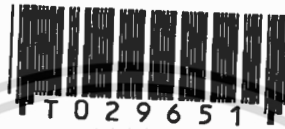


การลดมลพิษไอเสียของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนสองจังหวะโดย
เทคโนโลยีเชื้อเพลิงทดแทน

THE EXHAUST EMISSION REDUCTION OF TWO-STROKE GASOLINE
ENGINE BY ALTERNATIVE FUEL TECHNOLOGY



นายชาญชัย อมรสกุล

MR.CHANCHAI AMORNSAKUN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2541

ISBN 974-622-084-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**THE EXHAUST EMISSION REDUCTION OF TWO-STROKE GASOLINE
ENGINE BY ALTERNATIVE FUEL TECHNOLOGY**

CHANCHAI AMORNSAKUN

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE
MASTER OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

1998

ISBN 974-622-084-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การลดมลพิษไอเสียของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนสองจังหวะ
โดยเทคโนโลยีเชื้อเพลิงทดแทน

นักศึกษา

นายชาญชัย อมรสกุล

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

รศ.สมชัย นรเศรษฐ์โสภณ

ระดับการศึกษา

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.

2541

บทคัดย่อ

ระบบการเผาไหม้ของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนสองจังหวะ ที่ไม่สมบูรณ์ ส่งผลให้เกิดมลพิษทางอากาศ และ ปริมาณควันขาว อย่างมากมาย จึงได้มีการหาทางแก้ไขปัญหาดังกล่าวด้วยวิธีการต่าง ๆ เพื่อหวังว่าจะเป็น การช่วยบรรเทามลพิษทางอากาศให้ลดน้อยลง การเลือกใช้เชื้อเพลิงทดแทน โดยการนำเอาน้ำมันเบนซินมาผสมกับเมทานอลซึ่งเป็นแอลกอฮอล์ชนิดหนึ่งในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ กัน มาใช้กับเครื่องยนต์ทดสอบ บน Chassis Dynamometer เพื่อทำการวัดค่าความเข้มข้นขององค์ประกอบไอเสีย (CO , HC & CO_2) และ ทดสอบบน Engine Test Bench เพื่อหาค่าสมรรถนะ, อัตราความสิ้นเปลือง และ การสึกหรอของเครื่องยนต์ และทำการวัดค่าปริมาณควันขาว จากเครื่อง Smoke Meter จากการทดลองดังกล่าว แสดงให้เห็นว่า เชื้อเพลิงทดแทนข้างต้น สามารถช่วยให้การเผาไหม้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ส่งผลให้ มลพิษทางอากาศและปริมาณควันขาวลดน้อยลง

Thesis Title The Exhaust Emission Reduction of Two-Stroke Gasoline Engine
by Alternative Fuel Technology

Student Mr. Chanchai Amornsakun

Thesis Advisor Assoc. Prof. Somchai Norasethasopon

Level of Study Master of Engineering In Mechanical Engineering
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Year 1998

ABSTRACT

The uncomplete combustion of a two-stroke gasoline engine causes severe air-pollution problem. The reduction of this problem may be done in many ways. But one choice is the use of alternative fuel such as the mixture of gasoline and methanol, or "gasohol", in different proportions. This experimental work involves testing an engine (Kawasaki KH 125-M4) running on this fuel on a Chassis Dynamometer following the ECE.-R40 Riding Mode Measurements were made for CO, HC, CO₂ emission and on engine bench test were carried out to determine performance, deposit, wearing and fuel consumption. The result of this experimental work shows that this alternative fuel can be used to reduce the emissions level from a two-stroke gasoline engine.

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิจัยในวิทยานิพนธ์ชิ้นนี้ ข้าพเจ้าต้องใช้ความพยายามเป็นอย่างยิ่ง เพราะต้องใช้ความรู้ความสามารถหลายด้านประกอบกัน ต้องขอขอบพระคุณ บริษัท ไทยควาซากิ จำกัด ที่ได้มอบ เครื่อง Exhaust Gas Analyzer และ ข้อมูลจำเพาะของ เครื่องยนต์ทดสอบ KH 125-M4 ศูนย์ทดสอบ สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ที่ให้โอกาสได้ใช้เครื่อง Engine Test Bench และ Chassis Dynamometer

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณผู้ที่มีอุปการะคุณทุกท่านที่ให้คำปรึกษา รองศาสตราจารย์ สมชัย นรเศรษฐ์โสภณ

ชาญชัย อมรสกุล



สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	IX
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 จุดประสงค์และความเป็นมาของวิทยานิพนธ์.....	1
1.2 ผลกระทบต่อสาร พืช คนและสัตว์.....	2
1.3 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์.....	3
2. ทฤษฎีต่าง ๆ.....	4
2.1 การเผาไหม้ในเครื่องยนต์เบนซิน.....	4
2.2 มลพิษจากเครื่องยนต์เบนซิน.....	7
2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อมลพิษจากเครื่องยนต์เบนซิน.....	11
2.4 การระบายมลพิษจากเครื่องยนต์.....	14
2.5 เทคนิคการควบคุมและปรับปรุงมลพิษจากเครื่องยนต์.....	18
2.6 น้ำมันเชื้อเพลิงและเชื้อเพลิงทดแทน.....	28
2.7 ความรู้ขั้นพื้นฐานเกี่ยวกับเครื่องยนต์.....	31
3. เครื่องมือและวิธีการทดสอบ.....	39
3.1 เครื่องยนต์ทดสอบ.....	39
3.2 คุณสมบัติของน้ำมันเครื่องสองจังหวะ.....	40
3.3 อุปกรณ์วัดมลพิษ.....	41
3.4 วิธีการทดลอง.....	51

สารบัญ (ต่อ)

บทที่

หน้า

4. ผลการทดลอง.....	53
4.1 Engine Performance Test.....	53
4.2 Engine Deposit Test.....	58
4.3 Engine Lubricity Test.....	64
4.4 Exhaust Gas Analysis.....	70
4.4.1 Engine Bench Test.....	70
4.4.2 Chassis Dynamometer.....	79
4.5 Smoke Test.....	82
4.5.1 Engine Bench Test.....	82
4.5.2 Chassis Dynamometer.....	83
5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	89
5.1 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	89
5.2 ปัญหาจากการทดลอง.....	90
5.3 แนวทางวิจัยในอนาคต.....	90
เอกสารอ้างอิง.....	91
ภาคผนวก	92
ภาคผนวก 1.....	93
ภาคผนวก 2.....	105
ภาคผนวก 3.....	113
ประวัติผู้เขียน.....	129

1. แสดงส่วนประกอบของไอเสียเมื่อมีอัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิงพอดี.....	7
2. แสดงสารไฮโดรคาร์บอนที่ระเหยจากเครื่องยนต์.....	15
3. แสดงเชื้อเพลิงทดแทนในเครื่องยนต์และคุณสมบัติ.....	26
4. แสดงข้อแตกต่างของเครื่องยนต์เบนซินและดีเซล.....	33
5. แสดงการรบกวนของก๊าซที่เกิดในเครื่อง NDIR.....	46
6. แสดงการตอบสนองไฮโดรคาร์บอนสัมพัทธ์เฉลี่ยบนฐานของคาร์บอนอะตอม.....	51
7. แสดงข้อมูลบันทึกระหว่างการทดสอบรายการสมรรถนะของเครื่องยนต์.....	53
8. แสดงค่าสมรรถนะของเครื่องยนต์และอัตราความสิ้นเปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิง จากการใช้เชื้อเพลิงทดแทน.....	54
9. แสดงค่าอุณหภูมิของน้ำมันเครื่องก้านอ่างและอุณหภูมิของบ่าหัวเทียน จากการใช้เชื้อเพลิงทดแทน.....	56
10. แสดงคะแนนจากการ Rating ลูกสูบ และข้อมูลบันทึกระหว่างการทดสอบ รายการความสะอาดของเครื่องยนต์ โดยการใช้เชื้อเพลิง G-100.....	58
11. แสดงคะแนนจากการ Rating ลูกสูบ และข้อมูลบันทึกระหว่างการทดสอบ รายการความสะอาดของเครื่องยนต์ โดยการใช้เชื้อเพลิง M-10.....	59
12. แสดงคะแนนจากการ Rating ลูกสูบ และข้อมูลบันทึกระหว่างการทดสอบ รายการความสะอาดของเครื่องยนต์ โดยการใช้เชื้อเพลิง M-15.....	60
13. แสดงคะแนนจากการ Rating ลูกสูบ และข้อมูลบันทึกระหว่างการทดสอบรายการ ความสะอาดของเครื่องยนต์ โดยการใช้เชื้อเพลิง M-20.....	61
14. แสดงข้อมูลบันทึกระหว่างการทดสอบรายการความสะอาดของเครื่องยนต์.....	62
15. แสดงข้อมูลบันทึกระหว่างการทดสอบรายการการครูดคร่อนที่ลูกสูบและ แหวนลูกสูบโดยการใช้เชื้อเพลิง G-100.....	64
16. แสดงข้อมูลบันทึกระหว่างการทดสอบรายการการครูดคร่อนที่ลูกสูบและ แหวนลูกสูบโดยการใช้เชื้อเพลิง M-10.....	65
17. แสดงข้อมูลบันทึกระหว่างการทดสอบรายการการครูดคร่อนที่ลูกสูบและ แหวนลูกสูบโดยการใช้เชื้อเพลิง M-15.....	66

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่

หน้า

18. แสดงข้อมูลบันทึกระหว่างการทดสอบรายการการครูดคร่อนที่ลูกสูบและ แหวนลูกสูบโดยการใช้เชื้อเพลิง M-20.....	67
19. แสดงข้อมูลบันทึกระหว่างการทดสอบรายการการครูดคร่อนที่ลูกสูบและ แหวนลูกสูบ.....	68
20. แสดงข้อมูลบันทึกระหว่างการทดสอบรายการสารมลพิษจากไอเสียบนเครื่อง ทดสอบ Engine Bench Test โดยการใช้เชื้อเพลิง G-100.....	70
21. แสดงข้อมูลบันทึกระหว่างการทดสอบรายการสารมลพิษจากไอเสียบนเครื่อง ทดสอบ Engine Bench Test โดยการใช้เชื้อเพลิง M-10.....	71
22. แสดงข้อมูลบันทึกระหว่างการทดสอบรายการสารมลพิษจากไอเสียบนเครื่อง ทดสอบ Engine Bench Test โดยการใช้เชื้อเพลิง M-15.....	72
23. แสดงข้อมูลบันทึกระหว่างการทดสอบรายการสารมลพิษจากไอเสียบนเครื่อง ทดสอบ Engine Bench Test โดยการใช้เชื้อเพลิง M-20.....	73
24. แสดงข้อมูลบันทึกระหว่างการทดสอบรายการสารมลพิษจากไอเสียเมื่อเครื่อง ยนต์ไม่มีภาระโหลด.....	74
25. แสดงข้อมูลบันทึกระหว่างการทดสอบรายการสารมลพิษจากไอเสีย เมื่อเครื่องยนต์มีภาระโหลดเต็มที่ และเปิดคันเร่งสุด.....	76
26. แสดงข้อมูลบันทึกระหว่างการทดสอบรายการสารมลพิษจากไอเสีย ตามมาตรฐาน ECE-mode (Type1).....	79
27. แสดงข้อมูลบันทึกระหว่างการทดสอบรายการสารมลพิษจากไอเสีย ตามมาตรฐาน ECE-mode (Type2).....	80
28. แสดงค่าปริมาณควันขาว จากการใช้เครื่องทดสอบ Engine Bench Test เมื่อเครื่องยนต์ไม่มีภาระโหลด และมีภาระ โหลดเต็มที่ เปิดคันเร่งสุด.....	82
29. แสดงค่าปริมาณควันขาว จากการใช้เครื่องทดสอบ Chassis Dynamometer เมื่อเครื่องยนต์ไม่มีภาระโหลด และเพิ่มอัตราเร่งของความเร็วรอบเครื่องยนต์เป็น ช่วงๆ.....	83

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่

หน้า

30. แสดงค่าปริมาณคาน์ขาว จากการใช้เครื่องทดสอบ Chassis Dynamometer	
เมื่อไม่มีภาระ โหลด และเพิ่มอัตราเร่งของความเร็วรอบเครื่องยนต์อย่างต่อเนื่อง...84	
ผ1.1 แสดงคุณสมบัติทางฟิสิกส์และทางเคมี.....99	
ผ1.2 แสดงการเดินเครื่องยนต์ทดสอบ.....96	
ผ1.3 แสดงข้อมูลที่บันทึกระหว่างการเดินเครื่องยนต์ทดสอบ.....97	
ผ1.4 แสดงการประเมินผลความสะดวกของลูกสูบและชิ้นส่วนต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง.98	
ผ1.5 แสดงคะแนนข้อบกพร่องสำหรับการติดขัดของแหวน.....99	
ผ1.6 แสดงคะแนนข้อบกพร่องของคราบจับที่ร่องแหวน, คราบจับที่สันร่องแหวน, คราบจับลูกสูบได้แหวนทั้งหมด และการอุดตันที่ช่องระบายไอลี.....100	
ผ1.7 แสดงตัวอย่างวิธีคำนวณคะแนนข้อบกพร่องจากสีของคราบจับ.....100	
ผ1.8 แสดงการเดินเครื่องยนต์ทดสอบ.....102	
ผ2.1 แสดงรายละเอียดการทดสอบลักษณะที่ 1.....107	

สารบัญภาพ

หน้า

1. แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเปลว เชื้อเพลิงจำเพาะและอัตราส่วนอากาศและเชื้อเพลิง..5	5
2. แสดงความสัมพันธ์การลามของเปลวและความดัน..... 6	6
3. แสดงความเข้มข้นของสารมลพิษ ที่อัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิงต่างๆ..... 8	8
4. แสดงความเข้มข้นของ NO ที่ภาวะสมดุลเผาไหม้ เมื่อปริมาตรคงที่..... 9	9
5. แสดงความเข้มข้นของ NO ที่แปรตามเวลา.....10	10
6. แสดงความสัมพันธ์ของอัตรามลพิษ สมรรถนะ และส่วนผสม.....11	11
7. แสดงความสัมพันธ์ของการเกิด NO _x การจุดระเบิด และส่วนผสม.....12	12
8. แสดงความสัมพันธ์ของการเกิด NO _x ต่อความเร็วรอบและกำลังเพลลา.....13	13
9. แสดงการระเหยของเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิและ RVP ต่าง ๆ กัน..... 14	14
10. แสดงการระบายก๊าซ Blowby ออกจากกันอ่าง.....16	16
11. แสดงระบบการระบายมลพิษจากเครื่องยนต์.....16	16
12. แสดงการเกิดไฮโดรคาร์บอนต่ออุณหภูมิของเครื่องยนต์.....17	17
13. แสดงการเกิด NO _x ต่ออุณหภูมิเผาไหม้.....17	17
14. แสดงการเกิด HC,CO และ NO _x ต่ออัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิง.....18	18
15. แสดงระบบดักไอระเหยจากเครื่องยนต์.....19	19
16. แสดงฝาปิดน้ำมันดักไอ.....19	19
17. แสดงถังน้ำมันแบบเผื่อขยาย.....19	19
18. แสดงแผ่นดักรับความร้อนจากเครื่องยนต์.....20	20
19. แสดงระบบดักไอกันอ่าง PCV และวาล์ว.....20	20
20. แสดงระบบถ่ายเทไอเสีย EGR.....21	21
21. แสดงระบบอุปกรณ์ปรับปรุงไอเสีย.....21	21
22. แสดงส่วนประกอบของเครื่องยนต์ Gas Turbine.....23	23
23. แสดงส่วนประกอบของเครื่องยนต์ Wankell.....23	23
24. แสดงส่วนประกอบของรถยนต์ไฟฟ้า.....24	24
25. แสดงส่วนประกอบของเครื่องยนต์สเตอร์ลิง.....25	25

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

26. แสดงส่วนประกอบของรถยนต์ไฮบริด.....	25
27. แสดงการเปรียบเทียบกำลังเครื่องยนต์ เมื่อใช้เชื้อเพลิงเอทานอล.....	26
28. แสดงค่ามลพิษจากเชื้อเพลิงผสมเอทานอล.....	27
29. แสดงการเปรียบเทียบไอเสียจากเครื่องยนต์ เมื่อใช้เมทานอลและเอทานอล.....	27
30. แสดงค่าของ NO_x เมื่อใช้ H_2 ในเครื่องยนต์.....	28
31. แสดงการระเหยของเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอนต่ออุณหภูมิ.....	29
32. แสดงส่วนประกอบของเครื่องยนต์แบบลูกสูบ.....	31
33. แสดงส่วนประกอบของเครื่องยนต์โรตารีและการลามของเปลว.....	32
34. แสดงหลักการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ.....	34
35. แสดงหลักการทำงานของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ.....	35
36. แสดงการเปิด-ปิดลิ้น.....	36
37. แสดงการทำงานของคาร์บูเรเตอร์.....	37
38. แสดงการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของ CO และ CO_2	41
39. แสดงเครื่อง NDIR ขณะที่มีการฉายรังสีอินฟราเรดผ่านหลอดบรรจุก๊าซ.....	42
40. แสดงเครื่อง NDIR ขณะที่ใบพัดตัดลำแสงอินฟราเรด ไม่ให้ฉายเข้าไปในหลอด บรรจุก๊าซ.....	43
41. แสดงเครื่อง NDIR ที่ติดตั้งตัวกรอง(Filter) เพื่อลดการรบกวนจากก๊าซอื่น(Gas(x)).....	44
42. แสดงผลของความยาวของหลอดตัวอย่าง ที่มีต่อการรบกวนของ NO_2	46
43. แสดงผลของความเข้มข้นของไอน้ำที่มีต่อการรบกวน.....	46
44. แสดงผลของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ในการแตกตัวของเปลวไฟไฮโดรเจนกับ อากาศ.....	47
45. แสดงเครื่อง Flame Ionization Detector.....	48
46. แสดงผลของความเข้มข้นของออกซิเจนและภาวะการทำงานของเครื่อง FID ที่มีต่อการรบกวนของออกซิเจน.....	50
47. แสดงค่าสมรรถนะของเครื่องยนต์ จากการใช้เชื้อเพลิงทดแทนแต่ละชนิด.....	55

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

48. แสดงอัตราความสิ้นเปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิง จากการใช้เชื้อเพลิงทดแทนแต่ละชนิด.....	55
49. แสดงค่าอุณหภูมิของน้ำมันเครื่องก้นอ่าง จากการใช้เชื้อเพลิงทดแทนแต่ละชนิด.....	56
50. แสดงค่าอุณหภูมิของบ่้าหัวเทียน จากการใช้เชื้อเพลิงทดแทนแต่ละชนิด.....	56
51. แสดงข้อมูลบันทึกระหว่างการทดสอบ รายการความสะอาดของเครื่องยนต์.....	62
52. แสดงข้อมูลบันทึกระหว่างการทดสอบ รายการการครูดคร่อนที่ลูกสูบและแหวน.....	68
53. แสดงค่า CO(%Vol.) ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ต่าง ๆ กัน เมื่อไม่มีภาระโหลด ในการทดสอบของรายการ Exhaust Gas Analysis.....	74
54. แสดงค่า HC(ppm) ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ต่าง ๆ กันเมื่อ ไม่มีภาระโหลด ในการ ทดสอบของรายการ Exhaust Gas Analysis.....	75
55. แสดงค่า CO ₂ (%Vol.) ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ต่าง ๆ กัน เมื่อไม่มีภาระโหลด ในการทดสอบของรายการ Exhaust Gas Analysis.....	75
56. แสดงค่า CO(%Vol.) ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ต่าง ๆ กัน เมื่อมีภาระโหลดเต็มที่ และเปิดคันเร่งสุด ในการทดสอบของรายการ Exhaust Gas Analysis.....	76
57. แสดงค่า HC(ppm) ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ต่าง ๆ กัน เมื่อมีภาระโหลดเต็มที่ และเปิดคันเร่งสุด ในการทดสอบของรายการ Exhaust Gas Analysis.....	77
58. แสดงค่า CO ₂ (%Vol.) ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ต่าง ๆ กัน เมื่อมีภาระโหลดเต็มที่ และเปิดคันเร่งสุด ในการทดสอบของรายการ Exhaust Gas Analysis.....	77
59. แสดงค่า Emission จากการทดสอบของรายการ Exhaust Gas Analysis ตามมาตรฐาน ECE-mode (Type 1).....	79
60. แสดงค่า Emission จากการทดสอบของรายการ Exhaust Gas Analysis ตามมาตรฐาน ECE-mode (Type 2 ; Idle Speed)	80
61. แสดงค่าปริมาณควันขาว ทดสอบแบบ Stepped Speed.....	83
62. แสดงค่าปริมาณควันขาว ทดสอบแบบ Continued Speed.....	84
63. แสดงผลการทดสอบรายการที่ 3.4.2 : ความสะอาดของเครื่องยนต์ ด้าน Side Thrust.....	85

สารบัญญภาพ (ต่อ)

หน้า

64. แสดงผลการทดสอบรายการที่ 3.4.2 : ความสะอาดของเครื่องยนต์ ด้าน Anti-SideThrust..	86
65. แสดงผลการทดสอบรายการที่ 3.4.3 : การครูดคร่อนที่ลูกสูบและแหวนลูกสูบ	
ด้าน Side Thrust.....	87
66. แสดงผลการทดสอบรายการที่ 3.4.3 : การครูดคร่อนที่ลูกสูบและแหวนลูกสูบ	
ด้าน Anti-Side Thrust.....	88
ผ1.1 แสดงระบบการจ่ายน้ำมัน.....	101
ผ1.2 แสดงการทดสอบควันขาว.....	104
ผ1.3 แสดงเครื่องมือการทดสอบควันขาว.....	104
ผ2.1 แสดงรูปแบบการทดสอบ 1 วัฏจักร.....	109
ผ2.2 แสดงเครื่องเก็บตัวอย่าง ไอเสีย แบบปริมาตรคงที่.....	110



คำย่อ-คำศัพท์

Aldehydes	- RCHO
Anti-Side Thrust	- ด้านข้างตรงข้ามของลูกสูบที่รับแรงคบข้าง
BDC	- Bottom Dead Center
CDC	- California Driving Cycles.
CEQ	- Council on Environmental Quality.
CI	- Compression Ignition
CO	- carbonmonoxide
CO ₂	- carbondioxide
COH	- Coefficient of Haze. (หน่วยวัดสารฝุ่นในระยะ 1,000 ฟุต ของอากาศ)
CR	- Compression Ratio
Crankcase Ventilation	- ระบบระบายแก๊สอ่าง
CVS	- Constant Volume Sampling.
Deposit	- การสะสมของ carbon และ varnish
ECE	- Economic Commission for Europe.
E/G Rev.	- Engine Revolution
EGR	- Exhaust Gas Recirculation.
EEC	- European Economic Community.
EPA	- Environmental Protection Agency.
Evaporative	- ระบบระเหย
Exhaust	- ระบบไอเสีย
Formaldehydes	- HCHO
FTP	- Federal Test Procedure
HC	- Hydro-carbon
HF	- Hydrogen Fluoride.
IITRI	- Illinois Institute of Technology Research Instinct สถาบันทดสอบกลั่น
HEW	- Department of Health, Education and Welfare.

Lubricity	- การหล่อลื่น
NAS	- National Academy of Sciences.
NO	- Nitrous oxide
NO ₂	- Nitrogen dioxide
NO _x	- oxides of Nitrogen
O ₃	- Ozone
Particulate	- สารละออง, อนุภาคของแข็ง
PAN	- peroxyacetyl nitrate CH ₃ CO ₃ NO ₂
PAV	- programmed by pass valve
PCV	- Positive Crankcase Ventilation.
photochemical oxidant	- สารประกอบจาก O ₂ และแสงแดด
PNA	- สารประกอบของ NO _x , HC, แสงแดด
Pollutant	- มลพิษ
Rating	- การให้คะแนนลูกสูบ
RVP	- Reid Vapor Pressure
SI	- Spark Ignition
Side Thrust	- ด้านที่รับแรงดัดข้าง
SO ₂	- Sulphur dioxide
TDC	- Top Dead Center
2T-Oil	- Two-Stroke Oil

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ **XIV** ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 จุดประสงค์และความเป็นมาของวิทยานิพนธ์

สืบเนื่องมาจากวิกฤติการณ์น้ำมันเชื้อเพลิง ในปีค.ศ.1973 ทำให้เกิดการค้นหาเชื้อเพลิงอย่างอื่นขึ้นมาทดแทน เพื่อจะได้ช่วยบรรเทาปัญหาดังกล่าวให้น้อยลง วิธีการอย่างหนึ่งก็คือ การนำแอลกอฮอล์ชนิดเมทานอลมาเป็นเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ แต่ผลพวงที่ได้ตามมา นอกจากการบรรเทาวิกฤติการณ์ของน้ำมันเชื้อเพลิงแล้ว สิ่งที่เป็นผลพลอยได้ก็คือ ค่ามลพิษจากไอเสียของเครื่องยนต์ที่ต่ำลงจากการใช้เมทานอล เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์

จากเหตุผลดังกล่าว จึงได้มีการศึกษาต่อไป ถึงความเป็นไปได้ของถาวรกับการนำเมทานอลมาเป็นเชื้อเพลิงทดแทน เพื่อที่จะได้เป็นการลดมลพิษจากไอเสียของเครื่องยนต์ จึงมีการทดสอบกับเครื่องยนต์ ชนิดต่าง ๆ กับ เชื้อเพลิงเมทานอล ที่ได้มีการผสมกับน้ำมันแก๊สโซลีนที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ด้วยอัตราส่วนต่าง ๆ กัน เช่น M-10 (10%Methanol + 90%Gasoline), M-15 (15%Methanol + 85%Gasoline) และ M-20 (20%Methanol + 80%Gasoline) เป็นต้น แล้วศึกษาถึงลักษณะการสึกหรอของชิ้นส่วนประกอบ, สมรรถนะของเครื่องยนต์ ตลอดจนถึงอัตราความสิ้นเปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิง

แต่ในงานวิจัยนี้ จะใช้เครื่องยนต์ของรถจักรยานยนต์เป็นเครื่องยนต์ทดสอบ เนื่องจากว่า ในท้องถนนของประเทศไทยมีการใช้รถจักรยานยนต์เป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะหัวเมืองหลักใหญ่ ๆ ยานพาหนะเหล่านี้ ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศเป็นอย่างมาก จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องหาวิธีการที่จะช่วยบรรเทาปัญหาดังกล่าวอย่างรวดเร็วที่สุด

รายการการทดสอบหลัก ๆ มีด้วยกันอยู่ 3 รายการ คือ

1. ความสะอาดของเครื่องยนต์
2. การครูดคร่อนที่ลูกสูบและแหวนลูกสูบ
3. การวิเคราะห์มลพิษจากไอเสีย

ซึ่งจากผลการทดลอง สามารถสรุปได้ว่า เชื้อเพลิงทดแทนนี้ ไม่ส่งผลให้เครื่องยนต์สึกหรอเร็วกว่าปกติ ของการใช้น้ำมันแก๊สโซลีนเพียงอย่างเดียว และ ค่ามลพิษจากไอเสียของเครื่องยนต์ก็ลดน้อยลง

1.2 ผลกระทบของมลพิษต่อสาร พืช คนและสัตว์

จากข้อพิสูจน์ต่าง ๆ ได้พบว่ามลพิษในอากาศมีผลกระทบต่อสุขภาพของคนและสัตว์เป็นอันตรายต่อพืชผลธัญญาหารต่าง ๆ ทำให้เครื่องอุปโภคต่างๆเสียหาย ทำให้อากาศเป็นพิษหมอกมัว และกั้นการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ การวัดความเสียหายต่อสิ่งต่าง ๆ จากมลพิษนั้นยากมาก ไม่สามารถจะชี้ขาดลงไปได้ แต่ก็มียุทธศาสตร์ต่างๆที่พอจะชี้ให้เห็นได้ดังตัวอย่างที่นำมาลงไว้ ณ ที่นี้จากนักวิจัยต่าง ๆ ทั่วโลก

1.2.1 ผลกระทบของมลพิษต่อสาร (Yocum & Mc Caldin 1968) สารบางอย่างอาจจะเปื้อนอยู่เนื่องจากการทำปฏิกิริยาทางเคมี เช่น พวกสารไฮโดรคาร์บอน โลหะต่างๆ เช่น นิกเกิล, ทองแดง, ทองเหลือง จะเป็นสนิมเนื่องจากมลพิษที่เป็นสารกรดและด่างซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นสารประกอบของพวกซัลเฟอร์ หรือไนโตรเจนออกไซด์ และบางทีก็ทำให้สีลอกได้ สารโอโซนจะทำให้ยางเปื่อย (Jaffe 1967)

1.2.2 ผลกระทบของมลพิษต่อพืช พวกสาร Phototoxicants ที่ถือว่าเป็นอันตรายและทำความเสียหายให้กับพืชพวกนั้น ได้แก่ สารประกอบของ SO_2 และ Peroxyacetyl nitrate และ ethylene ซึ่งเป็น oxide ของพวก Photochemical นอกจากนั้น สารที่ก่อความเสียหายต่อพืชอีก คือ สารประกอบคลอไรด์ ไฮโดรเจนคลอไรด์ แอมโมเนีย และปรอท ธรรมชาติพืชจะรับสารมลพิษเหล่านี้โดยการหายใจเข้า เมื่อสารพิษเหล่านี้อยู่ที่ใบ ก็จะทำลายคลอโรพิลล์ (ส่วนสีเขียวของพืช) และหยุดการสังเคราะห์ เป็นเหตุให้พืชไม่เจริญเติบโตและบางทีอาจถึงตายได้ ส่วนใหญ่อาการมักเกิดที่ใบก่อน และถ้าไม่รีบปรับปรุงแก้ไขก็อาจจะตายในที่สุด

1.2.3 ผลกระทบของมลพิษต่อคน มลพิษจากอากาศจะเข้าสู่คนโดยการหายใจ ระบบหายใจตอนบนได้แก่ จมูก เชื้อจมูก ปาก คอ และหลอดลม หลอดเสียง จะทำปฏิกิริยากับ SO_2 ทำให้เกิดน้ำมูกเสมหะ อักเสบและปอดบวมได้ ทำให้ทางเดินหายใจไม่สะดวก สำหรับระบบหายใจตอนล่างได้แก่ ปอดและหลอด Alveoli ซึ่งรับอากาศเข้าไปฟอกโลหิต เมื่อมีสารละอองที่มีขนาดเกิน 0.02 cm. ก็จะทำให้หลอด Alveoli อุดตันและบวม ทำให้การฟอกโลหิตไม่สะดวกเท่าที่ควร นอกจากนั้น สาร NO_x และ CO ยังสามารถแทรกซึมเข้าในถุงลมและผ่านเข้าไปในโลหิต ผสมกับโลหิตเป็น COHb ซึ่งขัดขวางทางเดินของ O_2 ในการฟอกโลหิต ทำให้เกิดอาการต่าง ๆ อาจถึงตาย

นอกจากนี้มลพิษยังส่งผลกระทบต่อสัตว์และพืชต่าง ๆ อีกด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ พวกสารตะกั่วก็เป็นอันตรายต่อโลหิตเช่นกัน และถ้ามีมากกว่า 60% ขึ้นไป ก็จะสะสมอยู่ในร่างกายทำลายประสาท กระดูก และเยื่อต่างๆ

1.3 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์

สำหรับรายละเอียดในการค้นคว้าวิจัย จะได้นำเสนอตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1. เป็นทฤษฎีเกี่ยวกับ ความรู้พื้นฐานของเครื่องยนต์, การทำงานของเครื่องยนต์ โดยการเผาไหม้ในเครื่องยนต์เบนซิน ที่ส่งผลให้เกิดมลพิษทางอากาศจากไอเสีย ซึ่งการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ มีผลจากปัจจัยต่าง ๆ กัน รวมถึงการระบายมลพิษจากเครื่องยนต์ จากการทราบถึงผลเสียดังกล่าวนี้ จึงมีการค้นหาเทคนิคการควบคุมและปรับปรุงมลพิษจากเครื่องยนต์ และวิธีการอย่างหนึ่งที่น่าสนใจก็คือ ชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิงและเชื้อเพลิงทดแทน

ส่วนที่ 2. เป็นเครื่องมือและวิธีการทดสอบ ซึ่งจะกล่าวถึงเครื่องยนต์ทดสอบ ที่นำมาใช้กับเชื้อเพลิงทดแทน ซึ่งเป็นเครื่องยนต์แก๊สโซลีนชนิดสองจังหวะ ที่มีการใช้น้ำมันเครื่องหล่อลื่น ในบริเวณของลูกสูบและกระบอกสูบเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับวัดมลพิษจากไอเสีย และวิธีการทดลองเครื่องยนต์ทดสอบกับเชื้อเพลิงทดแทน แบ่งการทดลองเป็น 5 ขั้นตอนคือ

1. สมรรถนะของเครื่องยนต์ (Performance Test)
2. ความสะอาดของเครื่องยนต์ (Deposit Test)
3. การครูดคร่อนที่ลูกสูบและแหวนลูกสูบ (Lubricity Test)
4. การวิเคราะห์แก๊สมลพิษจากไอเสีย (Exhaust Gas Analysis)
5. การวัดปริมาณควันขาว (Smoke Test)

ส่วนที่ 3. เป็นผลการทดลองซึ่งจะแสดงในรูปแบบของตารางข้อมูลและกราฟเปรียบเทียบข้อมูล

ส่วนที่ 4. เป็นบทสรุปและข้อเสนอแนะจากการทดลอง โดยจะมีส่วนย่อยในส่วนของประโยชน์ที่ได้รับ, ปัญหาจากการทดลอง และแนวทางที่จะทำการวิจัยอีกในอนาคต

บทที่ 2

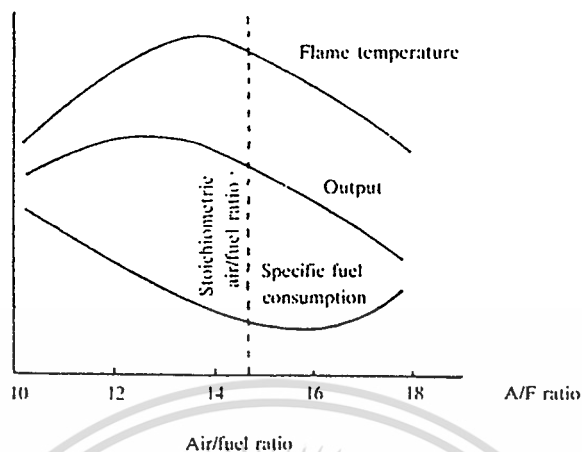
ทฤษฎีต่าง ๆ

2.1 การเผาไหม้ในเครื่องยนต์เบนซิน

การสันดาปในเครื่องยนต์เบนซิน จะมีประสิทธิภาพดีและให้มลพิษที่เป็นพิษน้อยนั้นมีแฟกเตอร์ที่จะต้องควบคุมหลายตัว และบางตัวจะมีความสัมพันธ์หรือผลกระทบต่อกัน นอกจากนั้น รูปแบบห้องเผาไหม้ จังหวะการจุดระเบิด และตัวแปรต่างๆของเครื่องยนต์ ยังมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพด้วย ซึ่งในทางปฏิบัติ จะต้องพิจารณาแต่ละค่าให้เหมาะสม (Optimum) เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีมลพิษที่อยู่ในขีดจำกัดด้วย

2.1.1 อัตราส่วนอากาศและน้ำมัน การจุดระเบิดและการสันดาปที่ดีนั้น จะมีผลเนื่องมาจากการผสมกันของอากาศและเชื้อเพลิงในสัดส่วนที่เหมาะสม โดยมีอัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิงที่เหมาะสม ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อการลามของเปลวและอุณหภูมิของเปลวการลามของเปลวในเครื่องยนต์เบนซินที่เหมาะสมนั้น จะต้องมียัตราส่วนของอากาศและเชื้อเพลิง (น้ำมันเบนซิน) ในช่วง 10-17 อุณหภูมิเปลวสูงสุดนั้น จะเกิดขึ้นเมื่อส่วนผสมหนาเล็กน้อย คืออยู่ในช่วงประมาณ 13.5 หรือ 14 (ส่วนผสมที่พอดี หรือ Stoichiometric ratio นั้น ประมาณ 14.6 ขึ้นอยู่กับกระบวนการกลั่นของน้ำมันจากโรงกลั่น) และอุณหภูมิเปลวจะลดลง เมื่อส่วนผสมหนาขึ้นหรือบางลง และอุณหภูมิจะต่ำสุด เมื่อถึงอัตราส่วนของสารผสมน้ำมันกับอากาศที่เปลวไม่สามารถจะลามต่อไป

ความเร็วสูงสุดของเปลว จะเกิดที่ยัตราส่วนของอากาศและเชื้อเพลิงต่ำกว่า อยู่ในช่วงประมาณ 12-13 และจะลดลง ไม่ว่าอัตราส่วนจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง ตามแบบกราฟของอุณหภูมิสำหรับกำลังจากเครื่องยนต์นั้น จะเพิ่มหรือลดตามกราฟของความเร็วของอุณหภูมิเปลว



รูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเปลว เชื้อเพลิงจำเพาะ และอัตราส่วนอากาศ และเชื้อเพลิง

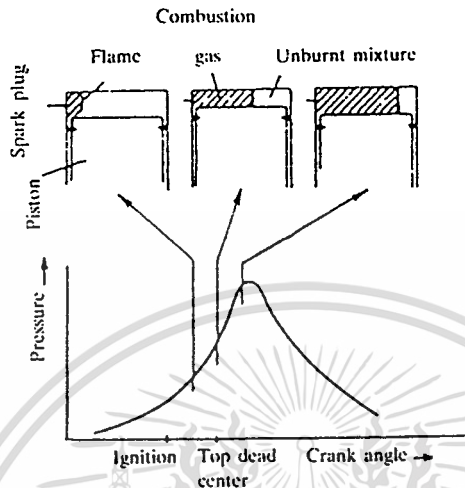
อย่างไรก็ดี ประสิทธิภาพเชิงความร้อน จะมีค่าสูงสุดเมื่อ อัตราส่วนของอากาศและเชื้อเพลิงมีค่า 16 ซึ่งเป็นค่าที่มีส่วนผสมบาง ดังนั้น อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันจำเพาะ ซึ่งเป็นส่วนกลับกับประสิทธิภาพเชิงความร้อน จึงมีค่าต่ำสุดที่อัตราส่วนของอากาศและเชื้อเพลิง 16 (ดังรูปที่ 1)

สำหรับการเร่งเครื่องยนต์ในขณะที่มีภาระสูงนั้น จะต้องเพิ่มส่วนผสมให้หนาขึ้น ซึ่งนักขับรถราบดี ก็คือ เร่งความเร็วรถโดยการเหยียบคันเร่ง ซึ่งจะเป็นผลให้เกิด CO และ HC เนื่องจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์

2.1.2 การผสมและการแจกจ่ายส่วนผสม (Formation and Distribution) เครื่องยนต์เบนซินทั่วไปโดยเฉพาะที่ใช้ในรถยนต์ จะต้องสามารถปรับตัวให้เข้ากับ ความเร็วและภาระตามที่ต้องการ ในการนี้ คาร์บูเรเตอร์จะทำหน้าที่ผสมเชื้อเพลิงและอากาศให้หนา/บาง เพื่อให้เครื่องยนต์ทำงานได้ตามต้องการ กำลังของเครื่องยนต์จะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับปริมาณเชื้อเพลิงในส่วนผสม ซึ่งถูกควบคุมโดยสูญญากาศจากกระบอกสูบ ขึ้นส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมสูญญากาศจากกระบอกสูบ คือลิ้นผีเสื้อ (Throttle) ในคาร์บูเรเตอร์ นั่นเอง

2.1.3 กระบวนการลามของเปลว การลามของเปลวในส่วนผสมต้องการเวลา ดังนั้นจึงต้องตั้งไฟให้จุดก่อนลูกสูบถึงจุดศูนย์ตายบนและต้องให้ไฟลามและสันดาปไปตามเวลาที่กำหนด เมื่อเริ่มจุดไฟที่หัวเทียน เปลวจะเริ่มลามออกจากปลายจุดที่หัวเทียน ออกไปหาส่วนผสมดังคลื่นเคลื่อนออกไป (รูปที่ 2) เปลวไฟจะเคลื่อนไปข้างหน้า ส่วนผสมที่เผาแล้วจะอัดมาด้านเปลว ดังไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้น ความดันจะเพิ่มขึ้นเป็นอัตราส่วนโดยตรงกับการลามของเปลว หรืออัตราความเร็วของเปลว ซึ่งถือเป็นแฟกเตอร์ที่สำคัญที่สุด ในการสันดาปในเครื่องยนต์เบนซิน



รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์การลามของเปลวและความดัน

2.1.4 การแปรปรวนของวัฏจักรต่อวัฏจักร (Cyclic variation) เป็นการยากมากที่จะควบคุมให้ส่วนผสมที่เข้าสู่ลูกสูบทุกครั้งคงที่ตลอด เพราะส่วนผสมแต่ละครั้งที่ถูกอัดเข้านั้น ขึ้นกับการดูดของไอดี จังหวะการอัด การขยายของลูกสูบ การปล่อยไอดี ซึ่งควบคุมให้คงที่ไม่ได้ นอกจากนั้น ทั้งรูปแบบของเปลวและความเร็วในการสันดาป ยังขึ้นอยู่กับปริมาณก๊าซค้าง และเวลาของการผสมนั้น รวมทั้งหยดน้ำมันที่ไม่ระเหยในส่วนผสม เป็นเหตุให้ส่วนผสมไม่แน่นอน กระบวนการลามของเปลวจะเปลี่ยนแปลงไป หากแฟกเตอร์ต่างๆดังกล่าวเปลี่ยน ดังนั้นความดันในกระบอกสูบจึงแปรปรวนตลอด และในแต่ละวัฏจักร ความดันก็จะเปลี่ยนแปลงและต่างกันไปด้วย

หากการเผาไหม้แปรปรวนไปมาก สมรรถนะของเครื่องยนต์ก็จะตกและเครื่องจะไม่เรียบ สภาพของการเผาไหม้ดังกล่าว ควรจะให้น้อยที่สุด การเผาไหม้ที่แปรปรวนไปมานี้ ส่วนใหญ่จะเกิดเมื่อส่วนผสมบาง นี่ก็คือเหตุผลอีกข้อหนึ่ง ที่ทำให้เครื่องยนต์เบนซินทำงานได้ไม่ดีเท่าที่ควร ในขณะที่ส่วนผสมบาง

2.1.5 เครื่องยนต์ 2 จังหวะ ในเครื่องยนต์ 2 จังหวะ การลุกไหม้และการลามของเชื้อเพลิงในกระบอกสูบ จะเหมือนกับในเครื่องยนต์ 4 จังหวะ ดังกล่าวมาแล้ว มีข้อแตกต่างมากในกรณีที่ 2 จังหวะนั้น ในจังหวะของการคายและดูดไม่แยกออกจากกัน เรียกว่า Scavenging ในจังหวะคุณั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะมีปริมาณเชื้อเพลิงที่ยังไม่เผาไหม้คิดมาด้วยรวมทั้งปริมาณ HC และ CO ก็จะสูงตามไปด้วย

2.2 มลพิษจากเครื่องยนต์เบนซิน

ดังได้กล่าวมาแล้ว เชื้อเพลิงที่ใช้ในเครื่องยนต์เบนซิน จะเป็นน้ำมันเบนซินหรือก๊าซหุงต้มก็ได้ ซึ่งเชื้อเพลิงจะถูกดูดเข้าไปในคาร์บูเรเตอร์ผสมกับอากาศเป็นอย่างดี แล้วจึงแจกจ่ายต่อไปยังห้องเผาไหม้ ในกระบวนการเผาไหม้ CO_2 และ H_2O จะเกิดขึ้นแน่ แต่เนื่องจากในอากาศมีปริมาณ N_2 อยู่ด้วยร้อยละ 79 ในสภาวะที่อุณหภูมิสูง ก็อาจจะทำให้เกิด NO_x ได้ (ส่วนใหญ่จะเป็น NO และ NO_2) CO ก็อาจจะเกิดได้ เนื่องจากการสันดาปที่ไม่สมบูรณ์ แต่ถ้าได้ O_2 เพิ่มขึ้น ก็จะเปลี่ยนเป็น CO_2 ต่อไป ในขณะเดียวกัน HC ก็อาจเกิดขึ้นได้หากการสันดาปไม่สมบูรณ์ และจะปล่อยออกมาในจังหวะคาย ดังนั้น ไอเสียจะมีส่วนประกอบต่างกัน ขึ้นอยู่กับกระบวนการเผาไหม้และแฟกเตอร์อื่นๆ ที่สัมพันธ์กัน ส่วนประกอบของไอเสียในขณะที่มีอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงพอดี (Stoichiometric) และเผาไหม้ตามปกตินั้น อาจเป็นไปตามตารางข้างล่าง

ตารางที่ 1 แสดงส่วนประกอบของไอเสีย เมื่อมีอัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิงพอดี [1]

ส่วนประกอบ	ปริมาตร %
N_2	83.5
O_2 (รวม argon ด้วย)	2.22
CO_2	13.0
H_2	0.23
CO	0.97
HC	205
NO	2900
NO_2	18
	ppm*

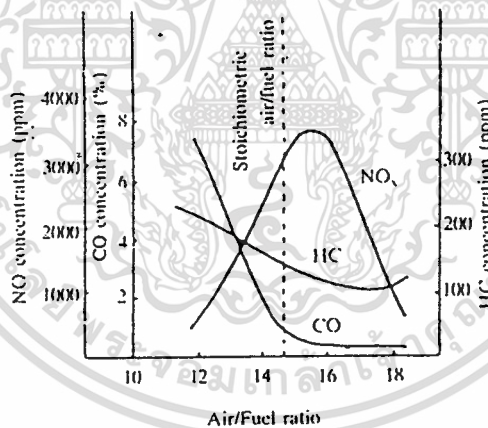
- หมายเหตุ
1. เชื้อเพลิงเบนซินที่มีอัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิง 14.7
 2. ค่าต่าง ๆ ไม่รวมความชื้นและน้ำ
 3. $1\% = 10,000 \text{ ppm}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 คาร์บอนมอนอกไซด์ ความเข้มข้นของ CO ในภาวะสมดุล (Equilibrium คือ อุณหภูมิและความดันคงที่ที่ขณะหนึ่ง) จะลดลงอย่างรวดเร็ว หากเพิ่มอัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิง และอุณหภูมิของก๊าซที่เผาไหม้ก็จะลดลงด้วย และหากปฏิกิริยาทางเคมีสมดุลด้วย ความเข้มข้นของ CO ที่อุณหภูมิไอเสียจะต่ำ เมื่อส่วนผสมบาง และจะมีปริมาณ O_2 เหลือเพื่อ

แต่ความจริงแล้ว ความเข้มข้นของ CO ไม่เป็นไปตามภาวะสมดุล CO จะเข้มข้นกว่า ทำให้อุณหภูมิและความดันของไอเสีย ไม่เป็นไปตามอัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิง เนื่องจากความเร็วในการ Oxidize ของ CO หดหายไปเฉยๆ จึงทำให้เกิด CO เข้มข้นมากในจังหวะคายของลูกสูบ

ความเข้มของ CO ในไอเสีย เกือบจะเป็นผลโดยตรงจากอัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิง ที่อัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิง(เบนซิน) น้อยกว่า 16 ความเข้มข้น CO จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (รูปที่ 3) และหากส่วนผสมไม่เป็นเนื้อเดียวกันดี หรือระบบหล่อเย็นทำให้การเผาไหม้หยุดชะงัก จะทำให้ความเข้มข้น CO เพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นจึงต้องจัดค่าของอัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิงที่เหมาะสม



รูปที่ 3 แสดงความเข้มข้นของสารมลพิษต่างๆ ที่อัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิงต่าง ๆ [10]

2.2.2 ไฮโดรคาร์บอน (HC) ที่อุณหภูมิสูง ความเร็วในการ Oxidize ของ HC จะเร็วมาก โดยทั่วไปเชื่อว่า HC ที่เกิดในไอเสียเนื่องจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ โดยเฉพาะที่ส่วนผสมหนา สาเหตุของ HC ที่ไม่เผาไหม้นั้น ค่อนข้างยุ่งยาก โดยปกติผนังห้องเผาไหม้จะมีอุณหภูมิต่ำ และเปลวจะไม่ลามไปที่ที่มีส่วนผสมน้อย (ตรงบริเวณผนังห้องเผาไหม้) ดังนั้น ส่วนผสมตรงนั้นจะไม่เผาไหม้เลย ยังคงเป็น HC อยู่ และเคลื่อนที่ออกจากผนังในจังหวะคาย และผสมกับก๊าซที่เผาไหม้แล้วที่อุณหภูมิสูง และหากยังมีปริมาณ O_2 เหลือในกระบอกสูบมาก จะเห็นว่ายังเผาไหม้ได้ต่อไป และหากอุณหภูมิไอเสียสูง การเผาไหม้อาจเผาไปเรื่อยๆ จนวาล์วไอเสียเปิดแล้วยังเผาไม่ว่การณใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อไปในท่อไอเสีย อย่างไรก็ตาม ปริมาณ HC จะเพิ่ม หากอัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิงลดลง เพราะปริมาณ O_2 ช่วยในการเผาไหม้ไม่พอ

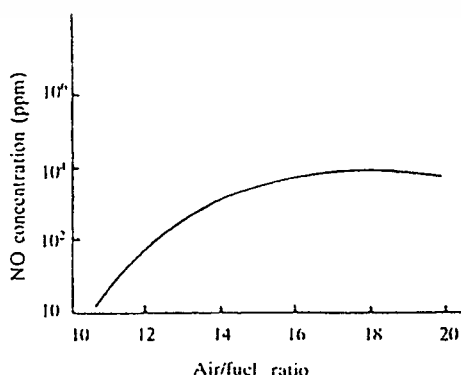
ความหนาของส่วนผสมที่ติดผนังห้องเผาไหม้ (Flame Extinguishing Bed) จะน้อยมาก หากส่วนผสมหนาเล็กน้อย (มากกว่าที่ Stoichiometric) และความหนาจะเพิ่มขึ้น เมื่อส่วนผสมหนาหรือบางกว่า ยิ่งกว่านั้น ความหนาของส่วนผสมที่ติดผนัง ยังเป็นอัตราส่วนกลับกับความดัน หากอัตราส่วนพื้นที่ต่อปริมาตร (S/V Ratio) ของห้องเผาไหม้สูง อัตราการไหลของส่วนผสมเข้าผนังจะมากขึ้น และจะสูญเสียความร้อนไป เป็นผลให้อุณหภูมิของก๊าซที่เผาไหม้ลดลง ซึ่งจะ ทำให้ปริมาณ HC เพิ่มขึ้น การหยุดตามของเปลว ตามช่วงที่ติดผนังห้องเผาไหม้ทั้งด้านข้างและ ด้านบนของลูกสูบ เป็นสาเหตุของการเกิด HC หลงเหลือจากการเผาไหม้ทั้งสิ้น

ในกรณีของส่วนผสมบางมาก การลามของเปลวช้า การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ แม้ว่าวาล์ว ไอเสียจะเปิดแล้ว ดังนั้น การเดินเครื่องในขณะส่วนผสมบางมากๆ จะทำให้เกิด HC มาก นอกจากว่าหากส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกันดีมาก จะมีการเผาไหม้ที่ดีขึ้น ช่วยลด HC ลงไปได้บ้าง

ปริมาณของก๊าซค้างสูง ทำให้ส่วนผสมแปรปรวน อาจจะทำให้เปลวไม่ลามต่อไป ในเครื่องยนต์สองจังหวะ ขณะความเร็วรอบต่ำ และในจังหวะคาย จะมีปริมาณ HC มากในไอเสีย

2.2.3 ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) ไนโตรเจนออกไซด์จากเครื่องยนต์เบนซิน ส่วนใหญ่ จะเป็นสารประกอบของ NO และมี NO_2 เล็กน้อย และหาก NO ถูกปล่อยออกไปในอากาศ จะ Oxidize ต่อไป ทันทีเป็น NO_2

ความเข้มข้นของ NO ในไอเสียขึ้นโดยตรงกับอุณหภูมิสูงสุดของการสันดาปและอัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิง ความเข้มข้นของ NO ที่ภาวะสมดุล ระหว่างการเผาไหม้แบบปริมาตรคงที่ นั้น จะสูงสุดที่อัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิง(เบนซิน) = 18 ไม่รวมการสูญเสียความร้อนไป (รูปที่ 4)

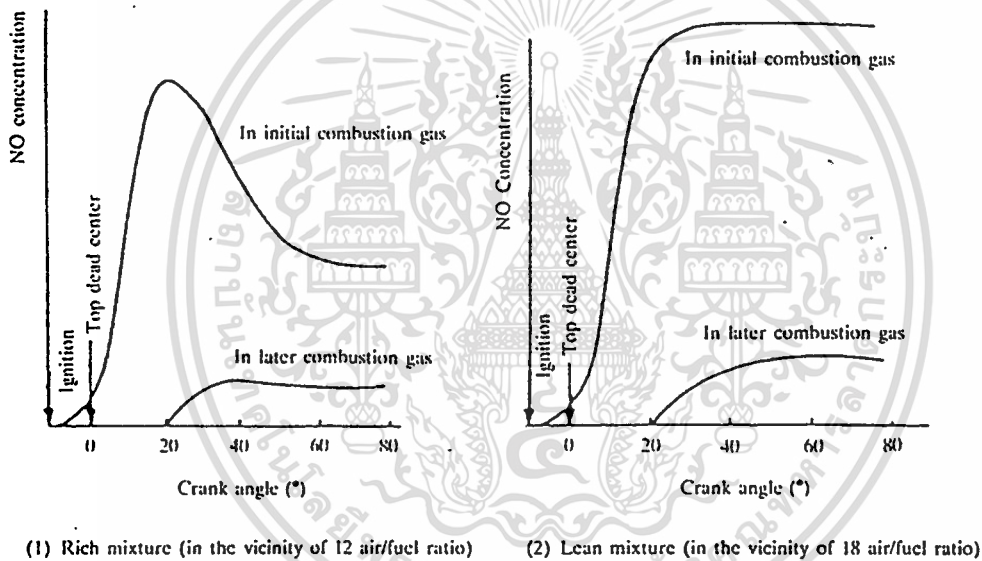


รูปที่ 4 แสดงความเข้มข้นของ NO ที่ภาวะสมดุลเผาไหม้เมื่อปริมาตรคงที่ [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากใช้ส่วนผสมหนา จะเห็นว่า ปริมาณ NO ลดลงมาก อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของ NO ในไอเสียจากเครื่องยนต์จริงจะสูงว่ามาก เพราะปฏิกิริยาเคมีไม่เป็นไปตามภาวะสมดุล เป็นผลกระทบต่ออุณหภูมิ ความดันระหว่างจังหวะคายด้วยความเร็วของการ Oxidize ของ NO จะช้ามาก

การเกิด NO ในเครื่องยนต์ เนื่องจากส่วนผสมบางส่วน อยู่ในภาวะอุณหภูมิสูงนานเกินไป NO เกิดขึ้นเรื่อยๆ ในก๊าซที่เผาไหม้แล้ว จนถึงขีดสูงสุดของความเข้มข้นในภาวะสมดุล หลังจากนั้น NO จะแตกตัวในจังหวะคาย ความเข้มข้นจะลดลงไปเล็กน้อย อย่างไรก็ตามการแตกตัวของ NO ช้ามาก ความเข้มข้นลดลงน้อยมาก เมื่อเทียบกับอุณหภูมิที่ลดลง ปริมาณ NO ที่ออกในไอเสียจึงสูง (รูปที่ 5)



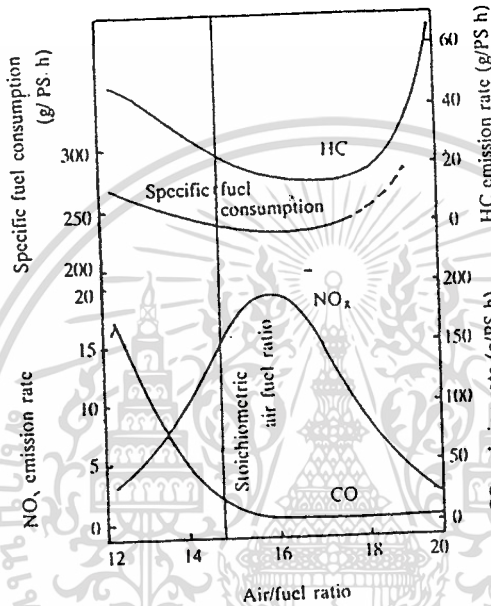
รูปที่ 5 แสดงความเข้มข้นของ NO ที่แปรตามเวลา [2]

ในกรณีของส่วนผสมบาง จะเห็นว่า เมื่อปริมาณ NO ขึ้นสูงสุดแล้ว จะไม่ลดอีกต่อไป ทั้งนี้เนื่องจากหลังจากเกิด NO แล้ว ความเข้มข้นของ NO ไม่เป็นไปตามอุณหภูมิแล้ว และ NO แตกตัวช้ามาก เลยทำให้ความเข้มข้น NO คงที่ตลอด

สำหรับส่วนผสมบางส่วนที่เผาไหม้ที่หลังนั้น เนื่องจากอุณหภูมิของการสันดาปลดลงแล้ว และเวลาที่อยู่ของก๊าซในห้องเผาไหม้ไม่นาน ปริมาณ NO จากก๊าซส่วนหลังจึงน้อยมาก

กระบวนการเกิด NO ในห้องเผาไหม้นั้น ยังต้องศึกษาทำการวิจัยอีกมาก กระบวนการเกิด NO บางส่วนยังไม่สามารถอธิบายได้ ที่ทำมาแล้วจะพิสูจน์ได้คือ ความเข้มข้นของ NO ในภาวะสมดุลเท่านั้น ซึ่งทำการทดลองที่อุณหภูมิของเปลว ความเข้มข้นของ NO จะสูงสุดเมื่อ การเผาไหม้เกิดที่อัตราส่วนผสม = 16 และถ้าหากส่วนผสมบางหรือหนากว่านี้ ปริมาณ NO ก็จะลด

ลงอย่างรวดเร็ว ในภาวะสมดุลยังแสดงให้เห็น ผลกระทบของอุณหภูมิต่อความเข้มข้นของ NO ได้ชัดเจน (รูปที่ 6)



รูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ของอัตราส่วนผสม สมรรถนะ และส่วนผสม [2]

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อมลพิษจากเครื่องยนต์เบนซิน

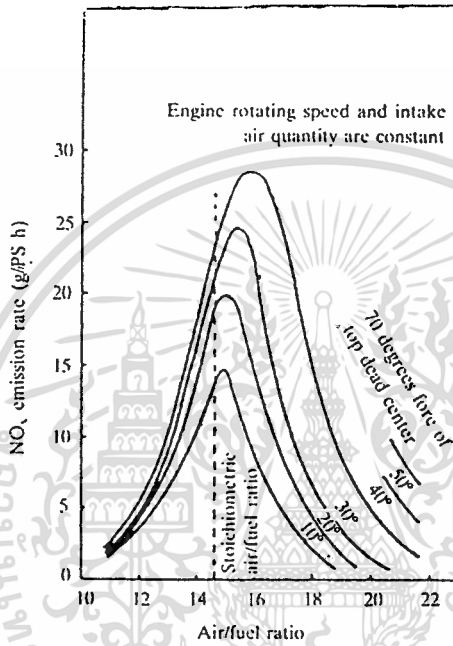
แฟกเตอร์ที่มีผลต่อมลพิษทั้งปริมาณและอัตรานั้น ส่วนใหญ่จะมีความสัมพันธ์กันทั้งสิ้น ในการพิจารณาจึงเน้นเฉพาะส่วนที่มีผลกระทบจริงๆ สำหรับความสัมพันธ์และผลกระทบต่อแฟกเตอร์ต่างๆ ต่อกันนั้น จะสรุปพอเป็นสังเขปดังนี้

2.3.1 อัตราส่วนส่วนผสม (อากาศต่อเชื้อเพลิง) โดยทั่วไปความเข้มข้นของมลพิษจากไอเสียแปรตามส่วนส่วนผสม CO เกือบจะพูดได้ว่า แปรตามอัตราส่วนส่วนผสมโดยตรง แฟกเตอร์อื่นมีผลน้อยมาก แต่ปริมาณ HC และอัตราเชื้อเพลิงจำเพาะ จะเพิ่มถ้าส่วนผสมบางไป เนื่องจากการลามของเปลวไม่สมบูรณ์ และการเผาไหม้ที่ผิดเวลา ปริมาณ NO จะสูงสุดที่ส่วนผสม 16 และจะลดลงอย่างรวดเร็ว หากส่วนผสมหมดหรือบางกว่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 เวลาจุดระเบิด เวลาจุดระเบิดต่ำ ความเข้มข้นของ NO_x จะลดลงอย่างรวดเร็ว จากค่าอัตราส่วนพอดี ในเครื่องยนต์ทั่วไปที่ไม่มีอุปกรณ์ควบคุมมลพิษ หากตั้งการจุดระเบิดล่าช้าไป 10° CA ความเข้มข้นของ NO_x จะลดลงร้อยละ 30-40 และกำลังขาออกลดลงด้วย อัตราการเกิด NO_x จะลดลงร้อยละ 20 อัตราการเกิด NO_x เป็นผลจากอุณหภูมิการสันดาป และการบำรุงรักษา ระบบจุดระเบิด การเกิด NO_x จะลดลงเร็วกว่าทางด้านของส่วนผสมหนา (รูปที่ 7)



รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ของการเกิด NO_x การจุดระเบิดและส่วนผสม[10]

การจุดระเบิดล่าช้า จะลดปริมาณ HC ด้วย เนื่องจากการเผาไหม้ไม่ทัน ทำให้เผาต่อไปในจังหวะคาย และอาจเผาต่อไปในท่อไอเสีย อุณหภูมิไอเสียอาจเพิ่มขึ้น ดังนั้นหากส่วนผสมบาง ปริมาณ HC จะน้อย แม้ว่าจะจุดล่าช้าไป

2.3.3 สภาวะไอดี อุณหภูมิไอดีสูงจะทำให้เพิ่ม NO_x และทำให้อากาศเข้าห้องเผาไหม้บางลง ทำให้กำลังตกด้วย สำหรับผลกระทบของอุณหภูมิไอดีต่อ HC นั้นน้อยมาก แต่ความดันไอดีต่ำจะลดปริมาณ NO_x แต่เพิ่ม HC ความชื้นในอากาศมากจะมีผลทำให้ NO_x ลด เนื่องจากทำให้อุณหภูมิเปลวต่ำลง จะเห็นได้ชัดขึ้นหากส่วนผสมบาง

2.3.4 ก๊าซค้าง หากมีก๊าซค้างในกระบอกสูบมาก จะทำให้อุณหภูมิก๊าซที่เผาไหม้ต่ำลง ปริมาณ HC จะเพิ่ม และเกิด NO_x ด้วย ในเครื่องยนต์ 2 จังหวะจะเห็นว่า มีปริมาณ NO_x น้อย เพราะการค้างจะมีมาก ในกระบอกสูบอยู่แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 ความดันกลับจากไอเสีย ความดันกลับจากไอเสียเนื่องจากไอเสียออกไม่สะดวก หรือออกไม่ทัน จะทำให้เกิดความดันกลับขึ้น ทำให้มีก๊าซค้างในกระบอกสูบมากขึ้น ลดปริมาณ NO_x แต่มีผลต่อ HC น้อยมาก

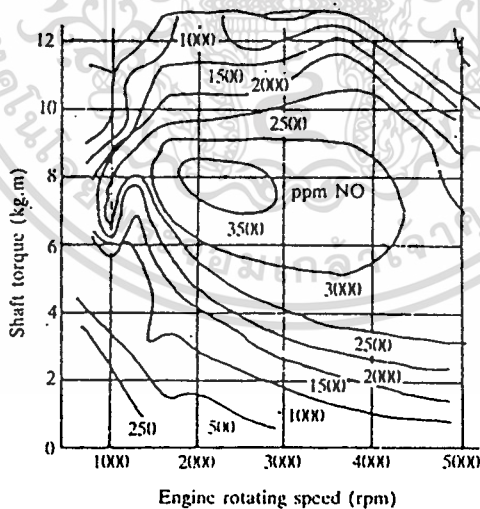
2.3.6 อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นสูงขึ้นจะช่วยลด HC ได้เล็กน้อย แต่ขณะเดียวกันก็เพิ่มปริมาณ NO_x

2.3.7 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องยนต์ โดยทั่วไป รูปแบบห้องเผาไหม้ที่มีอัตราส่วนพื้นที่ผิวของผนังต่อปริมาตรห้องเผาไหม้ (S/V Ratio) น้อย จะทำให้ปริมาณ HC น้อย ปริมาณ NO_x มาก ทั้งนี้ขึ้นกับตำแหน่งของการวางหัวเทียนด้วย

อัตราส่วนกำลังอัดสูง จะให้กำลังดี และประสิทธิภาพสูง บางกรณีอัตราส่วนกำลังอัดสูง จะเพิ่ม HC และลด NO_x แต่หากใช้ส่วนผสมบาง ปริมาณ NO_x จะเพิ่มขึ้น

ปริมาตรช่องชักเพิ่มจะลด HC และเพิ่ม NO_x ทำนองเดียวกับ อัตราส่วนช่องชักต่อเส้นผ่าศูนย์กลาง

2.3.8 สภาพการใช้งาน ความเร็วรอบของเครื่องยนต์มีผลต่อ CO HC และ NO_x น้อยมาก ภาระสูงจะให้ NO_x มาก ภาระต่ำ รอบต่ำจะให้ HC และ CO สูง ความเข้มข้นของ NO_x จะเปลี่ยนแปลงไปตามความเร็วรอบ กำลังเพลลา แปรตามส่วนผสม และเวลาจุดระเบิด (รูปที่ 8)



รูปที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ของ NO_x ต่อความเร็วรอบและกำลังเพลลา [3]

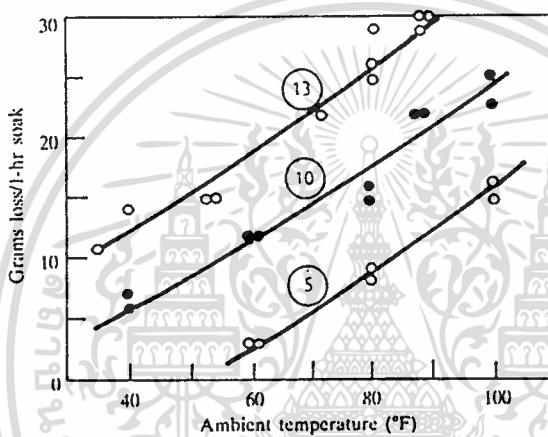
2.3.9 ชนิดของเชื้อเพลิง เครื่องยนต์เบนซินที่ใช้ LPG เป็นเชื้อเพลิง จะให้ HC ต่ำกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เบนซินมาก และ NO_x ก็จะสูงกว่มาก ทั้งนี้เพราะ LPG สามารถผสมเป็นเนื้อเดียวกับอากาศได้ดี การลุกไหม้สมบูรณ์กว่า จึงไม่มี HC เหลือมากนัก และการเผาไหม้ที่ดี ก็จะช่วยลดอุณหภูมิก๊าซเผาไหม้ ทำให้ปริมาณ NO_x เพิ่มขึ้น

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การระบายมลพิษจากเครื่องยนต์

มลพิษจากเครื่องยนต์เบนซินจะระบายออกทางระบบต่าง ๆ 3 ระบบ คือ

2.4.1 ระบบระเหย คือ ปริมาณเชื้อเพลิงที่ระเหยออกจากถังน้ำมันและคาร์บูเรเตอร์ การระเหยจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของบรรยากาศ อุณหภูมิของเครื่องยนต์ และความสามารถในการระเหยของน้ำมัน ซึ่งอาจเทียบเป็น Reid Vapor Pressure ได้ ถ้า RVP ยิ่งสูงก็ยิ่งระเหยได้ดียิ่งขึ้น



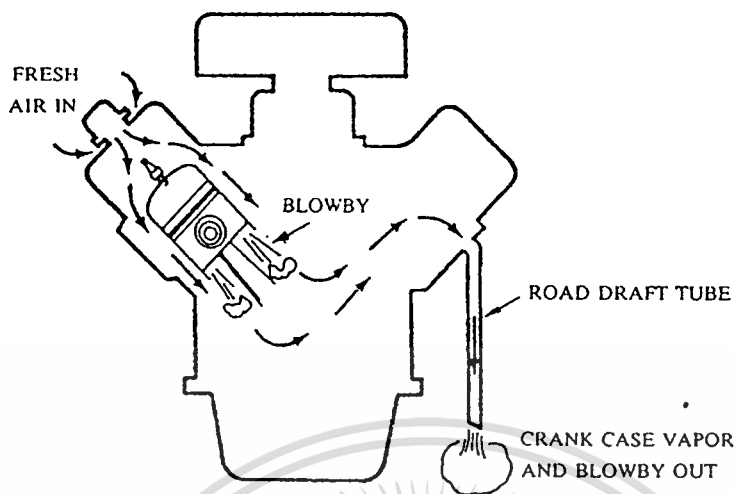
รูปที่ 9 แสดงการระเหยของเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิและ RVP ต่างๆกัน [4]

การเปิดปิดถังน้ำมันบ่อย จะทำให้น้ำมันระเหยออกมากขึ้น โดยเฉพาะขณะเติมน้ำมัน ปริมาณที่ระเหยจะเท่ากับปริมาตรของน้ำมันที่เติมเข้าไป สำหรับคาร์บูเรเตอร์นั้น ขณะที่ติดเครื่องอยู่ คาร์บูเรเตอร์จะมีอุณหภูมิเท่ากับบรรยากาศ แต่เมื่อดับเครื่องยนต์ คาร์บูเรเตอร์จะดูดความร้อนจากเครื่องยนต์ ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น และน้ำมันในคาร์บูเรเตอร์ก็จะระเหยออกทางช่องคาร์บิว ถ้าเครื่องร้อนมากก็จะระเหยมากขึ้น การระเหยของเชื้อเพลิงทั้งจากถังน้ำมันและคาร์บูเรเตอร์ ส่วนใหญ่จะเป็น สารไฮโดรคาร์บอนทั้งหมด ซึ่งเมื่อเทียบกับสารพิษที่ออกจากเครื่องทั้งหมดเป็นประมาณ 20 %

ตารางที่ 2 แสดงสารไฮโดรคาร์บอนที่ระเหยจากเครื่องยนต์ [4]

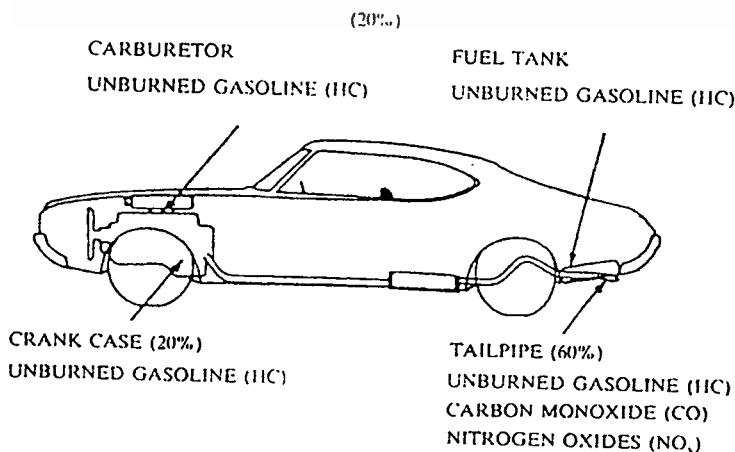
สาร	จากถังน้ำมัน กรัม/วัน	จากคาร์บูริว กรัม/วัน
พวคพาราฟิน		
C1-C2	17.70	13.10
C6 และหนักกว่า	4.50	18.10
พวคโอดฟิน		
C2-C4	0.45	0.45
C5 และหนักกว่า	5.90	7.26
พวคอะโรแมติก		
อย่างอื่นที่ไม่ใช่เบนซิน	1.36	1.81
เบนซิน	0.90	0.45
รวม	30.81	41.17

2.4.2 ระบบกันอ่าง สารพิษจากกันอ่างเกิดขึ้นจากการรั่วซึมของก๊าซในกระบอกสูบ ผ่านแหวนและลูกสูบลงมาถึงันอ่าง ทั้งในจังหวะอัดและจังหวะกำลัง ซึ่งทั่วไปเรียกว่า Blowby ก๊าซนี้จะประกอบด้วย อากาศ (มีไอน้ำอยู่ด้วย) เชื้อเพลิงที่ยังไม่ได้เผาไหม้ และก๊าซต่าง ๆ จากการเผาไหม้แล้ว ปกติจะมีก๊าซไฮโดรคาร์บอนและอากาศ 85% และไอลี 15% ดังนั้น ส่วนใหญ่ของสารพิษนี้จึงเป็น HC ก๊าซเหล่านี้จำเป็นอย่างยิ่งที่จำเป็นจะต้องระบายออกจากกันอ่าง มิฉะนั้นจะเกิดอันตรายกับเครื่องยนต์ เพราะก๊าซ น้ำ และน้ำมันในกันอ่าง จะผสมกันเป็นตะกอน และทำปฏิกิริยาเกิดเป็นกรดกัดกร่อนโลหะต่างๆ ทำให้เครื่องยนต์เสียหาย การขจัดก๊าซเหล่านี้แต่เดิมใช้วิธีปล่อยอากาศเข้ากันอ่างทางด้านหน้า และเป่าก๊าซเหล่านี้ออกทางด้านหลัง แต่ปัจจุบันผู้ผลิตได้ปรับปรุงเครื่องยนต์ที่ผลิตใหม่ ให้เก็บก๊าซเหล่านี้เข้าในลูกสูบอีก ซึ่งจะได้กล่าวต่อไปในหัวข้อของเทคนิคและการปรับปรุง

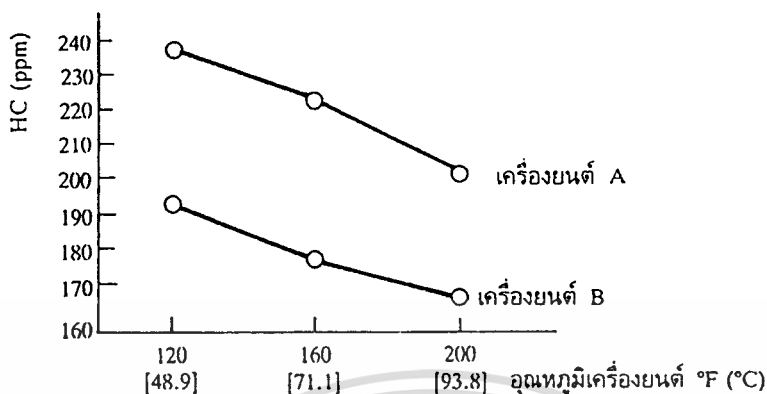


รูปที่ 10 แสดงการระบายก๊าซ Blowby ออกจากกันอย่าง

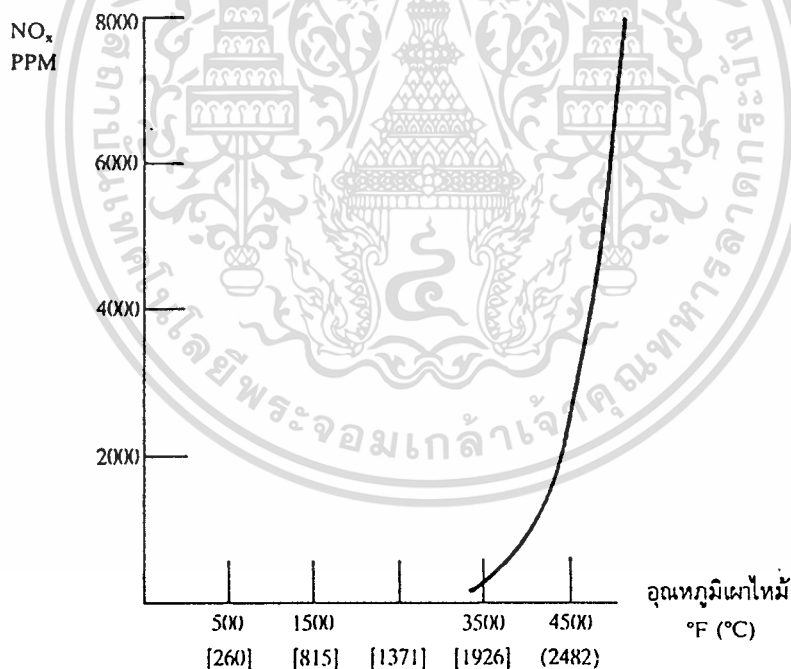
2.4.3 ระบบไอเสีย สารพิษจากระบบไอนี้เป็นอันตรายต่อมนุษย์มากที่สุด และเป็นระบบที่ปรับปรุงได้ยากด้วย ไอเสียจากเครื่องยนต์มีปริมาณ 60% ของสารพิษทั้งหมด สารพิษจากไอเสียจะประกอบด้วย HC ที่ยังไม่ได้เผา HC ที่เผาแล้วบางส่วน CO SO₂ สารละออง และ NO_x ซึ่งปริมาณของสารต่างๆ เหล่านี้ จะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับตัวแปรต่างๆ ของเครื่องยนต์ สถานการณ์และสภาวะ โดยเฉพาะช่วงของการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในกระบอกสูบ ไม่อาจจะทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ได้ การลดมลพิษตัวใดตัวหนึ่งในไอเสียลง อาจจะต้องปรับปรุงตัวแปรหลายตัว เช่น ถ้าต้องการลดปริมาณ HC ต้องให้อุณหภูมิเครื่องสูง และอัตราการใช้อากาศต่อเชื้อเพลิงต้องสูงด้วย แต่ขณะเดียวกัน เมื่อเพิ่มอุณหภูมิเครื่อง จะทำให้อุณหภูมิการเผาไหม้ในกระบอกสูบสูงขึ้น ซึ่งเป็นผลให้เกิด NO_x มากขึ้น และเร็วขึ้นตามลำดับ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 11 แสดงระบบการระบายมลพิษจา
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อสาธารณะ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 12 แสดงการเกิดไฮโดรคาร์บอนต่ออุณหภูมิของเครื่องยนต์ [5]



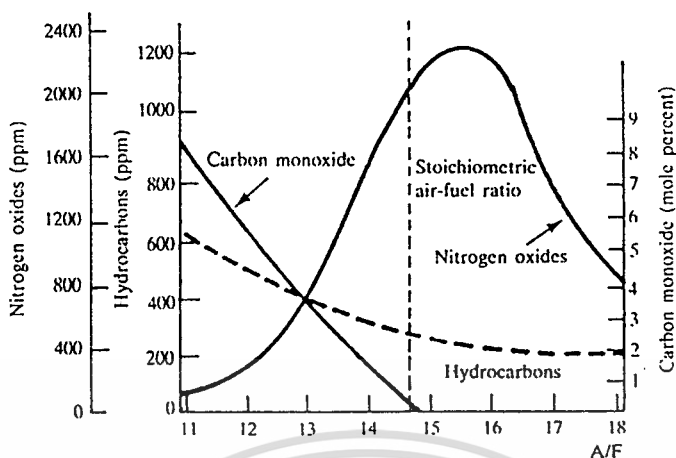
รูปที่ 13 แสดงการเกิด NO_x ต่ออุณหภูมิเผาไหม้ [5]

ดังนั้น การปรับลดสารพิษในไอเสีย จึงต้องพิจารณาหาวิธีการที่เหมาะสม ให้เกิดความพอดีของมลพิษแต่ละตัว ให้เข้าอยู่ในระดับมาตรฐานและถูกต้องตามกฎหมายที่วางไว้ เพื่อจะได้ไม่เป็น

อันตรายต่อพืช คน และสัตว์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



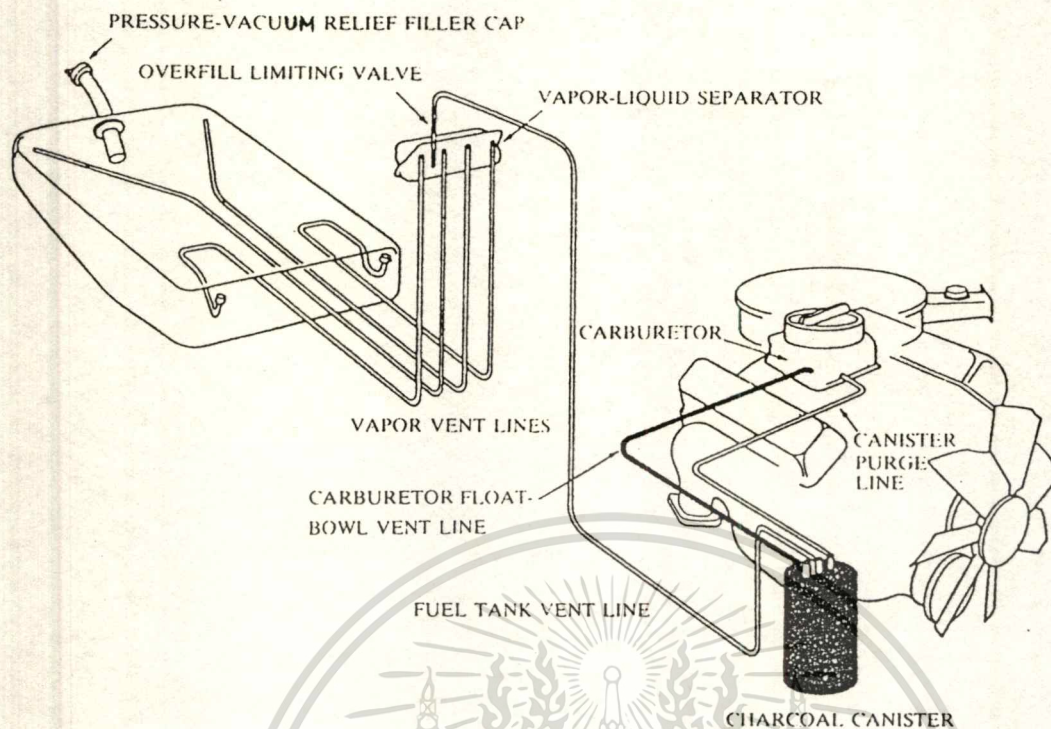
รูปที่ 14 แสดงการเกิด HC CO และ NO_x ต่ออัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิง [10]

2.5 เทคนิคการควบคุมและปรับปรุงมลพิษจากเครื่องยนต์

ดังได้กล่าวมาแล้ว มลพิษจากเครื่องยนต์เป็นต้นเหตุของการเกิดมลพิษเป็นส่วนใหญ่ การปรับปรุงมลพิษจากเครื่องยนต์ จึงถือเป็นความสำคัญเป็นอันดับแรก ได้มีการพัฒนาและปรับปรุงเพื่อให้เกิดมลพิษจากเครื่องยนต์ให้น้อยที่สุด โดยนักวิจัยจากโรงงานอุตสาหกรรม และมหาวิทยาลัยต่างๆ มากมาย ซึ่งพอจะสรุปได้เป็น 4 หัวข้อ คือ

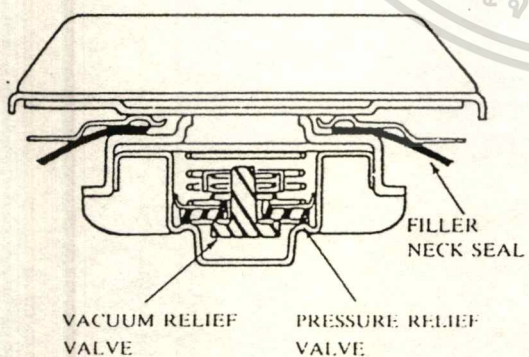
2.5.1 การเพิ่มอุปกรณ์ควบคุมมลพิษ ดังได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 2.4 มลพิษออกจากเครื่องยนต์ได้ 3 ระบบ จึงได้มีการออกแบบอุปกรณ์ควบคุมและลดมลพิษใน 3 ระบบนั้นๆ

อุปกรณ์ระบบระเหย มลพิษจะระเหยออกจากถังน้ำมันและที่คาร์บูเรเตอร์ จึงได้มีการต่อท่อดักเก็บไอน้ำมันจากทั้งสองแหล่ง แล้วให้ผ่านตัวดักไอที่ประกอบด้วยสารถ่าน (Charcoal Canister) ซึ่งเมื่อไอน้ำมันผ่านก็จะดักไอ HC ไว้ และเมื่อเวลาติดเครื่อง อากาศจะเข้าเครื่อง โดยผ่าน Canister ดูดเอา HC กลับเข้าเครื่องยนต์ใหม่

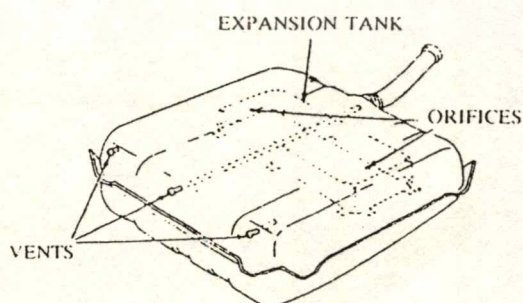


รูปที่ 15 แสดงระบบดักไอระเหยจากเครื่องยนต์

นอกจาก Canister แล้ว ยังมีอุปกรณ์ดักเก็บไออย่างอื่นอีก เช่น ฝาปิดน้ำมันชนิดดักไอ ถังน้ำมันแบบเผื่อขยายที่คาร์บูเรเตอร์ ก็สามารถใช้แผ่นดักรับความร้อนจากเครื่อง ไม่ให้ส่งต่อไปยังคาร์บิว

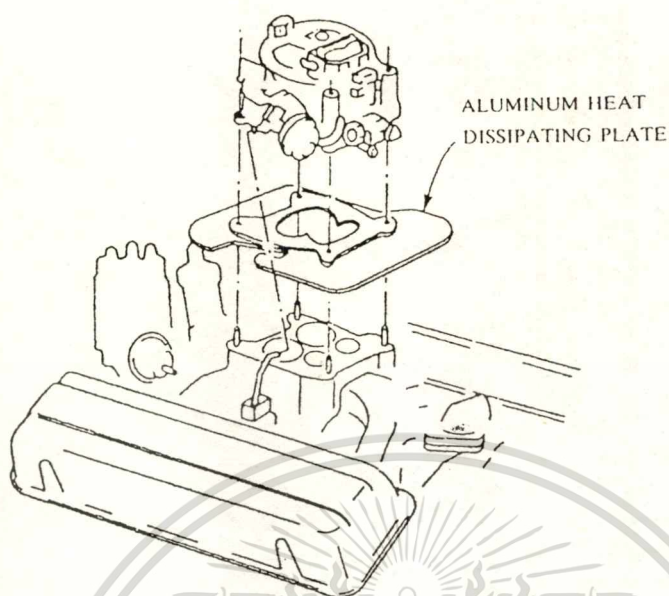


รูปที่ 16 แสดงฝาปิดน้ำมันดักไอ



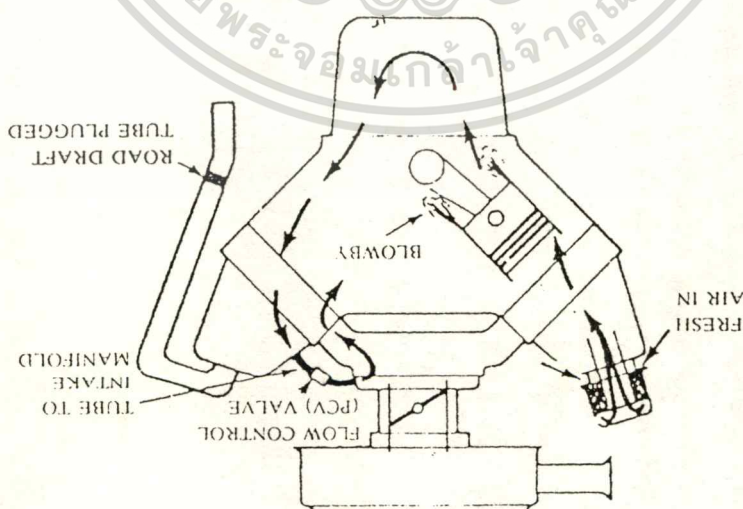
รูปที่ 17 แสดงถังน้ำมันแบบเผื่อขยาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 18 แสดงแผ่นดักรับความร้อนจากเครื่องยนต์

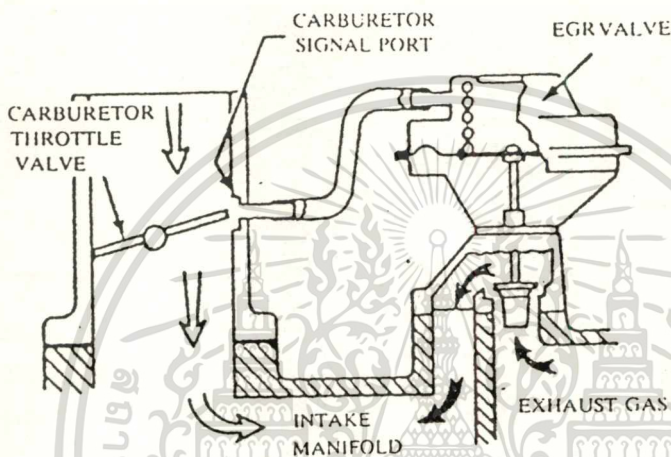
อุปกรณ์ในระบบกันอ่าง เดิมการระบายออกจากกันอ่าง จะต่อท่อทิ้งไปเลย ๆ ปัจจุบันได้ดักเก็บไอเหล่านั้น ผ่านเข้าไปในระบบไอดี แล้วส่งต่อไปเผาไหม้ในเครื่องยนต์ต่อไป การออกแบบไม่ว่าจะเป็นชนิดใด ควรจะมีวาล์วดัก Back fire เพื่อไม่ให้เกิดการระเบิดของกันอ่าง



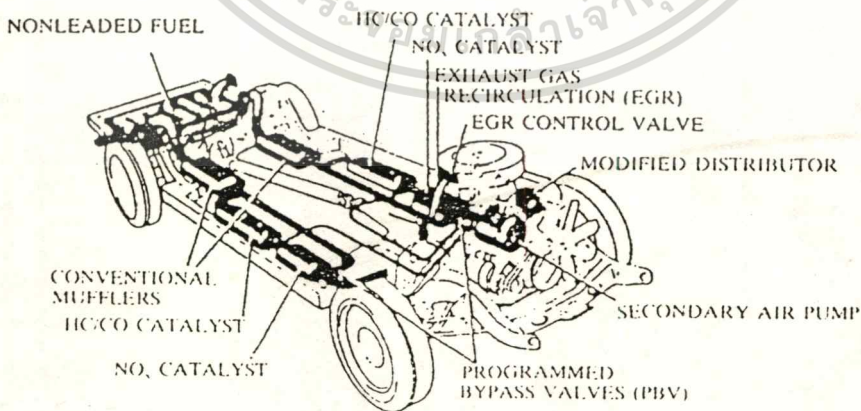
รูปที่ 19 แสดงระบบดักไอกันอ่าง PCV และวาล์ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ในระบบไอเสีย ปกติที่ใช้กัน คือ EGR วาล์ว ให้ไอเสียผ่านเข้าไปในท่อไอดี แล้วรวมกับไอดีที่เข้ามาแล้วเผาไหม้ต่อไป หรืออาจใช้วิธีพ่นอากาศเข้าท่อไอเสีย O_2 จะทำปฏิกิริยากับ HC และ CO ทำให้ลดมลพิษลง หรือติด Catalytic Converters ซึ่งจะเปลี่ยน HC และ CO ให้เป็น H_2O และ CO_2 และแยก NO_x ออกเป็น N_2 และ O_2 แต่ยังมีปัญหา คือ Sulfur ในน้ำมันที่ผ่านออกมาจะทำให้ Catalytic Converter เสื่อม



รูปที่ 20 แสดงระบบถ่ายเทไอเสีย EGR



รูปที่ 21 แสดงระบบอุปกรณ์ปรับปรุงไอเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 ปรับปรุงระบบการเผาไหม้ มลพิษ 60% ออกจากไอเสียของเครื่องยนต์ และไอเสียนี้จะมีมลพิษมากหรือน้อยขึ้นกับการเผาไหม้ในกระบอกสูบ หากสามารถปรับปรุงให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ได้ก็จะไม่มีมลพิษเลย แต่การเผาไหม้ขึ้นอยู่กับตัวแปรที่สัมพันธ์กันหลายตัว ซึ่งไม่อาจจะทำให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ได้ แต่อาจจะปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ ซึ่งได้มีการปรับปรุงแล้ว คือ

ระบบคาร์บูเรเตอร์ ออกแบบบนมหนู และปรับระบบให้ส่วนผสมบางลง จะทำให้ลด HC และ CO แต่ NO_x จะเพิ่มขึ้น

เพิ่มอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น จะทำให้อุณหภูมิเครื่องเพิ่มขึ้น จะลด HC และ CO แต่ NO_x จะเพิ่มขึ้น

ออกแบบระบบกรองอากาศใหม่ ให้ดูดอากาศได้สะดวก จะได้ส่วนผสมบางที่ออกแบบไว้อย่างถูกต้อง

ลดอัตรากำลังอัดของเครื่องลง เพื่อใช้น้ำมัน Octane ต่ำที่ไม่มีตะกั่ว และลดอุณหภูมิในกระบอกสูบ ทำให้ลด NO_x ลง

Stratified charged คือ การปรับปรุงการส่งส่วนผสมของเชื้อเพลิงเข้ากระบอกสูบ ให้มีความหนาบางต่างกัน และให้จุดเผาไหม้ที่ส่วนผสมหนา ก่อน แล้วจึงจะลามไปยังส่วนผสมบาง การส่งเชื้อเพลิงแบบนี้ จะทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้น สามารถใช้ส่วนผสมบางลง จะลด HC ในไอเสียลง ระบบ Stratified นี้อาจใช้ Precombustion Chamber หรือใช้หัวฉีดฉีดน้ำมันเข้าไปในห้องเผาไหม้ก็ได้

จัดระบบวาล์วให้เหลื่อมมากขึ้น โดยให้มี Overlap มากกว่าเดิม เพื่อจะได้เหลือไอเสียไว้ในกระบอกสูบมากขึ้น ไอเสียที่เหลือจะรวมกับส่วนผสมใหม่แล้วเผาไหม้ต่อไป ทำให้อุณหภูมิห้องเผาไหม้ลดลง ทำให้ลด NO_x ลง

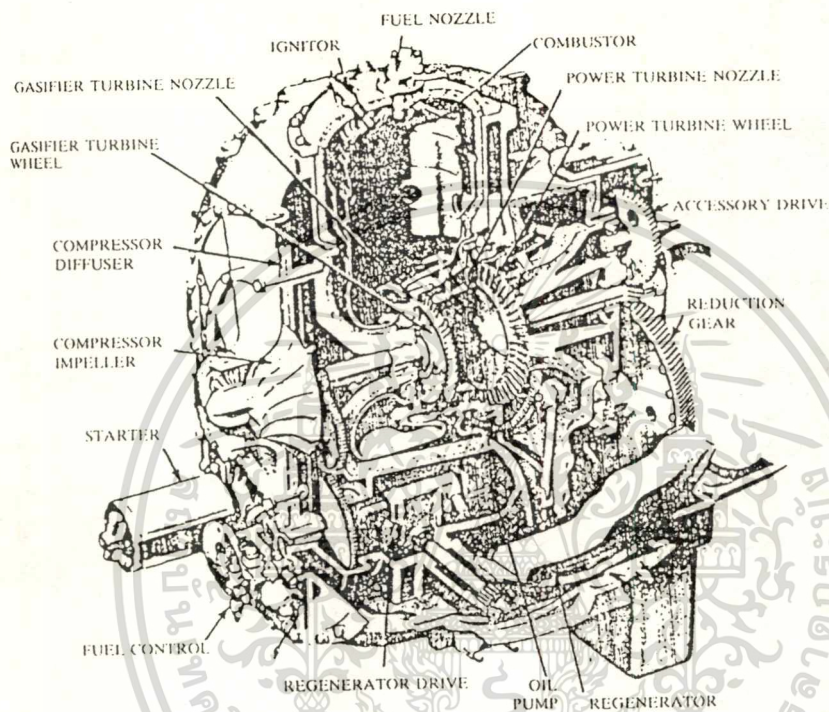
ปรับปรุงระบบ Vacuum Advance ให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น โดยเฉพาะช่วงของโหลดน้อยและไม่มีโหลด เพราะเครื่องยนต์จะร้อนแล้วให้ NO_x สูง

Turbocharged เครื่องยนต์ โดยเฉพาะใช้เครื่องที่มี C.R. ต่ำได้ ดังนั้นอุณหภูมิจะไม่สูง จะลด NO_x ลง และเมื่อใช้ไอเสียมาขับ Turbocharger ทำให้ลด HC และ NO_x ลง

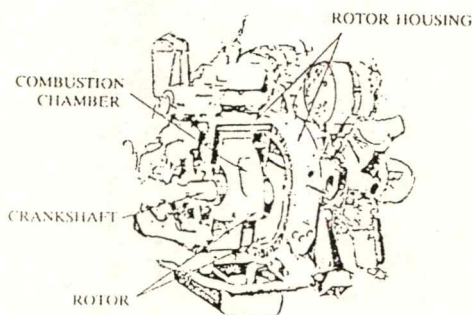
2.5.3 ออกแบบเครื่องยนต์ใหม่ เครื่องยนต์ที่ออกแบบใหม่ และกำลังทำวิจัยจะใช้แทนแบบเดิมนั้น คือ

Wankel เป็นเครื่องยนต์แบบโรตารี มี C.R. ต่ำ ทำให้ลด NO_x และ CO แต่มี HC สูง ดังนั้น ถ้ามีการปรับปรุงดัก HC กลับไปใช้ใหม่ได้ ก็จะใช้เครื่อง Wankel ได้ (รูปที่ 23)

Gas Turbine ประกอบด้วยเครื่องอัดอากาศ ห้องเผาไหม้ และกังหัน ซึ่งให้กำลังสูง และให้มลพิษ HC และ CO น้อย แต่ยังมีปัญหาของ NO_x และมีราคาแพงมาก (รูปที่ 22)



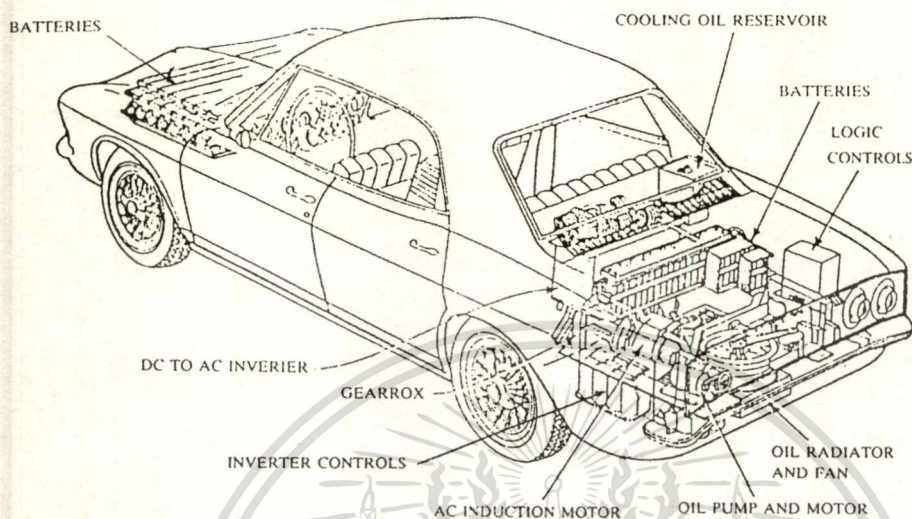
รูปที่ 22 แสดงส่วนประกอบของเครื่องยนต์ Gas Turbine



รูปที่ 23 แสดงส่วนประกอบของเครื่องยนต์ Wankel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

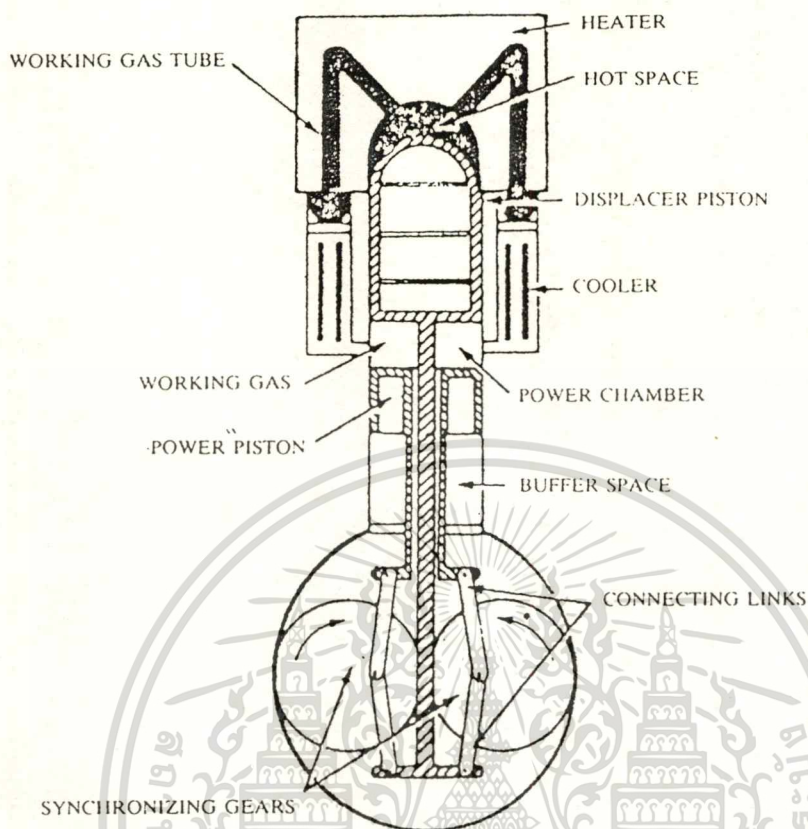
เครื่องไฟฟ้า คือ ใช้แบตเตอรี่เก็บไฟฟ้าสำหรับบังคับการขับเคลื่อน จะไม่มีมลพิษเลย แต่แบตเตอรี่ในปัจจุบันยังใช้ไม่ได้ และไม่สามารถจะอัดให้เก็บไฟฟ้าได้นาน ๆ ได้ (รูปที่ 24)



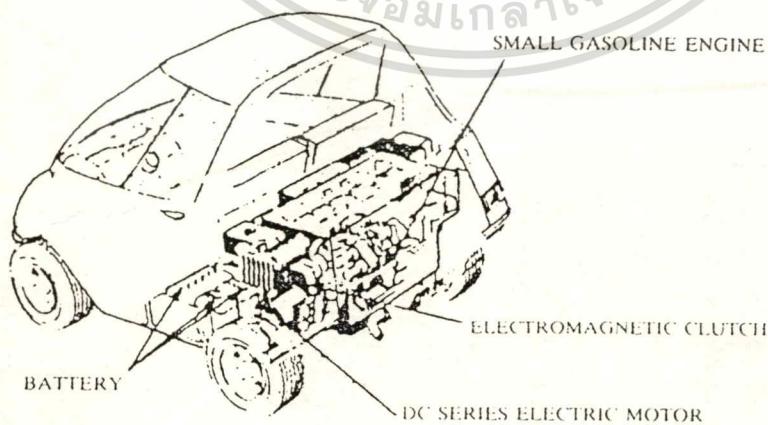
รูปที่ 24 แสดงส่วนประกอบของรถยนต์ไฟฟ้า

Stirling เป็นเครื่องยนต์สมบูรณ์วัฏจักรปิด ที่ใช้อากาศร้อนแปลงพลังงานความร้อนให้เป็นพลังงานกล วัฏจักรของการเผาไหม้เป็นแบบการเผาไหม้ต่อเนื่องจากข้างนอก (Continuous external - combustion process) เครื่องยนต์ชนิดนี้ให้อิเสัยที่สะอาด กว้าน้อย ไม่มีกลิ่น ไม่มีเสียง ซึ่งเป็นเครื่องยนต์ที่เหมาะสมกับสถานการณ์ในปัจจุบัน ในยุคของน้ำมันแพง และต้องขจัดไอเสียไปพร้อมกันด้วย (รูปที่ 25)

Hybrid เครื่องยนต์ไฮบริด คือ เครื่องยนต์ที่ใช้ทั้งแก๊ส โซลีนและไฟฟ้าร่วมกัน หรือเป็นเครื่องสเตอร์ลิงที่มีมอเตอร์ไฟฟ้าก็ได้ หลักการใหญ่ ๆ คือ พยายามออกแบบให้ใช้กำลังจากการเบรคมาประจุแบตเตอรี่ การออกแบบเครื่องไฮบริดปัจจุบันยังไม่ดีพอ เพราะการควบคุมเครื่องยนต์และไอเสีย ต้องทำทั้งสองระบบ คือ ทั้งเครื่องสเตอร์ลิงและแบตเตอรี่ด้วยกัน ซึ่งยังมีข้อเสียหลายอย่าง (รูปที่ 26)



รูปที่ 25 แสดงส่วนประกอบของเครื่องยนต์สเตอร์ลิง



รูปที่ 26 แสดงส่วนประกอบของรถยนต์ไฮบริด

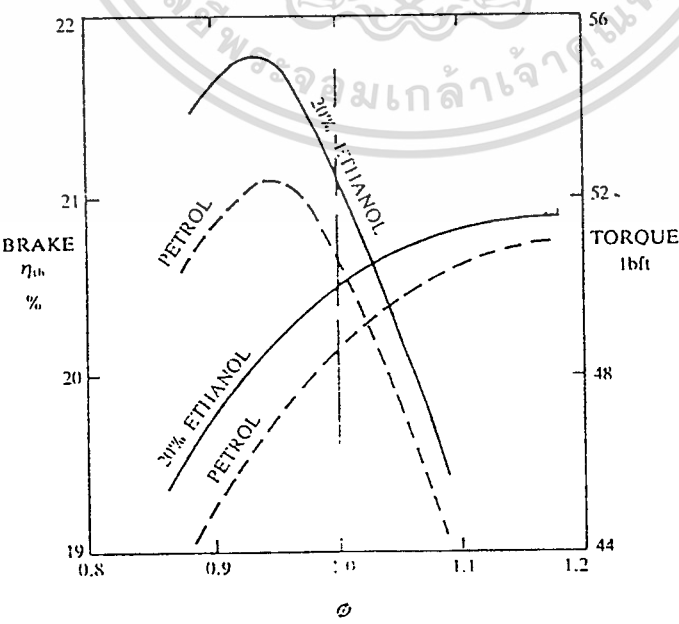
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4 เปลี่ยนเป็นเชื้อเพลิงชนิดอื่น เนื่องจากวิกฤติการณ์ของน้ำมัน มีส่วนผลักดันให้ผู้
ใช้เครื่องยนต์พยายามหาเชื้อเพลิงอื่นมาทดแทน ในขณะเดียวกันก็ศึกษาทางไอเสียและมลพิษจาก
เครื่องยนต์ด้วย ดังจะเห็นได้จากตารางที่ 3 ซึ่งมีเชื้อเพลิงที่ทดแทนได้ต่าง ๆ กัน และให้มลพิษ
ต่าง ๆ กัน

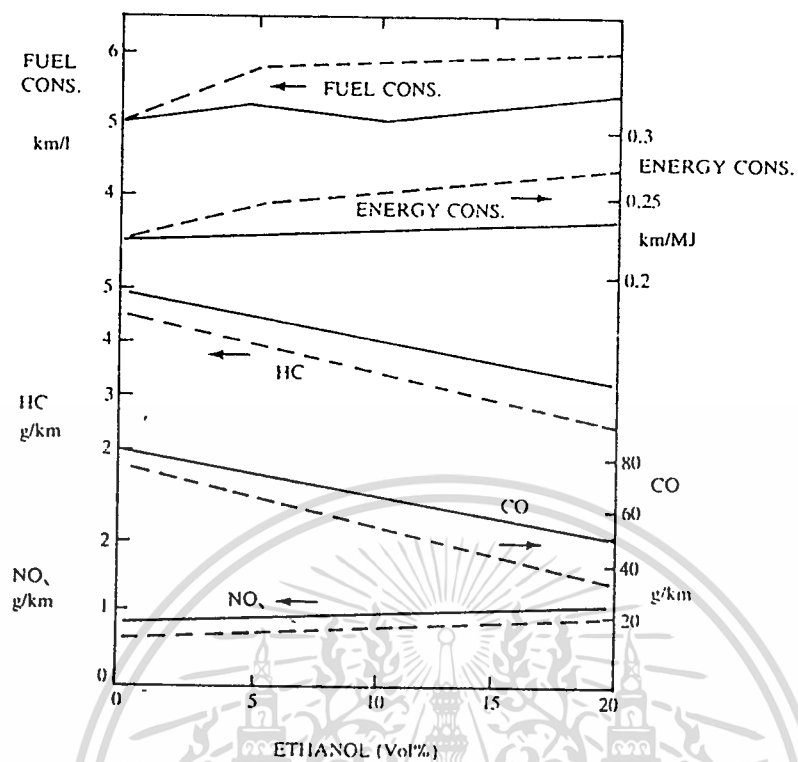
ตารางที่ 3 แสดงเชื้อเพลิงทดแทนในเครื่องยนต์และคุณสมบัติ (Berhardt 1976)

สูตร	ชนิด	ค่าความร้อน		การเก็บ	ราคา	แหล่ง	ใช้กับ	มลพิษ
		KJ/3x10 ³ m	MJ/kg	และจ่าย	ผลิต	หาได้	เครื่องได้	
เมทานอล	CH ₃ OH	16	19.7	ง่าย	ต่ำ	ง่าย	ดีมาก	น้อย
เอทานอล	C ₂ H ₅ OH	21.3	26.3	ง่าย	สูง	ยาก	ดีมาก	น้อย
ไฮดราซีน	N ₂ H ₄	14.9	16.7	ยาก	สูงมาก	ง่ายมาก	ไม่ดี	มาก
แอมโมเนีย	NH ₃	14.3	18.2	ยาก	สูง	ง่ายมาก	พอใช้	มาก
ไฮโดรเจน (hydrides)	H ₂	17.9	120	ยากมาก	สูง	ง่ายมาก	ดี	น้อยมาก

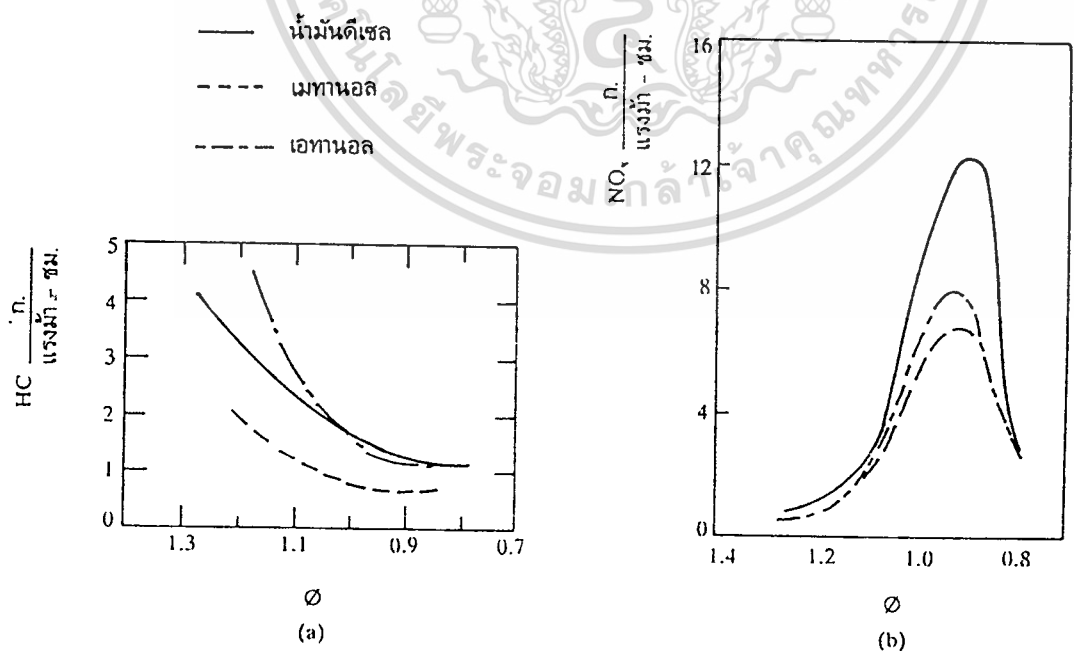
เชื้อเพลิงทดแทนที่ใช้ในเครื่องยนต์ได้เลย โดยไม่มีการดัดแปลงเครื่องยนต์ คือ น้ำมัน
ผสมของเมทานอล + เบนซิน และ เอทานอล + เบนซิน ซึ่งจะยกตัวอย่างงานวิจัยบางรูปมาไว้ ณ
ที่นี้



เอกสารนี้รูปที่ 27 แสดงการเปรียบเทียบกำลังเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงเอทานอล[10] ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

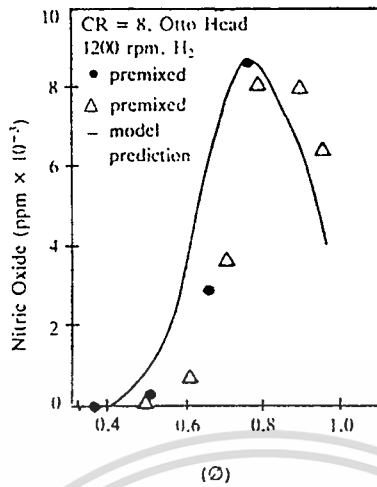


รูปที่ 28 แสดงค่ามลพิษจากเชื้อเพลิงผสมเอทานอล [9]



รูปที่ 29 แสดงการเปรียบเทียบไอเสียจากเครื่องยนต์เมื่อใช้เมทานอลและเอทานอล [9]

เอกสารนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่ควรนำข้อมูลไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสาร



รูปที่ 30 แสดงค่าของ NO_x เมื่อใช้ H₂ ในเครื่องยนต์

2.6 น้ำมันเชื้อเพลิงและเชื้อเพลิงทดแทน

เชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน เป็นสารผสมไฮโดรคาร์บอน ที่มีโมเลกุลและน้ำหนักต่าง ๆ กัน สารผสมไฮโดรคาร์บอนนี้ ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบปิโตรเลียม ซึ่งสามารถแบ่งน้ำมันดิบออกเป็น 2 ชนิดคือเป็น Paraffin base และ Naptha base ในการกลั่นแยกส่วนต่าง ๆ ออกจากกันนั้น อาศัยสารไฮโดรคาร์บอนที่มีจุดเดือดต่างกัน ส่วนเบาที่มีจุดเดือดต่ำกว่า เช่น C₄H₁₀ (butane), C₃H₈ (propane), C₂H₆ (ethane) จะแยกออกมาก่อน แล้วต่อมาก็จะเป็นแก๊สโซลีน, แนปทา, คีโรซีน, ดีเซล, น้ำมันหล่อลื่น และขี้ผึ้งหรือยางมะตอย

2.6.1 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงไฮโดรเจน

ดังที่กล่าวมาแล้ว เชื้อเพลิงที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นสารประกอบของไฮโดรคาร์บอน และก่อนที่จะกล่าวถึงการเผาไหม้ จึงควรจะศึกษาคุณสมบัติของเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอนก่อน

2.6.1.1 ค่าความร้อน (Heating Value) คือ ปริมาณความร้อนที่เชื้อเพลิงให้ หลังจากการเผาไหม้ต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนัก ซึ่งอาจหาค่าได้โดยใช้ Gas Calorimeter และ Bomb Calorimeter ก็ได้ ค่าความร้อนที่ทดลองได้จาก Calorimeter จะเป็นค่าความร้อนสูงกว่า (Higher heating value) สำหรับในการใช้งาน มักจะใช้ค่าความร้อนต่ำกว่า (Lower heating value) มาใช้ในการคำนวณ

ค่าความร้อนจากเชื้อเพลิง อาจจะคำนวณจากสูตรได้

$$GCV = (33800 \times C) + (14400 \times H) + (9300 \times S) \quad \text{kJ/kg}$$

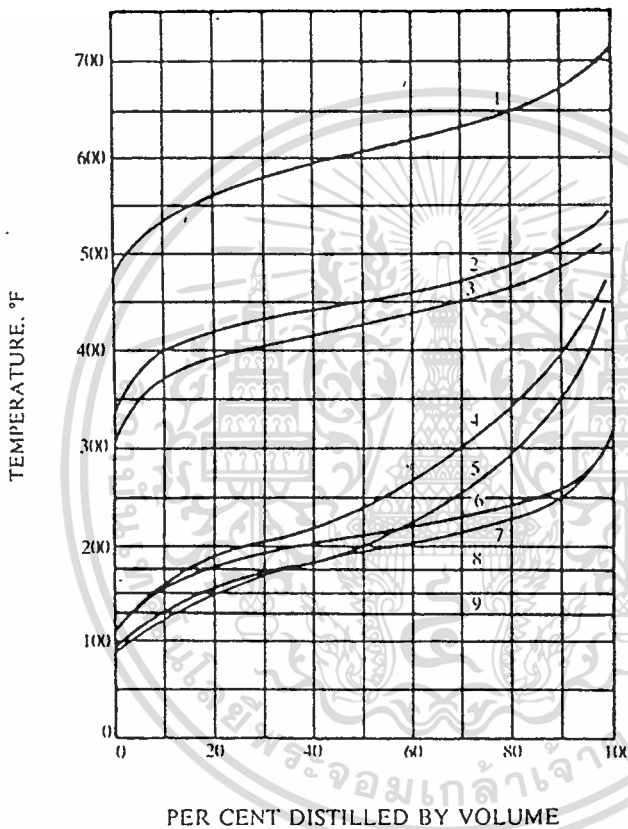
เอกสารนี้เป็นเอกสาร GCV = Gross Calorific Value เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 kg. C เผาเป็น CO_2 หหมด จะให้ความร้อน = 33800 kJ

1 kg H_2 ผสมกับ O_2 กลายเป็นไอน้ำ ให้ความร้อน = 144000 kJ

1 kg S ผสมกับ O_2 กลายเป็น SO_2 ให้ความร้อน = 9300 kJ

2.6.1.2 ความสามารถในการระเหย (Volatility) คือ ความสามารถในการระเหยต่ออุณหภูมิ ของเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอน ดังรูปที่ 31



Typical ASTM distillation curves.

- | | |
|---------------------|----------------------------------|
| 1. heavy-diesel oil | 5. winter gasoline |
| 2. distillate | 6. aviation gasoline |
| 3. kerosene | 7. low exhaust emission gasoline |
| 4. summer gasoline | 8. ethyl alcohol |
| | 9. benzene |

รูปที่ 31 แสดงการระเหยของเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอนต่ออุณหภูมิ[1]

คุณสมบัติของการระเหยต่ออุณหภูมินี้ มีความสำคัญต่อการใช้งาน คือ เชื้อเพลิงส่วนที่ระเหยเท่านั้น จึงจะเกิดการสันดาป อุณหภูมิในการใช้งานของเครื่องยนต์มีค่าต่าง ๆ กัน จึงจำเป็นต้องเลือกเชื้อเพลิงที่เหมาะสมกับอุณหภูมินั้นๆ เพื่อให้เกิดการสันดาปที่สมบูรณ์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1.3 นัมเบอร์ออกเทน (Octane Number) คือ ตัวเลขบอกความต้านทานต่ออุณหภูมิและความดันในการติดไฟ ถ้าความดันและอุณหภูมิสูง เชื้อเพลิงยังไม่ติดไฟ ก็เรียกว่า เชื้อเพลิงชนิดนี้มี Octane Number สูง โดยเทียบกับเชื้อเพลิง Iso-octane C_8H_{18} ซึ่งมี Octane No.= 100 และเชื้อเพลิง C_7H_{16} Normal-heptane ซึ่งมี Octane No.= 0

2.6.1.4 นัมเบอร์ซีเทน (Cetane Number) คือ ตัวเลขที่บอกว่า ในความดันและอุณหภูมิหนึ่งนั้น เชื้อเพลิงสามารถจะติดไฟได้เร็วแค่ไหน โดยเฉพาะน้ำมันดีเซล โดยเทียบกับน้ำมัน Cetane $C_{16}H_{34}$ จะมี Cetane No.= 100 และน้ำมัน Alpha methyl-napthalene $C_{11}H_{10}$ ซึ่งมี Cetane No.= 0

2.6.1.5 จุดวาบไฟ (Flash Point) คือ อุณหภูมิที่เชื้อเพลิงสามารถจะให้ไอ และติดไฟวาบขึ้นได้

2.6.1.6 จุดติดไฟ (Fire Point) คือ อุณหภูมิที่เชื้อเพลิงสามารถจะให้ไอ และติดไฟต่อไปได้เอง

2.6.1.7 ความถ่วงจำเพาะ คือ น้ำหนักของน้ำมันต่อปริมาตรของน้ำที่อุณหภูมิเดียวกันปกติทั่วไปนิยมใช้เป็น API Gravity (American Petroleum Institute) ซึ่งหาได้ดังนี้

$$\text{API Gravity} = \frac{141.5}{\text{Sp.gr.at } 60F/60F} - 131.5$$

โดยทั่วไป ถ้า API Gravity สูง น้ำมันนั้นจะมีค่าซีเทนสูงขึ้น

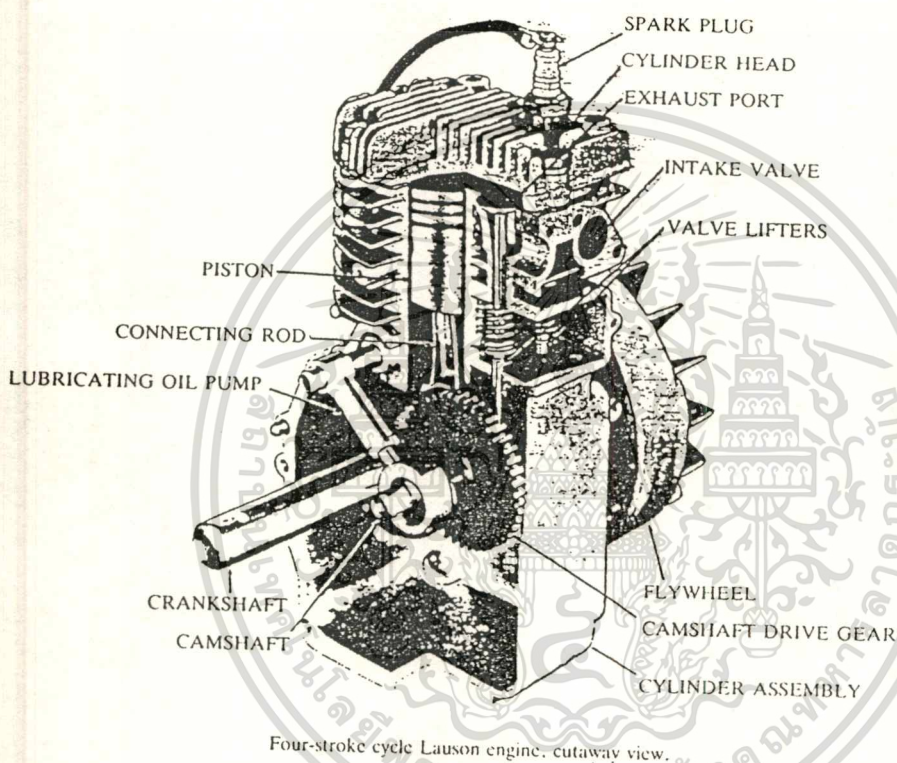
2.4.1.8 ปริมาณกำมะถัน คือ ปริมาณกำมะถันที่มีในเชื้อเพลิง ถ้าปริมาณกำมะถันมากจะให้โทษกับเครื่องยนต์ โดยที่กำมะถันทำปฏิกิริยากับออกซิเจนและน้ำ จะกลายเป็นกรดกำมะถัน ซึ่งจะกัดโลหะให้ผุกร่อนไป

2.6.1.9 Carbon Residue คือ ปริมาณคาร์บอนที่ยังเหลือในเชื้อเพลิงหลังจากเผาไหม้แล้ว อาจจะเป็นเพราะปริมาณอากาศหรือออกซิเจนไม่พอ หรือเพราะภาวะไม่เหมาะสม ทำให้เกิดการสันดาปที่ไม่สมบูรณ์ และมีปริมาณคาร์บอนเหลืออยู่ จะเป็นในรูปของคาร์บอน หรือสารประกอบก็ได้

2.6.1.10 Ash คือ จี๊เถ้าที่เหลือหลังจากเผาเชื้อเพลิงแล้ว ถ้าเชื้อเพลิงใดมีจี๊เถ้ามาก ก็ต้องมีกระบวนการขจัดจี๊เถ้า ดังนั้น จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในเครื่องยนต์สันดาปภายใน

2.7 ความรู้ขั้นพื้นฐานเกี่ยวกับเครื่องยนต์

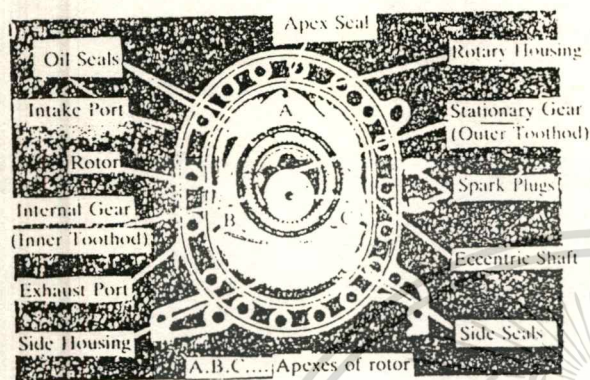
2.7.1 ชนิดของเครื่องยนต์ โดยทั่วไปจะแบ่งออกต่าง ๆ กัน แต่ที่นิยมใช้กันเป็นแบบลูกสูบ และมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ กระบอกสูบ ลูกสูบ ก้านสูบ ขั้วเหวี่ยงและอื่น ๆ ดังแสดงในรูปที่ 32 ซึ่งแต่ละชิ้นส่วนนั้น ๆ มีหน้าที่และความสำคัญต่าง ๆ กัน



รูปที่ 32 แสดงส่วนประกอบของเครื่องยนต์แบบลูกสูบ

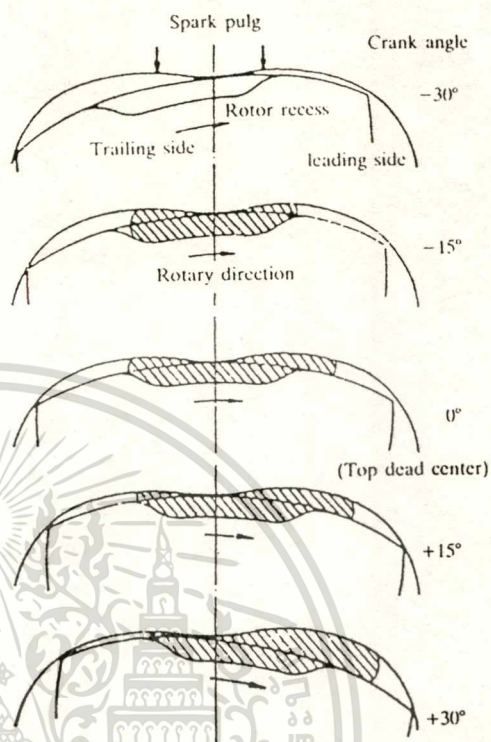
นอกจากแบบลูกสูบแล้ว ยังมีแบบโรตารี หรือ ที่เรียกกันว่าเครื่อง Wankel ซึ่งมีลูกสูบเป็นรูปสามเหลี่ยม และเสื้อสูบก็เป็นรูป Epitroclloid ลักษณะของการเกิดการสันดาปต่างกัน และเป็นการสันดาปที่ไม่สมบูรณ์ เพราะเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ยังเป็น Fluidized เนื่องจากการหมุนของ Rotor รูปร่างและปริมาตรของห้องเผาไหม้จะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา การสันดาปเริ่มที่หัวเทียนและลามไปจนนำหน้าส่วนผสมที่ยังไม่ได้จุด แล้วจะลามย้อนกลับมาหาเปลวที่จุดแล้ว ถึงแม้จะพยายามใช้หัวเทียน 2 หัวแล้ว ก็ยังไม่สามารถปรับปรุงการสันดาปให้สมบูรณ์ได้ เป็นเหตุให้เกิดสารมลพิษ เช่น HC และ CO มาก สิ้นเปลืองเชื้อเพลิง แต่ค่า NO_x ต่ำ ซึ่งน่าสนใจ ปัจจุบันเครื่องยนต์โรตารียังอยู่ในระหว่างการพัฒนาทั้งความคงทนของเครื่องยนต์ ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง และการควบคุมมลพิษ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Major parts of Wankel engine. (Mazda)

Wankel Rotary Engine



Flame propagation in a rotary engine

รูปที่ 33 แสดงส่วนประกอบของเครื่องยนต์โรตารีและการลามของเปลว

สำหรับเครื่องยนต์แบบลูกสูบ นิยมแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. เครื่องยนต์แบบ SI (Spark Ignition) คือ เครื่องยนต์ ที่มีหัวเทียนช่วยในการจุดระเบิด และใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง
2. เครื่องยนต์แบบ CI (Compression Ignition) คือ เครื่องยนต์ที่จุดระเบิดด้วยตนเองและใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง มี Pump และหัวฉีด ช่วยในการฉีดน้ำมันเข้าห้องเผาไหม้

ตารางที่ 4 แสดงข้อแตกต่างของเครื่องยนต์เบนซินและดีเซล

ข้อแตกต่างระหว่างเครื่องยนต์ SI และ CI คือ

Spark Ignition	Compression Ignition
1. ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน	ใช้น้ำมันดีเซล
2. C.R. ต่ำ ประมาณ 6-11	C.R. สูง ประมาณ 11-20
3. ใช้หัวเทียนช่วยในการจุดไฟ	ติดไฟเองเนื่องจากการอัดตัวของอากาศในกระบอกสูบ
4. มีคาร์บูเรเตอร์ช่วยผสมอากาศให้เป็นสัดส่วนกับน้ำมัน ตามที่เครื่องยนต์ต้องการ (ปัจจุบันอาจใช้ปั๊มและหัวฉีด)	มีปั๊มและหัวฉีด เพื่อฉีดน้ำมันให้เป็นฝอยเข้ากระบอกสูบ
5. ดูดสารผสมในจังหวะดูด	ดูดอากาศอย่างเดียว
6. น้ำหนักเบากว่า	น้ำหนักมากกว่า และแข็งแรงกว่า
7. เชื้อเพลิงราคาถูกแพง	เชื้อเพลิงราคาถูก
8. ต้นทุนถูก	ต้นทุนแพงกว่ามาก
9. ใช้เมื่อต้องการกำลังน้อย และไม่บ่อยนัก	ใช้ตลอดเวลา และต้องการกำลังมาก
10. ค่าบำรุงรักษาถูกกว่า	ค่าบำรุงรักษาแพงกว่า

2.7.2 วัฏจักรของเครื่องยนต์

แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ เครื่องยนต์ 4 จังหวะ และเครื่องยนต์ 2 จังหวะ

เครื่องยนต์ 4 จังหวะ (Four Stroke Cycle Engine) จังหวะการทำงานแบ่งออกเป็น

1. ดูด (Induction) สมมุติให้ลูกสูบอยู่ที่ TDC ในจังหวะดูด ลูกสูบจะเคลื่อนที่จาก TDC ลงมา BDC เป็น 1 จังหวะ แล้ววาล์วไอดีก็จะเปิด จะสังเกตเห็นว่า เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ 1 จังหวะ นั้น ข้อเหวี่ยงหมุนไปครึ่งรอบเท่านั้น

2. อัด (Compression) ลูกสูบเคลื่อนที่จาก BDC ไป TDC ทำให้สารผสมในกระบอกสูบถูกอัดตัว ความดันและอุณหภูมิในจังหวะนี้ จึงสูงขึ้นเรื่อยๆ จนเกือบจะถึง TDC ประกายไฟจากหัวเทียนก็จะจุดไฟทันที

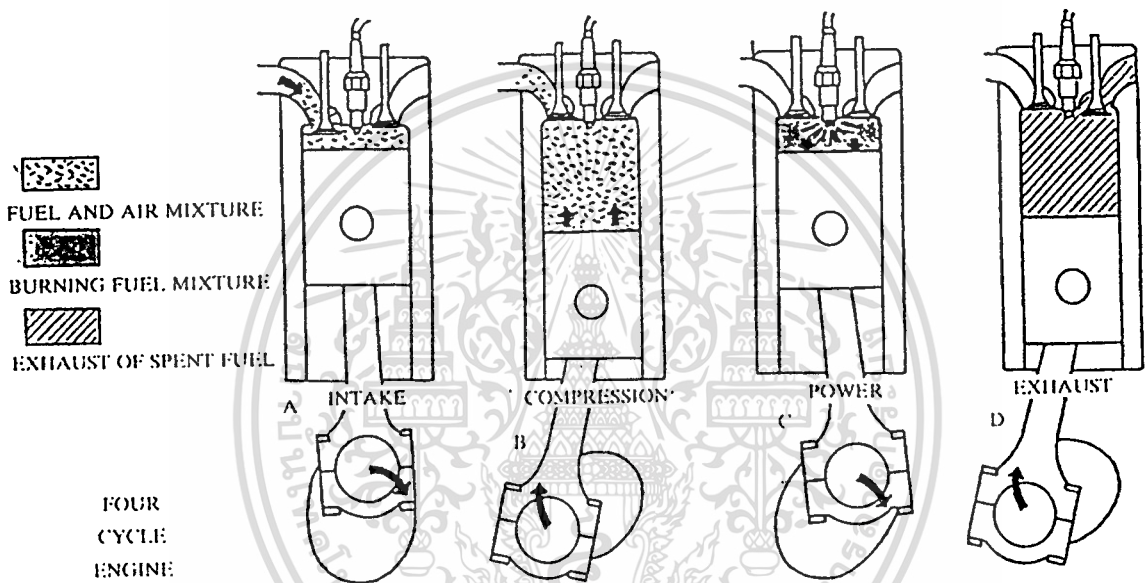
3. ระเบิด (Power หรือ Expansion) หลังจากหัวเทียนจุดไฟแล้ว ก็จะเกิดการสันดาปของเชื้อเพลิงกับอากาศ ก๊าซจะขยายตัวดันลูกสูบจาก TDC ลงมา BDC เป็นจังหวะที่ได้พลังงานกลับมา

ข้อควรระวังในการอ่านเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. คาย (Exhaust) เมื่อได้พลังงานมาใช้แล้ว ก่อนที่จะเริ่มวัฏจักรใหม่ ต้องไล่ไอเสีย

ในกระบอกสูบออกเสียก่อน มิฉะนั้นก็จะไม่มีที่สำหรับไอดีเข้ามา ในจังหวะนี้ จึงต้องเปิดวาล์วไอดี และลูกสูบจะเคลื่อนที่จาก BDC ถึง TDC ไอดีไอเสียออกไปตามท่อไอเสีย และเมื่อถึง TDC ก็พร้อมที่จะรับไอดีเข้ามา

จากจังหวะการทำงานดังอธิบายข้างต้นนี้ จะเห็นว่าการทำงานครบ 1 วัฏจักรของเครื่องยนต์ ลูกสูบต้องเคลื่อนที่ขึ้นลง 4 ครั้ง ด้วยกัน และเพลาข้อเหวี่ยงจะหมุน 2 รอบ จึงเรียกเครื่องยนต์นี้ว่า เครื่องยนต์ 4 จังหวะ



Provides one power impulse for four strokes of piston; each two revolutions of crankshaft.

- A. On Intake Stroke, inlet valve opens; piston draws fuel and air mixture into cylinder.
- B. On Compression Stroke, both valves are closed. Rising piston compresses mixture.
- C. At upper limit of piston movement; both valves closed, mixture is ignited. Explosion forces piston downward on Power Stroke.
- D. On Exhaust Stroke, exhaust valve opens, rising piston pushes spent gas from cylinder.

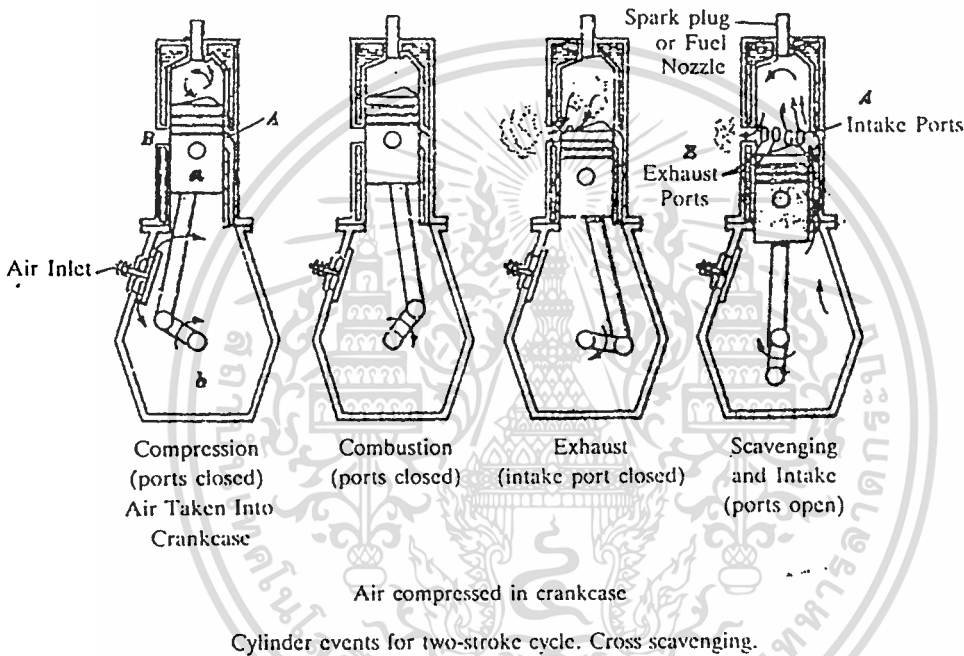
รูปที่ 34 แสดงหลักการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ

เครื่องยนต์ 2 จังหวะ (Two Stroke Cycle Engine)

การทำงานของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ ก็ต้องมีการดูด อัด ระเบิด และคายเช่นกัน โดยทำงานดังนี้ สมมุติให้ลูกสูบอยู่ที่ BDC จะเป็นการเปิดช่องไอดี ซึ่งไอดีจะถูกดูดเข้าไปในกระบอกสูบ เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นไปเล็กน้อยยังไม่ถึง 1 จังหวะ ก็จะปิดช่องไอดี และลูกสูบจะเคลื่อนที่ต่อไป ก็จะเป็นจังหวะอัด ในจังหวะของการอัดนี้ จะเปิดช่องไอดีในตอนล่างของลูกสูบ ดูดไอดีเข้าไปในห้องข้อเหวี่ยง ลูกสูบจะเคลื่อนที่ต่อไปเรื่อยๆ จนถึง TDC จะเห็นว่าใน 1 จังหวะ จะทำหน้าที่

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

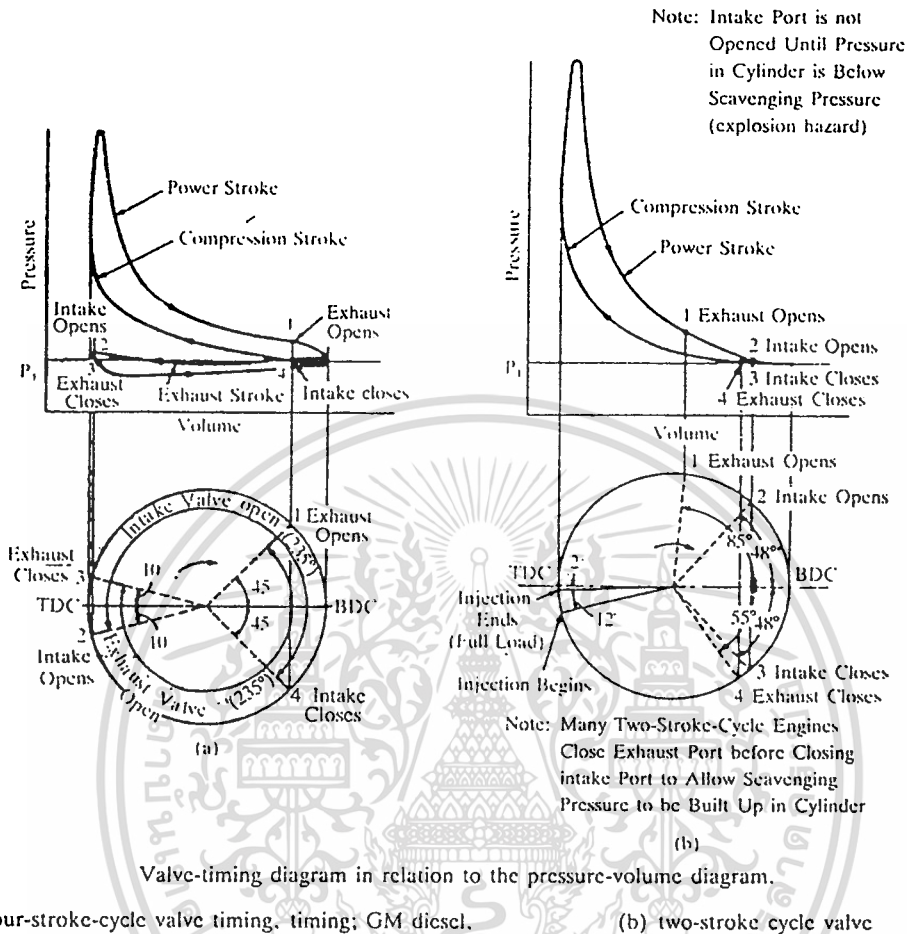
ทั้งดูดและอัด เมื่อถึง TDC แล้ว ในเครื่อง SI หัวเทียนก็จะช่วยจุดระเบิด แต่ในเครื่อง CI หัวฉีดก็จะฉีดน้ำมันเข้ามา แล้วก็จุดระเบิด ลูกสูบจะเคลื่อนที่ลงมา ซึ่งเป็นจังหวะระเบิดและได้กำลังมาใช้ พอเคลื่อนที่ลงมาอีกเล็กน้อย จะเปิดช่องไอเสีย ไอเสียก็จะระบายออกไป ในขณะที่ไอเสียระบายออกเกือบจะหมดนั้น ก็จะเปิดช่องไอดีที่กำลังอัดอยู่ในห้องข้อเหวี่ยงเข้าห้องเผาไหม้ จะเห็นว่าในการดูดและอัดนั้น เครื่องยนต์ 2 จังหวะใช้เวลาเพียง 1 จังหวะ เพลาข้อเหวี่ยงหมุนไป 1/2 รอบ รวมเป็น 2 จังหวะ 1 รอบ จึงเรียกว่า เครื่องยนต์ 2 จังหวะ



รูปที่ 35 แสดงหลักการทำงานของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ

2.7.3 การเปิด-ปิดลิ้น (Valve Timing)

ลิ้นไอดี-ไอเสีย จะต้องเปิดและปิดตามเวลาที่ถูกต้อง ควบคุมโดย Cam Mechanism ทั้งลิ้นไอดี-ไอเสีย จะเปิดก่อนและปิดทีหลังไม่เป็นไปตามที่ควรดังในวัฏจักรสมบูรณ์ ทั้งนี้ เพื่อช่วยให้ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร (η_{vol}) ดีขึ้น โดยเครื่องยนต์จะดูดไอดีได้นานขึ้น และจะคายไอเสียออกได้นานขึ้นเช่นกัน



รูปที่ 36 แสดงการเปิด-ปิดลิ้น [12]

ในรูป (a) แสดงการเปิดปิดของลิ้นไอดีและไอเสียของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ เครื่องหนึ่ง จะเห็นว่า ลิ้นไอดีจะเปิดก่อน คือ 10° CA b TDC และ ปิด 45° a BDC เวลาที่ลิ้นเปิดอยู่จะเป็น $180^\circ + 10^\circ + 45^\circ$ ในการทำเช่นนี้ ทำให้ไอดีมีเวลาเข้าห้องเผาไหม้ได้นานขึ้น ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพเชิงปริมาตร สำหรับลิ้นไอเสีย ก็เปิดก่อนลูกสูบถึง BDC -45° CA และปิดหลังลูกสูบถึง TDC ไปอีก 10° CA คือลูกสูบถึง TDC แล้วลิ้นไอเสียยังไม่ปิด แต่ลิ้นไอดีก็เปิดแล้ว ไอดีก็จะเข้ามา และช่วยไล่ไอเสียออกได้เร็วขึ้นและมากขึ้น ยิ่งปริมาณไอเสียออกได้มากเท่าไร ไอดีก็จะเข้ามาได้มากเท่านั้น จะมีช่วงหนึ่งทั้งลิ้นไอดีและไอเสียเปิดอยู่ เรียกว่า Valve Overlap มุมที่จะให้เปิดปิดมากเท่าไรนั้น ขึ้นอยู่กับการออกแบบของเครื่องยนต์แต่ละเครื่อง

ในรูป (b) เป็นการเปิดปิดลิ้นไอดี-ไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซล 2 จังหวะ จะเห็นว่า ในจังหวะดูด ลิ้นไอดีเปิดไว้ก่อนแล้ว 48° CA แล้วเปิดต่อไปอีก 48° CA ลิ้นไอดีถึงจะปิด รวมเวลาเอ็กสตรีนเป็นเอ็กสตรีนที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

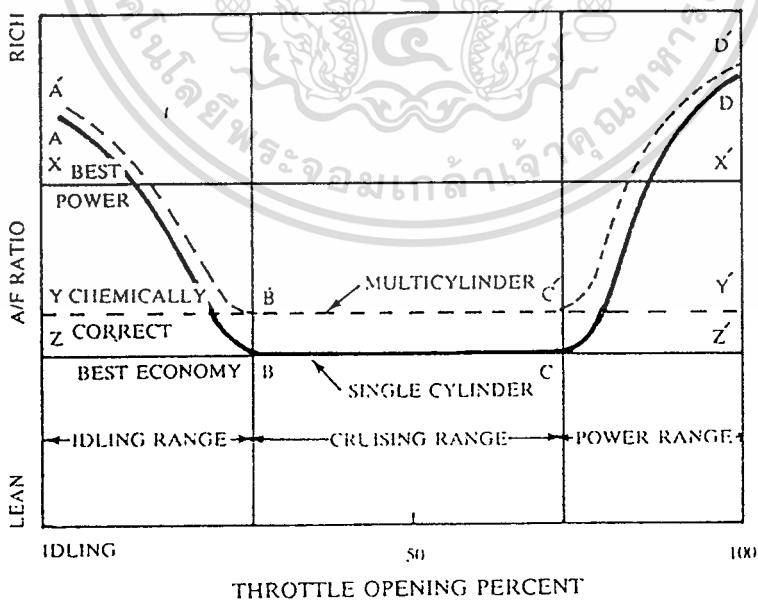
เปิดลิ้นไอดี $48^\circ + 48^\circ$ ลิ้นไอดีจะเปิดต่อเมื่อความดันในกระบอกสูบต่ำลง Scavenging Pressure สำหรับในการคายไอเสียนั้น เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ลงมาในจังหวะระเบิด ประมาณเลข 1/2 จังหวะ ไปเล็กน้อย ลิ้นไอเสียก็จะเริ่มปิด จะเปิด 85° a BDC และเปิดต่อไปเรื่อยๆอีก 55° CA จนเลยเข้าไปในจังหวะดูด จากรูปจะเห็นได้ว่า ลิ้นไอเสียปิดหลังลิ้นไอดี แต่เครื่องยนต์ 2 จังหวะทั่วไป มักนิยมปิดลิ้นไอเสียก่อนลิ้นไอดี เพื่อเพิ่ม Scavenging Pressure ในกระบอกสูบ

เมื่อเปรียบเทียบทั้งสองรูปจะเห็นว่า ในเครื่องยนต์ 2 จังหวะ เครื่องยนต์หมุนเพียง 1 รอบ ก็จะได้กำลังมาใช้ แต่ก็มีปัญหาในการเปิดปิดลิ้นไอดีไอเสีย เนื่องจากไม่ใช้เวลาพอ จึงทำให้ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรไม่ดี ทำให้ไม่ได้กำลังมากเท่าที่ควร

2.7.4 การผสมน้ำมัน

การผสมน้ำมัน หรือที่เรียกว่า Carburetion นั้น จะต้องมี Carburetor ช่วยผสมน้ำมันกับอากาศ ในอัตราส่วนที่ถูกต้อง เพื่อป้อนเข้าไปในกระบอกสูบ นอกจากนั้นส่วนผสมยังต้องผสมกัน เป็นเนื้อเดียวกันอย่างดีด้วย อัตราส่วนของอากาศต่อน้ำมันจะต้องเปลี่ยนแปลงไปตาม Load และความเร็วรอบ ฉะนั้น ใน Carburetor จึงมี Operational Stages ต่างๆกัน คือ Idling, Economics และ Power Range

คาร์บูเรเตอร์ จะต้องจัดส่วนผสมให้มี A/F ratio ตามที่เครื่องยนต์ต้องการ เมื่อมีความเร็วรอบและภาระต่าง ๆ กัน ธรรมดาในคาร์บูเรเตอร์ จะแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ช่วงดังในรูปที่ 37



Air-fuel ratio requirements of engine at different throttle openings

รูปที่ 37 แสดงการทำงานของคาร์บูเรเตอร์[13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Idling Range คือ ช่วงที่เครื่องยนต์วิ่งรอบช้าหรือโหลคน้อย ซึ่งธรรมชาติลิ้นผีเสื้อ (Throttle Valve) จะเปิดน้อย ทำให้ปริมาณส่วนผสมเข้าไปได้น้อย และในช่วงปลายสุดของจังหวะคาย ความดันในกระบอกสูบเกือบเท่ากับความดันบรรยากาศ ฉะนั้นเมื่อลิ้นไอดีเปิดในจังหวะดูด ทำให้ไอดีเข้าไปในท่อไอดีได้ เพราะในท่อไอดีความดันต่ำกว่า และเมื่อลิ้นไอดีปิด ก็จะทำให้ปริมาณไอดีที่หลงเหลืออยู่ในห้องเผาไหม้ เข้าไปผสมกับส่วนผสมที่เข้ามาได้น้อยๆ นั้น ทำให้การเผาไหม้เกิดได้ยาก และไม่สามารถจะติดเครื่องได้ ฉะนั้น เพื่อเป็นการชดเชย ให้เกิดการเผาไหม้ได้ดีขึ้น จึงต้องเพิ่มปริมาณน้ำมันในช่วงนี้ เพื่อให้เกิดการเผาไหม้ขึ้นได้ ดังนั้น ส่วนผสมช่วงนี้จึงหนา

Economic Range เป็นช่วงที่ประหยัดน้ำมันที่สุด สามารถใช้ส่วนผสมบางได้ เพราะเนื่องจากเมื่อโหลและความเร็วรอบมากขึ้น ลิ้นผีเสื้อก็จะเปิดกว้างขึ้น ส่วนผสมไหลเข้ามาโดยสะดวก และไอดีก็จะถูกผลักออกได้ดีขึ้น ทำให้ไม่เกิดการเหลือไอดี ซึ่งจะทำให้การเผาไหม้เกิดได้ง่าย ช่วงนี้จึงใช้ส่วนผสมบางที่สุด ที่พอจะให้เครื่องยนต์เดินได้ จึงเป็นช่วงที่ประหยัดและมีประสิทธิภาพ

Power Range คือ ช่วงที่ต้องการกำลังสูงสุด เมื่อต้องการกำลังมากก็ต้องใช้ส่วนผสมหนาขึ้น เพื่อเพิ่มพลัง แต่ขณะที่เผาไหม้นั้น Flame Temp. และ Exhaust Temp. จะสูง ซึ่งจะทำให้ลิ้นไอดีไหม้ได้ แต่เมื่อใช้ส่วนผสมหนา การระเหยของน้ำมันจะช่วยลด Flame Temp. ลง ซึ่งเป็นการทำให้อายุการใช้งานของลิ้นไอดียาวขึ้น

นอกจากนั้น ใน คาร์บูเรเตอร์ ยังมี Choke เพื่อปรับปริมาณของอากาศให้น้อยลง เพื่อจะได้เพิ่มปริมาณน้ำมันมากขึ้น ในกรณีเมื่อเครื่องเย็นหรืออากาศภายนอกเย็นมากเกินไป จนน้ำมันไม่เป็นฝอยเท่าที่ควร

บทที่ 3

เครื่องมือและวิธีการทดลอง

3.1 เครื่องยนต์ทดสอบ

ข้อมูลจำเพาะ ของ เครื่องยนต์ทดสอบ

เครื่องยนต์ กาวาซากิ รุ่น KH 125 - M4

ชนิด	2	จังหวะ	จำนวนสูบ	1	สูบ
ระบบไอดี					โรตารีวาล์ว
ระบบระบายความร้อน					อากาศ
เส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ X ช่วงชัก (มม.)					49.5 X 51.8
ปริมาตรกระบอกสูบ (ซีซี)					123
อัตราส่วนแรงอัด					7.2 : 1
กำลังม้าสูงสุด			16.8		แรงม้า ที่ 8,500 รอบ/นาที
แรงบิดสูงสุด (กก.6ม.)			1.48		กก.-ม.ที่ 7,500 รอบ/นาที
ระบบจุดระเบิด					CDI
จังหวะจุดระเบิด (องศา)			24°		ที่ 4,000 รอบ/นาที
หัวเทียน					B 8 HCS
ระบบหล่อลื่น					ซูเปอร์ลู๊ป
น้ำมันหล่อลื่น ชนิด					2 จังหวะ
ระบบส่งกำลัง					เฟือง
ขั้นแรก ชนิด					
อัตราทด					3.52 (74/21)
คลัช					แบบเปียก
ชนิด 5 เกียร์ อัตราทด			เกียร์ 1		2.92 (35/12)
			“ 2		1.73 (26/15)
			“ 3		1.30 (6/20)
			“ 4		1.09 (24/22)
			“ 5		0.93 (26/28)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบส่งกำลังขั้นสุดท้าย ชนิด

โซ่

อัตราทด

2.57 (36/14)

อัตราทดทั้งหมด

8.41

น้ำมันเกียร์

ความหนืด

30 หรือ 40

ปริมาตร (ลิตร)

0.6

ระบบไอดี การ์บูเรเตอร์

VM 22 SC

นมหนูใหญ่

92.5 (STD)

นมหนูเล็ก

20

นมหนูอากาศ

0.5

ความเร็วรอบเครื่องยนต์เดินเบา (รอบ/นาที)

1,300

3.2 คุณสมบัติของน้ำมันเครื่องสองจังหวะ

Kinematic Viscosity		
@ 40° c, (cSt)	95.0 - 97.0	ASTM D445
@ 100° c, (cSt)	11.0 - 13.0	
Viscosity Index	110 typical	ASTM D2270
Density, g/cm ³	0.875	
TBN mg KOH/g	45 min	ASTM D2896
Sulfated Ash mass %	0.18	ASTM D874
Calcium mass %	0.05 - 0.06	
Nitrogen mass %	0.13	
Approximate Oil Composition,		
Vol%	12.0	
150 Bright Stock	73.0	
500 Neutral	5.0	
Standard Solvent	10.0	
Additives		
150 SN		
PIB 950 MW		

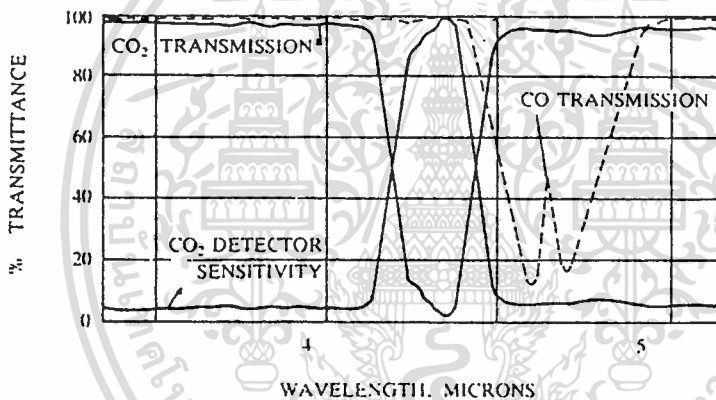
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของ บริษัท ไทยออยล์ จำกัด (มหาชน) ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 อุปกรณ์วัดมลพิษ

3.3.1 เครื่อง NON-DISPERSIVE INFRARED ANALYZER (NDIR)

เครื่อง NDIR นี้ใช้ในการวัดความเข้มข้นของ CO และ HC ในก๊าซไอเสียซึ่งรถยนต์ปล่อยออกมาจากท่อไอเสีย

1. หลักการทำงาน ใช้หลักการที่ว่า รังสีอินฟราเรด (Infrared) จะถูกดูดกลืนโดยสารต่างชนิดกันได้ไม่เท่ากัน สารต่างชนิดกันจะดูดกลืนรังสีอินฟราเรด ที่ความยาวคลื่นต่างกัน ดังเช่น คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จะดูดกลืนรังสีอินฟราเรด ที่ความยาวคลื่น 4-4.5 ไมครอน ดังรูปที่ 38

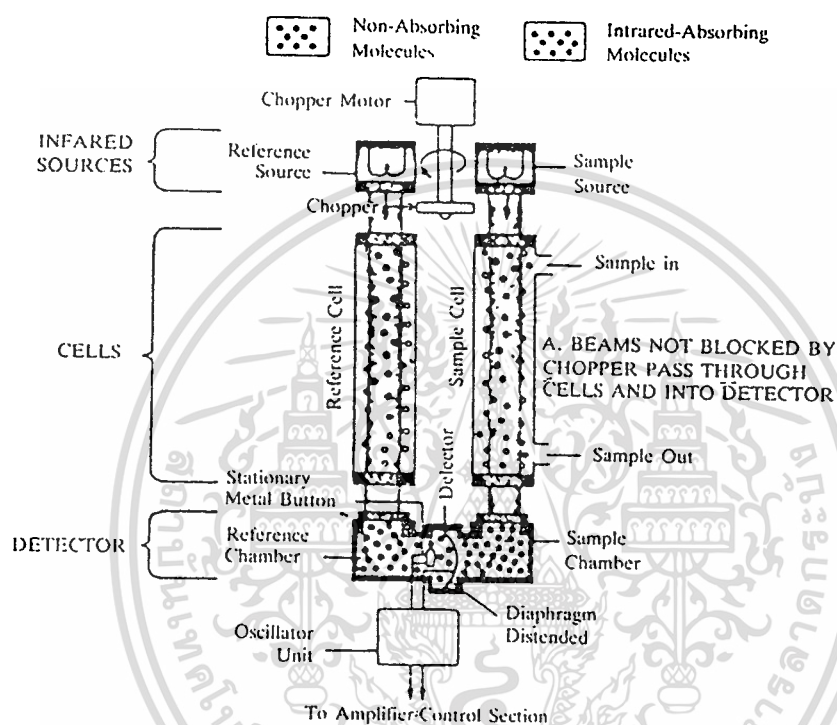


รูปที่ 38 แสดงการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของ CO และ CO_2

2. การทำงานของเครื่องมือ ลักษณะของเครื่องมือวัด จะมีลักษณะดังรูปที่ 39 ซึ่งประกอบด้วย แหล่งกำเนิดรังสีอินฟราเรด ซึ่งมีลักษณะเหมือนกันสองอัน แหล่งกำเนิดรังสีนี้ จะฉายรังสีอินฟราเรด ผ่านหลอดซึ่งบรรจุก๊าซไว้ โดยแหล่งกำเนิดแต่ละอัน จะฉายรังสีอินฟราเรด ผ่านหลอดแต่ละหลอดแยกกันโดยเด็ดขาด หลอดหนึ่งจะ บรรจุก๊าซเฉื่อยไว้ ซึ่งก๊าซเฉื่อยนี้จะไม่ดูดกลืนรังสีอินฟราเรด ซึ่งหลอดนี้เรียกว่า หลอดอ้างอิง (Reference Cell) ส่วนหลอดอีกหลอดหนึ่ง ซึ่งแสงอินฟราเรดฉายผ่านนั้น จะปล่อยให้เกิดไอเสียที่ต้องการ วิเคราะห์ไหลผ่าน แก๊สไอเสียที่จะถูกวิเคราะห์นั้น เรียกว่า แก๊สตัวอย่าง ดังนั้นหลอดนี้จึงถูกเรียกว่า หลอดตัวอย่าง (Sample Cell) หลังจากทีรังสีอินฟราเรดได้ฉายผ่านหลอดทั้งสองแล้ว รังสีที่ผ่านออกไปจะถูกตรวจจับโดยตัวตรวจจับ (Detector) ซึ่งได้ติดตั้งไว้ที่ปากทางออกของหลอดทั้งสอง ที่ตัวตรวจจับนี้ภายในจะเป็นห้อง (Chamber) ส่วนที่รับแสงอินฟราเรดจาก ท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลอดอ้างอิงจะเรียกว่า ห้องอ้างอิง (Reference Chamber) และส่วนที่รับแสงอินฟราเรดจากหลอดตัวอย่าง เรียกว่าหลอดตัวอย่าง (Sample Chamber) ห้องสองห้องนี้มีลักษณะเหมือนกันทุกอย่าง และถูกแยกออกจากกันด้วยแผ่นบางๆ ซึ่งยึดหยุ่นได้ แผ่นบางนี้เรียกว่า แผ่นไดอะแฟรม (Diaphragm) ห้องอ้างอิงและห้องตัวอย่างจะถูกบรรจุไว้ด้วยก๊าซซึ่งสามารถจะดูดกลืนรังสีอินฟราเรดไว้ได้

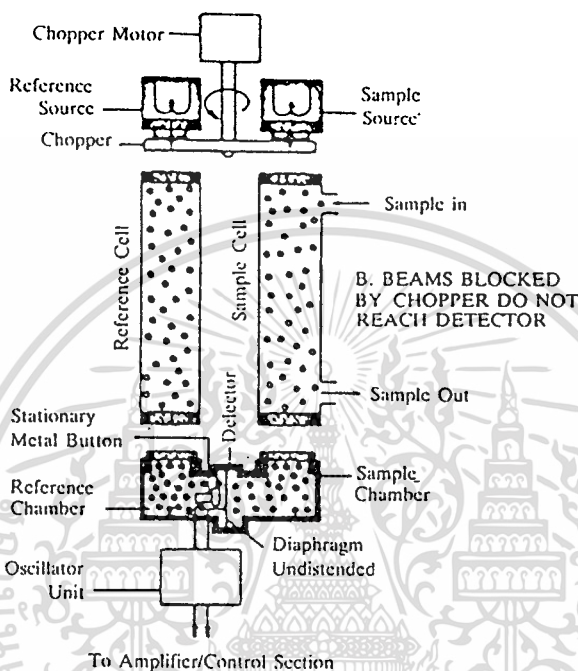


รูปที่ 39 แสดงเครื่อง NDIR ขณะที่มีการฉายรังสีอินฟราเรดผ่านหลอดบรรจุก๊าซ

เมื่อรังสีอินฟราเรดจากแหล่งกำเนิดฉายผ่านหลอดทั้งสอง ซึ่งในหลอดทั้งสองได้บรรจุก๊าซไว้เรียบร้อยแล้ว แสงอินฟราเรดที่ออกจากหลอดทั้งสองจะมีปริมาณที่ไม่เท่ากัน ถ้าในหลอดตัวอย่าง มีสารที่ต้องการวัดความเข้มข้นอยู่ เนื่องจากสารตัวอย่างจะทำการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดไป ปริมาณมากน้อยขึ้นอยู่กับ ปริมาณของสารนั้น ดังนั้น สารอินฟราเรดที่ออกจากหลอดอ้างอิง จึงมีปริมาณมากกว่า แสงอินฟราเรดที่ออกจากหลอดตัวอย่าง จึงทำให้อุณหภูมิในห้องตัวอย่างต่ำกว่าอุณหภูมิในห้องอ้างอิง ดังนั้น ความดันในห้องอ้างอิงจึงสูงกว่าความดันในห้องตัวอย่างด้วย และที่แผ่นไดอะแฟรมได้ติดตั้งปุ่มโลหะไว้ด้วย แต่ปุ่มโลหะนี้จะอยู่กับที่ ไม่เคลื่อนย้ายไปไหน แต่ แผ่นไดอะแฟรมจะยืดออกตามความดันแตกต่างที่เกิดขึ้นระหว่างแผ่นไดอะแฟรมและปุ่มโลหะระยะห่างที่แตกต่างกันเมื่อความดันที่แต่ละความดันนี้จะให้ค่าความจุทางไฟฟ้า (Capacitance) ต่างกันด้วย และจากค่าความจุ ที่ได้นี้ เราสามารถใช้แทน ค่าความเข้มข้นของสาร

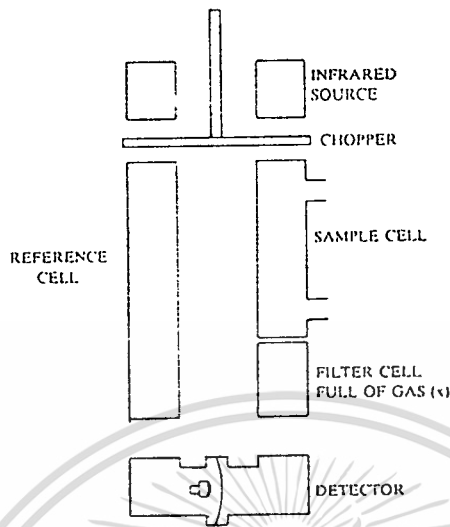
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวที่ต้องการวัดได้ แต่ในการทำงานจริง ๆ นั้นจะต้องทำให้ ค่าความจุที่ปรากฏออกมาเป็น สัญญาณแบบสลับ (Alternating Signal) เสีย



รูปที่ 40 แสดงเครื่อง NDIR ขณะที่ใบพัดตัดลำแสงอินฟราเรดไม่ให้ฉายเข้าไปใน หลอดบรรจุก๊าซ

ก่อน เพื่อจะนำไปเข้าเครื่องขยายสัญญาณได้ การจะทำให้สัญญาณกลายเป็นสัญญาณสลับ ก็ สามารถทำได้โดยติดตั้งใบพัด เพื่อเอาไว้ตัดลำแสงอินฟราเรดจากแหล่งกำเนิดทั้งสองอันไม่ให้ ฉายเข้าไปในหลอดทั้งสองหลอด อุณหภูมิของความดันในห้องของตัวตรวจจับก็จะลดลงสู่ สภาวะเหมือนไม่มีสารอะไรในหลอดทั้งสองหลอด ค่าความจุก็จะแสดงตามนั้นแล้วใบพัดก็จะ หมุนปล่อยให้ลำแสงอินฟราเรดฉายตามปกติอีก สัญญาณความจุก็จะเพิ่มขึ้น ใบพัดนี้จะต่อเข้า กับมอเตอร์ไฟฟ้า ทำให้มันหมุนอยู่เช่นนี้ตลอดการวัดสัญญาณความจุที่ได้จึงได้ออกมาเป็น สัญญาณสลับ



รูปที่ 41 แสดงเครื่อง NDIR ที่ติดตั้งตัวกรอง (Filter) เพื่อลดการรบกวนจากก๊าซอื่น (Gas(x))

3. การปรับแต่ง สามารถทำได้โดยทำการผ่านก๊าซ ซึ่งทราบความเข้มข้นเข้าไปที่หลอดตัวอย่าง แล้วจึงทำการปรับสเกลและปรับศูนย์ได้ด้วยแก๊สที่ทราบความเข้มข้น ร่วมด้วย มิเตอร์ ก็จะสามารถสร้างก๊าซสำหรับปรับแต่ง (calibration curve) ขึ้นมาได้ ในทางปฏิบัติ กราฟจะถูกเขียนระหว่างจุดสองจุด และ จะสมมุติว่าเป็น กราฟเส้นตรง โดยการ interpolation แบบเส้นตรง ความยาวของหลอดที่ถูกเลือก ดังนั้น สเกลจะอยู่ในช่วงเส้นตรงของความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นและการดูดกลืนพลังงาน

ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่ตกกระทบและพลังที่ถูกดูดกลืน ความยาวของหลอด และความเข้มข้นของสารที่ต้องการวัด จะเป็นดังสมการ 3.1

$$E_a = E_0 (1 - e^{-kcL}) \qquad \dots\dots (3.1)$$

- เมื่อ E_a = พลังงานที่ถูกดูดกลืน
- E_0 = พลังงานที่ตกกระทบ
- k = ค่าคงที่ของการดูดกลืน
- c = ความเข้มข้นของสารที่สนใจ
- L = ความยาวของหลอด

สมการ 3.1 สามารถทำให้อยู่ในรูปง่าย ๆ ได้ ซึ่งจะได้ออกมาเป็นค่าประมาณ โดยถ้าค่าของ kcL มีค่าน้อยมาก เมื่อเทียบกับ 1 ภายได้เงื่อนไข

$$e^{-kcL} = 1 - kcL \qquad \dots\dots (3.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และสมการ 3.1 จะเป็น

$$E_a = E_a \times kcL \quad \dots (3.3)$$

สมการ 3.2 และ 3.3 แสดงให้เห็นว่า พลังงานที่ถูกดูดกลืน จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้น C ภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน นั่นคือ $kcL=1$ สิ่งนี้แสดงว่า ค่าความเข้มข้น “ c ” มีค่าสูง ความยาวของหลอดก็ควรจะสั้นและ kcL มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับ 1 เพื่อจะได้สมมุติได้ว่าสเกลเป็นสเกลแบบเส้นตรงการเลือกความยาวของหลอดควรเลือกโดยพิจารณาจากความไวของเครื่องมือ และความเป็นเส้นตรงของสเกล หรืออีกอย่างหนึ่งก็คือจะใช้เวลามากในการถ่ายแก้ไขเก่าออกไปและการตอบสนองของสัญญาณชั่วขณะ(transients)ไม่เร็วพอ

4. การวัดไฮโดรคาร์บอนซึ่งเผาไหม้ไม่หมดในไอเสียของเครื่องยนต์ ไฮโดรคาร์บอนซึ่งเผาไหม้ไม่หมดในไอเสีย มีถึงประมาณ 200 ชนิด ที่ส่วนประกอบแตกต่างกันออกไป และจำนวนคาร์บอนอะตอมและไฮโดรเจนอะตอม ก็แตกต่างกันด้วย เป็นสิ่งที่เป็นไปได้ ที่จะตรวจจับไฮโดรคาร์บอน ซึ่งเผาไหม้ไม่หมด ที่ละตัว ความเข้มข้นทั้งหมดของ ไฮโดรคาร์บอนซึ่งเผาไหม้ไม่หมด จะสามารถหาได้โดยการวัดกับ ความเข้มข้นสมมาตรของ n -Hexane และ C_6H_{14} ดังนั้น ที่ห้องตรวจจับของเครื่อง NDIR จะถูกบรรจุด้วย n -Hexane แต่วิธีที่ให้ความถูกต้องสูงขึ้นไปอีก ต้องใช้วิธี flame ionization detector ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

5. การรบกวนจากก๊าซอื่น ความผิดพลาดในเครื่อง NDIR จะเพิ่มขึ้น ถ้าไอเสียตัวอย่างประกอบไปด้วยแก๊สอื่น ซึ่งจะดูดกลืนการแผ่รังสีที่ความถี่เดียวกันกับที่ แก๊สในตัวตรวจจับดูดกลืน ตัวอย่างเช่น เครื่องวิเคราะห์รังสีอินฟราเรด ซึ่งบรรจุ normal hexane ไว้ใน detector จะตอบสนองแก๊สอื่นมากกว่า n -Hexane เช่น CO_2 , CO และ H_2O แก๊สทั้งหมดที่อยู่ในไอเสียของเครื่องยนต์สันดาบภายในทางหนึ่งที่จะลดการรบกวนให้น้อยลงสามารถทำได้ โดยการติดตั้ง ตัวกรอง (filter) ซึ่งบรรจุด้วยแก๊สซึ่งทำให้เกิดการรบกวนที่มีความเข้มข้นสูงขึ้นและการรบกวนอื่น ๆ ในแก๊สตัวอย่างจะมีการเบี่ยงเบนน้อยเมื่อเทียบกับผลของความเข้มข้น ซึ่งสูงมากในตัวกรอง

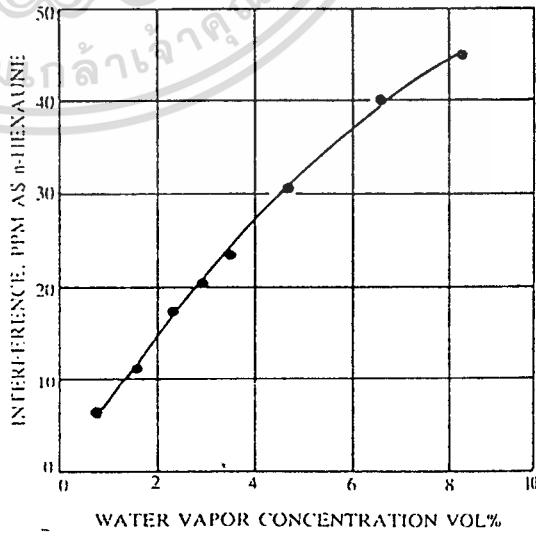
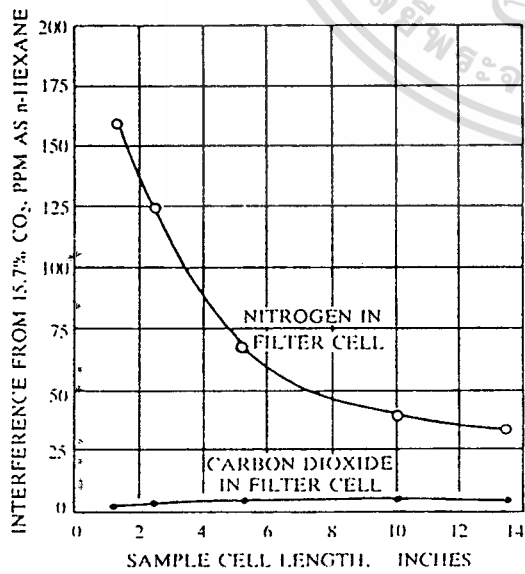
ในตาราง 5 แสดงค่าที่อ่านได้จากเครื่อง NDIR เมื่อแก๊สตัวอย่าง N_2 มีความเข้มข้นแตกต่างจาก CO , CO_2 และ H_2O ได้รับการทดสอบ การรบกวนที่สูงที่สุดจะเนื่องมาจาก H_2O และต่ำที่สุดโดย CO , CO_2 17.7% ใน N_2 จะเป็นเหตุให้เกิดการรบกวนที่ระหว่าง 10 ถึง 175 ppm เหมือน n -Hexane เมื่อใช้ CO_2 เป็นตัวกรองจะเป็นเหตุให้การรบกวนลดลงจากช่วง 10 ถึง 175 ppm และ 1 ถึง 15 ขึ้นอยู่กับเครื่องมือที่ใช้

ตารางที่ 5 แสดงการรบกวนของก๊าซที่เกิดในเครื่อง NDIR

Sample Cell Gas	Filter Cell Gas	Interference ppm as n-Hexane		
		Minimum	Median	Maximum
7.3% CO in N ₂	N ₂	0	1	3
15.7% CO ₂ in N ₂	N ₂	10	45	175
	CO ₂	1	3	15
4.8% H ₂ O in N ₂	N ₂	20	32	350
(Saturated at 90°F)	CO ₂	20	32	350
	H ₂ O in CO ₂	17	28	340

ผลของการเปลี่ยนความยาวของหลอดตัวอย่าง โดยมีการรบกวนจาก คาร์บอนไดออกไซด์แสดงไว้ในรูปที่ 42 การความยาวของหลอดจะลดผลของการรบกวนลง ซึ่งเกิดจาก CO₂ 15.7% ผลของการเพิ่มตัวกรองซึ่งบรรจุ CO₂ ในการลดการรบกวนได้แสดงไว้ในรูปเดียวกัน

การเพิ่มตัวกรองซึ่งบรรจุแก๊สรบกวน จะไม่มีผลในกรณีของ H₂O จากข้อมูลของตารางที่ 5 เราสามารถเห็นได้ว่า การรบกวนจากไอน้ำ จะไม่ต่ำกว่าถ้าใช้ตัวกรองไอน้ำ ผลของความเข้มข้นของไอน้ำที่มีต่อการรบกวน ได้แสดงไว้ในรูปที่ 43



รูปที่ 42 แสดงผลของความยาวของหลอดตัวอย่าง รูปที่ 43 แสดงผลของความเข้มข้นของไอน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ที่มีต่อการรบกวนของ NO₂ ที่มีต่อการรบกวน

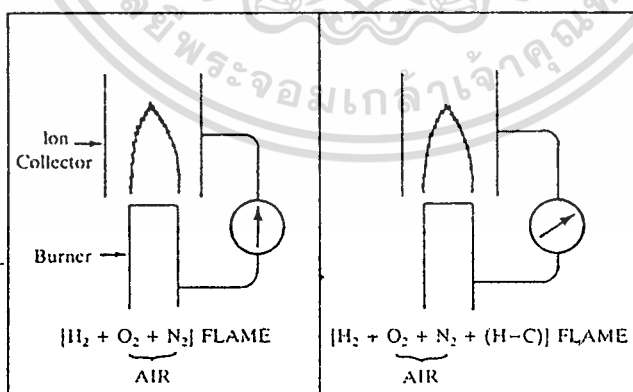
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางหนึ่งที่จะแก้ไข ในกรณีที่เกิดการรบกวนจาก H_2O สามารถทำได้โดย หักจำนวนที่พอเหมาะออกจากค่าอ่านมิเตอร์ คำตอบที่ดีกว่าคือการทำความเย็นแก๊สตัวอย่างลงที่อุณหภูมิ $32^{\circ}F$ ซึ่งความดันไอของน้ำมีค่า 0.089 psia ถ้าแก๊สตัวอย่างมีความดัน 14.7 psia เปอร์เซนต์ ของไอน้ำจะเป็น $0.089/14.7 \times 100$ หรือ 0.65% จะทำให้ได้ค่าคงที่ (7 ppm ในรูปที่ 43) ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยอัตโนมัติ ถ้าแก๊สที่ใช้ปรับแต่งถึงจุดเดือดก่อนน้ำอิมด้วและถูกทำให้เย็นลงไปที่ $32^{\circ}F$

3.3.2 เครื่อง Flame Ionization Detector (FID)

เครื่อง FID เป็นเครื่องมือวัด ความเข้มข้นของไฮโดรคาร์บอน ที่เผาไหม้ไม่หมด (Unburned Hydrocarbon)

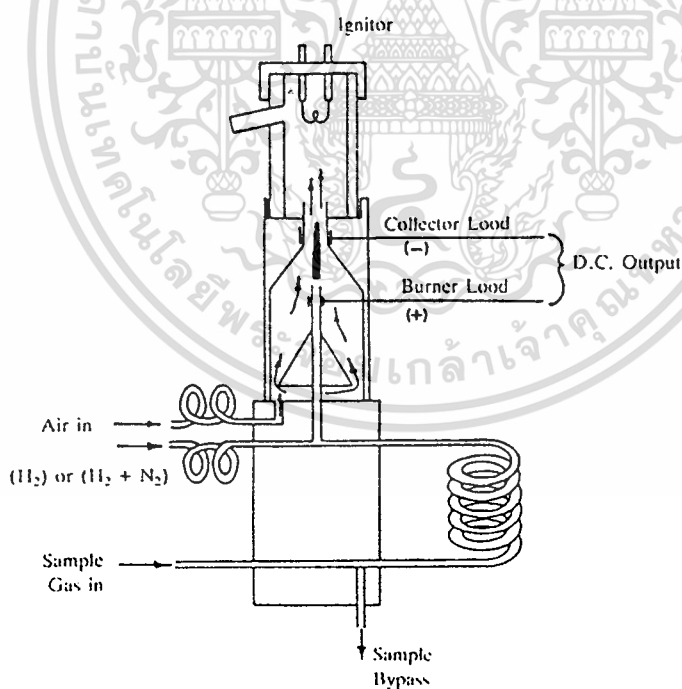
1. หลักการทำงาน ใช้หลักการที่ว่า เมื่อเผาไฮโดรเจนบริสุทธิ์ (Pure H_2) กับอากาศเปลวไฟที่ได้จะมีการแตกตัว (Ionization) น้อยมาก แต่ถ้ามีโมเลกุลของไฮโดรคาร์บอนรวมเข้าไปเพียงเล็กน้อยเท่านั้น การแตกตัวจะเพิ่มขึ้นอย่างมหาศาล การแตกตัวจะเป็นสัดส่วนกับจำนวนคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลของไฮโดรคาร์บอน ไฮโดรคาร์บอนทุกชนิด, พาราฟิน (Paraffin), โอลีฟิน (Olefin), อะโรมาติก (Aromatic) ฯลฯ จะมีผลตอบสนองกับการวัดได้เท่า ๆ กัน แต่จะต่างกับพื้นที่ ถ้าโมเลกุลของไฮโดรคาร์บอนนี้ประกอบด้วย อะตอมของออกซิเจนและอะตอมของไนโตรเจน รูปที่ 44 แสดงการทำงานของเครื่อง FID



รูปที่ 44 ผลของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนในการแตกตัวของเปลวไฟไฮโดรเจนกับอากาศ

2. การทำงานของเครื่องมือ อุปกรณ์ต่าง ๆ ของเครื่อง FID นี้ จะประกอบไปด้วยส่วนของเครื่องเผา, ตัวรวบรวมประจุ (Ion Collector) และวงจรไฟฟ้า เครื่องเผาจะประกอบด้วยหลอดคาปิลลารี (Capillary) ซึ่งก๊าซตัวอย่างและของผสมของไนโตรเจนและไฮโดรเจนจะไหลผ่าน ไฮโดรเจนบริสุทธิ์จะถูกนำมาใช้ อากาศที่ใช้ในการสันดาป จะถูกนำออกมาจากรอบ ๆ หลอดคาปิลลารี เมื่อผสมได้คลุกเคล้ากันดีแล้ว ส่วนผสมนี้จะถูกเผาโดยเส้นลวดร้อนซึ่งได้ติดตั้งอยู่ที่ส่วนบนสุดของเครื่องเผา

ตัวรวบรวมประจุและหลอดคาปิลลารีจะถูกต่อเข้ากับวงจรไฟฟ้า สนามไฟฟ้าสถิตในบริเวณเกิดเปลวจะถูกผลิตขึ้นโดยแบตเตอรี่ซึ่งมีขั้วบวกลบ มันจะทำให้ประจุลบหรืออิเล็กตรอนวิ่งไปที่เปลวและประจุบวกวิ่งไปหาตัวรวบรวมประจุสัญญาณกระแสไฟฟ้าแบบกระแสตรงที่ได้จะเป็นสัดส่วนกับจำนวนประจุหนึ่งที่เกิดขึ้น สัญญาณแบบกระแสตรงนี้จะถูกทำให้กลายเป็นกระแสสลับ เพื่อทำการขยายสัญญาณขึ้น แล้วกระบวนการซึ่งทำให้อ่านออกมา ได้เป็นค่าความเข้มข้นของไฮโดรคาร์บอนในแก๊สไอเสียต่อไป ดังในรูปที่ 45



รูปที่ 45 แสดงเครื่อง Flame Ionization Detector

3. ระบบการไหล ความไวของ FID จะมีผลโดยอัตราการไหลของแก๊สตัวอย่างและส่วน

ผสมของไฮโดรเจนกับไนโตรเจน วิธีหนึ่งที่จะใช้ในการควบคุมอัตราการไหลของแก๊สแต่ละชนิดคือ ปล่องให้แก๊สแต่ละชนิดไหลผ่านหลอด capillary ดังแสดงในรูปที่ 45 อัตราการไหลจะไม่แปรผันใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

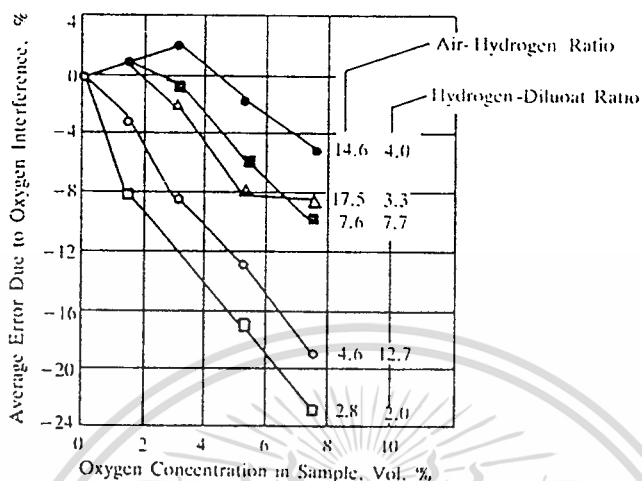
ขึ้นอยู่กับพื้นที่หน้าตัดของ หลอด capillary เพื่อให้ได้ผลที่ดี หลอด capillary ควรจะสะอาดและ ความดันที่เกิดใน capillary ควรจะคงที่และควรได้รับการควบคุมด้วย

เนื่องจาก FID มีความไวต่ำมากกับไอน้ำ จึงจำเป็นที่จะต้องทำการควบแน่น H_2O ก่อน เพื่อป้องกันการอุดตันของระบบ ซึ่งเป็นผลให้เกิดความผิดพลาดขึ้นได้ เนื่องจากไม่ได้รับความร้อนใน FID หัวเผาและหลอดตัวอย่าง ซึ่งจะถูกให้ความร้อนขึ้นไปถึง $350-400^{\circ}F$ สิ่งเหล่านี้ จะลดการควบแน่นของไฮโดรคาร์บอนหนักบนผนัง บางทีการมี H_2O ในแก๊สตัวอย่างอาจจะ กลายเป็นไอน้ำในระบบขึ้นก็ได้

4. การรบกวน สำหรับการวัดไฮโดรคาร์บอนในแก๊สไอเสีย ส่วนมากจะไม่เห็นการรบกวน ซึ่งไม่เหมือน NDIR ซึ่งการรบกวนของ CO_2 และ H_2O ด้วยช่วงการดูดกลืนของไฮโดรคาร์บอนและการกรองหรือการขจัดสิ่งรบกวน เมื่อมีออกซิเจนในแก๊สไอเสีย เกินกว่า 4% ดังนั้น การตอบสนองจะเปลี่ยนไปใน FID จะเกิดขึ้นและขึ้นอยู่กับสัดส่วนของไฮโดรเจนตัวเชื้อเพลิงและ air-fuel ratio ในการเผาไหม้ในรูปที่ 50 แสดงถึงผลการรบกวนของออกซิเจนโดยทั่วไป ค่าที่อ่านได้จะต่ำกว่าการรบกวน เนื่องจากออกซิเจนในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนจะเพิ่มขึ้น ภายใต้เงื่อนไข ของการทำงานที่ส่วนผสมบาง การฉีดอากาศหรือการเจือจางซึ่งเกิดขึ้นในตัวอย่างซึ่งความเจือจาง เปลี่ยนค่าได้

ในระบบสันดาปที่ไม่เป็นขึ้นเดียวกัน ส่วนผสมที่บางกว่า Stiochiometric จะถูกนำมาใช้ และการรบกวนของออกซิเจนจะถูกแก้ไข

ไฮโดรเจนกับอัตราส่วนการเจือจางได้แสดงไว้ในรูปที่ 46 ในลักษณะของอัตราการไหลของตัวเชื้อเพลิง ตัวเชื้อเพลิงรวมกับตัวอย่างบวกกับแก๊สเฉื่อยอื่น ๆ รวมกับเชื้อเพลิง โดยปกติเชื้อเพลิงจะประกอบด้วย ไฮโดรเจน 40% และไนโตรเจน 60% หรืออาจจะใช้ฮีเลียม ในกรณีที่ต้องการความปลอดภัย air-fuel ratio จะแสดงในรูปของอัตราการไหลของอากาศ หาคด้วยอัตราการไหลของไฮโดรเจน การไหลนี้จะแสดงไว้ในรูปที่ 46 การแก้ไขส่วนผสมของไฮโดรเจนในทางเคมีจะเป็น 2.38 เท่า ของปริมาณของอากาศต่อปริมาตรของไฮโดรเจน การรบกวนของออกซิเจนจะแปรผันกับ อัตราส่วนของไฮโดรเจน, ตัวเชื้อเพลิง และอัตราส่วนของอากาศกับไฮโดรเจน



รูปที่ 46 แสดงผลของความเข้มข้นของออกซิเจนและภาวะการทำงานของเครื่อง FID ที่มีต่อการรบกวนของออกซิเจน

5. เปรียบเทียบการตอบสนองของ FID และ NDIR ตารางที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างการตอบสนองสัมพัทธ์ของเครื่องมือ FID และ NDIR ค่าของ FID ที่ผ่านได้จะใช้เชื้อเพลิงไฮโดรเจนบริสุทธิ์ที่ 15.4 : 1 air-fuel ratio (เจ็จาง) นี่เป็นจุดทำงานที่ดีที่สุดของ FID สำหรับการตอบสนองไฮโดรคาร์บอน บนฐานของคาร์บอนอะตอม การตอบสนองที่เป็นเส้นตรงของ FID โดยปกติจะเร็วกว่าที่ อัตราส่วนไฮโดรเจน, ตัวเจ็จางอื่นๆ และอัตราส่วนของอากาศกับไฮโดรเจนอื่นๆ ถ้าใช้ N_2 60% และ H_2 40% เป็นเชื้อเพลิง อัตราส่วนของไฮโดรเจนและตัวเจ็จางจะต่ำมาก ถ้าต้องการการตอบสนองแบบเส้นตรงที่ดีที่สุด

Hydrocarbon	NDIR (5.25" Sample Cell)	FID (Pure Hydrogen Fuel, 15.4:1 Air/Hydrogen Ratio)
Paraffins	Hexane=100	Hexane=100
Methane	30	104
Ethane	100	103
Propane	103	103
i-Butane	101	-
n-Butane	106	102
i-Pentane	99	101
n-Pentane	104	102
n-Hexane	100	100
n-Heptane	97	100
Olefins		
Ethylene	9	104
Propylene	31	104
1-Butene	53	-
1-Hexene	61	-
Acetylenes		
Acetylene	1	95
Methylacetylene	16	96
Ethylacetylene	32	96
Aromatics		
Benzene	2	105
Toluene	13	105

ตารางที่ 6 แสดงการตอบสนองไฮโดรคาร์บอนสัมพัทธ์เฉลี่ยบนฐานของคาร์บอน
อะตอม

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 สมรรถนะของเครื่องยนต์ (Performance Test)

เป็นวิธีการทดสอบหาค่าแรงบิดสูงสุดและกำลังสูงสุดของเครื่องยนต์ทดสอบ จากการใช้เชื้อเพลิงทดแทนแต่ละชนิด ซึ่งในการทดลองนี้ จะกระทำการทดลองบนเครื่อง Engine Test Bed โดยการติดเครื่องยนต์ทดสอบให้ส่งกำลังผ่านไปยัง Dynamometer ที่สามารถอ่านค่าแรงบิด และกำลังของเครื่องยนต์ได้ ขั้นตอนการทดสอบกระทำโดย การเดินเครื่องยนต์ทดสอบที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จังหวะเดินเบา แล้วค่อยๆ ป้อนภาระให้กับเครื่องยนต์ จนมีภาระเต็มๆ พร้อมกันนั้นให้เปิดคันเร่งสุด เสร็จแล้วค่อยๆ ปรับรอบของ Dynamometer ให้ได้ค่าแรงบิดสูงสุด บันทึกค่าแรงบิดและรอบของเครื่องยนต์ไว้ ทำเช่นเดียวกันกับค่ากำลังสูงสุดของเครื่องยนต์

3.4.2 ความสะอาดของเครื่องยนต์ (Deposit Test)

วิธีการทดลองนี้เป็นส่วนหนึ่งของการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ มอก.1040-2534 ว่าด้วยน้ำมันเครื่องสำหรับเครื่องยนต์เบนซิน 2 จังหวะ (Standard for Two-Stroke Gasoline Engine Lubricity Oil) โดยวัตถุประสงค์ของการทดลองในขั้นตอนนี้ ก็เพื่อที่จะทดลองดูว่า เชื้อเพลิงทดแทนที่นำมาใช้กับเครื่องยนต์ทดสอบนี้ จะมีการสะสมของคาร์บอนและวานิช ที่เกิดจากการเผาไหม้มากกว่าปกติหรือไม่ ซึ่งวิธีการให้คะแนนจะกระทำตามมาตรฐาน IP 247 ดังแสดงไว้ใน ภาคผนวก 1 (ข้อ 1)

3.4.3 การครูดร่อนที่ลูกสูบและแหวนลูกสูบ (Lubricity Test)

วิธีการทดลองนี้เป็นส่วนหนึ่งของการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ มอก.1040-2534 ว่าด้วยน้ำมันเครื่องสำหรับเครื่องยนต์เบนซิน 2 จังหวะ (Standard for Two-Stroke Gasoline Engine Lubricity Oil) โดยวัตถุประสงค์ของการทดลองในขั้นตอนนี้ ก็เพื่อที่จะทดลองดูว่า เชื้อเพลิงทดแทนที่นำมาใช้กับเครื่องยนต์ทดสอบนี้ จะมีผลต่อคุณสมบัติในการหล่อลื่นของน้ำมันเครื่องสองจังหวะ ที่ผสมเข้าไปพร้อมกับไอดี เพื่อไปหล่อลื่นบริเวณกระบอกสูบ, ลูกสูบ และแหวนลูกสูบหรือไม่ วิธีการทดลองดังแสดงไว้ใน ภาคผนวก 1 (ข้อ 2)

3.4.4 การวิเคราะห์มลพิษจากไอเสีย (Exhaust Gas Analysis)

วิธีการทดลองนี้เป็นส่วนหนึ่งของการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ มอก.1105-2535 ว่าด้วย รถจักรยานยนต์ เฉพาะด้านความปลอดภัย : สารมลพิษจากเครื่องยนต์ ระดับที่ 1 (Standard for Motorcycle : Safety Requirements ; Emission from Engine ; Level 1) โดยวัตถุประสงค์ของการทดลองในขั้นตอนนี้ ก็เพื่อที่จะทดลองดูว่า เชื้อเพลิงทดแทนที่นำมาใช้กับเครื่องยนต์ทดสอบนี้ จะทำให้การเผาไหม้ มีความสมบูรณ์และให้ค่ามลพิษต่าง ๆ น้อยลงหรือไม่ ซึ่งวิธีการทดลองดังแสดงไว้ใน ภาคผนวก 2

3.4.5 การวัดปริมาณควันขาว (Smoke Test)

วิธีการทดลองนี้เป็นส่วนหนึ่งของการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ มอก.1040-2534 ว่าด้วยน้ำมันเครื่องสำหรับเครื่องยนต์เบนซิน 2 จังหวะ (Standard for Two-Stroke Gasoline Engine Lubricity Oil) โดยวัตถุประสงค์ของการทดลองในขั้นตอนนี้ ก็เพื่อที่จะทดลองดูว่า เชื้อเพลิงทดแทนที่นำมาใช้กับเครื่องยนต์ทดสอบนี้ จะทำให้การเผาไหม้มีปริมาณค่าควันขาวน้อยลงหรือไม่ โดยเครื่องมือวัดจะใช้แบบ Opacity ที่จะให้ค่าออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ ของความทึบแสง ซึ่งวิธีการทดลองดังแสดงไว้ใน ภาคผนวก 1 (ข้อ 3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 Engine Performance Test

จากการทดลองการใช้เชื้อเพลิงทดแทนกับเครื่องยนต์ทดสอบ KH 125-M4 บนเครื่อง Engine Test Bench ในรายการสมรรถนะของเครื่องยนต์ ได้ผลการทดลองดังตารางและกราฟ ต่อไปนี้

ตารางที่ 7 แสดงข้อมูลบันทึกระหว่างการทดสอบรายการสมรรถนะของเครื่องยนต์

Torque_{maximum}

Fuel	Tq _{max.} (Nm)	E/G Rev. (rpm)	Crank-Oil Temp. (°C)	Plug Seat Temp. (°C)	FC. (l/h)
G-100	56.25	7761	56.9	140.0	6.175
M-5	56.25	7774	57.5	140.8	6.627
M-10	56.70	7891	55.5	142.0	6.251
M-15	58.20	7852	45.0	140.8	6.824
M-20	58.57	7930	44.8	141.2	6.274
M-25	59.10	7891	36.6	142.0	6.016
M-30	58.35	8060	50.3	146.0	6.063

ตารางที่ 7 (ต่อ)

Power_{maximum}

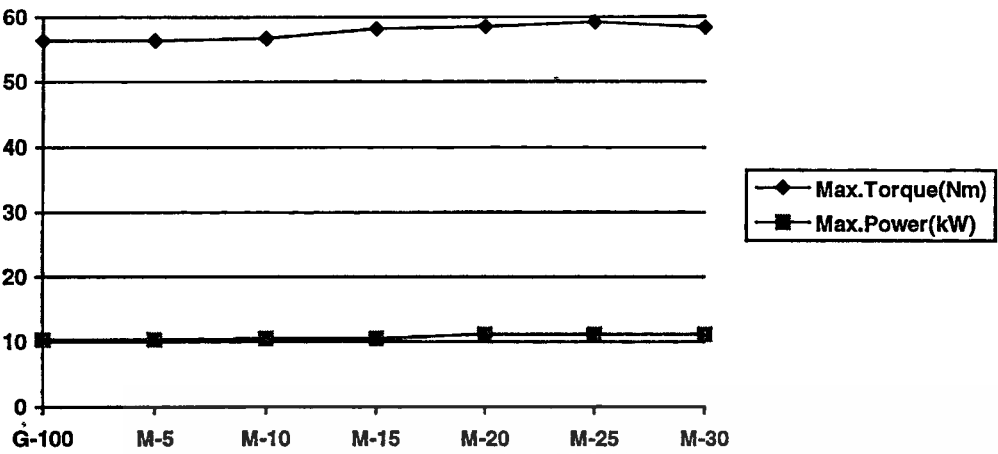
Fuel	Power (kW)	E/G Rev. (rpm)	Crank-Oil Temp. (°C)	Plug Seat Temp. (°C)	FC. (l/h)
G-100	10.35	8424	58.3	144.8	6.815
M-5	10.35	8528	59.0	146.0	6.862
M-10	10.60	8502	56.8	147.2	6.730
M-15	10.50	8528	46.6	145.2	6.749
M-20	11.12	8632	46.8	148.0	6.730
M-25	11.20	8684	39.5	148.8	6.486
M-30	11.15	8658	51.5	151.4	6.627

Note : 1. Plug Seat Temp. Up From 95°C ที่ E/G Rev. 3000 rpm. WOT

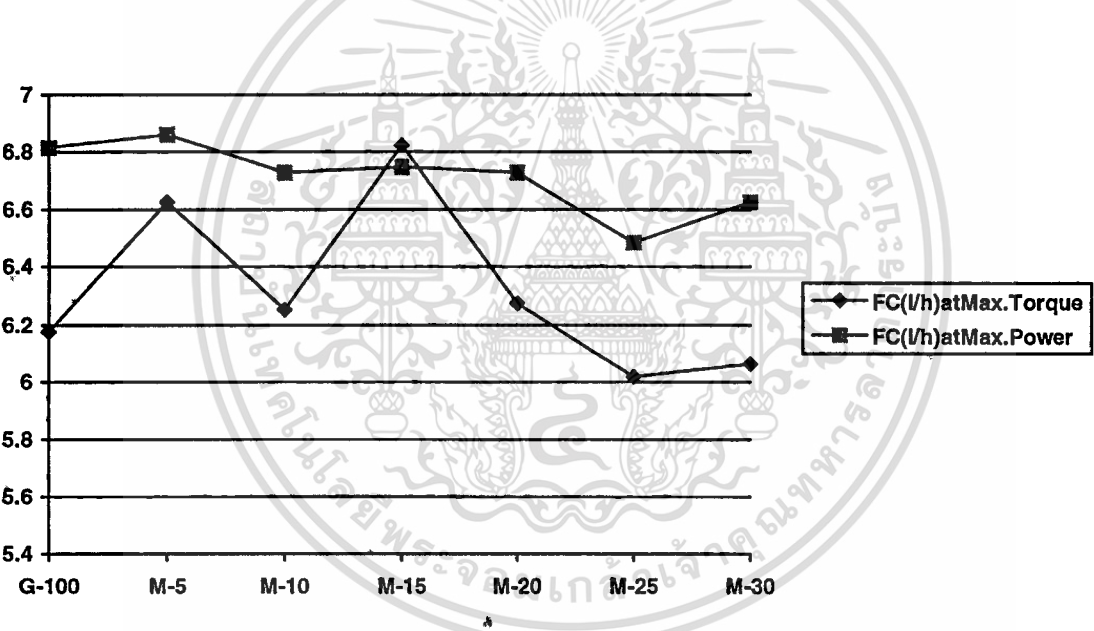
2. Cooling Fan Speed : Constant for every Fuel Specimens

ตารางที่ 8 แสดงค่าสมรรถนะของเครื่องยนต์และอัตราความสิ้นเปลือง
ของน้ำมันเชื้อเพลิงจากการใช้เชื้อเพลิงทดแทน

Fuel	Torque _{max.} (NM)	Power _{max} (kW)	FC (l/h)	
			Tq _{max.}	P _{max.}
G-100	56.25	10.35	6.175	6.815
M-5	56.25	10.35	6.627	6.862
M-10	56.70	10.60	6.251	6.730
M-15	58.20	10.50	6.824	6.749
M-20	58.57	11.12	6.274	6.730
M-25	59.10	11.20	6.016	6.486
M-30	58.35	11.15	6.063	6.627



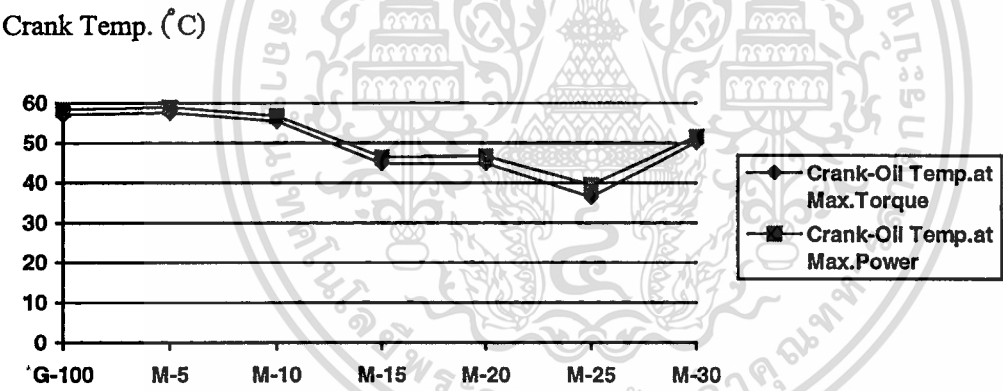
รูปที่ 47 แสดงค่าสมรรถนะของเครื่องยนต์ จากการใช้เชื้อเพลิงทดแทนแต่ละชนิด



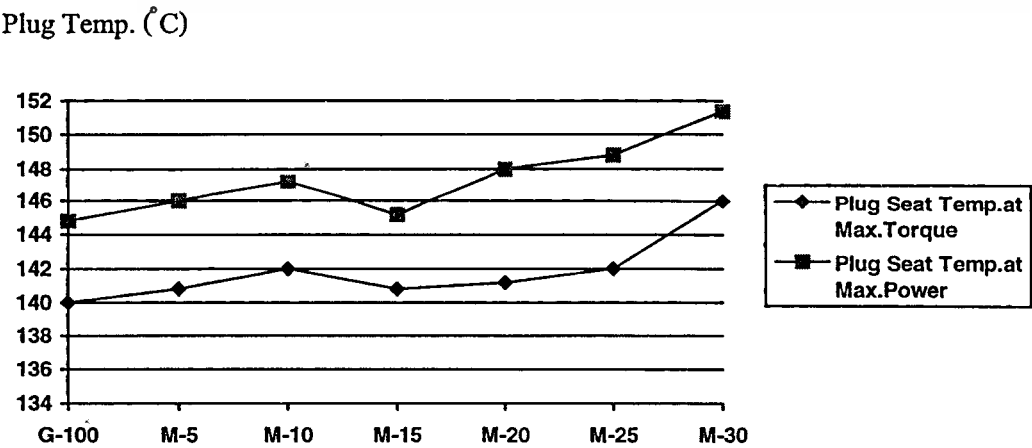
รูปที่ 48 แสดงอัตราความสิ้นเปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิง จากการใช้เชื้อเพลิงทดแทนแต่ละชนิด

ตารางที่ 9 แสดงค่าอุณหภูมิของน้ำมันเครื่องกันอ่างและอุณหภูมิของบ่าวหัวเทียนจากการใช้เชื้อเพลิงทดแทน

Fuel	Crank-Oil Temp.(°C)		Plug Seat Temp.(°C)	
	Tq _{max.}	P _{max.}	Tq _{max.}	P _{max.}
G-100	56.9	58.3	140.0	144.8
M-5	57.5	59.0	140.8	146.0
M-10	55.5	56.8	142.0	147.2
M-15	45.0	46.6	140.8	145.2
M-20	44.8	46.8	141.2	148.0
M-25	36.6	39.5	142.0	148.8
M-30	50.3	51.5	146.0	151.4



รูปที่ 49 แสดงค่าอุณหภูมิของน้ำมันเครื่องกันอ่าง จากการใช้เชื้อเพลิงทดแทนแต่ละชนิด



รูปที่ 50 แสดงค่าอุณหภูมิของบ่าวหัวเทียน จากการใช้เชื้อเพลิงทดแทนแต่ละชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบการหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ เมื่อมีการใช้เชื้อเพลิงทดแทนแต่ละชนิด โดยการป้อนภาระโหลดเต็มที่ และเปิดคันเร่งเต็มที่ ให้กับเครื่องยนต์ทดสอบ แล้วค่อย ๆ เพิ่มความเร็วรอบของเครื่องยนต์ จนได้ค่าแรงบิดและกำลังของเครื่องยนต์สูงสุด

1. จากตารางที่ 7 แสดงให้เห็นว่า เชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของเมทานอล จะทำให้ความเร็วรอบของ เครื่องยนต์สูงขึ้นเรื่อยๆ จนได้ค่าแรงบิด และ กำลังของเครื่องยนต์สูงสุด ในแต่ละส่วนผสมของเชื้อเพลิงทดแทนนั้น ๆ เนื่องจากค่า Octane No. ที่สูงขึ้นของเชื้อเพลิงทดแทน จากการผสมเมทานอลในน้ำมันเชื้อเพลิง

2. จากตารางที่ 8 และรูปที่ 47 แสดงให้เห็นว่า เชื้อเพลิงทดแทน M-25 จะให้ค่าแรงบิด และกำลังของเครื่องยนต์สูงที่สุด เนื่องจากว่า เมทานอลสามารถแยกได้เป็น คาร์บอนมอนอกไซด์ หรือคาร์บอนไดออกไซด์ ในปฏิกิริยา endothermic ดังสมการ



Increase in Lower Heating Value 22 % [5]

3. จากตารางที่ 8 และรูปที่ 48 แสดงให้เห็นว่า อัตราความสิ้นเปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิงจะน้อยที่สุด เมื่อใช้เชื้อเพลิง M-25

4. จากตารางที่ 9 และรูปที่ 49 แสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิของน้ำมันเครื่องกันอ่าง จะมีค่าต่ำสุดเมื่อใช้เชื้อเพลิง M-25 เนื่องจากระบบการจ่ายไอดี ผ่านทาง Disc Valve ซึ่งติดตั้งอยู่ด้านข้าง Crank ของเครื่องยนต์ เมทานอลจึงทำหน้าที่ คล้ายกับ Cooling Fluid อย่างหนึ่ง ซึ่งจะเป็นผลดีสำหรับเครื่องยนต์ ที่จะไม่ทำให้อุณหภูมิของเครื่องยนต์สูงจนเกินไป ที่จะทำให้น้ำมันหล่อลื่นสูญเสียคุณสมบัติในการหล่อลื่น และทำให้ชิ้นส่วนของเครื่องยนต์สึกหรอได้

5. จากตารางที่ 9 และรูปที่ 50 แสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิที่บ่าหัวเทียนจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ ตามส่วนผสมของเมทานอลที่มากขึ้นในน้ำมันเชื้อเพลิง เนื่องจากค่า Octane No. ที่สูงขึ้นของเชื้อเพลิงทดแทน จากการผสมเมทานอลในน้ำมันเชื้อเพลิง

4.2 Engine Deposit Test

จากการทดลองการใช้เชื้อเพลิงทดแทนกับเครื่องยนต์ทดสอบ KH 125-M4 บนเครื่อง Engine Test Bench ในรายการความสะอาดของเครื่องยนต์ ได้ผลการทดลองดังตารางและกราฟต่อไปนี้

ตารางที่ 10 แสดงคะแนนจากการ Rating ลูกสูบ และข้อมูลบันทึกระหว่างการทดสอบ รายการความสะอาดของเครื่องยนต์ โดยการใช้เชื้อเพลิง G-100

G-100

Rating Merit of Engine Deposit Test

No.	Rating Zone		Merit
1	Ring Sticking	Top Ring	10
		2 nd Ring	10
2	Groove Ring Deposit	Top Groove	0.315000
		2 nd Groove	4.190000
3	Land Ring Deposit	Top Land	2.293750
		2 nd Land	5.370000
4	Piston Skirt		9.663500
Summation			41.832250

Data of Engine Deposit Test

G-100	Warm-up	Average	Maximum	Minimum	Unit
E/G Rev.	3980	7500	7503	7497	rpm
Torque	36.1	48.75	48.9	48.6	Nm
Power	3.2	8.25	8.3	8.2	kW
FC	3.2	6.40	6.60	6.2	l/h
Crank Oil Temp.	52.60	76.15	76.4	75.9	°C
Plug Seat Temp.	150	198.5	199	198	°C
Exhaust Port Temp.	446	574.5	578	571	°C
Room Temp.	24	27.5	28	27	°C
Room Pressure	6	5.5	6	5	kPa
Room Humidity	51.0	50.0	51.0	49.0	%

ตารางที่ 11 แสดงคะแนนจากการ Rating ลูกสูบ และข้อมูลบันทึกระหว่างการทดสอบ
รายการความสะอาดของเครื่องยนต์ โดยการใช้เชื้อเพลิง M-10

M-10

Rating Merit of Engine Deposit Test

No.	Rating Zone		Merit
1	Ring Sticking	Top Ring	10
		2 nd Ring	10
2	Groove Ring Deposit	Top Groove	0.037500
		2 nd Groove	3.782500
3	Land Ring Deposit	Top Land	2.500000
		2 nd Land	7.140000
4	Piston Skirt		9.900000
Summation			43.360000

Data of Engine Deposit Test

M-10	Warm-up	Average	Maximum	Minimum	Unit
E/G Rev.	3971	7497	7503	7491	rpm
Torque	33.75	46.8	47.5	46.1	Nm
Power	2.95	7.85	8.0	7.7	kW
FC	3.25	6.30	6.40	6.20	l/h
Crank Oil Temp.	52.00	72.30	74.80	69.80	°C
Plug Seat Temp.	44.04	198.5	199	198	°C
Exhaust Port Temp.	465.6	600.5	605	596	°C
Room Temp.	24	28.5	29	28	°C
Room Pressure	6	6	6	6	kPa
Room Humidity	52.0	51.5	52.0	51.0	%

ตารางที่ 12 แสดงคะแนนจากการ Rating ลูกสูบ และข้อมูลบันทึกที่กระหว่างการทดสอบ
รายการความสะอาดของเครื่องยนต์ โดยการใช้เชื้อเพลิง M-15

M-15

Rating Merit of Engine Deposit Test

No.	Rating Zone		Merit
1	Ring Sticking	Top Ring	10
		2 nd Ring	10
2	Groove Ring Deposit	Top Groove	1.392500
		2 nd Groove	4.130000
3	Land Ring Deposit	Top Land	2.047500
		2 nd Land	6.965000
4	Piston Skirt		9.602000
Summation			44.137000

Data of Engine Deposit Test

M-15	Warm-up	Average	Maximum	Minimum	Unit
E/G Rev.	3972	7500	7503	7497	rpm
Torque	37.5	51.25	51.8	50.7	Nm
Power	3.3	8.7	8.8	8.6	kW
FC	3.80	6.70	7.00	6.40	l/h
Crank Oil Temp.	46.7	72.15	74.00	70.30	°C
Plug Seat Temp.	147	199	200	198	°C
Exhaust Port Temp.	446	579.5	582	577	°C
Room Temp.	29	28.5	30	27	°C
Room Pressure	6	6	6	6	kPa
Room Humidity	66.0	62.0	66.0	58.0	%

ตารางที่ 13 แสดงคะแนนจากการ Rating ลูกสูบ และข้อมูลบันทึกระหว่างการทดสอบ
รายการความสะอาดของเครื่องยนต์ โดยการใช้เชื้อเพลิง M-20

M-20

Rating Merit of Engine Deposit Test

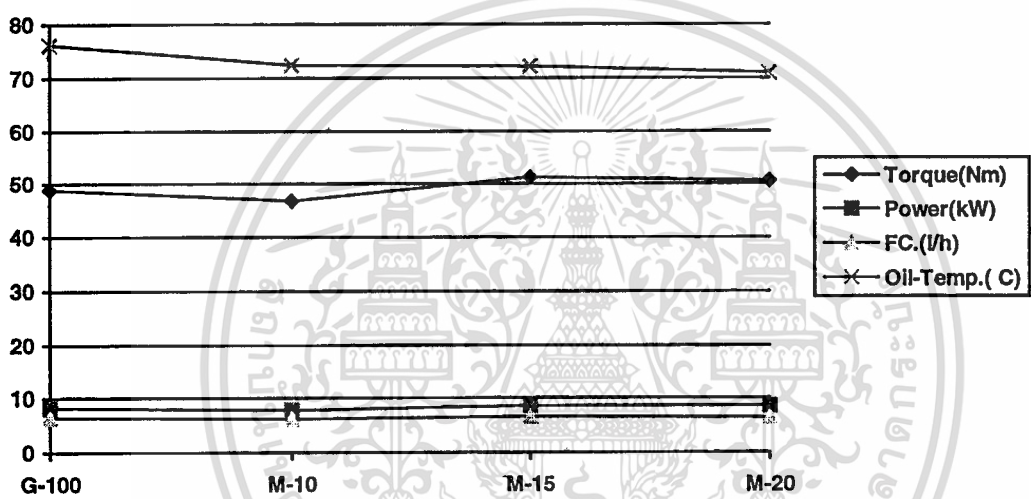
No.	Rating Zone		Merit
1	Ring Sticking	Top Ring	10
		2 nd Ring	10
2	Groove Ring Deposit	Top Groove	0.845000
		2 nd Groove	3.737500
3	Land Ring Deposit	Top Land	1.347500
		2 nd Land	5.617500
4	Piston Skirt		9.463500
Summation			41.011000

Data of Engine Deposit Test

M-20	Warm-up	Average	Maximum	Minimum	Unit
E/G Rev.	3975	7498	7507	7489	rpm
Torque	36.7	50.7	51.6	49.8	Nm
Power	3.2	8.55	8.7	8.4	kW
FC	3.20	6.50	6.80	6.20	l/h
Crank Oil Temp.	51.6	71.0	72.5	69.5	°C
Plug Seat Temp.	149	198.5	199	198	°C
Exhaust Port Temp.	461	594	600	588	°C
Room Temp.	24	28	29	27	°C
Room Pressure	6	6	6	6	kPa
Room Humidity	58.0	55.0	58.0	52.0	%

ตารางที่ 14 แสดงข้อมูลบันทึกระหว่างการทดสอบรายการความสะอาดของเครื่องยนต์

Fuel	Torque (Nm)	Power (kW)	E/G Rev. (rpm)	FC (l/h)	Oil-Temp. (°C)	Exhaust Temp. (°C)
G-100	48.75	8.25	7500	6.40	76.15	574.5
M-10	46.80	7.85	7503	6.30	72.30	600.5
M-15	51.25	8.70	7500	6.70	72.15	579.5
M-20	50.70	8.55	7498	6.50	71.00	594.0



รูปที่ 51 แสดงข้อมูลบันทึกระหว่างการทดสอบรายการความสะอาดของเครื่องยนต์

การทดสอบการสะสมของ Carbon และ Varnish ที่บริเวณร่องแหวน (Ring Groove), สันร่องแหวน(Land) และ บริเวณใต้แหวนทั้งหมด (Piston Skirt)

ขั้นตอนการเดินเครื่องยนต์ทดสอบ การทำโดย

1) การอุ่นเครื่องยนต์ทดสอบ (Warm-Up) เดินเครื่องยนต์ทดสอบที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 4,000 รอบต่อนาที มีการะโหลดเต็มที่ คันเร่งเปิดเต็มที่ เป็นเวลา 20 นาที เพื่อให้กระบอกสูบ, ลูกสูบ และ แหวนลูกสูบ มีการจัดตัวเข้าที่ โดยการใช้ส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงต่อน้ำมันเครื่อง ที่ค่อนข้างหนา คือ 20 ต่อ 1

2) การเดินเครื่องยนต์ทดสอบ (Running) เร่งเครื่องยนต์ ให้ได้ความเร็วรอบที่ 7500 รอบต่อนาที มีการะโหลดเต็มที่ คันเร่งเปิดเต็มที่ เป็นเวลา 5 ชั่วโมง การที่เลือกใช้ความเร็วรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ 7500 รอบต่อนาทีนี้ เพราะว่าเป็นย่านความเร็วที่ใกล้กับความเร็วรอบที่เครื่องยนต์ทดสอบนี้ ให้แรงบิดสูงสุดของจึงเหมาะสำหรับการทดสอบแบบต่อเนื่องระยะยาว (Endurance Test)

จากข้อมูลผลการทดลอง ในตารางที่ 10-13 จะเห็นได้ว่า

1. จากการทดสอบรายการความสะอาดของเครื่องยนต์ คะแนนการ Rating ของรายการการสะสม ของ Carbon และ Varnish ได้ค่าที่ใกล้เคียงกันมาก และจะมีค่าน้อยที่สุด ที่เชื้อเพลิงทดแทน M-15 ซึ่งแสดงถึง การเผาไหม้ที่หมดจด จากการใช้เชื้อเพลิงทดแทน
2. จากข้อมูลของการ Rating ในรายการการติดขัดของแวนลูกสูบ ได้ผลออกมาเท่ากันหมดทุกชนิดของเชื้อเพลิงทดแทน ไม่มีเชื้อเพลิงชนิดใด ที่ทำให้แวนลูกสูบติดตาย แสดงถึงการไม่สูญเสียไปของคุณสมบัติในการหล่อลื่น จากการที่ใช้เชื้อเพลิงผสมเมทานอล
3. จากรูปที่ 65 เป็นสภาพของหัวเทียน หลังจากการทดสอบครบตามระยะเวลา ของรายการความสะอาดของเครื่องยนต์ จะสังเกตได้ว่า ไม่มีการสะสมของเขม่า หรือคราบตกค้างจากการเผาไหม้ ที่บริเวณเขี้ยวและแกนของหัวเทียน จากการที่ใช้เชื้อเพลิงทดแทนแต่ละชนิด



4.3 Engine Lubricity Test

จากการทดลองการใช้เชื้อเพลิงทดแทนกับเครื่องยนต์ทดสอบ KH 125-M4 บนเครื่อง Engine Test Bench ในรายการการครูดร่อนที่ลูกสูบและแหวนลูกสูบ ได้ผลการทดลองดังตารางและกราฟ ต่อไปนี้

ตารางที่ 15 แสดงข้อมูลบันทึกระหว่างการทดสอบรายการการครูดร่อนที่ลูกสูบ และแหวนลูกสูบ โดยการใช้เชื้อเพลิง G-100

G-100	Data of each Fuel/2T-Oil Ratio							
	60:1	100:1	150:1	200:1	250:1	300:1	350:1	400:1
E/G Rev.(rpm)	8000	8002	7997	7997	7991	7991	7998	7991
Torque (Nm)	50.1	49.7	49.7	49.7	49.0	48.1	48.1	52.5
Power (kW)	9.0	9.0	9.0	9.0	8.8	8.7	8.7	9.5
FC. (l/h)	6.40	6.20	6.40	6.80	6.40	6.40	6.40	6.60
Crank Oil Temp. (°C)	78.2	78.4	77.7	78.0	77.3	78.5	78.2	75.5
Plug Seat Temp. (°C)	199	198	199	199	198	198	198	203
Exhaust Port Temp. (°C)	639	635	636	634	633	630	627	637
Room Temp. (°C)	27	27	28	28	28	28	28	28
Room Pressure (mmHg)	760	760	760.2	760.5	760.7	761.0	761.2	761.2
Room Humidity (%)	51.0	50.0	49.0	48.0	48.0	47.0	46.0	52.0

Note : Ring Stick on F/O 400:1 at 0 min. 30 sec.

ตารางที่ 16 แสดงข้อมูลบันทึกระหว่างการทดสอบรายการการครูดคร่อนที่ลูกสูบ
และแหวนลูกสูบ โดยการใช้เชื้อเพลิง M-10

M-10 [*]	Data of each Fuel/2T-Oil Ratio							
	60:1	100:1	150:1	200:1	250:1	300:1	350:1	400:1
E/G Rev.(rpm)	7982	7982	7982	7982	7988	7988	7984	-
Torque (Nm)	52.5	51.9	51.9	51.3	51.7	51.7	47.2	-
Power (kW)	9.5	9.4	9.4	9.2	9.3	9.3	8.5	-
FC. (l/h)	6.80	6.20	6.20	6.60	6.60	6.60	6.60	-
Crank Oil	77.0	74.9	74.9	75.2	75.2	75.2	75.4	-
Temp. (°C)								
Plug Seat Temp.	199	197	197	198	197	197	200	-
(°C)								
Exhaust Port	630	625	625	624	624	624	623	-
Temp. (°C)								
Room Temp.	26	27	27	27	27	27	28	-
(°C)								
Room Pressure	760	760	760.2	760.5	760.7	761.0	761.2	-
(mmHg)								
Room Humidity	51.0	50.0	49.0	48.0	48.0	47.0	46.0	-
(%)								

Note : Ring Stick on F/O 350:1 at 7 min. 5 sec.

ตารางที่ 17 แสดงข้อมูลบันทึกระหว่างการทดสอบรายการการครูดร่อนที่ลูกสูบ และแหวนลูกสูบ โดยการใช้เชื้อเพลิง M-15

M-15	Data of each Fuel/2T-Oil Ratio							
	60:1	100:1	150:1	200:1	250:1	300:1	350:1	400:1
E/G Rev.(rpm)	7982	7982	7982	7982	7988	7988	-	-
Torque (Nm)	52.5	51.9	51.9	51.3	51.7	51.7	-	-
Power (kW)	9.5	9.4	9.4	9.2	9.3	9.3	-	-
FC. (l/h)	6.80	6.20	6.20	6.60	6.60	6.60	-	-
Crank Oil Temp. (°C)	77.0	74.9	74.9	75.2	75.2	75.2	-	-
Plug Seat Temp. (°C)	199	197	197	198	197	197	-	-
Exhaust Port Temp. (°C)	630	625	625	624	624	624	-	-
Room Temp. (°C)	26	27	27	27	27	27	-	-
Room Pressure (mmHg)	760	760	760.2	760.5	760.7	761.0	-	-
Room Humidity (%)	51.0	50.0	49.0	48.0	48.0	47.0	-	-

Note : Ring Stick on F/O 300:1 at 8 min. 24 sec.

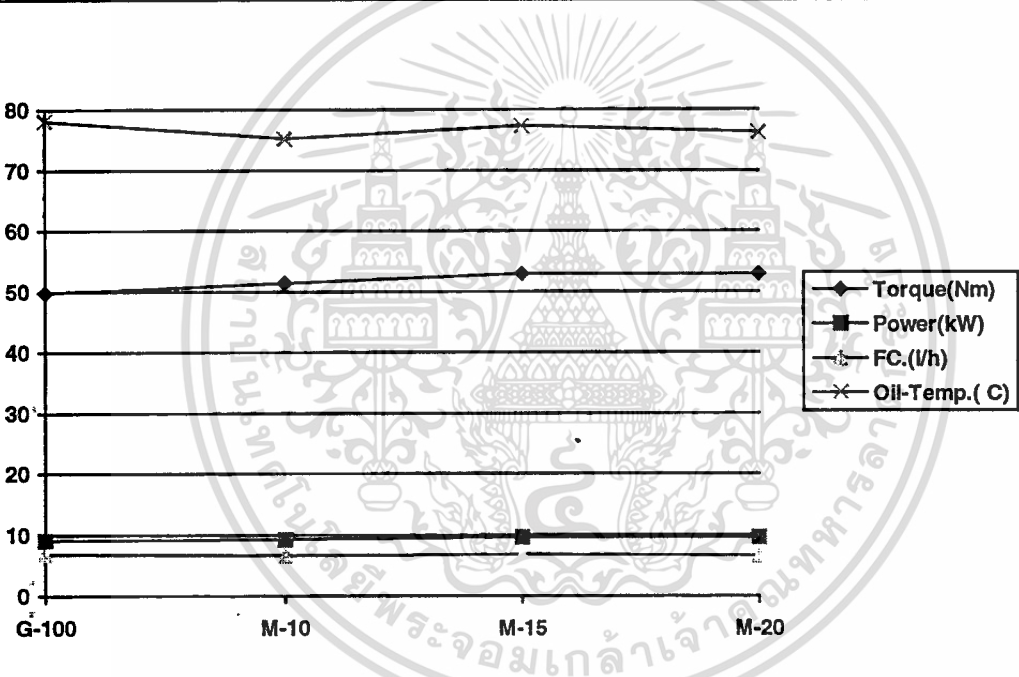
ตารางที่ 18 แสดงข้อมูลบันทึกที่กระหว่างการทดสอบรายการการครูดร่อนที่ลูกสูบ
และแหวนลูกสูบ โดยการใช้เชื้อเพลิง M-20

M-20	Data of each Fuel/2T-Oil Ratio							
	60:1	100:1	150:1	200:1	250:1	300:1	350:1	400:1
E/G Rev.(rpm)	7991	7985	7989	7991	7993	7995	7993	7991
Torque (Nm)	53.9	52.9	53.4	52.9	52.8	53.1	52.8	52.5
Power (kW)	9.7	9.5	9.6	9.6	9.5	9.6	9.5	9.5
FC. (l/h)	6.60	6.60	6.80	6.60	6.60	6.40	6.80	6.60
Crank Oil	77.2	76.2	76.1	76.2	75.4	75.1	75.0	75.5
Temp. (°C)								
Plug Seat Temp.	201	204	203	203	203	202	203	203
(°C)								
Exhaust Port	634	637	641	639	637	637	637	637
Temp. (°C)								
Room Temp.	27	27	27	27	28	28	28	28
(°C)								
Room Pressure	762.5	761.7	762.0	762.5	762.7	763.0	763.0	763.0
(mmHg)								
Room Humidity	51.0	51.0	53.0	54.0	52.0	52.0	53.0	52.0
(%)								

Note : Ring Stick on F/O 450:1 at 7 min. 48 sec.

ตารางที่ 19 แสดงข้อมูลบันทึกที่ระหว่างการทดสอบรายการการครูดร่อนที่ลูกสูบและแหวน
(at F/O Ratio 200:1)

Fuel	Torque (Nm)	Power (kW)	E/G Rev. (rpm)	FC (l/h)	Oil-Temp. (°C)	Exhaust Temp. (°C)
G-100	49.70	9.00	7997	6.80	78.00	634.0
M-10	51.30	9.20	7982	6.60	75.20	624.0
M-15	52.90	9.60	7987	6.80	77.40	619.0
M-20	52.90	9.60	7991	6.60	76.20	639.0



รูปที่ 52 แสดงข้อมูลบันทึกที่ระหว่างการทดสอบรายการการครูดร่อนที่ลูกสูบและแหวน

การทดสอบคุณสมบัติการหล่อลื่น ของน้ำมันเครื่องสองจังหวะ โดยในขั้นตอนการทดสอบจะมีการลดส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงต่อน้ำมันเครื่อง ให้ส่วนผสมบางลงเรื่อย ๆ จาก 60:1 - 100:1 - 150:1 - 200:1 -,... โดยมีขั้นตอนการทดสอบ ดังนี้

- 1) การอุ่นเครื่องยนต์ทดสอบ (Warm-Up) เดินเครื่องยนต์ทดสอบที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 4,000 รอบต่อนาที มีการะโหลดเต็มที่ คันทรงเปิดเต็มที่ เป็นเวลา 20 นาที เพื่อให้กระบอกสูบ, ลูกสูบ และ แหวนลูกสูบ มีการจัดตัวเข้าที่ โดยการใช้ส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงต่อน้ำมันเครื่อง ที่ค่อนข้างหนา คือ ที่ 20 ต่อ 1

2) การเดินเครื่องยนต์ทดสอบ (Running) การไล่น้ำมันเครื่อง 2 จังหวะ ที่สะสมตกค้างอยู่ในบริเวณห้องเพลาคือเหวี่ยง (สำรองไว้เพื่อ นำไปใช้หล่อลื่น ลูกสูบและ แหวนลูกสูบ โดยการเข้าไปพร้อมกับไอดี) วิธีการโดย การเดินเครื่องยนต์ทดสอบ ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 8500 รอบต่อนาที มีภาระโหลดเต็มที่ คันเร่งเปิดเต็มที่ การที่เลือกความเร็วรอบของเครื่องยนต์ย่านนี้ ก็เนื่องจากว่า เครื่องยนต์ทดสอบนี้ ให้ค่าแรงม้าสูงสุด แล้วเดินเครื่องทดสอบเป็นเวลา 10 นาที

ลดความเร็วรอบเครื่องยนต์ทดสอบมาที่ 8000 รอบต่อนาที มีภาระโหลดเต็มที่ คันเร่งเปิดเต็มที่ ซึ่งเป็นย่านความเร็วที่เครื่องยนต์ทดสอบ ให้แรงบิดสูงสุด เดินเครื่องยนต์ทดสอบต่อเนื่องกัน โดยทุกๆ 10 นาที จะทำการลดส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงต่อน้ำมันเครื่อง ลงเรื่อยๆ จาก 60:1 - 100:1 - 150:1 - 200:1 -,... จนกระทั่ง ลูกสูบและแหวนลูกสูบเกิดการติดขัด เครื่องยนต์ดับลง แต่เกณฑ์การตัดสินใจจะยึดถือที่ ส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงต่อน้ำมันเครื่อง 200:1 คือเมื่อเดินเครื่องยนต์ทดสอบอย่างต่อเนื่อง ผ่านส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงต่อน้ำมันเครื่อง 200:1 ได้ครบ 10 นาที แสดงว่า รายการคุณสมบัติในการหล่อลื่นผ่าน

ในการวิจัยนี้ จะทำการเปลี่ยนชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิงทดแทน ดังนี้ G-100, M-10, M-15, M-20 แล้วนำข้อมูลมาเปรียบเทียบ คุณสมบัติในการหล่อลื่น

1. จากตารางที่ 15-18 ข้อมูลของการทดสอบ รายการการครูดร่อนที่ลูกสูบและแหวนกับน้ำมันเชื้อเพลิงทดแทนแต่ละชนิด ค่าอัตราส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงต่อน้ำมันเครื่องที่เจือจางลงเรื่อย ๆ ประมาณ 350:1 จึงจะทำให้เกิดการติดขัดของลูกสูบ จนเครื่องยนต์ทดสอบ ดับลง ซึ่งเป็นอัตราส่วนผสมที่เจือจางมาก แสดงให้เห็นว่า น้ำมันเชื้อเพลิงที่ผสมเมทานอลในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ กันนั้น ไม่มีผลต่อการทำให้เครื่องยนต์สึกหรอมมากกว่าปกติ ที่แตกต่างจากการใช้น้ำมันเบนซินอย่างเดียว

2. จากตารางที่ 19 และรูปที่ 52 จะเห็นได้ว่า เชื้อเพลิงทดแทนที่นำมาใช้ ไม่ส่งผลให้ ค่าแรงบิดและกำลังของเครื่องยนต์ ลดลงแต่ประการใด กลับทำให้มีค่าสูงมากขึ้น

3. จากตารางที่-19และรูปที่ 52 จะเห็นได้ว่า เชื้อเพลิงทดแทนแต่ละชนิด ที่นำมาใช้ไม่มีผลต่ออัตราความสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิง ซึ่งจะมีค่าใกล้เคียงกันหมด

4.4 Exhaust Gas Analysis

4.4.1 Engine Bench Test

จากการทดลองการใช้เชื้อเพลิงทดแทนกับเครื่องยนต์ทดสอบ KH 125-M4 บนเครื่อง Engine Test Bench ในรายการการวิเคราะห์แก๊สมลพิษจากไอเสีย ได้ผลการทดลองดังตารางและกราฟ ต่อไปนี้

ตารางที่ 20 แสดงข้อมูลบันทึกระหว่างการทดสอบรายการการสารมลพิษจากไอเสีย บนเครื่องทดสอบ Engine Bench Test โดยการใช้เชื้อเพลิง G-100

G-100					
No-Load					
E/G Rev. (rpm)	CO (%Vol.)	HC (ppm)	CO ₂ (%Vol.)	AF	O ₂ (%Vol.)
1500	1.53	9650	4.48	16.9	13.42
3000	1.78	14390	6.96	11.2	11.42
4000	2.17	13290	6.30	11.9	12.17
6000	3.03	10620	7.22	11.9	11.30

Full-Load WOT.					
E/G Rev. (rpm)	CO (%Vol.)	HC (ppm)	CO ₂ (%Vol.)	AF	O ₂ (%Vol.)
7500	15.15	12020	7.98	6.0	8.69
776 (T _{qmax})	18.07	10460	7.72	5.6	7.88
8000	19.31	8800	7.64	5.6	10.52
8500	23.80	7430	7.08	5.0	10.05
8424 (P _{max})	23.41	7610	7.12	5.0	10.32

ตารางที่ 21 แสดงข้อมูลบันทึกระหว่างการทดสอบรายการการสารมลพิษจากไอเสีย
บนเครื่องทดสอบ Engine Bench Test โดยการใช้เชื้อเพลิง M-10

M-10

No-Load

E/G Rev. (rpm)	CO (%Vol.)	HC (ppm)	CO ₂ (%Vol.)	AF	O ₂ (%Vol.)
1500	3.21	11020	5.36	12.9	12.44
3000	2.67	14390	7.12	10.5	10.84
4000	2.11	12020	6.38	12.6	11.36
6000	2.83	9040	6.82	13.3	10.76

Full-Load WOT.

E/G Rev. (rpm)	CO (%Vol.)	HC (ppm)	CO ₂ (%Vol.)	AF	O ₂ (%Vol.)
7500	13.30	11540	8.48	6.5	8.56
7891(T _{qmax})	15.18	9790	8.44	6.3	7.77
8000	16.64	8750	8.34	6.1	7.62
8500	20.88	7470	7.80	5.5	8.13
8502(P _{max})	20.88	7490	7.84	5.4	7.24

ตารางที่ 22 แสดงข้อมูลบันทึกระหว่างการทดสอบรายการการสารมลพิษจากไอเสีย
บนเครื่องทดสอบ Engine Bench Test โดยการใช้เชื้อเพลิง M-15

M-15

No-Load

E/G Rev. (rpm)	CO (%Vol.)	HC (ppm)	CO ₂ (%Vol.)	AF	O ₂ (%Vol.)
1500	3.82	12120	4.64	12.3	11.90
3000	1.86	14790	7.30	10.8	11.00
4000	1.68	12570	6.46	12.6	11.49
6000	2.48	9420	7.22	13.1	11.43

Full-Load WOT.

E/G Rev. (rpm)	CO (%Vol.)	HC (ppm)	CO ₂ (%Vol.)	AF	O ₂ (%Vol.)
7500	12.83	12020	8.50	6.5	8.03
7852(T _{qmax})	14.65	9380	8.58	6.5	7.67
8000	15.91	8720	8.46	6.3	7.30
8500	19.20	7330	8.12	5.8	7.15
8528(P _{max})	19.55	7370	8.04	5.7	6.81

ตารางที่ 23 แสดงข้อมูลบันทึกระหว่างการทดสอบรายการการสารมลพิษจากไอเสีย
บนเครื่องทดสอบ Engine Bench Test โดยการใช้เชื้อเพลิง M-20

M-20

No-Load

E/G Rev. (rpm)	CO (%Vol.)	HC (ppm)	CO ₂ (%Vol.)	AF	O ₂ (%Vol.)
1500	2.18	10740	4.82	14.7	12.07
3000	1.61	15410	7.06	10.8	10.93
4000	1.07	13110	6.26	13.0	11.36
6000'	1.08	10850	7.04	13.7	10.71

Full-Load WOT.

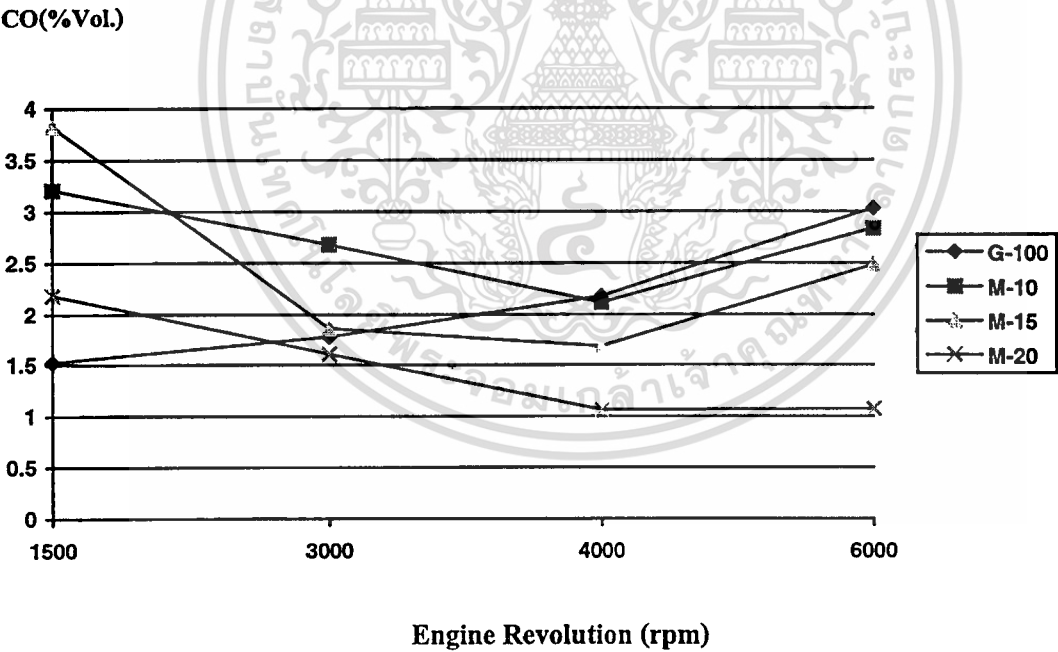
E/G Rev. (rpm)	CO (%Vol.)	HC (ppm)	CO ₂ (%Vol.)	AF	O ₂ (%Vol.)
7500	12.20	11950	8.64	6.7	8.23
7930(T _{qmax})	13.74	8850	8.86	6.8	7.49
8000	13.54	9090	8.90	6.8	7.52
8500 _i	16.81	7550	8.54	6.2	7.03
8632(P _{max})	17.13	7220	8.54	6.2	6.70

Exhaust Gas Analysis

No-Load

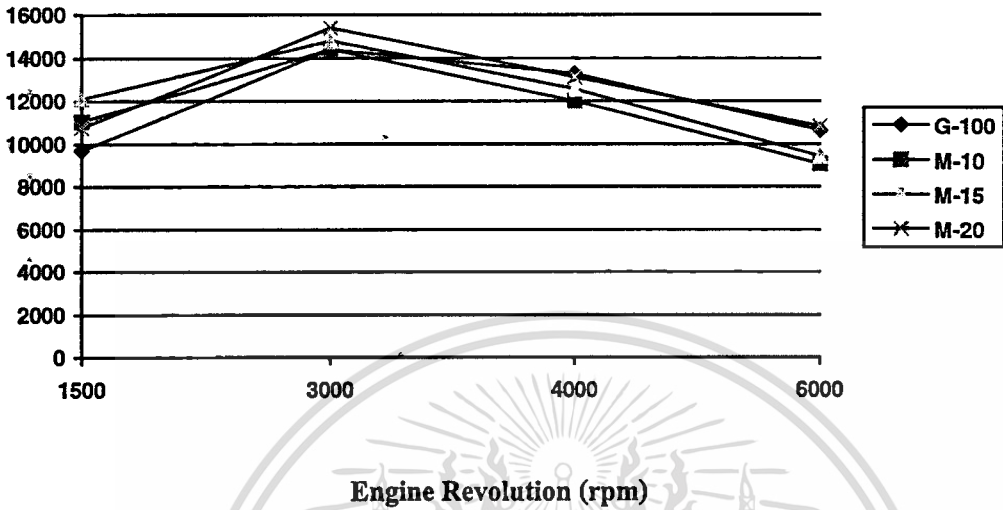
ตารางที่ 24 แสดงข้อมูลบันทึกระหว่างการทดสอบรายการสารมลพิษจากไอเสีย
เมื่อเครื่องยนต์ไม่มีภาระ

Fuel,	CO (%Vol.)				HC (ppm)				CO ₂ (%Vol.)			
E/G Rév. (rpm)	1500	3000	4000	6000	1500	3000	4000	6000	1500	3000	4000	6000
G-100	1.53	1.78	2.17	3.03	9650	14390	13290	10620	4.48	6.96	6.30	7.22
M-10	3.21	2.67	2.11	2.83	11020	14390	12020	9040	5.36	7.12	6.38	6.82
M-15	3.82	1.86	1.68	2.48	12120	14790	12570	9420	4.64	7.30	6.46	7.22
M-20	2.18	1.61	1.07	1.08	10740	15410	13110	10850	4.82	7.06	6.26	7.04

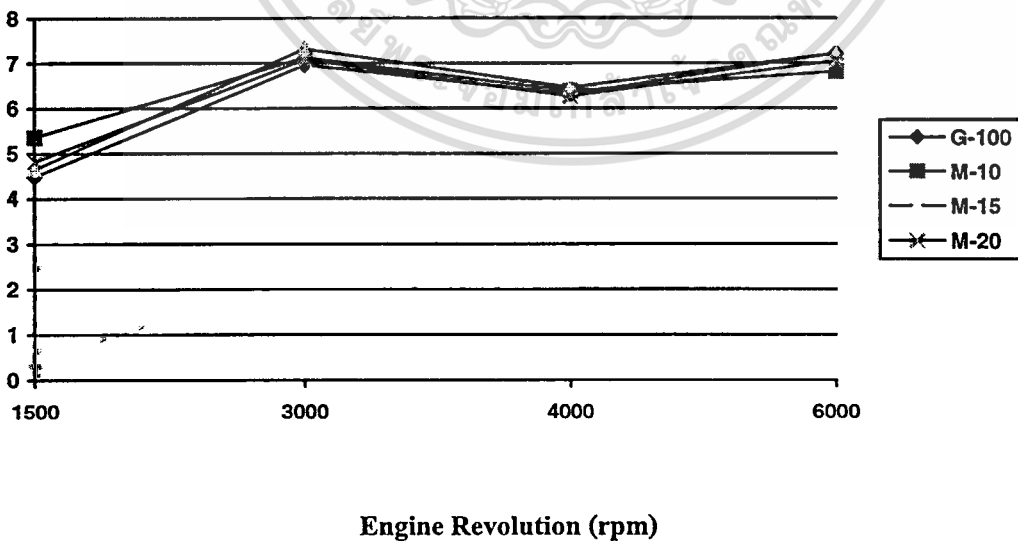


รูปที่ 53 แสดงค่า CO(%Vol.) ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ต่าง ๆ กัน เมื่อไม่มีภาระ
ในการทดสอบของรายการ Exhaust Gas Analysis

HC (ppm)



รูปที่ 54 แสดงค่า HC (ppm) ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ต่างๆกัน เมื่อไม่มีภาระ
ในการทดสอบของรายการ Exhaust Gas Analysis

CO₂ (%Vol.)

รูปที่ 55 แสดงค่า CO₂ (%Vol.) ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ต่าง ๆ กัน

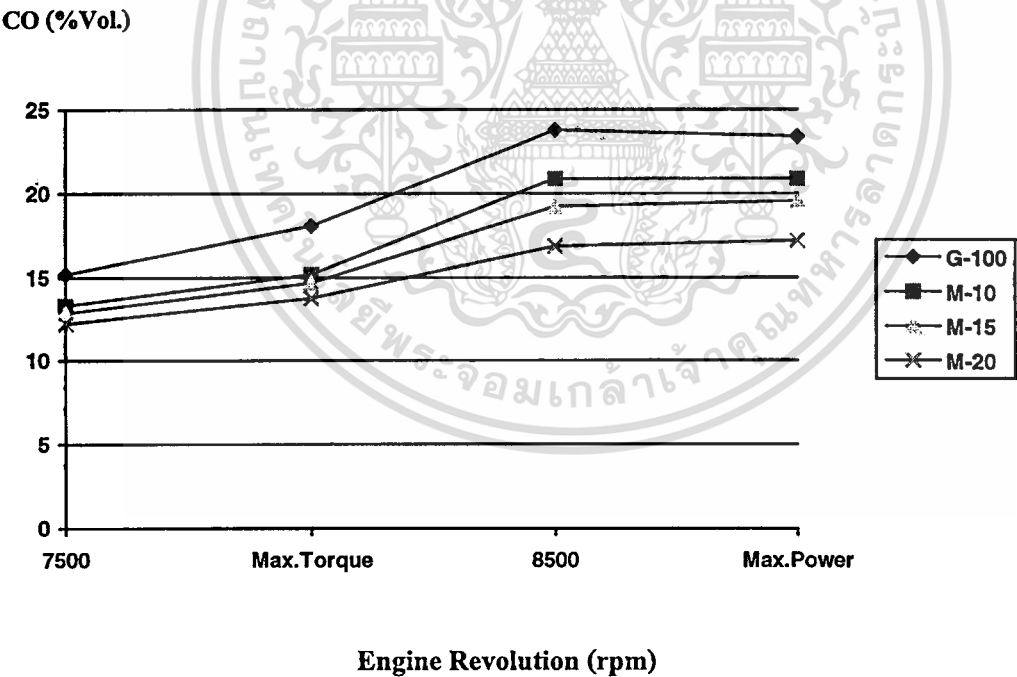
เมื่อไม่มีภาระในการทดสอบรายการ Exhaust Gas Analysis

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 25 แสดงข้อมูลบันทึกระหว่างการทดสอบรายการสารมลพิษจากไอเสีย
เมื่อเครื่องยนต์มีภาระเต็มที่ และเปิดคันเร่งสุด

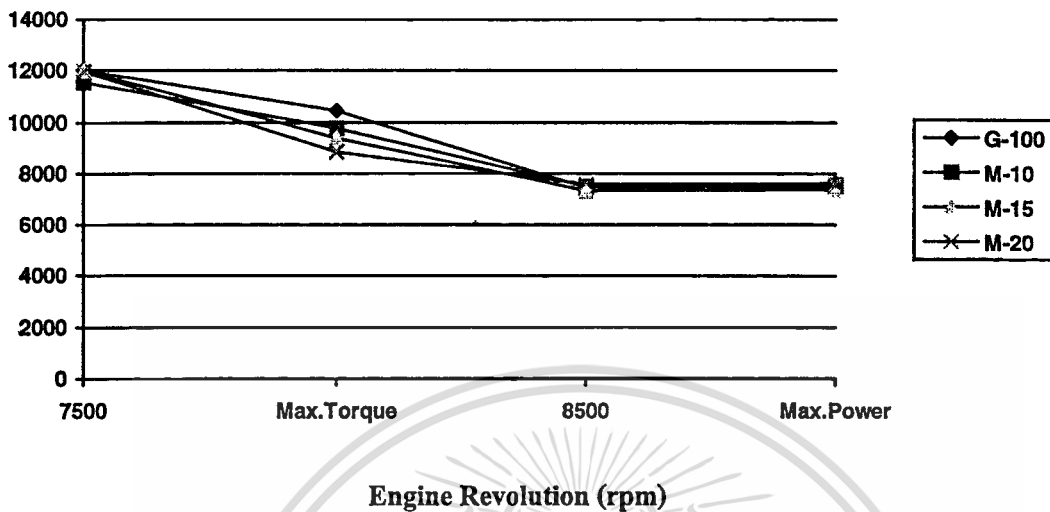
Full-Load (W.O.T.)

Fuel	CO (%Vol.)				HC (ppm)				CO ₂ (%Vol.)			
E/G Rev. (rpm)	7500	Tq _{max.}	8500	P _{max.}	7500	Tq _{max.}	8500	P _{max.}	7500	Tq _{max.}	8500	P _{max.}
G-100	15.15	18.07	23.80	23.41	12020	10460	7430	7610	7.98	7.72	7.08	7.12
M-10	13.30	15.18	20.88	20.88	11540	9790	7470	7490	8.48	8.44	7.80	7.84
M-15	12.83	14.65	19.20	19.55	12020	9380	7330	7370	8.50	8.58	8.12	8.04
M-20	12.20	13.74	16.81	17.13	11950	8850	7550	7220	8.64	8.86	8.54	8.54

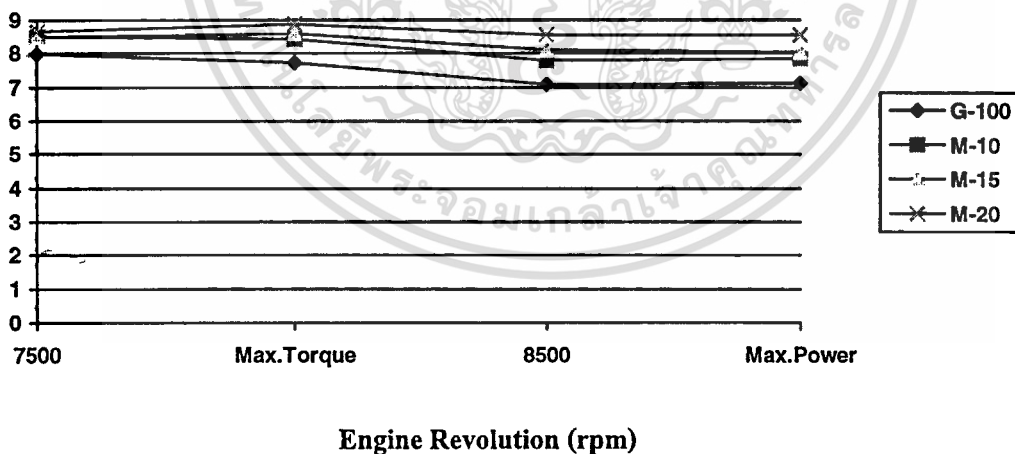


รูปที่ 56 แสดงค่า CO (%Vol.) ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ต่าง ๆ กัน เมื่อมีภาระเต็มที่
และเปิดคันเร่งสุด ในการทดสอบรายการ Exhaust Gas Analysis

HC (ppm)



รูปที่ 57 แสดงค่า HC (ppm) ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ต่างๆกัน เมื่อมีภาระเต็มที และเปิดคันเร่งสุด ในการทดสอบของรายการ Exhaust Gas Analysis

CO₂ (%Vol.)

รูปที่ 58 แสดงค่า CO₂ (%Vol.) ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ต่าง ๆ กัน เมื่อมีภาระเต็มที และเปิดคันเร่งสุด ในการทดสอบรายการ Exhaust Gas Analysis

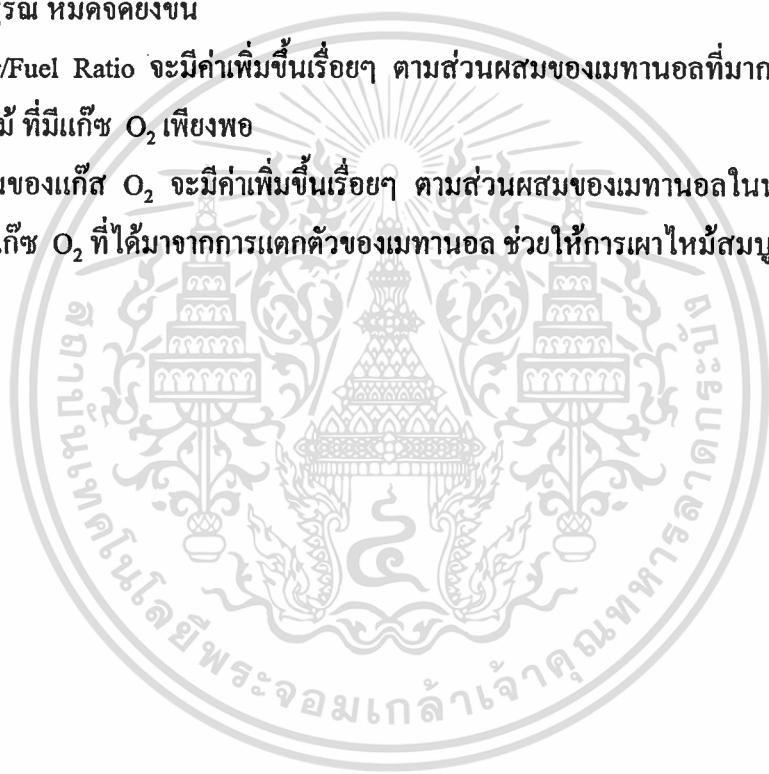
การทดสอบเพื่อวิเคราะห์แก๊สมลพิษจากไอเสียของเครื่องยนต์ทดสอบที่มีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทดแทนชนิดต่าง ๆ กัน บนเครื่อง Engine Bench Test ทั้งที่สภาวะไรรู้โหลด (ข้อมูลดังตารางที่ 24 และรูปที่ 53-55) และโหลดเต็มที่ เปิดคันเร่งเต็มที่ (ข้อมูลดังตารางที่ 25 และรูปที่ 56-58) ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. ค่าแก๊ส CO และ HC จะมีค่าลดลงเรื่อยๆ ตามส่วนผสมของเมทานอลที่มากขึ้น ซึ่งแสดงถึงการเผาไหม้ ที่สมบูรณ์มากขึ้น

2. ค่าแก๊ส CO₂ จะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามส่วนผสมของเมทานอลที่มากขึ้น ซึ่งแสดงถึงการเผาไหม้ ที่สมบูรณ์ หมดจดยิ่งขึ้น

3. ค่า Air/Fuel Ratio จะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามส่วนผสมของเมทานอลที่มากขึ้น ซึ่งแสดงถึงการเผาไหม้ ที่มีแก๊ส O₂ เพียงพอ

4. ปริมาณของแก๊ส O₂ จะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามส่วนผสมของเมทานอลในน้ำมันเชื้อเพลิงที่มากขึ้น ซึ่งแก๊ส O₂ ที่ได้มาจากการแตกตัวของเมทานอล ช่วยให้การเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้น



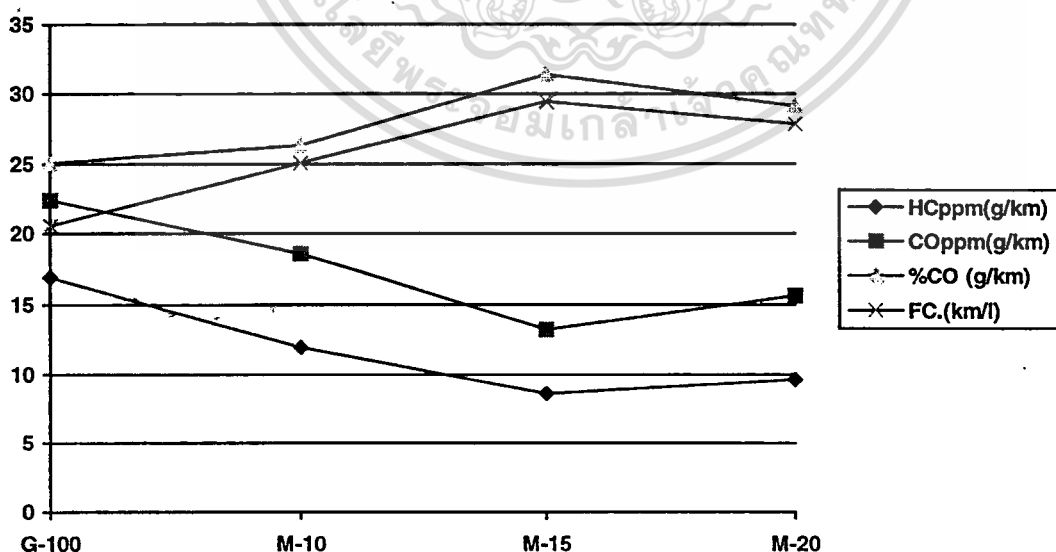
4.4.2 Chassis Dynamometer Test

จากการทดลองการใช้เชื้อเพลิงทดแทนกับเครื่องยนต์ทดสอบ KH 125-M4 บนเครื่อง Chassis Dynamometer ในรายการการวิเคราะห์แก๊สมลพิษจากไอเสีย ได้ผลการทดลองดังตาราง และกราฟ ต่อไปนี้

4.4.2.1 Emission Test : ECE- mode

ตารางที่ 26 แสดงข้อมูลบันทึกระหว่างการทดสอบรายการสารมลพิษจากไอเสีย ตามมาตรฐาน ECE-mode (Type1)

Fuel	HC+NOx (g)	HCppm (g/km)	COppm (g/km)	% CO ₂ (g/km)	FC. (km/l)
G-100	67.29	16.86	22.38	25.13	20.59
M-10	47.35	11.90	18.57	26.32	25.12
M-15	34.13	8.60	13.19	31.40	29.50
M-20	38.22	9.61	15.57	29.20	27.84



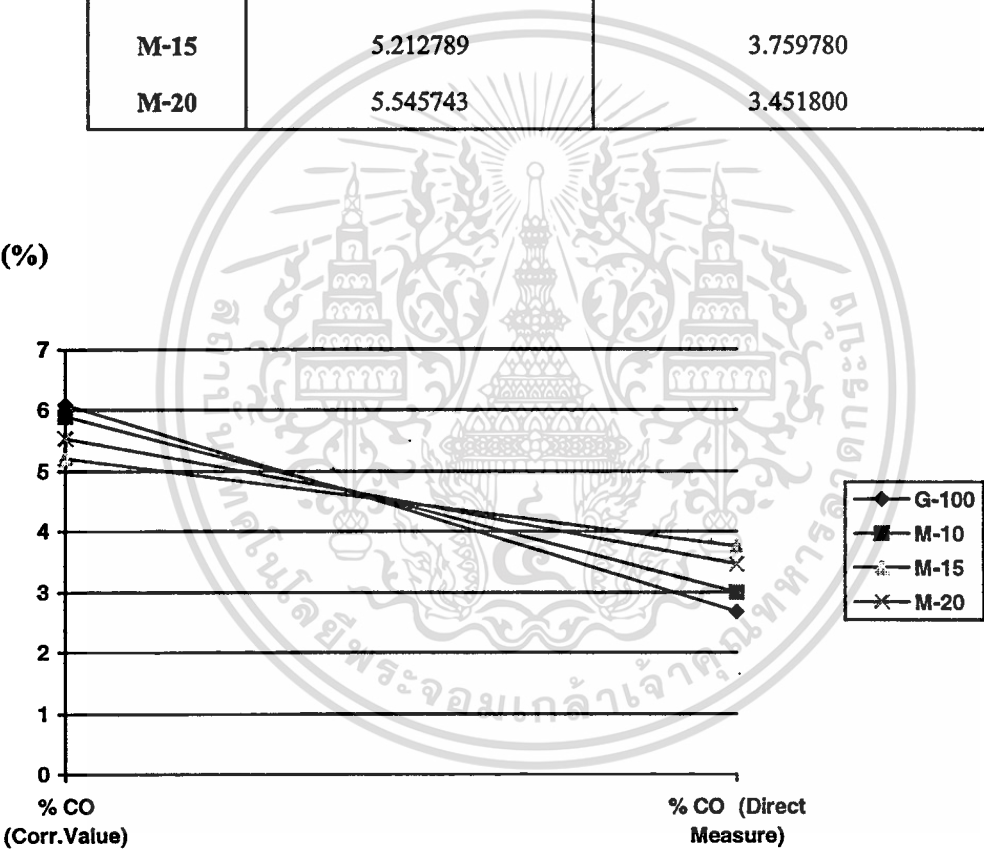
รูปที่ 59 แสดงค่า Emission จากการทดสอบรายการ Exhaust Gas Analysis

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีผิดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2.2 Idle Speed

ตารางที่ 27 แสดงข้อมูลบันทึกที่กระหว่างการทดสอบรายการสารมลพิษจากไอเสีย
ตามมาตรฐาน ECE-mode (Type2)

Fuel	% CO (Corr. Value)	% CO ₂ (Direct Measure)
G-100	6.102506	2.668240
M-10	5.896022	2.989600
M-15	5.212789	3.759780
M-20	5.545743	3.451800



รูปที่ 60 แสดงค่า Emission จากการทดสอบรายการ Exhaust Gas Analysis
ตามมาตรฐาน ECE-mode (Type 2 ; Idle Speed)

การทดสอบเพื่อวิเคราะห์แก๊สมลพิษจากไอเสีย ของเครื่องยนต์ทดสอบ ที่มีกำมะถันเชื้อเพลิงทดแทน ชนิดต่าง ๆ กัน บน เครื่อง Chassis Dynamometer ตามมาตรฐาน ECE-40 โดยจะทำการเก็บตัวอย่างของ แก๊สไอเสีย 2 ลักษณะ คือ 1) การขับขี่ตามรูปแบบของ ECE และ 2) ตำแหน่งเดินเบาของเครื่องยนต์ทดสอบ ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. จากการทดสอบ ECE-mode แล้ววิเคราะห์แก๊สไอเสีย จากข้อมูลในตารางที่ 26 และรูปที่ 59 จะได้ว่า เชื้อเพลิงทดแทน M-15 ให้ค่ามลพิษจากการเผาไหม้ (HC และ CO) น้อยที่สุด และให้การเผาไหม้ที่สมบูรณ์มากขึ้น เนื่องจาก จากการทดสอบให้ ค่า % CO₂ มากที่สุด ซึ่งแสดงถึง การเผาไหม้ที่หมดจด, สมบูรณ์

2. หลังจากการขับขี่ ครบตาม ECE-mode แล้ว จะมีการ Sampling Gas จาก Idle Speed โดยการวัดโดยตรง ได้ข้อมูลดังตารางที่ 27 และรูปที่ 60 จะเห็นได้ว่า เชื้อเพลิงทดแทน M-15 จะให้การเผาไหม้ที่สมบูรณ์ที่สุด แม้ในขณะที่เดินเบาซึ่งสามารถสังเกตได้จาก %CO ที่น้อยที่สุด และ ค่า % CO₂ ที่มากที่สุด

3. จากตารางที่ 26 ค่าอัตราความสิ้นเปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิง จากการใช้เชื้อเพลิงทดแทน M-15 มีค่าสูงที่สุด แต่จากข้อมูลการทดสอบโดย Engine Bench Testของการใช้เชื้อเพลิงทดแทน M-15 จะให้ค่าแรงบิดและกำลังของเครื่องยนต์สูงที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นถึงสมรรถนะของเครื่องยนต์จะดีที่สุด หากได้ใช้ เชื้อเพลิงทดแทน M-15

4.5 Smoke Test

จากการทดลองการใช้เชื้อเพลิงทดแทนกับเครื่องยนต์ทดสอบ KH 125-M4 บนเครื่อง Engine Test Bed และ Chassis Dynamometer ในรายการการวิเคราะห์ปริมาณควันขาวจากไอเสีย โดยการใช้เครื่องวัดแบบ Opacity ซึ่งได้ผลการทดลองดังตารางและกราฟ ต่อไปนี้

4.5.1 Engine Bench Test

ตารางที่ 28 แสดงค่าปริมาณควันขาว จากการใช้เครื่องทดสอบ Engine Bench Test เมื่อไม่มีภาระโหลด และมีภาระโหลดเต็มที่ เปิดคันเร่งสุด

NO-Load

Fuel	Smoke Volume (%) at Engine Revolution (rpm)			
	1500	3000	4000	6000
G-100	8.2	8.1	8.1	8.2
M-10	8.2	8.5	8.7	8.8
M-15	9.3	9.3	9.4	9.8
M-20	10.0	10.1	10.1	10.4

Full-Load

Fuel	Smoke Volume (%) at Engine Revolution (rpm)				
	7500	Torque _{max.}	8000	8500	Power _{max.}
G-100	8.5	8.35	9.3	9.3	9.3
M-10	8.65	8.95	9.35	9.45	9.55
M-15	8.6	9.1	9.25	9.55	9.6
M-20	8.6	9.3	9.4	9.7	9.7

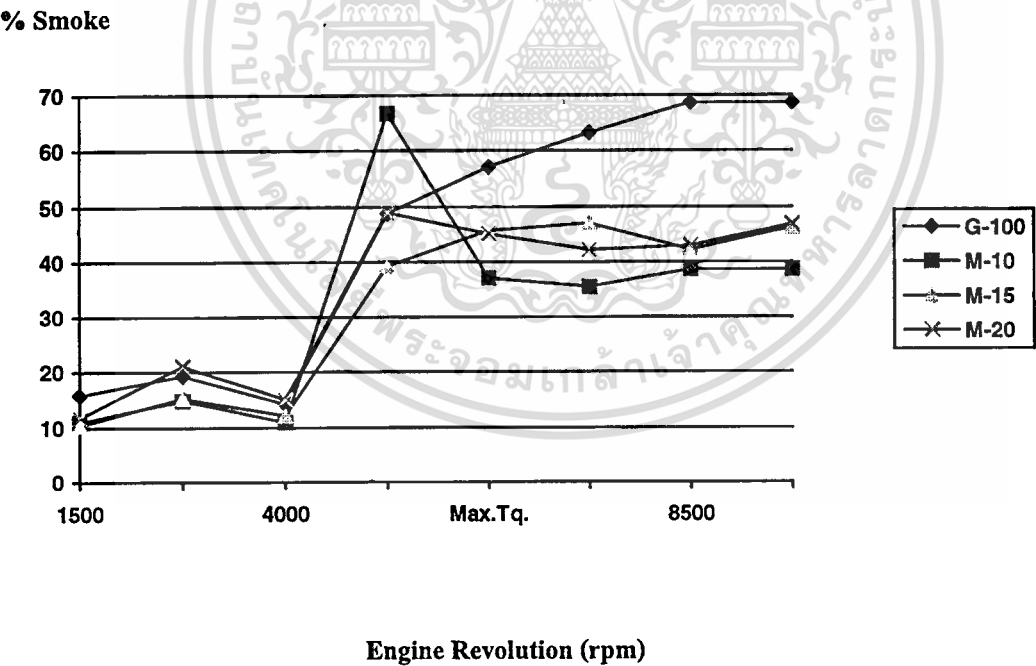
4.5.2 Chassis Dynamometer Test

NO-Load

ตารางที่ 29 แสดงค่าปริมาณควันขาว จากการใช้เครื่องทดสอบ Chassis Dynamometer
เมื่อไม่มีภาระ และเพิ่มอัตราเร่งของความเร็วรอบเครื่องยนต์เป็นช่วงๆ

Stepped Speed

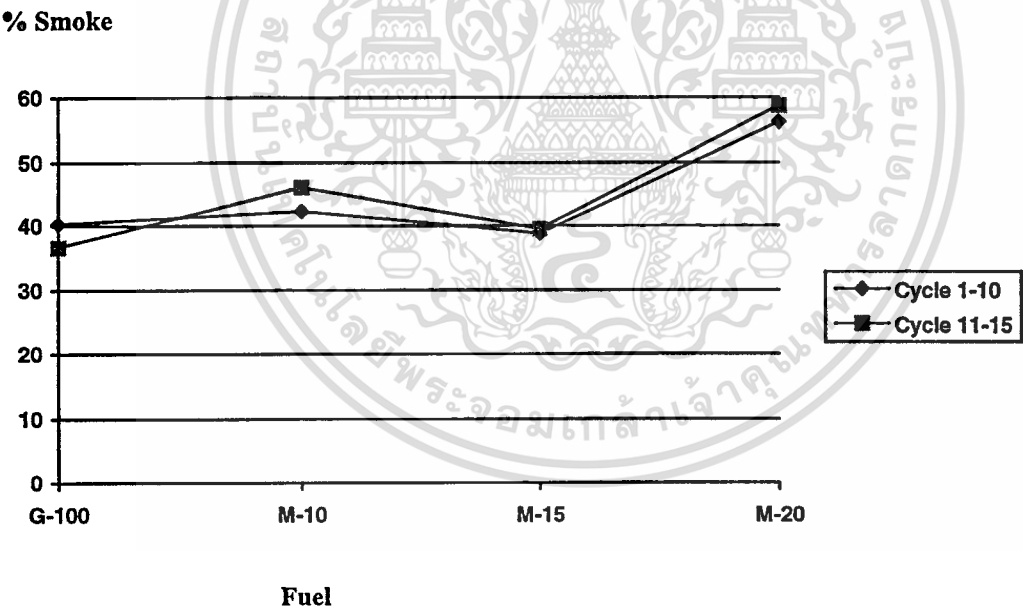
Fuel	Smoke Volume (%) at Engine Revolution (rpm)							
	1500	3000	4000	7500	Torque _{max}	8000	8500	Power _{max}
G-100	15.7	19.3	14.2	48.8	57.2	63.1	68.6	68.6
M-10	11.0	14.9	11.0	66.6	37.0	35.4	38.6	38.6
M-15	10.4	15.2	12.0	39.2	45.7	47.0	42.2	46.3
M-20	11.7	21.1	15.0	49.0	45.0	42.1	42.8	46.8



รูปที่ 61 แสดงค่าปริมาณควันขาว ทดสอบแบบ Stepped Speed

ตารางที่ 30 แสดงค่าปริมาณควันขาว จากการใช้เครื่องทดสอบ Chassis Dynamometer
เมื่อไม่มีภาระโหลด และเพิ่มอัตราเร่งของความเร็วยรอบเครื่องยนต์อย่างต่อเนื่อง

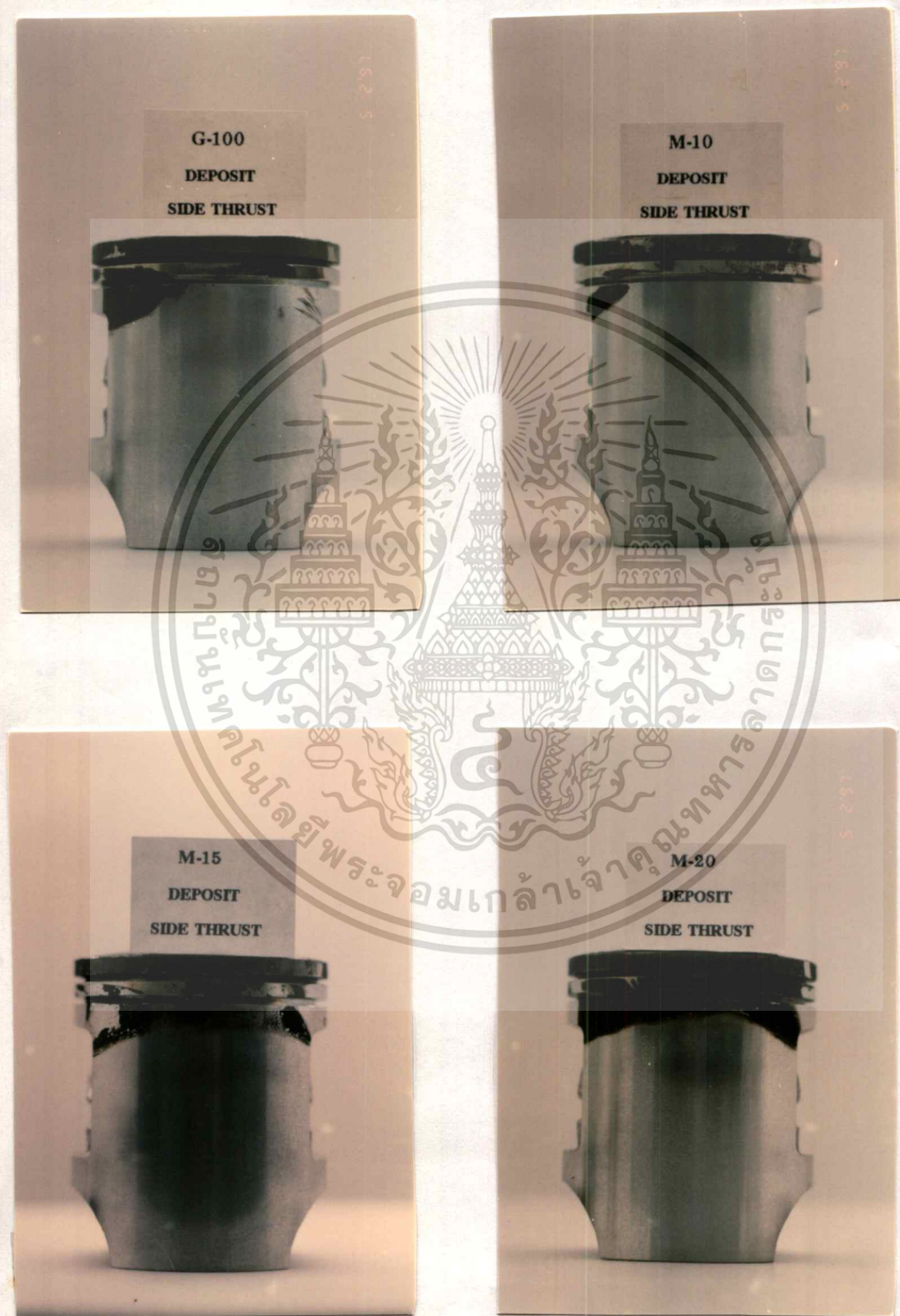
Fuel	Continued Speed		(%)	
	Cycle 1 st - 10 th		Cycle 11 st - 15 th	
	E/G Rev. (rpm)	Smoke (%)	E/G Rev. (rpm)	Smoke (%)
G-100	9134	40.3	9130	36.7
M-10	9142	42.3	9009	46.0
M-15	8989	38.8	9034	39.5
M-20	9055	56.1	9027	58.7



รูปที่ 62 แสดงค่าปริมาณควันขาว ทดสอบแบบ Continued Speed

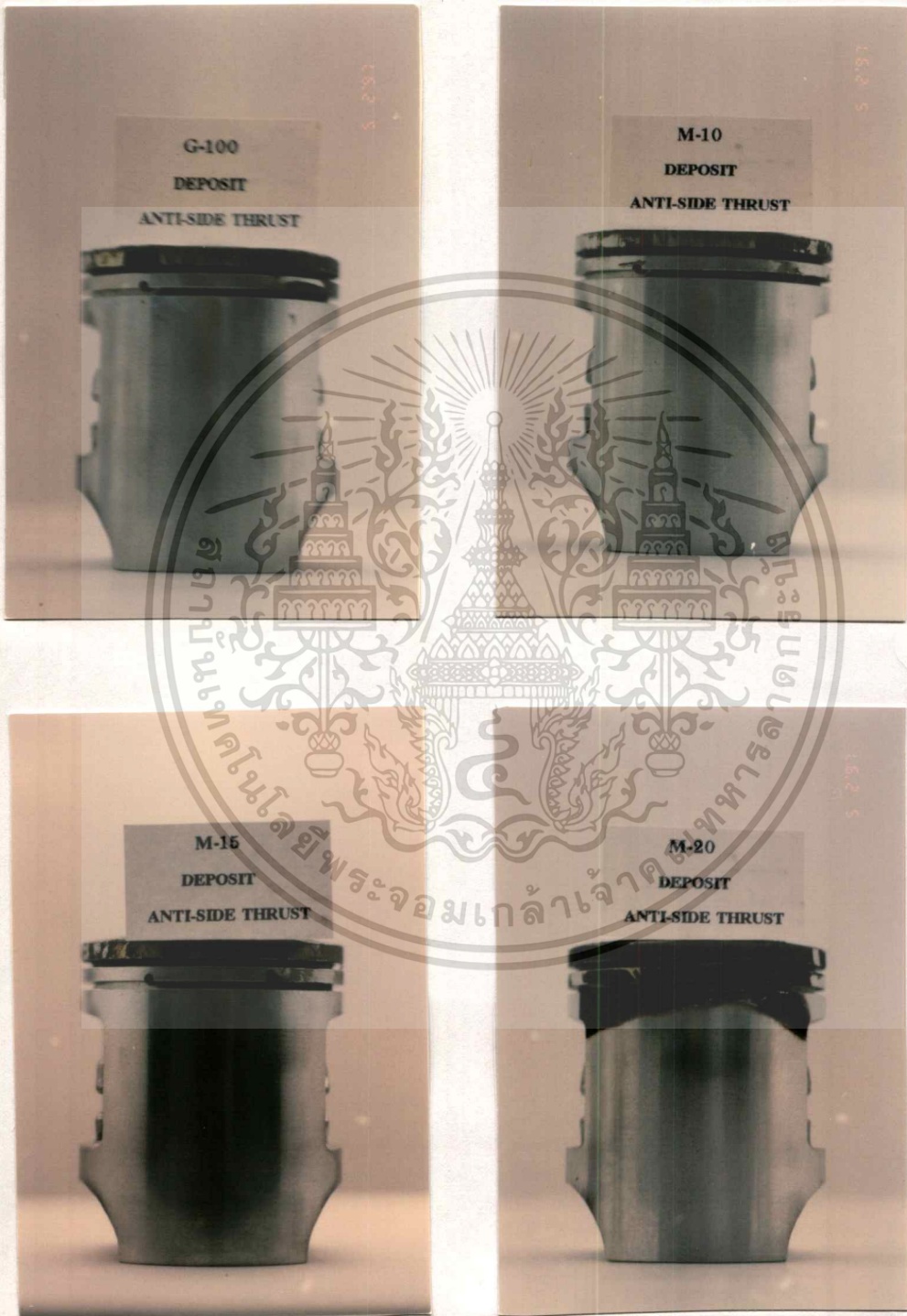
จากข้อมูลในตารางที่ 28-30 ให้ผลการทดลองของค่า % ควันขาว ที่ไม่แตกต่างกันมาก จากการ
ใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด เนื่องจากว่า ควันขาวที่เกิดขึ้น เกิดจากการเผาไหม้ของน้ำมันหล่อลื่นที่
ผสมไปกับไอดี (น้ำมันเชื้อเพลิง+อากาศ) เพื่อใช้ในการหล่อลื่นแวนและลูกสูบ ดังนั้น เมทา
นอลที่ผสมลงไปน้ำมันเชื้อเพลิง จึงไม่มีผลต่อปริมาณควันขาวดังกล่าว
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Deposit Test



เอกสารที่ 63 แสดงผลการทดสอบรายการที่ 3.4.2 : ความสะอาดของเครื่องยนต์ด้าน Side Thrust ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

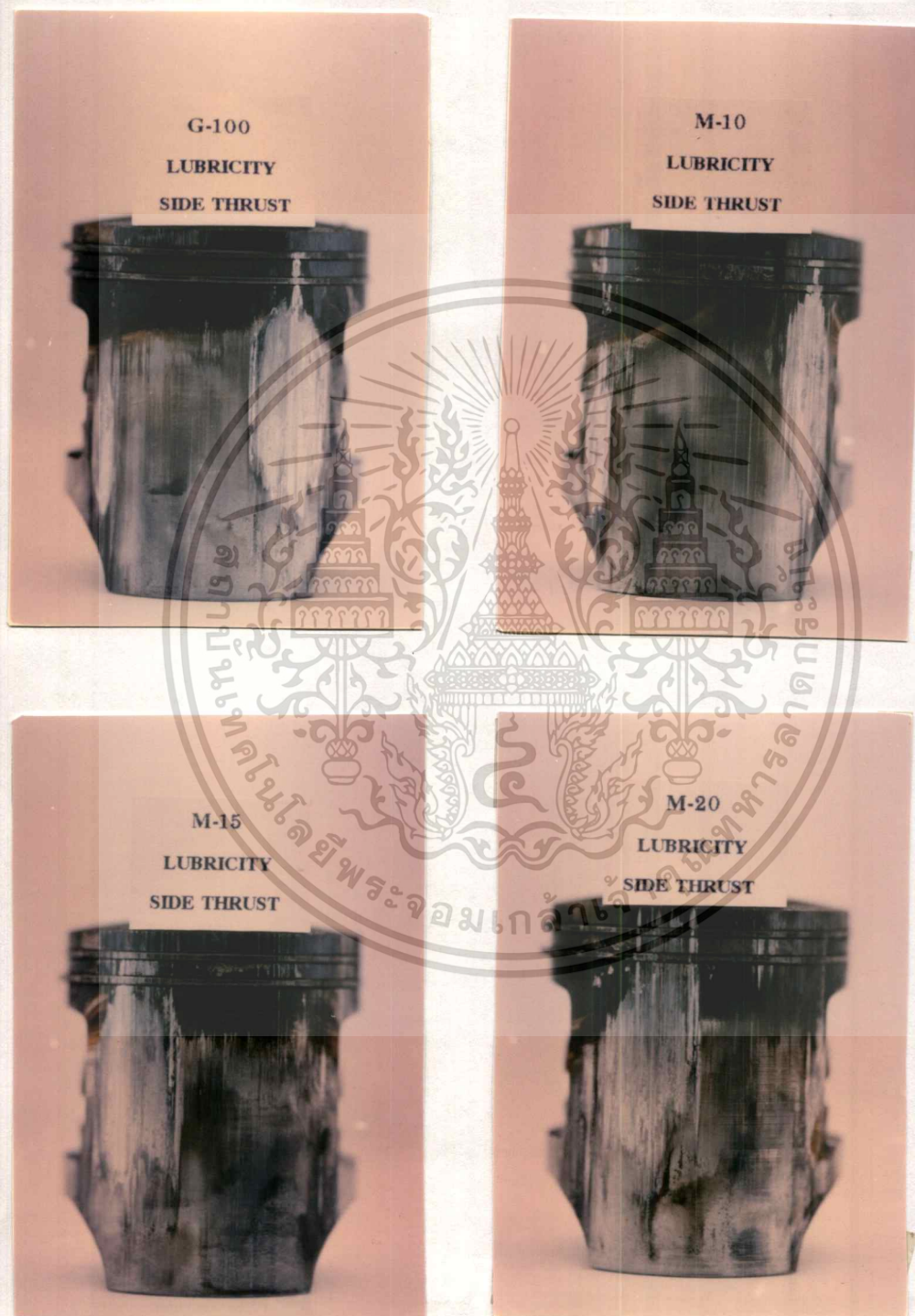
Deposit Test



ภาพที่ 64 แสดงผลการทดสอบรายการที่ 3.4.2 : ความสะอาดของเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับทางด้าน Anti-Side Thrust นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lubricity Test



ภาพที่ 65 แสดงผลการทดสอบรายการที่ 3.4.3 : การครูดคร่อนที่ลูกสูบและแหวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการในด้าน Side Thrust เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lubricity Test



ภาพที่ 66 แสดงผลการทดสอบรายการที่ 3.4.3 : การครูดคร่อนที่ลูกสูบและแหวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับทางด้าน Anti-Side Thrust นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 ประโยชน์ที่ได้รับ

จากการพยายามค้นคว้าหาวิธีการที่จะช่วยลดมลพิษจากไอเสียของเครื่องยนต์นั้น มีด้วยกันอยู่หลายวิธีการ เช่น

1. การเพิ่มอุปกรณ์ควบคุมมลพิษ
2. ปรับปรุงระบบการเผาไหม้
3. ออกแบบเครื่องยนต์ใหม่
4. เปลี่ยนเป็นเชื้อเพลิงชนิดอื่น

แต่ในการทดลองนี้ ได้มีการนำเชื้อเพลิงทดแทน (ส่วนผสมของน้ำมันเบนซินกับแอลกอฮอล์ชนิดเมทานอล) มาใช้กับเครื่องยนต์ทดสอบ ซึ่งเป็นเครื่องยนต์แก๊สโซลีนชนิด 2 จังหวะ

ที่ได้มีการนำมาใช้กับรถจักรยานยนต์เป็นส่วนใหญ่ ด้วยเหตุผลของการต้องการกำลังม้าต่อน้ำหนัก ที่มากกว่าเครื่องยนต์ 4 จังหวะ แต่สิ่งที่ตามมาก็คือ การเพิ่มปริมาณของมลพิษอย่างมาก โดยเฉพาะตามหัวเมืองใหญ่ ๆ ที่มีการจราจรหนาแน่น และด้วยเหตุที่ระบบการทำงานของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ มิได้มีระบบการทำงานและชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ที่สลับซับซ้อน ที่จะสามารถทำการปรับแต่งให้มีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ทางเลือกหนึ่งที่จะสะดวกกับการนำมาใช้ก็คือ การใช้เชื้อเพลิงทดแทน ซึ่งไม่ต้องการการปรับแต่งเครื่องยนต์ แต่ประการใด จากผลการทดลองที่ได้ สรุปได้ว่าช่วยให้ปริมาณสารมลพิษจากไอเสีย น้อยกว่าการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงเพียงอย่างเดียวซึ่งเป็นผลประโยชน์หลักที่ได้จากการทดลอง สำหรับการช่วยอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม มิให้เลวร้ายกว่าที่เป็นอยู่ และเพื่อที่จะให้มั่นใจได้จากการใช้เชื้อเพลิงทดแทน แล้วจะไม่ส่งผลทำให้เกิดความไม่ปกติกับเครื่องยนต์ ซึ่งสามารถยืนยันได้จากผลการทดลอง ในรายการความสะอาดของเครื่องยนต์ (ความคงทน) และรายการการครูดคร่อนที่ลูกสูบและแหวนลูกสูบ (การสึกหรอ) จะเห็นได้ว่า เชื้อเพลิงทดแทนที่ใช้นี้ ไม่ทำให้เครื่องยนต์เกิดการสึกหรอ หรือเกิดการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สะสมของคาร์บอนและวานิชมากกว่าปกติกับการใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนเพียงอย่างเดียว แต่กลับได้เปรียบในด้านความสะอาดของเครื่องยนต์ที่บริเวณห้องเผาไหม้ จากลักษณะของลูกสูบเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

5.2 ปัญหาจากการทดลอง

1. ค่าใช้จ่ายในการทดสอบสูงมาก เนื่องจากการทดสอบแบบทำงาน คือ

- Engine Bench Test ประมาณ 10,000 บาท/ครั้ง

- Chassis Dynamometer “ 27,000 “

จึงไม่สามารถทำการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลให้ได้มากกว่านี้

2. ห้องทดสอบ Engine Bench Test ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ให้เท่ากันทุกการทดสอบได้

5.3 แนวทางวิจัยในอนาคต

1. การนำเชื้อเพลิงทดแทนมาใช้กับรถจักรยานยนต์หลาย ๆ ยี่ห้อ หลาย ๆ รุ่น ที่มีใช้อยู่ในท้องถนนของประเทศไทย เพื่อศึกษาถึงผลลัพธ์ที่จะได้ว่า มีส่วนในการช่วยลดมลพิษจากไอเสียด้วยหรือไม่

2. หาค่าอัตราส่วนกำลังอัดของเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์ทั้ง 2 จังหวะและ 4 จังหวะ ที่เหมาะสมกับเชื้อเพลิงทดแทนแต่ละชนิด

3. เพิ่มปริมาตรของเมทานอลในส่วนผสมของเชื้อเพลิงทดแทน ให้มีค่ามากขึ้นเรื่อย ๆ จนถึง 100 เปอร์เซ็นต์

4. การทดสอบวิ่งบนท้องถนนจริง โดยใช้ระยะทางยาว ๆ

เอกสารอ้างอิง

1. Seinfeld, J.H. "Air Pollution-Physical and Chemical Fundamentals" Mc. Grew-Hill Inc. 1975.
2. Springer, G.S. Patterson D.J. "Engine Emissions" Plenum Press NY-LON 1973.
3. Crouse W.H. & Anglin D.L. "Automotive Emission Control" Mc. Grew-Hill 1977
4. Hum, R.W. "Mobile Combustion Sources" In AC. Stern(ed) "Air Pollution" Vol III
Academic Press NY 1968
5. Jonota M.S. "Vehicle Engines - fuel Consumption and air pollution Peter peregrinus Ltd.
(Mankind & Engineer Vol.3)
6. Bernhardt W. "Future Fuels for SI Engines" Symposium on Combustion MIT, 1976
7. Hindawi, I.J. "Air Pollution Injury to Vegetation" US. Dept. HEW Publ AP-71 Releigh
NC, 1970
8. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม น้ำมันเครื่องสำหรับเครื่องยนต์เบนซินสองจังหวะ
มอก. 1040-2534
9. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สำหรับรถจักรยานยนต์ มอก. 1105-2535 ใช้แนวทาง
ตาม E.C.E. R 40
10. พูลพร แสงบางปลา "ไอเสียจากเครื่องยนต์และการควบคุม" จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537
11. รศ. อำพล ชี้อตรง "แซสซีส์และตัวถัง" สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ,
2531.
12. ชัยวุฒิ เกาพัฒนา "วิศวกรรมยานยนต์" วิทยาลัยช่างกลปทุมวัน, 2531.
13. สุเทพ ญาณวัฒน์ "เครื่องยนต์สันดาปภายใน" วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขต
เทคนิคนนทบุรี, 2528.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก 1

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1040-2534 น้ำมันเครื่องสำหรับ

เครื่องยนต์เบนซินสองจังหวะ

(STANDARD FOR TWO-STROKE GASOLINE ENGINE LUBRICATING OIL)

บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

1. การครูดคร่อน (Scuffing) หมายถึง การสึกหรอที่เกิดการสูญเสียเนื้อวัตถุไปเรื่อยๆ จากผิวหน้าที่ถูกขัดสี เนื่องจากการเชื่อมติดเป็นบางจุดแล้วแตกหลุดออกไป
2. การอุดตันที่ช่องระบายไอเสีย (Exhaust Port Blocking) หมายถึง การจำกัดการไหลของไอเสีย อันเนื่องมาจากการสะสมของคราบน้ำมันและ/หรือเขม่าที่เกิดจากการเผาไหม้
3. คราบเขม่า (Carbon) หมายถึง เขม่าที่ติดแน่น ไม่เป็นเงา
4. คราบจับ (Varnish) หมายถึง คราบของสิ่งสกปรกที่จับตัวกันแข็ง แห้ง เป็นเงา ไม่ละลายในน้ำมันเครื่อง โดยทั่วไปใช้ในการประเมินคุณภาพน้ำมันเครื่องจากการตรวจสอบสภาพเครื่องยนต์เบนซิน
5. น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน (Base Oil) หมายถึง น้ำมันหล่อลื่นที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบ หรือการกลั่นน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว (re-refining) แล้วผ่านกรรมวิธีขจัดสิ่งไม่พึงประสงค์ เช่น กากเหนียว กลิ่นเหม็น สารที่ทำให้เกิดการผุกร่อน และอื่น ๆ ออก
6. น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานสังเคราะห์ (Synthetic Base Oil) หมายถึง น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานซึ่งผ่านกรรมวิธีสังเคราะห์
7. สารเติมแต่ง (Additive) หมายถึง สารเคมีที่ใช้ผสมกับน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานและ/หรือน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานสังเคราะห์ ด้วยสัดส่วนที่พอเหมาะเพื่อให้ น้ำมันเครื่องมีสมบัติตามต้องการ

1. ความสะอาดของเครื่องยนต์ (Deposit Test)

เพื่อตรวจสอบสมบัติในการชะล้างความสกปรกที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนเครื่องยนต์, ระบบไอเสีย และการติดขัดของแวน

1.1 อุปกรณ์

1.1.1 เครื่องยนต์ทดสอบ เป็นเครื่องยนต์คาวาซากิ รุ่น KH 125 M ซึ่งมีรายละเอียดของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่สำคัญดังต่อไปนี้ ส่วนสมบัติอื่นนอกจากที่ระบุและการปรับตั้งเครื่องยนต์ให้เป็นไปตามมาตรฐานของผู้ทำเครื่องยนต์ หรือเครื่องยนต์อื่นที่เทียบเท่า

- (1) การ์บูเรเตอร์ หมายเลขชิ้นส่วน 15001-1355
- (2) เสื้อสูบ (cylinder body) หมายเลขชิ้นส่วน 11005-1355
- (3) ลูกสูบ หมายเลขชิ้นส่วน 13001-1061
- (4) แวน หมายเลขชิ้นส่วน 13008-5060
- (5) หัวเทียน หมายเลขชิ้นส่วน 9207-053 หรือเทียบเท่า

หมายเหตุ ในกรณีที่ใช้เครื่องยนต์อื่น ต้องแจ้งรายละเอียดของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่สำคัญ และต้องเป็นที่ยอมรับของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมว่าเทียบเท่า

1.1.2 เครื่องวัดประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ (dynamometer) พร้อมอุปกรณ์สำหรับบันทึกข้อมูล

1.1.3 ระบบระบายความร้อน ใช้ระบบพัดลมระบายความร้อน ที่ให้ปริมาณและอัตราความเร็วลมอย่างสม่ำเสมอ เพื่อควบคุมอุณหภูมิของเครื่องยนต์ทดสอบ ให้เป็นไปตามมาตรฐาน โดยที่พื้นที่หน้าตัดของ กระแสลม (air profile) ต้องมีขนาดเหมาะสม พอที่จะระบายความร้อน ทั้งระบบเครื่องยนต์ และระบบไอเสีย

1.2 เชื้อเพลิง

ให้ใช้น้ำมันเบนซินพิเศษไร้สารตะกั่ว ซึ่งมีคุณสมบัติทางฟิสิกส์และทางเคมี ดังต่อไปนี้

ตารางที่ ผ1.1 แสดงคุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมี

รายการ ที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่ กำหนด	วิธีทดสอบ
1	ค่าออกเทนโดยวิธีวิจัย	92 - 94	มอก.1182 เล่ม 13
2	ตะกั่ว กรั้มต่อลบ.คม. ไม่เกิน	0.013	มอก.1182 เล่ม 10
3	การกลั่น องศาเซลเซียส		มอก.1182 เล่ม 11
	- อุณหภูมิเมื่อระเหยได้ร้อยละ 10 โดยปริมาตร ไม่เกิน	70	
	- อุณหภูมิเมื่อระเหยได้ร้อยละ 50 โดยปริมาตร ไม่เกิน	70 - 110	
	- อุณหภูมิเมื่อระเหยได้ร้อยละ 90 โดยปริมาตร ไม่เกิน	170	
	- จุดเดือดสุดท้าย ไม่เกิน	200	
4	ความดันไอ ณ อุณหภูมิ 37.8 องศาเซลเซียส กิโลพาสคัล ไม่เกิน	62	มอก.1182 เล่ม 5
5	สารแเอโรเมติก ร้อยละโดยปริมาตร ไม่เกิน	50	มอก.1182 เล่ม 16

1.3 วิธีทดสอบ

1.3.1 เครื่องยนต์ทดสอบต้องมีชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่สำคัญเป็นของใหม่ทั้งหมด

1.3.2 ปรับตั้งเครื่องยนต์ทดสอบ ให้เป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ ผ1.2 แล้วเดินเครื่องโดยเปิดคันเร่งเต็มที่ บันทึกข้อมูลตามรายการที่กำหนดในตารางที่ ผ1.3 ทุกช่วง 30 นาที ยกเว้นค่าคาร์บอนมอนอกไซด์ และไฮโดรคาร์บอน บันทึกข้อมูลในสภาวะเครื่องยนต์เดินเบา

หมายเหตุ ในกรณีที่เกิดความผิดปกติเนื่องจากเครื่องยนต์ ให้ตรวจสอบสาเหตุและปรับปรุงแก้ไข แล้วดำเนินการทดสอบใหม่โดยเริ่มตั้งแต่ข้อ 1.3

ตารางที่ พ1.2 แสดงการเดินเครื่องยนต์ทดสอบ
(ข้อ 1.3.2)

ภาวะ	อัตราเร็วรอบ ของ เครื่องยนต์ รอบต่อนาที	เวลา ชั่วโมง	อัตราส่วนน้ำมันเชื้อ เพลิง ต่อน้ำมันเครื่องโดย ปริมาตร	อุณหภูมิ ได้หัวเทียน องศา เซลเซียส	อัตราการไหล ของน้ำมันเชื้อ เพลิง ลบ.คม.ต่อชม.
อุ่นเครื่อง	4,000	20	40 ต่อ 1	150+5	ขึ้นอยู่กับสภาวะ เครื่องยนต์
เดินเครื่อง	7,500	5	40 ต่อ 1	200+5	6.0 ถึง 6.3

- หมายเหตุ
- อัตราเร็วรอบและอัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงที่กำหนดไว้นี้ ใช้สำหรับ เครื่องยนต์ควาซากิ ตามข้อ 1.1.1 เท่านั้น หากใช้เครื่องยนต์อื่นที่เทียบเท่า อัตราเร็วรอบและการปรับอัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงให้เป็นไปตามข้อ แนะนำของผู้ทำเครื่องยนต์ ซึ่งต้องได้รับความเห็นชอบจาก สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
 - ภาวะอุ่นเครื่อง ให้เปิดคันเร่งสุด (Wide Open Throttle)

ตารางที่ พ1.3 แสดงข้อมูลพื้นฐานที่กระหว่างการเดินเครื่องนต์ทดสอบ
(ข้อ 1.3.2 และข้อ 2.4)

ลำดับ ที่	รายการ	หน่วย	เครื่องวัด
1	อัตราเร็วรอบของเครื่องนต์	รอบต่อ นาที	เครื่องวัดรอบเครื่องนต์
2	กำลังของเครื่องนต์	กิโลวัตต์	วัดแรงบิดและคำนวณโดย ใช้สูตร
3	อัตราส่วนน้ำมันเชื้อเพลิงต่อน้ำมัน เครื่อง	-	วัดอัตราส่วนโดยปริมาตร
4	อุณหภูมิได้หัวเทียน	องศา เซลเซียส	เทอร์โมคัปเปิล
5	อัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง	ลบ.คม. ต่อชม.	เครื่องวัดอัตราการไหล
6	อัตราการไหลของน้ำมันเครื่อง	ลบ.คม. ต่อชม.	คำนวณจากข้อ 5
7	อุณหภูมิของห้องทดสอบ	องศา เซลเซียส	เทอร์โมมิเตอร์
8	ความดันบรรยากาศ	พาสคัล (มม. ปรอท)	บารอมิเตอร์
9	ความชื้นสัมพัทธ์ของห้องทดสอบ	ร้อยละ	ไฮโกรมิเตอร์
10	ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์	ร้อยละ	นอนดิสเพอร์ซีฟอินฟาเรด
11	ปริมาณไฮโดรคาร์บอน	มก./ล. (1ส่วนใน ล้านส่วน)	นอนดิสเพอร์ซีฟอินฟาเรด

1.4 การประเมินผล

การประเมินผลความสะอาดของลูกสูบและชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ให้ประเมินผลความสะอาดของลูกสูบและชิ้นส่วนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องภายใน 24 ชั่วโมงในกรณี ที่ไม่สามารถดำเนินการ ให้ทันเวลาที่กำหนด ต้องเก็บลูกสูบไว้ในตู้ปราศจากความชื้น โดยหาคะแนนข้อบกพร่อง แล้วนำมาหักลบจากคะแนนเต็มของความสะอาด ซึ่งกำหนดให้เป็น 10

1.4.1 วิธีประเมินผล

คณะผู้ตรวจสอบต้องประกอบด้วยผู้ชำนาญการอย่างน้อย 3 คน แต่ละคนแยกกันประเมินผลรายการต่าง ๆ ที่กำหนดในตารางที่ ผ1.4และให้คะแนนโดยเปรียบเทียบกับ แผ่นแสดงความสกปรกตาม IP 247 ตามตารางที่ ผ1.5 และ ตารางที่ ผ1.6

หมายเหตุ ตู้และแสงไฟที่ใช้ให้เป็นไปตามมาตรฐาน

1.4.2 การรวมคะแนน

(1) พื้นที่หรือเส้นรอบวงที่จะนำมาคำนวณ หาได้ 2 วิธี คือ การคำนวณ จากแบบหรือ การวัดโดยตรงจากชิ้นส่วนนั้นๆ

(2) ตัวอย่างวิธีคำนวณคะแนนข้อบกพร่อง แสดงไว้ในตารางที่ ผ1.4

$$\text{ผลรวมของคะแนนข้อบกพร่อง} = 0.50 + 0.75 + 0.75 + 0.50 + 0.50 = 3.00$$

$$\text{คะแนนที่ได้} = 10 - 3.00 = 7$$

ตารางที่ ผ1.4 แสดงการประเมินผลความสะอาดของลูกสูบและชิ้นส่วนต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง
(ข้อ 1.4.1)

ลำดับที่	รายการที่ประเมิน	วิธีประเมิน
1	การดัดขัดของแหวน	เป็นไปตามตารางที่ ผ1.5
2	การดัดขัดของแหวนขยาย(expander ring)	เป็นไปตามตารางที่ ผ1.5
3	คราบจับที่ร่องแหวน	ตารางที่ ผ1.6 ลำดับที่ 1 คูณ ลำดับที่ 2
4	คราบจับที่สันร่องแหวน	ตารางที่ ผ1.6 ลำดับที่ 1 คูณ ลำดับที่ 2
5	คราบจับลูกสูบได้แหวนทั้งหมด	ตารางที่ ผ1.6 ลำดับที่ 1 คูณ ลำดับที่ 2
6	การอุดตันที่ช่องระบายไอเสีย	ตารางที่ ผ1.6 ลำดับที่ 3

ตารางที่ ผ1.5 แสดงคะแนนข้อบกพร่องสำหรับการติดขัดของแหวน¹⁾
(ข้อ 1.4.1)

ลำดับที่	สภาพของแหวนลูกสูบ	คะแนนข้อบกพร่อง
1	ปราศจากการติดขัด ²⁾	0
2	ติดขัดเล็กน้อย	0.5
3	การติดขัด ³⁾	
	ไม่มากกว่า 75 องศา	1
	มากกว่า 75 ถึง 150 องศา	2
	มากกว่า 150 ถึง 225 องศา	3
	มากกว่า 225 ถึง 300 องศา	4
	มากกว่า 300 ถึง 360 องศา	5
4	การติดตาย	
	ไม่มากกว่า 75 องศา	6
	มากกว่า 75 ถึง 150 องศา	7
	มากกว่า 150 ถึง 225 องศา	8
	มากกว่า 225 ถึง 300 องศา	9
	มากกว่า 300 ถึง 360 องศา	10

- หมายเหตุ¹⁾ การให้คะแนนข้อบกพร่องของการติดขัดของแหวนขยาย ให้กระทำเช่นเดียวกับการให้คะแนนการติดขัดของแหวน นอกจากในกรณีที่ถอดแหวนขยายจากร่องแหวน แล้วทำให้เกิดการบิดงอของแหวนขยาย มุมที่เกิดการบิดงอจะสอดคล้องกันกับการติดขัดที่จุดนั้นโดยปกติแล้ว แหวนขยายจะถอดออกได้โดยไม่เกิดการบิดงอ
- ²⁾ แหวนสามารถเคลื่อนไหวได้โดยง่าย เมื่อใช้นิ้วมือขยับเบา ๆ
- ³⁾ แหวนไม่เคลื่อนไหวโดยแรงจากนิ้วมือ อย่างไรก็ตามในสภาพการใช้งานตามปกติ แหวนจะปรากฏรอยสัมผัสทั่วผิวของแหวน

ตารางที่ ผ1.6 แสดงคะแนนข้อบกพร่องของคราบจับที่ร่องแหวน คราบจับที่สันร่องแหวน คราบจับถูกสูบได้แหวนทั้งหมด และการอุดคันท่อช่องระบายไอเสีย (ข้อ 1.4.1)

ลำดับที่	รายการประเมิน	ตัวประกอบรวม
1	พื้นที่คราบจับเมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นร้อยละ	0.1
2	สีของคราบจับ	
	ไม่มีคราบจับ	0
	หมองเล็กน้อย	0.10
	สีน้ำตาลอ่อน หรือสีเทาอ่อน	0.25
	สีน้ำตาล สีน้ำตาลเทา หรือสีเทา	0.50
	สีน้ำตาล หรือสีเทาดำ	0.75
	สีดำ	1.0
3	การอุดคันท่อช่องระบายไอเสีย	คำนวณอัตราส่วนของพื้นที่หน้าตัดช่องระบายไอเสียก่อนและหลังการทดสอบ

หมายเหตุ คราบจับ ถ้าเป็นคราบสีน้ำตาลหรือสีเทาที่หนามาก จนปิดบังผิวของลูกสูบหมด ให้ประเมินเป็นคราบจับสีดำ

ตารางที่ ผ1.7 แสดงตัวอย่างวิธีคำนวณคะแนนข้อบกพร่องจากสีของคราบจับ (ข้อ 1.4.2.(2))

พื้นที่คราบจับ (ส่วน)	ตัวประกอบรวมจากสีของคราบจับ	วิธีคำนวณคะแนนข้อบกพร่อง
5	1.0	$5 \times 0.1 \times 1.0 = 0.50$
10	0.75	$10 \times 0.1 \times 0.75 = 0.75$
15	0.50	$15 \times 0.1 \times 0.50 = 0.75$
20	0.25	$20 \times 0.1 \times 0.25 = 0.50$
50	0.10	$50 \times 0.1 \times 0.10 = 0.50$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

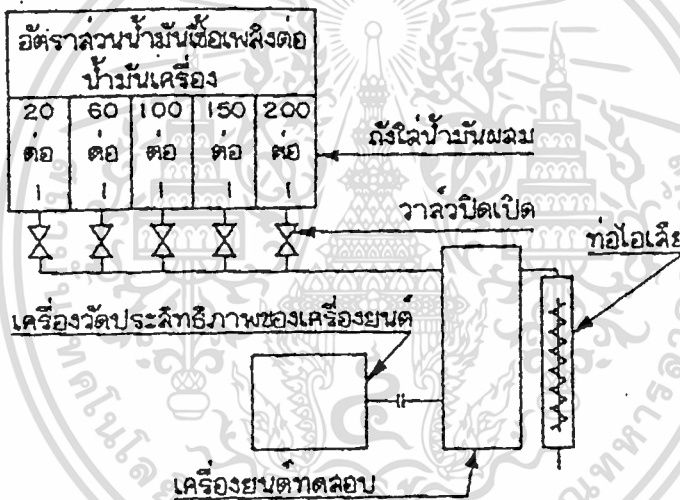
2. การครูดกร่อนที่ลูกสูบและแหวน (Lubricity Test)

2.1 อุปกรณ์

เช่นเดียวกับข้อ 1.1 โดยมีระยะเว้น (clearance) ระหว่างกระบอกสูบและลูกสูบอยู่ระหว่าง 0.030 ถึง 0.035 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

2.2 ระบบการจ่ายน้ำมัน

เป็นระบบน้ำมันผสมระหว่างน้ำมันเชื้อเพลิงกับน้ำมันเครื่องตามอัตราส่วน ดังแสดงในรูปที่ผ1.1 โดยผสมน้ำมันเชื้อเพลิงกับน้ำมันเครื่องจนเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วใช้งานทันที



รูปที่ ผ1.1 แสดงระบบการจ่ายน้ำมัน
(ข้อ 2.2)

2.3 เชื้อเพลิง

ตามที่กำหนดไว้ในข้อ 1.2

2.4 วิธีทดสอบ

เดินเครื่องยนต์ทดสอบตามภาวะที่กำหนดในตารางที่ 14 โดยเปิดคันเร่งเต็มที่ สลับวาล์วเปลี่ยนอัตราส่วน น้ำมันเชื้อเพลิงต่อน้ำมันเครื่องจากน้อยไปมาก คือตั้งแต่ 20 ต่อ 1 ถึง 200 ต่อ 1 โดยตรวจสอบอัตราส่วนน้ำมันเชื้อเพลิงต่อน้ำมันเครื่อง และช่วงเวลาที่กำหนดไว้ แล้วบันทึกอัตราส่วนน้ำมันเชื้อเพลิงต่อน้ำมันเครื่อง เมื่อเกิดการติดขัดของลูกสูบ การครูดกร่อนของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แหวน จะสังเกตได้จาก กำลังเครื่องยนต์ลดลงมา และกลับคืนสู่สภาพเดิม ซึ่งสังเกตได้จาก เครื่องวัดประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ขณะทดสอบ ให้บันทึกข้อมูลตามรายการที่กำหนดใน ตารางที่ ผ1.3 ตั้งแต่เริ่มการทดสอบ จนถึงสิ้นสุดการทดสอบ ทุกช่วงเวลา 30 นาที ยกเว้นค่า การรับอนมอนออกไซด์และไฮโดรคาร์บอนให้บันทึกข้อมูลในสภาวะเครื่องยนต์เดินเบาในกรณีที่เกิดความผิดปกติเนื่องจากเครื่องยนต์ ให้ตรวจสอบสาเหตุและปรับปรุงแก้ไข แล้วดำเนินการ ทดสอบใหม่

หมายเหตุ การสับวาล์วเปลี่ยนอัตราส่วนน้ำมันเชื้อเพลิงต่อน้ำมันเครื่อง ทำให้กำลัง ของเครื่องยนต์เปลี่ยนแปลง แต่จะกลับสู่สภาพเดิมรวดเร็วกว่ากรณีที่เกิด การครูดคร่อนของแหวน

ตารางที่ ผ1.8 แสดงการเดินเครื่องยนต์ทดสอบ
(ข้อ 2.4)

ลำดับ ที่	รายการ	ภาวะอุ่นเครื่อง ¹⁾		ภาวะเดินเครื่อง ²⁾			
1	อัตราส่วนน้ำมันเชื้อเพลิง ต่อน้ำมันเครื่อง	20 : 1	20 : 1	60 : 1	100 : 1	150 : 1	200 : 1
2	อัตราเร็วของเครื่องยนต์ รอบต่อนาที	4,000	8,500	8,000	8,000	8,000	8,000
3	ช่วงเวลาทดสอบ ³⁾ นาที	20	10	10	10	10	10
4	อุณหภูมิได้หัวเทียน องศาเซลเซียส	-	200-	200-	-	-	-
			210	210			

- หมายเหตุ**
- ¹⁾ ตรวจสอบเครื่องยนต์ทดสอบให้อยู่ในภาวะที่กำหนด และปรับพัดลมระบายความ ร้อนเครื่องยนต์ ให้อุณหภูมิได้หัวเทียนอยู่ในช่วง 200 ถึง 210 องศาเซลเซียส
 - ²⁾ ปรับพัดลมระบายความร้อนเครื่องยนต์ ให้อุณหภูมิได้หัวเทียนคงที่ อยู่ในภาวะที่ กำหนด หลังจากนั้นไม่ต้องปรับพัดลมระบายความร้อนเครื่องยนต์ อีกต่อไปไม่ว่า กรณีใดๆ
 - ³⁾ เมื่อสิ้นสุดการทดสอบแต่ละช่วงเวลา ให้เปลี่ยนอัตราส่วนน้ำมันเชื้อเพลิงต่อน้ำมัน เครื่อง ตามที่กำหนดในตาราง

3. ควันขาว (Smoke Test)

3.1 อุปกรณ์

3.1.1 เครื่องยนต์ทดสอบ เช่นเดียวกับข้อ 1.1.1 โดยเปลี่ยนชิ้นส่วนเครื่องยนต์ต่อไปนี้ใหม่ทั้งหมด

- (1) เสื้อสูบ
- (2) ลูกสูบ
- (3) แหวน
- (4) หัวเทียน
- (5) ท่อไอเสีย หมายเลขชิ้นส่วน 18002-1070

3.1.2 เครื่องวัดควันขาว ชนิดดูดกลืนแสง SOKKEN รุ่น LESM-2

3.2 ระบบการจ่ายน้ำมัน

ใช้ระบบจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงและน้ำมันเครื่องโดยระบบของเครื่องยนต์ทดสอบ

3.3 วิธีทดสอบ (ดูรูปที่ ผ1.2)

3.3.1 เดินเครื่องยนต์ทดสอบด้วยอัตราเร็ว 8,500 รอบต่อนาที ต่อคลัตช์ โดยเปิดพัดลมระบายความร้อนเครื่องยนต์ เป็นเวลา 10 นาที

3.3.2 ปิดพัดลมระบายความร้อนเครื่องยนต์ แล้วเดินเครื่องเบา (อัตราเร็ว ประมาณ 1,350 รอบต่อนาที) ขณะคลัตช์จาก เป็นเวลา 5 นาที

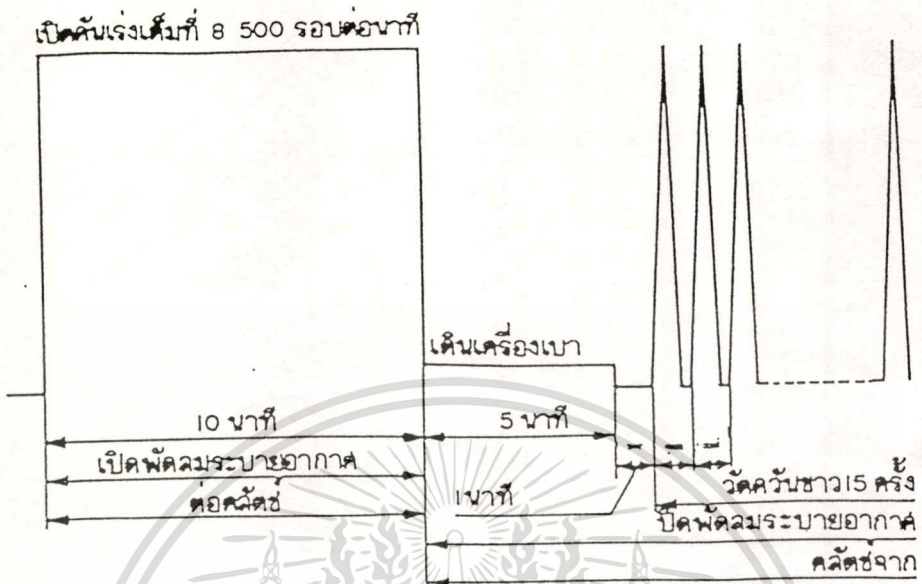
3.3.3 ดับเครื่องยนต์ทดสอบเป็นเวลา 1 นาที

3.3.4 เริ่มวัดควันขาว โดยเดินเครื่องยนต์ทดสอบและเร่งเครื่องยนต์เต็มที่ จน ถึง 8,500 รอบต่อนาที แล้วดับเครื่องทันที บันทึกค่าควันขาวสูงสุดไว้

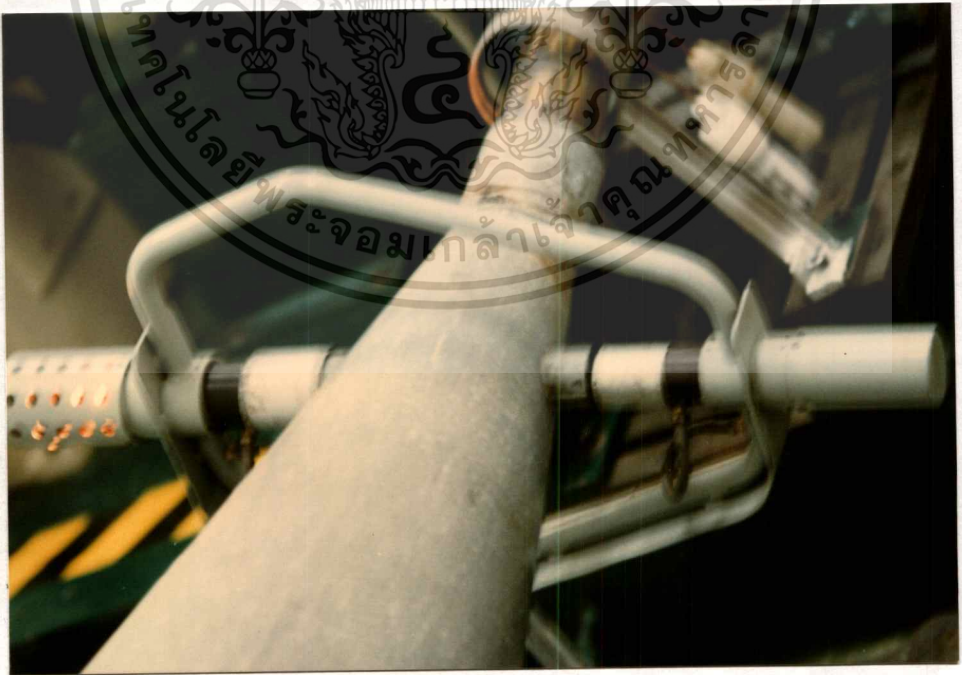
3.3.5 ปฏิบัติตามข้อ 3.3.4 ทุกระยะ 1 นาที จนครบ 15 ครั้ง

3.4 การประเมินผล

นำค่าควันขาวที่บันทึกไว้ตั้งแต่ครั้งที่ 11 ถึง ครั้งที่ 15 มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย



รูปที่ ผ1.2 แสดงการทดสอบควันทวน
(ข้อ 3.3)



ภาพที่ ผ1.3 แสดงเครื่องมือการทดสอบควันทวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก 2

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1105-2535 รถจักรยานยนต์ เฉพาะด้าน

ความปลอดภัย: สารมลพิษจากเครื่องยนต์ ระดับที่ 1

STANDARD FOR MOTORCYCLE : SAFETY REQUIREMENTS ; EMISSION
FROM ENGINE, LEVEL 1

บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

1. สารมลพิษจากเครื่องยนต์ (emission from engine) หมายถึง ไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon) คาร์บอนมอนอกไซด์ (carbonmonoxide) และออกไซด์ของไนโตรเจน (oxides of nitrogen) ที่ออกจากรถจักรยานยนต์
2. ไฮโดรคาร์บอน หมายถึง สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มาจากเชื้อเพลิงที่ไม่เผาไหม้ หรือเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ในเครื่องยนต์
3. คาร์บอนมอนอกไซด์ หมายถึง คาร์บอนมอนอกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ในเครื่องยนต์
4. ออกไซด์ของไนโตรเจน หมายถึง สารประกอบต่างๆ ของไนโตรเจนกับออกซิเจน ที่เกิดจากการเผาไหม้ในเครื่องยนต์
5. มวลรถเปล่า หมายถึง มวลรวมของรถจักรยานยนต์ เชื้อเพลิงเต็มถัง และเครื่องมือประจำรถ
6. มวลอ้างอิง (reference mass) หมายถึง ผลรวมของมวลรถเปล่ากับ 75 กิโลกรัม

1. ภาวะทดสอบ

- 1.1 ให้ทดสอบในห้องทดสอบที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ระหว่าง 20-30°C ตลอดการทดสอบ
- 1.2 รถจักรยานยนต์ทดสอบต้องอยู่ในแนวระดับตลอดการทดสอบ เพื่อให้การจ่ายเชื้อเพลิงเป็นไปตามปกติ
- 1.3 ต้องมีพัลลภระบายความร้อน ที่ทำงานร่วมกับไคนาโมมิเตอร์ สามารถให้ความเร็วลมแปรตามความเร็วของลูกกลิ้ง โดยความเร็วลมเชิงเส้นเริ่มต้น (initial linear speed) จะไม่เกินร้อยละ 10 ของความเร็วสัมพัทธ์ (relative speed) ที่ความเร็วของลูกกลิ้ง 10 - 50 กม./ชม. และความเร็วลมจะต่ำมาก เมื่อความเร็วของลูกกลิ้งน้อยกว่า 10 กม./ชม.

ไม่ว่าการณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณลักษณะของปลายปล่องของพัดลมระบายความร้อน ต้องเป็นดังนี้

พื้นที่หน้าตัด	0.4 ตารางเมตร
ความสูงของขอบล่างเหนือพื้น	0.15 - 0.20 เมตร
ระยะห่างจากด้านหน้ารถจักรยานยนต์	0.30 - 0.45 เมตร

1.4 ในระหว่างการทดสอบควรบันทึกความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา เพื่อประเมินความถูกต้องของรูปแบบการทดสอบ รวมทั้งควรบันทึกอุณหภูมิของสารหล่อเย็น และของน้ำมันในก้านอ่างข้อเหวี่ยงด้วย

2. เครื่องมือและอุปกรณ์

2.1 แชสซิสไดนาโมมิเตอร์ (chassis dynamometer) ที่มีคุณลักษณะและสามารถสร้างภาระทดสอบตามที่กำหนดใน E.C.E. R 40

2.2 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณสารมลพิษ

2.2.1 เครื่องวิเคราะห์แบบนอนดิสเพอร์ซีฟอินฟราเรด (non-dispersive infra-red analyser) สำหรับวิเคราะห์คาร์บอนมอนอกไซด์

2.2.2 เครื่องวิเคราะห์แบบเฟลมไอออไนเซชัน สำหรับวิเคราะห์ไฮโดรคาร์บอน

2.2.3 เครื่องวิเคราะห์แบบเคมีลูมิเนสเซนซ์ (chemiluminescence detector)

สำหรับวิเคราะห์ออกไซด์ของไนโตรเจน

3. การเตรียมการทดสอบ

3.1 ให้รถจักรยานยนต์ตัวอย่างอยู่ที่อุณหภูมิทดสอบ

3.2 สุ่มลมให้ยางมีความดันตามที่ผู้ทำกำหนด ความดันดังกล่าวต้องเพิ่มขึ้นอีก

30-50 % ของความดันที่ผู้ทำกำหนด ในกรณีที่ลูกกลิ้งของไดนาโมมิเตอร์มีเส้น

ผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 500 มม. เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายแก่ยาง และให้บันทึกความดันที่แท้จริง

3.3 มวลที่กระทำบนล้อหลัง ให้เป็นไปตามสภาพการใช้งานจริงตามปกติของรถจักรยานยนต์ โดยมวลของผู้ขับขี่เท่ากับ 75 กก.

4. วิธีทดสอบ

4.1 วิธีทดสอบลักษณะที่ 1 ให้ปฏิบัติตาม E.C.E. R 40 Type I Test ดังนี้

4.1.1 ให้รถจักรยานยนต์ตัวอย่างเดินเบาเป็นเวลา 40 วินาที แล้วจึงเริ่มวัฏจักรการทำงาน ตามรูปแบบการทดสอบดังแสดงในรูปที่ ผ2.1 และรายละเอียดการทดสอบ ตามตารางที่ ผ2.1 เป็นจำนวน 2 วัฏจักรต่อเนื่องกัน โดยยังไม่เก็บ

ตัวอย่าง

4.1.2 ทดสอบตามรูปแบบเดิมอีก 4 วัฏจักรต่อเนื่องกัน โดยไม่หยุดด้วยความเร็วเฉลี่ย 19 กม./ชม.เป็นเวลา 780 วินาที ซึ่งจะได้ระยะทางประมาณ 4 กม.

4.1.3 เก็บตัวอย่างไอเสียด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างแบบปริมาตรคงที่ ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ ผ2.2 ตั้งแต่เริ่มวัฏจักรแรกจนสิ้นสุดวัฏจักรสุดท้ายของการทดสอบตามข้อ (4.1.2) ส่งเข้าเครื่องวิเคราะห์ ซึ่งต้องวิเคราะห์หาปริมาณสารมลพิษต่าง ๆ ภายในเวลา 20 นาที นับตั้งแต่สิ้นสุดวัฏจักรสุดท้ายของการทดสอบ

ตารางที่ ผ2.1 แสดงรายละเอียดการทดสอบลักษณะที่ 1

ลำดับ การปฏิบัติ	การปฏิบัติ	ขั้นตอนที่	ความเร่ง เมตรต่อวินาทีกำลังสอง	ความเร็ว กิโลเมตรต่อชั่วโมง	ระยะเวลา วินาที		ระยะเวลาสะสม วินาที	เกียร์ที่ใช้ในกรณี ที่มีการเปลี่ยนเกียร์
					ระยะการปฏิบัติ	แต่ละขั้นตอน		
1	เดินเบา	1			11	11	11	PM 6 วินาที, K 5 วินาที
2	เพิ่มความเร็ว	2	1.04	0 ถึง 15	4	4	15	หมายเหตุ 3.
3	คงความเร็ว	3		15	8	8	23	
4	ลดความเร็ว	4	-0.69	15 ถึง 10	2	5	25	
5	ลดความเร็ว ดับเครื่องยนต์		-0.92	10 ถึง 0	3		28	
6	เดินเบา	5			21	21	49	PM 16 วินาที, K 5 วินาที
7	เพิ่มความเร็ว	6	0.74	0 ถึง 32	12	12	61	หมายเหตุ 3.
8	คงความเร็ว	7		32	24	24	85	
9	ลดความเร็ว	8	-0.75	32 ถึง 10	8	11	93	K
10	ลดความเร็ว ดับเครื่องยนต์		-0.92	10 ถึง 0	3		96	
11	เดินเบา	9			21	21	117	PM 16 วินาที, K 5 วินาที
12	เพิ่มความเร็ว	10	0.53	0 ถึง 50	26	26	143	หมายเหตุ 3.
13	คงความเร็ว	11		50	12	12	155	
14	ลดความเร็ว	12	-0.52	50 ถึง 35	8	8	163	
15	คงความเร็ว	13		35	13	13	176	
16	ลดความเร็ว	14	-0.68	35 ถึง 10	9	12	185	K
17	ลดความเร็ว ดับเครื่องยนต์		-0.92	10 ถึง 0	3		188	
18	เดินเบา	15			7	7	195	PM 7 วินาที

หมายเหตุ

1. PM หมายถึง เกียร์ว่าง

2. K หมายถึง บีบคลัตช์

3. การใช้เกียร์ให้ปฏิบัติดังนี้

3.1 ช่วงคงความเร็ว ความเร็วรอบเครื่องยนต์ ควรอยู่ระหว่างร้อยละ 50 - 90 ของความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ให้กำลังสูงสุด ถ้าที่ความเร็วนี้สามารถเลือกใช้เกียร์ได้ 2 เกียร์หรือมากกว่า ควรจะเลือกใช้เกียร์ที่สูงกว่า

3.2 ช่วงเพิ่มความเร็ว ให้ใช้เกียร์ของรถจักรยานยนต์ ที่ทำให้มีอัตราเร่งเหมาะสมกับวัฏจักรการทำงาน เมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์เป็นร้อยละ 110 ของความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ให้กำลังสูงสุด ต้องเปลี่ยนเกียร์เป็นเกียร์ที่สูงขึ้นถ้ารถจักรยานยนต์มีความเร็วในเกียร์ปัจจุบันต่ำกว่า 110% ของความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ให้กำลังสูงสุด

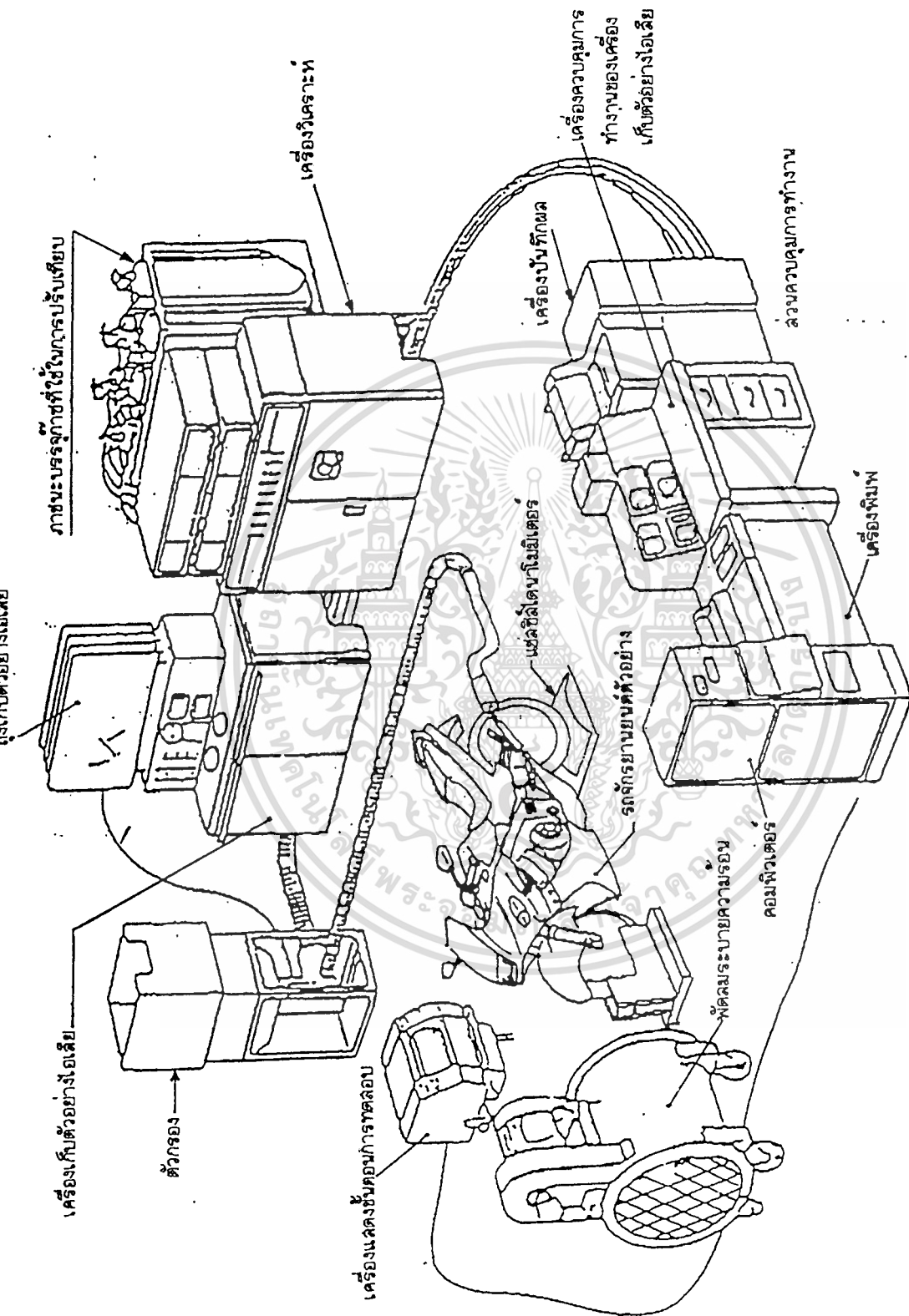
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกียร์หนึ่ง 20 กม./ชม. หรือในเกียร์สอง 35 กม./ชม. จะต้องเปลี่ยนเกียร์เป็นเกียร์ที่สูงขึ้นที่ความเร็วดังกล่าว ในกรณีนี้จะต้องไม่เปลี่ยนเป็นเกียร์สูงขึ้น ถ้าในช่วงเพิ่มความเร็วมีการเปลี่ยนเกียร์ตามความเร็วที่กำหนดไว้ จะต้องคงความเร็วตามเกียร์ที่ใช้อยู่โดยไม่คำนึงถึงความเร็วรอบของเครื่องยนต์

3.3 ช่วงลดความเร็ว จะต้องเปลี่ยนเป็นเกียร์ต่ำก่อนที่รอบเครื่องยนต์จะลดลงมาจนเครื่องเดินไม่เรียบ หรือเมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์เท่ากับร้อยละ 30 ของความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่ให้กำลังสูงสุด แล้วแต่จะถึงสภาวะใดก่อน ในระหว่างช่วงลดความเร็วนี้ไม่ให้เปลี่ยนเป็นเกียร์หนึ่ง

3.4 รถจักรยานยนต์ที่ติดตั้งระบบเกียร์อัตโนมัติ จะต้องทดสอบด้วยเกียร์สูงสุด และต้องควบคุมคันเร่งให้เป็นไปตามปกติ เพื่อให้เกียร์เปลี่ยนไปตามขั้นตอน





รูปที่ พ2.2 แสดงเครื่องเก็บตัวอย่างไอเสียแบบปริมาตรคงที่

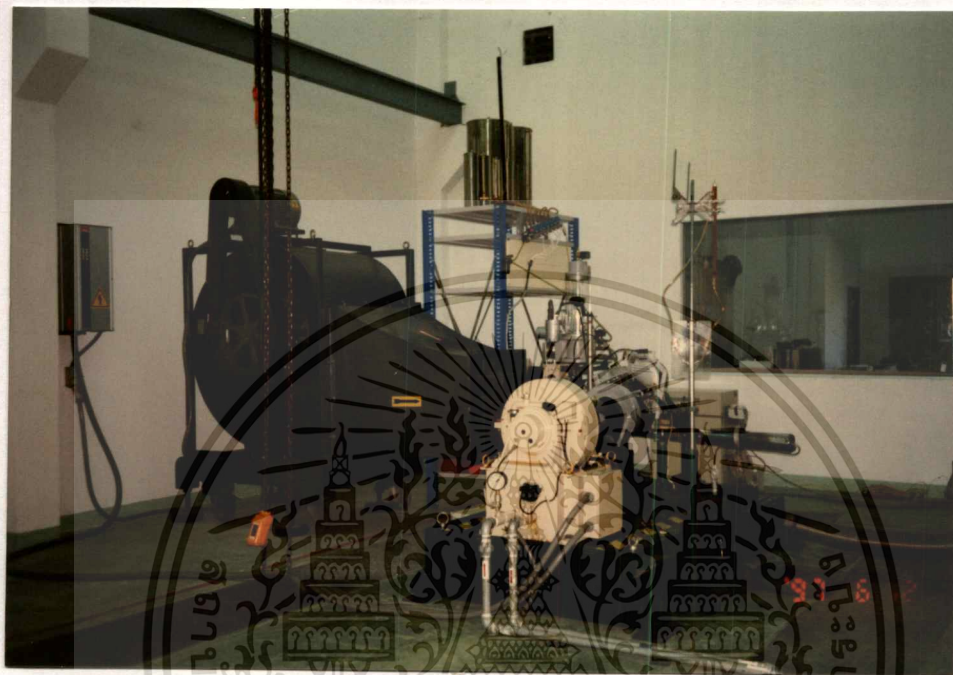
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 วิธีทดสอบลักษณะที่ 2 ให้ปฏิบัติตาม E.C.E. R 40 Type II Test ทันทีหลังจากสิ้นสุด วัฏจักรที่ 4 ของการทดสอบลักษณะที่ 1 เก็บตัวอย่างจากท่อไอเสียซึ่งทำส่วนต่อเพื่อกันไอเสียรั่ว (airtight extension) ยื่นออกมา ด้วยหัวเก็บตัวอย่างซึ่งต่อกับเครื่องวิเคราะห์ปริมาณสารพิษ โดย สอดหัวเก็บตัวอย่างให้ลึกเข้าไปจากปลายสุดของส่วนต่ออย่างน้อย 60 ซม. ส่วนต่อดังกล่าว ต้องไม่ทำให้ความดันย้อนกลับ (back pressure) เพิ่มขึ้นเกิน 12 กิโลพาสคัล (125 มม.น้ำ) และ ไม่ทำให้เครื่องยนต์ทำงานผิดปกติ รวมทั้งต้องสามารถป้องกันไม่ให้อากาศจากภายนอกเข้าไปปนไอเสีย ในระหว่างการเก็บตัวอย่าง ถ้ารถจักรยานยนต์มีระบบไอเสีย ที่มีท่อทางออกของไอเสีย หลายทาง อาจต่อท่อทางออกเหล่านี้ไปรวมเป็นท่อเดียวหรืออาจอ่านค่าความเข้มข้นของ การรับอนุมอนอกไซด์จากท่อทางออกที่ละท่อ แล้วหาค่าเฉลี่ยก็ได้

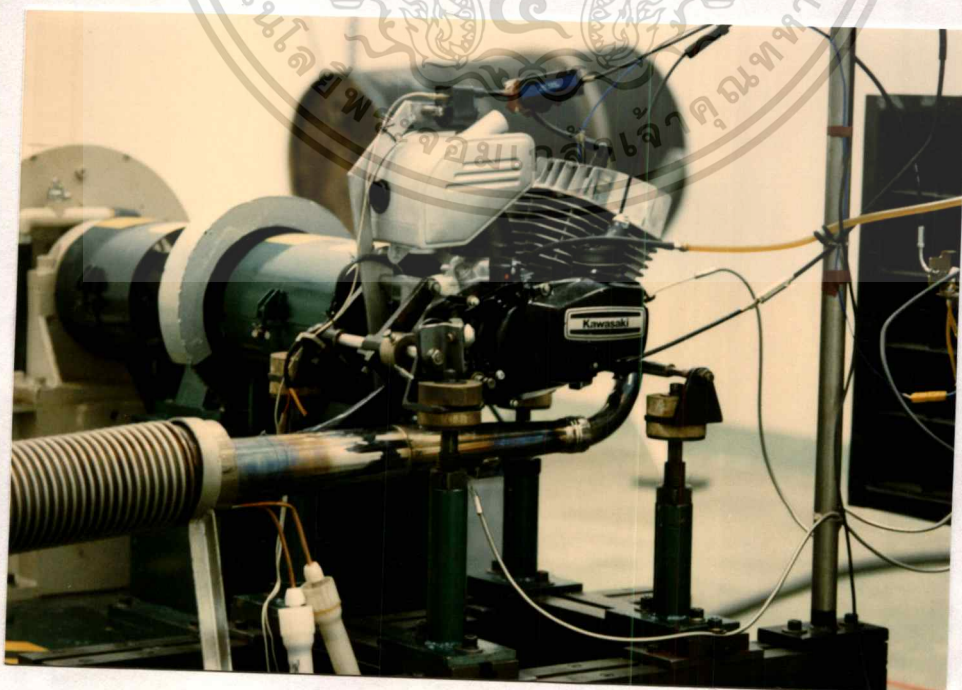


ภาคผนวก 3

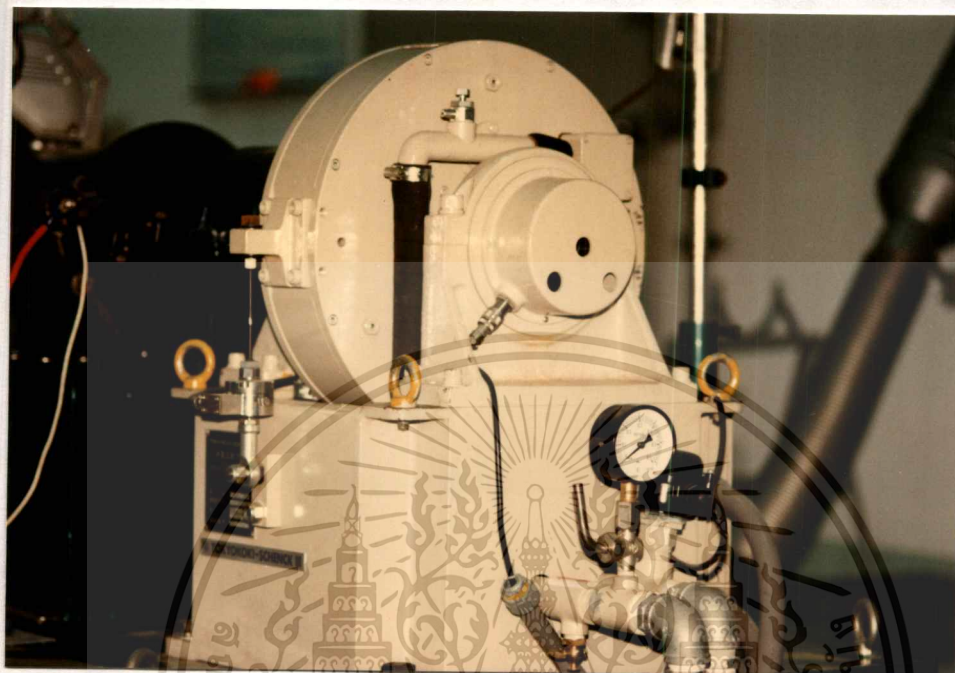
1. ภาพถ่ายของห้องและเครื่องมือทดสอบ Engine Bench Test



ภาพที่ 1.1 แสดงเครื่องมือและอุปกรณ์ทั้งหมด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ภาพที่ 1.2 แสดงเครื่องยนต์ทดสอบและหัววัดก๊าซไอเสีย หน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

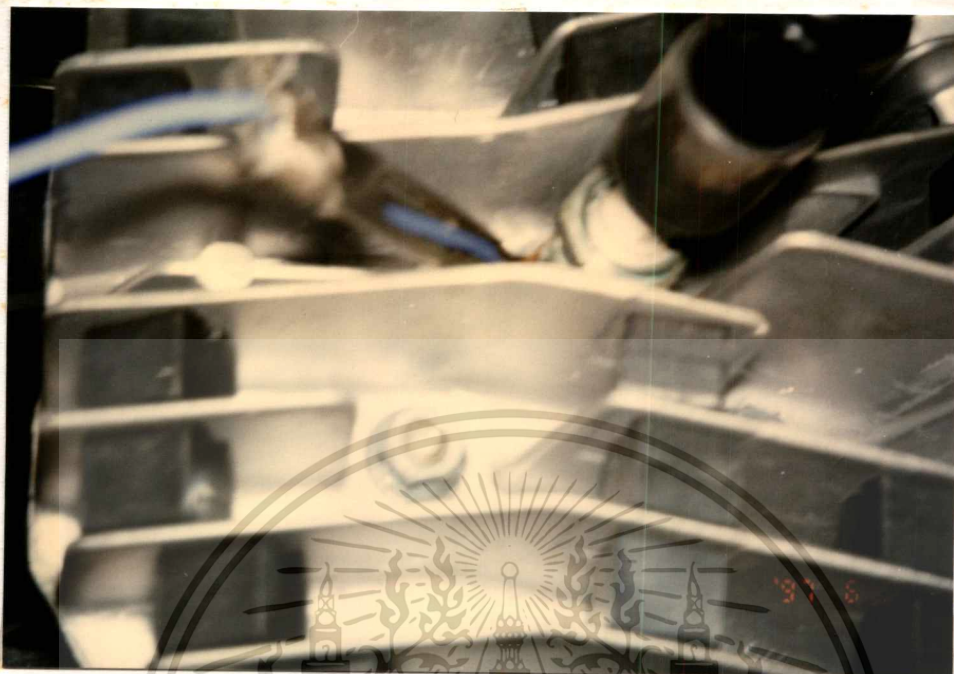


ภาพที่ 1.3 แสดง Dynamometer แบบ Eddy-Current



ภาพที่ 1.4 แสดงเพลลาขับเคลื่อนระหว่าง E/G-Dynamometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

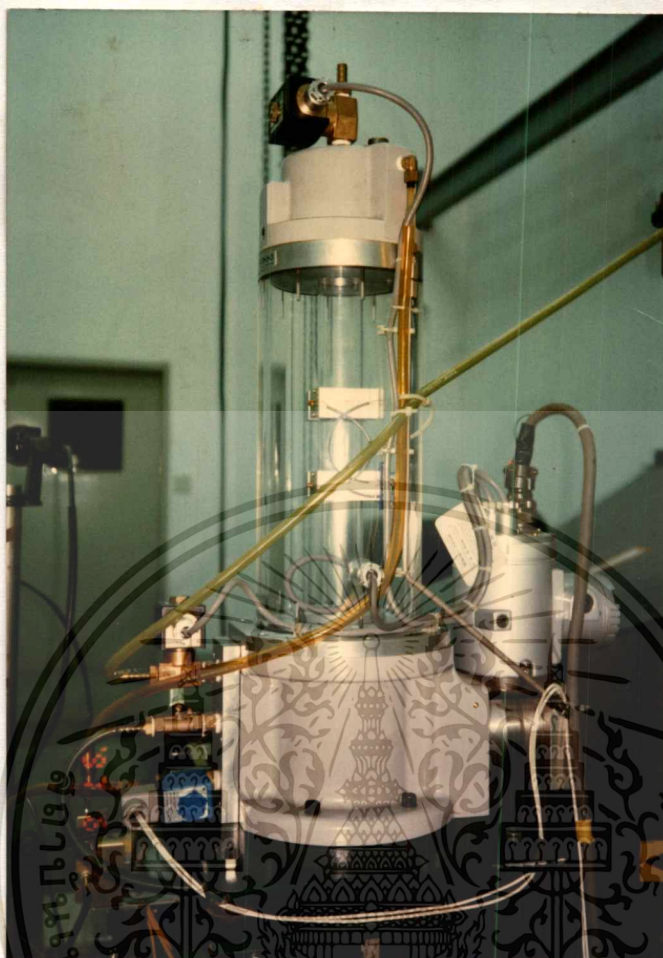


ภาพที่ 1.5 แสดง Thermocouple วัดอุณหภูมิที่บ่้าหัวเทียน

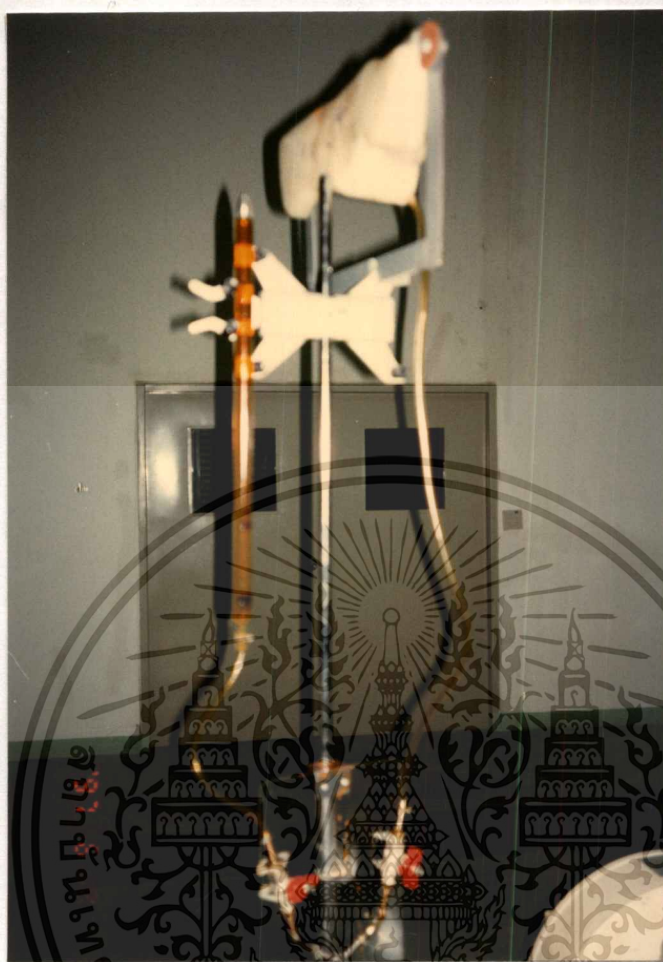


ภาพที่ 1.6 แสดง Thermocouple วัดอุณหภูมิที่พอร์ตไอเสีย

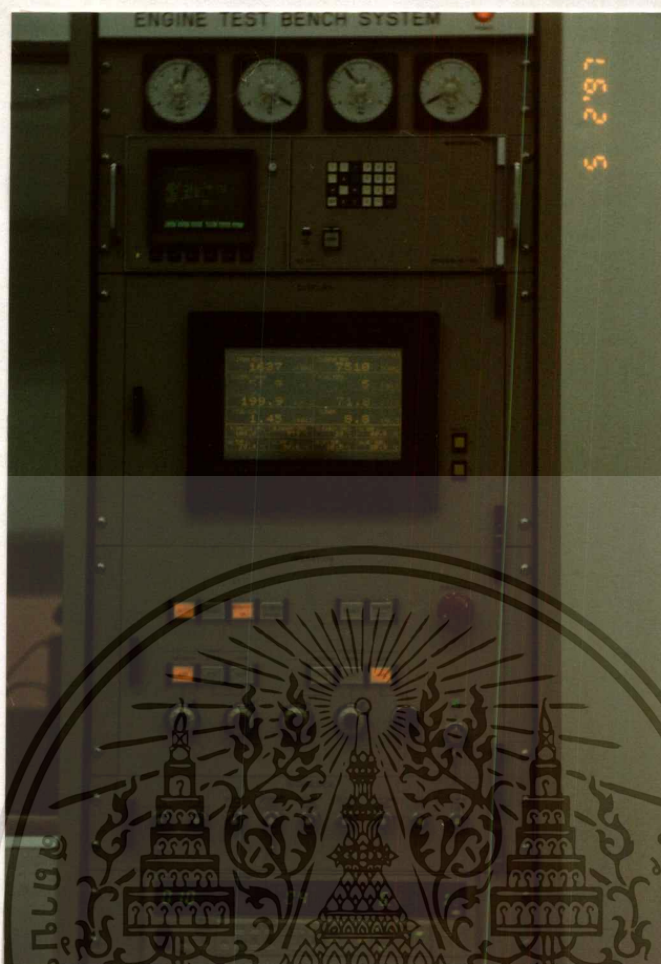
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



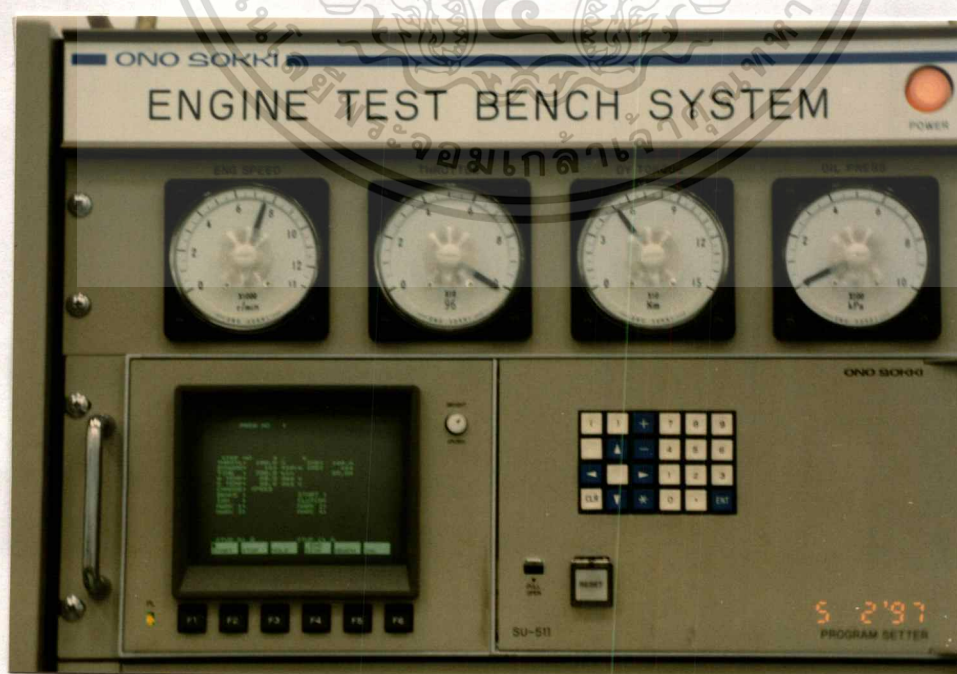
ภาพที่ 1.9 แสดง Fuel Flow-Meter



ภาพที่ 1.10 แสดง 2T-Oil Flow Meter



ภาพที่ 1.11 แสดงตู้ควบคุม Engine Bench Test



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
 ภาพที่ 1.12 แสดง Program Setter และ Analog Display หน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1.13 แสดง Displays ของค่าต่างๆ

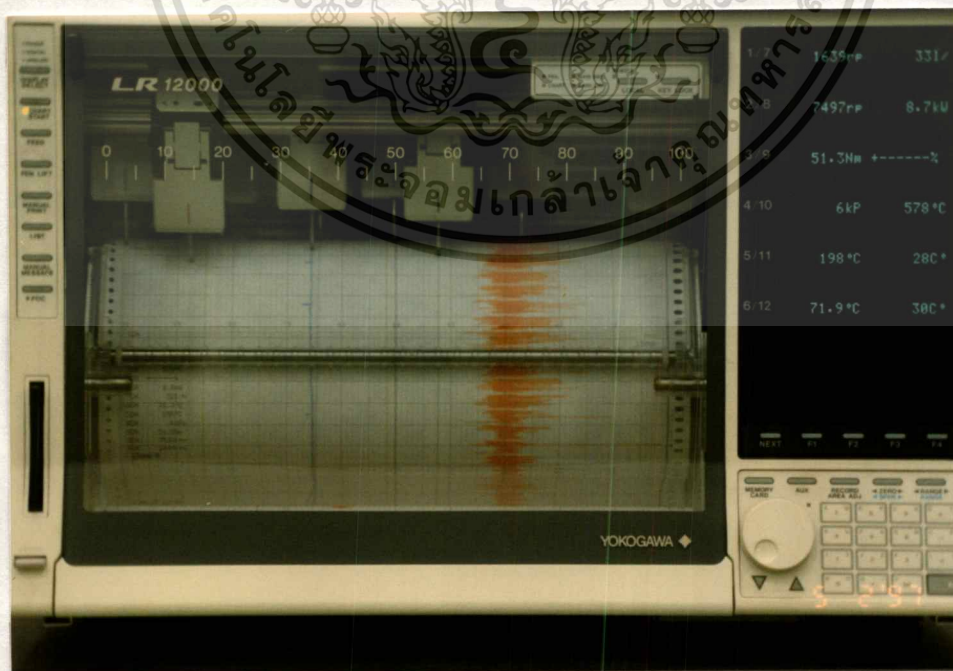


ภาพที่ 1.14 แสดงปุ่มควบคุม Dynamometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในห้องปฏิบัติการเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1.15 แสดงระบบ interlock และ Flow-Meter Display

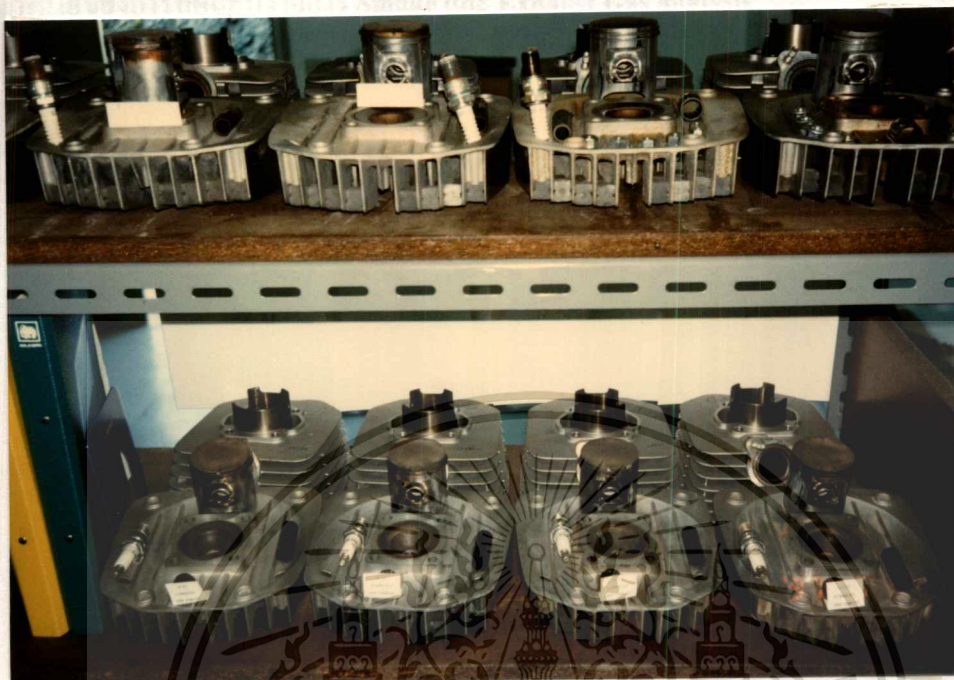


ภาพที่ 1.16 แสดงเครื่องบันทึกค่าต่าง ๆ จากการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบให้สำหรับใช้ในการเชิงในเพื่อการทดสอบเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลให้เข้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1.17 แสดงผู้สำหรับการให้คะแนนลูกสูบ

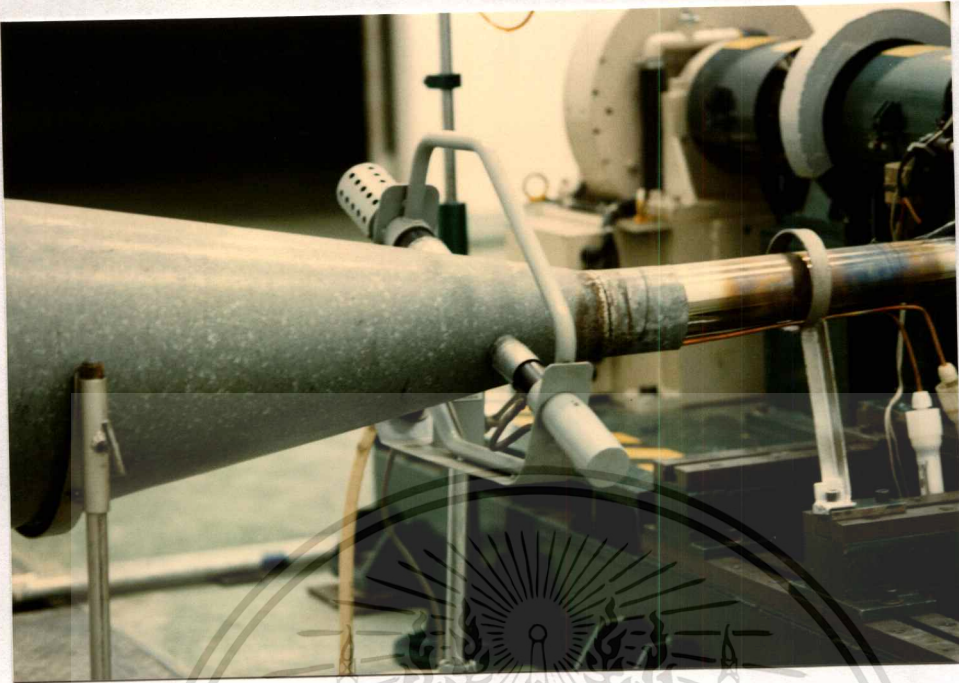


ภาพที่ 1.19 แสดง Used Parts of KH-125 E/G

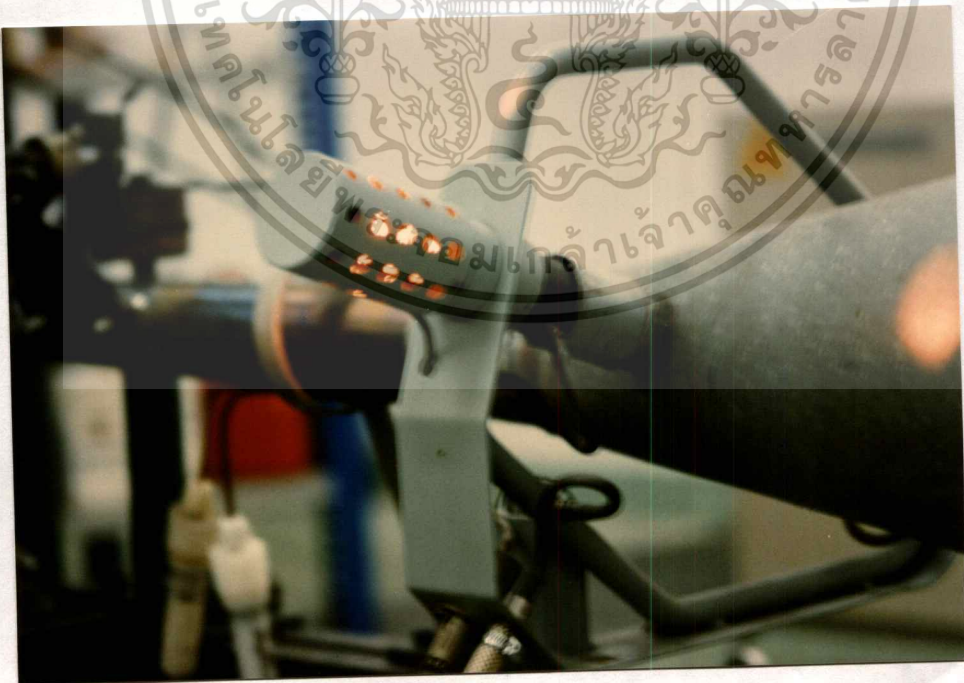


ภาพที่ 1.20 แสดงการจัดเก็บลูกสูบที่ทดสอบแล้ว ไว้ทำการ Rating

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

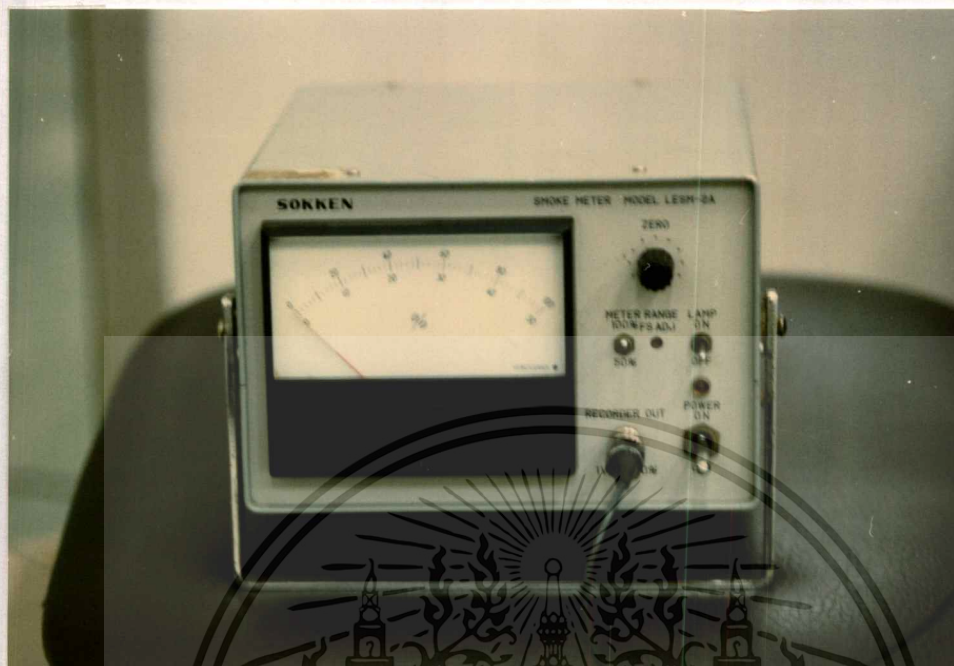


ภาพที่ 2.2 แสดงเครื่องมือวัดปริมาณคันทันขาว

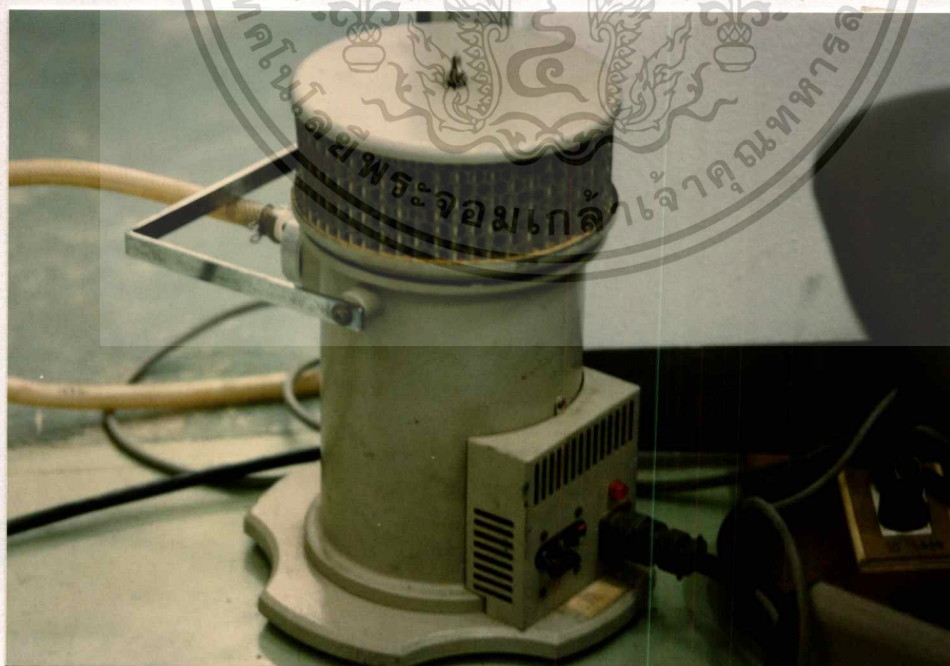


ภาพที่ 2.3 แสดงแหล่งกำเนิดแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



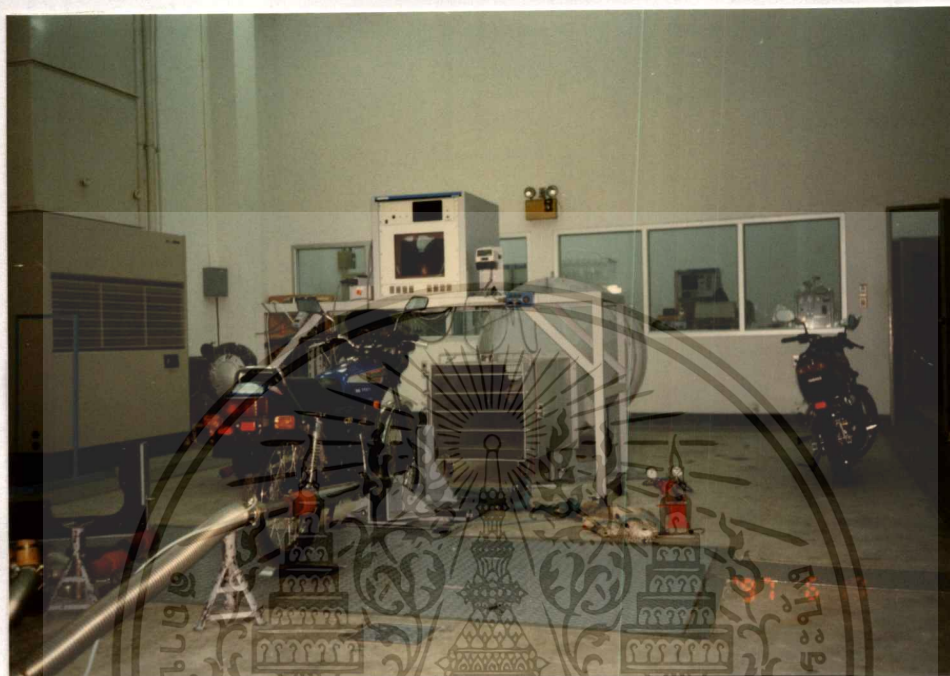
ภาพที่ 2.4 แสดงเครื่อง Smoke Meter



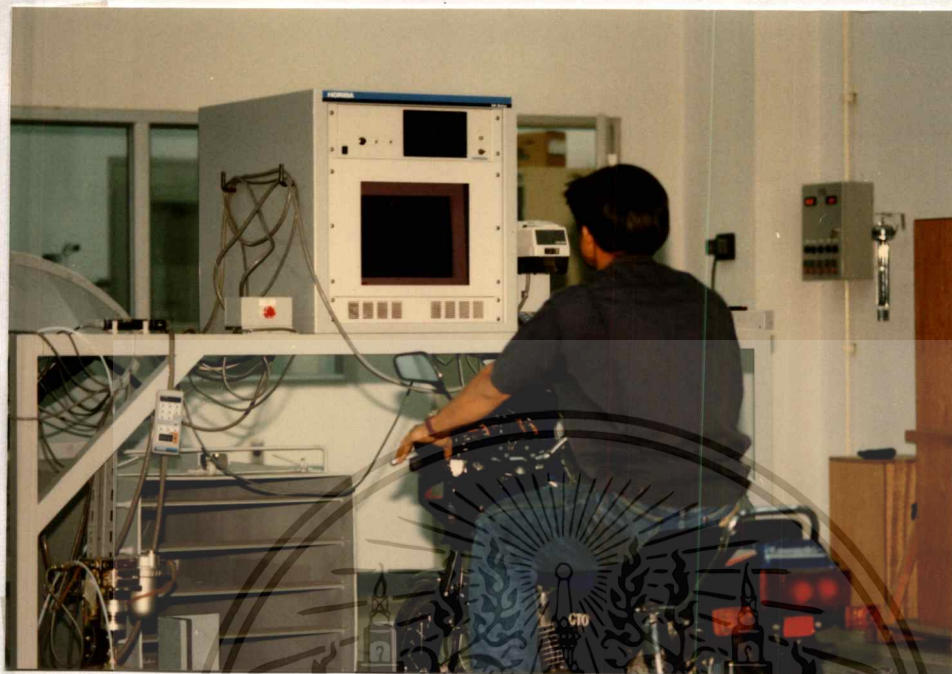
ภาพที่ 2.5 แสดง Blower สำหรับเป่าหน้าเลนส์รับแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

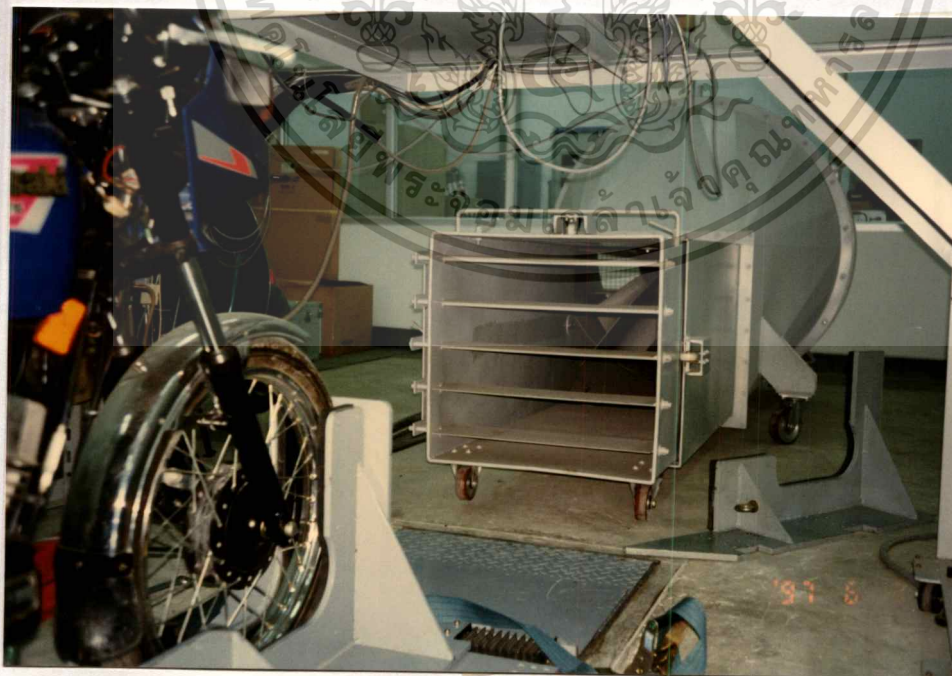
3. ภาพถ่ายของการทดสอบรายการ Emission บน Chassis Dynamometer



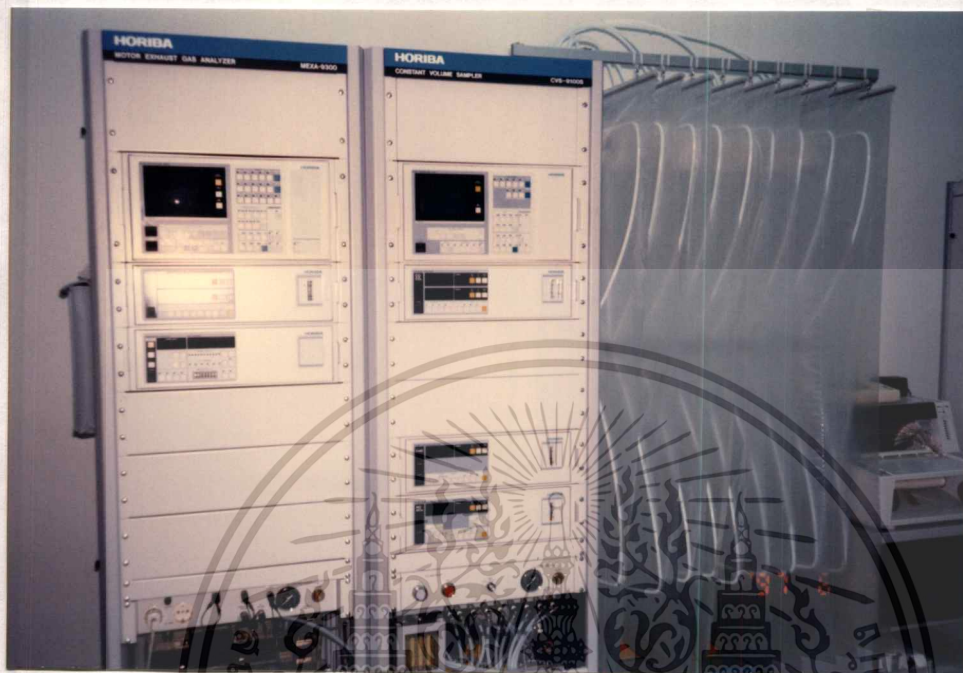
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ 3.1 แสดงห้องและเครื่องมือทดสอบของ Chassis Dynamometer ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 แสดงการขับขี่รถจักรยานยนต์บน Chassis Dynamometer



เอกสารนี้เป็นเอกสารภาพที่ 3.3 แสดง Cooling Fan : Speed depending on Bike Speed ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.4 แสดง Controller & Sampling Bags



ภาพที่ 3.5 แสดง Room Condition Controller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อผู้เขียน นายชาญชัย อมรสกุล
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 24 มิถุนายน พ.ศ.2508
 สถานที่เกิด จังหวัดสงขลา
 วุฒิการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์
 สถานที่สำเร็จการศึกษา มหาวิทยาลัยรามคำแหง
 ปีที่สำเร็จการศึกษา 2532

ผลงานทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์

1. การสัมมนาทางวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกล ครั้งที่ 7. V-41-49 P, 9-11 พฤศจิกายน 2536.
2. The Fracture Mechanics of a Centrally Located GFRP Plate การสัมมนาทางวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกล ครั้งที่ 9. V-41-49 P, 9-11 พฤศจิกายน 2538.

อาชีพปัจจุบัน 2534 - ปัจจุบัน นักวิชาการมาตรฐาน ระดับ 5 ศูนย์ทดสอบ
 สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
 กระทรวงอุตสาหกรรม