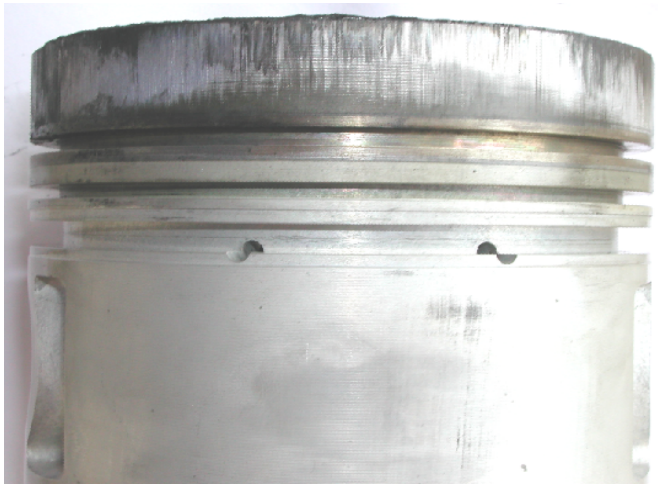
ฉ.3 ลูกสูบ

ในการแสดงภาพของลูกสูบ หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลในครั้งนี้ จะทำการแสดงครบทั้งสี่ลูกสูบ ดังแสดงได้ในรูปด้านล่าง

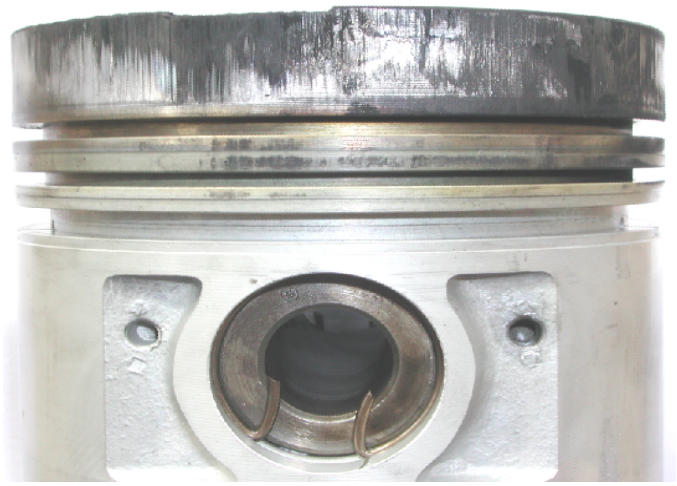
ฉ.3.1 ลูกสูบลำดับที่หนึ่ง



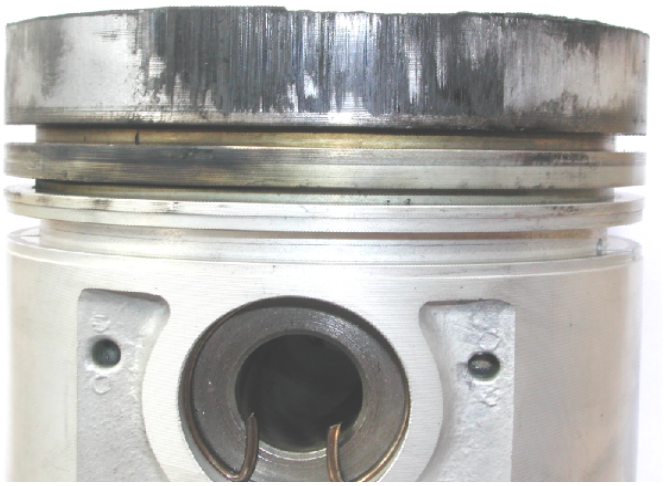
รูปที่ ฉ.3.1.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านขวาของลูกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล



รูปที่ ฉ.3.1.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านซ้ายของลูกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล



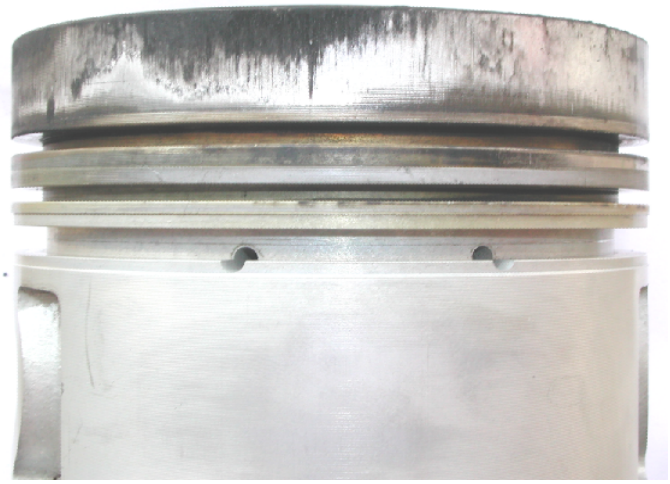
รูปที่ ฉ.3.1.3 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านหน้าของลูกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล



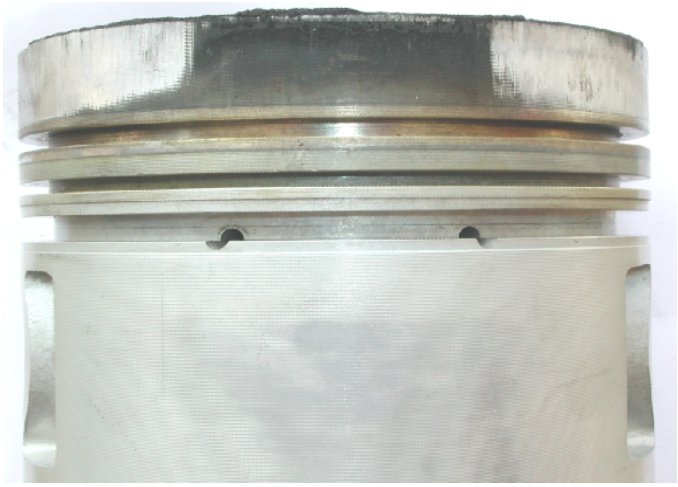
รูปที่ ฉ.3.1.4 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านหลังของลูกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

รูปที่ ฉ.3.1.5 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของลูกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

ฉ.3.2 ลูกสูบลำดับที่สอง

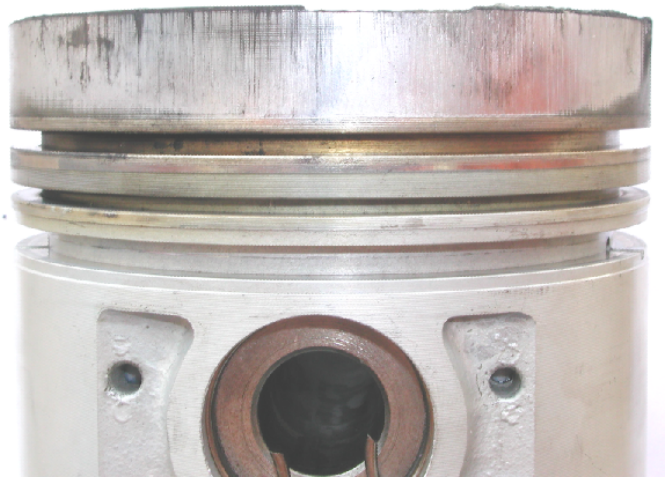


รูปที่ ฉ.3.2.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านขวาของลูกสูบลำดับที่สอง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล



รูปที่ ฉ.3.2.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านซ้ายของลูกสูบลำดับที่สอง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

รูปที่ ฉ.3.2.3 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านหน้าของลูกสูบลำดับที่สอง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล



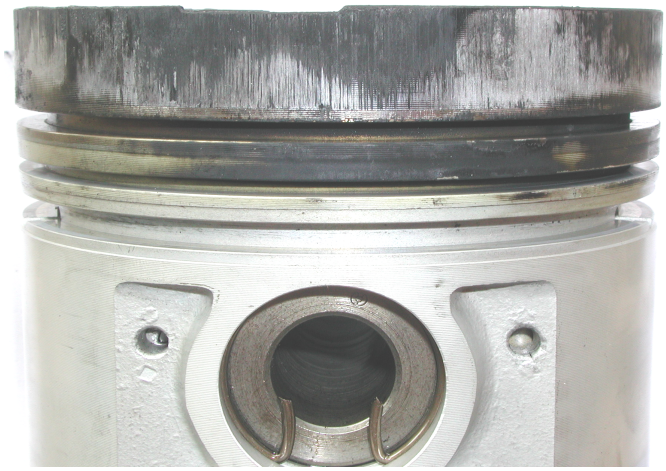
รูปที่ ฉ.3.2.4 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านหลังของลูกสูบลำดับที่สอง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

รูปที่ ฉ.3.2.5 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของลูกสูบลำดับที่สอง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

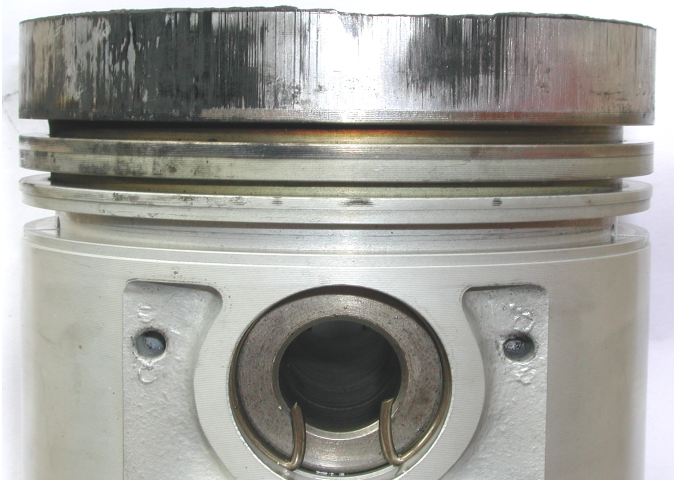
ฉ.3.3 ลูกสูบลำดับที่สาม

รูปที่ ฉ.3.3.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านขวาของลูกสูบลำดับที่สาม ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

รูปที่ ฉ.3.3.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านซ้ายของลูกสูบลำดับที่สาม ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล



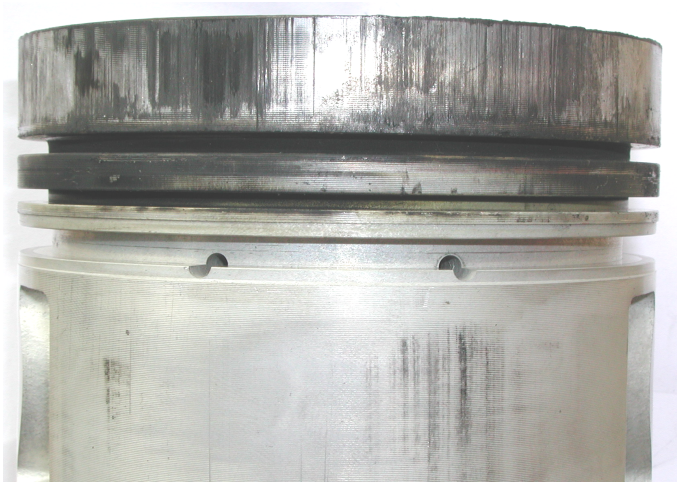
รูปที่ ฉ.3.3.3 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านหน้าของลูกสูบลำดับที่สาม ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล



รูปที่ ฉ.3.3.4 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านหลังของลูกสูบลำดับที่สาม ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

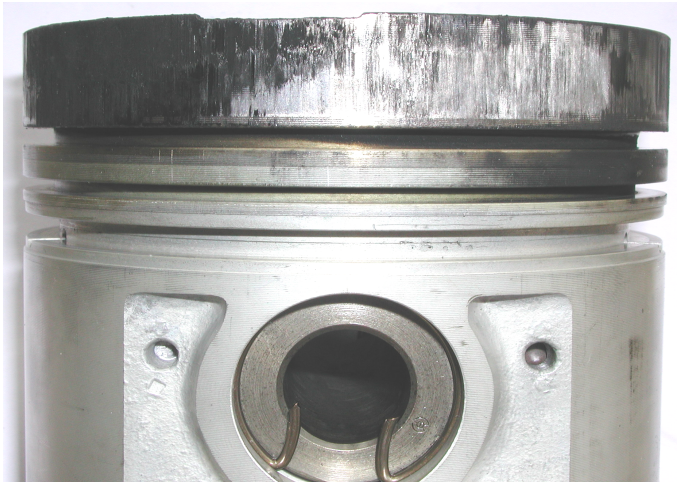
รูปที่ ฉ.3.3.5 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของลูกสูบลำดับที่สาม ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

ฉ.3.4 ลูกสูบลำดับที่สี่

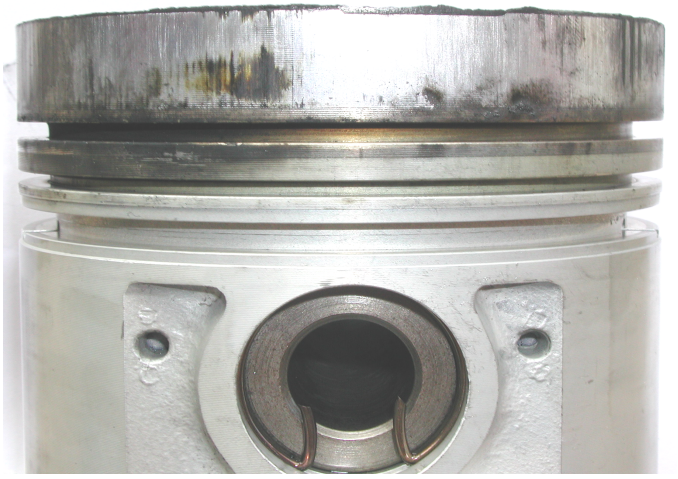


รูปที่ ฉ.3.4.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านขวาของลูกสูบลำดับที่สี่ ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

รูปที่ ฉ.3.4.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านซ้ายของลูกสูบลำดับที่สี่ ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล



รูปที่ ฉ.3.4.3 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านหน้าของลูกสูบลำดับที่สี่ ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล



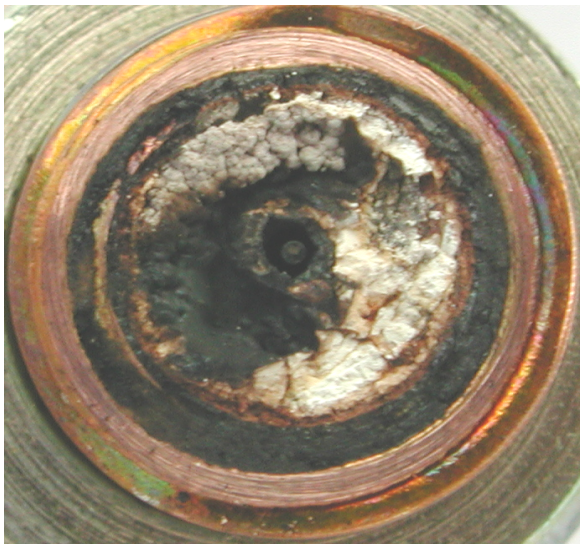
รูปที่ ฉ.3.4.4 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านหลังของลูกสูบลำดับที่สี่ ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

รูปที่ ฉ.3.4.5 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของลูกสูบลำดับที่สี่ ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

ฉ.4 หัวฉีด

ในการแสดงภาพของหัวฉีด หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลในครั้งนี้ จะทำการแสดงครบทั้งสี่หัวฉีด ดังแสดงได้ในรูปด้านล่าง

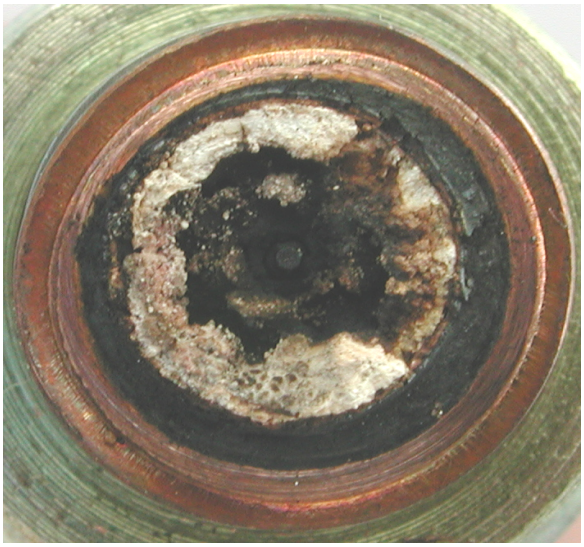
ฉ.4.1 หัวฉีดลำดับที่หนึ่ง



รูปที่ ฉ.4.1.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของหัวฉีดลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

รูปที่ ฉ.4.1.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านข้างของหัวฉีดลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

ฉ.4.2 หัวฉีดลำดับที่สอง

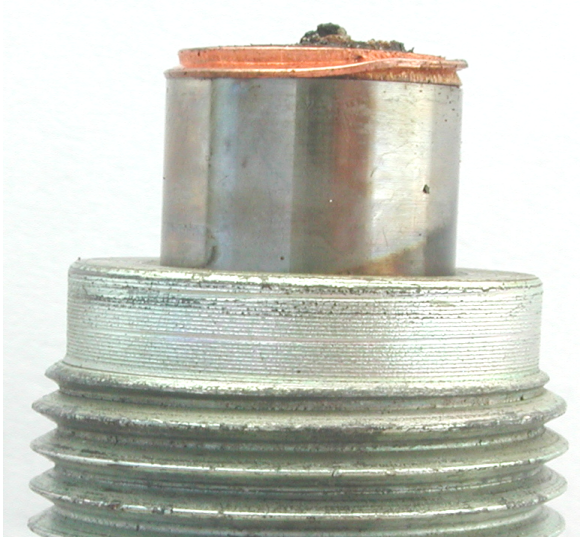


รูปที่ ฉ.4.2.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของหัวฉีดลำดับที่สอง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

รูปที่ ฉ.4.2.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านข้างของหัวฉีดลำดับที่สอง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

ฉ.4.3 หัวฉีดลำดับที่สาม

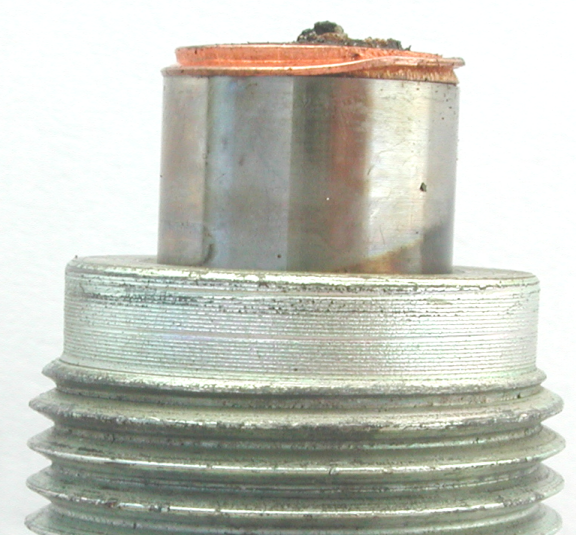
รูปที่ ฉ.4.3.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของหัวฉีดลำดับที่สาม ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล



รูปที่ ฉ.4.3.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านข้างของหัวฉีดลำดับที่สาม ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

ฉ.4.4 หัวฉีดลำดับที่สี่

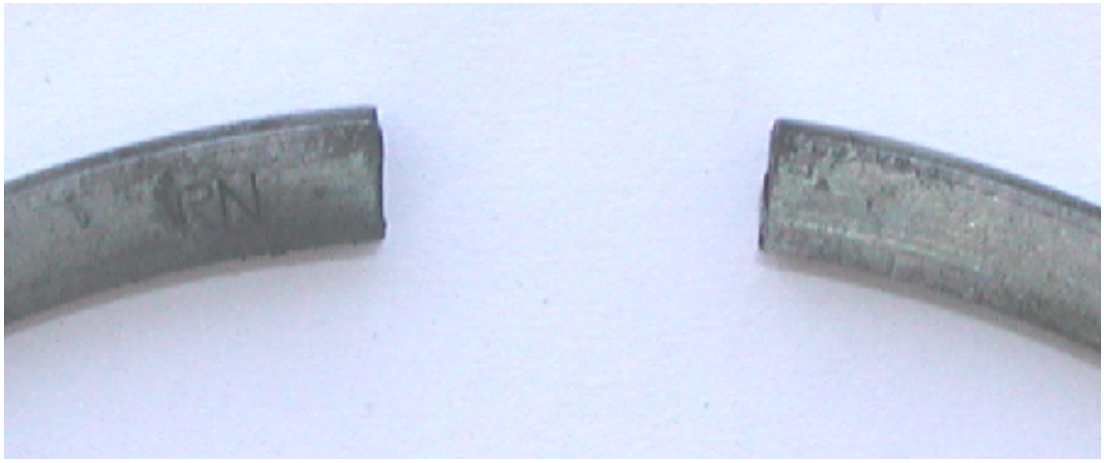
รูปที่ ฉ.4.4.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของหัวฉีดลำดับที่สี่ ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล



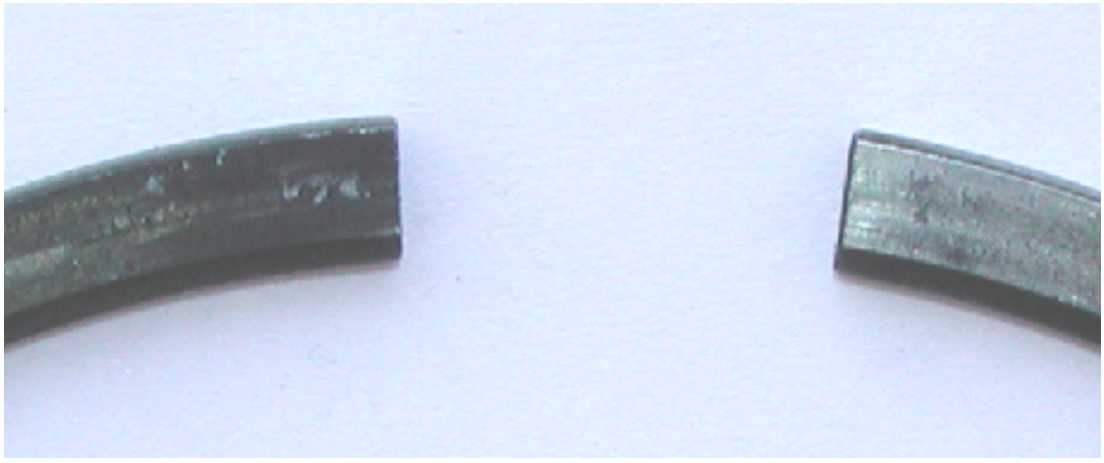
รูปที่ ฉ.4.4.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านข้างของหัวฉีดลำดับที่สี่ ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

ฉ.5 แหวนลูกสูบ

ในการแสดงภาพของแหวนลูกสูบ หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลในครั้งนี้ จะทำการแสดงเฉพาะแหวนอัดกำลังตัวที่หนึ่ง และแหวนอัดกำลังตัวที่สองของลูกสูบลำดับที่หนึ่งเท่านั้น ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากสภาพของแหวนลูกสูบหลังจากที่ทำการทดสอบเสร็จ มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมาก ดังแสดงได้ในรูปด้านล่าง



แหวนอัดกำลังตัวที่หนึ่ง (ตัวบน)



แหวนอัดกำลังตัวที่สอง(ตัวล่าง)

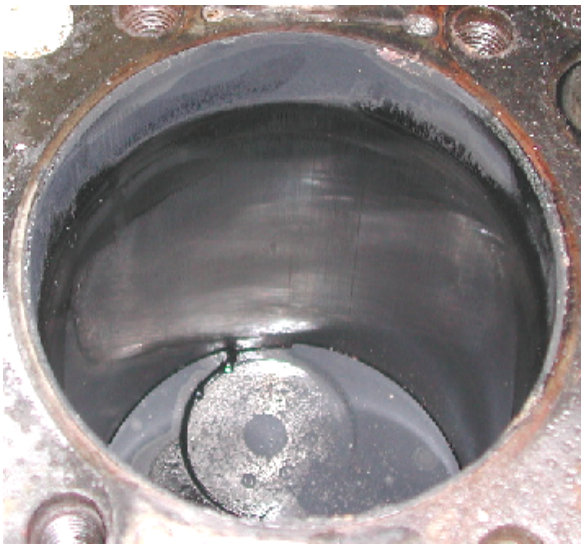
รูปที่ ฉ.5.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของแหวนอัดกำลังตัวที่หนึ่ง และแหวนอัดกำลังตัวที่สองของลูกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากที่ทำการทดสอบใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

ภาคผนวก ช
ชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ดีเซล หลังจาก ผ่านการใช้งานมาแล้ว โดยการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง*

* สามารถดูภาพสีได้ที่ไฟล์ข้อมูลในแผ่น ซีดี-รอม ที่แนบมาในท้ายเล่ม

ในภาคผนวกนี้ แสดงถึงภาพชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ของบริษัท Mitsubishi รุ่น 4M56 หลังจากที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว โดยการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง เป็นระยะทางประมาณ 300,000 กิโลเมตร ซึ่งสามารถแสดงได้ดังนี้คือ

ช.1 กระบอกสูบ



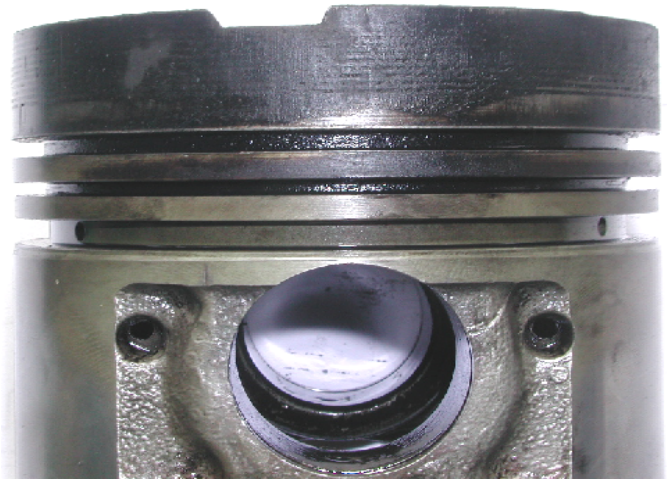
รูปที่ ช.1.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านขวาของกระบอกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากผ่านการใช้งานมาแล้ว โดยการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ช.2 ฝาสูบ

รูปที่ ช.2.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านล่างของฝาสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากผ่านการใช้งานมาแล้ว โดยการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ช.3 ลูกสูบ

รูปที่ ช.3.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของลูกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากผ่านการใช้งานมาแล้ว โดยการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง



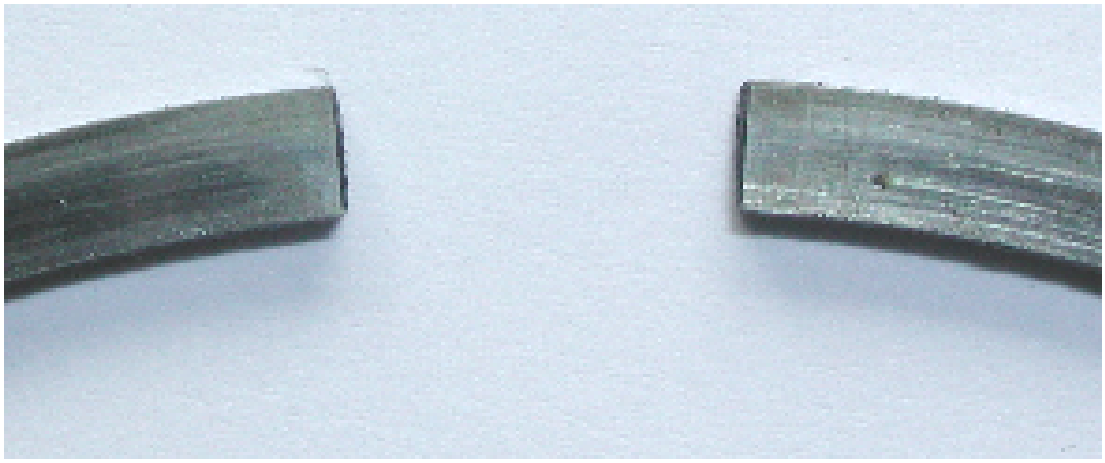
รูปที่ ช.3.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านหน้าของลูกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากผ่านการใช้งานมาแล้ว โดยการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ช.4 หัวฉีด

รูปที่ ช.4.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของหัวฉีดลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากผ่านการใช้งานมาแล้ว โดยการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

รูปที่ ช.4.2 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านข้างของหัวฉีดลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากผ่านการใช้งานมาแล้ว โดยการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ช.5 แหวนลูกสูบ



แหวนอัดกำลังตัวที่หนึ่ง (ตัวบน)

แหวนอัดกำลังตัวที่สอง (ตัวล่าง)

รูปที่ ช.5.1 แสดงบริเวณพื้นผิวด้านบนของแหวนอัดกำลังตัวที่หนึ่ง และแหวนอัดกำลังตัวที่สอง ของลูกสูบลำดับที่หนึ่ง ของเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม หลังจากผ่านการใช้งานมาแล้ว โดยการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ประวัติผู้เขียน

นาย ชัยนิกร กุลวงษ์ เกิดเมื่อวันที่ 30 เดือนเมษายน พุทธศักราช 2520 ที่อำเภอเกษตรวิสัย จังหวัดร้อยเอ็ด สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล) จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เมื่อพุทธศักราช 2543 ภายหลังได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี