การใช้น้ำมันเมล็ดยางพาราในเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก

APPLICATION OF RUBBER SEED OIL IN A SMALL DIESEL ENGINE

วิโรจน์ จันสุด

WIROT JUNSUD

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2549

ISBN 974-8308-15-4

การใช้น้ำมันเมล็ดยางพาราในเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก

APPLICATION OF RUBBER SEED OIL IN A SMALL DIESEL ENGINE

วิโรจน์ จันสุด

WIROT JUNSUD

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2549

ISBN 974 - 8308 -15 - 4

APPLICATION OF RUBBER SEED OIL IN A SMALL DIESEL ENGINE

WIROT JUNSUD

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2006

ISBN 974 - 8308 -15 - 4

COPYRIGHT 2006

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การใช้น้ำมันเมล็ดยางพาราในเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก
นักศึกษา	นายวิโรจน์ จันสุด
รหัสนักศึกษา	46060416
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
พ.ศ.	2549
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการนำน้ำมันเมล็ดยางพาราในประเทศไทย ซึ่งสามารถบีบอัดน้ำมันได้ประมาณ 25% โดยน้ำหนักจากเนื้อใน มาประยุกต์ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลเล็ก จากการวิเคราะห์องค์ประกอบกรดไขมัน พบว่าน้ำมันเมล็ดยางพารามีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวสูงกว่าน้ำมันพืชทั่วไปทำให้ไม่เป็นไขได้ง่าย แต่อย่างไรก็ตามน้ำมันเมล็ดยางพารายังมีความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซลมาก จึงจำเป็นต้องปรับปรุงคุณภาพน้ำมันให้ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลก่อนนำไปใช้งาน ดังนั้น ในงานวิจัยนี้นี้ นำเสนอการปรับปรุงน้ำมันเมล็ดยางพาราให้เหมาะสม โดยทดลองผสมกับ น้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 20%, 40%, 60%, 80% และ 100% โดยปริมาตร เพื่อใช้แทนน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลเล็ก และปรับปรุงเครื่องยนต์โดยการหุ้มฉนวนหัวลูกสูบ ซึ่งจากผลการทดสอบ ปรากฏว่า เมื่อนำน้ำเมล็ดยางพาราผสม มาทดลองถ่ายภาพสเปรย์การฉีดน้ำมันจะเห็นได้ว่า สเปรย์การฉีดน้ำมันจากเมล็ดยางพาราผสม จะเป็นฝอยละอองที่ไม่ดี และส่วนผสมน้ำมันจากเมล็ดยางพารา 20% จะให้ประสิทธิภาพเบรกของเครื่องยนต์ใกล้เคียงกับการใช้น้ำมันดีเซลทีสภาวะโหลดสูง ทางด้านมลภาวะจากการเผาไหม้ ของน้ำมันจากเมล็ดยางพาราผสมน้ำมันดีเซลจะมีค่าความเข้มของไอเสียน้อยกว่าน้ำมันดีเซล ซึ่งโดยเฉลี่ยลดลงได้มากกว่า 40% เมื่อผสมน้ำมันเมล็ดยางพารามากกว่า 40% และหากมีการหุ้มฉนวนหัวลูกสูบความเข้มของไอเสียลดลงโดยเฉลี่ยได้มากกว่า 50% ในการทดสอบเครื่องยนต์ครั้งนี้ เป็นการทดลองในระยะสั้น ค่าประสิทธิภาพทางความร้อนเบรก และสมรรถนะใกล้เคียงกับการใช้น้ำมันดีเซลมาก แต่ผลการสเปรย์ของน้ำมันเมล็ดยางพาราผสมดีเซลยังไม่สามารถเทียบเท่ากับสเปรย์ของน้ำมันดีเซล100%ได้ อย่างไรก็ตามการใช้งานในระยะยาวต้องคอยดูแลหัวฉีด และห้องเผาไหม้เป็นพิเศษ เพราะถึงแม้ว่าในน้ำมันพืชมีออกซิเจนอยู่ก็ตาม แต่สเปรย์ของน้ำมันเป็นฝอยละอองที่ไม่ดี ส่งผลให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ได้ และจะเกิดเขม่าตามมา การปรับแต่งเครื่องยนต์โดยการหุ้มฉนวนหัวลูกสูบ เมื่อใช้น้ำมันพืชผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนต่างๆ จะทำให้ประสิทธิภาพเบรกเครื่องยนต์ดีกว่าขณะที่ไม่หุ้มฉนวน แต่ทำให้อุณหภูมิไอเสียสูงขึ้น

Thesis Title	Application of Rubber Seed Oil in a Small Diesel Engine
Student	Mr.Wirot Junsud
Student ID.	46060416
Degree	Master of Engineering
Programme	Mechanical Engineering
Year	2006
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr.Chinda Charoenpornpanich

ABSTRACT

This paper presents about using rubber seed oil in Thailand as an alternative fuel for a small diesel engine. Rubber oil can be produced from kernel of rubber seed with 25% yield using hydraulic compress machine. Fatty acid analysis results show that rubber seed oil has unsaturated fatty acid higher the common vegetable oil so it is difficult to solidified. However, viscosity of rubber seed oil is higher than diesel fuel. The viscosity of the oil should be decreased if we want to use in an engine. This paper presents improvement of rubber seed oil by blending with diesel at the ratio of 20%, 40%, 60%, 80% and 100% by volume and improvement of an engine by insulating the piston. When using blended rubber seed oil 20% with diesel engine the brake thermal efficiency is as same as using diesel fuel for high load condition. The smoke density of blended rubber seed oil is lower than diesel fuel which could be reduced more than 40% when blending rubber seed oil with diesel ratio more than 40%. If insulation piston, the smoke density will decrease more than 50%. In this study the engine was run in a short period of time. The performance of blended rubber seed oil is as same as diesel fuel but it is spray test results are worse than the diesel spray test. However, in a long term engine run the injector and combustion chamber are needed to be maintenance carefully. Though the rubber seed oil has oxygen, it could make an incomplete combustion and deposit in the combustion chamber due to its higher viscosity and poor injection spray. An improvement of the DI engine by insulating the piston effects to increase the performance of the engine and it causes higher exhaust gas temperature.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์ ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะในการแก้ปัญหา ตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณ กรรมการสอบหัวข้อและโครงร่างปริญญานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนข้อชี้แนะ จนในที่สุดทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

ขอขอบคุณพี่ ๆ และเพื่อน ๆ ในห้องปฏิบัติการทุกคน

ขอขอบคุณบริษัทยันม่าร์เอส พี ประเทศไทย จำกัด และบริษัทอี ดี ไอ เอ็นจิน จำกัด ที่ให้การสนับสนุนเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบโดยใช้น้ำมันพืชผสม

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

วิโรจน์ จันสุด

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VIII

สารบัญรูป.....IX

บทที่1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....2

1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....2

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....2

1.5 ขอบเขตการวิจัย.....3

1.6 ประโยนช์ที่คาดว่าจะได้รับ.....3

1.7 ขั้นตอนการศึกษา.....3

บทที่2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....5

บทที่3 ทฤษฎี.....9

3.1 ยางพารา.....9

3.2 ไขมันและน้ำมัน.....10

3.3 การนำน้ำมันพืชมาใช้ในเครื่องยนต์ดีเซล.....11

3.3.1 Blending.....11

3.3.2 Microemulsions.....12

3.3.3 Pyrolysis.....12

3.3.4 Transesterification.....12

3.4 การผลิตน้ำมันจากเมล็ดยางพารา.....12

3.5 วิเคราะห์สมบัติเบื้องต้นน้ำมันเมล็ดในยางพารา.....12

3.6 น้ำมันเชื้อเพลิง.....14

3.7 สมบัติของน้ำมันดีเซล.....15

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....35

4.2.1 กระบอกอัดน้ำมัน.....35

4.2.2 เครื่องยนต์ที่นำมาทดสอบ.....36

4.2.3. ไดนาโมมิเตอร์.....38

4.2.4. ชุดคอนโทรล.....38

4.2.5. เครื่องวัดควันดำ.....39

4.2.6. เครื่องชั่งน้ำหนัก.....39

4.2.7. เครื่องควบคุมอุณหภูมิ.....39

4.2.8 ชุดลูกสูบที่มีการหุ้มฉนวน.....40

4.3 ขั้นตอนการทดสอบ.....41

4.4 การปรับปรุงเครื่องยนต์โดยการหุ้มฉนวนหัวลูกสูบ.....41

4.5 ขั้นตอนการวิจัย.....42

4.5.1 ขั้นตอนการผลิตน้ำมันจากเมล็ดยางพารา.....42

4.5.2 ขั้นตอนการทดสอบเครื่องยนต์..... 42

บทที่5 ผลการวิเคราะห์การทดลอง.....43

5.1 ผลการศึกษาสมบัติน้ำมันเมล็ดยางพารา.....43

5.2 ผลการทดสอบสเปรย์หัวฉีด.....44

5.3 ผลจากการทดลองวัดองศาการฉีดน้ำมันเมล็ดยางพาราผสมในเครื่องยนต์DI.....46

5.4 ผลจากการทดลองใช้น้ำมันเมล็ดยางพาราผสม กับเครื่องยนต์IDI.....47

5.5 ผลการทดลองใช้น้ำมันเมล็ดยางพาราผสม กับเครื่องยนต์DI.....51

5.6 ผลการทดลองใช้น้ำมันเมล็ดยางพาราผสมกับเครื่องยนต์DIหุ้มฉนวนหัวลูกสูบ.....55

5.7 เปรียบเทียบสมรรถนะเครื่องยนต์ที่ไม่ปรับแต่งกับเครื่องยนต์หุ้มฉนวนหัวลูกสูบ....60

บทที่6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....65

6.1 สรุปผลการวิจัย.....65

6.2 ข้อเสนอแนะ.....66

เอกสารอ้างอิง.....67

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก.....69

ภาคผนวก ก. มาตรฐานต่างๆ.....70

ภาคผนวก ข. ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์.....85

ประวัติผู้เขียน.....100

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 สมบัติและค่าความร้อนของน้ำมันพืชต่างๆเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล.....11

3.2 ชนิดและปริมาณกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันพืชตัวอย่าง.....13

3.3 สมบัติของน้ำมันเมล็ดในยางพาราเทียบกับน้ำมันดีเซล.....13

3.4 ความต้านทานของหน้าสัมผัส 34

4.1 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องยนต์ทดสอบเครื่องที่ 1 (เครื่องยนต์ยันมาร์ รุ่นTF 85.....36

4.2 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องยนต์ทดสอบเครื่องที่ 2 (เครื่องยนต์อี ดี ไอ รุ่น อี ดี ไอ 95).....36

5.1 ชนิดและปริมาณกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันเมล็ดยางพาราตัวอย่าง.....43

5.2 สมบัติของน้ำมันเมล็ดในยางพาราเทียบกับน้ำมันดีเซล.....44

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

3.1 แสดงผลของยางพาราขณะแก่จัด....9
3.2 แสดงขนาดเมล็ดยางพาราเทียบกับเมล็ดสบู่ดำซึ่งมีขนาดเล็กกว่าเมล็ดยางพา....10
3.3 แสดงวิธีการทดสอบของ Pensky – Marsten....20
3.4 แสดงอัตราการปล่อยความร้อนของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรง และช่วงการเผาไหม้แบบต่างๆ....23
3.5 แสดงการฉีดเชื้อเพลิงและการเผาไหม้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดแบบอัด 3 รูปแบบ....24
3.6 ส่วนประกอบของระบบน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์เล็กดีเซล....29
3.7 ทิศทางการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง....29
3.8 ส่วนประกอบของปั๊มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง....30
3.9 การทำงานของปั๊มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง....30
3.10 การปรับการปริมาณการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง....31
3.11 ส่วนประกอบของหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง....32
3.12 อุณหภูมิที่ลดลงเมื่อข้ามหน้าสัมผัสของวัสดุที่มีความต้านทานความร้อน....33
4.1 แสดงกระบอกอัดและวิธีการอัดน้ำมันจากเมล็ดยางพารา....35
4.2 แสดงลักษณะเครื่องยนต์และอุปกรณ์ทดสอบ....37
4.3 แผนภาพแสดงลักษณะเครื่องยนต์และอุปกรณ์ทดสอบ....37
4.4 Eddy Current Dynamometer....38
4.5 ชุดคอนโทรล....38
4.6 เครื่องวัดควันดำ....39
4.7 เครื่องชั่งน้ำหนักElectronic Weight....39
4.8 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Control)....39
4.9 ชุดลูกสูบที่มีการหุ้มฉนวน....40
4.10 เปรียบเทียบระหว่างลูกสูบแบบเดิม และชุดลูกสูบที่มีการหุ้มฉนวน....40
5.1 ลักษณะสเปรย์ของน้ำมันที่อัตราส่วนผสมต่างๆ....45
5.2 แสดงลักษณะสเปรย์ที่อัตราส่วนผสมน้ำมันเมล็ดยางพารา60%-100% แต่ละช่วงเวลา....45
5.3 แสดงลักษณะสเปรย์ที่อัตราส่วนผสมน้ำมันเมล็ดยางพารา40%-0% แต่ละช่วงเวลา....46
5.4 แสดงลักษณะองศาการฉีดน้ำมันเมล็ดยางพาราผสม ที่เปลี่ยนตามสภาวะโหลดต่างๆ....46
5.5 แสดงลักษณะคราบเขม่าการผาไหม้ของ ดีเซล 100%ในเครื่องยนต์IDI....47
5.6 แสดงลักษณะเขม่าการเผาไหม้ของน้ำมันยางพาราผสมในเครื่องยนต์IDI....47

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.7 แสดงอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่สภาวะโหลดต่างๆในเครื่องยนต์IDI 48
5.8 แสดงประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเชื้อเพลิงที่สภาวะโหลดต่างๆในเครื่องยนต์IDI.....48
5.9 แสดงความเข้มของไอเสียที่สภาวะโหลดต่างๆในเครื่องยนต์IDI.....49
5.10 แสดงอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่นที่สภาวะโหลดต่างๆในเครื่องยนต์IDI 50
5.11 แสดงอุณหภูมิไอเสียที่สภาวะโหลดต่างๆในเครื่องยนต์IDI 50
5.12 แสดงลักษณะเขม่าการเผาไหม้ของน้ำมันยางพาราผสมในเครื่องยนต์ DI 51
5.13 แสดงอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่สภาวะโหลดต่างๆในเครื่องยนต์ DI 52
5.14 แสดงประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่สภาวะโหลดต่างๆในเครื่องยนต์ DI 52
5.15 แสดงความเข้มของไอเสียที่สภาวะโหลดต่างๆในเครื่องยนต์ DI 53
5.16 แสดงอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่นที่สภาวะโหลดต่างๆในเครื่องยนต์ DI.....54
5.17 แสดงอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นที่สภาวะโหลดต่างๆในเครื่องยนต์ DI.....54
5.18 แสดงอุณหภูมิไอเสียที่สภาวะโหลดต่างๆในเครื่องยนต์ DI.....55
5.19 แสดงลักษณะเขม่าการเผาไหม้ของน้ำมันยางพาราผสมหลังปรับปรุงลูกสูบ.....56
5.20 แสดงอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของแต่ละชนิดหลังจากการปรับปรุงเครื่องยนต์.....56
5.21 แสดงประสิทธิภาพเชิงความร้อนหลังจากการปรับปรุงเครื่องยนต์..... 57
5.22 แสดงความเข้มไอเสีย หลังจากการปรับปรุงเครื่องยนต์..... 57
5.23 แสดงอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่นหลังจากการปรับปรุงเครื่องยนต์..... 58
5.24 แสดงอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นหลังจากการปรับปรุงเครื่องยนต์..... 59
5.25 แสดงอุณหภูมิไอเสียหลังจากการปรับปรุงเครื่องยนต์..... 59
5.26 เปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่สภาวะโหลดต่างๆ.....60
5.27 เปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานที่สภาวะโหลดต่างๆ.....61
5.28 เปรียบเทียบประสิทธิภาพทางความร้อนที่สภาวะโหลดต่างๆของเชื้อเพลิง.....61
5.29 เปรียบเทียบความเข้มไอเสียที่สภาวะโหลดต่างๆของเชื้อเพลิง.....62
5.30 เปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่สภาวะโหลดต่างๆของเชื้อเพลิง.....63
5.31 เปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่สภาวะโหลดต่างๆของเชื้อเพลิง.....63
5.32 เปรียบเทียบอุณหภูมิไอเสียที่สภาวะโหลดต่างๆของเชื้อเพลิง.....64

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในภาวะปัจจุบันความต้องการทางด้านพลังงานมีแนวโน้มสูงมากขึ้น น้ำมันดีเซลก็เป็นตัวอย่างหนึ่งที่ต้องการเชื้อเพลิงจากแหล่งอื่นมาทดแทน อันเนื่องมาจาก แหล่งน้ำมันปิโตรเลียมลดน้อยลงทุกวัน หลายคนพยายามศึกษาค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับน้ำมันพืชชนิดต่างๆ เพื่อนำมาทดแทนน้ำมันดีเซล เช่น น้ำมันจากปาล์ม มะพร้าว ถั่ว เมล็ดทานตะวัน และอื่นๆอีกหลายชนิด ซึ่งน้ำมันจากพืชดังกล่าว มีการนำมาใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้อีกมากมาย เช่นบริโภค หรืออุตสาหกรรมแปรรูปอื่นๆ[1] ดังนั้นการน้ำมันพืชเหล่านี้มาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนในเครื่องยนต์ดีเซลจึงควรคำนึงถึงหลักทางเศรษฐศาสตร์ด้วย

จากปัญหาสภาวะแวดล้อมอุณหภูมิของโลกที่ร้อนขึ้น และนานาประเทศก็มุ่งประเด็นไปสู่การลดปัญหาก๊าซเรือนกระจก เช่นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้ ซึ่งพืชใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง ดังนั้นถ้าเราใช้น้ำมันจากเมล็ดยางพาราซึ่งเป็นผลผลิตจากพืช เพื่อทดแทนเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลก็จะทำให้เกิดความสมดุลทางธรรมชาติ เนื่องจากพืชใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการสังเคราะห์แสงแล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานได้[2]

การใช้น้ำมันพืชเป็นเชื้อเพลิงในประเทศไทยมีจำกัด จนกระทั่งเกิดวิกฤตการณ์น้ำมันขึ้นอีกครั้งเมื่อต้นปี พ.ศ. 2544 จึงทำให้ประเทศไทยมีความตื่นตัวในเรื่องของการหาแหล่งพลังงานทดแทนน้ำมันอย่างมากมาย เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานชีวมวล แก๊สชีวภาพ และไบโอดีเซลบ[3]

เมล็ดพืชที่นำมาสกัดเป็นน้ำมันพืชที่ใช้บริโภคและอุตสาหกรรม มีประมาณ 14 ชนิด ได้แก่ ถั่วเหลือง เมล็ดนุ่น ถั่วลิสง งา มะพร้าว เมล็ดปอ เมล็ดปาล์ม รำข้าว เมล็ดละหุ่ง เมล็ดทานตะวัน เมล็ดยางพารา ดอกคำฝอย และข้าวโพด แต่น้ำมันที่มีศักยภาพพอที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงมีด้วยกัน 6 ชนิด ได้แก่ น้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันงา และน้ำมันรำข้าว ซึ่งหลังจากการสกัดน้ำมันออกแล้วกากที่เหลือเป็นผลพลอยได้ใช้เป็นอาหารสัตว์ และทำปุ๋ยได้อีกด้วย[4]

การใช้น้ำมันพืชกับเครื่องยนต์ดีเซลโดยตรง มีข้อจำกัดหลายประการคือ มีค่าความหนืดสูง มีปัญหาในการติดเครื่องยนต์[5] นอกจากนี้ยังสามารถเกิดปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชัน เกิดเป็นยางเหนียวสะสมตามเครื่องยนต์และหัวฉีด ดังนั้นต้องมีเทคนิคในการลดความหนืดให้เหมาะสมก่อนที่จะใช้งาน โดยวิธีที่นิยมใช้ในปัจจุบันคือการผสมระหว่างน้ำมันพืชกับน้ำมันดีเซล ซึ่งอาจมีตัวทำละลายอื่นๆด้วย เช่นน้ำมันก๊าด แอลกอฮอล์ เพื่อลดความหนืดของน้ำมันผสม[6]

น้ำมันจากเมล็ดยางพาราเป็นผลพลอยได้จากการปลูกต้นยางพารา เพื่อต้องการใช้น้ำยางจากลำต้นในอุตสาหกรรมต่างๆหลากหลาย ส่วนเมล็ดยางพารายังไม่ได้ใช้ประโยชน์อย่างอื่นมากมายนัก นอกจากใช้เพื่อการขยายพันธุ์ อุตสาหกรรมทำสี ทำปุ๋ย ซึ่งเมื่อเทียบกับจำนวนของสวนยางพาราในประเทศไทยแล้ว ยังมีเมล็ดยางพาราอีกมากมายที่ยังไม่ได้ใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่า

งานวิจัยนี้จึงศึกษาการนำน้ำมันเมล็ดยางพารามาใช้ทดแทนน้ำมันดีเซล เพื่อลดการนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศ เนื่องจากปัจจุบันประเทศไทยมีการส่งเสริมให้ปลูกยางพาราทั่วทุกภาคของประเทศไทย ส่งผลให้เมล็ดยางพารามีจำนวนเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. ศึกษาถึงวิธีการและสัดส่วนที่เหมาะสมของการผสมน้ำมันจากเมล็ดยางพาราดิบ กับน้ำมันดีเซล เพื่อทดแทนเชื้อเพลิงดีเซล
2. ศึกษาผลกระทบต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ เมื่อใช้น้ำมันจากเมล็ดยางพาราเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลโดยไม่ปรับแต่งเครื่องยนต์
3. ศึกษาผลกระทบต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ เมื่อใช้น้ำมันจากเมล็ดยางพาราเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลโดยปรับแต่งเครื่องยนต์ ด้วยวิธีวิธีหุ้มฉนวนหัวลูกสูบ

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

1. น้ำมันจากเมล็ดยางพาราดิบผสมกับน้ำมันดีเซลสามารถใช้ทดแทนเชื้อเพลิงดีเซล
2. น้ำมันจากเมล็ดยางพาราผสมกับน้ำมันดีเซล สามารถใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลโดยไม่ปรับแต่งเครื่องยนต์
3. การหุ้มฉนวนหัวลูกสูบของเครื่องยนต์ เมื่อใช้น้ำมันจากเมล็ดยางพาราผสม จะทำให้สมรรถนะของเครื่องยนต์ดีขึ้น

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

การนำน้ำมันจากเมล็ดยางพารามาใช้แทนน้ำมันดีเซล จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถบรรเทาปัญหาการขาดแคลนน้ำมันของประเทศได้ ซึ่งในประเทศอินเดียมีการค้นคว้าวิจัยเพื่อที่จะนำน้ำมันจากเมล็ดยางพารา มาใช้กับเครื่องยนต์บ้างแล้ว[7] สำหรับประเทศไทยยังไม่ได้รับความสนใจมากนัก งานวิจัยนี้ถือว่าเป็นการนำเสนอเบื้องต้นเพื่อที่จะนำเอาน้ำมันจากเมล็ดยางพาราในประเทศไทย มาประยุกต์ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล แต่เนื่องจากคุณสมบัติต่างๆของน้ำมันจากเมล็ดยางพารายังคงคล้ายกับน้ำมันพืชอื่นๆ คือความหนืดสูง และระเหยตัวต่ำ ทำให้การจุดระเบิดได้ยาก ดังนั้นการที่จะนำเอาน้ำมันจากเมล็ดยางพารามาใช้ จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงคุณภาพ

ก่อน ปัญหาเหล่านี้สามารถแก้ไขได้ โดยนำน้ำมันพืชมาสังเคราะห์เป็นเมทิลหรือเอทิลเอสเทอร์ เรียกสารที่ได้ว่า ไบโอดีเซล เชื้อเพลิงชนิดนี้มีความหนืดและสมบัติทางเชื้อเพลิงใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล แต่ยังมีขั้นตอนที่ยุ่งยากและค่าใช้จ่ายสูง งานวิจัยนี้ จึงนำเสนอการใช้น้ำมันจากเมล็ดยางพาราผสมกับน้ำมันดีเซล โดยจะศึกษาถึงวิธีการและสัดส่วนที่เหมาะสมของการผสมน้ำมันจากเมล็ดยางพาราดิบ กับน้ำมันดีเซล เพื่อทดแทนเชื้อเพลิงดีเซล โดยมีการปรับแต่งเครื่องยนต์เพิ่มเติม ซึ่งใช้วิธีหุ้มฉนวนหัวลูกสูบ

1.5 ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาถึงวิธีการ และสัดส่วนที่เหมาะสมของการผสมน้ำมันจากเมล็ดยางพาราดิบกับน้ำมันดีเซล เพื่อทดแทนเชื้อเพลิงดีเซล
2. ศึกษาผลกระทบต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันจากเมล็ดยางพารา เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลโดยไม่ปรับแต่งเครื่องยนต์
3. ศึกษาผลกระทบต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ปรับแต่งเครื่องยนต์ด้วยวิธีวิธีหุ้มฉนวนหัวลูกสูบ เมื่อใช้น้ำมันจากเมล็ดยางพารา เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้น้ำมันที่ได้จากเมล็ดยางพารา มาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กได้อย่างเหมาะสม
2. ทราบถึงผลกระทบต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันจากเมล็ดยางพาราเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล
3. ทราบแนวทางการปรับแต่งเครื่องยนต์ ด้วยวิธีวิธีหุ้มฉนวนหัวลูกสูบ
4. เพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับพลังงานทดแทนของน้ำมันดีเซล กับสภาวะน้ำแพง

1.7 ขั้นตอนของการศึกษา

1.7.1 ขั้นตอนการผลิตน้ำมันจากเมล็ดยางพารา และวิเคราะห์คุณสมบัติน้ำมัน

การสกัดด้วยวิธีบีบอัด คือนำเมล็ดยางพาราล้างให้สะอาดตากแดดหรือผึ่งลมให้แห้ง บดให้ละเอียด นำเข้าเครื่องอัดที่อัดด้วยแม่แรงขนาดเล็ก 10-15 ตัน ได้น้ำมันประมาณ 25% โดยน้ำหนักซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการผลิตน้ำมันมาทดสอบในการทดลองครั้งนี้

1.7.2 ขั้นตอนการทดสอบเครื่องยนต์

1.7.2.1 เครื่องยนต์ที่นำมาทดสอบและไม่มีการปรับแต่งใดๆ

1. ทำการทดสอบกับน้ำมันดีเซล100%
2. ทำการทดสอบน้ำมันเมล็ดยางพาราผสมน้ำมันดีเซล ในอัตราส่วน 20:80, 40:60, 60:40, 80:20 และน้ำมันเมล็ดยางพารา100%
3. ทดสอบเพื่อเปรียบเทียบอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ที่ความเร็วรอบ และภาระโหลดเท่ากัน โดยใช้ไดนาโมมิเตอร์ แบบ กระแสไหลวน

1.7.2.2 เครื่องยนต์ที่นำมาทดสอบมีการปรับปรุงเครื่องยนต์ ด้วยวิธีวิธีหุ้มฉนวนหัวลูกสูบ

1. ทำการทดสอบกับน้ำมันดีเซล100%
2. ทำการทดสอบกับน้ำมันเมล็ดยางพาราผสมน้ำมันดีเซล ในอัตราส่วน20:80, 40:60, 60:40, 80:20 และน้ำมันเมล็ดยางพารา100%
3. ผลิตน้ำมันเมล็ดยางพารา โดยนำเมล็ดยางพาราจากจังหวัดพัทลุง กะเทาะเปลือกออกแล้วบีบอัดผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น คือน้ำมันเมล็ดยางพาราดิบ
4. ทดสอบเพื่อเปรียบเทียบอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ความเร็วรอบ และภาระโหลดเท่ากัน โดยใช้ไดนาโมมิเตอร์ แบบ กระแสไหลวน
5. สรุปงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในหัวข้อนี้จะกล่าวงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งภายในประเทศและภายนอกประเทศ ซึ่งเกี่ยวกับการนำน้ำมันพืชผสมมาใช้เพื่อทดแทนน้ำมันดีเซล รวมไปถึงการปรับแต่งเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้น้ำมันพืชผสม

A.S. Ramadshas , S. Jayaraj, C. MuraLeedharan [7] คุณลักษณะและผลกระทบเมื่อใช้น้ำมันจากเมล็ดยางแทนเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล นัยสำคัญของการที่จะนำน้ำมันพืชมาใช้คือ ต้องลดความหนืดลง จากการทดลองและวิเคราะห์การทดลองแล้วค่าสมรรถนะของเครื่องยนต์ และไอเสียของน้ำมันเมล็ดยางผสมอยู่ในขั้นที่ยอมรับได้ และสามารถนำมาใช้งานได้ ถ้าหากใช้อัตราส่วนผสมสูงถึง 80% จะทำให้ประสิทธิภาพ เบรกจะสูงขึ้นแต่เขม่าที่เกิดในห้องเผาไหม้สูงเกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ และอัตราส่วนผสมของน้ำมันเมล็ดยาง 50-80% สามารถใช้แทนน้ำมันดีเซลได้โดยไม่ต้องปรับแต่งเครื่องยนต์

กรกช ไทยศิริ และคณะ [8] การปรับแต่งเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กเพื่อให้ เหมาะสมกับการใช้น้ำมันพืชผสม งานวิจัยนี้นำเสนอถึง การนำน้ำมันพืชมาผสมกับน้ำมันดีเซล ในอัตราส่วนต่างๆเพื่อดูการกระจายของน้ำมันเมื่อออกจากหัวฉีด หลังจากนั้นนำมาทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กในแต่ละอัตราส่วนของน้ำมัน โดยทำการวัดค่าอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าความเข้มของไอเสีย มลพิษ จากนั้นนำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์หาอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดของน้ำมันผสมแต่ละชนิด และทำการปรับแต่งเวลาการจุดระเบิด กับความดันภายในหัวฉีดให้เหมาะสมกับน้ำมันแต่ละชนิด และใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาน้ำมันพืชผสม ให้มีประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงน้ำมันดีเซล

กฤษณ์ เรืองพยุงศักดิ์ [9] ศึกษาการใช้น้ำมันชีวภาพที่สกัดจากกากของเสียในเครื่องยนต์ดีเซล โดยศึกษาส่วนผสมระหว่างน้ำมันดีเซลกับน้ำมันชีวภาพที่มีผลต่อสมรรถนะเครื่องยนต์และแก๊สไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ ปรากฏว่า ปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรของการใช้น้ำมันชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงจะเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบที่ความเร็วรอบเดียวกัน การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกเพิ่มขึ้น อุณหภูมิไอเสียเพิ่มขึ้น ค่าควันดำไอเสียเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนผสมของน้ำมันชีวภาพที่มากขึ้น ปริมาณไนโตรเจนออกไซด์เพิ่มขึ้น คาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น และคาร์บอนมอนออกไซด์ก็เพิ่มขึ้นด้วย

ณพงษ์ สุทพิสิทธิ์ และคณะ [10] ทำการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อใช้น้ำมันผสมเป็นเชื้อเพลิง พบว่าน้ำมันเมทิลเอสเตอร์ให้ค่าความร้อนจากการเผาไหม้สูงกว่าน้ำมันดีเซล แต่การเผาไหม้เกิดขึ้นไม่ดีเท่าที่ควร ทำให้ความร้อนที่สูงนั้นถูกใช้ไม่เต็มที่ และการใช้เมทิลเอสเตอร์จะให้ความประหยัดมากกว่า อีกทั้งให้กำลังใกล้เคียงและสูงกว่าน้ำมันดีเซลในบางสภาวะ

แรงบิดเมื่อติดตั้งตัวอุ่นน้ำมันจะเพิ่มขึ้นประมาณ 11%-18% โดยแรงบิดสูงสุดจะเกิดที่รอบต่ำลง การปรับองศาการฉีดและการติดตั้งตัวอุ่นน้ำมันมีผลทำให้ประหยัดน้ำมันขึ้นเล็กน้อยแต่ไม่เหมาะจะใช้กับน้ำมันมะพร้าว

ดำรง สุนทรกิจประไพ [11] ศึกษาแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์เพื่อผลิตน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันพืชภายใต้เงื่อนไข สมบัติน้ำมัน ราคา และฤดูกาล เพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการผสมน้ำมันดีเซลและน้ำมันพืช ที่ให้ราคาต่ำที่สุดตามฤดูการผลิต โดยที่สมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันผสมยังคงมีสมบัติที่นำไปใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลได้ดีและมีปริมาณเพียงพอกับความต้องการในแต่ละช่วงการผลิต จากการศึกษาพบว่าน้ำมันพืชมีค่าความหนืด ความถ่วงจำเพาะ ดัชนีซีเทน จุดไหลเท คาร์บอนคงเหลือ และค่าความร้อนไม่สอดคล้องกับข้อกำหนดคุณภาพของน้ำมันดีเซลสำหรับใช้กับเครื่องยนต์หมุนเร็ว แต่มีข้อดีคือไม่มีกำมะถัน มีจุดวาบไฟสูงทำให้ปลอดภัยในการเก็บรักษา และผลจากการสร้างแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ พบว่าสามารถมีน้ำมันพืชในน้ำมันผสมไม่เกินร้อยละ 6.28 สมบัติที่มีผลกระทบต่อการผสมมากคือ ค่าคาร์บอนคงเหลือ และค่าความหนืด

ธวัชชัย นาคพิพัฒน์ และคณะ [12] ซึ่งเป็นผู้ควบคุมโครงงานการศึกษาพฤติกรรมของไอเสียจากการเปลี่ยนอุณหภูมิอากาศ และเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซล สรุปว่าเครื่องยนต์ดีเซล มีการจุดระเบิด ด้วยตัวเองที่อุณหภูมิสูง ขบวนการผสมอากาศกับเชื้อเพลิง การจุดระเบิด และขบวนการเผาไหม้ มีผลทำให้เกิดควันดำ และ ไนโตรเจนออกไซด์ การปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้ให้ดีขึ้น จะช่วยลดมลภาวะได้ การทดลองเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศ และ น้ำมัน ที่ไหลเข้าไปในห้องเผาไหม้ มีผลกระทบต่อมลภาวะของเครื่องยนต์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การเพิ่มอุณหภูมิน้ำมัน มีผลต่อการลดควันดำ แต่ไม่มีผลต่อการลดไนโตรเจนออกไซด์

พูลพร แสงบางปลา [13] ใช้น้ำมันปาล์มที่ผ่านการกลั่นแล้วมาผสมกับน้ำมันดีเซลทดสอบกับเครื่องยนต์ คูโบต้า พบว่าค่า BSFC(อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก) เพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนผสมที่เพิ่มขึ้นของน้ำมันปาล์ม แสดงว่ากำลังที่ได้ต่อหน่วยความร้อนลดลง และพบว่าที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 20 และร้อยละ 40 ไม่เกิดการน็อค ที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 80 สามารถได้ยินเสียงของการน็อคจากเครื่องยนต์ที่ภาระงานต่ำ

ปฏิภาณ ถิ่นพระบาท [14] ทำการศึกษาการปลดปล่อยความร้อน และออกไซด์ของไนโตรเจนในเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันปาล์มผสม พบว่าความดันสูงสุดเพิ่มขึ้นเมื่อส่วนผสมของน้ำมันปาล์มเพิ่มขึ้น และสูงที่สุดเมื่อใช้น้ำมันปาล์มโอเลอิน แต่ตำแหน่งที่เกิดจะเร็วขึ้น และช่วงกว้างของการเกิดความดันจะลดลงเมื่อส่วนผสมของน้ำมันปาล์มเพิ่มขึ้น เมื่อกำหนดสภาวะการทดลองไว้ที่กำลังของเครื่องยนต์เท่ากัน กำลังเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นตามส่วนผสมของน้ำมันปาล์ม เนื่องจากน้ำมันปาล์มที่ผสมอยู่ช่วยให้น้ำมันเชื้อเพลิงมีองค์ประกอบของออกซิเจนมากขึ้น แต่น้ำมันปาล์มโอเลอินกำลังลดลง เนื่องจากความที่เป็นไขมากทำให้การกระจายตัวในห้องเผาไหม้ไม่ดีนัก ปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนเพิ่มขึ้นตามส่วนผสมเช่นกัน

สถาพร บุญสมบัติ [15] ทดสอบน้ำมันปาล์มดิบ (CPO) และน้ำมันปาล์มกลั่น (RPO) ผสมกับน้ำมันดีเซล ผลการทดสอบเมื่อใช้ CPO ผสมกับน้ำมันดีเซล พบว่าค่า BSFC เพิ่มขึ้น และควันดำลดลงตามอัตราส่วนผสมที่เพิ่มขึ้น เมื่อใช้ RPO ผสมกับน้ำมันดีเซล ก็ได้ผลเช่นเดียวกัน และจากการทดสอบน้ำมันดีเซลผสมทั้งสองส่วนผสม พบว่าการติดเครื่องยนต์ทำได้ง่ายแม้ในอุณหภูมิต่ำ การทำงานที่รอบเดินเบาเป็นไปเช่นเดียวกับเมื่อใช้น้ำมันดีเซลไม่ผสม

Bari [16]ทำการศึกษาผลกระทบของการอุ่นน้ำมันปาล์มดิบ(CPO) ในระบบการฉีดเชื้อเพลิง ผลการทดสอบด้านการเผาไหม้พบว่าเมื่อใช้น้ำมันปาล์มดิบความดันสูงสุดเพิ่มขึ้นร้อยละ 6 และช่วงล่าช้าของการจุดระเบิดสั้นกว่า 2.6 องศา ช่วงการเผาไหม้มากกว่า ค่าการปลดปล่อยความร้อนต่ำกว่าเมื่อเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซล และผลการทดสอบทางด้านมลพิษพบว่าทุกๆ ภาระงานการเผาไหม้น้ำมันปาล์มดิบทำให้เกิดคาร์บอนมอนนอกไซด์เพิ่มขึ้นร้อยละ 9.2 ออกไซด์ของไนโตรเจนเพิ่มขึ้นร้อยละ 29.3 เนื่องจากน้ำมันพืชมีส่วนประกอบของออกซิเจนจึงเผาไหม้ได้ดีกว่า และอุณหภูมิการเผาไหม้มากกว่า

EI-Awad [17] ได้ศึกษาการใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล เพื่อศึกษาสมรรถนะและมลพิษไอเสีย โดยทำการทดสอบกับเครื่องยนต์ 4 สูบ 4 จังหวะ ฉีดเชื้อเพลิงเข้าห้องเผาไหม้โดยตรง ทดสอบที่ความเร็วรอบ 1000 ถึง 3000 รอบต่อนาที น้ำมันที่ใช้มีส่วนผสมของน้ำมันปาล์มดิบร้อยละ 25 50 และ 75 ผลการทดสอบเมื่อให้ลิ้นผีเสื้อคงที่ และเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบ พบว่าที่ความเร็วรอบต่ำกว่า 2000 รอบต่อนาที กำลังของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลผสมน้ำมันปาล์มมีค่าสูงกว่าทุกอัตราส่วนผสม ส่วนค่าคาร์บอนมอนอกไซด์เพิ่มมากขึ้น แต่ไนโตรเจนออกไซด์มีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซล สำหรับที่ความเร็วรอบสูงกว่า 2000 รอบต่อนาที กำลังของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลผสมมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อยทุกอัตราส่วนผสม ส่วนค่าคาร์บอนไดออกไซด์และไนโตรเจนไนออกไซด์มีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซล อุณหภูมิไอเสียที่ความเร็วรอบต่ำมีค่าสูงกว่าการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง แต่เมื่อความเร็วรอบสูงอุณหภูมิไอเสียมีค่าใกล้เคียงหรือต่ำกว่าเล็กน้อยเมื่อเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซล

Meneeratana, K. [18] เพื่อศึกษาผลกระทบจากการจำลองการใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล (น้ำมันปาล์มดิบ 10 ส่วนต่อน้ำมันดีเซล 90 ส่วน โดยปริมาตร) กับเครื่องยนต์การเกษตรขนาดเล็กชนิดห้องเผาไหม้ล่วงหน้าภายใต้วัฏจักรภาระที่กำหนดต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 320 ชั่วโมงพบว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล มีปริมาณควันดำเพิ่มสูงขึ้นตามชั่วโมงการทำงานและสูงกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล การสุ่มวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นพบความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นมีค่าเกินระดับการเตือนขั้นวิกฤต ในชั่วโมงการใช้งานน้ำมันหล่อลื่นที่ 100 และ 110 พบปริมาณโลหะตกค้างในน้ำมันหล่อลื่นสูงกว่า และมีค่าสูงเพิ่มขึ้นเมื่อใกล้จุดสิ้นสุดอายุน้ำมันหล่อลื่นคือ 100 ชั่วโมง ในทุกค่าที่ทำการตรวจวัด และพบปริมาณเหล็กและตะกั่วในปริมาณที่สูงมาก เมื่อใช้งานเกินอายุน้ำมันหล่อลื่น และพบสภาพการสึกหรอในแบริ่งก้านสูบอีกด้วย จากการตรวจพินิจยังพบปริมาณเขม่าจับตัวหนาที่ปลายหัวฉีด ตลอดจนพบปริมาณตะกอนตกค้างในกระบอกไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิง

ในปริมาณที่มากกว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซล และพบคราบตะกอนสีแดงส้มที่ผนังฝาสูบของเครื่องยนต์อีกด้วย

Nwafor [19] ศึกษาผลกระทบของการอุ่นน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีต่อสมรรถนะเครื่องยนต์โดยใช้น้ำมันพืช ผลการทดลองพบว่าเมื่อเมื่ออุ่นเชื้อเพลิงทำให้ความดันในกระบอกสูบลดลง ค่า BSFC ใกล้เคียงกันที่ภาระงานต่ำและเพิ่มขึ้นเมื่ออุ่นเชื้อเพลิงที่ภาระงานสูง และพบว่าการปลดปล่อยความร้อนมีค่าใกล้เคียงกันทั้งในช่วงการเผาไหม้สารผสมและช่วงลุกลามของการเผาไหม้ ทางด้านมลพิษพบว่าปริมาณ HC ของน้ำมันดีเซลสูงกว่าเมื่อเทียบกับน้ำมันพืชทั้งที่อุ่นและไม่อุ่น

Araya K, Tsunematsu S. [20] การเผาไหม้ อนุภาคของน้ำมันจากเมล็ดทานตะวันการใช้น้ำมันพืชแทนน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลแบบฉีดตรง การระเหยตัวของน้ำมันพืช ช้ามาก ขณะที่การระเหยตัวของหยดน้ำมันดีเซล เป็นไปอย่างรวดเร็วและดี แต่ สำหรับอุณหภูมิรอบข้างสูงขึ้นเป็น 600 °C กลไกการระเหยตัว ระหว่างน้ำมันพืชและน้ำมันดีเซลจะคล้ายคลึงกัน จึงควรออกแบบปรับแต่งเครื่องยนต์ให้เหมาะสมกับการเผาไหม้น้ำมันพืช หนึ่งในทางเลือกนี้คือการหุ้มฉนวนห้องเผาไหม้

จากงานวิจัยต่างๆดังกล่าวข้างต้น เป็นการนำน้ำมันพืชในรูปแบบต่างมาใช้ทดแทนน้ำมันดีเซล และนำมาทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ ปรากฏว่าการนำน้ำมันพืชมาใช้ควรคำนึงถึงสมบัติน้ำมัน ราคา และฤดูกาล การใช้น้ำมันพืชผสมสำหรับเครื่องยนต์สามารถใช้ได้ที่ส่วนผสมต่ำๆ แต่ถ้าส่วนผสมของน้ำมันพืชสูงเกินไปเครื่องยนต์จะเกิดการน็อค การใช้น้ำมันพืชผสมในเครื่องยนต์จะทำให้อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล ปริมาณควันดำและปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนเพิ่มขึ้นตามส่วนผสม หากส่วนผสมไม่เหมาะสม เมื่อทดสอบเครื่องยนต์ในระยะยาว พบว่ามีปริมาณเหล็กและตะกั่วในปริมาณที่สูงมาก เมื่อใช้งานเกินอายุน้ำมันหล่อลื่นและพบสภาพการสึกหรอในแบริ่งก้านสูบ มีปริมาณเขม่าจับตัวหนาที่ปลายหัวฉีด ตลอดจนพบปริมาณตะกอนตกค้างในกระบอกไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิง ในปริมาณที่มากกว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซลและพบคราบตะกอนที่ผนังฝาสูบของเครื่องยนต์อีกด้วย สมบัติที่มีผลกระทบต่อการผสมมากคือ ค่าคาร์บอนคงเหลือ และค่าความหนืด เนื่องจากน้ำมันพืชมีค่าความหนืดสูง การระเหยตัวของน้ำมันพืชช้ามาก ขณะที่การระเหยตัวของหยดน้ำมันดีเซลเป็นไปอย่างรวดเร็วและดี แต่สำหรับอุณหภูมิรอบข้างสูงขึ้นเป็น 600 °C กลไกการระเหยตัวระหว่างน้ำมันพืชและน้ำมันดีเซลจะคล้ายคลึงกัน จึงมีความต้องการออกแบบปรับแต่งเครื่องยนต์ให้เหมาะสมกับการเผาไหม้น้ำมันพืช หนึ่งในทางเลือกนี้คือการหุ้มฉนวนห้องเผาไหม้

บทที่ 3
ทฤษฎี

ในบทนี้กล่าวถึงประวัติยางพารา คุณสมบัติของน้ำมันที่ใช้ทดสอบ วิธีการนำน้ำมันพืชมาใช้กับเครื่องยนต์ ทฤษฎีเกี่ยวกับน้ำมัน และทฤษฎีเกี่ยวกับเครื่องยนต์

3.1 ยางพารา

ถิ่นกำเนิดเดิมอยู่ที่ทวีปอเมริกาใต้ ต่อมาเมื่อประมาณ 100 ปีก่อน มีการนำมาปลูกในทวีปเอเชียและทวีปแอฟริกา ต้นยางพาราเรียกตามภาษาพฤกษศาสตร์ว่า Hevea brasiliensis ชื่อสามัญเรียก ยางพารา หรือต้นยางพารา (Para rubber)

ประมาณปี พ.ศ.2442 พระยารัษฎานุประดิษฐ์ ซึ่งขณะนั้นดำรงตำแหน่งเจ้าเมืองตรัง ได้นำยางพาราจากมาเลเซียเข้ามาปลูกที่อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง เป็นแห่งแรก และต้นยางต้นดังกล่าว ปัจจุบันก็ยังอยู่ นับจากเริ่มปลูกครั้งแรกถึง พ.ศ.2542 ยางพาราไทยอายุครบ 100 ปีเต็ม

ปัจจุบันประเทศไทย ผลิตยางพาราธรรมชาติได้มากขึ้นทุกปี เนื้อที่ปลูกประมาณ 12.3 ล้านไร่ มีผลผลิตยางส่งออกปีละประมาณ 2.4 ล้านตัน มูลค่า 100,000 ล้านบาท/ปี และในปัจจุบันมีการส่งเสริมให้ปลูกยางพาราเพิ่มมากขึ้นทั่วทุกภาคของประเทศไทย ส่งผลให้ปริมาณเมล็ดยางพารามีปริมาณเพิ่มมากขึ้นด้วย

รูปที่ 3.1 แสดงผลของยางพาราขณะแก่จัด

ผลยางพารามีลักษณะเป็นพู 3 พู มีเมล็ดอยู่ภายใน ผลอ่อนสีเขียว ผลแก่มีสีน้ำตาล เมล็ดยางพารามีสีน้ำตาลลายขาวคล้ายสีของเมล็ดละหุ่ง ยาวประมาณ 2 - 2.5 cm. กว้างประมาณ 1.5 - 2.5 cm. หนักประมาณ 3 - 6 g. เมล็ดยางจะรักษาความงอกไว้ได้ประมาณ 20 วัน

รูปที่3.2 แสดงขนาดเมล็ดยางพาราเทียบกับเมล็ดสบู่ดำซึ่งมีขนาดเล็กกว่าเมล็ดยางพารา

3.2 ไขมันและน้ำมัน

ไขมันจะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ส่วนน้ำมันจะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง ไขมันและน้ำมันมีส่วนประกอบทางเคมีเหมือนกัน กรดไขมันที่อยู่ในไขมันและน้ำมัน อาจเป็นชนิดเดียวกันทั้ง 3 โมเลกุล หรือต่างชนิดกันก็ได้ ส่วนไขมันและน้ำมันจากพืชมีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวอยู่มาก ไขมันหรือน้ำมันจากสัตว์มีกรดไขมันที่อิ่มตัวอยู่มาก และมักเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ไขมันและน้ำมันจากสัตว์ ได้แก่ ไขมันในเนื้อสัตว์ ไขมันในไข่แดง ไขมันในนม และน้ำมันหมู ส่วนไขมันและน้ำมันจากพืชมีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวอยู่มาก (ยกเว้นน้ำมันมะพร้าว) ได้แก่ น้ำมันรำ น้ำมันถั่ว น้ำมันมะกอก น้ำมันข้าวโพด น้ำมันดอกคำฝอย และน้ำมันดอกทานตะวัน เป็นต้น

ตารางที่ 3.1 สมบัติและค่าความร้อนของน้ำมันพืชต่างๆเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล[3]

น้ำมัน	ความถ่วงจำเพาะ (ที่ 21 ^{0} c) (กรัม/มิลลิลิตร)	ความหนืด (ที่ 21^{0}c) เซนติพอยส์	ค่าความร้อน (กิโลจูล/กรัม)
ถั่วเหลือง	0.918	57.2	39,350
ทานตะวัน	0.918	60.0	39,490
มะพร้าว	0.915	51.9	37,540
ถั่วลิสง	0.914	67.1	39,470
ปาล์ม	0.898	88.6	39,550
ปาล์มเมล็ดใน	0.904	66.3	39,720
เมล็ดสบู่ดำ	0.915	36.9	39,000
น้ำมันเมล็ดยางพารา	0.924	27.05	38,850
น้ำมันดีเซล	0.845	3.8	46,800

3.3 การนำน้ำมันพืชมาใช้ในเครื่องยนต์ดีเซล

การนำน้ำมันพืชมาใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลโดยตรง สามารถทำได้เนื่องจากน้ำมันพืชเป็นของเหลวตามธรรมชาติและมีค่าความร้อน(heat content) ค่อนข้างสูง มีปริมาณกำมะถันและสารแอโรมาติกต่ำ สามารถย่อยสลายได้ดีตามธรรมชาติ แต่การนำน้ำมันพืชมาใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลโดยตรงจะเกิดปัญหาเนื่องจากชนิดและคุณภาพน้ำมัน นั่นคือน้ำมันพืชมีความหนืดสูงทำให้เกิดปัญหาที่ระบบหัวฉีดของเครื่องยนต์ และหยดน้ำมันมีขนาดใหญ่จึงเผาไหม้ไม่สมบูรณ์เกิดการสะสมคราบเขม่าที่ลูกสูบ ความไม่อิ่มตัวของน้ำมันพืช (polyunsaturated charater)ทำให้เกิดปฏิกิริยาโพลิเมอไรเซชันระหว่างพันธะคู่ในโมเลกุลของน้ำมันพืชเกิดเป็นยางเหนียวที่กระบอกสูบและลูกสูบ นอกจากนี้น้ำมันพืชมีจุดวาบไฟสูงทำให้ความสามารถในการระเหยต่ำจึงต้องใช้อุณหภูมิในการจุดระเบิดสูง[6]

ดังนั้นการนำน้ำมันพืชมาใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลจึงควรมีการปรับปรุงคุณภาพโดยผ่านกระบวนต่างๆดังนี้ [3]

3.3.1 Blending

เป็นการนำน้ำมันพืชมาผสมกับน้ำมันดีเซลโดยตรง ในอัตราส่วนโดยมวลต่างๆเพื่อทำให้ความหนืดของน้ำมันพืชลดลง สามารถผสมน้ำมันพืชได้ตั้งแต่ 10 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไปตามความเหมาะสมของน้ำมันพืชที่ใช้ แต่ถ้าผสมมากเกินไปจะมีข้อเสียคือ การกลายเป็นไอต่ำ เกิดโค๊กพอกบนหัวฉีดของเครื่องยนต์

3.3.2 Microemulsions

การทำไมโครอิมัลชัน เป็นการกระจายของอนุภาคของเหลวที่แขวนลอยในตัวกลางของเหลวอีกชนิดหนึ่งอย่างสมดุล ด้วยการผสมน้ำมันพืชกับแอลกอฮอล์ที่มีสายโซ่สั้น เช่น เมทานอล หรือ เอทานอล ซึ่งของเหลวทั้งสองชนิดไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน แต่จะกระจายตัวอยู่ได้ด้วยสารลดแรงตึงผิว วิธีนี้สามารถปรับปรุงลักษณะที่เป็นละอองฝอยจากหัวฉีด เนื่องจากตัวทำละลายมีจุดเดือดต่ำเมื่อเทียบกับน้ำมันพืช

3.3.3 Pyrolysis

เป็นการเปลี่ยนสารหนึ่งไปเป็นสารอื่นๆ มากกว่าหนึ่งสาร โดยให้ความร้อนเพียงอย่างเดียว หรือมีตัวเร่งปฏิกิริยาช่วย เพื่อทำให้น้ำมันที่มีโมเลกุลใหญ่แตกเป็นโมเลกุลที่เล็กลง โดยมี heterogeneous catalyst (ซีโอไลต์ , Na_2CO_3) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

3.3.4 Transesterification

เป็นกระบวนการเปลี่ยนไตรกลีเซอไรด์ของน้ำมันหรือไขมันพืชให้เป็นสารประกอบเอสเทอร์ โดยการทำปฏิกิริยากับ แอลกอฮอล์ ในภาวะที่ใช้หรือไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งตัวเร่งปฏิกิริยาสามารถใช้ได้ทั้งเบส กรด และเอนไซม์

3.4 การผลิตน้ำมันจากเมล็ดยางพารา

1 ใช้วิธีบดให้ละเอียดทั้งเมล็ดแล้วสกัดด้วยตัวทำละลายโตรเลียม อีเทอร์

2 การสกัดด้วยวิธีบีบอัด คือนำเมล็ดล้างให้สะอาดตากแดดหรือผึ่งลมให้แห้ง บดให้ละเอียด นำเข้าเครื่องอัดที่อัดด้วยแม่แรงขนาดเล็ก10-15ตัน ได้น้ำมันประมาณ 25% โดยน้ำหนัก ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการผลิตน้ำมันมาทดสอบในการทดลองครั้งนี้

3.5 วิเคราะห์สมบัติเบื้องต้นน้ำมันเมล็ดในยางพารา

1 ค่ากรด (Acid Value) ตามวิธีมาตรฐาน AOCS Cd-3D63

2 ชนิดและปริมาณกรดไขมัน(fatty acid composition) ตามมาตรฐานAOCS Ce-2 -66

3 ค่าความหนืด ตามมาตรฐาน ASTM D 445

4 จุดวาบไฟ ตามมาตรฐาน ASTM D 93

5 จุดติดไฟ ตามมาตรฐาน ASTM D 93

6 ค่าความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM D 240

หลังจากอัดน้ำมันเรียบร้อยแล้ว นำน้ำมันที่ได้ไปอุ่นที่อุณหภูมิประมาณ 80^{o} เพื่อไล่ความชื้นจากน้ำมันและนำไปตรวจวัดคุณสมบัติต่างๆของน้ำมันได้

ตารางที่ 3.2 ชนิดและปริมาณกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันพืชตัวอย่าง

Fatty acid Composition	India [7]	Thai
C16:0 palmitic acid	10.2	10.17
C18:0 stearic acid	8.7	8.67
Saturated	**18.9**	**19.84**
C18:1 oleic acid	24.6	25.23
C18:2 linoleic acid	39.6	40.36
C18:3 linolenic acid	16.3	15.56
Unsaturated	**80.5**	**81.15**
Others	0.6	0.88

หมายเหตุ (ส่งวิเคราะห์ที่กรมวิชาการเกษตร)

จากตารางที่3.2 จะเห็นได้ว่าค่ากรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวของน้ำมันจากเมล็ดยางพารามีค่าสูงมาก ประมาณ 80% แสดงว่า น้ำมันจะไม่เป็นไขได้ง่ายเมื่ออุณหภูมิต่ำ ดังนั้น เราจึงสามารถเก็บน้ำมันไว้ได้ในสภาวะปกติโดยไม่เป็นไขและผสมใน อัตราส่วนผสมสูงๆได้

ตารางที่3.3 สมบัติของน้ำมันเมล็ดในยางพาราเทียบกับน้ำมันดีเซล

สมบัติ	น้ำมันดีเซล[3]	น้ำมันเมล็ดยางพารา
ค่าความร้อน (เมกะจูล/กิโลกรัม)	46.0	38.85
ค่าความหนืด (มิลลิเมตร^2/วินาที)	3.4	27.05
ค่าจุดวาบไฟ (องศาเซลเซียส) Flash Point	50	230
ค่าจุดติดไฟ (องศาเซลเซียส) Fire point	-	250
ค่ากรด (มิลลิกรัมของ KOH/กรัมของน้ำมัน)	-	60.21
ความถ่วงจำเพาะ	0.835	0.924

ทฤษฎีเกี่ยวกับน้ำมัน

3.6 น้ำมันเชื้อเพลิง

น้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล ที่มีจำหน่ายในปัจจุบันแบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว และน้ำมันดีเซลหมุนช้า

1. น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว หรือเรียกว่า โซล่า หรือเรียกว่า มารีนแก๊สออยล์ (Marine gas oil) ซึ่งใช้กับเครื่องดีเซลทั้งรถยนต์ และเรือที่หมุนเกิน 1000 รอบต่อวินาที

2. น้ำมันดีเซลหมุนช้า ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลรอบปานกลางหรือรอบต่ำ ถ้าใช้กับเรือเดินทะเลมักเรียกว่า มารีนดีเซลออยล์ (Marine diesel oil)

คุณสมบัติพื้นฐานของน้ำมันดีเซลหมุนเร็วก็คือ จะต้องลุกติดไฟได้รวดเร็ว และเผาไหม้ได้อย่างดีเมื่อถูกฉีดเข้ามาในกระบอกสูบซึ่งมีความดันและอุณหภูมิสูงจะต้องใช้งานกับปั๊มเชื้อเพลิงแรงดันสูงได้ดี รวมไปถึงการขนถ่ายอย่างสะดวกจากโรงกลั่นมาถึงถังเชื้อเพลิงของลูกค้าโดยไม่เสื่อมคุณภาพ

คุณสมบัติหลายประการของน้ำมันดีเซลหมุนเร็วมีความสัมพันธ์กับชนิดของสารไฮโดรคาร์บอนที่เป็นองค์ประกอบ เช่น ไฮโดรคาร์บอนพวก “อะโรมาติก” จะมีค่าซีเทนต่ำ ในขณะที่พวก “พาราฟิน” จะมีค่าซีเทนสูง แต่ในทางปฏิบัตินั้นไม่สามารถที่จะวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันดีเซลหมุนเร็วโดยสมบูรณ์ได้เนื่องจากจะมีองค์ประกอบเป็นไฮโดรคาร์บอนชนิดต่าง ๆ กว่า 200 ชนิดผสมกันอยู่

เครื่องยนต์ดีเซลได้ออกแบบตามลักษณะของงานที่ใช้ ถ้าเป็นเครื่องที่ติดตั้งอยู่กับที่ เช่น เครื่องยนต์ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม มักเป็นเครื่องใหญ่ ๆ รอบช้า ๆ ถ้าเป็นเครื่องยนต์ที่ใช้ในการขนส่งก็ต้องทำให้มีน้ำหนักน้อย เครื่องจะเล็กแต่เครื่องยนต์รอบสูง เป็นต้น น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้กับเครื่องยนต์เหล่านี้จึงต้องแตกต่างไปด้วย เครื่องยนต์ดีเซลรอบจัดต้องใช้น้ำมันที่บางกว่า เพราะเวลาการเผาไหม้มีน้อย เครื่องยนต์ดีเซลใหญ่ ๆ รอบช้า นอกจากจะมีเวลาในการเผาไหม้แล้ว ยังมีอากาศเหลือในกระบอกสูบมากกว่าอีกด้วย ดังนั้นน้ำมันเชื้อเพลิงหนัก ราคาถูกกว่าก็ใช้ได้ อย่างไรก็ตาม น้ำมันดีเซลโดยทั่ว ๆ ไปควรจะมีคุณสมบัติดังนี้

1. ต้านทานการน็อก ปัจจุบันตัวควบคุมการน็อกเครื่องยนต์ดีเซล ได้แก่ ซีเทนนัมเบอร์ (CN) น้ำมันพืชซีเทนจะต้องมี ซีเทนนัมเบอร์สูงพอที่จะไม่ทำให้เกิดน็อก
2. การติดเครื่อง เครื่องยนต์จะติดง่ายถ้าน้ำมันกับออกซิเจนผสมกันดี นั่นคือ การระเหยกลายเป็นไอของน้ำมันถ้าดี ก็จะช่วยให้ติดเครื่องง่ายขึ้น
3. ควันไอเสียและกลิ่น ไอเสียควรจะไม่มีควันและกลิ่น น้ำมันจึงมีการระเหยดีเพื่อการเผาไหม้ที่สมบูรณ์

4. การกัดกร่อนและสึกหรอ ก่อนหรือหลังการเผาไหม้น้ำมันไม่ควรมีสารทำให้เกิดการกัดกร่อนและสึกหรอ เช่น กำมะถัน
5. การขนย้ายและเก็บรักษา ต้องสะดวกและปลอดภัย การไหลของน้ำมันเกี่ยวกับ Pour point และความหนืด ซึ่งได้กล่าวต่อไป

3.7 สมบัติของน้ำมันดีเซล

3.7.1 ซีเทนนัมเบอร์

ซีเทนนัมเบอร์ (Cetane number) คือ การวัดคุณภาพของการจุดระเบิดโดยการชี้บอกเป็นตัวเลข ซีเทนนัมเบอร์ มีอิทธิพลต่อความสะดวกในการสตาร์ทและการสันดาป ในเครื่องยนต์เครื่องยนต์ดีเซลหมุนเร็วในปัจจุบันต้องการค่าซีเทนประมาณ 50 ค่าซีเทน ค่าซีเทนคือจำนวนเปอร์เซ็นต์ของซีเทน โดยปริมาตรในสารผสมของซีเทน ($C_{16}H_{34}$) กับ กับอัลฟาเมธิลแนพธาลีน ($C_{11}H_{10}$) ซึ่งมีคุณสมบัติในการจุดระเบิดเหมือนกับน้ำมันที่นำมาตรวจสอบทั้งซีเทนและอัลฟาเมธิลแนพธาลีน ต่างก็เป็นไฮโดรคาร์บอนที่ผลิตมาจากน้ำมันดำโดยทางเคมี ซีเทนมีคุณสมบัติจุดระเบิดดีมากแต่อัลฟาเมธิลแนพธาลีน มีคุณสมบัติจุดระเบิดที่ไม่ดี สเกลจะแบ่งได้จาก 0 - 100 อัลฟาเมธิลแนพธาลีน บริสุทธิ์จะมีค่าซีเทนเป็น 100 ค่าซีเทน 48 หมายความถึงน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีคุณสมบัติจุดระเบิดเท่ากับสารผสมที่ประกอบด้วยซีเทน 48 % กับอัลฟาเมธิลแนพธาลีน 52 % ค่าซีเทนของน้ำมันตัวอย่างหาได้โดยทดลองใช้กับเครื่องยนต์พิเศษสูตรเดียวที่สร้างสำหรับทดลองโดยเฉพาะ ซึ่งเปลี่ยนอัตราส่วนได้ตามต้องการ วิธีการทดลองขึ้นอยู่กับหลักที่ว่าระยะเวลาล่าช้าในการจุดระเบิดเครื่องยนต์เครื่องหนึ่ง ที่ความเร็วจำนวนหนึ่ง จะลดน้อยลงเมื่อเพิ่มอัตราส่วนความอัดมากขึ้น ระยะเวลาล่าช้านี้วัดได้จากขณะที่ลิ้นเร่งน้ำมันเชื้อเพลิงยกขึ้นจากเบาะลิ้น จนกระทั่งการลุกไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงได้แสดงค่ากำลังดันภายในกระบอกสูบที่วัดได้สูงขึ้น ระยะเวลาล่าช้าในการจุดระเบิดที่ถือเป็นมาตรฐานในการทดลอง ระยะเท่ากับ 13 องศาของมุมที่เหวี่ยงหมุนไป น้ำมันเชื้อเพลิงที่ทดลองถูกเผาไหม้ในเครื่องยนต์ และอัตราส่วนความอัดของกระบอกสูบถูกเพิ่มให้สูงขึ้น จนได้ระยะเวลาล่าช้าเท่ากับองศา ซึ่งจะวัดได้จากเครื่องมือพิเศษชนิดหนึ่ง แล้วจดอัตราส่วนการอัดไว้ ต่อไปเดินเครื่องยนต์อีกสองครั้ง โดยใช้เชื้อเพลิงซึ่งเป็นสารผสมของซีเทนกับอัลฟาเมธินแนพธาลีนที่มีส่วนต่างกัน 2 อย่าง อย่างหนึ่งมีค่าซีเทนสูงกว่าค่าซีเทนที่คาดคะเนของน้ำมันเชื้อเพลิงที่เอามาทดลองประมาณ 5 % และอีกอย่างหนึ่งที่มีค่าซีเทต่ำกว่าค่าซีเทนที่คาดคะเนของน้ำมันเชื้อเพลิงนั้นประมาณ 5 % ขั้นต่อไปให้หาค่าอัตราส่วนความอัดสำหรับคำนวณหาค่าซีเทนของน้ำมันเชื้อเพลิงที่เอามาทดลองได้โดยเปรียบเทียบเกณฑ์ตามผลส่วนหาผลเฉลี่ยจากอัตราส่วนความอัดที่หาไว้ได้น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีคุณสมบัติจุดระเบิดดี ย่อมต้องการอัตราส่วนความอัดต่ำสำหรับความล่าช้าในการจุดระเบิด 13 องศา และมีค่าซีเทนสูง ส่วน

น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีคุณสมบัติจุด ระเบิดแล้วก็ย่อมต้องการอัตราส่วนความสูงสำหรับความล่าช้าในการติดไฟ 13 องศา และ มีค่าซีเทนต่ำ

3.7.2 ดัชนีซีเทน

เนื่องจากการหาค่าซีเทนโดยทดการทดสอบด้วยเครื่องยนต์ต้องการเครื่องมือพิเศษสิ้นเปลืองเวลาและค่าใช้จ่าย จึงมีการพัฒนาวิธีการที่ใช้ประมาณค่าซีเทนจากคุณสมบัติของน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว ซึ่งโรงกลั่นในการใช้ควบคุมคุณภาพของน้ำมันวิธีการหนึ่งใช้ กันอย่างแพร่หลายคือสูตรของ การคำนวณดัชนีซีเทน (Calculated Celtane Index) ซึ่งสูตรนี้ใช้การประมาณค่าซีเทนของน้ำมันใส(Distillate Fuels) จากความหนาแน่น และจุดกลางของการเดือด(Mid Boiling Point) แต่เนื่องจากสูตรซับซ้อน เพื่อให้ง่ายขึ้น จึงมีการพัฒนาโนโมกราฟ (Nomograph) ขึ้นสำหรับหาค่าดัชนีซีเทนนั้น สามารถที่จะใช้ประมาณค่าซีเทนได้ด้วยความแม่นยำยกเว้นกรณีดังต่อไปนี้

1. เชื้อเพลิงที่เติมสารเพิ่มค่าซีเทน
2. สารไฮโดรคาร์บอนบริสุทธิ์, เชื้อเพลิงสังเคราะห์จากพวกอัลคิลเลท,Tar Sands, Shale Oil หรือ Coal Tar
3. น้ำมันดิบ, น้ำมันเตา หรือน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีจุดเดือดสุดท้ายต่ำกว่า 260 °C

เนื่องจากการวัดหาค่าซีเทน ต้องใช้เครื่องยนต์ดีเซลพิเศษโดยเฉพาะเปรียบเทียบคุณภาพในการจุดระเบิดกับเชื้อเพลิงมาตรฐาน แต่วิธีนี้ต้องลงทุนมาก ค่าใช้จ่ายสูง ทั้งสิ้นเปลือง ปัจจุบันจึงใช้วิธีประมาณเป็นดัชนีซีเทน ซึ่งคำนวณได้จากการวัดค่าความถ่วงจำเพาะ เอพีไอ และอุณหภูมิการกลั่นที่ 50% (Mid Boilling Point) หรือใช้ดูจากแผ่นโมโนกราฟ

3.7.3 ความหนืด

ความหนืด(Viscosity)หรือความข้นใสเป็นค่าแสดงถึงแรงต้านทานการไหลของของเหลว มีความสำคัญมากโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์น้ำมันปิโตรเลียมที่ฉีดให้เป็นฝอยละออง ขณะเดียวกันก็ต้องใช้หล่อลื่นเชื้อเพลิงแรงดันสูงด้วย ในกรณีที่น้ำมันเชื้อเพลิงมีความหนืดต่ำเกินไปก็จะเป็นอันตรายต่อปั๊มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่ทำงาน จะเกิดการเสียดสีระหว่างลูกสูบปั๊มกับกระบอกปั๊มจึงจำเป็นต้องเอาความหนืดของน้ำมันเข้าไปใช้เป็นฟิล์มกั้นเอาไว้เพื่อลดการเสียดสี ดังนั้นน้ำมันเชื้อเพลิงมีความหนืดต่ำเกินไป จะทำให้ลูกสูบปั๊มและกระบอกปั๊มสึกเร็วน้ำมันเชื้อเพลิงจะรั่วผ่านข้าง ๆลูกสูบปั๊ม

ความหนืดของน้ำมันเชื้อเพลิงมีอิทธิพลต่อรูปร่างของละอองของน้ำมัน ที่ฉีดออกจากหัวฉีดเช่นกัน หากความหนืดสูงจะทำให้การฉีดเป็นฝอยละอองไม่ดี ละอองน้ำมันมีขนาดใหญ่น้ำมันจะพุ่งไปไกลนอกจากนี้น้ำมันจะพุ่งเป็นสายแทนที่จะเป็นละอองเล็ก ๆ ผลก็คือการรวมตัวกับอากาศไม่ดี ทำให้การสันดาปไม่สมบูรณ์ส่งผลให้กำลังเครื่องยนต์และประสิทธิภาพตกในที่สุด และยิ่งเป็นเครื่องยนต์ขนาดเล็กแล้ว น้ำมันอาจพุ่งไปกระทบกระบอกสูบ ชะล้างฟิล์มน้ำมันหล่อลื่นลงสู่ก้นอ่างทำให้เครื่องยนต์สึกหลอมาก และน้ำมันเครื่องสกปรกเร็ว

น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีความหนืดต่ำไปจะทำให้น้ำมันที่พ่นออกมาก เป็นฝอยละเอียดมากจึงไม่พุ่งไปไกลเท่าที่ควร การสันดาปจะไม่ดีนัก กำลังและประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ตกเช่นกัน

3.7.4 ความถ่วงจำเพาะ

ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) ของน้ำมันคือ มวลของน้ำมันในหนึ่งหน่วยปริมาตรต่อมวลของน้ำบริสุทธิ์ในปริมาตรที่เท่ากัน การกำหนดวิธีวัดความถ่วงจำเพาะของของเหลวตามความมุ่งหมายของสถาบันการปิโตรเลียมของสหรัฐอเมริกา (American Petroteum Institute, API) ได้กำหนดการวัดความถ่วงจำเพาะเอพีไอของน้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อเป็นการชี้ให้เห็นความหนืดของน้ำมัน คุณลักษณะในการกลั่น และค่าความร้อนที่มีในเชื้อเพลิงนั้น และยังเป็นการบอกให้ทราบถึงเกรดน้ำมันเชื้อเพลิงโดยประมาณ อย่างไรก็ตามน้ำมันเชื้อเพลิงหนักหรือหนาจะให้ค่าความร้อนบีทียูต่อแกลอนสูง แต่ก็อาจจะทำให้มีควันมาก และมีกลิ่นเหม็นของไอเสีย เนื่องการสันดาปไม่หมด

ดังนั้น น้ำมันที่มีความหนาแน่นสูงจะมีค่าความถ่วงจำเพาะเอพีไอต่ำ และอาจมีค่าติดลบได้ ขณะที่น้ำมันส่วนใหญ่มีความหนาแน่นต่ำกว่าน้ำ จะมีค่าความถ่วงจำเพาะเอพีไอสูง

ความถ่วงจำเพาะเอพีไอ เป็นค่าที่วิเคราะห์ได้สะดวกโดยใช้เครื่องมือไฮโดรมิเตอร์ชนิดพิเศษที่มีลักษณะคล้ายเทอร์โมมิเตอร์จุ่มลงในของเหลว และอ่านสเกลที่ก้านที่ระดับของเหลวเป็นค่าความถ่วงจำเพาะเอพีไอ และค่าอื่นที่วิเคราะห์ยุ่งยากกว่า เช่น ค่าความร้อนเป็นต้น

3.7.5 จุดไหลเท

จุดไหลเท (Pour point) ณ อุณหภูมิต่ำ องค์ประกอบที่เป็นพวก พาราฟิน ของน้ำมันดีเซลหมุนเร็วอาจจะแยกตัวออกเป็นไข ซึ่งจะอุดตันทางเดินของน้ำมันเชื้อเพลิงและหม้อกรองทำให้เครื่องยนต์ผิดปกติหรือดับในที่สุด ซึ่งอุณหภูมินี้จะเป็นเท่าไรขึ้นอยู่กับแหล่งน้ำมันดิบ และช่วงการกลั่นของน้ำมันนั้น

จุดไหลเท คือ อุณหภูมิต่ำสุดที่น้ำมันยังสามารถไหลได้ โดยอาศัยแรงโน้มถ่วง ซึ่งการวัดนั้นใช้วิธี ASTM D-97

3.7.6 กำมะถัน

กำมะถัน (Sulfur content) ในเชื้อเพลิงเมื่อเผาไหม้แล้วจะกลายเป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และไทรออกไซด์ (SO_3) แล้วทำปฏิกิริยากับน้ำหรือความชื้นกลายเป็นกรดกำมะถัน กัดกร่อนชิ้นส่วนต่าง ๆ ในเครื่องยนต์ นอกจากนี้ยังทำให้น้ำมันเครื่องเกิดขี้ตะกอน (Sludge) ทำให้น้ำมันเครื่องเสื่อมคุณภาพทำหน้าที่หล่อลื่นได้ไม่ดี และเป็นยางเหนียว ๆ จับตามกระบอกสูบและส่วนต่าง ๆ ในห้องเผาไหม้

ปริมาณกำมะถันที่สูงเป็นสิ่งที่ไม่พึงปรารถนาไม่ว่าเชื้อเพลิงนั้นจะใช้กับเครื่องยนต์อะไร การกัดกร่อนของกำมะถันนั้นมี 2 ลักษณะ ลักษณะแรกนั้นเกิดจากการกัดกร่อนของสารประกอบ

ที่เกิดจากการสันดาปของกำมะถัน เมื่อรวมกับน้ำเกิดเป็นสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นกรด ซึ่งจะกัดกร่อนชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่เป็นโลหะอย่างรุนแรง อย่างไรก็ตามสำหรับเครื่องยนต์ที่ใช้กำลังสูง อันตรายจากการกัดกร่อนจะน้อยกว่า เนื่องจากอุณหภูมิของเครื่องยนต์สูง ซึ่งจะตรงข้ามกับการใช้งานที่อุณหภูมิต่ำ หรืออาจจะเกิดจากการหยุดและติดเครื่องบ่อย ๆ หรือการใช้กำลังเครื่องยนต์หรือรอบเครื่องยนต์ต่ำ ซึ่งไอน้ำมีกาศจะกลั่นตัวเป็นหยดน้ำในเครื่องยนต์มาก ลักษณะที่สองเกิดจากActive Sulphur ในเชื้อเพลิงกัดกร่อนชิ้นส่วนของระบบเชื้อเพลิงโดยตรง

ดังนั้นการวัดกำมะถันในน้ำมันจึงมีวิธีการวัดได้ 2 วิธี คือ วิธีแรกวัดตามวิธี ASTM D129 หรือ IP242 เพื่อหาปริมาณกำมะถันที่อยู่ในน้ำมันเชื้อเพลิง เป็นการวัดเชื้อเพลิงนั้นหลังจากการเผาไหม้แล้วจะมีการกัดกร่อนเพียงใด วิธีที่ 2 เป็นการวัดการกัดกร่อนของชิ้นทองแดงตามวิธีของ ASTM D130 หรือ IP154 เพื่อดูการกัดกร่อนของน้ำมันเชื้อเพลิงก่อนการเผาไหม้

ปริมาณกำมะถันในน้ำมันดีเซลจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับแหล่งน้ำมันดิบที่นำมากลั่นและกระบวนการกลั่นที่ใช้ ซึ่งการแยกกำมะถันออกให้หมดเป็นกระบวนการที่แพงมาก ถ้าทำได้ให้เหลือ 0.5 % ก็นับว่าดีแล้วอย่างไรก็ตามไม่ควรเกิน 1 %

3.7.7 กากถ่านหรือกากคาร์บอน

กากถ่านหรือกากคาร์บอน (Carbon residue) ตกค้างเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึง เพราะถ้ามีมากกว่าที่กำหนดก็มีแนวโน้มว่าจะเกิดเขม่าสะสมในห้องเผาไหม้มาก การเผาไหม้จะไม่สะอาดหมดจด และควันไอเสียจะมีมากด้วย โดยปกติจะมองว่ากากคาร์บอนสูงเป็นสิ่งที่ไม่ดี แต่เท่าที่พบยังไม่มีหลักฐานที่จะแสดงความเกี่ยวพันธ์ระหว่างกากคาร์บอนของน้ำมันดีเซลหมุนเร็วและสิ่งสกปรกที่ หัวฉีดแต่อย่างใด แท้จริงแล้วชนิดของคาร์บอนที่เกิดขึ้นจะมีความสำคัญเท่า ๆ กับปริมาณกว่ากากคาร์บอนจำนวนมากที่นิ่ม เนื่องจากกากคาร์บอนที่นิ่มมักจะหลุดไปกับไอเสียเมื่อมีการเผาไหม้เกิดขึ้น

มาตรฐานของน้ำมันดีเซลหมุนเร็วมักจะมีข้อจำกัดทางด้านกากคาร์บอน ซึ่งอาจใช้วิธีการทดสอบขงคอรัดสัน (Conradson Carbon Residue Test, ASTM D – 189) หรือแบบของแรมส์บอตตอม Ramsbottom Carbon Test, ASTM D- 524)

3.7.8 ปริมาณเถ้า

ปริมาณเถ้า (Ahs) หรือเถ้าเขม่า ทดสอบด้วยวิธี ASTM D-482 หรือ IP 4 ก็คือสารที่ไม่ไหม้ไฟจำนวนเล็กน้อยที่พบในน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปแบบของแข็ง หรือ Metallic Sopa ที่ละลายได้ในน้ำมัน

ในระบบหัวฉีดเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซลนั้นมีความละเอียดมาก สารที่สามารถขูดขีดโลหะได้จึงเป็นอันตรายมาก ยิ่งไปกว่านั้นสารเหล่านี้ยังทำให้เกิดการสึกหรอในเครื่องยนต์

3.7.9 น้ำและตะกอน

น้ำและตะกอน (Water and Sediment) ทดสอบด้วยวิธี ASTM D-2709 เป็นผลมาจากการขนส่งและการเก็บรักษาน้ำมันเชื้อเพลิงตั้งแต่โรงกลั่นจนกระทั่งหัวฉีดเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์

น้ำมีโอกาสที่จะลงไปปะปนในน้ำมันเชื้อเพลิงได้งายมาก เกิดจากมีอากาศที่มีความชื้นอยู่ในถังเก็บ และความชื้นนั้นกลั่นตัวเป็นหยดน้ำมันเมื่ออุณหภูมิต่ำลง อาจจะเกิดจากน้ำฝนรั่วเข้าไปในอุปกรณ์ที่ใช้ในการขนถ่ายหรือเก็บรักษา

สิ่งสกปรกหรือหรือตะกอนมักจะประกอบด้วย สารคาร์บอน เศษโลหะ หรือสารอนินทรีอื่น ๆ ซึ่งอาจจะมีสาเหตุที่มาได้จากสาเหตุต่าง ๆ เช่น การไม่รวมตัวของน้ำมันเชื้อเพลิง หรือการเสื่อมสภาพของน้ำมันเชื้อเพลิงจาการทำปฏิกิริยากับอากาศ ซึ่งเกิดขึ้นมากที่อุณหภูมิสูง

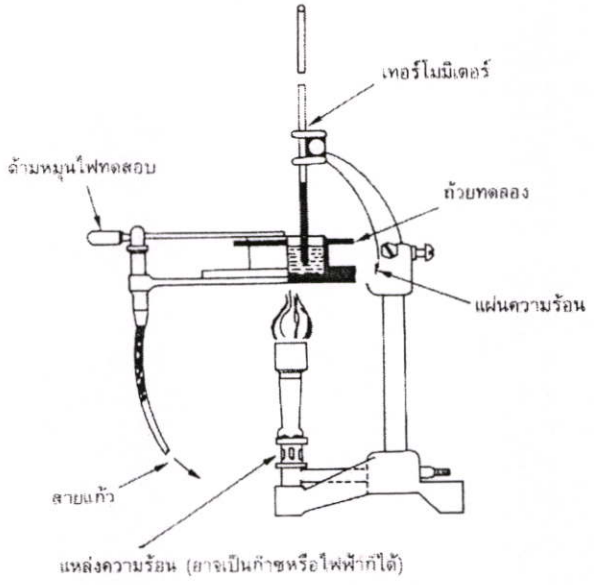
ปัญหาของน้ำคือ ทำให้หม้อกรองเชื้อเพลิงตันและทำให้ระบบเชื้อเพลิงเกิดการกัดกร่อน สำหรับสิ่งสกปรกนั้นนอกจากจะทำให้หม้อกรองเชื้อเพลิงตันแล้วยังทำให้เกิดการสึกหรอและตะกอนในระบบหัวฉีดและในเครื่องยนต์

3.7.10 จุดวาบไฟ

จุดวาบไฟ (Flash point) เป็นอีกค่าหนึ่งที่บ่งชี้ถึงความสามารถในการระเหยเป็นไอของผลิตภัณฑ์น้ำมันปิโตรเลียม ทดสอบได้สองวิธี โดยใช้ภาชนะปิดหรือเปิด เช่น PMCC, PM (Pensky – Marsten closed cup, ASTM D-93) หรือ COC (Cleveland open cup) แสดงในรูปที่ 3.3 โดยให้ความร้อนแก่ภาชนะที่บรรจุตัวอย่าง ตามปริมาตรและสภาวะมาตรฐานทดสอบการเกิดเปลวไฟของส่วนผสมระหว่างไอน้ำมันเหนือผิวของเหลวและอากาศเป็นระยะ ๆเมื่อมีเปลวไฟทดสอบเคลื่อนที่ผ่าน อุณหภูมิแรกที่ส่วนผสมเกิดเปลวไฟวาบขึ้นแล้วก็ดับ คือ จุดวาบไฟ จุดวาบไฟแสดงถึงอันตรายที่จะเกิดการระเบิดหรือการจุดไฟขึ้นในระบบเก็บผลิตภัณฑ์น้ำมันปิโตรเลียมด้วย

จุดวาบไฟ (Flash point) ของน้ำมันดีเซล คืออุณหภูมิที่น้ำมันดีเซลจะต้องถูกทำให้ร้อนเพื่อให้เกิดส่วนผสมของไอน้ำกับอากาศที่จุดติดไฟได้เหนือผิวหน้าของน้ำมันเมื่อมีเปลวไฟเป็นตัวล่อ สำหรับการหาจุดวาบไฟของน้ำมันดีเซลที่ใช้วิธีการทดสอบของ Pensky – Marsten แสดงในรูปที่ 3.3

ส่วนจุดติดไฟก็คือ อุณหภูมิต่ำสุดที่ไอน้ำเกิดติดไฟและติดอยู่ได้ไม่ต่ำกว่า 5 วินาที จุดทั้งสองนี้เป็นอันตรายต่อการเก็บรักษา น้ำมันแก๊สโซลีนที่ระเหยง่าย จุดติดไฟอาจจอยู่ต่ำกว่า 0 ^{0}C แต่น้ำมันดีเซลส่วนมากจะอยู่ระหว่าง 70-140 ^{0}C



รูปที่ 3.3 แสดงวิธีการทดสอบของ Pensky – Marsten

3.7.11 การกลั่น

การกลั่น (Distillation) หรือหมายถึงค่าการระเหยเป็นไอได้ง่ายของเชื้อเพลิง ปกติก่อนที่เชื้อเพลิงจะสันดาปได้ต้องมีการระเหยเป็นไอก่อน แต่ถ้าน้ำมันนั้นต้องใช้อุณหภูมิสูงจึงจะระเหยได้จะยากแก่การสันดาป น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดใดมีค่าการระเหยเป็นไอต่ำจะก่อให้เกิดความล่าช้าในการเผาไหม้

ความสามารถในการระเหยของน้ำมันเชื้อเพลิงเซลนั้นวัดโดยการกลั่นด้วยวิธีASTM D86 ซึ่งวิธีทดสอบก็คือการทำให้เชื้อเพลิงกลายเป็นไอ และจดอุณหภูมิของไอเชื้อเพลิงสำหรับแต่ละเปอร์เซ็นต์ของน้ำมันที่กลายเป็นไอไปตลอดช่วงการกลั่น

คุณสมบัติข้อนี้มีความสำคัญต่อการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล โดนเฉพาะอย่างยิ่งในเครื่องยนต์รอบปานกลางและรอบสูง สำหรับความสามารถในการระเหยที่เหมาะสมนั้นขึ้นอยู่กับรอบ ขนาด และการออกแบบของเครื่องยนต์ การใช้เชื้อเพลิงที่ระเหยยากนั้น จะทำให้น้ำมันฉีดเป็นฝอยไม่ดี ผลก็คือกำลังและประสิทธิภาพของเครื่องตก หากใช้เชื้อเพลิงที่ระเหยง่ายเกินไปจะทำให้กำลังและประสิทธิภาพตกเช่นกันเนื่องจากอาจจะเกิด Vapour Lock ในระบบเชื้อเพลิงหรือหยดน้ำมันเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดออกจากหัวฉีดไม่สามารถที่จะไปได้ไกลเท่าที่ควร กล่าวโดยทั่วไปแล้วช่วงการกลั่นของน้ำมันควรต่ำที่สุดโดยไม่ทำให้คุณสมบัติทางด้านจุดวาบไฟ การลุกติดไฟ ค่าความร้อน ตลอดจนความข้นใสเสียไป ถ้าหากอุณหภูมิที่น้ำมันกลั่นออกมา 10 เปอร์เซ็นต์ และ 80 เปอร์เซ็นต์ ห่างกันเกินไปจะทำให้ช่วงเวลาการอุ่นเครื่องยนต์นานขึ้น ส่วนอุณหภูมิที่น้ำมันกลั่น 90 เปอร์เซ็นต์ และจุดสุดท้ายของการกลั่นที่ต่ำจะช่วยลดการเกิดเถ้าคาร์บอนและความสกปรกของน้ำมันเครื่องยนต์

3.7.12 ค่าความร้อน

การเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างน้ำมันเชื้อเพลิงกับออกซิเจนของอากาศ จะทำให้ได้ปริมาณความร้อนที่ถูกปล่อยออกมาเมื่อเชื้อเพลิงถูกเผาไหม้ ซึ่งความร้อนที่เกิดขึ้นต่อหน่วยมวลของเชื้อเพลิง มีหน่วยเป็นจูลต่อกิโลกรัมของเชื้อเพลิง เนื่องจากเครื่องยนต์เผาไหม้ภายในขึ้นอยู่กับความร้อนที่เปลี่ยนไปเป็นกำลัง ดังนั้นค่าความร้อนของน้ำมันชื้อเพลิงจึงมีผลโดยตรงต่อกำลังที่ออกจากเครื่องยนต์ ในการคำนวณประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน ใช้ค่าความร้อนทางต่ำเป็นหลัก เพราะว่าในอุณหภูมิสูง ๆ ขณะที่ไอเสียออกจากเครื่องยนต์จะไม่มีการกลั่นตัวของไอน้ำ แต่ความร้อนสูงก็เป็นที่นิยมใช้กันเพราะตัวเลขที่ได้จากค่าความร้อนสูงคำนวณหาได้ง่ายกว่าค่าความร้อนต่ำ ตามหลักการทดลองของสมาคม ASME กำหนดให้ใช้ค่าความร้อนทางสูง ส่วนหลักการทดลองของสมาคม SAE ให้ใช้ค่าความร้อนต่ำ [19]

3.8 การเผาไหม้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด

ลักษณะที่สำคัญของกระบวนการเผาไหม้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดหรือเครื่องยนต์ดีเซล คือ เชื้อเพลิงถูกฉีดเข้าไปในกระบอกสูบโดยระบบฉีดเชื้อเพลิงที่ปลายของจังหวะอัดก่อนการเริ่มต้นการเผาไหม้ที่ต้องการเล็กน้อย ตามปกติแล้วเชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าไปด้วยความเร็วสูงโดยผ่านรูหัวฉีดรูเดียวหรือหลายรู เมื่อเชื้อเพลิงผ่านพ้นปลายของหัวฉีดก็จะแตกเป็นฝอยละอองและพุ่งไปในห้องเผาไหม้และจะระเหย และผสมกับอากาศที่อุณหภูมิและความดันสูงที่อยู่ในกระบอกสูบ เนื่องจากอุณหภูมิและความดันของอากาศสูงกว่าจุดการจุดระเบิดของเชื้อเพลิง ทำให้การจุดระเบิดเองของส่วนที่เป็นสารผสมเชื้อเพลิงกับอากาศจะเกิดขึ้น ความดันกระบอกสูบก็จะเพิ่มขึ้นเป็นผลให้เกิดการอัดส่วนที่ยังไม่เผาไหม้ ซึ่งทำให้ช่วงเวลาล่าช้าก่อนไม่กี่องศาของมุมเพลาข้อเหวี่ยง เมื่อการเผาไหม้ของสารผสมเชื้อเพลิงกับอากาศเกิดขึ้น ความดันกระบอกสูบก็จะเพิ่มขึ้นเป็นผลให้เกิดการอัดส่วนที่ยังไม่เผาไหม้ ซึ่งทำให้ช่วงเวลาล่าช้าก่อนการจุดระเบิดของสารผสมเชื้อเพลิงกับอากาศที่ได้ผสมกัน โดยมีสัดส่วนอยู่ในขีดจำกัดที่สามารถเผาไหม้ได้นั้นสั้นลง การเผาไหม้ก็จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ เมื่อเกิดการเผาไหม้แล้วเวลาในการระเหยของเชื้อเพลิงที่เหลือก็จะลดลงด้วย สำหรับการฉีดเชื้อเพลิงก็จะมีต่อเนื่องไปจนกระทั่งปริมาณเชื้อเพลิงที่ต้องการได้เข้าไปในกระบอกสูบแล้ว ส่วนกระบวนการแตกเป็นฝอยละออง การระเหย การผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ และการเผาไหม้ ก็จะมีต่อเนื่องไปจนกระทั่งเชื้อเพลิงทั้งหมดได้ผ่านแต่ละกระบวนการดังกล่าว นอกจากนี้ การผสมของอากาศที่เหลือในกระบอกสูบกับแก๊สที่กำลังเผาไหม้แล้ว ก็จะเกิดขึ้นต่อไปตลอดกระบวนการเผาไหม้และกระบวนการขยายตัว รายละเอียดของกระบวนการเผาไหม้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดจะขึ้นอยู่กับสมบัติของเชื้อเพลิง

การออกแบบห้องเผาไหม้และระบบฉีดเชื้อเพลิงและสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ ผลที่สำคัญของกระบวนการเผาไหม้ ที่มีต่อการทำงานของเครื่องยนต์มีดังนี้

1. เนื่องจากการฉีดเชื้อเพลิงเกิดก่อนการเริ่มต้นการเผาไหม้เล็กน้อย ดังนั้นจึงไม่มีข้อจำกัดของการน็อกเหมือนในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟซึ่งเป็นผลมาจากการจุดระเบิดเองของเชื้อเพลิงและอากาศที่ผสมกันก่อนแล้วในแก๊สส่วนสุดท้าย ดังนั้นเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดจึงสามารถใช้อัตราส่วนการอัดสูงกว่าได้ เป็นผลให้ประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงพลังงานเชื้อเพลิงสูงกว่าเมื่อเทียบกับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ

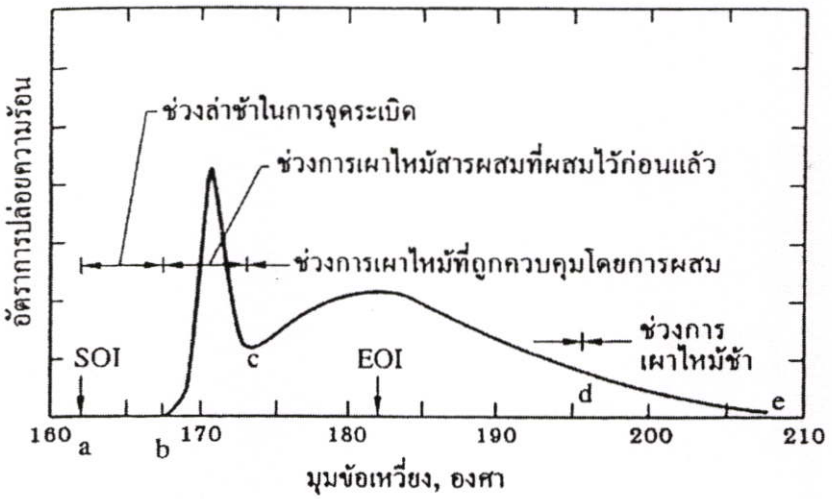
2. เนื่องจากจังหวะการฉีดเชื้อเพลิงถูกใช้ในการควบคุมจังหวะการเผาไหม้ ช่วงล่าช้าระหว่างการเริ่มฉีดเชื้อเพลิงและการเริ่มต้นการเผาไหม้จะต้องสั้น ซึ่งช่วงล่าช้าที่สั้นนี้ยังจำเป็นต่อการรักษาความดันกระบอกสูบสูงสุดที่เครื่องยนต์จะทนได้ ดังนั้นคุณสมบัติในการจุดระเบิดเองสารผสมเชื้อเพลิงกับอากาศจึงต้องอยู่ในช่วงที่กำหนด ซึ่งกระทำได้โดยใช้น้ำมันที่มีค่าซีเทนสูงกว่าค่าที่กำหนด การเผาไหม้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดแบบอัดขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างเช่น คุณสมบัติของตัวเชื้อเพลิง ลักษณะของห้องเผาไหม้ ระบบฉีดเชื้อเพลิงและสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ ซึ่งถือได้ว่าการเผาไหม้ของเครื่องยนต์จุดระเบิดแบบอัดมีการเผาไหม้แบบไม่คงตัว (Unsteady turbulent diffusion flame) โดยระบบการเผาไหม้ของเครื่องยนต์จุดระเบิดแบบอัดสามารถจำแนกได้ 2 ประเภทคือระบบการฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงเข้าสู่ห้องเผาไหม้(Direct Injection) และ ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม(Indirect Injection)

1.ระบบการฉีดเชื้อเพลิงโดยตรง (Direct Injection or DI Systems) คือระบบนี้จะเป็นแบบมีห้องเผาไหม้แบบเปิดห้องเดียวซึ่งเชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าสู่ห้องเผาไหม้โดยตรง

2.ระบบการฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม (Indirect Injection or IDI Systems) คือระบบนี้จะเป็นแบบมีห้องเผาไหม้ช่วยก่อน(Prechamber)ถึงห้องเผาไหม้หลัก(Main chamber)โดยที่เชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าสู่ห้องเผาไหม้ช่วยก่อนแล้วเกิดการเผาไหม้ในส่วนแรก จึงลุกลามไปเผาไหม้ในห้องเผาไหม้หลักซึ่งอยู่ติดกัน

กระบวนการเผาไหม้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดแบบอัด มีดังนี้ [7]

1. ลักษณะของการเผาไหม้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดแบบอัดประเภท (DI) สามารถสรุปได้ดังนี้

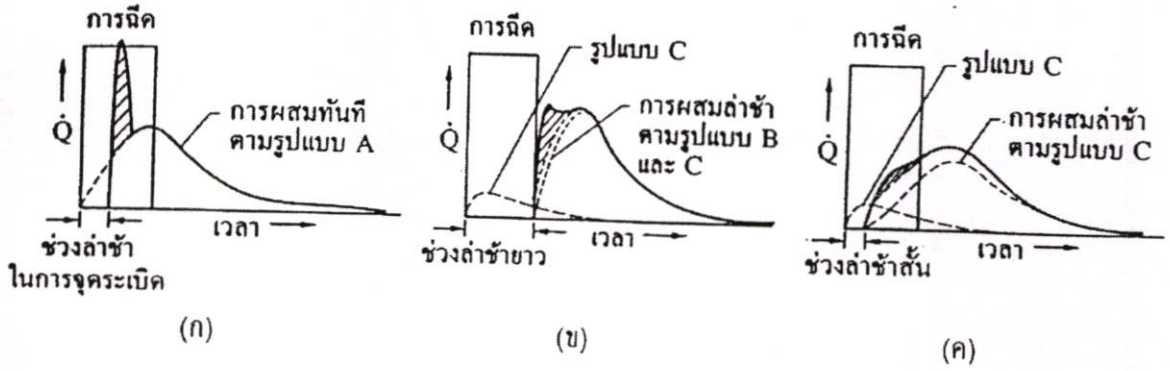


รูปที่ 3.4 แสดงอัตราการปล่อยความร้อนของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรง และช่วงการเผาไหม้แบบต่างๆ

- Ignition delay (ab) เป็นช่วงเวลาระหว่างการเริ่มฉีดเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้และการเริ่มต้นการเผาไหม้ โดย ignition delay จะสั้นหรือยาวจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของเชื้อเพลิง, อุณหภูมิและความดันในห้องเผาไหม้
- Premixed phase (bc) เป็นช่วงที่เกิดการเผาไหม้ของส่วนผสมอากาศและเชื้อเพลิงที่มีสัดส่วนอยู่ในช่วง Flammability limit ซึ่งเกิดการผสมในระหว่างช่วง ignition delay โดยเกิดการเผาไหม้ขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อส่วนผสมที่กำลังเผาไหม้อยู่พบกับเชื้อเพลิงที่พร้อมสำหรับการเผาไหม้และเผาไหม้เกือบจะพร้อมกันในช่วงนี้ จะเป็นผลให้อัตราการปล่อยความร้อนในช่วงนี้สูง
- Mixing combustion phase (cd) เป็นช่วงการเผาไหม้ที่ควบคุมโดยการผสม ซึ่งเมื่อเชื้อเพลิงที่ผสมกันก่อนแล้วถูกเผาไหม้หมดอัตราการเผาไหม้จะถูกควบคุมโดยอัตราการเกิดของสารผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศที่พร้อมจะเผาไหม้ โดยจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นแต่อาจจะไม่สูงขึ้นแต่ไม่สูงเท่าค่าเริ่มแรกแล้วจะลดลงเมื่อเวลาผ่านไป
- Late combustion phase (de) เป็นช่วงที่เกิดการปล่อยความร้อนในอัตราต่ำในช่วงการขยายตัว ซึ่งเป็นการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่เหลืออยู่น้อยและเป็นการเผาไหม้ในส่วนของเขม่าในที่เกิดในส่วนส่วนผามหนาที่เกิดขึ้นก่อนหน้านี้

2. ลักษณะของการเผาไหม้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดแบบอัดประเภท IDI สามารถสรุปได้ดังนี้ ในเครื่องยนต์จุดระเบิดแบบอัดประเภท IDI แบบ Swirl Chamber ลักษณะของอัตราการปล่อยความร้อนจะต่างจากในเครื่องยนต์จุดระเบิดแบบอัดประเภท DI โดยจะไม่มีช่วงที่มีลักษณะเป็น Premixed combustion phase เนื่องจากการที่เครื่องยนต์จุดระเบิดแบบอัดประเภท IDI มีห้องเผาไหม้ขนาดเล็กกว่า รวมกับการที่อากาศเกิดการหมุนวนในห้องเผาไหม้ล่วงหน้าอย่างรุนแรงก่อนการฉีดเชื้อเพลิง เป็นผลให้การสเปรย์เชื้อเพลิงถูกเหวียงไปปะทะกับผนังห้องเผาไหม้ รวมทั้งการที่เครื่องยนต์จุดระเบิดแบบอัดประเภท IDI มีช่วง Ignition delay ที่สั้นกว่า จากผลของอัตราส่วนการอัดที่มีค่าสูงกว่า จึงเป็นผลให้อัตราการปล่อยความร้อนต่ำกว่าในช่วงเริ่มการเผาไหม้

จากการศึกษารูปแบบการเผาไหม้ต่างๆ ได้มีการนำเสนอรูปแบบการฉีด การผสมและการเผาไหม้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดแบบอัดไว้ 3 รูปแบบดังนี้



รูปที่ 3.5 แสดงการฉีดเชื้อเพลิงและการเผาไหม้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดแบบอัด 3 รูปแบบ

(ก) แสดงอัตราการเผาไหม้ของระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงที่ใช้หัวฉีดแบบหลายรู ติดไว้ตรงกลาง

(ข) แสดงอัตราการเผาไหม้ของระบบฉีดเชื้อเพลงโดยตรงแบบ M ที่ฉีดเชื้อเพลิงเข้าผนัง

(ค) แสดงอัตราการเผาไหม้ของระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อมแบบห้องเผาไหม้ก่อนไหลวน

- รูปแบบ A เกิดจากการฉีดเชื้อเพลิงเข้าไปทันทีโดยโมเมนตัมที่มากพอและเกิดการผสมทันทีของเชื้อเพลิงกับอากาศและเกิดส่วนผสมของการผสมกันล่วงหน้า
- รูปแบบ B เชื้อเพลิงจะไปเกาะที่ผนัง การผสมในช่วงล่าช้าเกือบจะไม่มีเนื่องจากการระเหยของเชื้อเพลิงถูกจำกัด แต่หลังจากการจุดระเบิดการระเหยจะรวดเร็วและถูกควบคุมโดยอัตราการเข้าถึงผิวของแก๊สร้อน เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้กับผิวซึ่งจะทำให้เชื้อเพลิงระเหยเร็วขึ้น และเกิดการผสมในแนวรัศมีจากแรงหนีศูนย์กลางที่ต่างกัน

- รูปแบบ C เชื้อเพลิงถูกกระจายไปใกล้กับผนัง และมีกรผามเกิดในช่วงล่าช้าแต่ในอัตราที่น้อยกว่าแบบ A เมื่อเกิดการจุดระเบิดตะเกิดการผามขึ้นอย่างรวดเร็วเช่นเดียวกับแบบ B

3.9 ปริมาณและการเกิดมลพิษในเครื่องยนต์ดีเซล

ไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลโดยทั่วไปประกอบด้วยสารที่ถือว่าเป็นมลพิษที่คล้ายๆกับของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ แต่เป็นปริมาณของมลพิษบางตัวจะแตกต่างจากเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟโดยในไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลนั้นความเข้มข้นของ NO_x จะใกล้เคียงกับไอเสียของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ ส่วนไฮโดรคาร์บอนที่ออกมากับไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลจะต่ำในไอเสียของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟประมาณ 5 เท่า ซึ่งไฮโดรคาร์บอนในไอเสียนี้อาจควบแน่นเกิดเป็นควันขาวในช่วงการติดและอุ่นเครื่องยนต์ได้ นอกจากนี้ สารประกอบไฮโดรคาร์บอนบางชนิดในไอเสียยังเป็นกลิ่นของไอเสียอีกด้วยสำหรับ CO ที่ออกมารับไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลนั้นน้อยมาก ทั้งนี้ เนื่องจากเครื่องยนต์ดีเซลตามปกติแล้วจะทำงานด้วยสารประสมบาง แต่ในไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลจะมีสารละอองที่เป็นอนุภาคขนาดเล็ก (เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.1 μm) ราวร้อยละ 0.2 ถึงร้อยละ 0.5 ของมวลเชื้อเพลิงของสารละอองนี้ประกอบด้วยเขม่าเป็นส่วนใหญ่และมีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ถูกดูดซับไว้อยู่บ้าง[14]

การเกิดมลพิษในเครื่องยนต์ดีเซลจะขึ้นอยู่กับการกระจายเชื้อเพลิงและลักษณะของการกระจายที่แปรผันกับเวลาอันเนื่องจากการผสม ทั้งนี้ เนื่องจากในเครื่องยนต์ดีเซลนั้นเชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าไปในกระบอกสูบก่อนการเผาไหม้เริ่มต้นเล็กน้อย การกระจายเชื้อเพลิงจึงไม่สม่ำเสมอ ไฮโดรคาร์บอน ที่ยังไม่เผาไหม้และเขม่า (หรือสารละออง) ในช่วงการเผาไหม้สารผสมไว้ก่อนแล้ว และในช่วงการเผาไหม้ที่ควบคุมด้วยการผสมในเครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงมีการไหลวนซึ่งจะพบว่า NO เกิดขึ้นในบริเวณแก๊สที่เผาไหม้แล้วที่มีอุณหภูมิสูงเหมือนกับการเกิด NO ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยเครื่องประกายไฟ แต่ในเครื่องยนต์ดีเซล การกระจายของอุณหภูมิและอัตราส่วนระหว่างเชื้อเพลิงต่ออากาศภายในบริเวณแก๊สที่เผาไหม้แล้ว ไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นอัตราการเกิดจะสูงในบริเวณสารผสมที่ใกล้สารผสมพอดี เขม่าจะเกิดขึ้นในบริเวณแกนของสเปรย์ที่มีน้ำมันเชื้อเพลิงที่ยังไม่เผาไหม้ แล้วเขม่าก็จะถูกออกซิไดส์ในบริเวณเปลวไฟเมื่อไปสัมผัสกับออกซิเจน ทำให้เปลวไฟมีลักษณะเป็นสีเหลืองสว่าง ส่วนไฮโดรคาร์บอนและอัลดีไฮ (aldehyde) จะเกิดในบริเวณที่เปลวไฟดับ ทั้งที่ผนังและในบริเวณที่ซึ่งถูกเจือจางด้วยอากาศมากเกินไปจนการเผาไหม้ไม่สามารถเริ่มหรือเกิดต่อไปจนสมบูรณ์ได้ นอกจากนี้ ไอเชื้อเพลิงจากเชื้อเพลิงที่เหลืออยู่ที่ปลายหัวฉีดในช่วงหลังการเผาไหม้ก็จะเป็นแหล่งของไฮโดรคาร์บอนอีกแหล่งหนึ่ง สำหรับเสียงที่เกิดจากการเผาไหม้นั้นจะถูกควบคุมโดยส่วนแรกของกระบวนการเผา

ไหม้ซึ่งมีการเผาไหม้ความร้อนที่รวดเร็วทันทีหลังช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด โดยพยายามไม่ให้มีการเผาไหม้ของสารที่ผสมที่เกิดขึ้นพร้อมกันทันทีในปริมาณที่มากเกินไป

3.10 แก๊สไอเสียจากเครื่องยนต์ดีเซล

เมื่อพิจารณาถึงแก๊สไอเสียจากเครื่องยนต์ดีเซล จะต้องแยกระหว่างส่วนประกอบที่เป็นอนุภาคและส่วนประกอบที่เป็นแก๊ส

ส่วนประกอบที่เป็นอนุภาคซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นเขม่าที่อนุภาคของคาร์บอน แก๊สที่เป็นพิษที่สำคัญในไอเสียได้แก่ ไฮโดรคาร์บอน (HC) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และไนโตรเจนออกไซด์(NO_x) ด้วยสัดส่วนที่มากที่สุด ของไอเสียจะประกอบด้วยคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ

3.10.1 เขม่า (ควันดำ)

เขม่าประกอบด้วยอนุภาคของคาร์บอนที่เกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ (Incomplete combutions) การฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าไปในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ จะเข้าไปผสมกับอากาศ แม้ว่าอากาศในห้องเผาไหม้จะมีปริมาณอากาศเกินพอมาก แต่การผสมจะไม่สมบูรณ์ในทุกบริเวณ ซึ่งหมายความว่าในบริเวณนั้นมีน้ำมันเชื้อเพลิงเกิน ดังนั้นที่อุณหภูมิสูงและมีการขาดออกซิเจน (ส่วนผสมหนา) การกลั่นแห้งของไฮโดรคาร์บอนในน้ำมันเชื้อเพลิงก็จะเกิดขึ้น เนื่องจากการแยกตัวของไฮโดรเจน ผลที่ได้ก็คือ คาร์บอน เมื่อการเผาไหม้เกิดขึ้นต่อไป คาร์บอนก็จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ซึ่งจะได้คาร์บอนมอนอกไซด์ถ้ามีออกซิเจนเพียงพอและอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 100 ^{0}C

ถ้าออกซิเจนไม่เพียงพอ หรืออุณหภูมิต่ำเกินไปอนุภาคของคาร์บอนจะยังคงเป็นอนุภาคและออกไปกับไอเสียซึ่งเห็นเป็นควันดำนั่นเอง อนุภาคจะรวมตัวกันเป็นเม็ดเล็ก ๆ แต่ก็มีรายงานการวิจัยบางแห่งได้ระบุว่า ควันดำไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพแต่อาจสามารถทำหน้าที่เป็นตัวจับสารที่เป็นอันตราย แต่อย่างไรก็ตาม ควันดำจะเป็นสาเหตุของการเคืองตา เพราะเป็นสาเหตุทำให้การมองเห็นลดลงและทำให้พื้นที่บริเวณที่มีเขม่าโดยรอบมีสีดำ

3.10.2 ไฮโดรคาร์บอน

ตัวย่อ HC จะถูกใช้เพื่อแทนกลุ่มไฮโดรคาร์บอนต่าง ๆ ที่มากกว่า 100 ชนิด ไฮโดรคาร์บอนที่มีอยู่ในไอเสียที่ออกมากับเครื่องยนต์ดีเซลจะเป็นผลเบื้องต้นมาจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของน้ำมันเชื้อเพลิง รวมน้ำมันเชื้อเพลิงที่ระเหยจากระบบน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยส่วนใหญ่ของ ไฮโดรคาร์บอน ที่ออกมาจะไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ แต่บางส่วนก็มีกลิ่นฉุน และบางส่วนจะระคายเคืองต่อดวงตาและหลอดลม

ปริมาณไฮโดรคาร์บอน และในไอเสียจะขึ้นอยู่กับปัจจัยที่เกี่ยวกับกระบวนการเผาไหม้หลายประการ ตัวอย่างเช่น อุณหภูมิสูงจะให้ปริมาณ ไฮโดรคาร์บอนต่ำ วิธีการหนึ่งที่จะลดไฮโดรคาร์บอนก็คือการออกแบบเครื่องยนต์ที่ให้อุณหภูมิสูงในระหว่างกระบวนการเผาไหม้

ภายใต้สภาวะโหลดน้อย ๆ ปริมาณของไฮโดรคาร์บอนของน้ำมันดีเซลแบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าโดยตรงจะขึ้นอยู่กับปริมาตรของน้ำมันเชื้อเพลิงเหลืออยู่ที่ปลายของหัวฉีดด้วย

ไฮโดรคาร์บอนที่ปล่อยออกมานี้ได้มีการศึกษาเป็นพิเศษในสหรัฐอเมริกา เนื่องจากจะทำให้เกิดผลปฏิกิริยาทางแสงและทางเคมีที่เรียกว่า สม็อก (Smog) สม็อกเป็นผลของปฏิกิริยาหลากหลายในบรรยากาศที่เริ่มจากการแผ่รังสีอัลตราไวโอเลตปฏิกิริยาเหล่านี้จะทำให้เกิดสารบางอย่างซึ่งทำให้การมองเห็นลดลง ระคายเคืองตา และทำความเสียหายให้กับพืช สม็อกสามารถเกิดในที่ซึ่งมีการรวมตัวกันของไอเสียที่ออกมาเป็นจำนวนมาก การหมุนเวียนของอากาศไม่ดีและแสงแดดจ้า สภาวะของสม็อกเกิดขึ้นครั้งแรกในลอสแอนเจอริส แต่ในปัจจุบันส่วนมากจะเห็นได้จากเมืองใหญ่ ๆ ของสหรัฐอเมริกา

ในข้อเท็จจริงแล้วสม็อกเกิดขึ้นในลอสแอนเจอริส มาก่อนที่จะมีรถยนต์เสียอีก ซึ่งเนื่องมาจากมลภาวะทางอากาศจากแหล่งธรรมชาติ

3.10.3 ไนโตรเจนออกไซด์

NO_X เป็นสูตรที่ใช้แทนไนโตรเจนออกไซด์ทั้งหมด ออกไซด์ของในโตรเจนที่มีอยู่ในไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลคือ ไนตริกออกไซด์ (NO) และไนโตรเจนออกไซด์(NO_X)

ไนตริกออกไซด์ไม่มีสีและไม่มีกลิ่น ในอากาศไนตริกออกไซด์จะรวมตัวกับออกซิเจนเป็นไนโตรเจนออกไซด์ซึ่งจะมีสีน้ำตาลแดง มีกลิ่นฉุน และทำให้ระคายเคือง ความเข้มของไนโตรเจนที่มากเกินไปจะเป็นอันตรายต่อปอด นอกจากนี้ไนโตรเจนออกไซด์จะรวมได้ง่ายกับเฮโมโกลบินของเลือดป้องกันเลือดจากการดูดวับ และขนส่งออกซิเจนจากปอดไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ซึ่งจะเหมือนพิษของคาร์บอนมอนอกไซด์ และผลสุดท้ายก็คือทำให้หายใจไม่ออก

ไนโตรเจนออกไซด์ในไอเสียเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างไนโตรเจนและออกซิเจน ซึ่งปฏิกิริยานี้ขึ้นอยู่กับสภาวะที่เกิดขึ้นในห้องเผาไหม้คือ อุณหภูมิสูง ความดันสูง และมีออกซิเจนอยู่จะทำให้เกิด NO_X สูง

3.10.4 คาร์บอนมอนอกไซด์

(CO) ไม่มีกลิ่นไม่มีสีคาร์บอนมอนอกไซด์เป็นพิษเนื่องจากสามารถรวมตัวเข้ากันได้กับเฮโมโกลบินของเลือดแล้วไปป้องกันเลือดจากการดูดซับและขนส่งออกซิเจนผ่านไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกาย และผลสุดท้ายก็คือหายใจไม่ออก

คาร์บอนมอนอกไซด์จะเกิดขึ้นระหว่างช่วงกลางการเผาไหม้ หลังจากนั้นก็จะรวมตัวกับออกซิเจนกลายเป็นคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO_2) ที่ไม่เป็นพิษ คาร์บอนมอนอกไซด์จะเกิดในไอเสียถ้าการเผาไหม้มีออกซิเจนไม่เพียงพอเท่านั้น เนื่องจากเครื่องยนต์ดีเซลทำงาน (มีการเผาไหม้) โดยมีอากาศ (ออกซิเจน) เกินพอ ปริมาณไอเสียในคาร์บอนมอนอกไซด์ในไอเสียจึงต่ำ

3.11 สมบัติเชื้อเพลิงที่มีผลต่อสมรรถนะและการปล่อยมลพิษจากงานวิจัยในอดีต

ซีเทนนัมเบอร์ของน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีองค์ประกอบไฮโดรคาร์บอนจากปิโตรเลียม จะมีผลให้ไนโตรเจนออกไซด์ NO_X และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ SO_2 ลดลง เมื่อมีค่าซีเทนนัมเบอร์เพิ่มมากขึ้นโดยเหตุผลสำคัญที่มีผลต่อไนโตรเจนออกไซด์ NO_X คือการเพิ่มซีเทนนัมเบอร์และรูปแบบของกระบวนการเผาไหม้ การเพิ่มค่าซีเทนนัมเบอร์ช่วยลดความล่าช้าในการจุดระเบิดและการเผาไหม้ดีขึ้น แต่การลดลงของและซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ยังขึ้นอยู่กับปริมาณกำมะถันในเชื้อเพลิงด้วย [6]

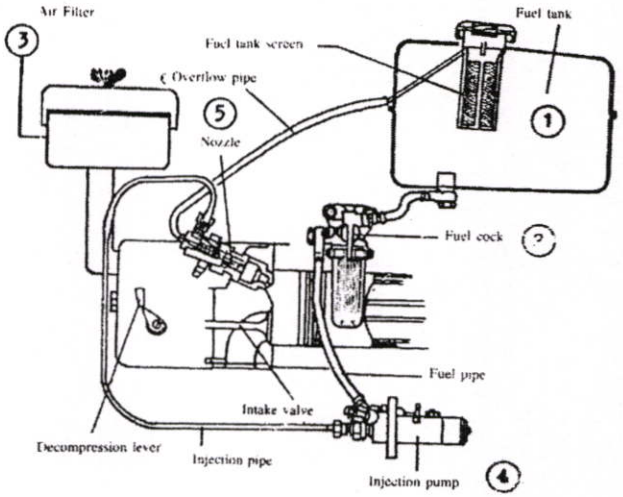
การใช้น้ำมันพืชบริสุทธิ์ชนิดต่าง ๆ (น้ำมันดอกทานตะวัน น้ำมันจากเมล็ดฝ้าย น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันข้าวโพด น้ำมันจากฝื่น น้ำมันเรฟชีด) และการใช้น้ำมันในรูปของเมทิลเอสเทอร์ เมทิลเอสเทอร์ของน้ำมันดอกทานตะวัน เมทิลเอสเทอร์ของน้ำมันจากเมล็ดฝ้าย เมทิลเอสเทอร์ของน้ำมันถั่วเหลือง [8] จากการทดลองพบว่ากำลังเครื่องยนต์จากการใช้น้ำมันพืชไม่ได้ขึ้นอยู่กับค่าความร้อนของเชื้อเพลิงโดยตรง คือการใช้น้ำมันเรฟชีดที่มีค่าความร้อนน้อยที่สุด แต่ให้กำลังเครื่องยนต์มากที่สุด

จากงานวิจัยในอดีตที่นำน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนเชื้อเพลิงต่ำ และมีควาหนาแน่นสูงกว่าน้ำมันดีเซล จะทำให้อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (m_f) สูงขึ้น และการใช้น้ำมันจากพืชที่มีความหนาแน่น และความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซล มีผลให้แนวโน้มของคาร์บอนมอนอกไซด์และควันไอเสียเพิ่มขึ้น ส่วนแนวโน้มของคาร์บอนไดออกไซด์และไนโตรเจนออกไซด์ลดลง

3.12 เครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก (Small Diesel Engine)

3.12.1 ระบบน้ำมันเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก (Small Diesel Engine Fuel System)

ระบบน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์เล็กดีเซล ทำหน้าที่จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงให้กับเครื่องยนต์เพื่อให้เกิดการเผาไหม้ ถ่ายทอดกำลังงานและนำไปใช้งานในที่สุด ระบบน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์เล็กดีเซลประกอบด้วยส่วนประกอบต่างๆดังนี้

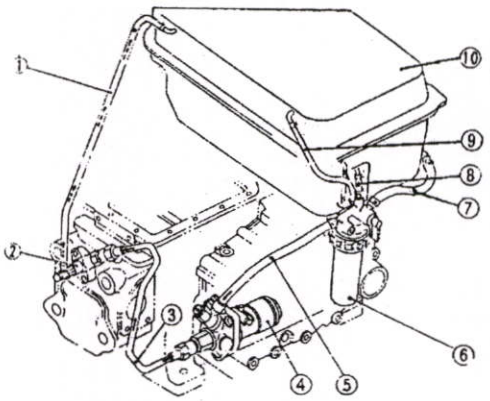


รูปที่ 3.6 ส่วนประกอบของระบบน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์เล็กดีเซล

จากรูปที่ 3.6 แสดงส่วนประกอบต่างๆของระบบน้ำมันเชื้อเพลิงดังนี้

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

3.12.2 ทิศทางการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Flow)

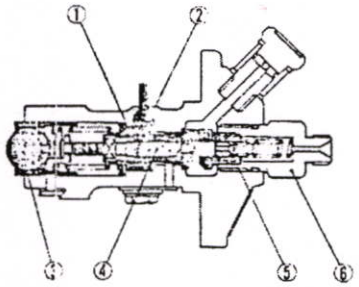


รูปที่ 3.7 ทิศทางการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง

ระบบน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์เล็กดีเซล ดังรูปที่ 3.7 เริ่มต้นจากถังน้ำมันเชื้อเพลิงหมายเลข10 ไหลผ่านกรองน้ำมันเชื้อเพลิงหมายเลข6 เข้าไปยังปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงหมายเลข4 ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงก็จะอัดน้ำมันแรงดันสูง แบ่งปริมาณน้ำมันมากหรือน้อยไปยังหัวฉีดหมายเลข2 และน้ำมันที่เหลือจากการฉีดก็จะไหลไปตามท่อหมายเลข1 ไหลกลับถัง ก่อนที่น้ำมันเชื้อเพลิงจะ

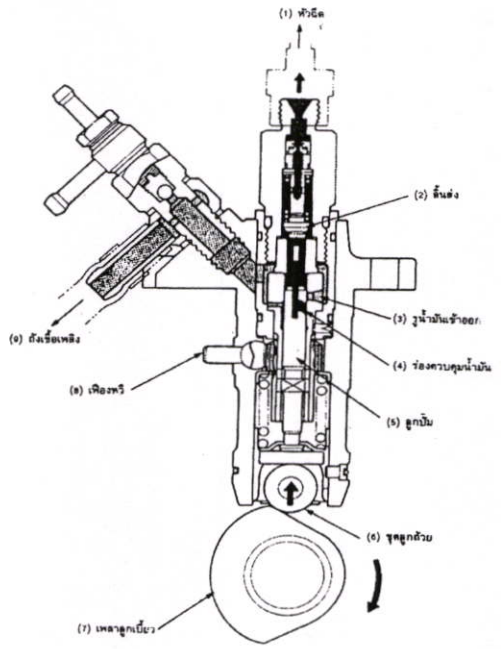
เข้าไปยังปั้มต้องผ่านกรองก่อนเพื่อเอาสิ่งสกปรกที่ติดมากับน้ำมัน เช่น น้ำ ผง หรือฝุ่นละออง เป็นต้นแรงดันน้ำมันจากปั้มจะไปยกเข็มหัวฉีดและฉีดเข้าไปยังห้องเผาไหม้ ให้มีความดันประมาณ 120ถึง 125 บาร์ น้ำมันส่วนที่เหลือจากการฉีดจะมาหล่อลื่นเข็มหัวฉีด และไหลกลับถังโดยผ่านท่อน้ำมันกลับถัง

3.12.3 ปั้มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง(Fuel Injection Pump)



รูปที่ 3.8 ส่วนประกอบของปั้มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

เครื่องยนต์เล็กดีเซลใช้ปั้มแบบปั้มบ๊อชขนาดเล็ก ดังรูปที่ 3.8 เมื่อเพลาลูกเบี้ยวหมุน ลูกเบี้ยวก็จะไปเตะชุดลูกถ้วย ซึ่งจะไปดันให้ปั้มเลื่อนขึ้น ลูกปั้มก็จะไปดันให้น้ำมันไหลผ่านลิ้นส่งไปยังหัวฉีดปั้มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงมีท่อต่อไปยังหัวฉีด เพื่อจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงที่เหมาะสมกับภาระงาน ผ่านหัวฉีดเข้าสู่ห้องเผาไหม้

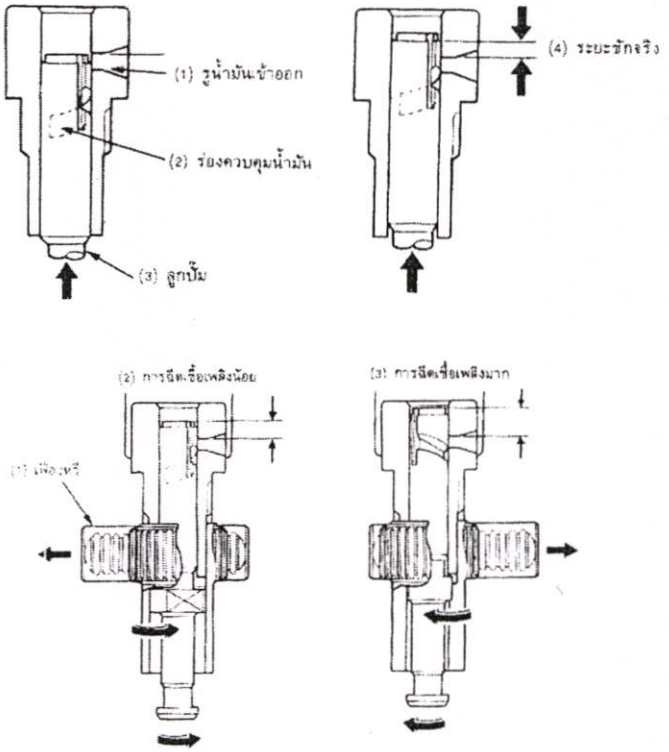


รูปที่ 3.9 การทำงานของปั้มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

ลูกปั๊มมีการเคลื่อนที่ 2 ลักษณะคือ

1. การเลื่อนขึ้นลง (Up and Down)
2. การบิดตัว(Rotate)

การเลื่อนขึ้นลง เป็นการประจุน้ำมันเข้าสู่กระบอกปั๊มและทำให้น้ำมันมีแรงดันสูง ระยะที่รูน้ำมันเข้าออก ถูกปิดจนกระทั่งเปิด เรียกว่า "ระยะชักจริง" หรือระยะที่มีการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง (Effective Stroke) ดังรูปที่ 3.9

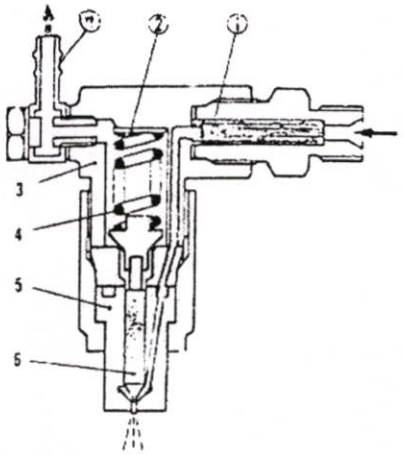


รูปที่ 3.10 การปรับการปริมาณการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

3.12.4 หัวฉีด (Nozzle)

หัวฉีดน้ำมันเป็นลิ้นหรืออุปกรณ์ที่ใช้สำหรับกระจาย (Atomizing or Cracking) น้ำมันเชื้อเพลิงให้แตกออกเป็นฝอยละอองเล็กๆและฉีดเข้าไปเผาไหม้ในกระบอกสูบเครื่องยนต์ ดังแสดงในรูปที่ 3.10 และรูปที่ 3.11

เมื่อน้ำมันเชื้อเพลิงจากปั๊มเข้ามายังกระบอกเข็มหัวฉีด โดยผ่านตัวกรองน้ำมัน ซึ่งเป็นตัวที่ทำให้น้ำมันไหลเข้าได้อย่างสม่ำเสมอ เมื่อน้ำมันที่อยู่ในกระบอกเข็มหัวฉีดแรงดันเกินกว่า 120 ถึง 125 บาร์ แรงดันของน้ำมันเชื้อเพลิงก็จะทำให้เข็มหัวฉีดถูกยกขึ้นโดยชนะแรงดันของสปริง น้ำมันก็จะฉีดออกจากปลายหัวฉีด และน้ำมันเชื้อเพลิงบางส่วนก็จะไปหล่อลื่นระหว่างเข็มหัวฉีดและกระบอกเข็มหัวฉีดและไหลกลับถังโดยผ่านท่อน้ำมันไหลกลับถัง



รูปที่ 3.11 ส่วนประกอบของหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

การเผาไหม้ที่ในหนึ่งวัฏจักรของเครื่องยนต์ดีเซล เป็นช่วงเวลาที่สั้นมาก เพื่อการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ หัวฉีดจึงมีหน้าที่ดังนี้

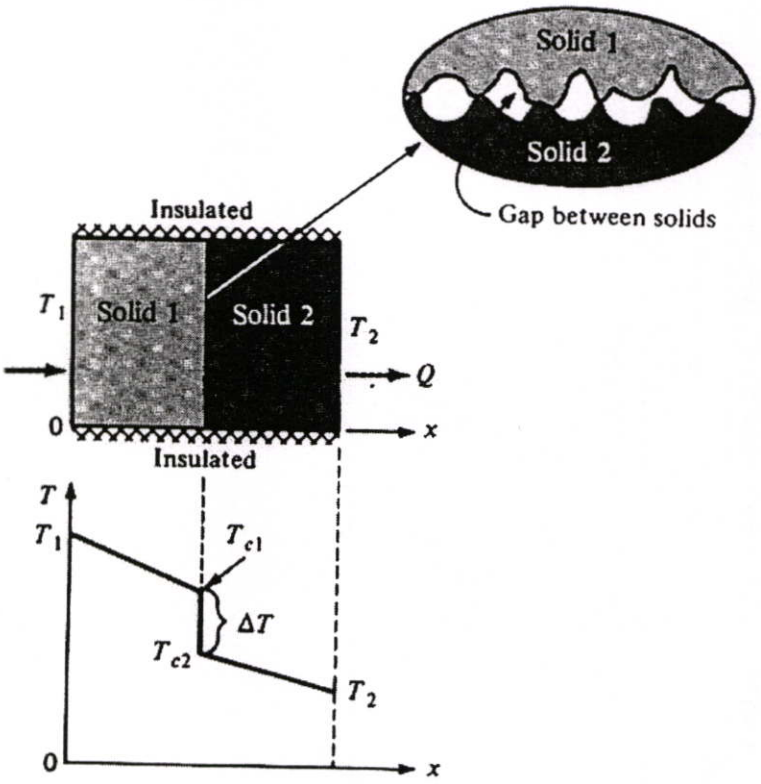
การเป็นฝอยละออง (Atomization) การเป็นฝอยละอองที่เล็กกว่าของน้ำมันเชื้อเพลิง จะทำให้น้ำมันเชื้อเพลิงสามารถระเหยเป็นไอและเผาไหม้ได้ดีกว่า ขนาดของละอองน้ำมันถูกกำหนดโดยปัจจัยต่างๆ เช่น แรงดันการฉีดน้ำมัน เส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีดและรูปร่าง อุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ และคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง

การแทรกซึมของละอองน้ำมัน (Spray Penetration) ถ้าละอองน้ำมันอยู่นิ่งเฉย จะขัดขวางการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ของมันเอง เนื่องจากน้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์ก็ต่อเมื่อมีอากาศอยู่รอบๆเท่านั้น ดังนั้นละอองน้ำมันจะต้องมีกำลังเพียงพอที่จะเคลื่อนแทรกเข้าไปในอากาศที่อัดตัวได้ จนกระทั่งถูกเผาไหม้เสร็จสมบูรณ์ ความสามารถนี้เรียกว่าการแทรกซึมของละอองน้ำมันซึ่งจะถูกกำหนดโดยความหนืดของน้ำมันเชื้อเพลิง แรงดันการฉีด เป็นต้น ละอองน้ำมันที่มีขนาดใหญ่กว่าสามารถที่จะไปได้ไกลกว่า อย่างไรก็ตามถ้ามีขนาดใหญ่เกินไป มันจะไปชนกับผนังห้องเผาไหม้และกลายเป็นของเหลว ขัดขวางการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์

การกระจายของละอองน้ำมัน (Spray Distribution) เป็นกุญแจสำคัญที่จะเพิ่มพูนประสิทธิภาพทางความร้อนให้ได้สูงสุด ด้วยการใช้อากาศภายในห้องเผาไหม้ ระบบการเผาไหม้ในเครื่องยนต์เบนซินมีความเกี่ยวข้องกับสิ่งนี้มาก เนื่องจากน้ำมันเชื้อเพลิงถูกผสมกับอากาศอย่างทั่วถึงเมื่อเข้าไปในห้องเผาไหม้ แต่ในเครื่องยนต์ดีเซลมักจะใช้อากาศแต่ในบริเวณใกล้เคียงกับหัวฉีดเท่านั้น เป็นผลทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์เกิดขึ้นในบริเวณนี้ ในขณะที่อากาศที่คงอยู่ในห้องเผาไหม้ถูกขับออกเป็นไอเสียโดยเปล่าประโยชน์ ดังนั้นการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงจึงจำเป็นต้องทำให้ละอองน้ำมันกระจายไปในห้องเผาไหม้อย่างทั่วถึง

3.13 ความต้านทานความร้อนของหน้าสัมผัส (Thermal contact resistance)

ในช่วงหน้าสัมผัสระหว่างวัสดุแต่ละชนิดประกบกันอยู่ ซึ่งโดยปกติแล้วอุณหภูมิที่ผ่านของแข็งเหล่านั้นจะลดลงทันทีเมื่อผ่านหน้าสัมผัสระหว่างวัสดุทั้งสอง อุณหภูมิที่ลดลงเมื่อข้ามหน้าสัมผัสเป็นผลมาจากความต้านทานความร้อนของหน้าสัมผัส $R''_{t,c}$ (Thermal contact resistance) เมื่อพิจารณาจากรูป 3.12 แสดงให้เห็นถึงหน้าสัมผัสที่มาประกบกันระหว่างผิวของแข็งจะเกิดช่องว่างเป็นจำนวนมาก และช่องว่างเหล่านี้บรรจุด้วยกาศหรือของไหลที่อยู่รอบๆ การถ่ายเทความร้อนผ่านของไหลที่บรรจุในช่องจะเป็นแบบการนำเพราะของไหลอยู่นิ่งไม่มีการพาในชั้นบางๆ ของของไหล และไม่มีอิทธิพลของการแผ่รังสีที่อุณหภูมิปกติ ดังนั้นการถ่ายเทความร้อนจึงเป็นการนำเท่านั้น ถ้า ค่า k ของการไหลน้อยกว่าของแข็งนั้นแล้ว ผิวสัมผัสนั้นจะทำตัวเป็นตัวต้านทานต่อการไหลของความร้อน ความต้านทานถูกเรียกเป็น “ความต้านทานความร้านของหน้าสัมผัส” ความต้านทานนี้ขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์หลายประการ เช่น ความหยาบของหน้าสัมผัส อุณหภูมิของหน้าสัมผัส ความดันของหน้าสัมผัส และชนิดของวัสดุ



รูปที่ 3.12 อุณหภูมิที่ลดลงเมื่อข้ามหน้าสัมผัสของวัสดุที่มีความต้านทานความร้อน

ความเรียบของผิวสัมผัส เป็นตัวประกอบอีกอย่างหนึ่ง ได้ซึ่งมีอิทธิพลต่อการนำความร้อนของหน้าสัมผัสการเชื่อมกันของผิวสัมผัสอาจให้ค่าการนำที่ต่ำได้ เนื่องจากผิวเป็นคลื่นหรือขรุขระ[22]

ตารางที่ 3.4 ความต้านทานของหน้าสัมผัส สำหรับ (ก) ระหว่างผิวโลหะภายใต้เงื่อนไขสุญญากาศ และ (ข) หน้าสัมผัสอลูมิเนียม (ความหยาบ 10-μm, 10^5 Pa) ซึ่งบรรจุด้วยของไหลแตกต่างกัน[22]

ความต้านทานความร้อน $R''_{t,c} \times 10^4 (m^2.kW)$				
(ก) หน้าสัมผัสสุญญากาศ			(ข) ของไหลบรรจุ	
ความดันสัมผัส	100 kPa	10 Pa	อากาศ	2.75
เหล็กสเตนเลส	6-25	0.7-4.0	ฮีเลียม	1.05
ทองแดง	1-10	0.1-0.5	ไฮโดรเจน	0.720
แมกนีเซียม	1.5-3.5	0.2-0.4	น้ำมันซิลิโคน	0.525
อลูมิเนียม	1.5-5.0	0.2-0.4	กลีเซอริน	0.265

จากทฤษฎีดังกล่าวข้างต้น ในงานวิจัยนี้กล่าวถึงการนำน้ำมันจากเมล็ดยางพาราที่เป็นผลพลอยได้จากการปลูกยางพาราที่มีมากมายในประเทศไทย ซึ่งสามารถสกัดน้ำมันจากเมล็ดยางพาราโดยวิธีการบีบอัด ซึ่งเมื่อนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติปรากฏว่ามีความหนืดค่อนข้างสูง ดังนั้นเมื่อจะนำมาใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลจึงควรมีการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันก่อน สำหรับงานวิจัยนี้ใช้วิธีผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนต่างๆ เพื่อให้มีคุณสมบัติที่ดีขึ้น สำหรับใช้เป็นพลังงานทดแทนในเครื่องยนต์ พร้อมทั้งทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ และวัดปริมาณควันดำที่เกิดขึ้น เพื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซล นอกจากนี้ได้มีการปรับปรุงเครื่องยนต์ในบางส่วน เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้น้ำมันพืชผสมโดยการหุ้มฉนวนหัวลูกสูบ

บทที่ 4
วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงเครื่องมือต่างๆที่ใช้ในงานวิจัย ขั้นตอนการปรับปรุงลูกสูบ ตลอดจนถึงวิธีการทดสอบเครื่องยนต์

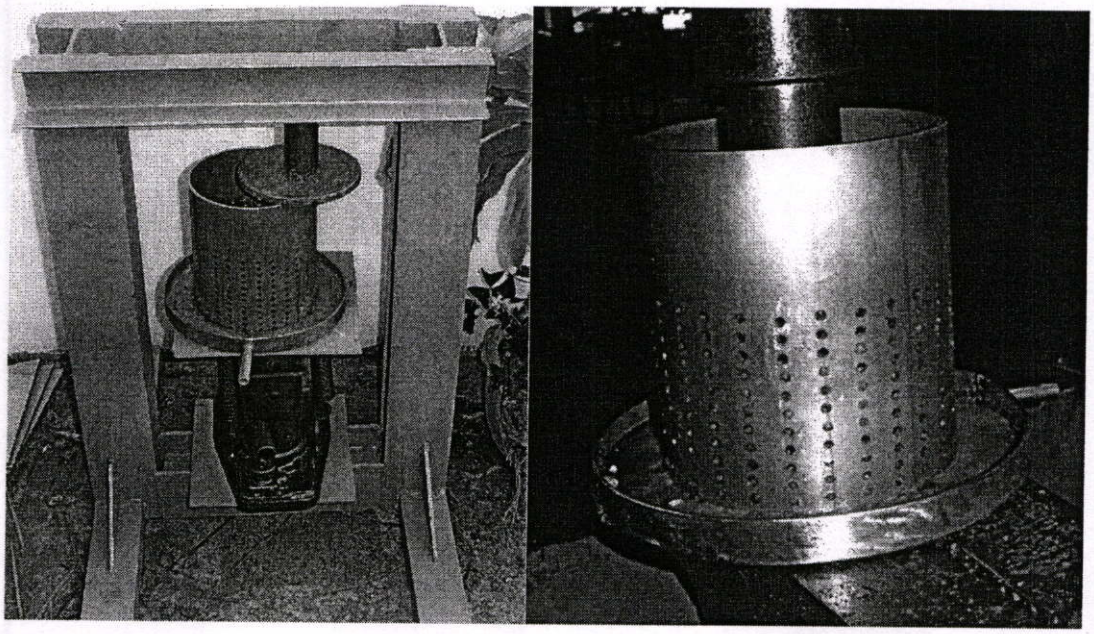
4.1 รูปแบบการศึกษา

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัย เพื่อศึกษาการการผลิตน้ำมันจากเมล็ดยางพาราและการใช้น้ำมันเมล็ดยางพารามาทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิง หรือลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีอยู่เดิมโดยการผสม กับน้ำมันดีเซลพร้อมทั้งทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ และปรับปรุงเครื่องยนต์โดยการหุ้มฉนวนหัวลูกสูบ

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

4.2.1 กระบอกอัดน้ำมัน

กระบอกอัดน้ำมันที่ใช้ในงานวิจัยทำด้วยท่อสเตนเลส 6 นิ้ว หนา 5 มิลลิเมตร เจาะรูขนาด 5 มิลลิเมตรโดยรอบ และมีถาดสำหรับรองน้ำมันทำด้วยสเตนเลสหนา 6 มิลลิเมตร



(ก) (ข)

รูปที่4.1 (ก), (ข) แสดงกระบอกอัดและวิธีการอัดน้ำมันจากเมล็ดยางพารา

4.2.2 เครื่องยนต์ที่นำมาทดสอบ

ในการทดลองเพื่อศึกษาการใช้น้ำมันเมล็ดยางพารามาทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิง ได้ทดสอบกับเครื่องยนต์ ดีเซล 2 ชนิด คือ เครื่องยนต์ดีเซลแบบมีห้องเผาไหม้ช่วย และ แบบฉีดตรง จากนั้นได้มีการ ปรับปรุงเครื่องยนต์แบบฉีดตรง โดยการหุ้มฉนวนหัวลูกสูบด้วยวัสดุสเตนเลสสตีล SUS316 เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น

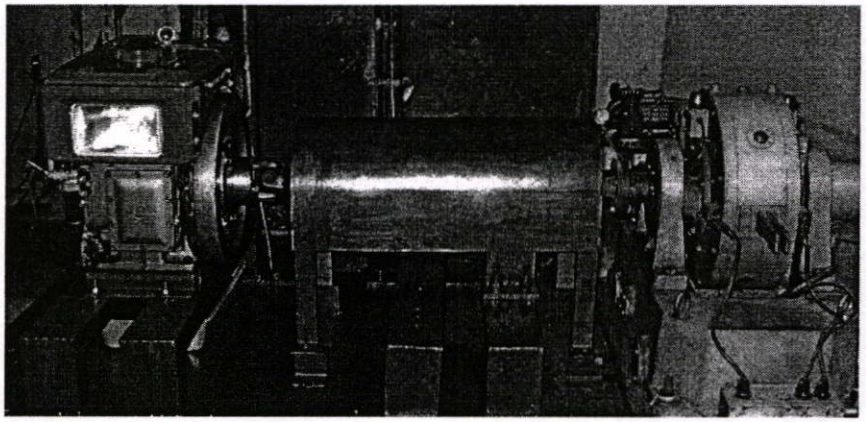
ตารางที่4.1 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องยนต์ทดสอบเครื่องที่ 1 (เครื่องยนต์ยันมาร์ รุ่นTF 85)

ชนิด	ดีเซล4จังหวะ ระบายความร้อนด้วยน้ำ
ระบบเผาไหม้	มีห้องเผาไหม้ช่วย
จำนวนสูบ	1 กระบอกสูบ
ความโตกระบอกสูบ x ช่วงชัก	85x87 มม.
ความจุ	0.493 ลิตร
กำลังม้าต่อเนื่อง	7.50/2200แรงม้า/รอบต่อนาที
กำลังม้าสูงสุด	8.50/2200แรงม้า/รอบต่อนาที
แรงบิดสูงสุด	3.10/1600กิโลกรัมเมตร/รอบต่อนาที
อัตราส่วนการอัด	22.4
ระยะเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง	13องศาก่อนศูนย์ตายบน

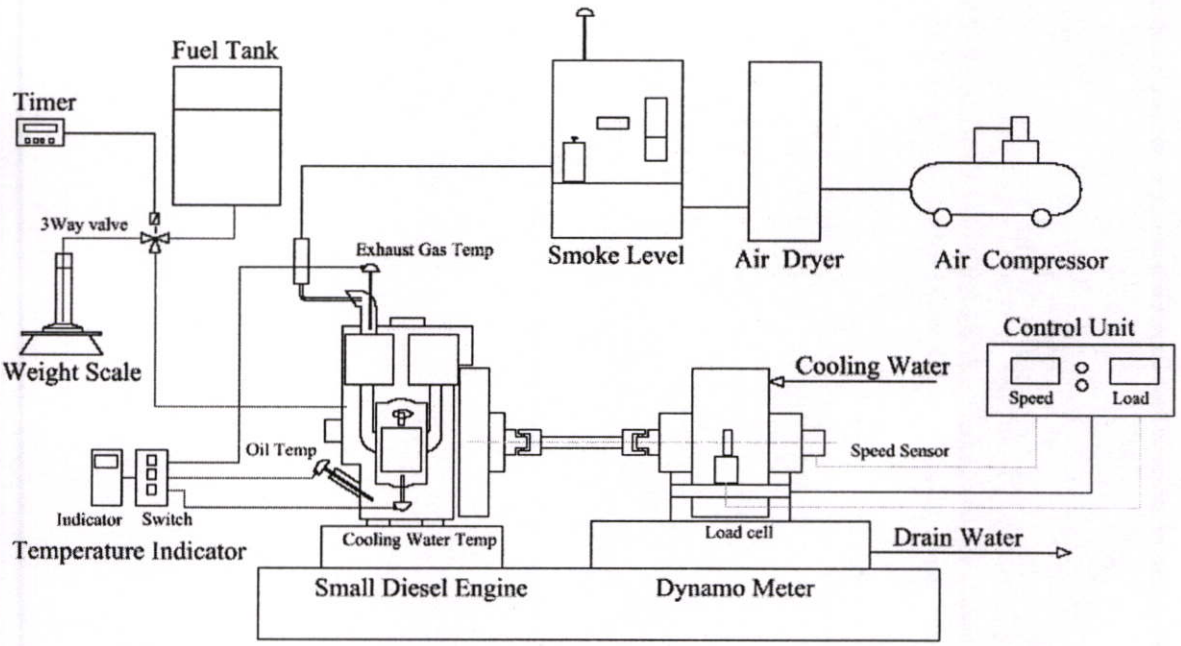
ตารางที่4.2 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องยนต์ทดสอบเครื่องที่ 2 (เครื่องยนต์อี ดี ไอ รุ่น อี ดี ไอ 95)

ชนิด	ดีเซล4จังหวะ ระบายความร้อนด้วยน้ำ
ระบบเผาไหม้	มีห้องเผาไหม้โดยตรง
จำนวนสูบ	1 กระบอกสูบ
ความโตกระบอกสูบ x ช่วงชัก	86x90 มม.
ความจุ	0.522 ลิตร
กำลังม้าต่อเนื่อง	8.5/2200แรงม้า/รอบต่อนาที
กำลังม้าสูงสุด	9.5/2200แรงม้า/รอบต่อนาที
แรงบิดสูงสุด	3.8/1600กิโลกรัมเมตร/รอบต่อนาที
ชนิด	ดีเซล4จังหวะ ระบายความร้อนด้วยน้ำ
อัตราส่วนการอัด	18/1
ระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิง	-

เครื่องยนต์ที่นำมาทดสอบ ถูกนำมาจากโรงงานผู้ผลิตโดยตรงและไม่มีการปรับแต่งใดๆ ทั้งสิ้น โดยนำมาติดตั้งกับชุดทดสอบและทำการทดสอบกับน้ำมัน ดีเซล 100% จากนั้นนำน้ำมันเมล็ดยางพาราผสมน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 20:80 และ 40:60, 60:40, 80:20 ,100%มาทดสอบเพื่อเปรียบเทียบ อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ความเร็วรอบ และภาระโหลดเท่ากัน โดยใช้ไดนาโมมิเตอร์ แบบ กระแสไหลวน



รูปที่4.2 แสดงลักษณะเครื่องยนต์และอุปกรณ์ทดสอบ

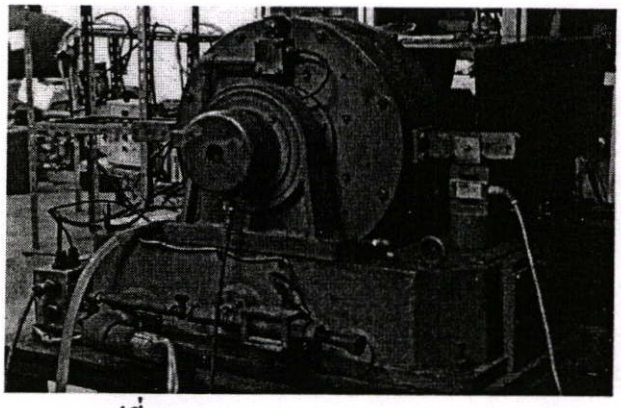


รูปที่ 4.3 แผนภาพแสดงลักษณะเครื่องยนต์และอุปกรณ์ทดสอบ

4.2.3. ไดนาโมมิเตอร์

ไดนาโมมิเตอร์ (Dynamometer) คือ อุปกรณ์วัดแรงบิดและกำลังของเครื่องยนต์ ที่ความเร็วรอบต่างๆ โดยใช้หลักการสร้างโหลดต้านกับพลังงานที่เครื่องยนต์ให้

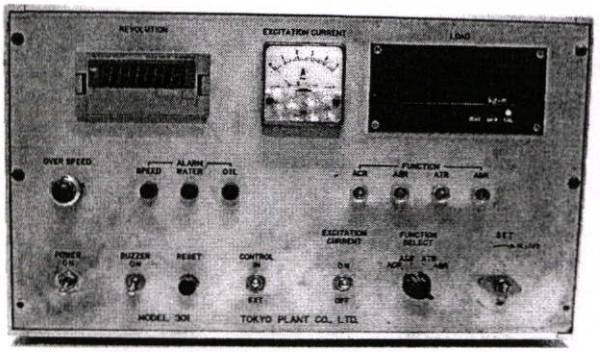
สำหรับไดนาโมมิเตอร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นไดนาโมมิเตอร์กระแสเหนี่ยวนำ (Eddy Current Dynamometer) ซึ่งใช้พลังงานของเครื่องยนต์ที่ต้องการวัด หมุนจานกลมในสนามแม่เหล็กที่ควบคุมความเข้มข้นได้ จานที่หมุนจะทำหน้าที่ตัวนำไฟฟ้า เคลื่อนที่ตัดกับเส้นแรงแม่เหล็ก ทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลวนในจานโดยไม่มีการต่อกับวงจรภายนอกและถูกแปลงสภาพเป็นพลังงานความร้อนในที่สุด



รูปที่ 4.4 Eddy Current Dynamometer

4.2.4. ชุดคอนโทรล (Control Unit)

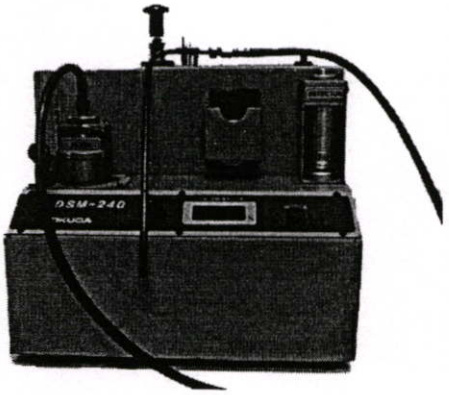
สำหรับควบคุมโหลดหรือภาระงานที่ให้กับเครื่อง โดยการปรับที่ตัวต้านทานปรับค่าได้ ซึ่งจะปรับกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับไดนาโม



รูปที่ 4.5 ชุดคอนโทรล

4.2.5. เครื่องวัดควันดำ (Smoke Meter)

ใช้สำหรับวัดปริมาณควันดำที่เกิดขึ้นขณะทำการทดสอบเครื่องยนต์ โดยดูดไอเสียขนาดทำการวัดผ่านกระดาษกรอง จากนั้นนำกระดาษกรองเขาเครื่องวัดความเข้มไอเสีย หน่วยที่วัดได้เป็นเปอร์เซนต์



รูปที่ 4.6 เครื่องวัดควันดำ

4.2.6. เครื่องชั่งน้ำหนัก (Electronic Weight) ใช้ในการวัดปริมาณของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ไปในช่วงเวลาการทดสอบ

รูปที่ 4.7 เครื่องชั่งน้ำหนักElectronic Weight

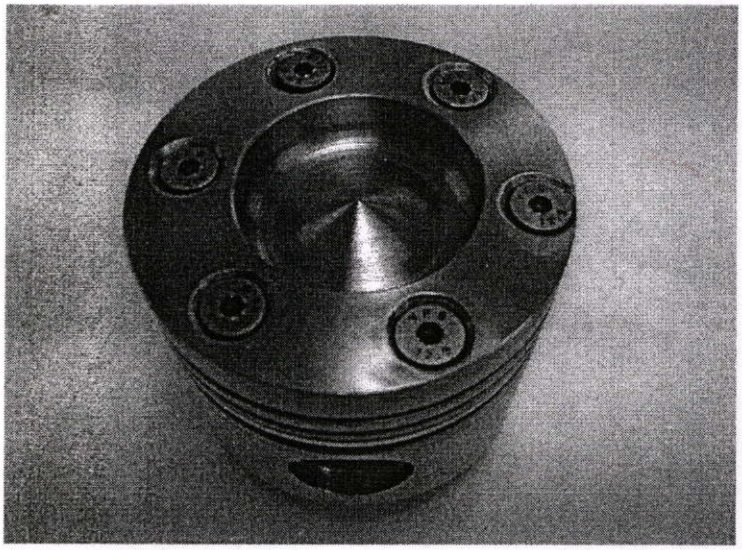
4.2.7. เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Control)

สำหรับวัดค่าอุณหภูมิไอเสีย อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ โดยใช้สำหรับอ่านค่าเพียงอย่างเดียว ส่วนสัญญาณควบคุมไม่นำมาใช้งาน

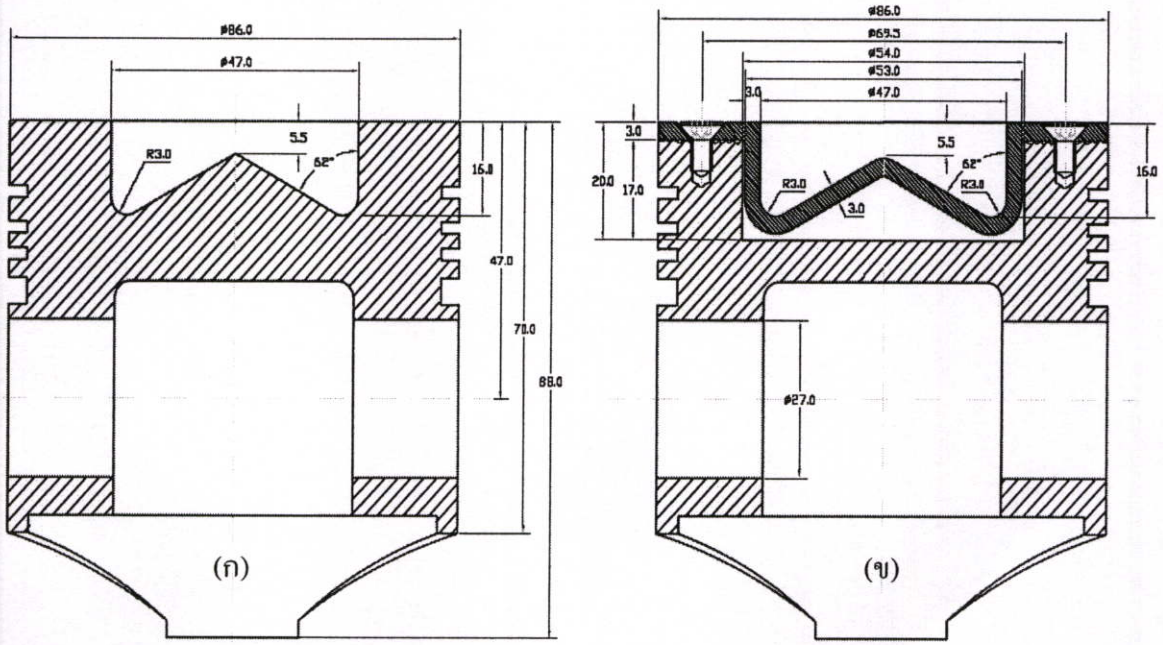
รูปที่ 4.8 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Control)

4.2.8 ชุดลูกสูบที่มีการหุ้มฉนวน

ในงานวิจัยนี้ทำการหุ้มฉนวนหัวลูกสูบ เพื่อป้องกันไม่ให้ความร้อนผ่านลูกสูบออกไปสู่ด้านล่างและผนังกระบอกสูบ โดยอาศัยหลักการของการนำวัสดุ 2 ชิ้นมาต่อกัน ซึ่งทำให้เกิดช่องว่างระหว่างผิวสัมผัส ทำให้เกิดความต้านทานความร้อนระหว่างผิวสัมผัส (Thermal contact resistant) ส่งผลให้อุณหภูมิของห้องเผาไหม้สูงขึ้นในจังหวะอัด จึงทำให้เกิดการระเหยตัวที่ดีของน้ำมันพืชผสม ส่วนจังหวะระเบิดนั้น พลังงานความร้อนจะเปลี่ยนเป็นความดันสูงขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์สูงขึ้น ซึ่งการหุ้มฉนวนทำได้โดยกลึงสเตนเลสลักษณะดังรูปที่ 4.9 และ 4.10 ข



รูปที่ 4.9 ชุดลูกสูบที่มีการหุ้มฉนวน



รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบระหว่างลูกสูบแบบเดิม(ก) และ ชุดลูกสูบที่มีการหุ้มฉนวน(ข)

4.3 ขั้นตอนการทดสอบ

ในการทดสอบทำการทดสอบ โดยกำหนดให้ความเร็วรอบของเครื่องยนต์คงที่ 1600 rpm. เนื่องจากเป็นจุดที่ให้แรงบิดสูงสุดของเครื่องยนต์รุ่นนี้ และเพิ่มภาระโหลดตั้งแต่ 0-100% โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ก่อนทดสอบต้องทำความสะอาด บริเวณหัวลูก ฝาสูบให้เรียบร้อย และ ตั้งระยะห่างวาล์ว พร้อมทั้งบันทึกภาพไว้ จากนั้นนำน้ำมันจากถังต่อเข้ากับเครื่องยนต์ โดยแบ่งแหล่งจ่ายออกเป็นสองแหล่ง คือส่วนที่อยู่บนตาชั่งและถังสำหรับจ่ายปกติ โดยมีโซลินอยด์ วาล์วเป็นตัวสวิตช์ เลือกว่าจะใช้น้ำมันจากส่วนไหนและไทม์เมอร์ ตัดต่อตามที่ควบคุม และไล่ลมในระบบให้หมดโดยไม่ให้มีฟองอากาศเหลืออยู่เลย

2. ต่อชุดเทอร์โมคับเปิ้ลสำหรับวัดอุณหภูมิไอเสีย และอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น ตรวจสอบน้ำหล่อเย็นและระดับน้ำมันหล่อลื่น และติดเครื่องยนต์อุ่นเครื่องยนต์อย่างน้อย 15 นาที ปรับความเร็วรอบให้ความเร็วรอบของเครื่องยนต์คงที่ 1600 rpm. หลังจากเครื่องยนต์นิ่งแล้ว จึงทำการเก็บข้อมูลของอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ความเข้มของไอเสีย อุณหภูมิไอเสีย และอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น

3. ปรับเพิ่มภาระโหลดของเครื่องยนต์ โดยวัดแรงบิดเป็น 0.6 kg-m,1.2 kg-m ,1.8 kg-m, 2.4 kg-m และแรงบิดสูงสุด โดยรักษาความเร็วรอบให้คงที่1600 rpm. พร้อมกับเก็บข้อมูลต่างๆ ตาม ข้อ2.

4. หลังจากทดสอบค่าทุกอย่างเรียบร้อยแล้ว ถอดฝาสูบออกมาเพื่อตรวจสอบคราบเขม่าบริเวณฝาสูบและหัวลูกสูบ หลังจาก ทำความสะอาดบริเวณหัวลูก ฝาสูบเรียบร้อยแล้ว ทำการเปลี่ยนเชื้อเพลิงเป็นน้ำมันเมล็ดยางพาราผสมน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 20:80 และ 40:60, 60:40, 80:20 ,100% มาทดสอบเพื่อเปรียบเทียบ ตามขั้นตอน เช่นเดียวกัน

4.4 การปรับปรุงเครื่องยนต์โดยการหุ้มฉนวนหัวลูกสูบ

เพื่อป้องกันหลีกเลี่ยงการก่อตัวของเขม่าในห้องเผาไหม้ โดยทำให้การระเหยตัวของอนุภาคน้ำมันเชื้อเพลิงสมบูรณ์ การออกแบบคือต้องการให้อุณหภูมิของห้องเผาไหม้สูงขึ้นเพื่อให้เพียงพอกับการระเหยตัวซึ่งเมื่อคำนวณแล้วอุณหภูมิผนังอย่างน้อย 500 °C จึงจะเป็นผลดี [5]

เพื่อต้องการให้อุณหภูมิผนังห้องเผาไหม้สูงขึ้น เราจำเป็นต้องปรับปรุงป้องกันไม่ให้ความร้อนถ่ายเทไปยังด้านล่างลูกสูบ โดยการเพิ่มแผ่นรองเป็นฉนวนกั้นความร้อนระหว่างอลูมิเนียมอัลลอย ซึ่งเป็นวัสดุหลักของลูกสูบ กับห้องเผาไหม้ ซึ่งประกอบไปด้วยแก๊สร้อน โดยออกแบบให้มีช่องว่างระหว่างผิวสัมผัส

4.5 ขั้นตอนการวิจัย

4.5.1 ขั้นตอนการผลิตน้ำมันจากเมล็ดยางพารา

การสกัดด้วยวิธีบีบอัด คือนำเมล็ดล้างให้สะอาดตากแดดหรือผึ่งลมให้แห้ง บดให้ละเอียด นำเข้าเครื่องอัดที่อัดด้วยแม่แรงขนาดเล็ก10-15ตัน ได้น้ำมันประมาณ 25% โดยน้ำหนักซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการผลิตน้ำมันมาทดสอบในการทดลองครั้งนี้

4.5.2 ขั้นตอนการทดสอบเครื่องยนต์

4.5.2.1 เครื่องยนต์ที่นำมาทดสอบและไม่มีการปรับแต่งใดๆ

- ทำการทดสอบกับน้ำมันดีเซล100%
- 80:20 และน้ำมันเมล็ดยางพารา
- ทดสอบเพื่อเปรียบเทียบอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ความเร็วรอบและภาระโหลดเท่ากัน โดยใช้ไดนาโมมิเตอร์ แบบ กระแสไหลวน

4.5.2.2เครื่องยนต์ที่นำมาทดสอบมีการปรับปรุงเครื่องยนต์ ด้วยวิธีวิธีหุ้มฉนวนหัวลูกสูบ

- ทำการทดสอบกับน้ำมันดีเซล100%
- ทำการทดสอบกับน้ำมันเมล็ดยางพาราผสมน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 20:80,40:60, 60:40, 80:20 และน้ำมันเมล็ดยางพาราทำการทดสอบกับน้ำมันเมล็ดยางพาราผสมน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 20:80,40:60, 60:40 ตามลำดับ

บทที่ 5
ผลการวิเคราะห์การทดลอง

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติน้ำมันเมล็ดยางพารา ลักษณะการสเปรย์ ตลอดจนถึงผลการนำน้ำมันเมล็ดยางพาราผสมไปใช้ทดสอบเครื่องยนต์

5.1 ผลการศึกษาสมบัติน้ำมันเมล็ดยางพารา

น้ำมันพืชเป็นสารประกอบไตรกลีเซอร์ไรด์ (Triglyceride) มีโครงสร้าง ที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 10 ถึง 30 อะตอม น้ำมันพืชมีกรดไขมันเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 94 - 96 ของน้ำหนักไตรกลีเซอไรด์ ทำให้สมบัติของน้ำมันแต่ละชนิดทั้งทางเคมีและกายภาพแตกต่างกัน น้ำมันพืชประกอบไปด้วยกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว ซึ่งถ้ามีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวสูงจะเป็นสารที่ไม่อยู่ตัว ถูกออกซิไดซ์ได้ง่าย และเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันที่อุณหภูมิสูงได้ การเลือกใช้น้ำมันพืชที่มีกรดไขมันอิ่มตัวสูง เป็นเชื้อเพลิงจะสามารถป้องกันการเกิดพอลิเมอไรเซชันได้ แต่จะเป็นไขได้ง่ายที่อุณหภูมิต่ำ ดังนั้นก่อนทำการทดลองจำเป็นต้องทดสอบสมบัติของน้ำมันพืช เพื่อจะได้ทราบแนวโน้มสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้ ซึ่งชนิดและปริมาณกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันพืชตัวอย่างแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ชนิดและปริมาณกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันเมล็ดยางพาราตัวอย่าง

Fatty acid Composition	**(%)**
C16:0 palmitic acid	10.17
C18:0 stearic acid	8.67
Saturated	**19.84**
C18:1 oleic acid	25.23
C18:2 linoleic acid	40.36
C18:3 linolenic acid	15.56
Unsaturated	**81.15**
Others	0.88

หมายเหตุ (ส่งวิเคราะห์ที่กรมวิชาการเกษตร)

ตารางที่ 5.2 สมบัติของน้ำมันเมล็ดยางพาราเทียบกับน้ำมันดีเซล

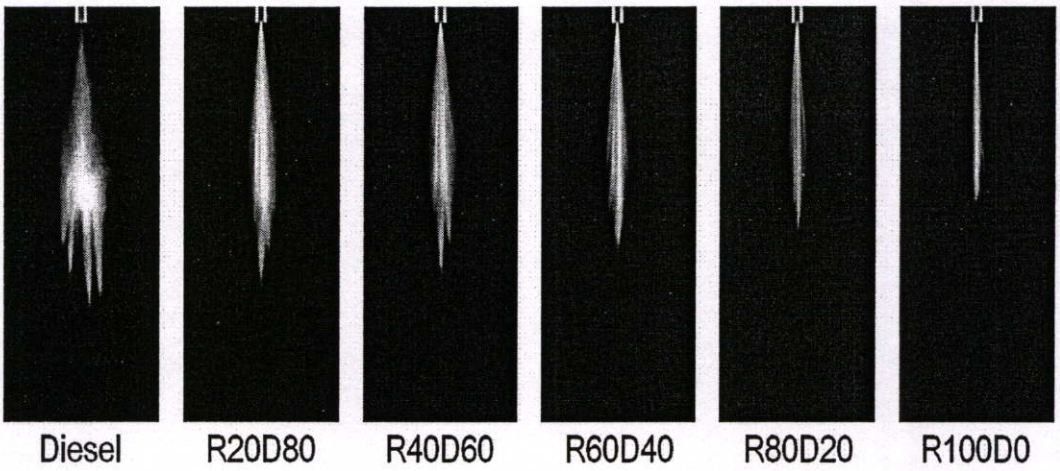
สมบัติ	น้ำมันดีเซล	น้ำมันเมล็ดยางพารา
ค่าความร้อน (เมกะจูล/กิโลกรัม)	46.0	38.85
ค่าความหนืด (มิลลิเมตร^2/วินาที)	3.4	27.05
ค่าจุดวาบไฟ (องศาเซลเซียส)	52	230
ค่ากรด (มิลลิกรัมของ KOH/กรัมของน้ำมัน)	-	60.21
ความถ่วงจำเพาะ	0.835	0.924

จากตารางที่ 5.1 พบว่าน้ำมันในเมล็ดยางพารามีค่ากรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวอยู่สูง แสดงว่าน้ำมันจะไม่เป็นไขได้ง่าย สามารถเก็บรักษาในอุณหภูมิบรรยากาศได้ และไม่ต้องอุ่นน้ำมันก่อนที่จะนำมาใช้งาน ส่วน ค่าแซพอนิฟิเคชันทำให้ทราบถึงขนาดของโมเลกุลน้ำมัน โดยน้ำมันที่มีค่าแซพอนิฟิเคชันต่ำจะมีขนาดโมเลกุลใหญ่

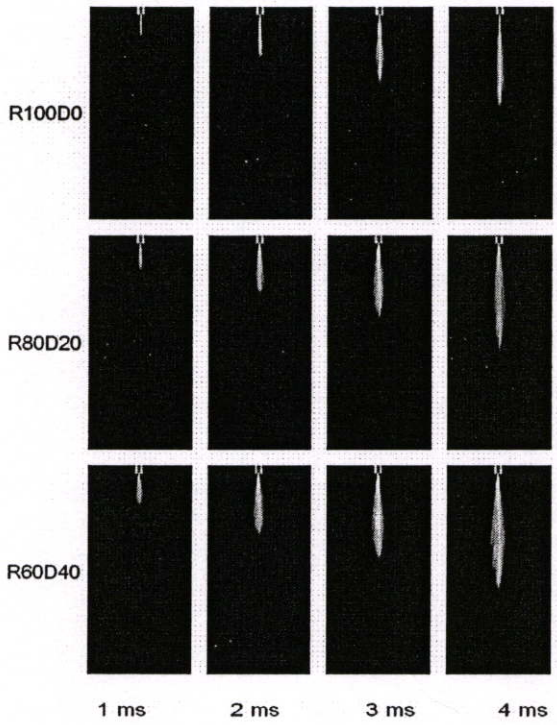
จากตารางที่ 5.2. แสดงสมบัติของน้ำมันเมล็ดยางพารา พบว่าน้ำมันเมล็ดยางพารามีค่าความร้อนต่ำกว่าน้ำมันดีเซล ซึ่งเมื่อนำไป ใช้กับเครื่องยนต์รอบสูงจะสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากขึ้น ความหนืดของน้ำมันเมล็ดในยาง พารามากกว่าน้ำมันดีเซล ซึ่งความหนืดสูงเป็นอุปสรรคสำคัญต่อระบบหัวฉีดน้ำมันของเครื่องยนต์ โดยหัวฉีดจะไม่สามารถฉีดน้ำมันเป็นฝอยได้ทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ สำหรับจุดวาบไฟเป็นสมบัติของน้ำมันพืชที่ทำให้ทราบว่าน้ำมันชนิดนั้น มีความสามารถในการระเหยมากหรือน้อย ซึ่งน้ำมันเมล็ดในยางพารามีความสามารถในการระเหยต่ำ จุดวาบไฟมีค่าสูงมากทำให้การจุดระเบิดของเครื่องยนต์เป็นไปได้ยากโดยเฉพาะที่อุณหภูมิต่ำ การลดความหนืดและจุดวาบไฟของน้ำมันพืช เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการนำน้ำมันไปใช้เป็นเชื้อเพลิง การวิเคราะห์ค่ากรดทำให้ทราบว่าน้ำมันพืชมีกรดไขมันอิสระอยู่มากน้อยเพียงใด น้ำมันพืชที่มีค่ากรดสูงจะมีกรดไขมันอิสระมาก เกิดการเหม็นหืนไวกว่าและมีจุดเกิดควันต่ำกว่าน้ำมันที่มีค่ากรดต่ำ

5.2 ผลการทดสอบสเปรย์หัวฉีด

5.2.1 การถ่ายภาพสเปรย์ที่อัตราส่วนผสมต่างๆเนื่องจากการผสมน้ำมันเมล็ดยางพารากับน้ำมันดีเซลเป็นผลให้ค่าความหนืดลดลง ดังนั้นที่อัตราส่วนผสมต่างๆ การเป็นฝอยละอองของน้ำมันที่ผ่านหัวฉีดจึงไม่เหมือนกัน ซึ่งลักษณะการเป็นฝอยละอองจะดีขึ้นเมื่อผสมน้ำมันดีเซลมากขึ้นดังแสดงในรูปที่ 5.1 เปรียบเทียบตั้งแต่ น้ำมันเมล็ดยางพารา 100% ผสมที่อัตราส่วนต่างๆ และ น้ำมันดีเซล 100%

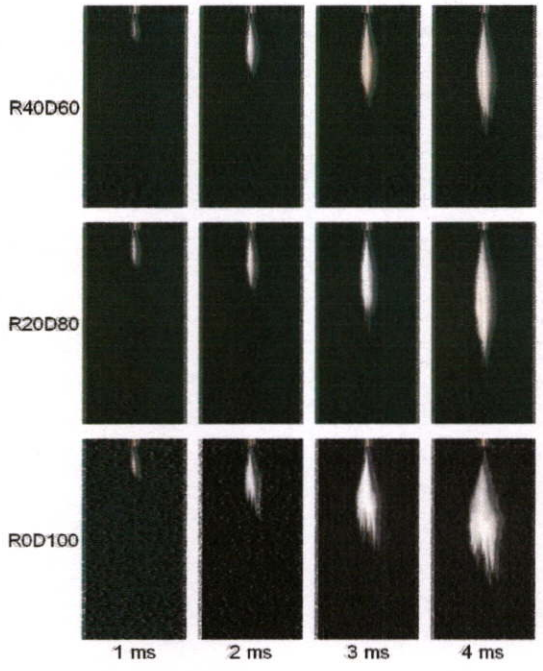


รูปที่ 5.1 ลักษณะสเปรย์ของน้ำมันที่อัตราส่วนผสมต่างๆ



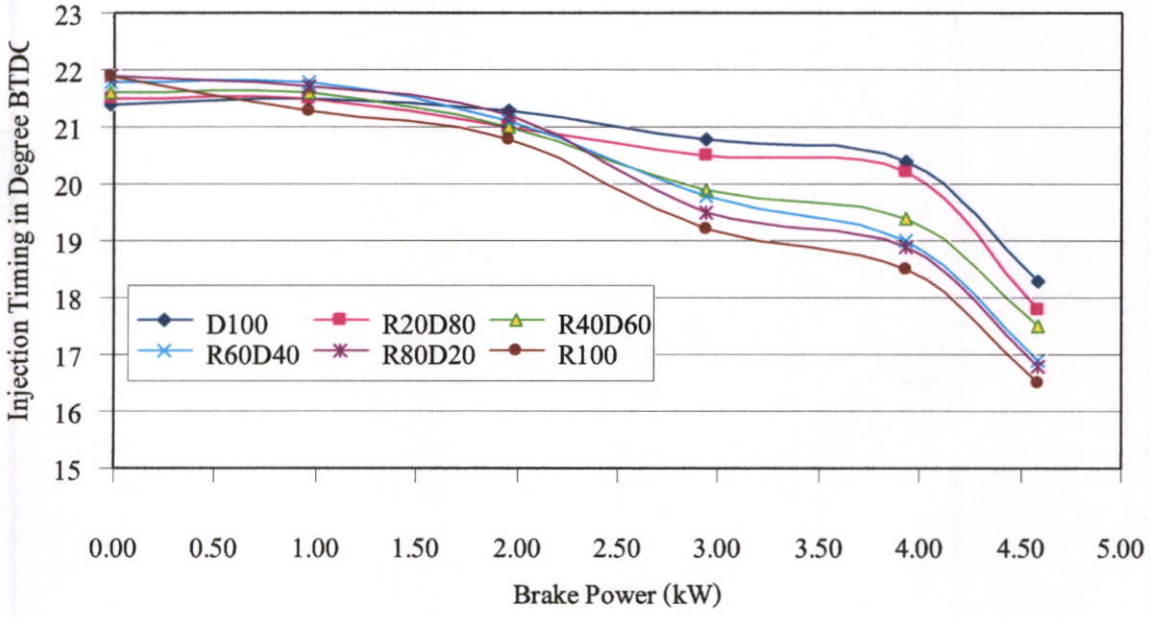
รูปที่ 5.2 แสดงลักษณะสเปรย์ที่อัตราส่วนผสมน้ำมันเมล็ดยางพารา60%-100% แต่ละช่วงเวลา

5.2.2 การถ่ายภาพระยะเวลาในการฉีด จากปริมาณในการฉีดเชื้อเพลิงของแต่ละอัตราส่วนผสมก็แตกต่างกันไป เนื่องจากค่าการอัดตัวได้ของน้ำมันที่แตกต่างกัน ดังนั้นเมื่ออัตราส่วนผสมของน้ำมันเมล็ดยางพารามากขึ้น ทำให้ระยะเวลาที่เริ่มฉีดช้าออกไป จากรูปที่ 5.2 สังเกตที่ R100D0 เริ่มจากระยะเวลาผ่านไป 1 mS ปริมาณการฉีดยังคงมีเพียงเล็กน้อย และเมื่อเวลาผ่านไป 4 mS ปริมาณการฉีดก็ยังคงมีไม่มากเท่าที่ส่วนผสมน้ำมันดีเซลมากขึ้น ซึ่งเปรียบเทียบได้กับรูปที่อัตราส่วนผสม R80D20 ดังแสดงในรูปที่ 5.3 ซึ่งจะมีปริมาณการฉีดที่มากขึ้นเมื่อเวลาเปลี่ยนไปแสดงว่า น้ำมันเมล็ดยางพารามีค่าการอัดตัวได้มากว่าน้ำมันดีเซล



รูปที่ 5.3 แสดงลักษณะสเปรย์ที่อัตราส่วนผสมน้ำมันเมล็ดยางพารา40%-0% แต่ละช่วงเวลา

5.3 ผลจากการทดลองวัดองศาการฉีดน้ำมันเมล็ดยางพาราผสมในเครื่องยนต์DI



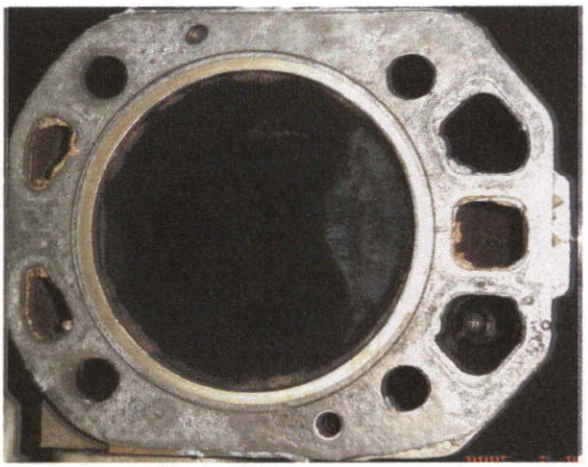
รูปที่ 5.4 แสดงลักษณะองศาการฉีดน้ำมันเมล็ดยางพาราผสม ที่เปลี่ยนตามสภาวะโหลดต่าง

จากการวัดองศาการฉีดของน้ำมันเมล็ดยางพาราผสมเทียบกับน้ำมันดีเซล พบว่าเมื่อกำลังของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น องศาการฉีดน้ำมันเริ่มมีแนวโน้มในการฉีดช้าลง ซึ่งเกิดจากค่าความหนืดของน้ำมันเมล็ดยางพาราสูงกกว่าน้ำมันดีเซล ส่งผลให้เวลาเริ่มฉีดช้าลง หรือ เข้าใกล้ TDC มาก

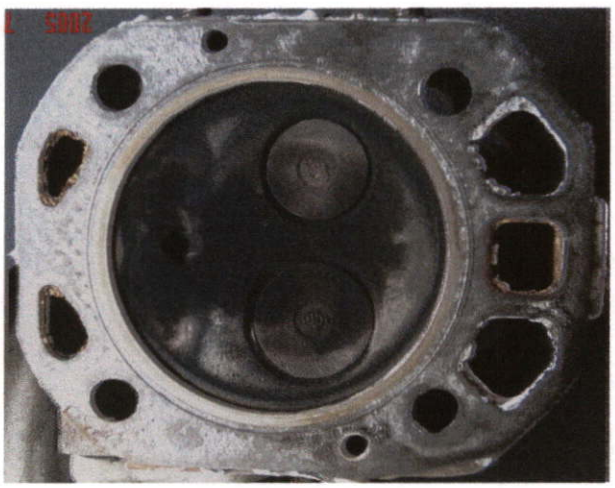
ขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 5.4 แสดงให้เห็นว่าเมื่อกำลังมากขึ้นก็ต้องการปริมาณเชื้อเพลิงที่มากขึ้นถ้าเชื้อเพลิงมีความหนืดสูงกว่าทำให้แรงดันลดลงและการฉีดจะ ช้าลง ในทางกลับกันในช่วงที่โหลดน้อย น้ำมันเมล็ดยางพาราผสมมีความหนาแน่นสูงกว่าและค่าการอัดตัวได้ต่ำกว่าน้ำมันดีเซลทำให้ฉีดเชื้อเพลิงได้เร็วกว่า

5.4 ผลจากการทดลองใช้น้ำมันเมล็ดยางพาราผสม กับเครื่องยนต์IDI

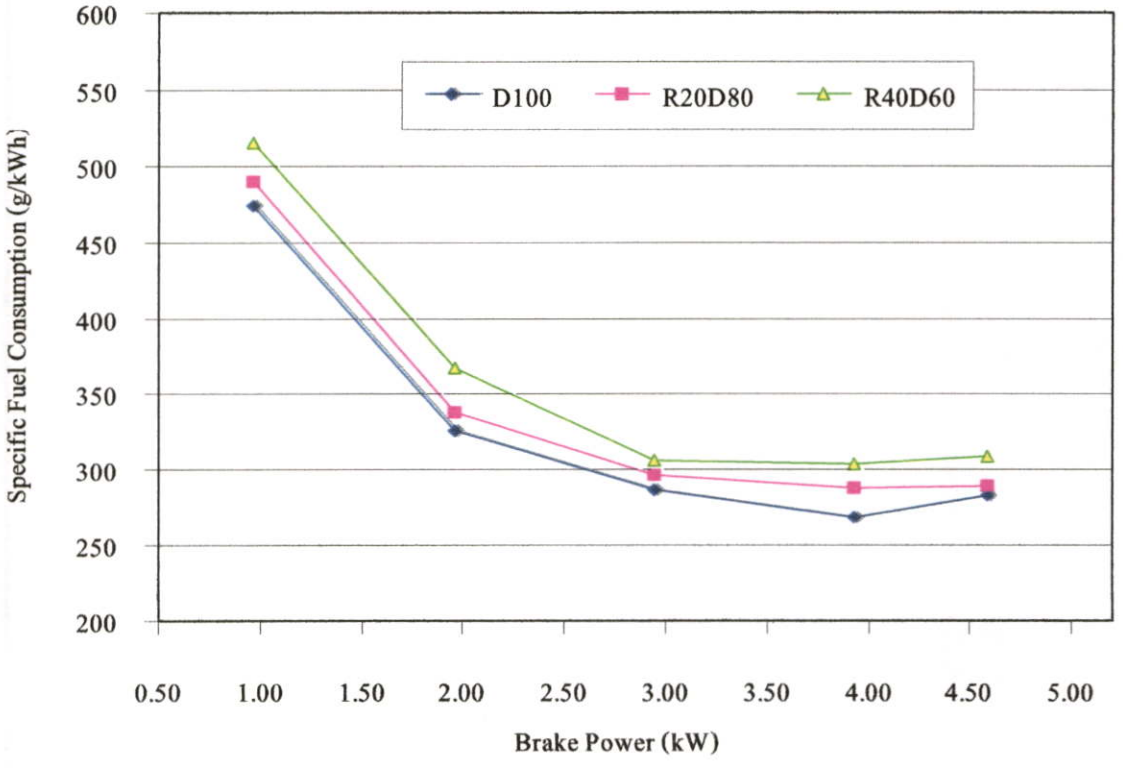
จากการเปรียบเทียบคราบเขม่าบริเวณบริเวณหัวลูกสูบ และ ฝาสูบคราบเขม่าจากการเผาไหม้น้ำมันเมล็ดยางพาราผสมน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน R20D80 และ R40D60 ในเครื่องยนต์ที่มีห้องเผาไหม้ช่วย มีลักษณะเป็นสีน้ำตาลเข้ม และน้อยกว่าน้ำมันดีเซล 100% ดัง รูปที่ 5.5 และ รูปที่ 5.6



รูปที่ 5.5 แสดงลักษณะคราบเขม่าการเผาไหม้ของ ดีเซล 100%ในเครื่องยนต์IDI

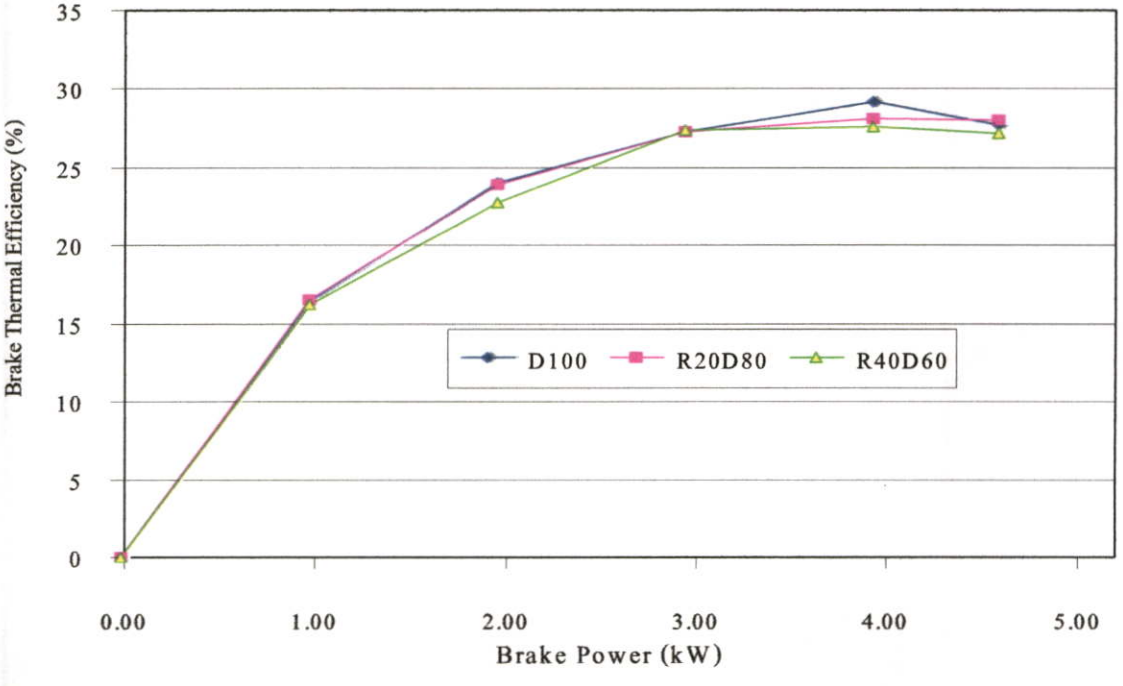


รูปที่ 5.6 แสดงลักษณะเขม่าการเผาไหม้ของน้ำมันยางพาราผสมในเครื่องยนต์IDI



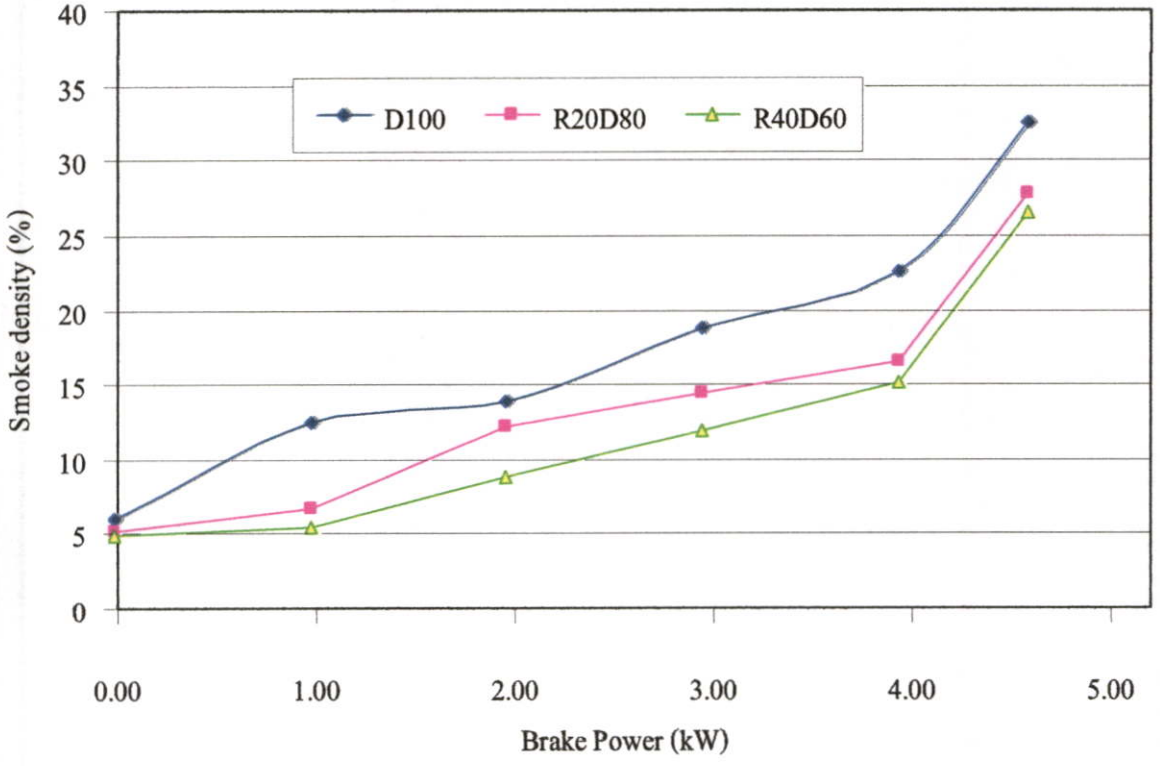
รูปที่ 5.7 แสดงอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของแต่ละชนิดที่สภาวะโหลดต่างในเครื่องยนต์IDI

อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง จากกราฟรูปที่ 5.7 จะเห็นได้ว่าน้ำมันจากเมล็ดยางพาราผสมน้ำมันดีเซลที่ 40% จะสิ้นเปลืองมากกว่าผสม 20% และดีเซล100% ตามลำดับ เป็นผลมาจากน้ำมันเมล็ดยางพารามีค่าความร้อนของเชื้อเพลิงน้อยกว่าน้ำมันดีเซล



รูปที่ 5.8 แสดงประสิทธิภาพเชิงความร้อน ที่สภาวะโหลดต่างในเครื่องยนต์IDI

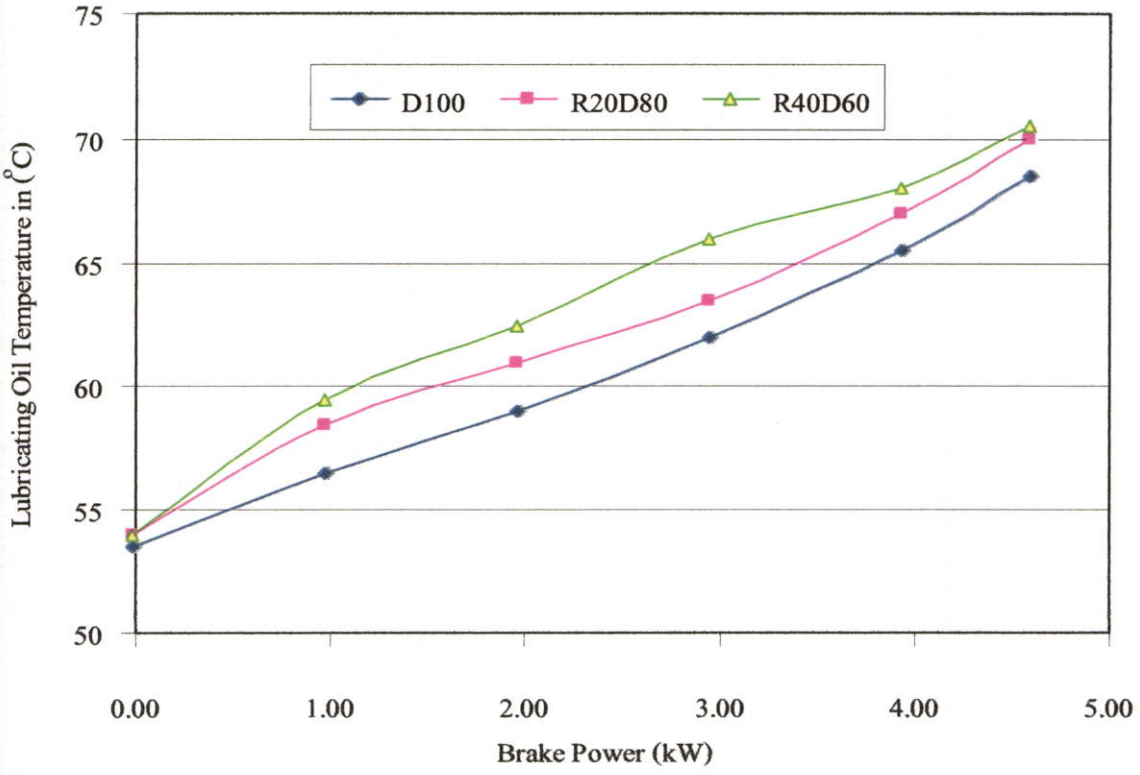
จากกราฟประสิทธิภาพเชิงความร้อน ของเชื้อเพลิงที่ทำการทดสอบทั้งหมดใกล้เคียงกันมาก ดังแสดงในกราฟรูปที่5.8 เพราะถึงแม้ว่า น้ำมันจากเมล็ดยางพาราผสมน้ำมันดีเซล สิ้นเปลืองมากกว่าก็ตามแต่ค่าความร้อนต่ำกว่าน้ำมันดีเซล และความร้อนจากน้ำมันดีเซลสูญเสียไปกับไอเสียมากกว่า



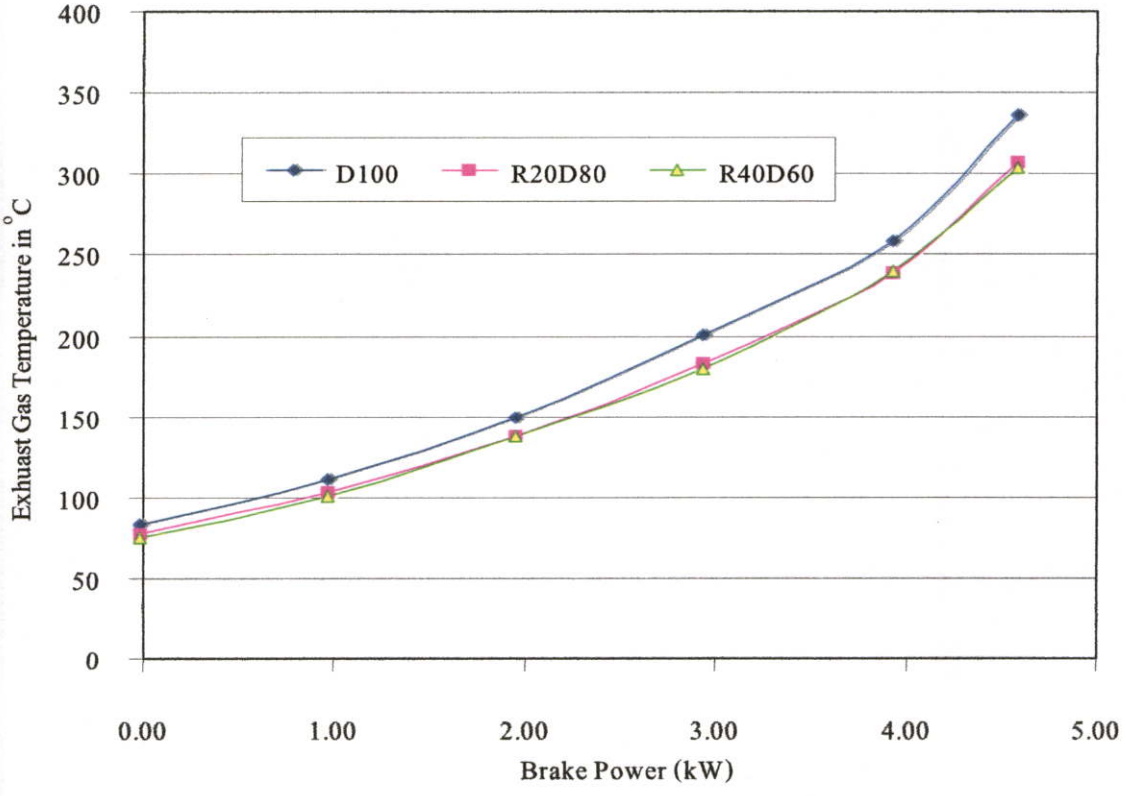
รูปที่ 5.9 แสดงความเข้มของไอเสีย ที่สภาวะโหลดต่างในเครื่องยนต์IDI

ค่าความเข้ม ของไอเสีย จากการเผาไหม้ ของน้ำมันจากเมล็ดยางพารา ผสมน้ำมันดีเซลที่ 40% จะน้อยว่าผสม 20% และดีเซล100% ตามลำดับดังแสดงในกราฟรูปที่5.9 เนื่องจากน้ำมันจากเมล็ดยางพารามีความหนืดน้อยกว่าน้ำมันพืชอื่นๆ เพราะมีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวอยู่สูง ถึงแม้ว่าผสมในอัตราส่วนที่สูง ก็ยังสามารถเผาไหม้ได้สมบูรณ์ ประกอบกับในน้ำมันเมล็ดยางพารามีออกซิเจนอยู่แล้วช่วยให้การเผาไหม้ดียิ่งขึ้น ค่าความเข้มของไอเสียจึงน้อยกว่าการเผาไหม้ของน้ำมันดีเซล

สำหรับค่าอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่น เมื่อทดสอบเครื่องยนต์ด้วยน้ำมันจากเมล็ดยางพาราผสมน้ำมันดีเซลดีเซลที่ 40% จะสูงว่าผสม 20% และดีเซล100% ตามลำดับดังแสดงในกราฟรูปที่5.10



รูปที่ 5.10 แสดงอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่น ที่สภาวะโหลดต่างๆในเครื่องยนต์IDI



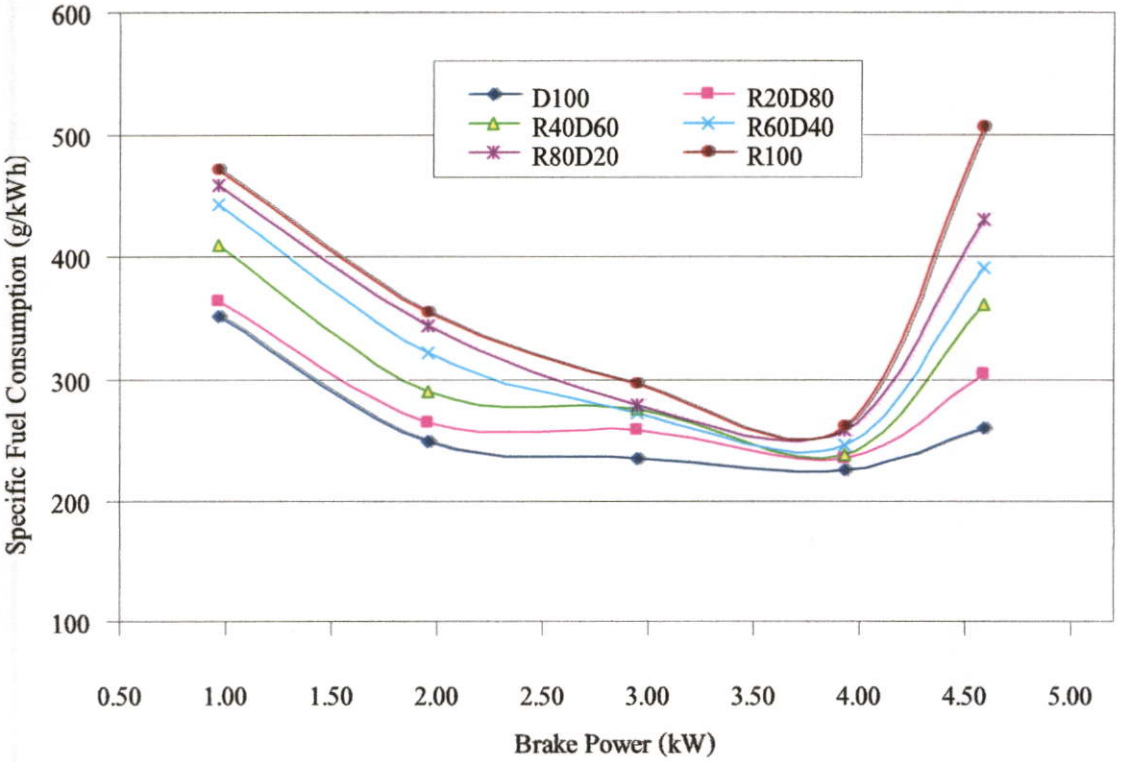
รูปที่ 5.11 แสดงอุณหภูมิไอเสียที่สภาวะโหลดต่างของเชื้อเพลิงแต่ละชนิดในเครื่องยนต์IDI

จากการผลการทดสอบเครื่องยนต์ จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิไอเสียของจากการใช้น้ำมันจากเมล็ดยางพาราผสม มีอุณหภูมิไอเสียต่ำกว่าการใช้น้ำมันดีเซล ดังแสดงในรูปที่ 5.11 ซึ่งเป็นผลมาจากค่าความร้อนของน้ำมันพืชน้อยกว่าน้ำมันดีเซล และการเผาไหม้ของน้ำมันพืชสมบูรณ์และเร็วกว่าน้ำมันดีเซลเพราะมีออกซิเจนผสมอยู่

5.5 ผลการทดลองใช้น้ำมันเมล็ดยางพาราผสม กับเครื่องยนต์DI

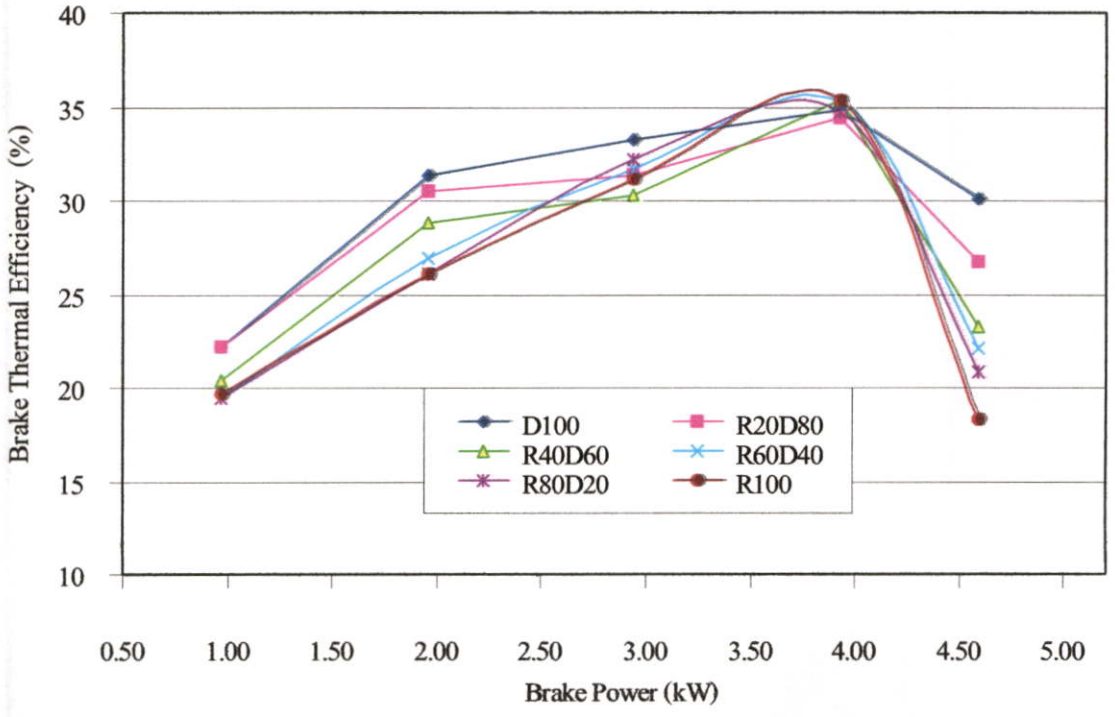
จากการตรวจสอบคราบเขม่าบริเวณหัวลูกสูบ จะเห็นได้ว่าคราบเขม่าจากการเผาไหม้น้ำมันเมล็ดยางพาราผสมน้ำมันดีเซล ในเครื่องยนต์แบบห้องเผาไหม้โดยตรง มีลักษณะเป็นสีน้ำตาลเข้มถึงดำ ลักษณะแข็งหนา และพอกพูนเป็น 4 จุดตามตำแหน่งของรูหัวฉีดติดอยู่ในหลุมบนหัวลูกสูบดัง รูปที่ 5.12 ซึ่งเกิดจากการเป็นฝอยละอองที่ไม่ดีของสเปรย์น้ำมันเมล็ดยางพาราผสมและยางเหนียว (Gum) ที่มีอยู่ในน้ำมันดิบทั่วไป ที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพ

รูปที่ 5.12 แสดงลักษณะเขม่าการเผาไหม้ของน้ำมันยางพาราผสมในเครื่องยนต์



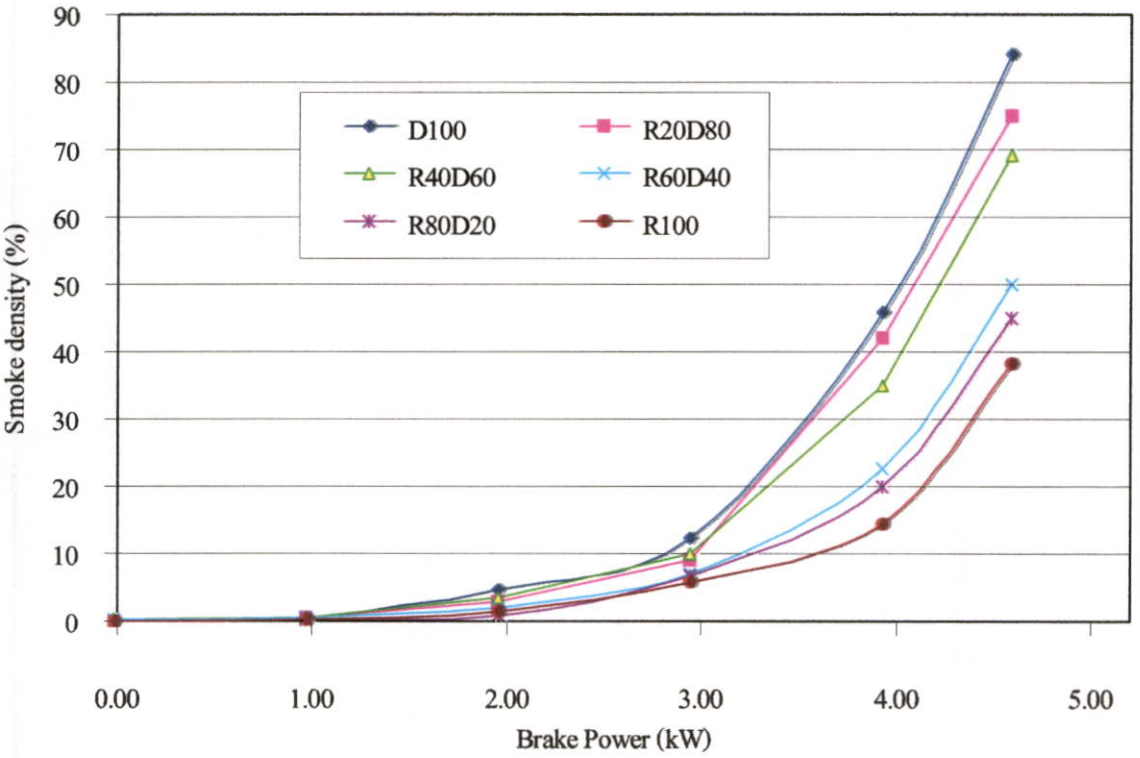
รูปที่ 5.13 แสดงอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของแต่ละชนิดที่สภาวะโหลดต่างๆในเครื่องยนต์ DI

อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ดังแสดงในกราฟ รูปที่ 5.13 จะเห็นได้ว่าอัตราส่วนน้ำมันเมล็ดยางพาราผสมน้ำมันดีเซลต่ำลง จะสิ้นเปลืองมากกว่าดีเซล100% ตามลำดับ เป็นผลมาจากน้ำมันเมล็ดยางพารามีค่าความร้อนของเชื้อเพลิงน้อยกว่าน้ำมันดีเซล



รูปที่ 5.14 แสดงประสิทธิภาพเชิงความร้อน ที่สภาวะโหลดต่างๆในเครื่องยนต์ DI

จากกราฟประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเชื้อเพลิงที่ทำการทดสอบทั้งหมด น้ำมันเมล็ดยางพาราผสมจะต่ำกว่าน้ำมันดีเซลทุกสภาวะโหลด แต่ในช่วงโหลดประมาณ 60-70% น้ำมันเมล็ดยางพาราผสมจะมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนใกล้เคียงน้ำมันดีเซล และสูงกว่าบางช่วง ดังแสดงในกราฟรูปที่ 5.14 ถึงแม้ว่าน้ำมันเมล็ดยางพาราผสมมีอัตราสิ้นเปลืองมากกว่าก็ตาม แต่การเผาไหม้ที่สมบูรณ์กว่าทำให้ประสิทธิภาพสูงกว่า

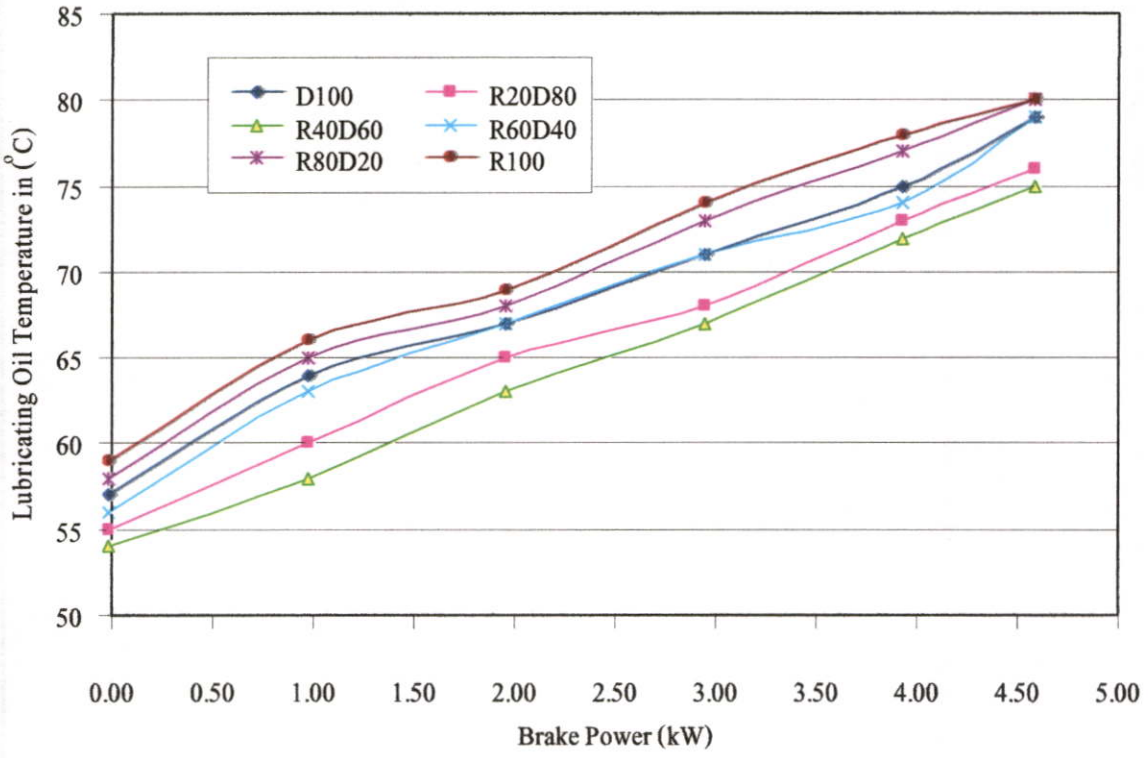


รูปที่ 5.15 แสดงความเข้มของไอเสีย ที่สภาวะโหลดต่างๆในเครื่องยนต์ DI

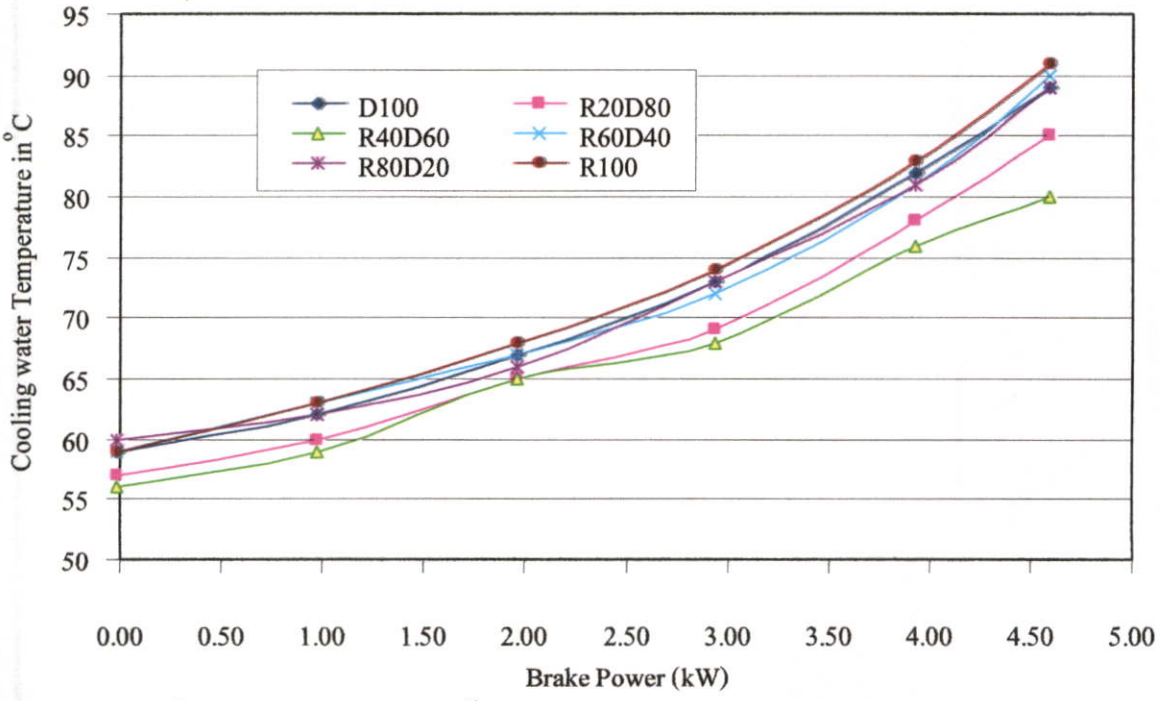
ค่าความเข้มของไอเสียของน้ำมันจากเมล็ดยางพาราผสมน้ำมันดีเซล น้อยกว่าดีเซล100% ตามลำดับการผสม ดังแสดงในกราฟ รูปที่ 5.15 เนื่องจากน้ำมันจากเมล็ดยางพารามีความหนืดน้อยกว่าน้ำมันพืชอื่นๆ เพราะมีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวอยู่สูง ประกอบกับมีออกซิเจนในตัวอยู่แล้ว ถึงแม้ว่าผสมในอัตราส่วนที่สูง ก็ยังสามารถเผาไหม้ได้สมบูรณ์ ส่งผลให้ค่าความเข้มไอเสียน้ำมันจากเมล็ดยางพาราผสมน้อยกว่าน้ำมันดีเซล

ค่าอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่น สำหรับการทดสอบเครื่องยนต์ด้วยน้ำมันจากเมล็ดยางพาราผสมน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 80% และ 100% จะสูงกว่าดีเซล100% แต่สำหรับอัตราส่วนผสม 20% และ 40% จะมีอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่นต่ำกว่าตามลำดับ ดังแสดงในกราฟรูปที่ 5.16 เนื่องจากมีองค์ประกอบสำคัญ 2 อย่างที่ช่วยในด้านการเผาไหม้ของน้ำมันเมล็ดยางพารา คือ ความหนืด และออกซิเจนในตัวน้ำมันเอง ช่วงแรกที่ผสมในสัดส่วน20% และ 40% ความหนืดต่ำและมีออกซิเจนในตัวน้ำมันช่วยทำให้เผาไหม้อย่างรวดเร็ว ความร้อนจึงถ่ายเทสู่น้ำมันหล่อลื่นได้น้อยกว่า และในช่วงที่ผสมในสัดส่วน80% และ 100% ความหนืดสูงถึงแม้จะมีออกซิเจนในตัว

น้ำมันก็ตาม การเป็นฝอยละอองที่ไม่ดีทำให้เผาไหม้ยากและนานกว่า ส่งผลให้อุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่นสูง

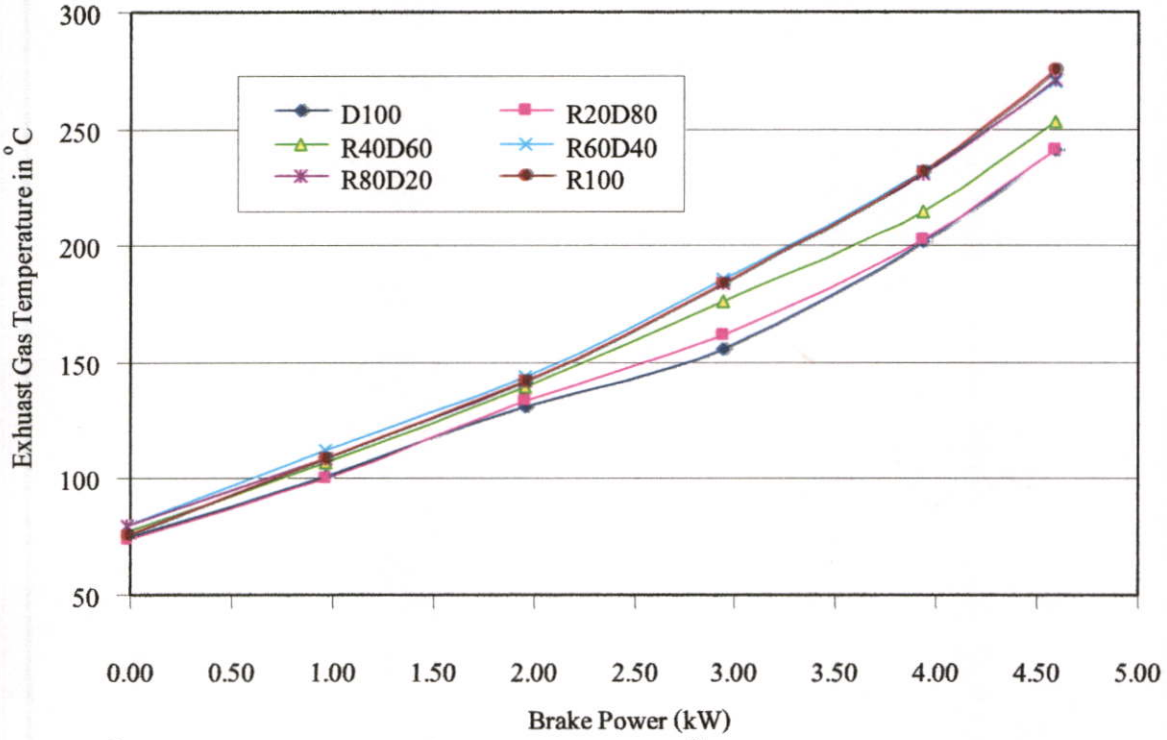


รูปที่ 5.16 แสดงอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่น ที่สภาวะโหลดต่างๆในเครื่องยนต์ DI



รูปที่ 5.17 แสดงอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น ที่สภาวะโหลดต่างในเครื่องยนต์ DI

อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น เมื่อทดสอบเครื่องยนต์ด้วยน้ำมันจากเมล็ดยางพารา 80% และ 100%จะสูงกว่าดีเซล100% แต่ที่ส่วนผสมผสม20% และ 40% อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นจะต่ำกว่าตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่5.17 ซึ่งผลที่ได้เป็นไปในทำนองเดียวกับน้ำมันหล่อลื่น

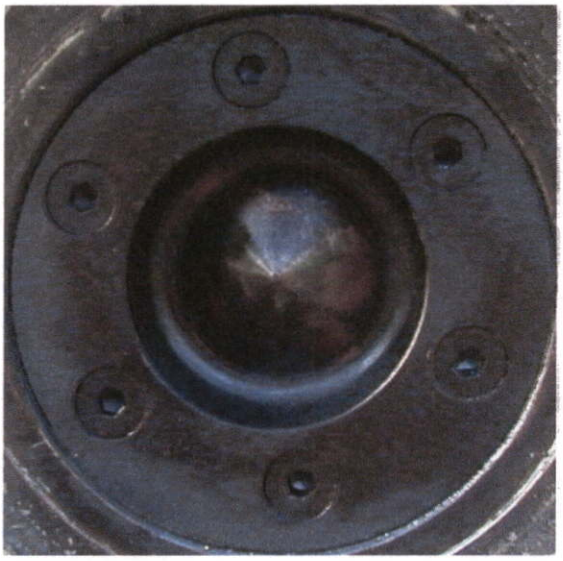


รูปที่ 5.18 แสดงอุณหภูมิไอเสียที่สภาวะโหลดต่างของเชื้อเพลิงแต่ละชนิดในเครื่องยนต์ DI

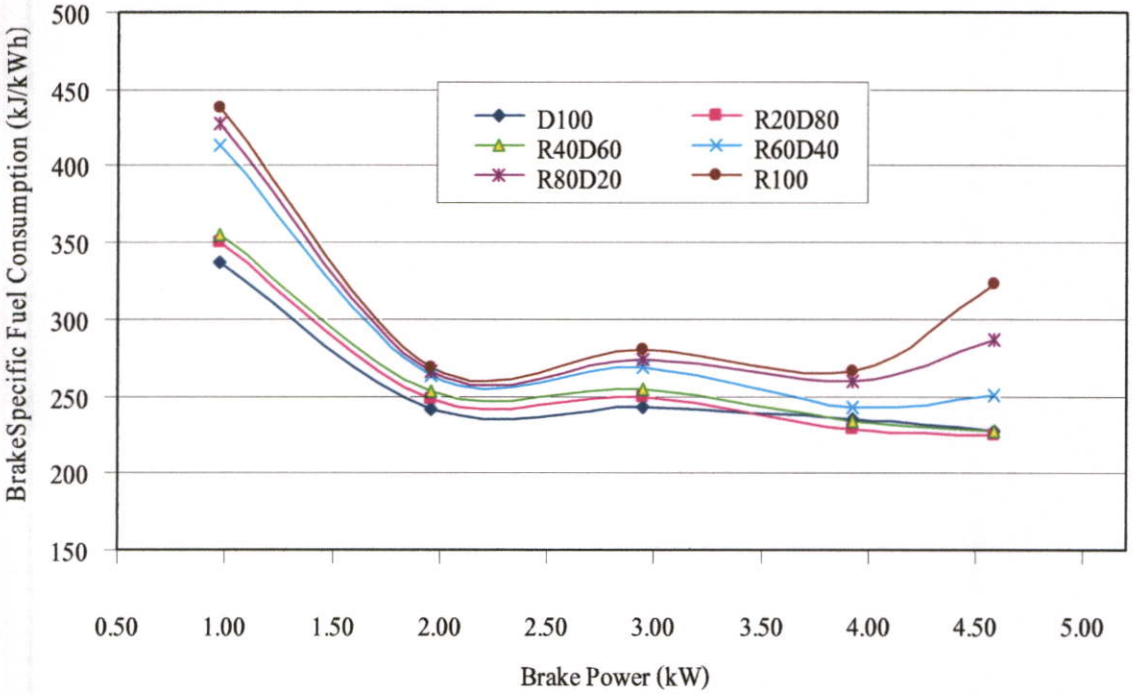
จากผลการทดสอบเครื่องยนต์จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิไอเสีย จากการใช้น้ำมันจากเมล็ดยางพาราผสมสูงว่าการใช้น้ำมันดีเซลตามลำดับอัตราส่วนผสม ดังรูปที่ 5.18 ซึ่งเป็นผลมาจากค่าการอัดตัวได้ของน้ำมันพืชสูงกว่า ทำให้องศาการฉีดเปลี่ยนไป และIgnition delay ที่ยาวกว่า รวมถึงสเปรย์ที่ด้อยกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้การเผาไหม้ของน้ำมันจากเมล็ดยางพาราช้ากว่าน้ำมันดีเซล ส่งผลให้อุณหภูมิไอเสียสูงนั่นเอง

5.6 ผลการทดลองใช้น้ำมันเมล็ดยางพาราผสมกับเครื่องยนต์DIหุ้มฉนวนหัวลูกสูบ

จากการตรวจสอบคราบเขม่าบริเวณหัวลูกสูบหลังจากการปรับปรุงโดยการหุ้มฉนวนหัวลูกสูบแล้ว พบว่าคราบเขม่าแข็งจับตัวน้อยมาก ดังแสดงในรูปที่ 5.19 แสดงว่าขณะที่ฉีดเชื้อเพลิงเข้าไปเกิดการระเหยตัวได้ดีในห้องเผาไหม้ เนื่องจากภายในห้องเผาไหม้มีอุณหภูมิสูง จึงทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์ ประกอบกับแผ่นสเตนเลส ที่เป็นห้องเผาไหม้บนหัวลูกสูบมีอุณหภูมิสูงทำให้การเกาะตัวของกากคาร์บอนจากการเผาไหม้เกิดขึ้นได้ยาก

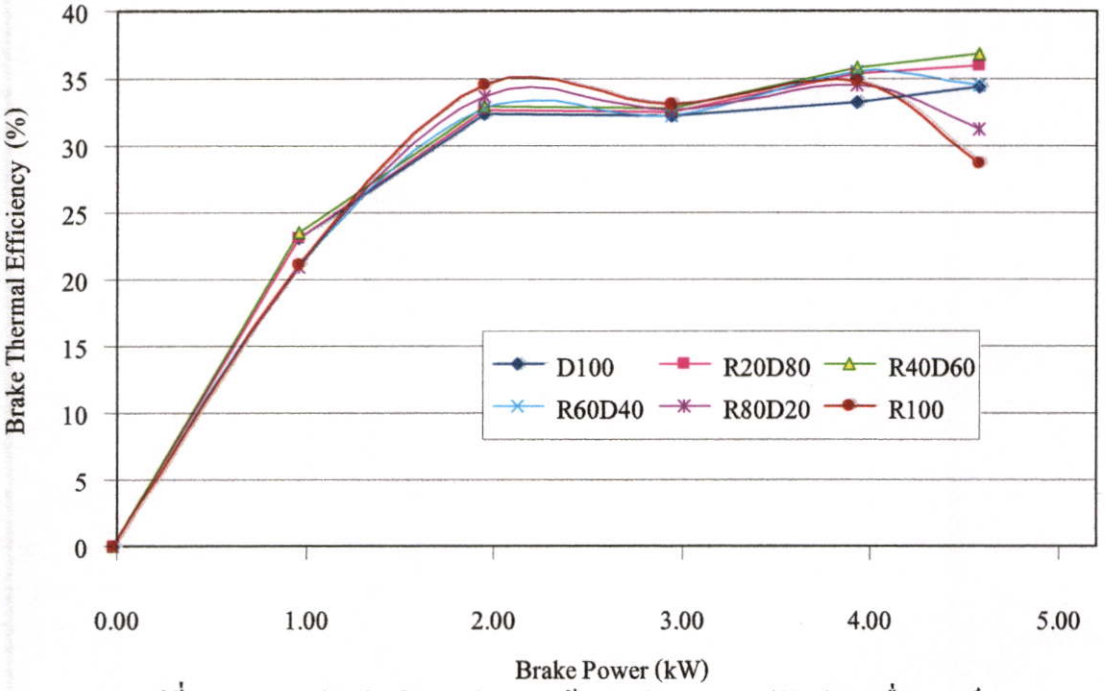


รูปที่ 5.19 แสดงลักษณะเขม่าการเผาไหม้ของน้ำมันยางพาราผสมหลังปรับปรุงลูกสูบ



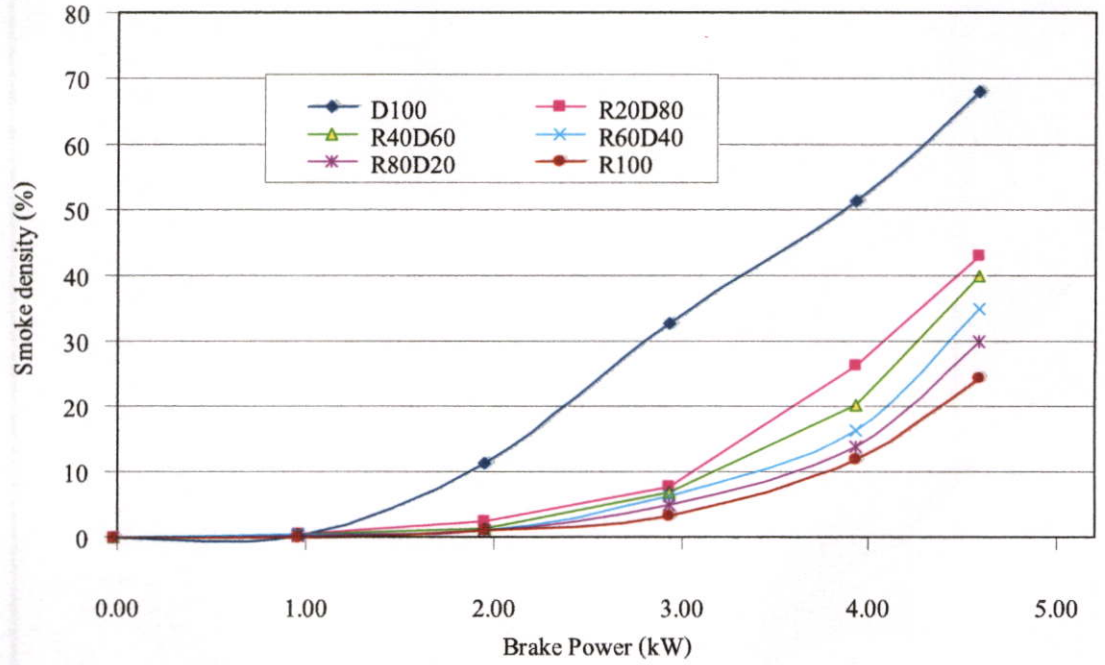
รูปที่ 5.20 แสดงอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของแต่ละชนิด หลังจากการปรับปรุงเครื่องยนต์

อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ดังแสดงในรูปที่ 5.20 จะเห็นได้ว่าเมื่อใช้น้ำมันเมล็ดยางพาราในเครื่องยนต์ จะสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงมากกว่าดีเซล100% ตามลำดับ แต่โดยรวมของทุกตัวอย่างน้ำมัน จะประหยัดกว่าลูกสูบที่ยังไม่มีการหุ้มฉนวนหัวลูกสูบ และที่ภาระโหลดสูงอัตราสิ้นเปลืองจะลดลงมากอย่างเห็นได้ชัด เป็นผลมาจากน้ำมันเมล็ดยางพารามีการการระเหยตัวได้ดี และเผาไหม้ได้สมบูรณ์ขึ้น



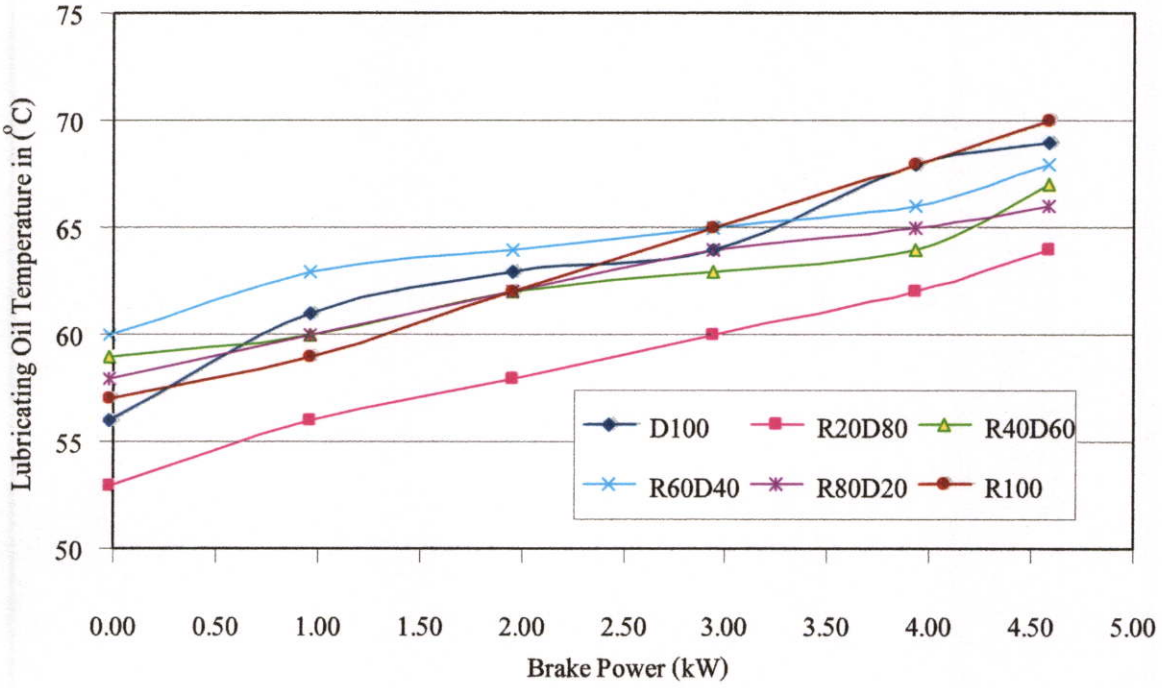
รูปที่5.21 แสดงประสิทธิภาพเชิงความร้อน หลังจากการปรับปรุงเครื่องยนต์

เมื่อหุ้มฉนวนหัวลูกสูบ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเชื้อเพลิงที่ทำการทดสอบทั้งหมดที่ภาระโหลดสูงสุดจะเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจน และน้ำมันจากเมล็ดยางพาราผสมมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่าน้ำมันดีเซลเกือบทุกสภาวะ แต่ที่กำลังสูงสุดน้ำมันจากเมล็ดยางพาราผสม 80% และ100% มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนต่ำกว่าดีเซล ดังแสดงในกราฟรูปที่ 5.21 ถึงแม้ว่าน้ำมันเมล็ดยางพาราผสมจะมีอัตราสิ้นเปลืองมากกว่าก็ตาม แต่การเผาไหม้ที่สมบูรณ์กว่า เนื่องจากการระเหยตัวที่ดีขึ้นทำให้การเผาไหม้ดีขึ้น อีกทั้งการสูญเสียความร้อนที่ลดลง ส่งผลให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่า



รูปที่ 5.22 แสดงความเข้มของไอเสีย หลังจากการปรับปรุงเครื่องยนต์

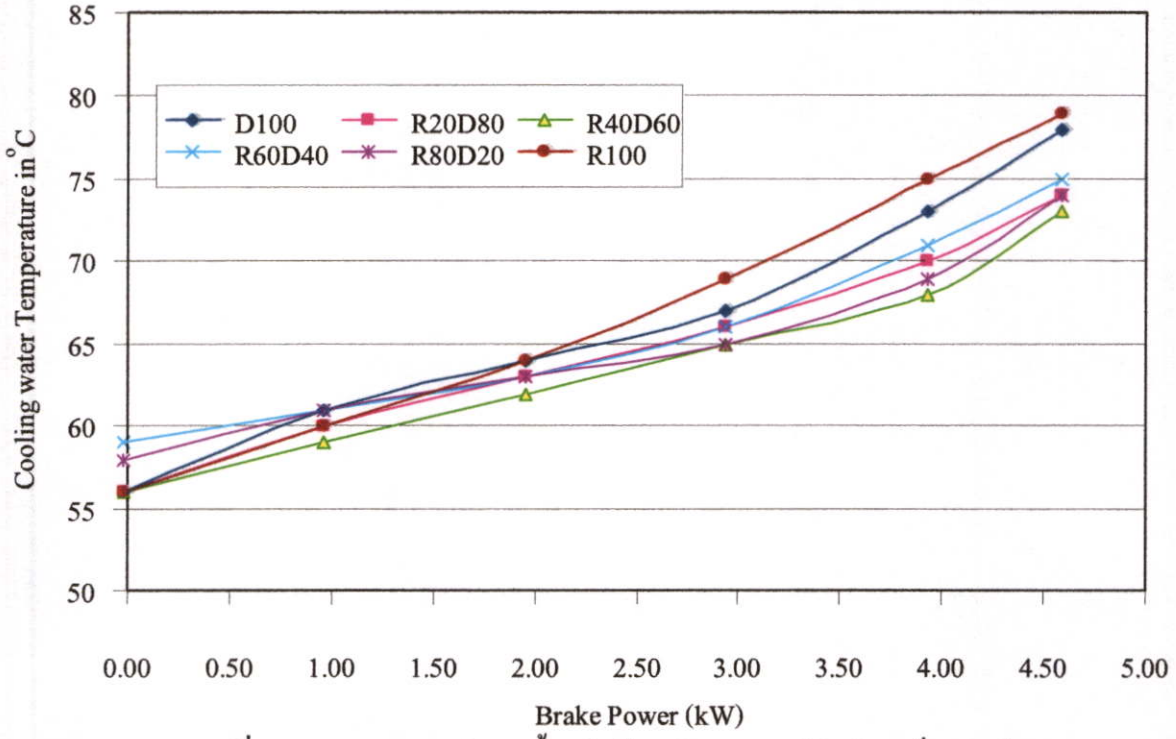
หลังจากการปรับปรุงเครื่องยนต์ ค่าความเข้มของไอเสียของน้ำมันพืชผสมน้อยกว่าค่าความเข้มของไอเสียของน้ำมันดีเซลอย่างชัดเจน เนื่องจากเมื่อหุ้มฉนวนหัวลูกสูบห้องเผาไหม้มีอุณหภูมิสูง ทำให้น้ำมันเมล็ดยางพาราผสมสามารถเผาไหม้ได้สมบูรณ์ขึ้น ทำให้ความเข้มไอเสียลดลง



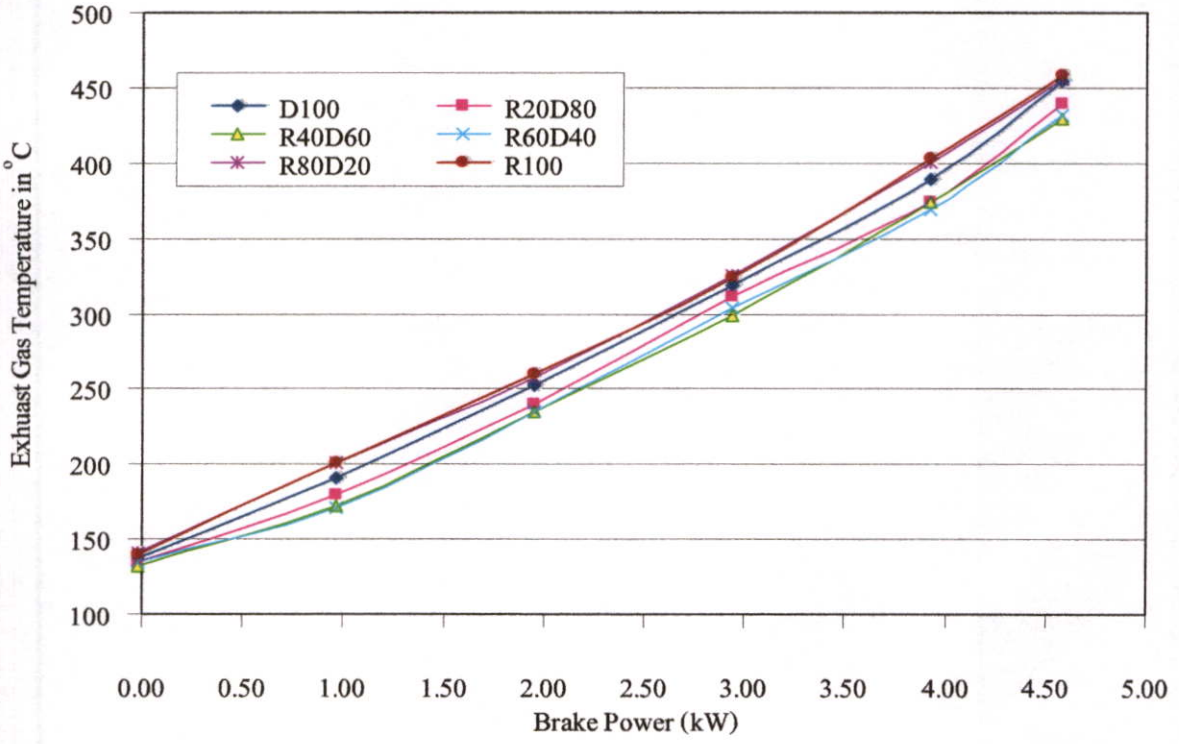
รูปที่ 5.23 แสดงอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่นหลังจากการปรับปรุง เครื่องยนต์

อุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่นหลังจากการปรับปรุงเครื่องยนต์ จะเห็นได้ว่าภาพโดยรวมทั้งหมดทุกๆอัตราส่วนผสม มีแนวโน้มต่ำกว่าก่อนปรับปรุง โดยอัตราส่วนผสม 20% และ 40% มีอุณหภูมิต่ำกว่าน้ำมันดีเซล ดังรูปที่ 5.23 แสดงว่าขณะเผาไหม้พลังงานความร้อนเปลี่ยนเป็นพลังงานกลได้มากกว่า เนื่องจากการเผาไหม้ที่รวดเร็วเพราะความหนืดของน้ำมันยังไม่สูงมากนักและออกซิเจนในน้ำมันพืชก็มีส่วนช่วยในการเผาไหม้ที่ดี

ในทำนองเดียวกันน้ำหล่อเย็นหลังจากการปรับปรุงเครื่องยนต์ ก็มีแนวโน้มต่ำกว่าก่อนมีการหุ้มหัวลูกสูบ เนื่องจากขณะเผาไหม้พลังงานความร้อนที่ปลดปล่อยออกมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง จะถูกปลดปล่อยออกมาอย่างรวดเร็วและมากที่สุด หลังจากลูกสูบเคลื่อนผ่านศูนย์ตายบนได้ไม่มากนัก พลังงานความร้อนจึงถ่ายเทไปยังน้ำหล่อเย็นได้น้อย จึงทำให้ความดันในกระบอกสูบเพิ่มสูงขึ้น หลังจากลูกสูบเคลื่อนที่ลงมาแล้ว การปลดปล่อยพลังงานยังคงมีอย่างต่อเนื่อง แต่น้อยกว่าที่บริเวณศูนย์ตายบน การขยายตัวของลูกสูบยังคงมีค่าเท่าเดิมจึงทำให้อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นต่ำกว่าปกติ ดังแสดงในรูป 5.24 และอุณภูมิไอเสียสูงกว่าปกติ ดังแสดงในรูป 5.25



รูปที่ 5.24 แสดงอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นหลังจากการปรับปรุงเครื่องยนต์



รูปที่ 5.25 แสดงอุณหภูมิไอเสียหลังจากหลังจากการปรับปรุงเครื่องยนต์

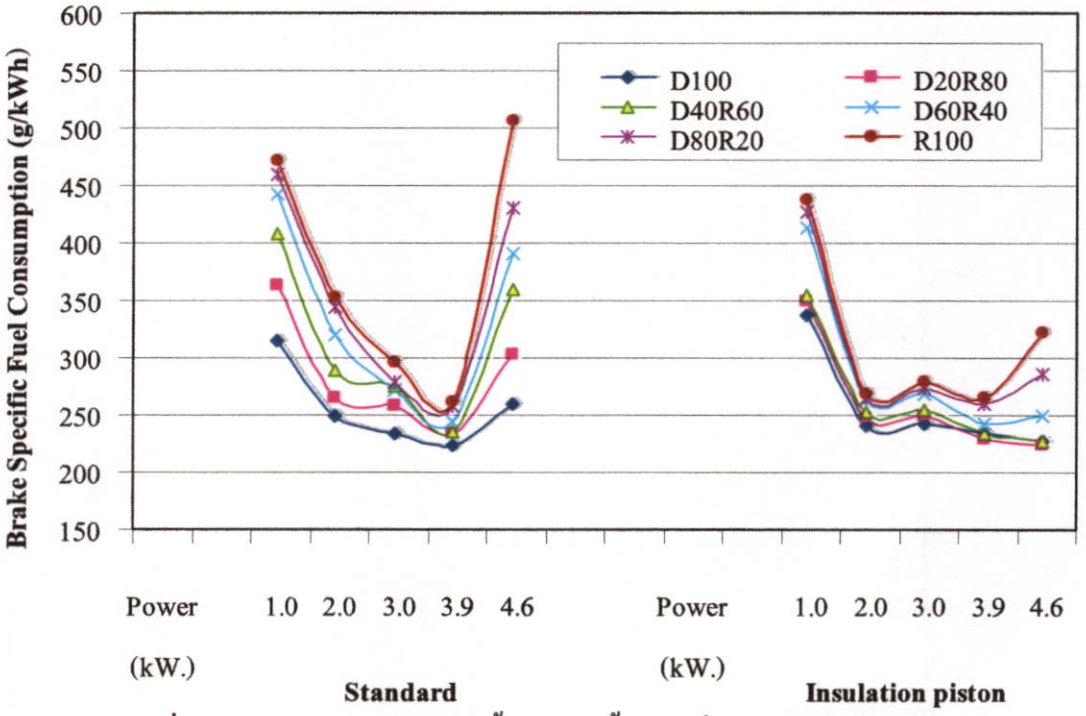
จากผลการทดสอบเครื่องยนต์จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิไอเสียจากการใช้น้ำมันจากเมล็ดยางพาราผสม สูงกว่าการใช้น้ำมันดีเซลตามลำดับ ดังรูปที่ 5.25 แต่โดยรวมอุณหภูมิไอเสียจะสูง

กว่าลูกสูบที่ยังไม่มีการหุ้มฉนวนประมาณ150°C ซึ่งเป็นผลมาจาก ความร้อนไม่สามารถถ่ายเทผ่านลูกสูบไปยังกระโปรงลูกสูบ และน้ำมันหล่อลื่น ส่งผลให้อุณหภูมิไอเสียสูงขึ้นมาก

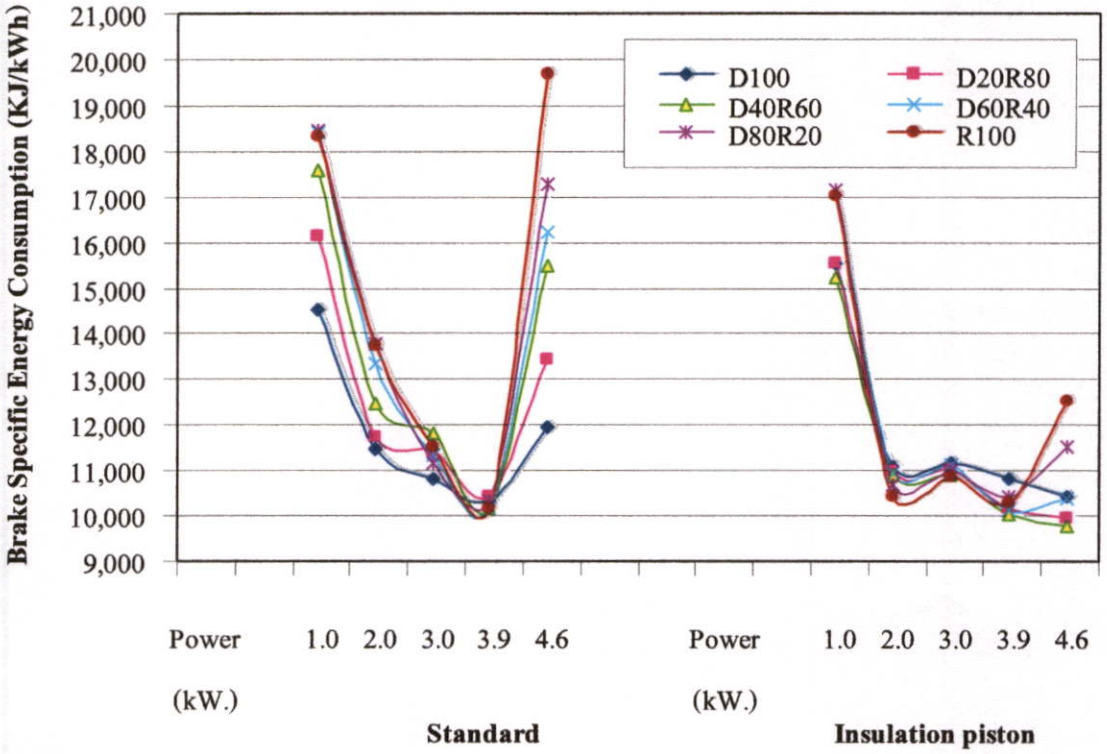
5.7 เปรียบเทียบสมรรถนะเครื่องยนต์ที่ไม่ปรับแต่งกับเครื่องยนต์หุ้มฉนวนหัวลูกสูบ

เมื่อมีการหุ้มฉนวนหัวลูกสูบ น้ำมันเมล็ดยางพาราผสมสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงน้อยลงอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะที่สภาวะโหลดสูงๆ และอัตราส่วนผสม 20% และ 40% ดังแสดงในรูปที่ 5.26 เนื่องจากเมื่อหุ้มฉนวนหัวลูกสูบ ทำให้ความร้อนในห้องเผาไหม้สูงขึ้น เมื่อฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าไปในห้องเผาไหม้ช่วงจังหวะอัดจึงเกิดการระเหยตัวที่ดี และรวดเร็ว ถึงแม้ว่าลักษณะสเปรย์จะไม่ดีนักก็ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ได้ อย่างไรก็ตามการใช้น้ำมันเมล็ดยางพาราผสมยังคงสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากกว่าน้ำมันดีเซล

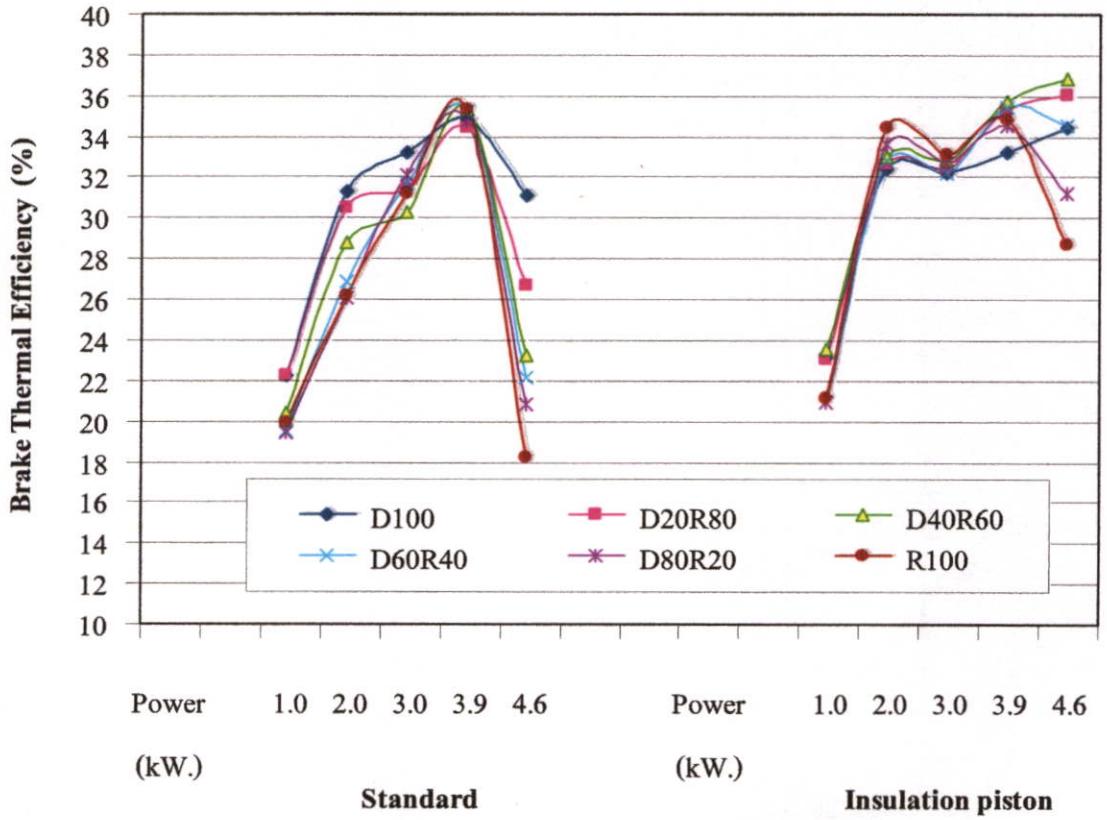
เนื่องจากค่าความร้อนของน้ำมันเมล็ดยางพารากับน้ำมันดีเซลมีความแตกต่างกัน ดังนั้นการวัดอัตราตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในรูปมวลของเชื้อเพลิงจึงไม่สามารถเปรียบเทียบกันได้ นิยมเปรียบเทียบเทียบในรูปของพลังงานแทน ซึ่งหลังจากการปรับปรุงเครื่องยนต์โดยการหุ้มฉนวนหัวลูกสูบแล้วที่สภาวะโหลดปานกลาง อัตราการใช้พลังงานของน้ำมันเมล็ดยางพาราน้อยกว่าน้ำมันดีเซล แสดงว่าน้ำมันเมล็ดยางพาราเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์กว่าดังแสดงในรูปที่ 5.27



รูปที่ 5.26 เปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่สภาวะโหลดต่างๆ

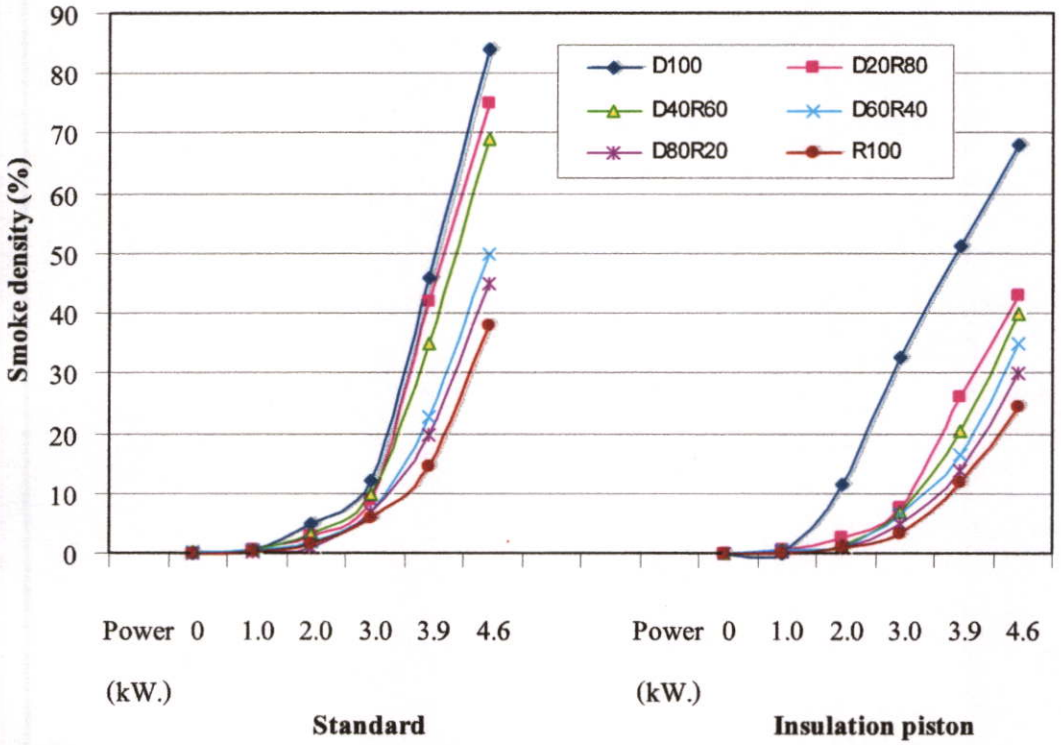


รูปที่ 5.27 เปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานที่สภาวะโหลดต่างๆ



รูปที่ 5.28 เปรียบเทียบประสิทธิภาพทางความร้อนที่สภาวะโหลดต่างๆของเชื้อเพลิง

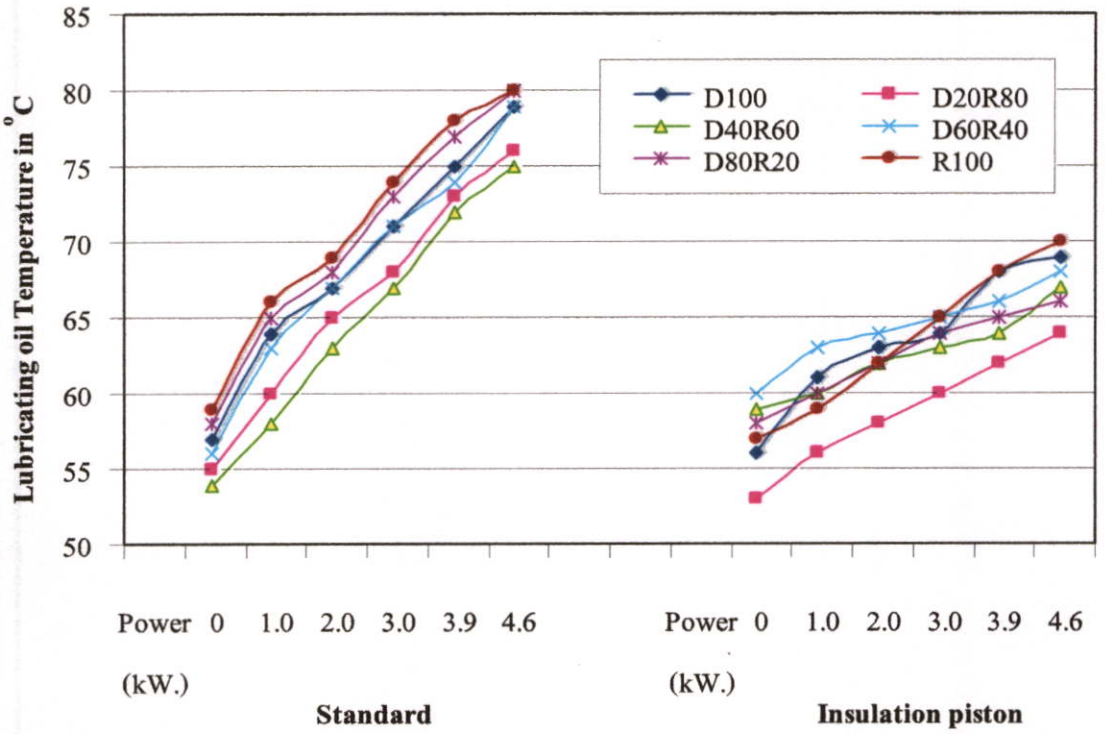
เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางความร้อน จะเห็นว่าเมื่อมีการปรับปรุงเครื่องยนต์โดยการหุ้มฉนวนหัวลูกสูบ จะทำให้ประสิทธิภาพทางความร้อนสูงขึ้น ดังรูปที่ 5.28 เนื่องจากเมื่อปรับปรุงแล้วจะเกิดการเผาไหม้ดีขึ้น การปลดปล่อยพลังงานของเชื้อเพลิงก็ดีขึ้น เนื่องจากขณะที่ฉีดเชื้อเพลิงเข้าไปในห้องเผาไหม้ที่มีอุณหภูมิสูงทำให้การระเหยตัวดี จึงมีประสิทธิภาพดีกว่าก่อนการปรับปรุงเครื่องยนต์



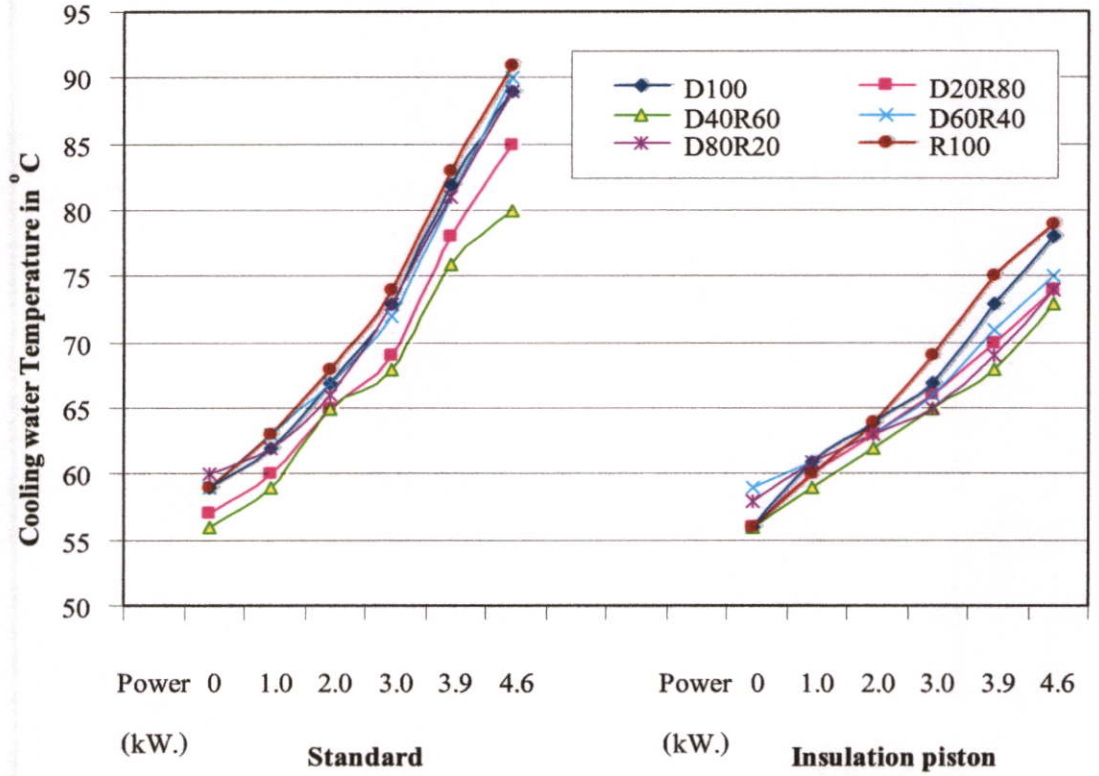
รูปที่ 5.29 เปรียบเทียบความเข้มไอเสียที่สภาวะโหลดต่างๆของเชื้อเพลิง

หลังจากการปรับปรุงเครื่องยนต์โดยการหุ้มฉนวนหัวลูกสูบ จะทำให้ควันดำลดลงอย่างชัดเจน ดังแสดงในรูปที่ 5.29 เนื่องจากเมื่อฉีดเชื้อเพลิงเข้าไปในห้องเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงจะเกิดการระเหยที่ดี ประกอบกับมีออกซิเจนอยู่ในตัวน้ำมันพืชเอง แม้ว่าน้ำมันผสมจะมีความหนืดสูงก็ยังสามารถเผาไหม้ได้ดี ค่าความเข้มของไอเสียจึงลดลง

เปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น ดังแสดงในรูปที่ 5.30 เมื่อหุ้มฉนวนหัวลูกสูบทำให้อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นลดลงอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากส่วนใหญ่น้ำมันหล่อลื่นจะสัมผัสกับด้านข้างบริเวณแหวนลูกสูบ และด้านหลังลูกสูบ ซึ่งบริเวณดังกล่าวจะถ่ายเทความร้อนน้อยลงเมื่อมีการหุ้มฉนวนหัวลูกสูบ ส่งผลให้อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นหลังหุ้มฉนวนหัวลูกสูบมีแนวโน้มลดลง

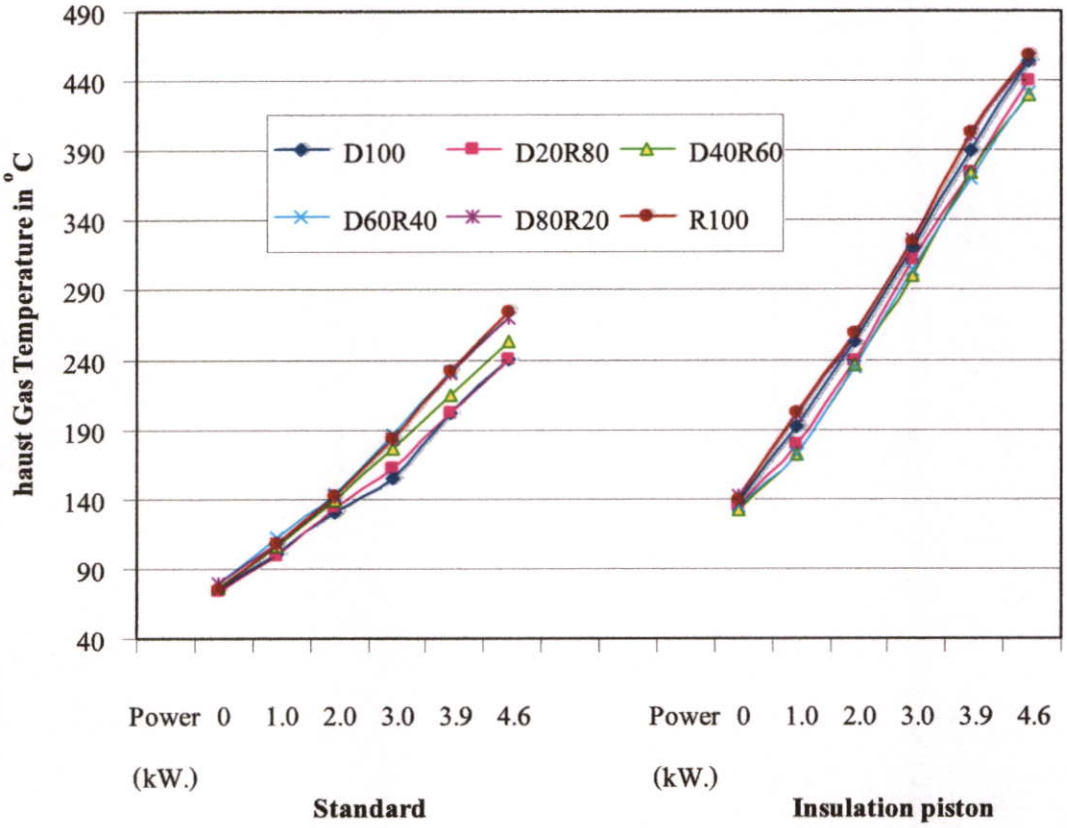


รูปที่ 5.30 เปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่สภาวะโหลดต่างๆของเชื้อเพลิง



รูปที่ 5.31 เปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่สภาวะโหลดต่างๆของเชื้อเพลิง

เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น ดังกล่าวมาแล้วเนื่องจากขณะเผาไหม้พลังงานความร้อนที่ปลดปล่อยออกมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง จะถูกปลดปล่อยออกมาอย่างรวดเร็วและมากที่สุด หลังจากลูกสูบเคลื่อนผ่านศูนย์ตายบนได้ไม่มากนัก พลังงานความร้อนที่ถ่ายไปยังน้ำหล่อเย็นจะเกิดขึ้นบริเวณฝาสูบ และบริเวณผนังกระบอกสูบที่อยู่เหนือลูกสูบซึ่งมีพื้นที่น้อย และความร้อนส่วนหนึ่งที่ถ่ายเทมาจากลูกสูบโดยผ่านผนังกระบอกสูบ แล้วจึงจะถ่ายเทต่อไปยังน้ำหล่อเย็น ส่งผลให้ อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นลดลงเมื่อมีการหุ้มฉนวนหัวลูกสูบ ดังรูปที่ 5.31



รูปที่ 5.32 เปรียบเทียบอุณหภูมิไอเสียที่สภาวะโหลดต่างๆของเชื้อเพลิง

เปรียบเทียบอุณหภูมิไอเสีย เมื่อมีการหุ้มฉนวนจะมีอุณหภูมิสูงกว่าปกติ เนื่องจากเมื่อหุ้มฉนวนหัวลูกสูบ ความร้อนถ่ายเทออกจากห้องเผาไหม้ได้น้อยลง พลังงานความร้อนที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากเชื้อเพลิงทำให้อุณหภูมิและความดันในห้องเผาไหม้สูง ในขณะเดียวกันการขยายตัวของลูกสูบยังคงเท่าเดิม จึงทำให้อุณภูมิไอเสียสูงขึ้น

จากกราฟการเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์จากรูปที่ 5.26 ถึงรูปที่ 5.31 จะเห็นว่าเมื่อปรับปรุงเครื่องยนต์โยการหุ้มฉนวนหัวลูกสูบ จะทำให้สมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ทดสอบดีขึ้น

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

1. การผลิตน้ำมันจากเมล็ดยางพาราโดยวิธีการบีบอัด สามารถบีบน้ำมันได้โดยประมาณ 25% โดยน้ำหนัก และควรผึ่งแดดให้แห้งก่อนนำมาบีบอัดเพื่อจะได้ปริมาณน้ำมันมากขึ้นและเป็นการกำจัดน้ำออกจากน้ำมันด้วย เนื่องจากถ้ามีน้ำผสมในน้ำมัน จะทำให้ความหนืดสูง ซึ่งก่อนนำมาใช้งานควรนำน้ำมันไปอุ่นเพื่อระเหยน้ำออกอีกครั้ง

2. เมื่อนำน้ำมันจากเมล็ดยางพาราไปวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมัน พบว่ามีข้อดีคือมีส่วนประกอบของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวสูงกว่าน้ำมันพืชทั่วไป ทำให้ไม่เป็นไขได้ง่าย

3. จากการนำน้ำมันจากเมล็ดยางพาราผสมน้ำมันดีเซล มาทดลองถ่ายภาพสเปรย์การฉีดนำมันจะเห็นได้ว่า สเปรย์การฉีดน้ำมันจากเมล็ดยางพาราผสม จะเป็นฝอยละอองที่ไม่ดีเมื่ออัตราส่วนผสมที่สูงขึ้น นั่นคือการผสมน้ำมันจากเมล็ดยางพารากับน้ำมันดีเซล สามารถปรับค่าความหนืดของน้ำมันได้ ดังนั้นการประยุกต์ใช้น้ำมันจากเมล็ดยางพาราเพื่อใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก ปรากฏว่าที่ส่วนผสม น้ำมันจากเมล็ดยางพารา 20% จะมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับการใช้น้ำมันดีเซลมาก

4. ค่าอัตราสิ้นเปลืองของน้ำมันจากเมล็ดยางพาราผสมน้ำมันดีเซล เมื่อใช้เดินเครื่องยนต์มีค่ามากกว่าน้ำมันดีเซล 100% แต่อยู่ในเกณฑ์มี่ยอมรับได้เมื่อใช้ค่าความร้อนเป็นตัวเปรียบเทียบ เนื่องจากค่าความร้อนของน้ำมันจากเมล็ดยางพาราน้อยกว่าน้ำมันดีเซล อยู่ประมาณ 20%

5. ด้านมลภาวะจากการเผาไหม้ ของน้ำมันจากเมล็ดยางพารา ผสมน้ำมันดีเซลดีเซล จะมีค่าความเข้มของไอเสียน้อยกว่าน้ำมันดีเซลประมาณ30% และการใช้น้ำมันพืชมาใช้กับเครื่องยนต์จะช่วยสร้างสมดุลทางธรรมชาติอยู่แล้วดังนั้นการใช้น้ำมันจากเมล็ดยางพารา มาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลจึงเป็นการช่วยมลภาวะอีกวิธีหนึ่ง

6. ในการทดสอบเครื่องยนต์ครั้งนี้ เป็นการทดลองในระยะสั้นค่าประสิทธิภาพ และสมรรถนะต่างยังใกล้เคียงกับการใช้น้ำมันดีเซลมากแต่ผลการ สเปรย์ของฉีดของของน้ำมันพืชผสมดีเซลเทียบเท่ากับสเปรย์ของน้ำมันดีเซล 100%ไม่ได้ อย่างไรก็ตามการใช้งานในระยะยาวต้องคอยดูแลหัวฉีด และห้องเผาไหม้เป็นพิเศษ เพราะถึงแม้ว่าในน้ำมันพืชมีออกซิเจนอยู่ก็ตามถ้าหาก สเปรย์ของน้ำมัน ที่เป็นฝอยละอองที่ไม่ดีแล้ว จะทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ได้และเกิดเขม่าตามมา

7. การประยุกต์ใช้น้ำมันจากเมล็ดยางพารา เพื่อใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กสามารถใช้ได้โดยการผสมกับน้ำมันดีเซล เพื่อปรับค่าความหนืดของน้ำมัน หรืออาจมีการปรับแต่งเครื่องยนต์ โดยการหุ้มฉนวนหัวลูกสูบ เพื่อทำให้ประสิทธิภาพดีขึ้น

8. การปรับแต่งเครื่องยนต์โดยการหุ้มฉนวนหัวลูกสูบ เมื่อใช้น้ำมันพืชผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนต่างๆ จะทำให้ประสิทธิภาพเครื่องยนต์ดีกว่าขณะที่ไม่หุ้มฉนวน แต่ทำให้อุณหภูมิไอเสียสูงขึ้น

6.2 ข้อเสนอแนะ

การหุ้มฉนวนหัวลูกสูบ ทำให้อุณหภูมิไอเสียและอุณหภูมิห้องเผาไหม้สูง หากออกแบบไม่ดีอาจทำให้แผ่นสแตนเลสที่หุ้มเสียหายได้ ซึ่งความหนาไม่ควรต่ำกว่า 3 มิลลิเมตร

การผสมน้ำมันเมล็ดยางพาราในอัตราส่วนสูงส่งผลให้หัวฉีดอุดตันได้ง่าย เพราะในเครื่องยนต์ DI หัวฉีดมีรูขนาดเล็กจะเป็นแบบ 4 รู ถึงแม้ว่าในห้องเผาไหม้น้ำมันจะระเหยตัวได้ดีขึ้นก็ตามแต่อาจจะมีคราบยางเหนียวอุดตันหัวฉีดได้

เอกสารอ้างอิง

[1] หนึ่งฤทัย คุ้มเสาร์. "พลังงานทดแทนยามภาวะน้ำมันแพง". วารสารสิ่งแวดล้อม 32(2547): 38-42

[2] ปราโมทย์ ไชยเวช. "ปิโตรเลียมเทคโนโลยี" .กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์สุนทรออฟเซท 2537 : 80-89

[3] ธนาทิพย์ อัศวผดุงสิทธิ์. "การสังเคราะห์เอทิลเอสเทอร์เทอร์จากน้ำมันปาล์มเมล็ดในและเอทานอล ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาด่าง". วิทยานิพน์ปริญญามหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547

[4] กนกอร รจนากิจ. "การนำเมทิลเอสเทอร์ของไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์และเอทิลเอสเทอร์ของน้ำมันมะพร้าวนำไปใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล " วิทยานิพน์ปริญญามหาบัณฑิต คณะวิศวกรรม ศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[5] นันทมนต์ จันทร์ศริกุล. " การปรับปรุงคุณสมบัติของน้ำมันดีเซลชีวภาพจากไขปาล์มสเตียรินโดยการผสม" . วิทยานิพน์ปริญญามหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,2546:30-38

[6] วัชระ ลอยสมุทร และคณะ. "การปรับปรุงน้ำมันพืชที่ใช้แล้วเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลล์". วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยรังสิต 3 (2542): 34-37

[7] A.S. Ramadshas , S. Jayaraj, C. MuraLeedharan "Characterization and effect of using Rubber seed oil as fuel in the compression ignition engines" National Institute technology Calicut India Renewable Energy 30 (2005) 795--803

[8] กรกช ไทยศิริ. " การปรับแต่งเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กโดยใช้น้ำมันพืชผสม" ปริญญานิพนน์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[9] กฤษณ์ เรืองพยุงศักดิ์. "การใช้น้ำมันชีวภาพที่สกัดจากกากของเสียในเครื่องยนต์ดีเซล" สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2547 ISBN 974-15-1029-2

[10] ณพงษ์ สุทพิสิทธิ์ และคณะ. 2544, "การใช้น้ำมันพืชมาเป็นส่วนผสมของเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล", หน้า 53-54

[11] ดำรง สุนทรกิจประไพ . " ศึกษาแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์เพื่อผลิตน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันพืชภายใต้เงื่อนไข สมบัติน้ำมัน ราคา และฤดูกาล" จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2546 ISBN 974-17-3622-6

[12] ธวัชชัย นาคพิพัฒน์ และคณะ. "การศึกษาพฤติกรรมของไอเสียจากการเปลี่ยนอุณหภูมิอากาศและเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซล" สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ

ทหารลาดกระบัง

[13] พูลพร แสงบางปลา. "การใช้ไบโอดีเซลกับเครื่องยนต์มีผลอย่างไร", เอกสารประกอบการประชุมระดมความคิดเห็น เรื่องแนวทางการทำวิจัย และพัฒนาไบโอดีเซลไปสู่เชิงพาณิชย์, 18 มิถุนายน 2544, กรุงเทพฯ

[14] ปฏิภาณ ถิ่นพระบาท. 2545, "การศึกษาการปลดปล่อยความร้อนและออกไซด์ของไนโตรเจนในเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันปาล์มผสม", หน้า 61-64.

[15] สถาพร บุญสมบัติ. 2544, "การวิจัยใช้น้ำมันปาล์มเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล", เอกสารประกอบการประชุมระดมความคิดเรื่อง แนวทางการทำวิจัย และพัฒนาไบโอดีเซลไปสู่เชิงพาณิชย์, 18 มิถุนายน 2544, กรุงเทพฯ, 17

[16] S. Bari , T.H. Lim, C.W. Yu:"Effects of preheating of crude palm oil (CPO) on injection system, performance and emission of a diesel engine" School of Mechanical Engineering, Universiti Sains Malaysia

[17] EI-Awad,M.M., et al, 1999, "Crude Palm Oil As Fuel Extender", Proceeding of the word Renewable Energy Congress, October, Malaysia, 7 p.

[18] Meneeratana, K., 2004, "Simulation of ice formation by the unstructured finite volume method", Proceedings of the 1st Conference on Energy Network of Thailand (E-NETT), May, pp. 211-216.

[19] Nwafor, O.M.I., 2002, "The effect of Elevated Fuel Inlet Temperature on Performance of Diesel Engine Running on Neat Vegetable Oil at Constant Speed Conditions", Renewable Energy, Vol.431, No. 2003-1846, pp. 171-181.

[20] Araya K, Tsunematsu S., " Single droplet combustion of sunflower oil ", SAE paper 870590, 1987

[21] Ryan. T.W. et al., Effects of vegetable oil properties on injection and combustion in two different diesel engine, J. Amer. Oil Chemists Soc. JAOCS Vol. 61.No.10.pp. 1610-1619, 1984

[22] พงษ์เจต พรหมวงศ์. " การถ่ายเทความร้อน" สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

มาตรฐานต่างๆ

ที่ กษ 0925/ 0738

สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร
กรมวิชาการเกษตร เขตจตุจักร
กรุงเทพฯ 10900

8 มีนาคม 2548

เรื่อง ขอส่งรายงานผลการทดสอบ

เรียน นายวิโรจน์ จัดสุด สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

สิ่งที่ส่งมาด้วย รายงานผลการทดสอบ จำนวน 1 ฉบับ

ตามที่ท่านได้ส่งตัวอย่าง น้ำมันจากเมล็ดยางพารา จำนวน 1 ตัวอย่าง ให้สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตรทำการทดสอบ นั้น บัดนี้ สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตรได้ทำการทดสอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงขอส่งรายงานผลการทดสอบที่ 1053/48 ลงวันที่ 4 มีนาคม 2548 ตามที่แนบ

จึงเรียนมาเพื่อทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(นางสมคิด รื่นภาควุฒิ)
นักวิทยาศาสตร์ 8 ว ปฏิบัติราชการแทน
ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการ
หลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

กลุ่มพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพ
สินค้าเกษตรเพื่อการส่งออก
โทรศัพท์ 0 2940 7166
โทรสาร 0 2940 7448

สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร
กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กทม.10900

กม 0925/ รายงานผลการวิเคราะห์

โทร. : 0-2579-8600 ต่อ 600
0-29405468-9 Fax.: 0-2940-5470

ผู้ส่งตัวอย่าง: นายวิโรจน์ จันสุด	CP.No. 608/48 OSL.No. 76/48
ที่อยู่: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า 269 ม.๑ถุขุมวิท ต.มาบตาพุด อ.เมือง จ.ระยอง 21150	วันที่รับตัวอย่าง: 22 กุมภาพันธ์ 2548
โทรศัพท์ : 038-685600 , 09-1739077 โทรสาร :	วันที่ดำเนินงาน : 24 กุมภาพันธ์ 2548
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง : น้ำมันจากเมล็ดยางพารา จำนวน 1 ตัวอย่าง	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง : ขวดพลาสติก ปิดสนิท

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	วิธีวิเคราะห์
Fatty acid composition (%)		Ce 2-66, Ce 1-62 AOCS 1993
C16:0 Palmitic acid	10.17	
C18:0 Stearic acid	8.67	
Total Saturated fatty acid	18.84	
C18:1 Oleic acid	25.23	
C18:2 Linoleic acid	40.36	
C18:3 Linolenic acid	15.56	
Total Unsaturated fatty acid	81.16	
Specific gravity ที่ 50°C	0.9241	AOCS Cc 10a-25 Reapproved 1993
Smoke point (°C)	220	AOCS Cc 9a-48 1997
Flash point (°C)	230	AOCS Cc 9a-48 1997
Fire point (°C)	250	AOCS Cc 9a-48 1997
Cloud point (°C)	10	AOCS Cc 6-25 1997
Viscosity ที่ 60°C	25.6 (mPas)	Haake Method
Acid value (mg KOH/g)	60.21	ISO 660 : 1996

รายงานนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

วันที่ 1 มี.ค 48
รายงานที่ 1053/48
วันที่รับรอง 4 มีนาคม 2548

ผู้วิเคราะห์
(นางสาววิไลศรี ลิมปพยอม)

หัวหน้ากลุ่มฯ
(นางสาวภกินี อักรวสระพงศ์)

(นางสมคิดี รื่นภาควุฒิ)
นักวิทยาศาสตร์ ๘ ว ปฏิบัติราชการแทน
ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการ
หลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

แบบ วศ.

ที่ วท 0306/ 6183

ถึง นางสาวเฉลิมพร ณ พัทลุง

กรมวิทยาศาสตร์บริการขอส่งรายงานการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ วัตถุตัวอย่าง ตาม คำร้อง ลงวันที่ 26 เมษายน 2548 เลขรับ 2965 วันที่ 26 เมษายน 2548

ซึ่งกรมวิทยาศาสตร์ ฯ ได้รับเมื่อวันที่ 26 เมษายน 2548

กรมวิทยาศาสตร์บริการ 26 เมษายน 2548

โครงการเคมี
โทร. 0 2201 7215-6

รายงานการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ

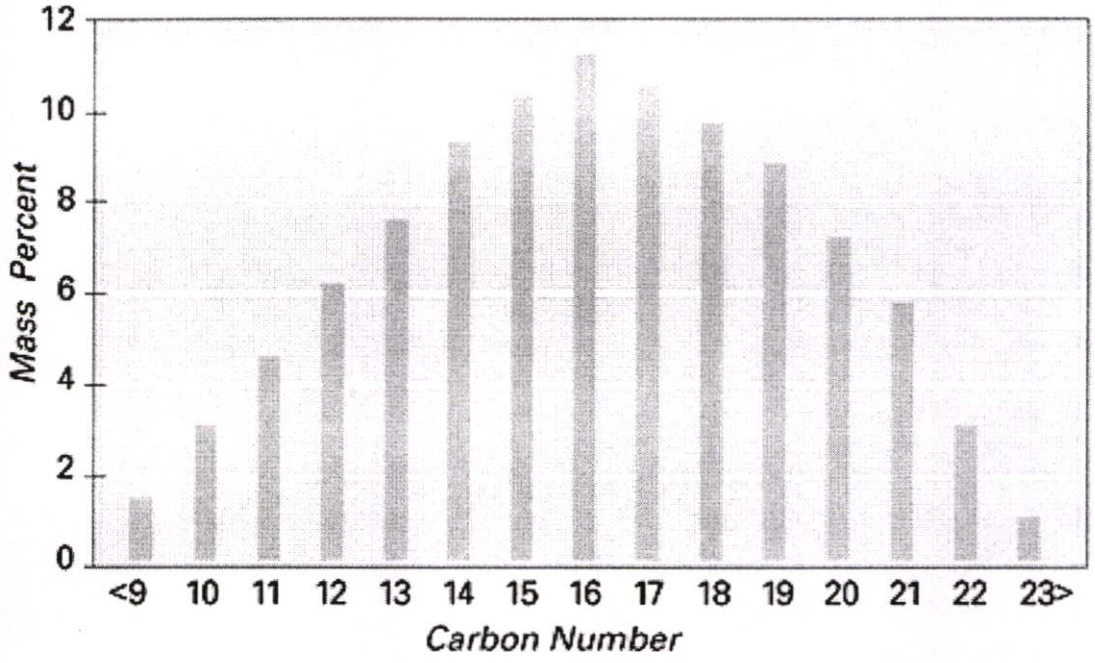
ชื่อวัตถุตัวอย่าง ตามที่ผู้ส่งเรียก	เครื่องหมาย ตรา ฯลฯ ที่ระบุตัวอย่าง	หมายเลข ปฏิบัติการ	ค่าความร้อนการเผาไหม้แบบกรอส (Gross) แคลอรีต่อกรัม
น้ำมันจากเมล็ดยางพารา	-	XX.928	9295

(นางรติกร อลงกรณ์โชติกุล)
นักวิทยาศาสตร์ 6ว

รายงานนี้ : - รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ เท่านั้น
- ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง

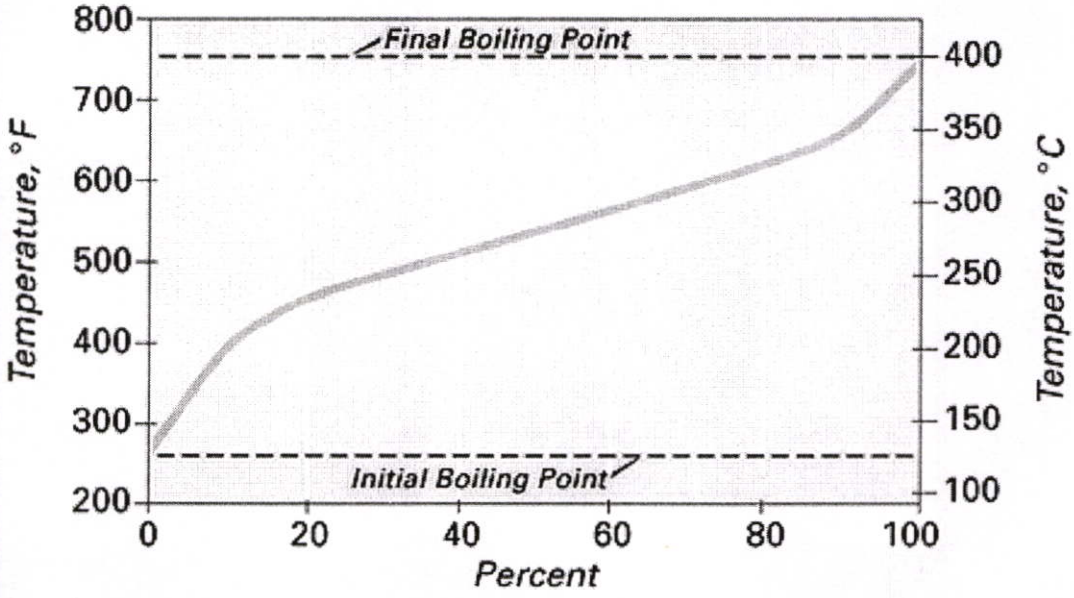
ชนิดของคาร์บอนที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันดีเซล

Typical Carbon Number Distribution – No. 2 Diesel Fuel



การกระจายอุณหภูมิการกลั่น

Typical Distillation Profile – No. 2 Diesel Fuel



จุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันดีเซล

Boiling Point and Freezing Point of Representative Diesel Fuel Hydrocarbons

Compound	Chemical Formula	Hydrocarbon Class	Boiling Point, °F	Freezing Point, °F
Naphthalene	$C_{10}H_8$	Aromatic	424	176
Tetralin	$C_{10}H_{12}$	Aromatic	406	-31
cis-Decalin	$C_{10}H_{18}$	Naphthene	385	-45
1, 3-Diethylbenzene	$C_{10}H_{14}$	Aromatic	358	-119
n-Butylcyclohexane	$C_{10}H_{20}$	Naphthene	358	-103
n-Pentylcyclopentane	$C_{10}H_{20}$	Naphthene	358	-117
Decane	$C_{10}H_{22}$	n-Paraffin	345	-22
Anthracene	$C_{14}H_{10}$	Aromatic	646	419
1-Pentylnaphthalene	$C_{15}H_{18}$	Aromatic	583	-11
n-Nonylcyclohexane	$C_{15}H_{30}$	Naphthene	540	14
n-Decylcyclopentane	$C_{15}H_{30}$	Naphthene	534	-8
n-Pentadecane	$C_{15}H_{32}$	n-Paraffin	520	50
2-Methyltetradecane	$C_{15}H_{32}$	Isoparaffin	509	18
1-Decylnaphthalene	$C_{20}H_{28}$	Aromatic	714	59
n-Tetradecylbenzene	$C_{20}H_{34}$	Aromatic	669	61
n-Tetradecylcyclohexane	$C_{20}H_{40}$	Naphthene	669	77
n-Pentadecylcyclopentane	$C_{20}H_{40}$	Naphthene	667	63
Eicosane	$C_{20}H_{42}$	n-Paraffin	651	97
2-Methylnonadecane	$C_{20}H_{42}$	Isoparaffin	642	64

ค่าความหนาแน่นและค่าความร้อนจากการเผาไหม้ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันดีเซล

Density and Heat of Combustion for Representative Diesel Fuel Hydrocarbons

Compound	Hydrocarbon Class	Carbon Number	Density, 20°C, g/cm3	Net Heat of Combustion, 25°C, Btu/Lb	Net Heat of Combustion, 25°C, Btu/Gal
Naphthalene	Aromatic	10	1.175	16,704	163,800
Tetralin	Aromatic	10	0.9695	17,422	140,960
1,3-Diethylbenzene	Aromatic	10	0.8639	17,792	128,270
n-Butylcyclohexane	Naphthene	10	0.7992	18,666	124,500
n-Pentylcyclopentane	Naphthene	10	0.7912	18,738	123,720
Decane	n-Paraffin	10	0.7301	19,018	115,880
2,2-Dimethyloctane	Isoparaffin	10	0.7245	18,979	114,750
Anthracene	Aromatic	14	1.251	16,514	172,410
n-Nonylbenzene	Aromatic	15	0.8558	18,120	129,410
n-Nonylcyclohexane	Naphthene	15	0.816	18,672	127,150
n-Decylcyclopentane	Naphthene	15	0.811	18,721	126,710
n-Pentadecane	n-Paraffin	15	0.7684	18,908	121,250
n-Tetradecylbenzene	Aromatic	20	0.8549	18,264	130,310
n-Tetradecylcyclohexane	Naphthene	20	0.825	18,678	128,590
n-Pentadecylcyclopentane	Naphthene	20	0.8213	18,712	128,260
Eicosane	n-Paraffin	20	0.7843	18,853	123,400

ค่าความหนาแน่นและค่าความร้อนของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด

Typical Density and Net Heating Value of Different Fuels

Fuel	Density, g/cm^3	Net Heating Value, Btu/lb.	Net Heating Value, Btu/gal.
Regular gasoline	0.735	18,630	114,200
Premium gasoline	0.755	18,440	116,200
Jet fuel	0.795	18,420	122,200
Diesel fuel	0.850	18,330	130,000

ค่าซีเทนของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันดีเซล

Cetane Number of Representative Diesel Fuel Hydrocarbons

Compound	Hydrocarbon Class	Chemical Formula	Cetane Number
n-Decane	n-Paraffin	$C_{10}H_{22}$	76
n-Pentadecane	n-Paraffin	$C_{15}H_{32}$	95
n-Hexadecane*	n-Paraffin	$C_{16}H_{34}$	100
n-Eicosane	n-Paraffin	$C_{20}H_{42}$	110
3-Ethyldecane	Isoparaffin	$C_{12}H_{26}$	48
4,5-Diethyloctane	Isoparaffin	$C_{12}H_{26}$	20
Heptamethylnonane*	Isoparaffin	$C_{16}H_{34}$	15
8-Propylpentadecane	Isoparaffin	$C_{18}H_{38}$	48
7,8-Diethyltetradecane	Isoparaffin	$C_{18}H_{38}$	67
9,10-Dimethyloctane	Isoparaffin	$C_{20}H_{42}$	59
Decalin	Naphthene	$C_{10}H_{18}$	48
3-Cyclohexylhexane	Naphthene	$C_{12}H_{24}$	36
2-Methyl-3-cyclohexylnonane	Naphthene	$C_{16}H_{32}$	70
2-Cyclohexyltetradecane	Naphthene	$C_{20}H_{40}$	57
1-Methylnaphthalene*	Aromatic	$C_{11}H_{10}$	0
n-Pentylbenzene	Aromatic	$C_{11}H_{16}$	8
Biphenyl	Aromatic	$C_{12}H_{10}$	21
1-Butylnaphthalene	Aromatic	$C_{14}H_{16}$	6
n-Nonylbenzene	Aromatic	$C_{15}H_{24}$	50
2-Octylnaphthalene	Aromatic	$C_{18}H_{24}$	18
n-Tetradecylbenzene	Aromatic	$C_{20}H_{34}$	72

* Primary reference material for cetane number scale

ความสัมพันธ์ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

Relationship of Hydrocarbon Class Properties to Fuel Properties

Fuel Property	Normal Paraffin	Isoparaffin	Naphthene	Aromatic
Cetane number	++	0/+	0/+	0/–
Low temperature operability	–	0/+	+	+
Volumetric heating value	–	–	0	+

+ Indicates a positive or beneficial effect on the fuel property.
0 Indicates a neutral or minor effect.
– Indicates a negative or detrimental effect.

Relationship of Diesel Fuel Properties to Composition and Performance

Property	Property Type*	Effect of Property on Performance	Time Frame of Effect
Flash point	Minor	Safety in handling and use – not directly related to engine performance	—
Water and sediment	Minor	Affects fuel filters and injectors	Long-term
Volatility	Bulk	Affects ease of starting and smoke	Immediate
Viscosity	Bulk	Affects fuel spray atomization and fuel system lubrication	Immediate and Long-term
Ash	Minor	Can damage fuel injection system and cause combustion chamber deposits	Long-term
Sulfur	Minor	Affects particulate emissions, cylinder wear, and deposits	Particulates: Immediate Wear: Long-term
Copper strip corrosion	Minor	Indicates potential for corrosive attack on metal parts	Long-term
Cetane number	Bulk	Measure of ignition quality – affects cold starting, combustion and emissions	Immediate
Cloud point and pour point	Minor	Affects low temperature operability	Immediate
Carbon residue	Minor	Measures coking tendency of fuel, may relate to engine deposits	Long-term
Heating value (energy content)	Bulk	Affects fuel economy	Immediate
Density	Bulk	Affects heating value	Immediate
Stability	Minor	Indicates potential to form insolubles during use and/or in storage	Long-term
Lubricity	Minor	Affects fuel pump and injector wear	Long-term (typically)
Water separability	Minor	Affects ability to produce dry fuel	—

*A *bulk* property is one that is determined by the composition of the fuel as a whole. A *minor* property is one that is determined by the presence or absence of small amounts of particular compounds.

ASTM D 975 Requirements for Diesel Fuel Oils

Property	Test Method*	Low Sulfur No. 1-D	No. 1-D	Low Sulfur No. 2-D	No. 2-D	No. 4-D
Flash point, °C, min	D 93	38	38	52	52	55
Water and sediment, % vol, max	D 2709 D 1796	0.05	0.05	0.05	0.05	0.50
Distillation temperature, °C, 90% vol recovered	D 86					
min				282	282	
max		288	288	338	338	
Kinematic viscosity, 40°C, cSt	D 445					
min		1.3	1.3	1.9	1.9	5.5
max		2.4	2.4	4.1	4.1	24.0
Ash, % mass, max	D 482	0.01	0.01	0.01	0.01	0.1
Sulfur, % mass, max	D 2622	0.05	0.50	0.05	0.50	2.00
Copper strip corrosion, 3 hr at 50°C, max rating	D 130	No. 3	No. 3	No. 3	No. 3	
Cetane number, min	D 613	40	40	40	40	30
One of the following:						
1) Cetane index, min	D 976	40		40		
2) Aromaticity, % vol, max	D 1319	35		35		
Ramsbottom carbon residue on 10% distillation residue,	D 524	0.15	0.15	0.35	0.35	

* All "Dxx" methods are ASTM standards.

ASTM D 975 Requirements for Diesel Fuel Oils

Property	Test Method*	Low Sulfur No. 1-D	No. 1-D	Low Sulfur No. 2-D	No. 2-D	No. 4-D
Flash point, °C, min	D 93	38	38	52	52	55
Water and sediment, % vol, max	D 2709 D 1796	0.05	0.05	0.05	0.05	0.50
Distillation temperature, °C, 90% vol recovered	D 86					
min				282	282	
max		288	288	338	338	
Kinematic viscosity, 40°C, cSt	D 445					
min		1.3	1.3	1.9	1.9	5.5
max		2.4	2.4	4.1	4.1	24.0
Ash, % mass, max	D 482	0.01	0.01	0.01	0.01	0.1
Sulfur, % mass, max	D 2622	0.05	0.50	0.05	0.50	2.00
Copper strip corrosion, 3 hr at 50°C, max rating	D 130	No. 3	No. 3	No. 3	No. 3	
Cetane number, min	D 613	40	40	40	40	30
One of the following:						
1) Cetane index, min	D 976	40		40		
2) Aromaticity, % vol, max	D 1319	35		35		
Ramsbottom carbon residue on 10% distillation residue,	D 524	0.15	0.15	0.35	0.35	

* All "Dxx" methods are ASTM standards.

Comparison of U.S., European, and Japanese Specifications for a Comparable Grade of Diesel Fuel

Property	US: ASTM D 975, Low Sulfur No. 2-D	Europe: CEN 590: Grades A-F	Japan: JIS K 2204, Grade No. 2
Density 15°C, g/cm³		0.820–0.860	
Kinematic viscosity 38°C, cSt 40°C, cSt	 1.9–4.1	 2.0–4.5	 2.0 min
Sulfur, % mass, max	0.05	0.05	0.05
Cetane number, min	40	49	45
Distillation temperature, °C % vol recovered 65 85 90 95	 282–338 	 250 min 350 max 370 max	 330–350

Equation Used to Calculate the Cetane Index of a Diesel Fuel in ASTM D 4737

$$CCI = 45.2 + (0.0892)(T_{10N}) + [0.131 + (0.901)(B)][T_{50N}] + [0.0523 - (0.420)(B)][T_{90N}] + [0.00049][(T_{10N})^2 - (T_{90N})^2] + (107)(B) + (60)(B^2)$$

Where:

CCI	=	Calculated Cetane Index
D	=	Density at 15°C
DN	=	D – 0.85
B	=	$[e^{(-3.5)(DN)}] - 1$
T_{10}	=	10% recovery temperature as measured by D 86 in °C
T_{10N}	=	$T_{10} - 215$
T_{50}	=	50% recovery temperature as measured by D 86 in °C
T_{50N}	=	T50 – 260
T90	=	90% recovery temperature as measured by D 86 in °C
T_{90N}	=	$T_{90} - 310$

หน้า ๑๒
เล่ม ๑๒๒ ตอนพิเศษ ๗๐ ง ราชกิจจานุเบกษา ๒๔ สิงหาคม ๒๕๔๘

ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน

เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน พ.ศ. ๒๕๔๘

โดยที่เป็นการสมควรกำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน เพื่อเป็นการส่งเสริมให้มีการใช้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในเชิงพาณิชย์ และสร้างความเชื่อมั่นให้แก่ผู้บริโภค อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๒๕ วรรคหนึ่ง แห่งพระราชบัญญัติการค้าน้ำมันเชื้อเพลิง พ.ศ. ๒๕๔๓ อธิบดีกรมธุรกิจพลังงานออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ประกาศนี้เรียกว่า "ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน พ.ศ. ๒๕๔๘"

ข้อ ๒ ประกาศนี้ให้ใช้บังคับเมื่อพ้นสามสิบวันนับตั้งแต่วันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ข้อ ๓ ประกาศฉบับนี้มิให้ใช้บังคับกับไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมันที่จำหน่ายหรือมีไว้เพื่อจำหน่ายไปนอกราชอาณาจักรโดยการขนส่งทางทะเล

ข้อ ๔ ภายใต้บังคับของข้อ ๕ ลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมันให้เป็นไปตามรายละเอียดแนบท้ายประกาศนี้

การเติมสารเติมแต่งในไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน ให้ผู้ค้าน้ำมันแจ้งขอความเห็นชอบและต้องได้รับความเห็นชอบจากอธิบดีกรมธุรกิจพลังงานก่อน จึงจะดำเนินการได้

ข้อ ๕ ลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมันที่ผู้ค้าน้ำมันจำหน่ายหรือมีไว้เพื่อจำหน่ายดังต่อไปนี้ จะไม่เป็นตามที่กำหนดในรายละเอียดแนบท้ายประกาศนี้ก็ได้ แต่ผู้ค้าน้ำมันต้องแจ้งลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดังกล่าวเฉพาะส่วนที่ไม่เป็นไปตามที่กำหนดในรายละเอียดแนบท้าย เพื่อขอความเห็นชอบและต้องได้รับความเห็นชอบจากอธิบดีกรมธุรกิจพลังงานก่อน

(๑) ไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมันสำหรับการส่งออกไปนอกราชอาณาจักรนอกจากการขนส่งทางทะเล

(๒) ไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมันสำหรับการนำไปใช้กับยานพาหนะที่ส่งออกไปนอกราชอาณาจักร

(๓) ไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมันสำหรับการนำไปใช้ตามโครงการหรือนโยบายของรัฐบาล หรืองานวิจัย

(๔) ไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมันที่นำเข้ามาในราชอาณาจักรสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล

(๕) ไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมันสำหรับการจำหน่ายให้แก่ผู้ค้าน้ำมันซึ่งเป็นผู้ผลิตไบโอดีเซล เพื่อนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล

(๖) ไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมันสำหรับการจำหน่ายให้แก่ผู้ค้าน้ำมันเพื่อวัตถุประสงค์ตาม (๑)

(๗) ไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมันสำหรับการจำหน่ายให้แก่ผู้ผลิตไบโอดีเซลหรือผู้ค้าน้ำมันตามมาตรา ๗ เพื่อวัตถุประสงค์ตาม (๒) และ (๓)

ข้อ ๖ การขอและการให้ความเห็นชอบตามข้อ ๔ วรรคสอง และข้อ ๕ ให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขที่อธิบดีกรมธุรกิจพลังงานกำหนด

ประกาศ ณ วันที่ ๑๑ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๔๘

วิโรจน์ คลังบุญครอง

อธิบดีกรมธุรกิจพลังงาน

รายละเอียดแนบท้ายประกาศกรมธุรกิจพลังงาน
เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดีเซล
(ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2548

รายการ	ข้อกำหนด		อัตราสูงต่ำ	น้ำมันดีเซล			วิธีทดสอบ[1]
				หมุนเร็ว		หมุนช้า	
				ธรรมดา	บี5		
1	ความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 องศาเซลเซียส (Specific Gravity at 15.6/15.6 °C)		ไม่ต่ำกว่า และ ไม่สูงกว่า	0.81 0.87	0.81 0.87	- 0.920	ASTM D 1298
2	จำนวนซีเทน (Cetane Number) หรือ ดัชนีซีเทน (Calculated Cetane Index)		ไม่ต่ำกว่า	47	47	45	ASTM D 613 ASTM D 976
3	ความหนืด (Viscosity,	เซนติสโตกส์ cSt)					ASTM D 445
	3.1 ณ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (at 40 °C)		ไม่ต่ำกว่า และ ไม่สูงกว่า	1.8 4.1	1.8 4.1	- 8.0	
	หรือ						
	3.2 ณ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (at 50 °C)		ไม่สูงกว่า	-	-	6.0	
4	จุดไหลเท (Pour Point,	องศาเซลเซียส °C)	ไม่สูงกว่า	10	10	16	ASTM D 97
5	กำมะถัน (Sulphur,	ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.035	0.035	1.5	ASTM D 4294
6	การกัดกร่อนแผ่นทองแดง (Copper Strip Corrosion)		ไม่สูงกว่า	หมายเลข 1	หมายเลข 1	-	ASTM D 130
7	เสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation Stability,	กรัม/ลูกบาศก์เมตร g/m³)	ไม่สูงกว่า	-	25	-	ASTM D 2274
8	กากถ่าน (Carbon Residue,	ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.05	0.05	-	ASTM D 189
9	น้ำและตะกอน (Water and Sediment,	ร้อยละโดยปริมาตร %vol.)	ไม่สูงกว่า	0.05	0.05	0.3	ASTM D 2709
10	เถ้า (Ash,	ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.01	0.01	0.02	ASTM D 482
11	จุดวาบไฟ (Flash Point,	องศาเซลเซียส °C)	ไม่ต่ำกว่า	52	52	52	ASTM D 93

(ต่อ -2-)

รายการ	ข้อกำหนด		อัตราสูง-ต่ำ	น้ำมันดีเซล			วิธีทดสอบ[1/]
				หมุนเร็ว		หมุนช้า	
				ธรรมดา	บี5		
12	การกลั่น (Distillation , อุณหภูมิของส่วนที่กลั่นได้โดยปริมาตรในอัตราร้อยละเก้าสิบ (90% recovered)	องศาเซลเซียส (°C)	ไม่สูงกว่า	357	357	-	ASTM D 86
13	สี (Colour)						(1) เปรียบเทียบสีและปริมาณเนื้อสีกับน้ำมันมาตรฐานที่เตรียมขึ้นใหม่ โดยใช้สีละลายในน้ำมันก่อนการย้อมสีให้มีปริมาณเท่ากับที่กำหนด แล้วนำมาบรรจุแยกกันในภาชนะที่ใช้ในการวัดสีตามวิธีทดสอบ ASTM D 1500 แล้วตรวจพินิจด้วยสายตา หรือ (2) ASTM D 2392
	12.1 ชนิดของสี (Hue)				น้ำเงิน[2/]		
	12.2 เนื้อสี (Dye ,	มิลลิกรัม/ลิตร (mg/l)	ไม่ต่ำกว่า		7.0		
	12.3 ความเข้มของสี (Intensity)		ไม่ต่ำกว่า และ ไม่สูงกว่า	- 4.0		4.5 7.5	ASTM D 1500
14	ไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน (Methyl Ester of Fatty Acid,	ร้อยละโดยปริมาตร (% vol.)	ไม่ต่ำกว่า และ ไม่สูงกว่า		4 5		EN 14078
15	คุณสมบัติการหล่อลื่น (Lubricity,	ไมโครเมตร (μm)	ไม่สูงกว่า	460	460	-	CEC F-06-A-96
16	สารเติมแต่ง (ถ้ามี) (Additive)		ให้เป็นไปตามที่ได้รับความเห็นชอบจากอธิบดีกรมธุรกิจพลังงาน				

หมายเหตุ 1/ วิธีทดสอบอาจใช้วิธีอื่นที่เทียบเท่าก็ได้ แต่ในกรณีที่มีข้อโต้แย้งให้ใช้วิธีที่กำหนดในรายละเอียดแนบท้ายนี้

2/ ใช้สารประกอบประเภท 1,4 dialkylamino anthraquinone และใช้วิธีทดสอบตาม (1) และ(2)

EUROPEAN UNION

EC 2000 and EC 2005 ("Euro 3" and "Euro 4")
Directive 70/220/EEC, as amended by Directive 2003/76/EC

⇒ Exhaust and evaporative emissions testing revisions for passenger cars and light duty trucks
⇒ Quality of market gasoline and diesel fuels (Directive 98/70/EC, as amended by 2003/17/EC)

PASSENGER CARS (≤ 2.5 t GVW)

TEST	EMISSIONS	UNIT	EC 2000 / Euro 3 TA: FR 1/2000 - 1/2001		EC 2005 / Euro 4 TA: FR 1/2005 - 1/2006	
			Gasoline, LPG, NG	Diesel [1]	Gasoline, LPG, NG	Diesel
Rev.	HC		0.20	-	0.10	-
Urban	NOx		0.15	0.50	0.08	0.25
+	HC+NOx	g/km	-	0.56	-	0.30
EUDC	CO		2.3	0.64	1.0	0.50
	PM		-	0.05	-	0.025

Assigned multiplicative deterioration factors for 80.000 km limits:
Gasoline: CO, HC, NOx:1.2
Diesel: CO: 1.1, NOx,HC+NOx: 1.0, PM: 1.2

[1] Until 12/2002, diesel cars with GVW > 2 t, and
a) > 6 seats or
b) off-road vehicles shall be considered as N1 vehicles.

EUROPEAN UNION

EC 2000 and EC 2005 ("Euro 3" and "Euro 4")
LARGE PASSENGER CARS (> 2.5 t GVW) AND LIGHT DUTY TRUCKS (≤ 3.5t GVW)

TEST	EMISSIONS	UNIT	Class I ≤ 1305 kg [1]				Class II > 1305 kg ≤ 1760 kg [1]				Class III > 1760 kg ≤ 3500 kg [1]			
			EC 2000 / Euro 3 TA: 01/00 (Cl. I) 01/01 (Cl. II, III) FR: 01/01 (I) 01/02 (II, III)		EC 2005 / Euro 4 TA: 01/05 (Cl. I) 01/06 (Cl. II, III) FR: 01/06 (I) 01/07 (II, III)		EC 2000 / Euro 3 TA: 01/00 (Cl. I) 01/01 (Cl. II, III) FR: 01/01 (I) 01/02 (II, III)		EC 2005 / Euro 4 TA: 01/05 (Cl. I) 01/06 (Cl. II, III) FR: 01/06 (I) 01/07 (II, III)		EC 2000 / Euro 3 TA: 01/00 (Cl. I) 01/01 (Cl. II, III) FR: 01/01 (I) 01/02 (II, III)		EC 2005 / Euro 4 TA: 01/05 (Cl. I) 01/06 (Cl. II, III) FR: 01/06 (I) 01/07 (II, III)	
			Gasoline only	Diesel only	Gasoline only	Diesel only	Gasoline only	Diesel only	Gasoline only	Diesel only	Gasoline only	Diesel only	Gasoline only	Diesel only
Rev.	HC		0.20	-	0.10	-	0.25	-	0.13	-	0.29	-	0.16	-
Urban	NOx		0.15	0.50	0.08	0.25	0.18	0.65	0.10	0.33	0.21	0.78	0.11	0.39
+	HC+NOx	g/km	-	0.56	-	0.30	-	0.72	-	0.39	-	0.86	-	0.46
EUDC	CO		2.3	0.64	1.0	0.50	4.17	0.80	1.81	0.63	5.22	0.95	2.27	0.74
	PM		-	0.05	-	0.025	-	0.07	-	0.04	-	0.10	-	0.06

[1] Reference weight in running order plus 25 kg

ภาคผนวก ข.

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

prince of songkla university
ME-NETT 19 th
The 19th Conference of Mechanical Engineering Network of Thailand
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
"การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกล
แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 19
ณ โรงแรม เดอะ รอยัล พาราไดส์ ภูเก็ต"
สาขาวิชา
- Energy Technology and Management
- Thermal Systems and Fluid Mechanics
- Applied Mechanics, Materials and Manufacturing
- Dynamic Systems, Robotics and Control
- Aerospace and Marine Engineering
- Computational and Simulation Techniques
THE ROYAL PARADISE HOTEL
E-mail: me-nett@me.psu.ac.th เว็บไซต์ : www.me.psu.ac.th

TFM058

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 19

19-21 ตุลาคม 2548 จังหวัดภูเก็ต

การใช้น้ำมันเมล็ดยางพาราในเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก

วิโรจน์ จันลุด จันดา เจริญพรพาณิชย์

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขที่ 3 ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

Tel: 0-2326-4197 Fax: 0-2326-4198 E-mail: kchchind@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอ การนำเอาน้ำมันจากเมล็ดยางพาราในประเทศไทยมาประยุกต์ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลเล็ก เนื่องจากน้ำมันจากเมล็ดยางพารามีความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซลมาก จึงจำเป็นต้องปรับปรุงคุณภาพน้ำมันให้ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล ดังนั้นในบทความนี้นำเสนอการปรับปรุงน้ำมันเมล็ดยางพาราให้เหมาะสม โดยผสมน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 20:80 และ 40:60 เพื่อใช้แทนน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลเล็ก ซึ่งผลจากการทดสอบ น้ำมันจากเมล็ดยางพาราผสมดีเซลมีอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงมากกว่าดีเซล 100% แต่อุณหภูมิและความเข้มของไอเสียน้อยกว่าส่วนประสิทธิภาพเชิงความร้อนใกล้เคียงกับเชื้อเพลิงดีเซล

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 19
19-21 ตุลาคม 2548 จังหวัดภูเก็ต

การใช้น้ำมันเมล็ดยางพาราในเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก

The Use of Rubber Seed Oil for Small Diesel Engine

วิโรจน์ จันสุด , จินดา เจริญพรพาณิชย์
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เลขที่ 3 ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
Tel: 0-2326-4197 Fax: 0-2326-4198 E-mail: kchchind@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอ การนำเอาน้ำมันจากเมล็ดยางพาราในประเทศไทยมาประยุกต์ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลเล็ก เนื่องจากน้ำมันจากเมล็ดยางพารามีความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซลมาก จึงจำเป็นต้องปรับปรุงคุณภาพน้ำมันให้ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล ดังนั้นในบทความนี้นำเสนอการปรับปรุงน้ำมันเมล็ดยางพาราให้เหมาะสม โดยผสมน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 20:80 และ 40:60 เพื่อใช้แทนน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลเล็ก ซึ่งผลจากการทดสอบ น้ำมันจากเมล็ดยางพาราผสมดีเซลมีอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงมากกว่าดีเซล 100% แต่อุณหภูมิและความเข้มของไอเสียน้อยกว่าส่วนประสิทธิภาพเชิงความร้อนใกล้เคียงกับเชื้อเพลิงดีเซล

คำหลัก : น้ำมันจากเมล็ดยางพารา, เครื่องยนต์ดีเซลเล็ก

Abstract

This paper presents the use of rubber seed oil in Thailand as an alternative fuel for a small diesel engine. To use the rubber seed oil as fuel its properties such as viscosity need to be improved. This paper proposes an improvement of rubber seed oil by blending with diesel at the ratio of 20:80 and 40:60 by volume. As the results, the blended rubber seed oil provides higher brake specific fuel consumption but lower smoke density. The brake thermal efficiency of the blended rubber seed oil is close to the diesel.

Keywords: rubber seed oil, small diesel engine

1 บทนำ

ในภาวะปัจจุบัน ความต้องการทางด้านพลังงาน มีแนวโน้มสูงมากขึ้น น้ำมันดีเซลก็เป็นตัวอย่างหนึ่งที่ต้องการเชื้อเพลิงจากแหล่งอื่นมาทดแทน อันเนื่องมา จากแหล่งน้ำมันปิโตรเลียมเหลือน้อยลงทุกวัน หลายคนพยายามศึกษาค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับน้ำมันพืชต่างๆ หลายชนิด เพื่อนำมาทดแทนน้ำมันดีเซล เช่นน้ำมันจาก ปาล์ม มะพร้าว ถั่ว เมล็ดทานตะวัน และอื่นๆอีกหลายชนิด ซึ่งน้ำมันจากพืชดังกล่าว ยังสามารถใช้ประโยชน์ได้อีกมากมาย เช่นบริโภคหรืออุตสาหกรรมแปรรูปอื่นๆ[1]

จากปัญหาสภาวะแวดล้อมอุณหภูมิของโลกที่ร้อนขึ้นและนานาประเทศก็มุ่งประเด็นไปสู่การ ลดปัญหาก๊าซเรือนกระจก เช่นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้ ซึ่งพืชใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง ดังนั้นถ้าเราใช้น้ำมันจากเมล็ดยางพาราเป็นเชื้อเพลิงก็จะทำให้เกิดความสมดุลทางธรรมชาติ [2]

การใช้น้ำมันพืชเป็นเชื้อเพลิงในประเทศไทยมีจำกัด จนกระทั่งเกิดวิกฤตการณ์น้ำมันขึ้นอีกครั้งเมื่อต้นปี พ.ศ. 2544 จึงทำให้ประเทศไทยมีความตื่นตัว ในเรื่องของการ หาแหล่งพลังงานทดแทนน้ำมันกันอย่างมากเช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานชีวมวล ไบโอแก๊ส และไบโอดีเซล ในการนำน้ำมันพืชหรือไขสัตว์มาใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิง ในเครื่องยนต์ดีเซลสามารถทำได้ 4 วิธี คือ [3]

(1) Blending เป็นการนำน้ำมันพืชมาผสมกับน้ำมันดีเซลโดยตรงในอัตราส่วนโดยมวลต่างๆ เพื่อทำให้ความหนืดของน้ำมันพืชลดลง สามารถผสมน้ำมันพืชได้ตั้งแต่ 10 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไปตามความเหมาะสมของน้ำมันพืชที่ใช้ แต่ถ้าผสมมากเกินไปจะมีข้อเสียคือ การกลายเป็นไอต่ำ เกิดโค้กพอกบนหัวฉีดของเครื่องยนต์

(2) Microemulsions การทำไมโครอิมัลชัน เป็นการกระจายของอนุภาคของเหลวที่แขวนลอยในตัวกลางของเหลวอีกชนิดหนึ่งอย่างสมดุล ด้วยการผสมน้ำมันพืชกับแอลกอฮอล์ที่มีสายโซ่สั้น เช่น เมทานอล หรือ เอทานอล ซึ่งของเหลวทั้งสองชนิดไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน แต่จะกระจายตัวอยู่ได้ด้วยสารลดแรงตึงผิว วิธีนี้สามารถปรับปรุงลักษณะที่เป็นละอองฝอยจากหัวฉีด เนื่องจากตัวทำละลายมีจุดเดือดต่ำเมื่อเทียบกับน้ำมันพืช

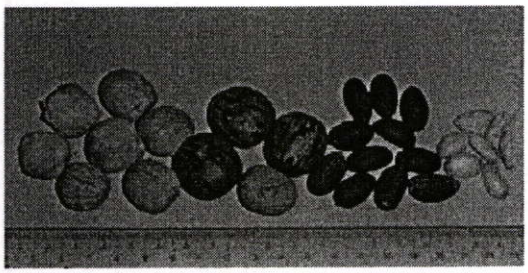
(3) Pyrolysis เป็นการเปลี่ยนสารหนึ่งไปเป็นสารอื่นๆ มากกว่าหนึ่งสาร โดยให้ความร้อนเพียงอย่างเดียว หรือมีตัวเร่งปฏิกิริยาช่วย เพื่อทำให้น้ำมันที่มีโมเลกุลใหญ่แตกเป็นโมเลกุลที่เล็กลง โดยมี heterogeneous catalyst (ซีโอไลต์ , Na_2CO_3) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

(4) Transesterification เป็นกระบวนการเปลี่ยนไตรกลีเซอไรด์ของน้ำมันหรือไขมันพืชให้เป็นสารประกอบเอสเทอร์ โดยการทำปฏิกิริยากับ แอลกอฮอล์ ในภาวะที่ใช้หรือไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งตัวเร่งปฏิกิริยาสามารถใช้ได้ทั้งเบสกรด และเอนไซม์

น้ำมันจากเมล็ดยางพาราเป็นผลพลอยได้จากการปลูกต้นยางพารา เพื่อต้องการใช้น้ำยางจากลำต้นใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ มากมาย ส่วนเมล็ดยางพารายังไม่ได้ใช้ประโยชน์อย่างอื่นมากนัก นอกจากใช้เพื่อการขยายพันธุ์ อุตสาหกรรมทำสี ทำปุ๋ย ซึ่งเมื่อเทียบกับจำนวนของสวนยางพาราในประเทศไทยแล้ว ยังมีเมล็ดยางพาราอีกมากมายที่ยังไม่ได้ใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่า

การนำเอาน้ำมันจากเมล็ดยางพารามาใช้แทนน้ำมันดีเซล จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถบรรเทาปัญหาการขาดแคลนน้ำมันของประเทศได้ ซึ่งในประเทศอินเดียได้มีการค้นคว้าวิจัยเพื่อที่จะนำเอาน้ำมันจากเมล็ดยางพารา มาใช้กับเครื่องยนต์บ้างแล้ว[4] สำหรับประเทศไทยยังไม่ค่อยมีคนสนใจมากนัก งานวิจัยนี้ถือว่าเป็นการนำเสนอเบื้องต้นเพื่อที่จะนำเอาน้ำมันจากเมล็ดยางพาราในประเทศไทย มาประยุกต์ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล แต่เนื่องจากคุณสมบัติต่างๆ ของน้ำมัน จากเมล็ดยางพารายังคงคล้ายกับน้ำมันพืชอื่นๆ คือ ความหนืดสูง และระเหยตัวต่ำ ทำให้การจุดระเบิดได้ยาก ดังนั้นการที่จะนำเอาน้ำมันจากเมล็ดยางพารามาใช้ จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงคุณภาพก่อน ปัญหาเหล่านี้สามารถแก้ไขได้ โดยนำน้ำมันพืชมาสังเคราะห์เป็นเมทิลหรือเอทิลเอสเทอร์ เรียกสารที่ได้ว่า ไบโอดีเซล เชื้อเพลิงชนิดนี้มีความหนืดและสมบัติทางเชื้อเพลิงใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล แต่ยังมีขั้นตอนที่ยุ่งยากและค่าใช้จ่ายสูง งานวิจัยนี้ จึงนำเสนอการใช้น้ำมันจากเมล็ดยางพาราผสมกับน้ำมันดีเซล โดยนำเอาเมล็ดยางพาราจากพื้นที่จังหวัดพัทลุงมาผลิตเป็นน้ำมันสำหรับทดสอบ

ประมาณปี พ.ศ.2442 พระยารัษฎานุประดิษฐ์ ซึ่งขณะนั้นดำรงตำแหน่งเจ้าเมืองตรัง ได้นำยางพาราจากมาเลเซียเข้ามาปลูกที่อำเภอกันตัง จังหวัดตรังเป็นแห่งแรก และต้นยางพาราดังกล่าวปัจจุบันก็ยังอยู่ นับจากเริ่มปลูกครั้งแรกถึง พ.ศ.2542 ต้นยางพาราไทย อายุครบ 100 ปีเต็ม



รูปที่1 แสดงขนาดเมล็ดยางพาราเทียบกับเมล็ดสบู่ดำ

ปัจจุบันประเทศไทย ผลิตยางพาราธรรมชาติได้มากที่สุดในโลก เนื้อที่ปลูกประมาณ 12.3 ล้านไร่ มีผลผลิตยางส่งออกปีละประมาณ 2.4 ล้านตัน มูลค่า 100,000 ล้านบาทต่อปี

ผลยางพารามีลักษณะเป็นพู 3 พู มีเมล็ดอยู่ภายใน ผลอ่อนสีเขียว ผลแก่มีสีน้ำตาล เมล็ดยางพารามีสีน้ำตาลลายขาวคล้ายสีของเมล็ดละหุ่ง ยาวประมาณ 2 - 2.5 เซนติเมตร กว้างประมาณ 1.5 - 2.5 เซนติเมตร หนักประมาณ 3 - 6 กรัม เมล็ดยางจะรักษาความงอกไว้ได้ประมาณ 20 วัน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

(1) เพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้น้ำมันที่ได้จาก เมล็ดยางพารามาใช้ กับ เครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กได้อย่างเหมาะสม

(2) เพื่อศึกษาผลกระทบต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันจากเมล็ดยางพารา เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล

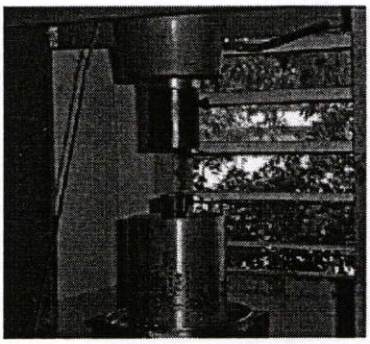
(3) เพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับพลังงานทดแทน ของน้ำมันดีเซล กับสภาวะน้ำมันแพง

2 ขั้นตอนและอุปกรณ์การทดลอง

2.1 การผลิตน้ำมันจากเมล็ดยางพารา

(1) ใช้วิธีบดให้ละเอียดทั้งเมล็ด แล้วสกัดด้วยตัวทำละลาย ปิโตรเลียม อีเทอร์

(2) การสกัดด้วยวิธีแบบชาวบ้าน คือนำเมล็ดล้างให้สะอาดตากแดดหรือผึ่งลมให้แห้ง บดให้ละเอียดนึ่งด้วยไอน้ำ 30 นาที แล้วผึ่งลมให้เย็น นำเข้าเครื่องอัดที่อัดด้วยแม่แรงขนาด 10-15 ตัน ได้น้ำมันประมาณ 25% โดยน้ำหนัก



รูปที่2 แสดงกระบอกอัดและวิธีการอัดน้ำมันจากเมล็ดยางพารา

2.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำมัน

หลังจากอัดน้ำมันเรียบร้อยแล้ว นำน้ำมันที่ได้ไปตุ๋นที่อุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส เพื่อไล่ความชื้นจากน้ำมันและนำไปตรวจวัดคุณสมบัติต่าง ๆ ของน้ำมันได้

ตารางที่1 ชนิดและปริมาณกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันเมล็ดยางพารา ตัวอย่าง [4]

Fatty acid Composition	India	Thai
C16:0 palmitic acid	10.2	10.7
C18:0 stearic acid	8.7	8.67
Saturated	**18.9**	**19.84**
C18:1 oleic acid	24.6	25.23
C18:2 linoleic acid	39.6	40.36
C18:3 linolenic acid	16.3	15.56
Unsaturated	**80.5**	**81.15**
Others	0.6	0.88

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าค่ากรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวของน้ำมันจากเมล็ดยางพารามีค่าสูงมาก ประมาณ 80% แสดงว่า น้ำมันจะไม่เป็นไขได้ง่ายเมื่ออุณหภูมิต่ำ ดังนั้น เราจึงสามารถเก็บน้ำมันไว้ได้ในสภาวะปกติโดยไม่เป็นไขและผสมใน อัตราส่วนผสมสูง ๆได้

ตารางที่ 2 สมบัติของน้ำมันเมล็ดยางพาราเทียบกับน้ำมันดีเซล

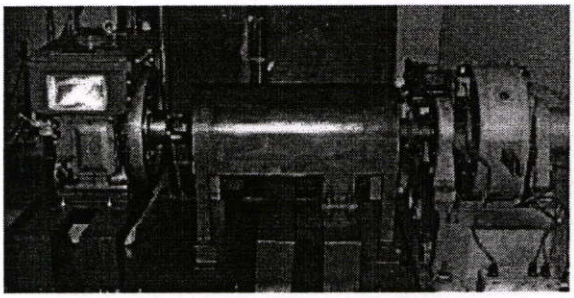
สมบัติ	น้ำมันดีเซลหมุนช้า	น้ำมันเมล็ดยางพารา
ค่าความร้อน (เมกะจูล/กิโลกรัม)	46.0	38.85
ค่าความหนืด (มิลลิเมตร^2/วินาที)	3.4	27.05
ค่าจุดวาบไฟ (องศาเซลเซียส) Flash Point	50	230
ค่าจุดติดไฟ (องศาเซลเซียส) Fire point		250
ค่ากรด (มิลลิกรัมของ KOH/กรัมของน้ำมัน)	-	60.21
ความถ่วงจำเพาะ	0.835	0.924

2.3 เครื่องยนต์ที่นำมาทดสอบ

ตารางที่ 3 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องยนต์ทดสอบ

ชนิด	ดีเซล 4 จังหวะ ระบายความร้อนด้วยน้ำ
ระบบเผาไหม้	มีห้องเผาไหม้ช่วย
จำนวนกระบอกสูบ	1 กระบอกสูบ
ความโตกระบอกสูบ x ช่วงชัก	85x87 มม.
ความจุ	0.493 ลิตร
กำลังม้าต่อเนื่อง	7.50/2200แรงม้า/รอบต่อนาที
กำลังม้าสูงสุด	8.50/2200แรงม้า/รอบต่อนาที
แรงบิดสูงสุด	3.10/1600กิโลกรัมเมตร/รอบต่อนาที
อัตราส่วนการอัด	22.4
ระยะเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง	13 องศาก่อนตูนย์ตายบน

เครื่องยนต์ที่นำมาทดสอบ ถูกนำมาจากโรงงานผู้ผลิตโดยตรงและไม่มีการปรับแต่งใดๆทั้งสิ้น โดยนำมาติดตั้งกับชุดทดสอบและทำการทดสอบกับน้ำมัน ดีเซล 100% จากนั้นนำน้ำมันเมล็ดยางพาราผสมน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 20:80 และ 40:60 มาทดสอบเพื่อเปรียบเทียบ อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ความเร็วรอบและภาระ โหลดเท่ากัน โดยใช้ไดนาโมมิเตอร์ แบบ กระแสไหลวน



รูปที่3 แสดงลักษณะเครื่องยนต์และอุปกรณ์ทดสอบ

2.4 ขั้นตอนการทดสอบ

ในการทดสอบทำการทดสอบ โดยกำหนดให้ความเร็วรอบของเครื่องยนต์คงที่ 1600 rpm. เนื่องจากเป็นจุดที่ให้แรงบิดสูงสุดของเครื่องยนต์รุ่นนี้ และเพิ่มภาระโหลดตั้งแต่ 0-100% โดยมีขั้นตอนดังนี้

(1) ก่อนทดสอบต้องทำความสะอาด บริเวณหัวลูก ฝาสูบให้เรียบร้อย และ ตั้งระยะห่างวาล์ว พร้อมทั้งบันทึกภาพไว้ จากนั้นนำน้ำมันจากถังต่อเข้ากับเครื่องยนต์ โดยแบ่งแหล่งจ่ายออกเป็นสองแหล่ง คือส่วนที่อยู่บนตาชั่งและถังสำหรับจ่ายปกติ โดยมีโซลินอยด์ วาล์วเป็นตัวสวิทช์ เลือกว่าจะใช้น้ำมันจากส่วนไหนและไหม่เมอร์ ตัดต่อตามที่ควบคุม และไล่ลมในระบบให้หมดโดยไม่ให้มีฟองอากาศเหลืออยู่เลย

(2) ต่อชุดเทอร์โมคับเปิ้ลสำหรับวัดอุณหภูมิไอเสีย และอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น ตรวจสอบ น้ำหล่อเย็นและระดับน้ำมันหล่อลื่น และติดเครื่องยนต์ฮุนเครื่องยนต์อย่างน้อย 15 นาที ปรับความเร็วรอบให้ความเร็วรอบของเครื่องยนต์คงที่ 1600 rpm. หลังจากเครื่องยนต์นิ่งแล้ว จึงทำการเก็บข้อมูลของอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ความเข้มของไอเสีย อุณหภูมิไอเสีย และอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น

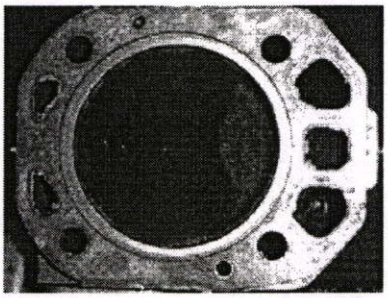
(3) ปรับเพิ่มภาระโหลดของเครื่องยนต์โดยวัดแรงบิดเป็น 0.6 Kg-m,1.2 Kg-m ,1.8 Kg-m,2.4 และแรงบิดสูงสุด โดยรักษาความเร็วรอบให้คงที่1600 rpm. พร้อมกับเก็บข้อมูล ต่างๆตาม ข้อ (2)

(4) หลังจากทดสอบค่าทุกอย่างเรียบร้อยแล้วถอดฝาสูบออกมาเพื่อตรวจสอบคราบเขม่าบริเวณฝาสูบและหัวลูกสูบ หลังจาก ทำความสะอาดบริเวณหัวลูกสูบ ฝาสูบเรียบร้อยแล้วทำการเปลี่ยนเชื้อเพลิงเป็นน้ำมันเมล็ดยางพาราผสมน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 20:80 และ 40:60 มาทดสอบเพื่อเปรียบเทียบ ตามขั้นตอน เช่นเดียวกัน

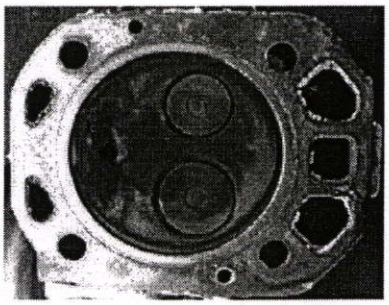
3. ผลการทดลอง

(1) จากการเปรียบเทียบคราบเขม่าบริเวณหัวลูกสูบ และ ฝาสูบ คราบเขม่าจากการเผาไหม้น้ำมันเมล็ดยางพาราผสมน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 20:80 และ 40:60 มีลักษณะเป็นสีน้ำตาลเข้ม และน้อยกว่าน้ำมันดีเซล 100% ดัง รูปที่ 4 และ รูปที่ 5

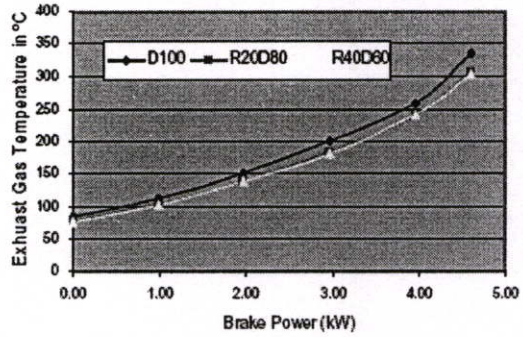
(2) จากผลการทดสอบเครื่องยนต์จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิไอเสียจากการใช้น้ำมันจากเมล็ดยางพาราผสม มีอุณหภูมิไอเสีย ต่ำกว่าการใช้น้ำมันดีเซล ดังรูปที่ 6 ซึ่งเป็นผลมาจากความหนืดที่สูงกว่าทำให้องศาการฉีดเร็วขึ้นกับค่าความร้อนของน้ำมันพืชน้อยกว่าน้ำมันดีเซลและน้ำมันจากเมล็ดยางพารา มีออกซิเจนผสมอยู่การเผาไหม้ของน้ำมันน้ำมันจากเมล็ดยางพาราจึงเร็วกว่าน้ำมันดีเซล อุณหภูมิไอเสียต่ำ



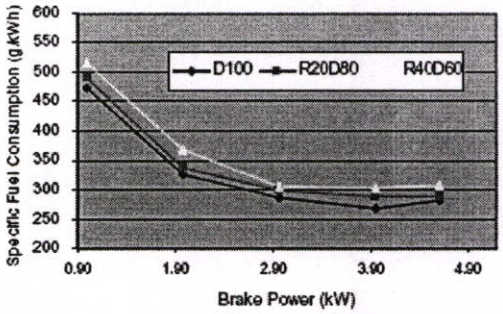
รูปที่4 แสดงลักษณะคราบเขม่าการเผาไหม้ของ ดีเซล 100%



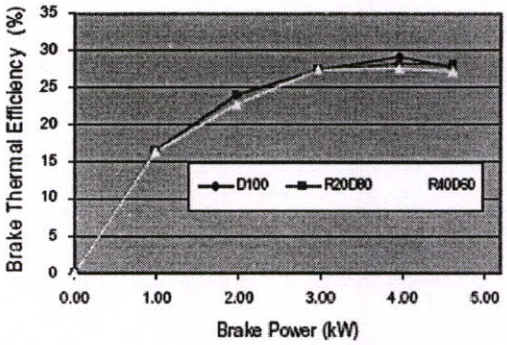
รูปที่5 แสดงลักษณะเขม่าการเผาไหม้ของน้ำมันยางพาราผสม



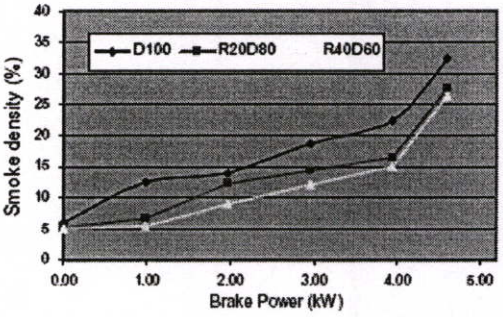
รูปที่6 แสดงอุณหภูมิไอเสียที่สภาวะโหลดต่างของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด



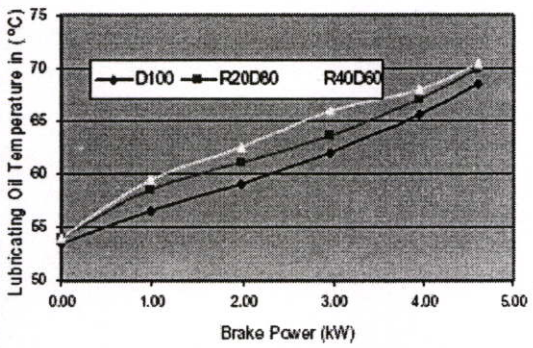
รูปที่7 แสดงอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของแต่ละชนิดที่สภาวะโหลดต่าง



รูปที่ 8 แสดงประสิทธิภาพเชิงความร้อน ที่สภาวะโหลดต่าง



รูปที่ 9 แสดงความเข้มของไอเสีย ที่สภาวะโหลดต่าง



รูปที่ 10 แสดงอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่น ที่สภาวะโหลดต่าง

3) อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง จะเห็นได้ว่าน้ำมันจากเมล็ดยางพาราผสมน้ำมันดีเซลที่ 40% จะสิ้นเปลืองมากกว่าผสม 20% และดีเซล 100% ตามลำดับ เป็นผลมาจากน้ำมันเมล็ดยางพารามีค่าความร้อนของเชื้อเพลิงน้อยกว่าน้ำมันดีเซล ดังแสดงตามกราฟ รูปที่ 7

(4) จากกราฟประสิทธิภาพเชิงความร้อน ของเชื้อเพลิงที่ทำการทดสอบทั้งหมดใกล้เคียงกันมาก ดังแสดงในกราฟ รูปที่ 8. ถึงแม้ว่าน้ำมันจากเมล็ดยางพาราผสมน้ำมันดีเซล สิ้นเปลืองมากกว่าก็ตามแต่ค่าความร้อนต่ำกว่าน้ำมันดีเซล และความร้อนจากน้ำมันดีเซลสูญเสียไปกับไอเสียมากกว่า

(5) ค่าความเข้ม ของไอเสีย จากการเผาไหม้ ของน้ำมันจากเมล็ดยางพารา ผสมน้ำมันดีเซลดีเซลที่ 40% จะน้อยว่าผสม 20% และดีเซล 100% ตามลำดับ ดังแสดงในกราฟ รูปที่ 9. เนื่องจากน้ำมันจากเมล็ดยางพารามีความหนืดน้อยกว่าน้ำมันพืชอื่นๆ เพราะมีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวอยู่สูงถึงแม้ว่าผสมในอัตราส่วนที่สูง ก็ยังสามารถเผาไหม้ได้สมบูรณ์ประกอบกับมีออกซิเจนในตัวอยู่แล้วค่าความเข้มของไอเสียจึงน้อยกว่าการเผาไหม้ ของน้ำมันดีเซล

(6) ค่าอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่นของการเดินเครื่องด้วยน้ำมันจากเมล็ดยางพารา ผสมน้ำมันดีเซลดีเซลที่ 40% จะสูงกว่าผสม 20% และดีเซล100% ตามลำดับ ดังแสดงในกราฟ รูปที่10 เนื่องจากการเผาไหม้เร็วกว่าทำให้แรงดันสูงอย่างรวดเร็วและอุณหภูมิที่สูงในช่วงแรกจึงถ่ายเทสู่น้ำมันหล่อลื่นได้มากกว่า

4.สรุปผลการทดลอง

(1) การประยุกต์ใช้น้ำมันจากเมล็ดยางพาราเพื่อใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กสามารถใช้ได้โดยการผสมกับน้ำมันดีเซล เพื่อปรับค่าความหนืดของน้ำมันโดยไม่ต้องปรับแต่งเครื่องยนต์ โดยประสิทธิภาพใกล้เคียงกับการใช้น้ำมันดีเซลมาก

(2) ค่าอัตราสิ้นเปลืองของน้ำมันจากเมล็ดยางพารา ผสมน้ำมันดีเซล เมื่อใช้เดินเครื่องยนต์ ถึงจะมีค่ามากกว่าน้ำมันดีเซล 100%แต่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้เมื่อเทียบกับค่าความร้อนของของน้ำมันจากเมล็ดยางพารา

(3) ด้านมลภาวะจากการเผาไหม้ ของน้ำมันจากเมล็ดยางพาราผสมน้ำมันดีเซลดีเซล จะมีค่าความเข้มของไอเสียน้อยกว่าน้ำมันดีเซลและการใช้น้ำมันพืชมาใช้กับเครื่องยนต์จะช่วยสร้างสมดุลทางธรรมชาติอยู่แล้วดังนั้นการใช้น้ำมันจากเมล็ดยางพารา มาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลจึงเป็นการช่วยมลภาวะอีกวิธีหนึ่ง

(4) ในการทดสอบเครื่องยนต์ครั้งนี้ เป็นการทดลองในระยะสั้นค่าประสิทธิภาพ และสมรรถนะต่างยังใกล้เคียงกับการใช้น้ำมันดีเซลมาก แต่ถึงยังไร สเปรย์การฉีดของน้ำมันพืชผสมดีเซลเทียบเท่ากับสเปรย์ของน้ำมันดีเซล 100%ไม่ได้ อย่างไรก็ตามการใช้งานในระยะยาวต้องคอยดูแลหัวฉีด และห้องเผาไหม้เป็นพิเศษ เพราะถึงแม้ว่าในน้ำมันพืชมีออกซิเจนอยู่ก็ตามถ้าหาก สเปรย์ของน้ำมัน ที่เป็นฝอยละอองที่ไม่ดีแล้ว จะทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ได้และเกิดเขม่าตามมา

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัทยันมาร์ เอส พี ประเทศไทย จำกัด ที่ให้การสนับสนุนทั้งเครื่องมือและเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบโดยใช้น้ำมันพืชผสม

เอกสารอ้างอิง

[1] ดำรง ศ์ สุนทรกิจประไพ " แบบจำลองเชิงคณิตศาตร์เพื่อผลิตน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันพืชภายใต้ เงื่อนไขสมบัติของน้ำมัน ราคา และ ฤดูการ" จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2546 ISBN 974-17-3622-6

[2] กฤษณ์ เรืองพยุงศักดิ์ "การใช้น้ำมันชีวภาพที่สกัดจากกากของเสียในเครื่องยนต์ดีเซล"สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2547 ISBN 974-15-1029-2

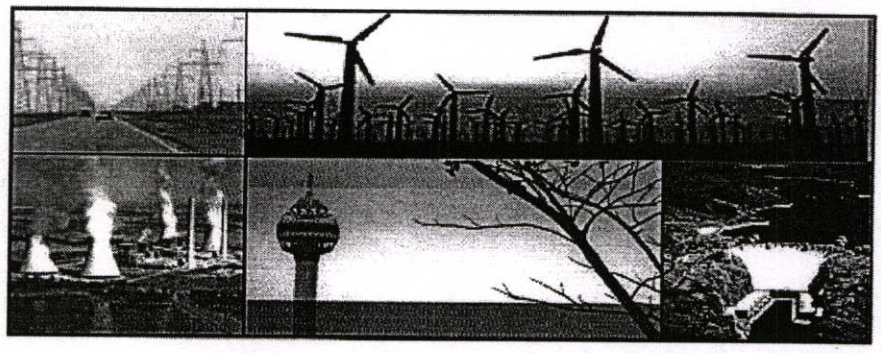
[3] คณิต วัฒนวิเชียร, "ผลกระทบต่อสมรรถนะและความทนทานจากการใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลต่อเนื่อง" จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย การประชุมวิชาการเรื่อง "พลังงานทดแทนสำหรับยานยนต์ในประเทศไทย" 20 กันยายน 2547 หน้า 11-21

[4] A.S. Ramadshas , S. Jayaraj, C. MuraLeedharan "Characterization and effect of using rubber seed oil as fuel in the compression ignition engines" National Institute of technology Calicut India Renewable Energy 30 (2005) 795–803

2nd E-NETT 2006

บทคัดย่อและบทสรุปของบทความวิจัย

การประชุมเชิงวิชาการ เครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 2



ณ อาคารสุรสัมมนาคาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา
ระหว่างวันที่ ๒๗ - ๒๙ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๔๙

20th MTEC

LEONICS®

สวทช NSTDA

ptt

สมรรถนะของเครื่องยนต์เล็กแบบฉีดตรงที่ใช้น้ำมันเมล็ดยางพาราดิบ

วิโรจน์ จันสุด . จินดา เจริญพรพาณิชย์

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอ การนำเอาน้ำมันจากเมล็ดยางพาราในประเทศไทยมาประยุกต์ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลเล็กแบบฉีดตรง เนื่องจากน้ำมันจากเมล็ดยางพารามีความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซลมาก จึงจำเป็นต้องปรับปรุงคุณภาพน้ำมันให้ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล ดังนั้นในบทความนี้นำเสนอการปรับปรุงน้ำมันเมล็ดยางพาราให้เหมาะสม โดยทดลองผสมน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 20, 40, 60, 80 และ 100% เพื่อใช้แทนน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลเล็ก ซึ่งผลจากการทดสอบ น้ำมันจากเมล็ดยางพาราผสมดีเซล มีอุณหภูมิไอเสียและอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงมากกว่าดีเซล100% แต่ความเข้มของไอเสียน้อยกว่าส่วนประสิทธิภาพเชิงความร้อนใกล้เคียงกับเชื้อเพลิงดีเซล

บทสรุป

(1) การประยุกต์ใช้น้ำมันจากเมล็ดยางพาราเพื่อใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กสามารถใช้ได้โดยการผสมกับน้ำมันดีเซล เพื่อปรับค่าความหนืดของน้ำมัน หรืออาจมีการปรับแต่งเครื่องยนต์ โดยการหุ้มฉนวนหัวลูกสูบ เพื่อทำให้ประสิทธิภาพดีขึ้น

(2) ค่าอัตราสิ้นเปลืองของน้ำมันจากเมล็ดยางพารา ผสมน้ำมันดีเซล เมื่อใช้เดินเครื่องยนต์ ถึงแม้จะมีค่ามากกว่าน้ำมันดีเซล 100% แต่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ เมื่อเทียบกับค่าความร้อนของน้ำมันจากเมล็ดยางพารา

(3) ด้านมลภาวะจากการเผาไหม้ ของน้ำมันจากเมล็ดยางพารา ผสมน้ำมันดีเซลดีเซล จะมีค่าความเข้มของไอเสียน้อยกว่าน้ำมันดีเซลและการนำน้ำมันพืชมาใช้กับเครื่องยนต์ ช่วยสร้างสมดุลทางธรรมชาติ ดังนั้น การนำน้ำมันจากเมล็ดยางพารามาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลจึงเป็นการช่วยลดมลภาวะอีกวิธีหนึ่ง

(4) ในการทดสอบเครื่องยนต์ครั้งนี้ เป็นการทดลองในระยะสั้นค่าประสิทธิภาพ และสมรรถนะต่างๆ ยังใกล้เคียงกับการใช้น้ำมันดีเซลมาก แต่อย่างไรก็ตาม สเปรย์การฉีดของน้ำมันพืชผสมดีเซลเทียบเท่ากับสเปรย์ของน้ำมันดีเซล 100%ไม่ได้ ดังนั้นการใช้งานในระยะยาวจึงควรหมั่นดูแลหัวฉีด และห้องเผาไหม้เป็นพิเศษ เพราะถึงแม้ว่าในน้ำมันพืชมีออกซิเจนอยู่ก็ตาม ถ้าหากสเปรย์ของน้ำมันเป็นฝอยละอองที่ไม่ดีแล้ว จะทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ได้ และส่งผลให้เกิดเขม่าตามมา

(5) การหุ้มฉนวนหัวลูกสูบ ทำให้อุณหภูมิไอเสียและอุณหภูมิห้องเผาไหม้สูง หากออกแบบไม่ดีอาจทำให้แผ่นสแตนเลสที่หุ้มเสียหายได้

การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 2
27-29 กรกฎาคม 2549 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

สมรรถนะของเครื่องยนต์เล็กแบบฉีดตรงที่ใช้น้ำมันเมล็ดยางพาราดิบ

Performance of a Small DI Engine Using Crude Rubber Seed Oil

วิโรจน์ จันสุด , จินดา เจริญพรพาณิชย์
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เลขที่ 3 ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
Tel: 0-2326-4197 Fax: 0-2326-4198 E-mail: kchchind@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอ การนำเอาน้ำมันจากเมล็ดยางพาราในประเทศไทยมาประยุกต์ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลเล็กแบบฉีดตรง เนื่องจากน้ำมันจากเมล็ดยางพารามีความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซลมาก จึงจำเป็นต้องปรับปรุงคุณภาพน้ำมันให้ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล ดังนั้นในบทความนี้นำเสนอการปรับปรุงน้ำมันเมล็ดยางพาราให้เหมาะสม โดยทดลองผสมน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 20, 40, 60, 80 และ 100% เพื่อใช้แทนน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลเล็ก ซึ่งผลจากการทดสอบ น้ำมันจากเมล็ดยางพาราผสมดีเซล มีอุณหภูมิไอเสียและอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงมากกว่าดีเซล100% แต่ความเข้มของไอเสียน้อยกว่าส่วนประสิทธิภาพเชิงความร้อนใกล้เคียงกับเชื้อเพลิงดีเซล

คำหลัก : น้ำมันจากเมล็ดยางพารา, เครื่องยนต์ดีเซลเล็กแบบฉีดตรง, น้ำมันพืช

Abstract

This paper presents the use of rubber seed oil in Thailand as an alternative fuel for a small diesel engine. To use the rubber seed oil as fuel its properties such as viscosity need to be improved. This paper proposes an improvement of rubber seed oil by blending with diesel at the ratio of 20, 40, 60, 80 and 40:60 by volume. As the results, the blended rubber seed oil provides higher brake specific fuel consumption but lower smoke density. The brake thermal efficiency of the blended rubber seed oil is close to the diesel.

Keywords: rubber seed oil, small DI diesel engine, vegetable oil

1 บทนำ

ในภาวะปัจจุบัน ความต้องการทางด้านพลังงาน มีแนวโน้มสูงมากขึ้น น้ำมันดีเซลก็เป็นตัวอย่างหนึ่งที่ต้องการเชื้อเพลิงจากแหล่งอื่นมาทดแทน อันเนื่องมาจาก แหล่งน้ำมันปิโตรเลียมเหลือน้อยลงทุกวัน หลายคนพยายามศึกษาค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับน้ำมันพืชต่างๆ หลายชนิด เพื่อนำมาทดแทนน้ำมันดีเซล เช่นน้ำมันจากปาล์ม มะพร้าว ถั่ว เมล็ดทานตะวัน และอื่นๆอีกหลายชนิด ซึ่งน้ำมันจากพืชดังกล่าว ยังสามารถใช้ประโยชน์ได้อีกมากมาย เช่นบริโภคหรืออุตสาหกรรมแปรรูปอื่นๆ[1]

จากปัญหาสภาวะแวดล้อม อุณหภูมิของโลกที่ร้อนขึ้นและ นานาประเทศก็มุ่งประเด็นไปสู่การลดปัญหาก๊าซเรือนกระจก เช่นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้ ซึ่งพืชใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง ดังนั้นถ้าเราใช้น้ำมันจากเมล็ดยางพาราซึ่งเป็นผลผลิตจากพืช มาเป็นเชื้อเพลิงก็จะทำให้เกิดความสมดุลทางธรรมชาติ [2]

ในการนำน้ำมันพืช หรือไขสัตว์มาใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิง ในเครื่องยนต์ดีเซลสามารถทำได้ 4 วิธี คือ [3]

(1) Blending เป็นการนำน้ำมันพืชมาผสมกับน้ำมันดีเซลโดยตรงในอัตราส่วนโดยมวลต่างๆ เพื่อทำให้ความหนืดของน้ำมันพืชลดลง สามารถผสมน้ำมันพืชได้ตั้งแต่ 10 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ตามความเหมาะสมของน้ำมันพืชที่ใช้ แต่ถ้าผสมมากเกินไปจะมีข้อเสียคือ การกลายเป็นไอต่ำ เกิดโค้กพอกบนหัวฉีดของเครื่องยนต์

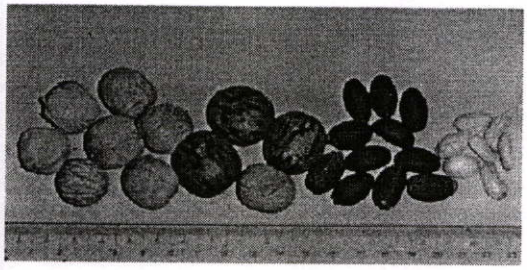
(2) Microemulsions การทำไมโครอิมัลชัน เป็นการกระจายของอนุภาคของเหลวที่แขวนลอยในตัวกลางของเหลวอีกชนิดหนึ่ง อย่างสมดุล ด้วยการผสมน้ำมันพืชกับแอลกอฮอล์ที่มีสายโซ่สั้น เช่น เมทานอล หรือ เอทานอล ซึ่งของเหลวทั้งสองชนิดไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน แต่จะกระจายตัวอยู่ได้ด้วยสารลดแรงตึงผิว วิธีนี้สามารถปรับปรุงลักษณะที่เป็นละอองฝอยจากหัวฉีด เนื่องจากตัวทำละลายมีจุดเดือดต่ำเมื่อเทียบกับน้ำมันพืช

(3) Pyrolysis เป็นการเปลี่ยนสารหนึ่งไปเป็นสารอื่นๆ มากกว่าหนึ่งสาร โดยให้ความร้อนเพียงอย่างเดียว หรือมีตัวเร่งปฏิกิริยาช่วย เพื่อทำให้น้ำมันที่มีโมเลกุลใหญ่แตกเป็นโมเลกุลที่เล็กลง โดยมี heterogeneous catalyst (ซีโอไลต์ , Na_2CO_3) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

(4) Transesterification เป็นกระบวนการเปลี่ยนไตรกลีเซอไรด์ของน้ำมันหรือไขมันพืชให้เป็นสารประกอบเอสเทอร์ โดยการทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ ในภาวะที่ใช้ หรือไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งตัวเร่งปฏิกิริยาสามารถใช้ได้ทั้งเบส กรด และเอนไซม์

น้ำมันจากเมล็ดยางพาราเป็นผลพลอยได้จากการปลูกต้นยางพารา เพื่อต้องการใช้น้ำยางจากลำต้นในอุตสาหกรรมต่าง ๆ มากมาย ส่วนเมล็ดยางพารายังไม่ได้ใช้ประโยชน์อย่างอื่นมากนัก นอกจากใช้เพื่อการขยายพันธุ์ อุตสาหกรรมทำสี ทำปุ๋ย ซึ่งเมื่อเทียบกับจำนวนของสวนยางพาราในประเทศไทยแล้ว ยังมีเมล็ดยางพาราอีกมากมายที่ยังไม่ได้ใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่า

การนำเอาน้ำมันจากเมล็ดยางพารามาใช้แทนน้ำมันดีเซล จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถบรรเทาปัญหาการขาดแคลนน้ำมันของประเทศได้ ซึ่งในประเทศอินเดียได้มีการค้นคว้าวิจัยเพื่อที่จะนำเอาน้ำมันจากเมล็ดยางพารา มาใช้กับเครื่องยนต์บ้างแล้ว[4] สำหรับประเทศไทยยังไม่ได้รับความสนใจมากนัก งานวิจัยนี้ถือว่าเป็นการนำเสนอเบื้องต้นเพื่อที่จะนำเอาน้ำมันจากเมล็ดยางพาราในประเทศไทย มาประยุกต์ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล



รูปที่1 แสดงขนาดเมล็ดยางพาราเทียบกับเมล็ดสบู่ดำ

ปัจจุบันประเทศไทย ผลิตยางพาราธรรมชาติได้มากที่สุดในโลก เนื้อที่ปลูกประมาณ 12.3 ล้านไร่ มีผลผลิตยางส่งออกปีละประมาณ 2.4 ล้านตัน มูลค่า 100,000 ล้านบาท/ปี

ผลยางพารามีลักษณะเป็นพู 3 พู มีเมล็ดอยู่ภายใน ผลอ่อนสีเขียว ผลแก่มีสีน้ำตาล เมล็ดยางพารามีสีน้ำตาลลายขาวดล้ายลีของเมล็ดละหุ่ง ยาวประมาณ 2 - 2.5 เซนติเมตร กว้างประมาณ 1.5 - 2.5 เซนติเมตร หนักประมาณ 3 - 6 กรัม เมล็ดยางจะรักษาความงอกไว้ได้ประมาณ 20 วัน

ในการทำการวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้น้ำมันที่ได้จากเมล็ดยางพารา กับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กได้อย่างเหมาะสม และศึกษาผลกระทบต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันจากเมล็ดยางพารา เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล

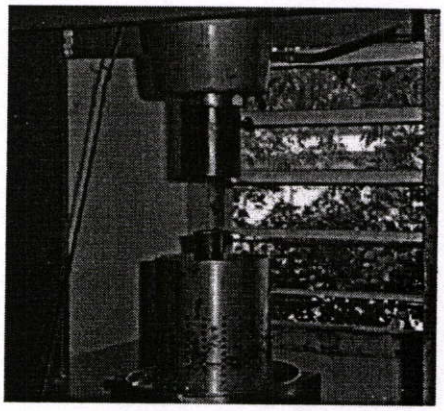
จากนั้นมีการปรับปรุงเครื่องยนต์ เพื่อประยุกต์ใช้กับน้ำมันที่ได้จากเมล็ดยางพารา และน้ำมันพืชอื่นๆ

2 ขั้นตอนและอุปกรณ์การทดลอง

2.1 การผลิตน้ำมันจากเมล็ดยางพารา

(1) ใช้วิธีบดให้ละเอียดทั้งเมล็ด แล้วสกัดด้วยตัวทำละลายปิโตรเลียม อีเทอร์

(2) การสกัดด้วยวิธีแบบชาวบ้าน คือนำเมล็ดล้างให้สะอาดตากแดดหรือผึ่งลมให้แห้ง บดให้ละเอียดนึ่งด้วยไอน้ำ 30 นาที แล้วผึ่งลมให้เย็น นำเข้าเครื่องอัดที่อัดด้วยแม่แรงขนาด 10-15 ตัน ได้น้ำมันประมาณ 25% โดยน้ำหนัก



รูปที่2 แสดงกระบอกอัดและวิธีการอัดน้ำมันจากเมล็ดยางพารา

2.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำมัน

หลังจากอัดน้ำมันเรียบร้อยแล้ว นำน้ำมันที่ได้ไปอุ่นที่อุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส เพื่อไล่ความชื้นจากน้ำมันและนำไปตรวจวัดคุณสมบัติต่าง ๆ ของน้ำมันดังตารางที่ 1

ตารางที่1 ชนิดและปริมาณกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันเมล็ดยางพารา ตัวอย่าง [4]

Fatty acid Composition	India [4]	Thai
C16:0 palmitic acid	10.2	10.7
C18:0 stearic acid	8.7	8.67
Saturated	**18.9**	**19.84**
C18:1 oleic acid	24.6	25.23
C18:2 linoleic acid	39.6	40.36
C18:3 linolenic acid	16.3	15.56
Unsaturated	**80.5**	**81.15**
Others	0.6	0.88

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าค่ากรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวของน้ำมันจากเมล็ดยางพารามีค่าสูงมาก ประมาณ 80% แสดงว่า น้ำมันจะไม่เป็นไขได้ง่ายเมื่ออุณหภูมิต่ำ ดังนั้น เราจึงสามารถเก็บน้ำมันไว้ได้ในสภาวะปกติโดยไม่เป็นไข และผสมในอัตราส่วนผสมสูงๆได้

ตารางที่ 2 สมบัติของน้ำมันเมล็ดยางพาราเทียบกับน้ำมันดีเซล

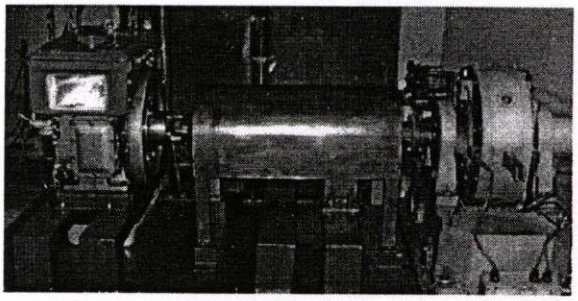
สมบัติ	น้ำมันดีเซลหมุนช้า	น้ำมันเมล็ดยางพารา
ค่าความร้อน (เมกะจูล/กิโลกรัม)	46.0	38.85
ค่าความหนืด (มิลลิเมตร^2/วินาที)	3.4	27.05
ค่าจุดวาบไฟ (องศาเซลเซียส) Flash Point	50	230
ค่าจุดติดไฟ (องศาเซลเซียส) Fire point		250
ค่ากรด (มิลลิกรัมของ KOH/กรัมของน้ำมัน)	-	60.21
ความถ่วงจำเพาะ	0.835	0.924

2.3 เครื่องยนต์ที่นำมาทดสอบและการปรับปรุงเครื่องยนต์

ตารางที่ 3 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องยนต์ทดสอบ

ชนิด	ดีเซล 4 จังหวะ ระบายความร้อนด้วยน้ำ
ระบบเผาไหม้	ห้องเผาไหม้แบบฉีดตรง
จำนวนกระบอกสูบ	1 กระบอกสูบ
ความโตกระบอกสูบ x ช่วงชัก	86X90 มม.
ความจุ	0.522 ลิตร
กำลังม้าต่อเนื่อง	8.5/2200แรงม้า/รอบต่อนาที
กำลังม้าสูงสุด	9.5/2200แรงม้า/รอบต่อนาที
แรงบิดสูงสุด	3.80/1600กิโลกรัมเมตร/รอบต่อนาที
อัตราส่วนการอัด	18:1
ระยะเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง	-

เครื่องยนต์ที่นำมาทดสอบ นำมาจากโรงงานผู้ผลิตโดยตรง และไม่มีการปรับแต่งใดๆทั้งสิ้น โดยนำมาติดตั้งกับชุดทดสอบและทำการทดสอบกับน้ำมันดีเซล 100% จากนั้นนำน้ำมันเมล็ดยางพาราผสมน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 20,40,60,80 และ 100%มาทดสอบเพื่อเปรียบเทียบ อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ความเร็วรอบและภาระโหลดเท่ากัน ของน้ำมันแต่ละส่วนผสม โดยใช้ไดนาโมมิเตอร์แบบกระแสไหลวน



รูปที่3 แสดงลักษณะเครื่องยนต์และอุปกรณ์ทดสอบ

2.4 ขั้นตอนการทดสอบ

ในการทดสอบ ทำการทดสอบโดยกำหนดให้ความเร็วรอบของเครื่องยนต์คงที่ 1600 rpm. เนื่องจากเป็นจุดที่ให้แรงบิดสูงสุดของเครื่องยนต์รุ่นนี้ และเพิ่มภาระโหลดตั้งแต่ 0-100% โดยมีขั้นตอนดังนี้

(1) ก่อนทดสอบได้นำตัวอย่างน้ำมันที่อัตราส่วนผสมต่างๆ มาทดลองฉีดเพื่อตรวจสอบลักษณะสเปรย์และถ่ายภาพไว้ จากนั้นนำน้ำมันจากถังต่อเข้ากับเครื่องยนต์ โดยแบ่งแหล่งจ่ายออกเป็นสองแหล่งคือส่วนที่อยู่บนตาชั่งและถังสำหรับจ่ายปกติ โดยมีโซลินอยด์วาล์วเป็นตัวสวิทช์ เลือกว่าจะใช้น้ำมันจากส่วนไหน และไทม์เมอร์ตัดต่อตามที่ควบคุม และไล่ลมในระบบให้หมดโดยไม่ให้มีฟองอากาศเหลืออยู่เลย

(2) ต่อชุดเทอร์โมดับเปิ้ลสำหรับวัดอุณหภูมิไอเสีย และอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น ตรวจสอบน้ำหล่อเย็น และระดับน้ำมันหล่อลื่น และติดเครื่องยนต์อุ่นเครื่องยนต์อย่างน้อย 15 นาที ปรับความเร็วรอบให้ความเร็วรอบของเครื่องยนต์คงที่ 1600 rpm. หลังจากเครื่องยนต์นิ่งแล้ว จึงทำการเก็บข้อมูลของอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ความเข้มของไอเสีย อุณหภูมิไอเสีย และอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น

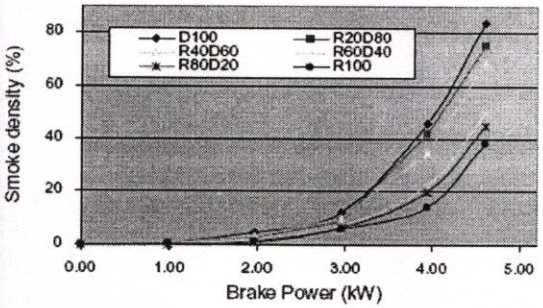
(3) ปรับเพิ่มภาระโหลดของเครื่องยนต์โดยวัดแรงบิดเป็น 0.6 Kg-m,1.2 Kg-m ,1.8 Kg-m,2.4 Kg-m และแรงบิดสูงสุด โดยรักษาความเร็วรอบให้คงที่1600 rpm. พร้อมกับเก็บข้อมูล ต่างๆตาม ข้อ (2)

(4) ทำการเปลี่ยนเชื้อเพลิงเป็นน้ำมันเมล็ดยางพาราผสมน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 20,40,60,80 และ100% มาทดสอบเพื่อเปรียบเทียบตามขั้นตอน เช่นเดียวกัน หลังจากทดสอบค่าทุกอย่างเรียบร้อยแล้ว ถอดฝาสูบออกมาเพื่อตรวจสอบคราบเขม่าบริเวณฝาสูบและหัวลูกสูบ

2.5 การปรับปรุงเครื่องยนต์โดยการหุ้มฉนวนหัวลูกสูบ

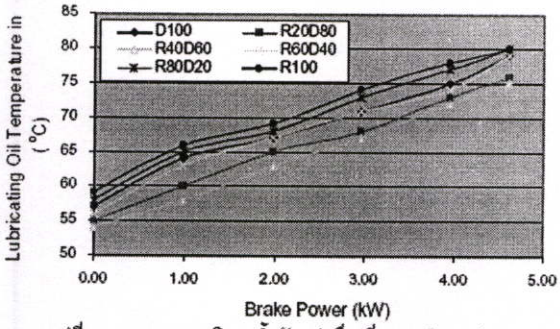
เพื่อป้องกันหลีกเลี่ยงการก่อตัวของเขม่าในห้องเผาไหม้ โดยทำให้การระเหยตัวของอนุภาคน้ำมันเชื้อเพลิงสมบูรณ์ การออกแบบคือต้องการให้อุณหภูมิของห้องเผาไหม้สูงขึ้นเพื่อให้เพียงพอกับการระเหยตัวซึ่งเมื่อคำนวณแล้วอุณหภูมิพนังอย่างน้อย500 °C จึงจะเป็นผลดี [5]

(4) จากกราฟประสิทธิภาพเชิงความร้อน ของเชื้อเพลิงที่ทำการทดสอบทั้งหมด น้ำมันจากเมล็ดยางพาราผสมจะต่ำกว่าน้ำมันดีเซล ที่กำลังต่ำและสูง แต่ในช่วงโหลดประมาณ 60-70% น้ำมันจากเมล็ดยางพาราผสมจะมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนใกล้เคียงน้ำมันดีเซล และสูงกว่าบางช่วง ดังแสดงในกราฟรูปที่9. ถึงแม้ว่าอัตราสิ้นเปลืองมากกว่าก็ตาม แต่การเผาไหม้ที่สมบูรณ์กว่าทำให้ประสิทธิภาพสูงกว่า



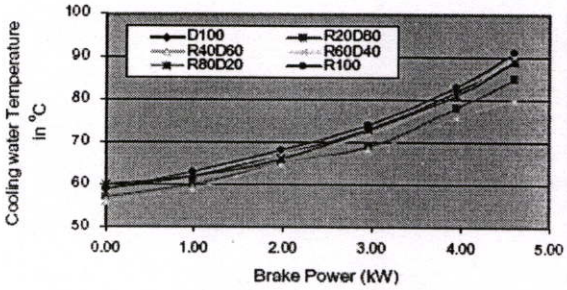
รูปที่ 10 แสดงความเข้มของไอเสีย ที่สภาวะโหลดต่างๆ

(5) ค่าความเข้มของไอเสีย จากการเผาไหม้ของน้ำมันจากเมล็ดยางพาราผสมน้ำมันดีเซล น้อยกว่าดีเซล100% ตามลำดับการผสม ดังแสดงในกราฟ รูปที่ 10. เนื่องจากน้ำมันจากเมล็ดยางพารามีความหนืดน้อยกว่าน้ำมันพืชอื่นๆ เพราะมีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวอยู่สูง ถึงแม้ว่าผสมในอัตราส่วนที่สูง ก็ยังสามารถเผาไหม้ได้สมบูรณ์ ประกอบกับมีออกซิเจนในตัวอยู่แล้ว ค่าความเข้มของไอเสียจึงน้อยกว่าการเผาไหม้ของน้ำมันดีเซล



รูปที่ 11 แสดงอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่น ที่สภาวะโหลดต่างๆ

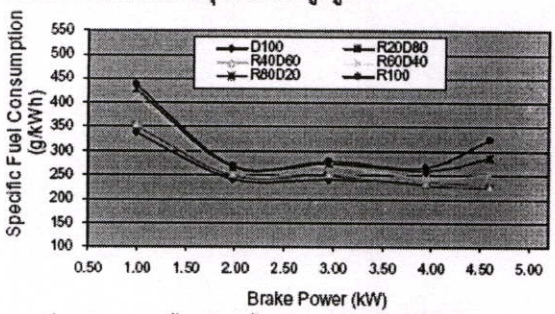
(6) ค่าอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่นของการเดินเครื่องด้วยน้ำมันจากเมล็ดยางพาราผสมน้ำมันดีเซล ที่ 80%และ100%จะสูงกว่าดีเซล100% แต่ที่ผสม ที่20%และ40%จะต่ำกว่าตามลำดับ ดังแสดงในกราฟ รูปที่11 เนื่องจากการเผาไหม้ น้ำมันเมล็ดยางพารามี 2 องค์ประกอบคือความหนืด และออกซิเจนในตัวน้ำมันเอง ช่วงแรกที่ผสมในสัดส่วน20%และ 40% ความหนืดต่ำและมีออกซิเจนในตัวน้ำมันทำให้เผาไหม้อย่างรวดเร็วความร้อนจึงถ่ายเทสู่น้ำมันหล่อลื่นได้น้อยกว่า และในช่วงที่ผสมในสัดส่วน80%และ 100% ความหนืดสูงถึงแม้จะมีออกซิเจนในตัวน้ำมันก็ตาม การเป็นฝอยละอองที่ไม่ดีทำให้เผาไหม้ยากและนานกว่า



รูปที่ 12 แสดงอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น ที่สภาวะโหลดต่าง

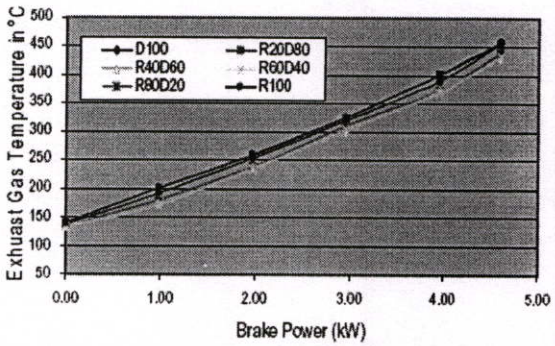
(6) ค่าอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นของการเดินเครื่องด้วยน้ำมันจากเมล็ดยางพารา 80%และ100%จะสูงกว่าดีเซล100% แต่ที่ผสม ที่20% และ40%จะต่ำกว่าตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่12 ซึ่งเป็นผลมาเช่นเดียวกันน้ำมันหล่อลื่น

4.ผลการทดลองจากการหุ้มฉนวนหัวลูกสูบ



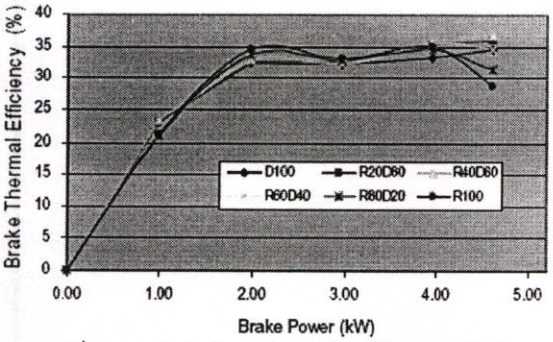
รูปที่12 แสดงอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของแต่ละชนิด หลังจากการปรับปรุง เครื่องยนต์

(1) อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง จะเห็นได้ว่าน้ำมันจากเมล็ดยางพารา จะสิ้นเปลืองมากกว่าดีเซล100% ตามลำดับ แต่โดยรวมของทุกตัวอย่างน้ำมัน จะประหยัดกว่าลูกสูบที่ยังไม่มีการหุ้มฉนวนหัวลูกสูบ และที่ภาระโหลดสูงอัตราสิ้นเปลืองจะลดลงมากอย่างเห็นได้ชัด เป็นผลมาจากน้ำมันเมล็ดยางพารามีการการละเหยตัวได้ดี และเผาไหม้ได้สมบูรณ์ขึ้น ดังแสดงตามกราฟ รูปที่ 12



รูปที่13 แสดงอุณหภูมิไอเสีย หลังจากการปรับปรุง เครื่องยนต์

(2) จากผลการทดสอบเครื่องยนต์จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิไอเสียจากการใช้น้ำมันจากเมล็ดยางพาราผสม สูงกว่าการใช้น้ำมันดีเซลตามลำดับ ดังรูปที่13 แต่โดยรวมอุณหภูมิไอเสียจะสูงกว่าลูกสูบที่ยังไม่มีการหุ้มฉนวนประมาณ150°C ซึ่งเป็นผลมาจาก ความร้อนไม่สามารถถ่ายเทผ่านลูกสูบไปยังกระโปรงลูกสูบ และน้ำมันหล่อลื่นส่งผลให้อุณหภูมิไอเสียสูงขึ้นมาก



รูปที่14 แสดงประสิทธิภาพเชิงความร้อน หลังจากการปรับปรุงเครื่องยนต์

(3) ประสิทธิภาพเชิงความร้อน ของเชื้อเพลิงที่ทำการทดสอบทั้งหมด ที่ภาระโหลดสูงสุดจะเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจน และน้ำมันจากเมล็ดยางพาราผสม มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่าน้ำมันดีเซลเกือบทุกสภาวะ แต่ที่กำลังสูงสุดน้ำมันจากเมล็ดยางพาราผสม 80% และ100% มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนต่ำกว่าดีเซล ดังแสดงในกราฟรูปที่14. ถึงแม้ว่าน้ำมันเมล็ดยางพาราผสมจะมีอัตราสิ้นเปลืองมากกว่าก็ตาม แต่การเผาไหม้ที่สมบูรณ์กว่า เนื่องจากการระเหยตัวที่ดีขึ้นทำให้การเผาไหม้ดีขึ้น อีกทั้งการสูญเสียความร้อนที่ลดลง ส่งผลให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่า

5.สรุปผลการทดลอง

(1) การประยุกต์ใช้น้ำมันจากเมล็ดยางพาราเพื่อใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กสามารถใช้ได้โดยการผสมกับน้ำมันดีเซล เพื่อปรับค่าความหนืดของน้ำมัน หรืออาจมีการปรับแต่งเครื่องยนต์ โดยการหุ้มฉนวนหัวลูกสูบ เพื่อทำให้ประสิทธิภาพดีขึ้น

(2) ค่าอัตราสิ้นเปลืองของน้ำมันจากเมล็ดยางพารา ผสมน้ำมันดีเซล เมื่อใช้เดินเครื่องยนต์ ถึงแม้จะมีค่ามากกว่าน้ำมันดีเซล 100% แต่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ เมื่อเทียบกับค่าความร้อนของน้ำมันจากเมล็ดยางพารา

(3) ด้านมลภาวะจากการเผาไหม้ ของน้ำมันจากเมล็ดยางพาราผสมน้ำมันดีเซลดีเซล จะมีค่าความเข้มของไอเสียน้อยกว่าน้ำมันดีเซล และการนำน้ำมันพืชมาใช้กับเครื่องยนต์ ช่วยสร้างสมดุลทางธรรมชาติ ดังนั้น การนำน้ำมันจากเมล็ดยางพารามาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลจึงเป็นการช่วยลดมลภาวะอีกวิธีหนึ่ง

(4) ในการทดสอบเครื่องยนต์ครั้งนี้ เป็นการทดลองในระยะสั้น ค่าประสิทธิภาพ และสมรรถนะต่างๆยังใกล้เคียงกับการใช้น้ำมันดีเซลมาก แต่อย่างไรก็ตาม สเปรย์การฉีดของน้ำมันพืชผสมดีเซลเทียบเท่ากับสเปรย์ของน้ำมันดีเซล 100%ไม่ได้ ดังนั้นการใช้งานในระยะยาวจึงควรหมั่นดูแลหัวฉีด และห้องเผาไหม้เป็นพิเศษ เพราะถึงแม้ว่าในน้ำมันพืชมีออกซิเจนอยู่ก็ตาม ถ้าหากสเปรย์ของน้ำมันเป็นฝอยละอองที่ไม่ดีแล้ว จะทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ได้ และส่งผลให้เกิดเขม่าตามมา

(5)การหุ้มฉนวนหัวลูกสูบ ทำให้อุณหภูมิไอเสียและอุณหภูมิห้องเผาไหม้สูง หากออกแบบไม่ดีอาจทำให้แผ่นสแตนเลสที่หุ้มเสียหายได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท อีดีไอ ดีเซล เอ็นจิ้น จำกัด ที่ให้การสนับสนุนทั้งเครื่องมือและเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบโดยใช้น้ำมันพืชผสม

เอกสารอ้างอิง

[1] ดำรง ด์ สุนทรกิจประไพ " แบบจำลองเชิงคณิตศาตร์เพื่อผลิตน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันพืชภายใต้ เงื่อนไขสมบัติของน้ำมัน ราคา และ ฤดูการ" จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2546 ISBN 974-17-3622-6

[2] กฤษณ์ เรืองพยุงศักดิ์ "การใช้น้ำมันชีวภาพที่สกัดจากกากของเสียในเครื่องยนต์ดีเซล"สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2547 ISBN 974-15-1029-2

[3] คณิต วัฒนวิเชียร, "ผลกระทบต่อสมรรถนะและความทนทานจากการใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลต่อเนื่อง" จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย การประชุมวิชาการเรื่อง "พลังงานทดแทนสำหรับยานยนต์ในประเทศไทย" 20 กันยายน 2547 หน้า 11-21

[4] A.S. Ramadshas , S. Jayaraj, C. MuraLeedharan "Characterization and effect of using rubber seed oil as fuel in the compression ignition engines" National Institute of technology Calicut India Renewable Energy 30 (2005) 795–803

[5] Araya K, Tsunematsu S., " Single droplet combustion of sunflower oil ", SAE paper 870590, 1987

ประวัติผู้เขียน

นายวิโรจน์ จันสุด เกิดเมื่อวันที่ 5 พฤษภาคม พ.ศ.2520 สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในปีการศึกษา 2543 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2546