

การศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอลล์ที่มีส่วนผสมบิวทานอล

บทคัดย่อ

ของ

วิชัย กนกพิทยาพร

๒-๗ ๒๕๕. ๒๕๔๙

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
มีนาคม ๒๕๔๙

๒๖๑.๘๖

วิชัย กนกพิทยาทร. (2549). การศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้เชื้อเพลิง
แก๊สโซฮอลล์ที่มีส่วนผสมบิวทานอล. ปริญญาโท วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล).
กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม :
ดร.พิชัย อัมภมมงคล, ดร.อุดมชัย จินะดิษฐ์.

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ ที่จะนำบิวทานอลมาเป็นส่วนผสมเชื้อเพลิง
สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ในการทดสอบจะใช้เครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 สูบ 4 จังหวะ รุ่น
โตโยต้า 2 E โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นการทดสอบสมรรถนะ
ของเครื่องยนต์ โดยจะใช้บิวทานอลผสมกับน้ำมันแก๊สโซลีน 91 ซึ่งเพิ่มส่วนผสมบิวทานอล
ครั้งละ 5% โดยทดสอบที่ล้นเร่งปีกผีเสื้อเปิด 50 % ในการทดสอบนี้ได้ปรับแต่งเครื่องยนต์
และส่วนที่สองเป็นการทดสอบความสึกหรอของเครื่องยนต์ โดยใช้เชื้อเพลิงผสมระหว่างน้ำมัน
แก๊สโซลีน 91 กับบิวทานอลที่อัตราส่วน 90:10 เดินเครื่องยนต์เป็นเวลา 300 ชั่วโมง ที่
ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที และเก็บตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ 100 ชั่วโมง 200
ชั่วโมง 300 ชั่วโมง เพื่อนำไปทดสอบหาปริมาณโลหะในน้ำมันหล่อลื่น

จากการทดลองส่วนแรก พบว่าการใช้บิวทานอลผสมกับน้ำมันแก๊สโซลีน 91 สามารถ
ใช้กับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนได้ดีในช่วงส่วนผสมของบิวทานอล 0 - 10% โดยไม่ต้องปรับแต่ง
เครื่องยนต์ ถ้าใช้บิวทานอล 10 % พบว่ากำลังงานเบรคเครื่องยนต์ลดลง 3.18 % แรงบิดของ
เครื่องยนต์ลดลง 2.18 % ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรคลดลง 3.27 % ความดันเฉลี่ยเบรค
ลดลง 1.96 % ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคเพิ่มขึ้น 5.18 % โดยเฉลี่ยทุก
ความเร็วรอบเทียบกับการใช้แก๊สโซลีน 91

จากการทดลองส่วนที่สอง พบว่า ปริมาณ ซิลิกอน ตะกั่ว เหล็ก โครเมียม
อลูมิเนียม ทองแดง ยังมีปริมาณอยู่ในน้ำมันหล่อลื่น ในเกณฑ์ที่ดีที่น้ำมันหล่อลื่นสามารถใช้งาน
ได้ตามใบรับรองของสถาบันวิจัยและเทคโนโลยี ปตท.

สรุปได้ว่า เมื่อผสมน้ำมันแก๊สโซลีน 91 กับบิวทานอล 10 % เป็นการทำให้ค่าออก
เทนัมเบอร์เพิ่มขึ้นเป็น 92.2 % จึงเหมาะที่จะใช้กับเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน 91

คำสำคัญ : แก๊สโซฮอลล์ บิวทานอล

PERFORMANCE OF SPARK IGNITION ENGINE USING BUTANOL BASED
GASOHOL AS FUEL MIXTURE

AN ABSTRACT
BY
WICHAI KANOKPITTAYATORN

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master of Engineering degree in Mechanical Engineering
at Srinakharinwirot University

March 2006

Wichai Kanokpittayatorn. (2006). *Performance of Spark Ignition Engine Using Butanol Based Gasohol as Fuel Mixture*. Master thesis. M. Eng. (Mechanical Engineering). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Dr.Pichai Assadamongkol, Dr.Udomchai Chinadit.

This research was the study of the possibility to bring butanol as fuel mixture for gasoline engine. In the test, gasoline engine with four cylinders and 4 strokes of the model Toyota 2E was tested. The test was divided into 2 sections. The first was the engine performance test by using butanol mixed with gasoline 91. The butanol was increased 5 % (percent) at a time. The testing was conducted with the throttle value opening at 50 % (percent). In this test , the engine wasn't modified. The second was the test of engine durability by using the mixture between gasoline 91 and butanol at the proportion of 90: 10. The engine testing was operated for 300 hours at the speed of 1500 rpm without load. The sample of lubricating oil was collected at the period of 100 hours, 200 hours and 300 hours in order to be tested to find out the amount of metal in lubricating oil.

From the first section, it was found that using butanol mixed with gasoline 91 could be used with gasoline engine very well in the range of butanol mixture at 0-10% without the engine modification. In case of using butanol 10%, it was found that engine brake power, torque , brake thermal efficiency and brake mean effective pressure were lower than when fuelling with gasoline 91 at 3.18% , 2.18% , 3.27% and 1.96% , respectively. Mere over , the brake specific fuel consumption was also increased at 5.18%.

From the second section, it was found from the results of the lube oil analysis that the amount of silicon, lead, iron, chromium, aluminum and copper were not over the caution criterion that could be used.

The conclusion was that the mixture of gasoline 91 and butanol 10% was the way to increase the octane number value to 92.2% . The fuel was suitable for the engine that required gasoline 91.

Key words : Gasohol Butanol

การศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอลล์ที่มีส่วนผสมบิวทานอล

ปริญญานิพนธ์
ของ
วิชัย กนกพิทยาพร

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

มีนาคม 2549

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอลล์ที่มีส่วนผสมบิวทานอล

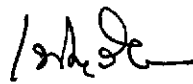
ของ

วิชัย กนกพิทยาท

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ



..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญสิริ จีระเดชากุล)

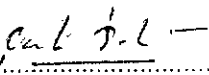
วันที่...7...เดือน มีนาคม พ.ศ. 2549

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์



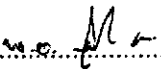
..... ประธาน

(ดร.พิชัย อัมมมงคล)



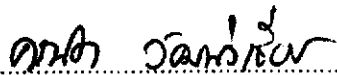
..... กรรมการ

(ดร.อุดมชัย จินะดิษฐ์)



..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(พันเอก สุภโชค สัมปัตตะวนิช)



..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณิต วัฒนวิเชียร)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้นั้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่าน
ดร.อุดมชัย จินะดิษฐ์ และท่าน ดร.พิชัย อัมภมมงคล ในฐานะอาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำปรึกษา
และคำแนะนำตลอดจนการตรวจสอบความถูกต้องทางเนื้อหาวิชาการและแก้ไขข้อบกพร่อง
เพื่อให้งานออกมาอย่างมีคุณภาพมากที่สุด

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์ โครงการความร่วมมือทางวิชาการระหว่าง
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กับโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า ระดับบัณฑิตศึกษา
สาขาวิศวกรรมเครื่องกลทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ทำให้ผู้วิจัยมีความรู้
ความสามารถทางวิชาการ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณทุกท่านไว้ ณ ที่นี้เป็นอย่างยิ่ง
ประโยชน์และคุณค่าของงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้ผู้มีพระคุณทุกท่าน และหวังเป็นอย่างยิ่งว่า
งานวิจัยเล่มนี้ จะมีประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจในเนื้อหารายละเอียดต่างๆ เป็นอย่างดี และจะมีส่วนใน
การพัฒนาประเทศชาติให้เจริญก้าวหน้าต่อไป

วิชัย กนกพิทยาทร

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
วิธีดำเนินการวิจัย	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
บทปริทัศน์วรรณกรรม	4
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	6
แอลกอฮอล์	9
การทดสอบเครื่องยนต์	10
องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องในการทดสอบ	10
กำลังงานอินดิเคต	11
กำลังงานเบรค	13
กำลังงานความฝืด	15
ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	15
อากาศที่ใช้ในการเผาไหม้	16
อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง	19
ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์	19
ประสิทธิภาพทางกล	19
ประสิทธิภาพทางปริมาตร	19
ประสิทธิภาพทางความร้อน	20
สมการการเผาไหม้	21
การสมดุลความร้อน	21
ความร้อนที่ส่งเข้าไป	21
ความร้อนที่เปลี่ยนไปเป็นกำลังงานเบรค	22
ความร้อนที่พาไปกับแก๊สไอเสีย	22
ความร้อนที่สูญเสียไปกับน้ำหล่อเย็น	23
ความร้อนที่สูญเสียไปในด้านอื่น ๆ	23

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	24
อุปกรณ์การทดลอง	24
เครื่องยนต์แก๊สโซลีน	24
ไดนาโมมิเตอร์	25
เครื่องมือวัดความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	25
คาร์บูเรเตอร์	26
อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็น	27
อุปกรณ์วัดความเร็วรอบเครื่องยนต์	27
อุปกรณ์วัดความเร็วของอากาศ	28
เครื่องมือหาจุดวาบไฟและจุดติดไฟ	28
เครื่องมือหาค่าความร้อนน้ำมันเชื้อเพลิง	29
อุปกรณ์วัดความดันของบรรยากาศ	30
อุปกรณ์เปรียบเทียบความชื้นไสของเชื้อเพลิง	30
วิธีการทดลอง	31
4 ผลการทดลอง	33
ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์	33
การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน	34
การเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์	48
การสมดุลความร้อนของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน.....	56
ผลการทดสอบการสึกหรอของเครื่องยนต์	63
ผลการสังเกตลักษณะโดยทั่วไปของชิ้นส่วนของเครื่องยนต์	63
ผลจากการวัดขนาดชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ด้วยเครื่องมือวัดละเอียด ..	64
ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะในน้ำมันเครื่อง.....	64
5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ	66
สรุปผลการทดลอง	66
ข้อเสนอแนะ	67

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
บรรณานุกรม	68
ภาคผนวก	70
ภาคผนวก ก	71
ตารางผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน.....	72
ภาคผนวก ข	86
เอกสารรับรองผลการทดสอบคุณสมบัติของเชื้อเพลิง.....	87
เอกสารรับรองผลการทดสอบหาค่าโลหะในน้ำมันหล่อลื่น.....	94
ข้อมูลจุดวาบไฟ จุดติดไฟและค่าความหนืดของเชื้อเพลิง.....	97
ภาคผนวก ค	98
ตัวอย่างการคำนวณสมรรถนะของเครื่องยนต์.....	99
รายละเอียดเครื่องทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์.....	103
ภาคผนวก ง	110
ภาพเครื่องทดสอบแรงม้าและการเตรียมอุปกรณ์การทดสอบ	111
ภาพการติดตั้งเครื่องยนต์สำหรับทดสอบ	112
ภาพการทดสอบและการตรวจวัดชิ้นส่วนของเครื่องยนต์	114
ภาพชิ้นส่วนภายในห้องเผาไหม้ก่อนและหลังการเดินเครื่อง	116
ภาพตัวอย่างน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ	124
ภาพตัวอย่างน้ำมันเครื่องที่ผ่านการเดินเครื่องยนต์	125
ประวัติย่อผู้วิจัย	127

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 แสดงผลสมรรถนะของเครื่องยนต์.....	63
2 โลหะหลักที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในชิ้นส่วนของเครื่องยนต์	64
3 สมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 การทดสอบ เครื่องยนต์แก๊สโซลีน เครื่องโตโยต้า 2E ปริมาณเชื้อเพลิง 60 cc. gasoline 91 : $\rho = 0.7 \text{ g/cc}$. HHV = 46,397 kJ/kg อุณหภูมิห้อง 34°C gasoline 91 = 100% n – Butanol = 0% n – Butanol : $\rho = 0.78 \text{ g/cc}$. HHV = 36,779 kJ/kg	72
4 ผลการทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 การทดสอบ เครื่องยนต์แก๊สโซลีน เครื่องโตโยต้า 2E ปริมาณเชื้อเพลิง 60 cc. gasoline 91 : $\rho = 0.7 \text{ g/cc}$. HHV = 46,397 kJ/kg อุณหภูมิห้อง 34°C gasoline 91 = 100% n – Butanol = 0% n – Butanol : $\rho = 0.78 \text{ g/cc}$. HHV = 36,779 kJ/kg	73
5 สมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสมกับบิวทานอล ที่อัตราส่วน 95 : 5 การทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เครื่องโตโยต้า 2E ปริมาณเชื้อเพลิง 60 cc. gasoline 91 : $\rho = 0.7 \text{ g/cc}$. HHV = 46,397 kJ/kg อุณหภูมิห้อง 34°C gasoline 91 = 95% n – Butanol = 5% n – Butanol : $\rho = 0.78 \text{ g/cc}$. HHV = 36,779 kJ/kg.	74
6 ผลการทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสมกับบิวทานอล ที่อัตราส่วน 95 : 5 การทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เครื่องโตโยต้า 2E ปริมาณเชื้อเพลิง 60 cc. gasoline 91 : $\rho = 0.7 \text{ g/cc}$. HHV = 46,397 kJ/kg อุณหภูมิห้อง 34 °C gasoline 91 = 95% n – Butanol = 5% n – Butanol : $\rho = 0.78 \text{ g/cc}$. HHV = 36,779 kJ/kg.	75
7 สมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสมกับบิวทานอล ที่อัตราส่วน 90 : 10 การทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เครื่องโตโยต้า 2E ปริมาณเชื้อเพลิง 60 cc. gasoline 91 : $\rho = 0.7 \text{ g/cc}$. HHV = 46,397 kJ/kg อุณหภูมิห้อง 34°C gasoline 91 = 90% n – Butanol = 10% n – Butanol : $\rho = 0.78 \text{ g/cc}$. HHV = 36,779 kJ/kg.	76

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
8	ผลการทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91ผสมกับบิวทานอล ที่อัตราส่วน 90 : 10 การทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เครื่องโตโยต้า 2E ปริมาณเชื้อเพลิง 60 cc. gasoline 91 : $\rho = 0.7 \text{ g/cc. HHV} = 46,397$ kJ/kg อุณหภูมิห้อง 34°C gasoline 91 = 90% n – Butanol = 10% n – Butanol : $\rho = 0.78 \text{ g/cc. HHV} = 36,779 \text{ kJ/kg.}$	77
9	สมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสมกับบิวทานอล ที่อัตราส่วน 85 : 15 การทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เครื่องโตโยต้า 2E ปริมาณเชื้อเพลิง 60 cc. gasoline 91 : $\rho = 0.7 \text{ g/cc. HHV} = 46,397$ kJ/kg อุณหภูมิห้อง 34°C gasoline 91 = 85% n – Butanol = 15% n – Butanol : $\rho = 0.78 \text{ g/cc. HHV} = 36,779 \text{ kJ/kg.}$	78
10	ผลการทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91ผสมกับบิวทานอล ที่อัตราส่วน 85 : 15 การทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เครื่องโตโยต้า 2E ปริมาณเชื้อเพลิง 60 cc. gasoline 91 : $\rho = 0.7 \text{ g/cc. HHV} = 46,397$ kJ/kg อุณหภูมิห้อง 34°C gasoline 91 = 85% n – Butanol = 15% n – Butanol : $\rho = 0.78 \text{ g/cc. HHV} = 36,779 \text{ kJ/kg.}$	79
11	สมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสมกับบิวทานอล ที่อัตราส่วน 80 : 20 การทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เครื่องโตโยต้า 2E ปริมาณเชื้อเพลิง 60 cc. gasoline 91 : $\rho = 0.7 \text{ g/cc. HHV} = 46,397$ kJ/kg. อุณหภูมิห้อง 34°C gasoline 91 = 80 % n – Butanol = 20 % n – Butanol : $\rho = 0.78 \text{ g/cc. HHV} = 36,779 \text{ kJ/kg.}$	80
12	ผลการทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91ผสมกับบิวทานอล ที่อัตราส่วน 80 : 20 การทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เครื่องโตโยต้า 2E ปริมาณเชื้อเพลิง 60 cc. gasoline 91 : $\rho = 0.7 \text{ g/cc. HHV} = 46,397$ kJ/kg อุณหภูมิห้อง 34°C gasoline 91 = 80% n – Butanol = 20% n – Butanol : $\rho = 0.78 \text{ g/cc. HHV} = 36,779 \text{ kJ/kg.}$	81
13	ผลการทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91ผสมกับบิวทานอล ที่อัตราส่วน 75 : 25 การทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เครื่องโตโยต้า 2E ปริมาณเชื้อเพลิง 60 cc. gasoline 91 : $\rho = 0.7 \text{ g/cc. HHV} = 46,397$ kJ/kg อุณหภูมิห้อง 34°C gasoline 91 = 75% n – Butanol = 25% n – Butanol : $\rho = 0.78 \text{ g/cc. HHV} = 36,779 \text{ kJ/kg.}$	82

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
14 สมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสมกับบิวทานอล ที่อัตราส่วน 75 : 25 การทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เครื่องโตโยต้า 2E ปริมาณเชื้อเพลิง 60 cc. gasoline 91 : $\rho = 0.7$ g/cc. HHV = 46,397 kJ/kg อุณหภูมิห้อง 34°C gasoline 91 = 75% n – Butanol = 25% n – Butanol : $\rho = 0.78$ g/cc. HHV = 36,779 kJ/kg	83
15 ผลการทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสมกับบิวทา นอล ที่อัตราส่วน 70 : 30 การทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เครื่องโตโยต้า 2E ปริมาณเชื้อเพลิง 60 cc. gasoline 91 : $\rho = 0.7$ g/cc. HHV = 46,397 kJ/kg อุณหภูมิห้อง 34°C gasoline 91 = 70% n – Butanol = 30% n – Butanol : $\rho = 0.78$ g/cc. HHV = 36,779 kJ/kg.	84
16 สมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสมกับบิวทานอล ที่อัตราส่วน 70 : 30 การทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เครื่องโตโยต้า 2E ปริมาณเชื้อเพลิง 60 cc. gasoline 91 : $\rho = 0.7$ g/cc. HHV = 46,397 kJ/kg อุณหภูมิห้อง 34°C gasoline 91 = 70% n – Butanol = 30% n – Butanol : $\rho = 0.78$ g/cc. HHV = 36,779 kJ/kg.	85
17 รายละเอียดของ EDDY CURRENT TEST RED	104
18 รายละเอียดของ AIR COSUMPTION METERING UNIT	108
19 รายละเอียดของ FUEL METERING UNIT	108

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กราฟเปรียบเทียบการระเหยของน้ำมัน 2 ชนิดในฤดูร้อนและฤดูหนาว	7
2 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันเทียบกับปริมาตร	12
3 เครื่องมือวัดแรงบิดเครื่องยนต์.....	13
4 ออร์ฟิคและกราฟที่ใช้ในการหาค่า C_d	18
5 เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ	24
6 ไดนาโมมิเตอร์แบบใช้กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	25
7 หลอดแก้ววัดปริมาตรน้ำมันเชื้อเพลิงแบบธรรมดา	26
8 คาร์บูเรเตอร์ที่ใช้ในการติดตั้ง.....	26
9 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลน้ำหล่อเย็น.....	27
10 อุปกรณ์วัดความเร็วรอบเครื่องยนต์.....	27
11 อุปกรณ์วัดความเร็วของอากาศ	28
12 เครื่องมือหาจุดวาบไฟและจุดติดไฟน้ำมันเชื้อเพลิง.....	29
13 เครื่องมือหาค่าความร้อนน้ำมันเชื้อเพลิง.....	29
14 อุปกรณ์วัดความดันของบรรยากาศ.....	30
15 อุปกรณ์เปรียบเทียบความชื้นไซของเชื้อเพลิง.....	30
16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนเชื้อเพลิงทางสูง (HHV.) กับ เปอร์เซ็นต์บิวทานอล.....	31
17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าออกเทนนิมเบอร์กับเปอร์เซ็นต์ บิวทานอล.....	32
18 กราฟสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91.....	34
19 กราฟสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสม บิวทานอล ที่อัตราส่วน 95 : 5 โดยปริมาตรของเชื้อเพลิง	36
20 กราฟสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสม บิวทานอล ที่อัตราส่วน 90 : 10 โดยปริมาตรของเชื้อเพลิง	38
21 กราฟสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสม บิวทานอล ที่อัตราส่วน 85 : 15 โดยปริมาตรของเชื้อเพลิง	40
22 กราฟสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสม บิวทานอล ที่อัตราส่วน 80 : 20 โดยปริมาตรของเชื้อเพลิง	42
23 กราฟสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสม บิวทานอล ที่อัตราส่วน 75 : 25 โดยปริมาตรของเชื้อเพลิง	44

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
24 กราฟสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสม บิวทานอล ที่อัตราส่วน 70 : 30 โดยปริมาตรของเชื้อเพลิง	46
25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังม้าเบรกกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ที่ส่วนผสมต่างกัน	48
26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ที่ส่วนผสมต่างกัน	49
27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่ส่วนผสมต่างกัน	50
28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันเฉลี่ยเบรกกับความเร็วรอบของ เครื่องยนต์ที่ส่วนผสมต่างกัน	51
29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกกับความเร็ว รอบของเครื่องยนต์ ที่ส่วนผสมต่างกัน	52
30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนที่ถูกพาไปกับไอเสียกับความเร็วรอบ ของเครื่องยนต์	53
31 กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความร้อนที่เปลี่ยนเป็น กำลังงานเบรกกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์	54
32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความร้อนที่ถูกพาไปกับไอเสียกับ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์	55
33 แผนภาพการไหลของพลังงานความร้อนของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนเมื่อใช้น้ำมัน แก๊สโซลีน 91	56
34 แผนภาพการไหลของพลังงานความร้อนของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนเมื่อใช้น้ำมัน แก๊สโซลีน 91 ผสมกับบิวทานอลที่อัตราส่วน 95 : 5 โดยปริมาตรเชื้อเพลิง	57
35 แผนภาพการไหลของพลังงานความร้อนของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เมื่อใช้น้ำมัน แก๊สโซลีน 91 ผสมกับบิวทานอลที่อัตราส่วน 90 : 10 โดยปริมาตรเชื้อเพลิง	58
36 แผนภาพการไหลของพลังงานความร้อนของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เมื่อใช้น้ำมัน แก๊สโซลีน 91 ผสมกับบิวทานอลที่อัตราส่วน 85 : 15 โดยปริมาตรเชื้อเพลิง	59
37 แผนภาพการไหลของพลังงานความร้อนของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เมื่อใช้น้ำมัน แก๊สโซลีน 91 ผสมกับบิวทานอลที่อัตราส่วน 80 : 20 โดยปริมาตรเชื้อเพลิง	60
38 แผนภาพการไหลของพลังงานความร้อนของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เมื่อใช้น้ำมัน แก๊สโซลีน 91 ผสมกับบิวทานอลที่อัตราส่วน 75 : 25 โดยปริมาตรเชื้อเพลิง	61

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
39 กราฟสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสม บิวทานอล ที่อัตราส่วน 70 : 30 โดยปริมาตรของเชื้อเพลิง	62

คำอธิบายสัญลักษณ์ และคำย่อ

A	แทน	พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบ ; m^2
A/F	แทน	อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงโดยมวล
bmep	แทน	ความดันเฉลี่ยเบรค ; N/m^2
bsfc	แทน	ความสิ้นเปลืองเชื้อจำเพาะเพลิงเบรค ; $kg/kW.hr$
C_d	แทน	สัมประสิทธิ์ในการไหลผ่านคอคออด
C_v	แทน	สัมประสิทธิ์ของความเร็ว
C_c	แทน	สัมประสิทธิ์การหดตัว
fmep	แทน	ความดันเฉลี่ยของความดันเสียดทาน ; bar
HHV	แทน	ค่าความร้อนทางสูงของเชื้อเพลิง ; kJ/kg
h_w	แทน	head ของน้ำ ; mm
h_{Hg}	แทน	head ของปรอท ; mm
imep, P_m	แทน	ความดันเฉลี่ยอินดิเคต ; N/m^2
isfc	แทน	ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะอินดิเคต ; $kg/kW.hr$
J	แทน	ค่าสมมูลความร้อนของจุล
K	แทน	จำนวนสูบ
L	แทน	ระยะชักของลูกสูบ ; mm.
$\dot{m}_a$	แทน	อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ ; kg/s
$\dot{m}_e$	แทน	อัตราการไหลเชิงมวลของไอเสีย ; kg/s
$\dot{m}_f$	แทน	อัตราการไหลเชิงมวลของเชื้อเพลิง ; kg/s
$\dot{m}_{H_2O}$	แทน	อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำผ่าน Calorimeter ; kg/s
$\dot{m}_w$	แทน	อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำหล่อเย็น ; kg/s
N	แทน	จำนวนรอบของเครื่องยนต์ ; RPM
n	แทน	Number of revolution per cycle
P_b	แทน	กำลังงานเบรค ; kW
P_f	แทน	กำลังงานจากเชื้อเพลิงที่ส่งเข้าไป ; kW
P_f	แทน	กำลังงานความฝืด ; kW
P_i	แทน	กำลังงานอินดิเคต ; kW
$\dot{Q}$	แทน	อัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ ; m^3/s
Q_o	แทน	เปอร์เซ็นต์ความร้อนที่สูญเสียไปในด้านอื่น ๆ ; %

คำอธิบายสัญลักษณ์ และคำย่อ (ต่อ)

Q_f	แทน	เปอร์เซ็นต์ความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ; %
Q_b	แทน	เปอร์เซ็นต์ความร้อนที่เปลี่ยนเป็นกำลังงานเบรค ; %
Q_e	แทน	เปอร์เซ็นต์ความร้อนที่ถูกพาไปกับแก๊สไอเสีย ; %
Q_w	แทน	เปอร์เซ็นต์ความร้อนที่สูญเสียไปกับน้ำหล่อเย็น ; %
$\dot{Q}_a$	แทน	ความร้อนที่สูญเสียไปในด้านอื่น ๆ ; kJ/s
$\dot{Q}_f$	แทน	ความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ; kJ/s
$\dot{Q}_b$	แทน	ความร้อนที่เปลี่ยนเป็นกำลังงานเบรค ; kJ/s
$\dot{Q}_e$	แทน	ความร้อนที่ถูกพาไปกับแก๊สไอเสีย ; kJ/s
$\dot{Q}_w$	แทน	ความร้อนที่สูญเสียไปกับน้ำหล่อเย็น ; kJ/s
T	แทน	แรงบิดเครื่องยนต์ ; N.m
T_o	แทน	อุณหภูมิไอเสียที่ด้านทางออกเครื่องยนต์ ; °C
T_a	แทน	อุณหภูมิอากาศที่เข้าเครื่องยนต์ ; °C
T_{out}, T_{in}	แทน	อุณหภูมิของน้ำออกและเข้า Calorimeter ; °C
T_{wi}	แทน	อุณหภูมิของน้ำด้านเข้าเครื่องยนต์ ; °C
T_{wo}	แทน	อุณหภูมิของน้ำด้านออกจากเครื่องยนต์ ; °C
V_f	แทน	ปริมาตรของเชื้อเพลิง ; cc.
V_a	แทน	ความเร็วของอากาศที่ไหล ; m/s
$\dot{V}_a$	แทน	อัตราการไหลเชิงปริมาตรอากาศที่ดูดได้จริง ; m ³ /s
$\dot{V}_a$	แทน	อัตราการไหลเชิงปริมาตรอากาศทฤษฎี ; m ³ /s
$\dot{V}_w$	แทน	อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็น ; LPM
W	แทน	น้ำหนักที่ถ่วงไว้ปลายคัน ; N
η_{vol}	แทน	ประสิทธิภาพทางปริมาตร ; %
η_{mech}	แทน	ประสิทธิภาพทางกล (Mechanical efficiency) ; %
η_{th}	แทน	ประสิทธิภาพเชิงความร้อน ; %
η_{ith}	แทน	ประสิทธิภาพเชิงความร้อนอินดิเคต ; %
η_{bth}	แทน	ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรค ; %
ρ	แทน	ความหนาแน่นของเชื้อเพลิง ; g/cc.
λ	แทน	อัตราส่วนของ $AF_{ทฤษฎี}$ ต่อ $AF_{จริง}$

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา (มนตรี. พ.ศ.2538 :)

ประเทศไทยต้องพึ่งพาการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงจากต่างประเทศเป็นหลัก เมื่อเกิดวิกฤตการณ์น้ำมันย่อมส่งผลกระทบต่อประเทศในด้านเศรษฐกิจ เมื่อพิจารณาศักยภาพการผลิตพลังงานทดแทนโดยเฉพาะแอลกอฮอล์แล้วประเทศไทยมีกำลังการผลิตที่จะสามารถผลิตมากพอต่อความต้องการต่อการใช้เนื่องจากมีแหล่งวัตถุดิบจากพืชผลทางการเกษตรจำนวนมาก ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่จะศึกษา และวิจัยการใช้พลังงานทดแทน

ปัจจุบันการอนุรักษ์พลังงานเชื้อเพลิงเป็นจุดสำคัญอย่างมาก เนื่องจากไม่สามารถควบคุมปริมาณการใช้เชื้อเพลิงประเภทฟอสซิลให้มีอัตราส่วนที่สมดุลกับปริมาณเชื้อเพลิงสำรองที่มีอยู่ในโลกโดยเฉพาะอัตราการใช้น้ำมันปิโตรเลียมสูงกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่น เป็นสาเหตุให้ปริมาณเชื้อเพลิงสำรองในโลกลดลงอย่างรวดเร็ว และจะหมดไปจากโลกภายในอนาคตข้างหน้า จึงส่งผลกระทบต่อเกิดวิกฤตการณ์น้ำมันเนื่องจากกลุ่มประเทศโอเปค (OPEC) เหตุนี้จึงทำให้หลาย ๆ ประเทศได้พยายามศึกษาค้นคว้า วิจัย และพัฒนาวิธีการต่าง ๆ เพื่อเป็นการอนุรักษ์และประหยัดพลังงาน เช่น การคิดค้นใช้สารประกอบทางเคมีมาเป็นส่วนผสมในน้ำมันเชื้อเพลิงแทน การพัฒนาโดยนำเอาพลังงานอื่น ๆ มาใช้ทดแทน ได้แก่ พลังงานนิวเคลียร์ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานความร้อนจากใต้ดิน และการพัฒนาพลังงานในรูปเชื้อเพลิงอื่น ๆ ให้สามารถใช้ประโยชน์ได้มากที่สุด ได้แก่ ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ หินน้ำมัน และกากหรือน้ำมันจากพืชต่าง ๆ

แนวพระราชดำริเกี่ยวกับพลังงานทดแทนด้วยน้ำมันแก๊สโซฮอล์

(คณะกรรมการการพลังงาน สภาผู้แทนราษฎร. พ.ศ. 2545 :)

น้ำมันแก๊สโซฮอล์ หมายถึง น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากการนำแอลกอฮอล์ และน้ำมันแก๊สโซลีน มาผสมเข้าด้วยกัน งานทดลองผลิตภาคนี้ได้เริ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2528 เมื่อพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว มีแนวพระราชดำริให้ศึกษาต้นทุนการผลิตแอลกอฮอล์ (เอทานอล) จากอ้อย เพราะในอนาคตอาจเกิดภาวะน้ำมันขาดแคลน หรือราคาอ้อยตกต่ำ การนำอ้อยมาแปรรูปเป็นเอทานอลเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะแก้ปัญหานี้ได้ ในปี พ.ศ. 2533 มีการปรับปรุงหอกลิ้นเอทานอล โดยได้รับการสนับสนุนจากบริษัทสุราทิพย์ จำกัด ต่อมาได้ปรับปรุงคุณภาพ เอทานอลจนมีความบริสุทธิ์ 95% แล้วนำมาผสมกับน้ำมันแก๊สโซลีนธรรมดาในอัตราส่วน 1 : 9 ได้แก๊สโซฮอล์ที่มีค่าออกเทนัมเบอร์เทียบเท่าน้ำมันแก๊สโซลีน 95 ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์ และรถจักรยานยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์แก๊สโซลีน แก๊สโซฮอล์ (Gasohol) เป็นน้ำมันแก๊สโซลีนผสมเอทิลแอลกอฮอล์หรือเอทานอล นิยมใช้กัน

แพร่หลายมาเป็นเวลานานในหลายประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา บราซิล สำหรับประเทศไทย บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ได้เริ่มทดลองจำหน่ายแก๊สโซฮอล์ให้แก่ประชาชนเป็นครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2528 ต่อมาในปี พ.ศ. 2539 รัฐบาลมีนโยบายให้ยกเลิกการเติมสารตะกั่วในน้ำมันแก๊สโซลีน เพื่อแก้ปัญหามลพิษทางอากาศ ส่งผลให้โรงกลั่นน้ำมันต้องนำเข้าสารเพิ่มออกเทน สารเพิ่มออกเทน ที่ใช้กันแพร่หลายชนิดหนึ่ง คือ MTBE (Methyl Tertiary Butyl Ether) โดยนำมาผสมใน น้ำมันแก๊สโซลีน โดยสัดส่วนระหว่างร้อยละ 5.5 – 11 ปัจจุบันโรงกลั่นน้ำมันในประเทศทั้งหมดต้องนำเข้าสาร MTBE คิดเป็นมูลค่าสูงถึงปีละ 3,000 ล้านบาท เอทานอลสามารถผลิตจากมันสำปะหลังและอ้อย ในเชิงพาณิชย์จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำเอทานอลมาใช้ทดแทน MTBE ซึ่งจะเป็นการประหยัดเงินตราต่างประเทศแล้วยังช่วยเหลือเกษตรกรในประเทศให้สามารถจำหน่ายผลิตภัณฑ์ในราคาสูง นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้ MTBE จะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นหลายประเทศจึงมีแนวโน้มที่จะให้มีการยกเลิกการใช้สาร MTBE ผสมในน้ำมันแก๊สโซลีนในอนาคตอันใกล้นี้ สำหรับโครงการวิจัยด้านวิศวกรรมนี้ จะได้ศึกษาการใช้บิวทานอล (Butanol) เป็นส่วนผสมของน้ำมันแก๊สโซลีน 91 เปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 เพียงอย่างเดียว เพื่อจะวิเคราะห์สมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องยนต์

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. ศึกษาแนวทางการเป็นไปได้ในการใช้บิวทานอลผสมน้ำมันแก๊สโซลีน 91 เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน
2. ศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้บิวทานอลผสมน้ำมันแก๊สโซลีน 91 เป็นเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนต่าง ๆ เปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91
3. ศึกษาเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิงผสมบิวทานอลที่อัตราส่วนต่าง ๆ กับน้ำมันแก๊สโซลีน 91
4. ศึกษาผลทางกายภาพที่เกิดกับชิ้นส่วนของเครื่องยนต์เมื่อใช้บิวทานอลผสมกับน้ำมันแก๊สโซลีน 91

ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. ใช้เครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ 4 สูบ โตโยต้ารุ่น 2 E
2. ทดสอบการทำงานของเครื่องยนต์โดยใช้บิวทานอลผสมน้ำมันแก๊สโซลีน 91 ที่อัตราส่วน 100 : 0, 95 : 5, 90 : 10, 85 : 15, 80 : 20, 75 : 25 และ 70 : 30 ตามลำดับ วัดกำลังงาน แรงบิด อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ โดยไม่มีการปรับแต่งเครื่องยนต์ ใช้มาตรฐานเดิมของผู้ผลิต
3. พิจารณาลักษณะภายในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์และผลที่เกิดกับชิ้นส่วนทำงานหลังการเดินเครื่องยนต์

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ติดตั้งเครื่องยนต์ที่จะใช้ในการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์
2. เดินเครื่องยนต์ทดสอบที่ความเร็วรอบต่างๆโดยเปิดลิ้นเร่งเครื่องยนต์ 50% เพื่อหาสมรรถนะเครื่องยนต์และเปรียบเทียบระหว่างเชื้อเพลิงที่ใช้
3. ตรวจสอบการสึกหรอ
4. สรุปผล

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางการประหยัดพลังงานน้ำมันเชื้อเพลิงโดยใช้น้ำมันผสมทดแทน
2. ได้ข้อมูลเพื่อใช้เป็นแนวทางการปรับปรุงเครื่องยนต์เพื่อใช้กับน้ำมันทดแทนชนิดแก๊สโซฮอลล์ที่ผสมบิวทานอล
3. เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนต่อไป

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทปรัทัศน์วรรณกรรม (Literature Reviews)

มนตรี ทวาโรจน์. (2538) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการหาจุดเหมาะสมของเครื่องยนต์ที่ใช้แอลกอฮอล์ผสมน้ำมันดีเซลและน้ำมันมะพร้าวผสมน้ำมันก๊าดเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลโดยเปรียบเทียบจากสมรรถนะ การสึกหรอ และวิเคราะห์ไอเสียของเครื่องยนต์ โดยมีการติดตั้งคาร์บูเรเตอร์ที่เหมาะสมเข้ากับท่อไอดี เพื่อทำหน้าที่ป้อนแอลกอฮอล์เข้าสู่ห้องเผาไหม้ และติดตั้งหม้อต้มแก๊ส เพื่อให้อุ่นน้ำมันมะพร้าว ผสมน้ำมันก๊าด ผลการทดลองสรุปได้ดังนี้ น้ำมันมะพร้าว ผสมน้ำมันก๊าด ในอัตราส่วน 10 – 12 ต่อ 1 โดยปริมาตร สามารถใช้เดินเครื่องยนต์ดีเซลได้ดีโดยที่สมรรถนะของเครื่องยนต์ใกล้เคียงกันกับเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงเพียงแต่ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกดต่ำกว่า 10% แรงบิดลดลง 2.44% ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคสูงกว่า 6.29% และความดันประสิทธิภาพเฉลี่ยเบรคต่ำลง 2.38% ส่วนแก๊สไอเสียมีส่วนประกอบของแก๊สไอเสียใกล้เคียงกับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล การสึกหรอของชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ไม่แตกต่างกันกับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง เพียงแต่มียางเหนียวๆ (Gum) จับอยู่บ้างในหัวฉีดและปั้มน้ำมันเชื้อเพลิง ความดันสูงและไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิงอุดตันเร็วกว่า การใช้ น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงต้องหมั่นทำความสะอาดบ่อยครั้ง การสตาร์ทเครื่องยนต์ครั้งแรกยากต้อง สตาร์ทด้วยน้ำมันดีเซลก่อนทุกครั้ง

โครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา (คณะกรรมการธิการการพลังงาน สภาผู้แทนราษฎร. พ.ศ. 2545 :) ได้ดำเนินการทดลองวิจัยใช้น้ำมันแก๊สโซลีน ของ ป.ต.ท. ผสมกับเอทานอล 95% จากหอกลิ้นสวนจิตรลดา ที่อัตราส่วนผสม แก๊สโซลีนซูเปอร์ : เอทานอล 95% = 20 : 80 การทดลองวิจัยนี้ใช้กับรถยนต์ในโครงการส่วนพระองค์ ที่เคยใช้น้ำมันแก๊สโซลีนซูเปอร์เป็นเชื้อเพลิงจำนวน 10 คัน โดยเริ่มทำการทดลองวิจัยตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2538 พอสรุปผลได้ดังต่อไปนี้

1. พบว่า เครื่องยนต์มีอาการกระตุกและดับบ่อย เมื่อตรวจสอบพบผงตะกอนสีน้ำตาลดำอยู่ในคาร์บูเรเตอร์และที่ส่วนบนของถังน้ำมัน
2. รถสตาร์ทติดยากในตอนเช้า
3. เมื่อการจราจรติดขัดและทำให้เครื่องยนต์ที่ร้อนดับ ต้องรอสักพักจึงจะสามารถสตาร์ทเครื่องใหม่ได้
4. ซิลยางที่คาร์บูเรเตอร์เสื่อมเร็วขึ้น
5. ไม่พบการแยกชั้นของแก๊สโซฮอล์

ต่อมาได้ทำการทดลองวิจัยในห้องปฏิบัติการ โดยใช้เอทานอล ผสมกับน้ำมันแก๊สโซลีนธรรมดาไร้สารตะกั่ว พอสรุปผลได้ดังต่อไปนี้

6. เปอร์เซนต์ความบริสุทธิ์ของแอลกอฮอล์ที่ใช้จะต้องไม่น้อยกว่า 95% เพื่อป้องกันปัญหาการแยกตัวของน้ำในแก๊สโซลีนซึ่งจะมีผลต่อการทำงานของเครื่องยนต์

7. เอทานอลที่ใช้สำหรับผสมในแก๊สโซลีนธรรมดาไร้สารตะกั่ว จะอยู่ที่อัตราส่วนไม่เกิน 13% เพราะการผสมเอทานอลมากเกินไปจะทำให้ปริมาณของน้ำในแก๊สโซลีนเกินกว่า 0.7% โดยน้ำหนักและอาจมีผลต่อการทำงานของเครื่องยนต์ ในกรณีที่ต้องการใช้อัตราส่วนของเอทานอลมากกว่า 13% ความบริสุทธิ์ของเอทานอลต้องเพิ่มขึ้นมากกว่า 97%

8. ในการทดลองกับเครื่องยนต์ได้พบปัญหาการเกิดสนิม จึงต้องจะต้องเติมสารป้องกันการเกิดสนิม (Corrosion Inhibitor)

9. การใช้แก๊สโซลีนในเครื่องยนต์แก๊สโซลีน น้ำมันเครื่องจะใสเร็วมากขึ้น เนื่องจากแก๊สโซลีนบางส่วนที่เผาไหม้ไม่หมดจะถูกชะล้างไปรวมกับน้ำมันเครื่อง

ปดท.ทำการศึกษาวิจัยเรื่องผลของน้ำมันแก๊สโซลีนผสมเอทานอลในอัตราส่วน 90 :

10 สมรรถนะและมลพิษรถจักรยานยนต์ เพื่อขยายผลการใช้งานแก๊สโซลีน

ผลการทดสอบ สรุปได้ว่า เอทานอลมีค่าออกเทนสูง (เลขออกเทนวิจัย RON = 107) ดังนั้นการผสมเอทานอลในน้ำมันแก๊สโซลีน เป็นการเพิ่มค่าออกเทน ซึ่งจะเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของเอทานอล การผสมเอทานอลในน้ำมันแก๊สโซลีนได้ขอสรุปว่า ความสามารถในการขับเคลื่อน การตอบสนองต่อคันเร่งในเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างแก๊สโซลีนและน้ำมันแก๊สโซลีน

ลิขิต ไสหนู .(2544) ได้ศึกษาผลกระทบของเครื่องยนต์เมื่อใช้เอทานอล บริสุทธิ์ 95% เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน โดยได้ศึกษาถึงสมรรถนะและการสึกหรอของเครื่องยนต์ เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดลอง คือเครื่องยนต์แก๊สโซลีนเล็กสูบเดียว HONDA รุ่น GX160 K1QT จำนวน 2 เครื่อง โดยเครื่องหนึ่งใช้กับเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนและอีกเครื่องหนึ่งใช้กับเชื้อเพลิงเอทานอล ซึ่งในเครื่องยนต์ที่ใช้กับเชื้อเพลิงเอทานอลมีการดัดแปลงเครื่องยนต์เพื่อให้สามารถใช้ได้กับเชื้อเพลิงเอทานอลได้ คือเพิ่มขนาดของ Main jet ในคาร์บูเรเตอร์จากเบอร์ 72 เป็น 75 และปรับโซ่อากาศให้เปิดเพียง 25% ของทั้งหมด

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์เป็นการทดสอบแบบความเร็วรอบเปลี่ยน ตั้งแต่ 1500 ถึง 4000 รอบต่อนาที ภาระงานเต็มที่ โดยใช้ฟลูอิดไดนาโมมิเตอร์เป็นอุปกรณ์วัดแรงบิดของเครื่องยนต์ การทดสอบการสึกหรอของเครื่องยนต์ ทำการทดสอบที่ภาระงานและความเร็วรอบคงที่ที่ 1.20 กิโลวัตต์ และ 3000 รอบต่อนาทีตามลำดับ ต่อเนื่องเป็นเวลา 100 ชั่วโมง วิเคราะห์ผลจากการวัดขนาดของชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ก่อนและหลังการทดสอบ และวิเคราะห์จากปริมาณโลหะที่ผสมอยู่ในน้ำมันเครื่องผลการทดสอบ ปรากฏว่า เครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิง

เอทานอล ให้ค่าแรงบิดและกำลังงานต่ำกว่าประมาณ 3 – 4% ในขณะที่ให้ประสิทธิภาพทางความร้อนที่สูงกว่า 10 – 20% แต่มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะสูงกว่าประมาณ 30 – 50%

การสึกหรอที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ทั้งสองไม่แตกต่างกัน ทั้งจากการวัดขนาดของชิ้นส่วนของเครื่องยนต์และจากการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะที่ผสมอยู่ในน้ำมันเครื่อง แต่หลังจากการทดสอบ 100 ชั่วโมง พบว่าในเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเอทานอลนั้น ภายในห้องเผาไหม้โดยเฉพาะบริเวณวาล์วไอดีจะมีเขม่าเกาะอยู่ในปริมาณที่ค่อนข้างมาก เป็นเขม่าลักษณะสีเทาถึงดำและแข็ง ซึ่งต่างจากในเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนที่มีแค่คราบเขม่าสีน้ำตาลเข้มเกาะอยู่บาง ๆ หลุดล่อนได้ง่าย ซึ่งตรงจุดนี้อาจจะก่อให้เกิดปัญหาต่อการทำงานของเครื่องยนต์ได้ ซึ่งจะต้องทำการศึกษาต่อไปเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว

เพราะฉะนั้นโดยสรุปแล้วเอทานอลสามารถใช้เครื่องยนต์แก๊สโซลีนได้ โดยดัดแปลงเครื่องยนต์เพียงเล็กน้อยก็จะต้องปรับปรุงเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเอทานอลแล้วไม่เกิดปัญหาดังที่กล่าวมาข้างต้น อย่างไรก็ตามในช่วงระยะเวลาไม่นานมานี้ประเทศไทยได้มีการวิจัยและพัฒนากระบวนการหมักและแปรรูปผลิตภัณฑ์การเกษตร เพื่อให้ได้แอลกอฮอล์ชนิดอื่นๆ อีก ได้แก่ บิวทานอล (butanol) เนื่องจากเป็นสารเคมีในอนุกรมเดียวกันกับเอทานอล แต่มีจำนวนอะตอมของคาร์บอนมากกว่าเอทานอล จึงเป็นมูลเหตุที่งานวิจัยฉบับนี้ นำศึกษาคุนสมบัติการเผาไหม้ร่วมกับน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้กับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เพื่อประเมินความเหมาะสมและความเป็นไปได้ทางเทคนิควิศวกรรม ในการที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานทางเลือกอีกทางหนึ่ง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

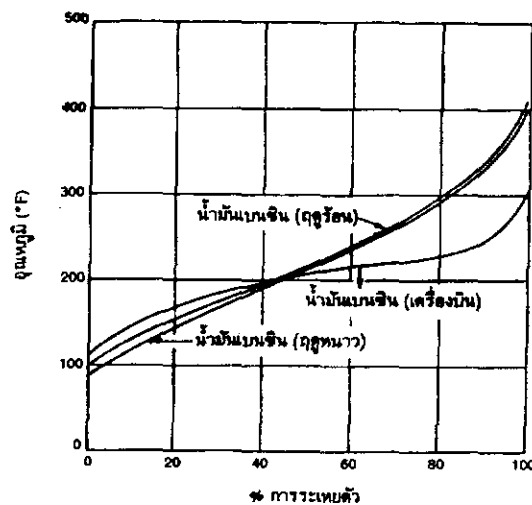
คุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงที่นำมาใช้แทนน้ำมันแก๊สโซลีน (ประเสริฐ . พ.ศ. 2545 :)

หลังจากที่ ออตโต (Count Nicholas Otto) วิศวกรชาวเยอรมันได้ประดิษฐ์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนสำเร็จในปี ค.ศ. 1876 ในปัจจุบันได้รับการพัฒนาให้มีขนาดกะทัดรัด มีความเร็วรอบสูง ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงขึ้น นอกจากนี้ได้มีการศึกษาค้นคว้าและวิจัยนำเอาเชื้อเพลิงอื่นมาใช้แทนเป็นเชื้อเพลิง และเป็นเชื้อเพลิงเสริมกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เช่น เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอลล์ แก๊สธรรมชาติ เป็นต้น การเลือกใช้น้ำมันเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนจึงต้องควรพิจารณาที่คุณสมบัติต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ช่วงจุดเดือดของน้ำมันแก๊สโซลีน ที่ใช้สำหรับเครื่องยนต์ทั่วไป มีช่วงจุดเดือดระหว่าง 0 – 214 องศาเซลเซียส และน้ำมันแก๊สโซลีนสำหรับเครื่องบินใบพัด มีช่วงจุดเดือดระหว่าง 38 – 170 องศาเซลเซียส

2. ความถ่วงจำเพาะน้ำมันแก๊สโซลีนชนิดพิเศษหรือเบนซินซูเปอร์ จะมีค่าความถ่วงจำเพาะสูงกว่าน้ำมันแก๊สโซลีนธรรมดา เพราะน้ำมันเบนซินชนิดพิเศษต้องมีการเพิ่มสารคุณภาพ เช่น เติมน้ำมันตะกั่วเพื่อเพิ่มค่าออกเทนให้สูงขึ้น โดยทั่วไปที่อุณหภูมิห้อง ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันแก๊สโซลีนชนิดธรรมดามีค่าประมาณ 0.702 และน้ำมันแก๊สโซลีนชนิดพิเศษมีค่าความถ่วงจำเพาะประมาณ 0.743 หรือเทียบเป็นค่าความหนาแน่นก็จะมีค่าอยู่ในช่วง 0.70 – 0.75 กิโลกรัม/ลิตร

3. การกระเหย คือ ความสามารถในการกระเหยตัวของน้ำมันแก๊สโซลีนในภาวะที่กำหนดได้ จึงต้องใช้น้ำมันที่มีค่าการกระเหยเหมาะสมกับสภาพการใช้งาน ถ้าใช้น้ำมันที่มีค่าการกระเหยสูงเกินไป จะมีโอกาสเกิดเวพอร์ล็อก (Vapour lock) ได้ง่ายในระบบเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ แต่ถ้าใช้น้ำมันที่มีค่าการกระเหยต่ำเกินไปก็อาจเป็นผลเสีย คือจะทำให้เกิดน้ำมันเครื่องใส (Crankcase dilution) เป็นต้น



ภาพประกอบ 1 กราฟเปรียบเทียบการระเหยของน้ำมัน 2 ชนิดในฤดูร้อนและฤดูหนาว [5]

จากภาพประกอบ 1 จะเห็นว่า น้ำมันชนิดเดียวกันเมื่อใช้หน้าหนาวจะมีเปอร์เซ็นต์การระเหยตัวสูงกว่า โดยอุณหภูมิเท่ากัน

4. นัมเบอร์ออกเทน (Octane Number) คือ ตัวเลขบอกความต้านทานต่ออุณหภูมิและความดันในการติดไฟ ถ้าความดันและอุณหภูมิสูงเชื้อเพลิงยังไม่ติดไฟ ก็จะเรียกว่าเชื้อเพลิงนั้นมี Octane Number สูงโดยเทียบกับเชื้อเพลิง Iso-octane C_8H_{18} ซึ่งมี Octane No. = 100 และเชื้อเพลิง Normal Heptane C_7H_{16} ซึ่งมี Octane No. = 0 อัตราออกเทนมีหน่วยเป็นออกเทนนัมเบอร์หรือ ON เป็นตัวเลขที่แสดงถึงความสามารถในการต้านทานการน็อกในเครื่องยนต์เมื่อมีการเผาไหม้เกิดขึ้น

5. คราบเหนียวหรือยางเหนียว เป็นสิ่งที่ไม่พึงปรารถนาสำหรับน้ำมันแก๊สโซลีนทุกชนิดเพราะคราบเหนียวเป็นอันตรายต่อระบบทางเดินของน้ำมัน เช่น ตามท่อส่งน้ำมันจาก

ถังเก็บ น้ำมัน ปิมน้ำมันจนถึงคาร์บูเรเตอร์ ซึ่งมีรูเล็ก ๆ สำหรับการไหลของน้ำมันในคาร์บูเรเตอร์ ทำให้วงจรเดินเบาเกิดการอุดตันได้ง่าย สารเพิ่มคุณภาพสำหรับน้ำมันแก๊สโซลีนเพื่อป้องกันการรวมตัวของออกซิเจนกับน้ำมันทำให้เกิดเป็นคราบเหนียว สารที่ใช้อาจเป็นสารพวกอัลคิล ซับสติติวต์ฟีนอล (Alkyl substituted phenols) เช่น น้ำมันเบนซินซูเปอร์ของ ปตท. จะมีคราบเหนียวสูงสุดได้ไม่เกิน 0.005 กรัม/100 มิลลิลิตร หรือไม่เกิน 5 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร คราบเหนียวของน้ำมันแก๊สโซลีนสามารถหาได้จากเครื่องมือทดสอบ

6. แรงดันไอน้ำมัน (Reid vapour pressure; RVP) สำหรับน้ำมันที่ระเหยตัวได้ง่าย จะมีค่าแรงดันไอสูง ค่าแรงดันไอมีผลต่อการติดเครื่องยนต์ ในที่บริเวณซึ่งมีอากาศหนาวจัด น้ำมันแก๊สโซลีนที่ใช้ควรมีค่าแรงดันไอสุงกว่าน้ำมันที่ใช้ในบริเวณที่มีอากาศร้อน สำหรับความดันก็มีผลต่อค่าแรงดันไอด้วย เช่น เครื่องบินต้องบินในระดับความสูงซึ่งมีค่ากำหนดแรงดันของน้ำมันแก๊สโซลีนชนิดต่าง ๆ โดยดูจากตารางคุณสมบัติน้ำมันแก๊สโซลีนของบริษัทผู้ผลิต

7. กำมะถัน โดยปกติแล้วกำมะถันจะมีอยู่ในน้ำมันเกือบทุกชนิด ถึงแม้จะนำมากลั่นและกำจัดกำมะถันออกไปแล้วก็ตาม แต่กำมะถันก็ไม่หมดไปร้อยเปอร์เซ็นต์ อันตรายจากกำมะถันในน้ำมันคือ มันจะกัดกร่อนภาชนะ และในน้ำมันเชื้อเพลิงมีปริมาณกำมะถันมากแล้วเมื่อเชื้อเพลิงนั้นถูกเผาไหม้ก็จะทำให้เกิดออกไซด์ของกำมะถันคือ เกิดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และแก๊สซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) ซึ่งแก๊สเหล่านี้จะสามารถกัดกร่อนพวกโลหะได้ และมีกลิ่นเหม็น เมื่อแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไปผสมกับน้ำก็จะกลายเป็นอันตรายต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ แต่โดยทั่วไปแล้วสำหรับน้ำมันเชื้อเพลิง โดยเฉพาะน้ำมันแก๊สโซลีนจะมีปริมาณกำมะถันน้อยกว่าน้ำมันดีเซลและน้ำมันเตา การทดสอบหาปริมาณกำมะถันในน้ำมันอาจใช้หลักการตามมาตรฐาน ASTM ตัวอย่างเช่น น้ำมันเบนซินสำหรับเครื่องบินใบพัดชนิดหนึ่งของ ปตท. กำหนดปริมาณกำมะถันไม่เกิน 0.05 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก น้ำมันเบนซินซูเปอร์ของปตท. กำหนดปริมาณกำมะถันไม่เกิน 0.20 เปอร์เซ็นต์โดย น้ำหนักน้ำมันเบนซินธรรมดาของปตท. กำหนดปริมาณกำมะถันไม่เกิน 0.20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ความเสียหายที่เกิดจากการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีปริมาณกำมะถันมากเกินไปมีดังนี้ คือ

7.1 ออกไซด์ของกำมะถัน (SO_2 , SO_3) ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ อาจกัดกร่อนโลหะได้

7.2 สารประกอบของกำมะถันบางชนิดมีกลิ่นเหม็น

7.3 กำมะถันในน้ำมันเตาที่ใช้ในอุตสาหกรรมบางอย่าง เช่น โลหะ แก้ว และเครื่องเคลือบ อาจทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้นเสียได้

7.4 แต่ในน้ำมันหล่อลื่นเฟืองเกียร์ที่ได้รับแรงกดสูง (Extreme pressure) กลับเติมสารที่มีกำมะถันผสมเพื่อเพิ่มคุณภาพ

8. ดัชนีด้านการน็อก (Anti – knock index ; AKI) ของน้ำมันแก๊สโซลีนหรือน้ำมันเบนซิน คือ การหาค่าเฉลี่ยของอัตราการน็อกแบบ RON กับ MON คือ $(\text{RON} + \text{MON})/2$ ตัวอย่างเช่น น้ำมันแก๊สโซลีนชนิดหนึ่งมีค่า RON = 91 และค่า MON = 83 ดังนั้นจะมีค่า ดัชนี

ด้านการน็อก หรืออัตราออกเทนเท่ากับ $(91 + 83)/2 = 87$ การแสดงค่าหรือตัวเลขนี้ อาจจะแสดงไว้ตามสถานีบริการน้ำมันเป็นภาพกรอบสี่เหลี่ยม ภายในเขียนตัวเลขแสดงค่าอัตราออกเทน ของน้ำมัน ฯ

หมายเหตุ ค่าอัตราออกเทนของประเทศไทย สำหรับน้ำมันแก๊สโซลีนหรือน้ำมันเบนซินชนิดธรรมดาเท่ากับ 87 RON ใช้เมื่อเดือนกันยายน พ.ศ.2536 มีสารตะกั่วเท่ากับ 0.15 กรัม/ลิตร

9. จุดวาบไฟ (Flash Point) คือ อุณหภูมิที่เชื้อเพลิงสามารถจะให้ไอ และติดไฟวาบขึ้นได้ ซึ่งอุณหภูมิของจุดวาบไฟของน้ำมันแก๊สโซลีนจะอยู่ที่ประมาณ 0 – 45 องศาเซลเซียส

10. จุดติดไฟ (Fire Point) คือ อุณหภูมิที่เชื้อเพลิงสามารถจะให้ไอและติดไฟต่อไปได้เอง จุดติดไฟของน้ำมันแก๊สโซลีนจะอยู่ที่ประมาณ 0 – 50 องศาเซลเซียส

11. ค่าความร้อน (Heating Value) คือ ปริมาณความร้อนที่เชื้อเพลิงให้หลังจากการเผาไหม้ต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนัก ซึ่งอาจหาค่าได้โดย Gas calorimeter หรือ Bomb Calorimeter ก็ได้ ค่าความร้อนที่ทดลองได้จาก Calorimeter จะเป็นค่าความร้อนทางสูง (High heating value) สำหรับในการใช้งานมักจะใช้ค่าความร้อนทางต่ำ (Low Heating Value) มาใช้ ในการคำนวณสำหรับตัวอย่าง น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ที่ใช้ในการทดสอบค่าความร้อนของเชื้อเพลิงทางสูงจะอยู่ที่ 46,397 kJ/kg , ค่าความร้อนทางสูงของบิวทานอลจะอยู่ที่ 36,779 kJ/kg และ ค่าความร้อนของเอทานอลทางสูงจะอยู่ที่ 27,200 kJ/kg

แอลกอฮอล์ (Alcohol) (มนตรี ทวาโรจน์. พ.ศ. 2538 :)

แอลกอฮอล์เป็นเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอนที่ยังมีส่วนของออกซิเจนเหลืออยู่จะไม่รวมอยู่ในน้ำมันดิบ เป็นสารประกอบอิมิตัวมีโครงสร้างเป็นแบบลูกโซ่แบ่งเป็น 4 จำพวก คือ

1. เมทิลแอลกอฮอล์หรือเมทานอล (CH_3OH)
2. เอทิลแอลกอฮอล์หรือเอทานอล ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)
3. โพรพิลแอลกอฮอล์หรือโพรพานอล ($\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$)
4. บิวทิลแอลกอฮอล์หรือบิวทานอล ($\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$)

ประโยชน์ของการนำแอลกอฮอล์มาเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันแก๊สโซลีน

1. ช่วยลดปัญหาการขาดแคลนพลังงานปิโตรเลียม
2. แอลกอฮอล์มีค่าความร้อนแฝงการกลายเป็นไอสูง ทำให้อุณหภูมิของอากาศที่เครื่องยนต์ดูดเข้ามีอุณหภูมิต่ำ จึงทำให้ความหนาแน่นของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงสูงขึ้น
3. แอลกอฮอล์ไม่มีสารตะกั่ว และกำมะถัน จึงเป็นการช่วยลดปัญหาเรื่องมลพิษมลภาวะเป็นพิษกับสิ่งแวดล้อม
4. แอลกอฮอล์ใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ดี มี Octane No. สูง

5. ช่วยลดการขาดดุลการค้า และนำทรัพยากรธรรมชาติมาพัฒนาใช้ให้เกิดความคุ้มค่าและได้ประโยชน์สูงสุด

ข้อดีของบิวทานอล (C_4H_9OH) คือมีค่าความร้อนของเชื้อเพลิง 36,779 kJ/kg ซึ่งมากกว่าเอทานอล (C_2H_5OH) ที่มีค่าความร้อนของเชื้อเพลิง 27,200 kJ/kg และบิวทานอลยังละลายในน้ำมันเชื้อเพลิงได้ดีแต่ละลายน้ำได้ไม่เกิน 10 % (Perry Chemical Handbook)

การทดสอบเครื่องยนต์

ในการปรับปรุง และการผลิตเครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน จำเป็นต้องทดสอบ หลายประการ เพื่อพิสูจน์การออกแบบและเพื่อวัดกำลังงานที่ส่งออก ความประหยัดเชื้อเพลิงตลอดจนคุณสมบัติในการทำงานต่าง ๆ ในขั้นการวิจัยและการปรับปรุง เหตุผลในการทดสอบคือเพื่อหา กำลังของเครื่องยนต์ หาข้อมูลอื่นๆ ที่ไม่สามารถหาได้โดยวิธีการคำนวณ ยืนยันผลในตัวเลข ข้อมูล (Data) ที่สงสัยการออกแบบ สามารถจำแนกประเภทของการทดสอบได้เป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

1. การทดสอบปกติ เป็นการหาผลหรือข้อมูลของเครื่องยนต์ทั่ว ๆ ไป เช่น กำลังม้าสุทธิ การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง การสิ้นเปลืองน้ำมันหล่อลื่น ความสามารถในการรับภาระเกินกำลังที่กำหนดได้มากน้อยเพียงใด การสิ้นเสเหือนของเครื่องยนต์ การทำงานของเครื่องยนต์ปกติหรือไม่ เป็นต้น บางครั้งทำการทดสอบเพื่อยืนยันข้อมูลของผู้ผลิต
2. การทดสอบเครื่องยนต์ใหม่ ซึ่งจะต้องทำการทดสอบ เพื่อดูผลที่เปลี่ยนแปลง การออกแบบ การทดสอบแบบนี้จะดูประสิทธิภาพจากการปรับปรุงเครื่องยนต์ใหม่
3. การทดสอบเพื่อวิเคราะห์ และวิจัย เป็นการทดสอบเพื่อหาตัวเลขข้อมูลที่ สลับซับซ้อนจากทฤษฎี

องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องในการทดสอบ

สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนดังต่อไปนี้

1. กำลังม้าอินดิเคต
2. กำลังม้าเบรค
3. กำลังม้าความฝืด
4. ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง
5. อากาศที่ใช้ในการเผาไหม้
6. อัตราส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิง
7. ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์
8. อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น
9. ความดันและอุณหภูมิของไอดีและไอเสีย

10. จังหวะการจุดระเบิด

กำลังงานอินดิเคต (Indicated power) ; P_i เป็นกำลังงานที่ได้จากการเผาไหม้แล้ว
ถ่ายทอดผ่านลูกสูบ จำเป็นจะต้องสูงกว่ากำลังงานที่เพลาช้อเหวี่ยงเขียนเป็นสมการได้ดังนี้
กำลังงานอินดิเคต = กำลังงานเบรก + กำลังความฝืด

$$P_i = P_b + P_f \quad (2.1)$$

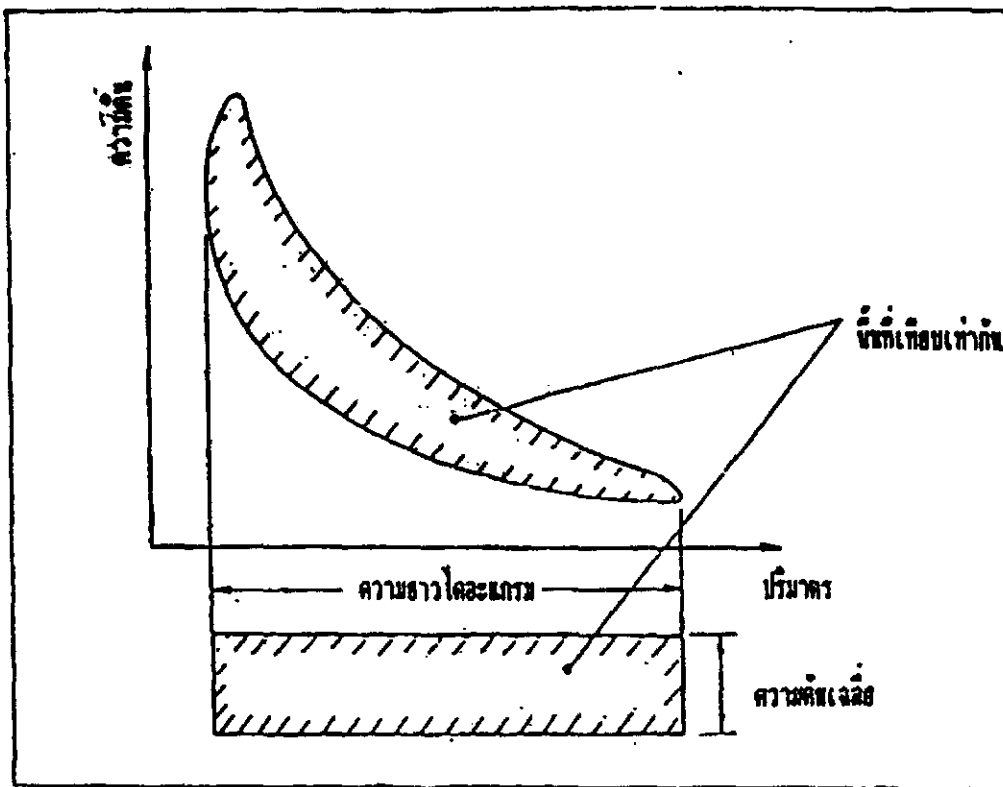
ปกติกำลังม้อินดิเคตหาได้จากแผนภาพ $P - V$ โดยใช้เครื่องชี้บอก (Indicator) ดูภาพประกอบ 2 ในกรณีที่ไม่สามารถวัดกำลังงานอินดิเคตได้โดยตรงก็อาจคำนวณได้โดยการหา กำลังงานเบรกและค่ากำลังงานความฝืดของเครื่องยนต์ (Engine losses) แต่ถ้าหากค่าของแผนภาพเครื่องชี้บอก (Indicator diagram) สามารถหาได้ กำลังอินดิเคตก็สามารถคำนวณได้โดยการวัดพื้นที่ของแผนภาพซึ่งใช้เครื่องมือวัดหาพื้นที่ (ดูรูปที่ 2.1) โดยการแบ่งพื้นที่ของแผนภาพเพื่อหาความดันเฉลี่ยอินดิเคต (Indicated mean effective pressure) ; imep หรือ P_m สามารถนำไปแทนค่าในสูตรเพื่อหาค่ากำลังงานอินดิเคต (P_i) ได้ โดยทั่วไปการคำนวณหาค่าความดันเฉลี่ยอินดิเคต สามารถหาได้จากสมการ

$$\begin{aligned} P_m &= \frac{\text{พื้นที่ของแผนภาพ } P - V \times \text{ความแข็งของสปริง (ค่าคงที่)}}{\text{ความยาวของแผนภาพ}} \\ &= \text{พื้นที่สูงของแผนภาพ } P - V \times \text{ความแข็งของสปริง (ค่าคงที่)} \end{aligned}$$

ถ้าทราบกำลังงานเบรก (P_b) และประสิทธิภาพทางกล (η_{mech}) ของเครื่องยนต์ก็สามารถคำนวณหาความดันเฉลี่ยอินดิเคต

$$\text{imep} = \frac{P_b n \times 60}{\eta_{\text{mech}} L A N K}$$

จากแผนภาพ $P-V$ พื้นที่ที่เทียบเท่าคือความดันเฉลี่ยคูณด้วยความยาวของแผนภาพซึ่งความยาวของแผนภาพจะเท่ากับปริมาตรดูดของลูกสูบและความดันเฉลี่ยจะเป็นสิ่งสำคัญที่บ่งบอกถึงความสามารถในการให้กำลังงานของเครื่องยนต์



ภาพประกอบ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันเทียบกับปริมาตร

จากที่ทราบความดันเฉลี่ยอินดิเคตสามารถคำนวณกำลังงานอินดิเคตได้ ดังนี้

$$\text{แรงที่กระทำต่อหัวลูกสูบ} = P_m \times A$$

$$\text{งานที่ได้ต่อการเคลื่อนของลูกสูบต่อหนึ่งช่วงระยะชัก} = P_m \times A \times L \times K$$

$$\text{งานที่ได้ต่อนาที} = P_m \times A \times L \times K \times N / n$$

$$P_i = \frac{P_m A L N K}{60n} \quad (2.2)$$

$$\text{ดังนั้น IHP} = \frac{P_m A L N K}{60 \times 746n} \quad (2.3)$$

ในกรณีเครื่องยนต์ 4 จังหวะ $n = 2$

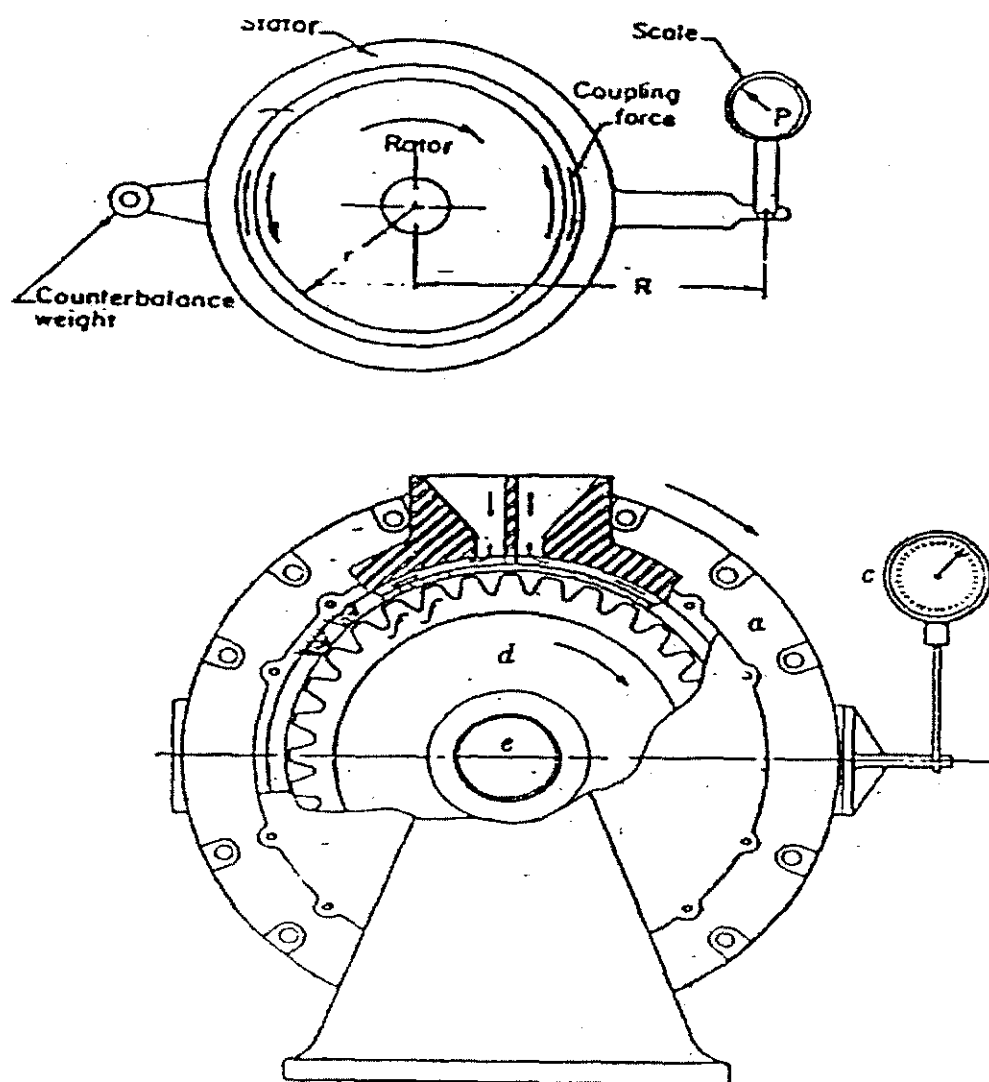
ในกรณีเครื่องยนต์ 2 จังหวะ $n = 1$

เมื่อ P_i = กำลังงานอินดิเคต ; W

P_m = ความดันอินดิเคต ; N/m^2

- A = พื้นที่ของหัวลูกสูบ หรือ พื้นที่แผนภาพ $P - V$; m^2
 L = ความยาวช่วงชัก หรือ ความยาวแผนภาพ $P - V$; m
 N = จำนวนรอบของเครื่องยนต์ ; RPM
 IHP = กำลังม้าอินดิเคต (Indicated horse power) ; hp
 K = จำนวนลูกสูบ

กำลังงานเบรก (Brake power ; P_b) เป็นตัวประกอบที่สำคัญที่สุดในสมรรถนะของเครื่องยนต์ คือ กำลังที่ส่งออกจริง ๆ ที่ปลายเพลาชักเหวี่ยงสำหรับทำงานหรือกำลังงานเพลาเป็นการวัดบนเบรก ในปัจจุบันทำการวัดโดยใช้เบรกหรือไดนาโมมิเตอร์ (Brakes or Dynamometers) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ดูดซับกำลังงานเอาไว้ และสามารถแสดงผลออกมาในรูปของแรงบิด (Torque)



ภาพประกอบ 3 เครื่องมือวัดแรงบิดเครื่องยนต์

การคำนวณหาค่ากำลังงานเบรก (Brake power)

จากสมการ งาน = แรง x ระยะทาง

งานจากการหมุน 1 รอบของไดนาโมมิเตอร์ = $2\pi rw$

เมื่อ w คือ น้ำหนักที่ใช้ถ่วงปลายคาน ; N

$2\pi r$ คือ ระยะการหมุน 1 รอบ ; m

แต่ $T = wr$

ดังนั้น งาน = $2\pi T$

ถ้าเครื่องยนต์หมุน N รอบ

งานต่อนาที = $2\pi TN$

$$P_b = \frac{2\pi TN}{60} \quad (2.4)$$

$$\text{ดังนั้น BHP} = \frac{2\pi TN}{60 \times 746} \quad (2.5)$$

เมื่อ T = แรงบิด (Torque) ของเครื่องยนต์ ; N.m

N = ความเร็วรอบเครื่องยนต์ ; RPM

r = รัศมีจากกึ่งกลางของไดนาโมมิเตอร์กับน้ำหนักแขวน ; m

w = น้ำหนักที่ถ่วงไว้ที่ปลาย ; N

BHP = กำลังม้าเบรก (Brake horse power) ; hp

P_b = กำลังงานเบรก ; W

หรืออาจหาค่ากำลังงานเบรกได้จาก

$$P_b = P_i - P_f \quad (2.6)$$

สำหรับการหาค่าความดันเบรกเฉลี่ย (Brake mean effective pressure หรือ bmep)

เนื่องจาก P_b จะสามารถวัดได้จากไดนาโมมิเตอร์ ดังนั้นความดันเบรกจะหาได้จาก

$$\text{bmep} = \frac{P_b n \times 60}{LANK} \quad (2.7)$$

เมื่อ L = ระยะชักของลูกสูบ ; m

A = พื้นที่หัวลูกสูบ ; m^2

N = ความเร็วรอบ ; RPM

K = จำนวนลูกสูบ

N = number of revolution per cycle

กำลังงานความฝืด (Friction power ; P_f) เป็นกำลังจากความฝืดระหว่างชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่เป็นกำลังที่ไม่ต้องการ ถ้าการเผาไหม้ถูกต้อง การเพิ่มกำลังงานความฝืดทำให้กำลังงานเบรกลดลง ดังนั้นในการวัดค่ากำลังงานความฝืดจึงควรกระทำเนื่องจากเป็นการวัดกำลังที่ใช้ไปในการขับเคลื่อนยนต์ ในเครื่องยนต์ที่หาค่ากำลังงานอินดิเคเตอร์จากอินดิเคเตอร์ไดอะแกรม และกำลังงานเบรกวัดโดยใช้เบรกหรือไดนาโมมิเตอร์ความแตกต่างของกำลังม้าทั้งสองนี้คือ กำลังงานความฝืดในเครื่องยนต์ความเร็วสูงซึ่งไม่สามารถใช้อินดิเคเตอร์ไดนาโมโดยตรง กำลังงานความฝืดหาได้หลายวิธีดังนี้

1. วิธีมอร์ส (Morse testing) วิธีนี้นิยมใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลและแก๊สโซลีนหลาย ๆ สูบวิธีการทดสอบทำได้โดยเดินเครื่องยนต์ให้ความเร็วรอบคงที่ที่ความเร็วหนึ่งแล้วจดค่าแรงบิดไว้ จากนั้นดับสูบใดสูบหนึ่งแล้วเร่งเครื่องยนต์ให้ความเร็วรอบเท่าเดิมจดค่าแรงบิดไว้ ผลต่างของแรงบิดที่อ่านได้นำไปคำนวณหากำลังงาน กำลังงานที่ได้คือ กำลังงานความฝืดของสูบที่ดับ ในทำนองเดียวกันก็ดับสูบอื่น ๆ ต่อไป แล้วนำกำลังงานความฝืดทุกสูบมารวมกัน ก็จะได้กำลังงานความฝืดทั้งหมดของเครื่องยนต์

2. วิธีขับด้วยมอเตอร์ (Motoring Testing) วิธีนี้ใช้ไดนาโมที่ทำหน้าที่เป็นทั้งมอเตอร์ (Motor) และเจนเนอเรเตอร์ (Generator) ได้มาขับเครื่องยนต์ที่ได้ผ่านการติดเครื่อง (Warm-up) แล้วให้หมุน กำลังของมอเตอร์ที่ใช้ก็คือกำลังงานความฝืดของเครื่องยนต์ทั้งเครื่อง กำลังงานของมอเตอร์สามารถคำนวณจากแรงเคลื่อนไฟฟ้า (Voltage) คูณด้วยกระแส (Ampere)

3. วิธีอินดิเคเตอร์ไดอะแกรม (Indicator diagram testing) วิธีนี้จะสามารถหาความดันเฉลี่ยอินดิเคเตอร์ (imep) จากรูปพีวีไดอะแกรม และนำความดันเฉลี่ยอินดิเคเตอร์ไปคำนวณหากำลังงานอินดิเคเตอร์ (P_i) ได้ กำลังงานความฝืด (P_f) ก็สามารถหาได้จากกำลังงานอินดิเคเตอร์ (P_i) ลบกำลังงานเบรค (P_b) ดังสมการ

$$P_f = P_i - P_b \quad (2.8)$$

$$\text{และ } fmep = imep - bmep \quad (2.9)$$

ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (Fuel consumption ; $\dot{m}_f$)

ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง จะเป็นสิ่งที่ช่วยชี้ให้เห็นถึงสมรรถนะของเครื่องยนต์แต่ละเครื่องได้การเปรียบเทียบความสามารถการผลิตกำลังส่งออกของเครื่องยนต์ที่ได้จากเชื้อเพลิงที่ใช้ไปจำนวนหนึ่ง ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงได้ถูกกำหนดให้เป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำมัน

เชื้อเพลิงที่ใช้ไปต่อช่วงเวลาหนึ่ง ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี

$$\begin{aligned}\dot{m}_f &= m_f / t \\ &= \frac{g \times cc \times kg \times 3,600}{cc \times s \times 1,000 g \times hr}\end{aligned}\quad (2.10)$$

$$\dot{m}_f = 3.6 \times V_f \times \rho_f / t \quad (2.11)$$

ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสามารถเรียกได้อีกชื่อหนึ่งว่า ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (Specific fuel consumption ; sfc) ซึ่งหมายถึงปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อกำลังงานที่เครื่องยนต์ผลิตได้ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กรณี คือ

1. ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะอินดิเคต (Indicated specific fuel consumption; isfc) สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$isfc = \dot{m}_f / P_i \quad (2.12)$$

2. ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (Brake specific fuel consumption ; bsfc) สามารถคำนวณจากสูตร

$$bsfc = \dot{m}_f / P_b \quad (2.13)$$

อากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ (Air for using combustion)

อากาศที่ใช้ในการเผาไหม้จะไหลผ่านท่อกลม (Tube) เข้าสู่กระบอกสูบเครื่องยนต์ทางลิ้น ไอติ ที่ท่อกลมจะมีอุปกรณ์วัดปริมาตรอากาศที่เรียกว่า ควอนโตมิเตอร์ (Quantometer) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำงานโดยอาศัยอากาศไหลมากระทบใบพัดให้หมุน แล้วเกิดสัญญาณทางไฟฟ้าส่งไปที่หน้าปัด ทำให้สามารถอ่านค่าปริมาตรที่ใช้ต่อเวลาได้โดยตรง

หรือสามารถหาปริมาตรอากาศที่เครื่องยนต์ใช้ได้โดยการติดตั้งถังลมที่ท่อไอติ ก่อนถึงเครื่องยนต์ ปลายด้านหนึ่งต่อเข้ากับเครื่องยนต์ และปลายอีกด้านหนึ่งปล่อยอิสระซึ่งติดตั้งออริฟิค (Orifice) ไว้ ขนาดของออริฟิคและถังลมจะต้องเหมาะสมกับขนาดความจุของเครื่องยนต์ ที่ถังลมจะติดตั้งมาโนมิเตอร์แบบยูทิว (U-tube manometer) เพื่อสำหรับอ่านค่าความแตกต่างของความดัน ในมาโนมิเตอร์นิยมใส่น้ำ ปริมาตรการไหลของอากาศสามารถหาได้จากสมการเบอร์นูลลี (Bernoulli's equation) ดังต่อไปนี้

$$\dot{Q} = C_d \times A \times V \quad (2.14)$$

$$V = \sqrt{2(P_1 - P_2) / \rho_a} \quad (2.15)$$

เมื่อ C_d = สัมประสิทธิ์ในการไหล (Coefficient of discharge)

$$\begin{aligned}
&= \frac{\text{อัตราการไหลจริง (Actual discharge)}}{\text{อัตราการไหลทางทฤษฎี (Theoretical discharge)}} \\
&= C_c \times C_v \\
&= 0.61 \quad \text{for sharp edged}
\end{aligned} \tag{2.16}$$

$$\begin{aligned}
P_1 - P_2 &= \text{ความแตกต่างของความดัน (N/m}^2\text{) มักจะอยู่ในรูปความสูงของลำน้ำ} \\
P_1 - P_2 &= h_w \times \rho_w \times g / 1,000
\end{aligned} \tag{2.17}$$

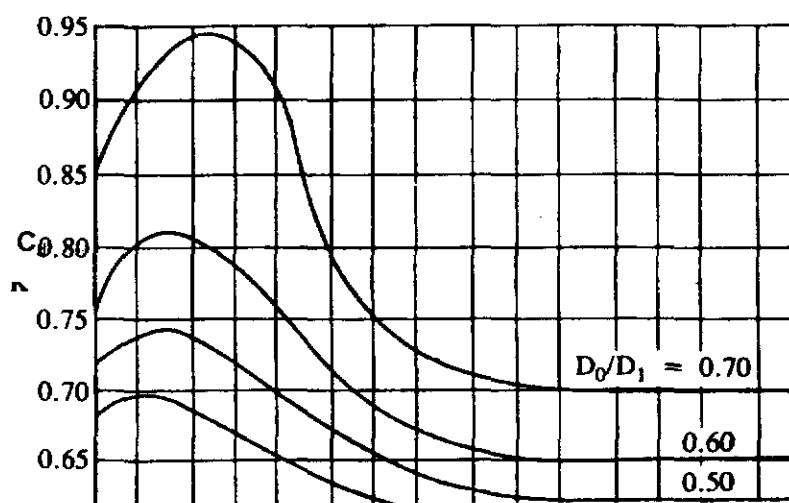
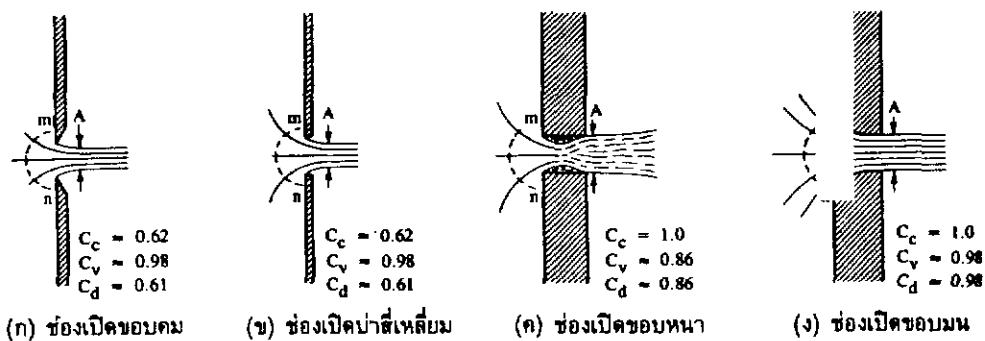
นำสมการที่ (2.17) แทนลงในสมการที่ (2.15) แล้วแทนใน (2.14) จะได้

$$\dot{Q} = C_d A \sqrt{2g\rho_w h_w / 1,000\rho_a} \tag{2.18}$$

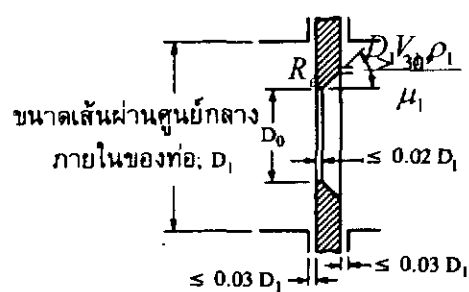
ถ้าความดันบรรยากาศอยู่ในรูปความสูงของลำปรอท (mm of Hg) สามารถเขียนสมการ (2.18) ใหม่ได้ดังนี้

$$\dot{Q} = C_d A \sqrt{2h_w RT_o / 13.6h_{Hg}} \tag{2.19}$$

$$\text{และ } \dot{m}_a = C_d A \rho_a \sqrt{2h_w RT_o / 13.6h_{Hg}} \tag{2.20}$$



ค่าเรโนลด์นัมเบอร์จากขนาดของท่อ
 ค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์จากขนาดของท่อทางด้านเข้าหัวฉีด



$$Q = C_d A_0 \sqrt{2gh}$$

$$h = \Delta(z + p / \gamma)$$

ภาพประกอบ 4 ออร์ฟิคและกราฟที่ใช้ในการหาค่า C_d

อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (Air – fuel ration ; A/F)

การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ จะสมบูรณ์เพียงใดขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ระยะเวลาในการเผาไหม้ ลักษณะของเชื้อเพลิงที่ใช้ คุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง และอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$A/F = \frac{\text{ปริมาณอากาศที่เข้าสู่กระบอกสูบ (kg/s)}}{\text{ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ (kg/s)}}$$

$$A/F = \dot{m}_a / \dot{m}_f \quad (2.21)$$

และอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศ (F/A)

$$F/A = \dot{m}_f / \dot{m}_a = 1/(A/F) \quad (2.22)$$

เมื่อ A/F = อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (Air – fuel ratio)

ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์

1. ประสิทธิภาพทางกล (Mechanical efficiency ; η_{mech})

ประสิทธิภาพทางกลคืออัตราส่วนของกำลังงานเบรคที่ส่งออกของเครื่องยนต์ กับกำลังงานอินดิเคเตอร์ที่เครื่องยนต์ผลิตขึ้นมา สำหรับกำลังส่งออกที่ให้ประสิทธิภาพทางกลยิ่งสูง การประหยัดเชื้อเพลิงยิ่งดี และจำนวนเปอร์เซ็นต์ของความร้อนที่ปลดปล่อย ซึ่งคงอยู่ในเครื่องยนต์ที่จะทำให้เกิดข้อขัดข้องของการระบายความร้อนและการทำงานจะยิ่งน้อยลง ข้อขัดข้องเครื่องยนต์จะเพิ่มขึ้นตามเปอร์เซ็นต์ของความร้อนที่ไม่ได้เปลี่ยนเป็นพลังงาน จะหาได้จากสมการ

$$\eta_{mech} = \frac{p_b}{p_i} \times 100\% = \frac{BHP}{IHP} \times 100\%$$

2. ประสิทธิภาพทางปริมาตร (Volumetric efficiency ; η_{vol})

ประสิทธิภาพทางปริมาตร คือ อัตราส่วนของปริมาตรของอากาศที่เข้ามาในกระบอกสูบของเครื่องยนต์จริง ๆ กับ ปริมาตรที่ถูกสูบแทนที่ (ปริมาตรของอากาศทางทฤษฎี)

$$\eta_{vol} = \frac{\text{ปริมาตรอากาศที่ดูดได้จริง (m}^3\text{/s)}}{\text{ปริมาตรอากาศทางทฤษฎี (m}^3\text{/s)}} \quad (2.23)$$

$$= \frac{\dot{V}_a}{\dot{V}_d} \times 100\% \quad (2.24)$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\dot{m}_a}{\rho_a \dot{V}_d} \times 100\% \\
 &= \frac{\eta \dot{m}_a}{\rho_a \dot{V}_d} \times 100\% \quad (2.25)
 \end{aligned}$$

เมื่อ $\dot{V}_a$ = ปริมาตรอากาศที่ดูดได้จริง ; m^3/s

$$\dot{V}_d = \frac{\pi D^2 L N K}{240 n} ; \text{m}^3/\text{s}$$

n = number of revolution per cycle

= 1 (สำหรับ 2 จังหวะ) หรือ 2 (สำหรับ 4 จังหวะ)

3. ประสิทธิภาพทางความร้อน (Thermal efficiency ; η_{th}) เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่า เครื่องยนต์ก็คือ เครื่องมือที่เปลี่ยนพลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงมาเป็นพลังงาน ประสิทธิภาพจะเป็นตัวชี้ให้ทราบว่าเครื่องยนต์มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานกลได้มากน้อยเพียงใด ประสิทธิภาพทางความร้อนจำแนกได้ 2 ชนิด คือ

3.1 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนอินดิเคต (Indicated thermal efficiency ; η_{ith}) สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\eta_{ith} = \left[P_i / (\dot{m}_f \times \text{HHV}) \right] \times 100\% \quad (2.26)$$

$$= 100 / (\text{isfc} \times \text{HHV}) \quad (2.27)$$

3.2 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก (Brake thermal efficiency ; η_{bth}) สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\eta_{bth} = \left[P_b / (\dot{m}_f \times \text{HHV}) \right] \times 100\% \quad (2.28)$$

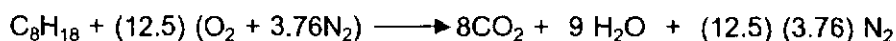
$$\text{และ } \eta_{bth} = 100 / (\text{bsfc} \times \text{HHV}) \quad (2.29)$$

เมื่อ HHV = ค่าความร้อนทางสูงของเชื้อเพลิง ; kJ/kg

$\dot{m}_f$ = ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ ; kg/s

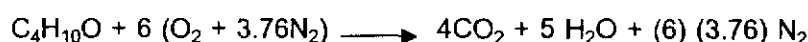
สมการการเผาไหม้ (Complete combustion equation for fuel or Stoichiometric combustion) สมการการเผาไหม้สามารถที่จะคำนวณหาอัตราส่วนระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้อย่างถูกต้องได้ (Stoichiometric combustion) และยังสามารถบอกส่วนประกอบต่าง ๆ ของไอเสียได้ สมการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิง ได้แก่

1. สมการการเผาไหม้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 (C_8H_{18})



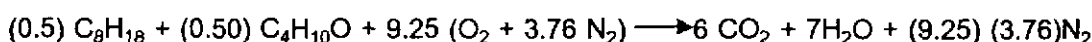
$$\begin{aligned} \text{อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (A/F)} &= \frac{12.5 \times 4.76 \times 28.97}{114} \\ &= 15.12 \text{ kg}_{\text{air}}/\text{kg}_{\text{fuel}} \end{aligned}$$

2. สมการการเผาไหม้บิวทานอล ($C_4H_{10}O$)



$$\begin{aligned} \text{อัตราส่วนอากาศต่อบิวทานอล (A/F)} &= \frac{6 \times 4.76 \times 28.97}{74} \\ &= 11.18 \text{ kg}_{\text{air}}/\text{kg}_{\text{fuel}} \end{aligned}$$

3. สมการการเผาไหม้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 (C_8H_{18}) ผสมบิวทานอล ($C_4H_{10}O$) ในอัตราส่วน 50 : 50 โดยปริมาตร



$$\begin{aligned} \text{อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (A/F)} &= \frac{9.25 \times 4.76 \times 28.97}{(0.5 \times 114) + (0.5 \times 74)} \\ &= 13.57 \text{ kg}_{\text{air}}/\text{kg}_{\text{fuel}} \end{aligned}$$

เมื่อ 28.97 หมายถึง น้ำหนักโมเลกุลของอากาศ (kg/kmole)

การสมดุลความร้อน (Heat balance)

การหาค่าความร้อนที่ให้แก่เครื่องยนต์ โดยคิดจากค่าความร้อนของเชื้อเพลิงที่ส่งเข้าไปเผาไหม้ กับความร้อนที่เปลี่ยนเป็นงานและความร้อนที่สูญเสียทั้งหมด ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

เชื้อเพลิงที่ส่งเข้าไปเผาไหม้ = งานที่ได้จากเครื่องยนต์ + ความร้อนที่สูญเสียทั้งหมด
จากสมการชี้ว่าสามารถวิเคราะห์ความร้อนที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

1. ความร้อนที่ส่งเข้าไป ($\dot{Q}_f$)

ความร้อนที่ส่งเข้าไปให้เครื่องยนต์ จะคำนวณได้เมื่อรู้ค่าความร้อนและน้ำหนักของเชื้อเพลิง โดยนำค่าความร้อนมาคูณกับน้ำหนักของเชื้อเพลิง ในกรณีที่เป็นเชื้อเพลิง และจะต้องรู้ค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) ของเชื้อเพลิงด้วย ซึ่งเมื่อนำค่าความ

ถ่วงจำเพาะไปคูณกับปริมาตรของเชื้อเพลิงก็จะได้น้ำหนักของเชื้อเพลิง ในกรณีที่เป็นแก๊ส จะต้องรู้อุณหภูมิและความดันเพราะอุณหภูมิและความดันมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรของแก๊ส ดังนั้นจะต้องแปลงปริมาตรของแก๊สให้เป็นค่าปริมาตรที่ความดันและอุณหภูมิปกติ (NTP ; Normal temperature and pressure นั่นคือ ที่อุณหภูมิ 0°C และความดัน 1.033 kg/cm²) และเมื่อรู้ค่าความร้อนต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรก็นำค่าความร้อนของเชื้อเพลิงคูณกับปริมาตรของเชื้อเพลิงก็จะได้ค่าปริมาณความร้อนที่ส่งเข้าไป ดังสมการต่อไปนี้

$$\dot{Q}_f = \dot{m}_f \times \text{HHV} \quad (2.30)$$

เมื่อ $\dot{Q}_f$ = ความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ; kJ

$\dot{m}_f$ = อัตราการไหลเชิงมวลของเชื้อเพลิง ; kg/s

HHV = ค่าความร้อนเชื้อเพลิง/มวล ; kJ/kg

2. ความร้อนที่เปลี่ยนไปเป็นกำลังงานเบรก ($\dot{Q}_b$) เป็นพลังงานความร้อนที่เปลี่ยนเป็นกำลังงานกลที่นำไปใช้งานโดยตรง สามารถหาได้จากสมการ

$$\dot{Q}_b = 2\pi TN/60 = P_b \quad (2.31)$$

$$\text{หรือ } \dot{Q}_b = \frac{P_b}{J} \quad (2.32)$$

เมื่อ T = แรงบิดเครื่องยนต์ ; kN.m

N = ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ; RPM

J = คีอค่าคงที่ของจูล

3. ความร้อนที่พาไปกับแก๊สไอเสีย ($\dot{Q}_e$) การคำนวณหาปริมาณความร้อนจากแก๊สไอเสีย สามารถหาได้จากสมการ

$$\dot{Q}_e = \dot{m}_e C_{pe} (T_e - T_a) \quad (2.33)$$

เมื่อ $\dot{m}_e$ = อัตราการไหลเชิงมวลของไอเสีย ; kg/s

C_{pe} = ค่าความร้อนจำเพาะของไอเสีย ; kJ/kg.K

T_e = อุณหภูมิไอเสียด้านทางออกจากเครื่องยนต์ ; K

T_a = อุณหภูมิอากาศที่เข้าเครื่องยนต์ ; K

$$\text{หรือ } \dot{Q}_e = [(\dot{m}_a + \rho_f \dot{V}_f) C_p T_e] - [\dot{m}_a C_p T_a] \quad (2.34)$$

ทั้งนี้สมมติว่า Specific heat ของไอเสียซึ่งประกอบด้วยมวลของอากาศที่เข้าและมวลของเชื้อเพลิงรวมกันนั้นมีค่าเป็นอย่างเดียวกันกับอากาศ ซึ่งไม่ถูกต้องนักแต่เพื่อให้ความสะดวกในการทดลองจึงใช้ specific heat ของไอเสียมีค่าเท่ากับ Specific heat ของอากาศ

ดังนั้นการวัดให้ละเอียดต้องอาศัยอุปกรณ์ Exhaust calorimeter ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำให้ ไอเสียอุณหภูมิสูงไปทำให้เย็นลงไปผ่าน Heat exchanger โดยใช้ น้ำเป็นตัวทำความร้อน ซึ่งหาความร้อนที่ถูกพาไปกับแก๊สไอเสียได้ดังนี้

$$\dot{Q}_e = [4.187 \dot{m}_{H_2O} (T_{out} - T_{in})] + [(\dot{m}_a + \rho_f \dot{V}_f) C_p T_e] - [\dot{m}_a C_p T_a] \quad (2.35)$$

เมื่อ $\dot{m}_{H_2O}$ = อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำผ่าน Calorimeter ; kg/s

$\dot{m}_a$ = อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ ; kg/s

T_{in}, T_{out} = อุณหภูมิของน้ำด้านเข้าและด้านออก ; K

T_e = อุณหภูมิของไอเสียที่ออกจาก Calorimeter ; K

$\rho_f \dot{V}_f$ = $\dot{m}_f$; kg/s

4. ความร้อนที่สูญเสียไปกับน้ำหล่อเย็น (Heat lost to cooling water; $\dot{Q}_w$)

การควบคุมอุณหภูมิของเครื่องยนต์จะต้องเสียความร้อนไปส่วนหนึ่ง ซึ่งหาได้จากมวลของน้ำหล่อเย็นคูณกับค่าความร้อนจำเพาะและอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นที่เปลี่ยนแปลงสามารถเขียนสมการได้

$$\dot{Q}_w = \dot{m}_w C_{pw} (T_{wo} - T_{wi}) \quad (2.36)$$

เมื่อ $\dot{m}_w$ = อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำหล่อเย็น ; kg/s

C_{pw} = ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำหล่อเย็น ; kJ/kg.K

T_{wo} = อุณหภูมิของน้ำออกจากเครื่องยนต์ ; K

T_{wi} = อุณหภูมิของน้ำด้านเข้าเครื่องยนต์ ; K

5. ความร้อนที่สูญเสียไปในด้านอื่น ๆ (Heat lost to another ways ; $\dot{Q}_a$)

พลังงานความร้อนที่สูญเสียไปในส่วนอื่น ๆ เราไม่สามารถคำนวณหาโดยตรงได้ แต่อาจสามารถคำนวณหาโดยทางอ้อมได้จากสมการ

$$\dot{Q}_a = \dot{Q}_f - \dot{Q}_b - \dot{Q}_e - \dot{Q}_w \quad (2.37)$$

เมื่อ $\dot{Q}_f$ = ความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง

$\dot{Q}_b$ = ความร้อนที่เปลี่ยนเป็นกำลังงานเบรค

$\dot{Q}_e$ = ความร้อนที่ถูกพาไปกับแก๊สไอเสีย

$\dot{Q}_w$ = ความร้อนที่สูญเสียไปกับน้ำหล่อเย็น

บทที่ 3

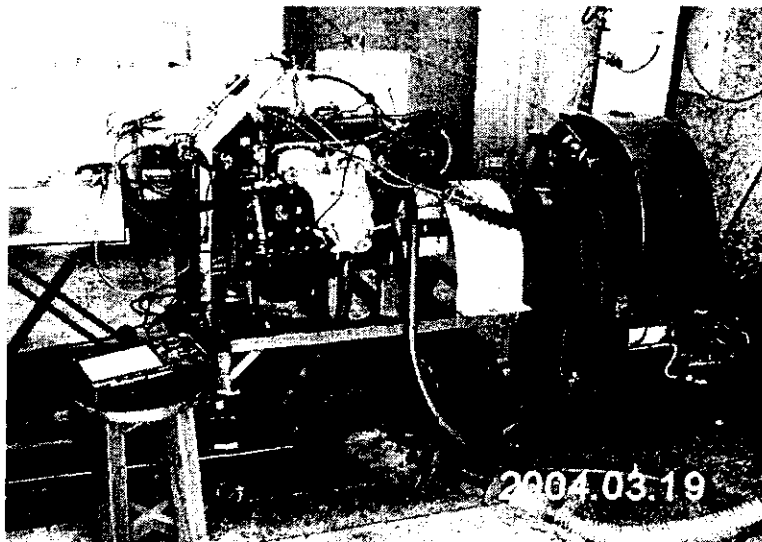
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์การทดลองที่ใช้ในการวิจัย เรื่องการศึกษาศมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้บิวทานอลเป็นส่วนผสมของเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ได้ติดตั้งอยู่ที่ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์) และเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบเป็นเครื่องยนต์ที่ใช้กันแพร่หลายในประเทศไทย คือ เครื่องยนต์แก๊สโซลีนยี่ห้อโตโยต้า โดยมีรายละเอียดการจัดวางเครื่องยนต์ และอุปกรณ์การทดลองต่าง ๆ ในการทำวิจัยดังต่อไปนี้

อุปกรณ์การทดลอง

เครื่องยนต์แก๊สโซลีน (Gasoline engine)

เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบเป็นเครื่องยนต์ยี่ห้อโตโยต้า ที่มีสภาพพร้อมที่จะใช้งานประมาณ 70 – 80 % โดยมีข้อมูลทางเทคนิคต่าง ๆ ดังต่อไปนี้



ภาพประกอบ 5 เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ

เครื่องยนต์ / รุ่น โตโยต้า /2E

ขนาดกระบอกสูบ 73 mm.

ความจุกระบอกสูบ 1,295 cc.

กำลังงานสูงสุด 55 kW ที่ 6,200 RPM

แรงอัดสูงสุด 13 bar (191ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)

แบบเครื่องยนต์ 4 สูบ 4 จังหวะ (เรียงแนวตั้ง)

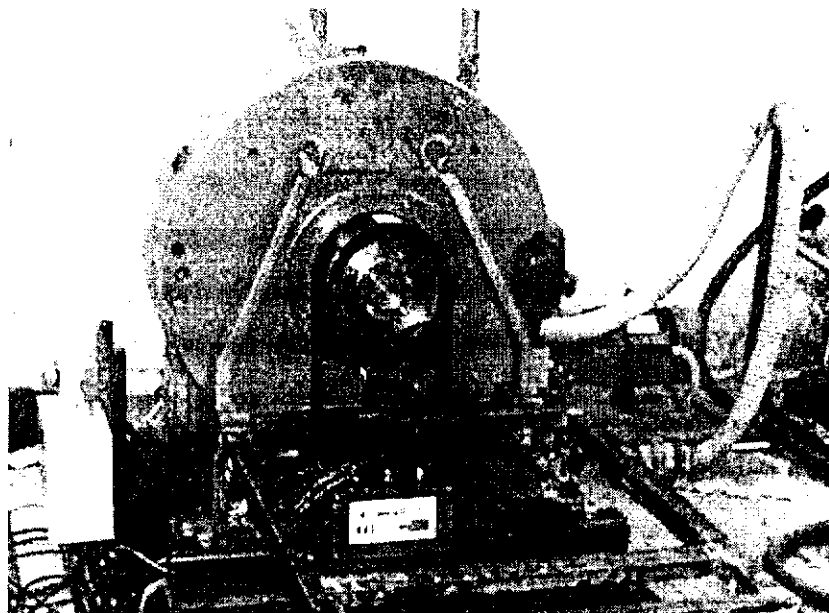
ระยะชัก 77.4 mm.

อัตราส่วนการอัด 9 ต่อ 1

แรงบิดสูงสุด 101 N.m ที่ 4,200 RPM

ไดนาโมมิเตอร์ (Dynamometer)

ไดนาโมมิเตอร์ ที่ใช้ในการทดสอบหาค่าแรงบิดเครื่องยนต์ แบบใช้กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Eddy current dynamometer) โดยใช้หลักการนำพลังงานไฟฟ้ามาเป็นตัวเบรกเครื่องยนต์ ซึ่งเหมาะที่จะนำมาใช้ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องยนต์ และงานตรวจสอบคุณภาพเครื่องยนต์ใน โรงงานอุตสาหกรรมรถยนต์ จุดเด่นของไดนาโมมิเตอร์ ก็คือ การออกแบบทางด้านโครงสร้าง โดยมีโรเตอร์เป็นรูปจาน (Disc type rotor) และมีสนามแม่เหล็กอยู่ในแนวแกน ซึ่งโครงสร้างแบบนี้จะมีโมเมนต์แรงเฉื่อย (Moment of inertia) ต่ำทำให้มีการตอบสนอง (Response) ที่ดีกว่า และมีการขยายตัวทางด้านความร้อน (Thermal expansion) ของช่องแคบระหว่างโรเตอร์ (Rotor) และสเตเตอร์ (Stator) ที่ต่ำกว่า นอกจากนี้แล้วในระบบการวัดค่าแรงบิดยังใช้โหลดเซลล์ (Load cell) ประกอบกับเครื่องแสดงผลแบบตัวเลข (Digital indicator) ซึ่งเป็นวิวัฒนาการอันใหม่ที่น่าสนใจมาแทนระบบคานทดสอบหรือแบบสปริง การให้ค่าแรงบิดถูกต้องแม่นยำมาก การบำรุงรักษาง่าย และอายุการใช้งานยืนนาน

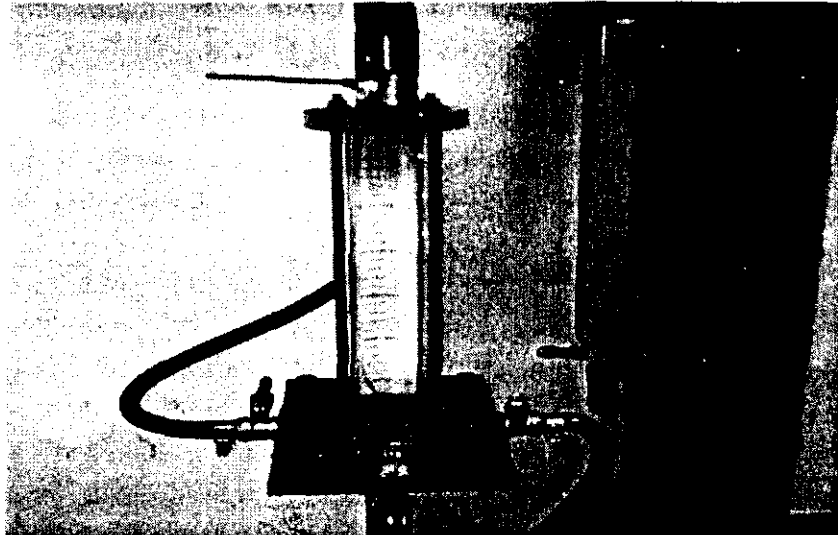


ภาพประกอบ 6 ไดนาโมมิเตอร์แบบใช้กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

เครื่องมือวัดความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel consumption gauge)

การวัดความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ สามารถหาได้จากปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อหนึ่งหน่วยเวลา เครื่องมือวัดความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ เป็นประเภทหลอดแก้วธรรมดา (Burette Flowmeter) ประเภทนี้น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้จะมีปริมาณตามขนาดของกระเปาะหลอดแก้วที่สร้าง เช่น 50, 60, 100 และ 200 cc การใช้งาน

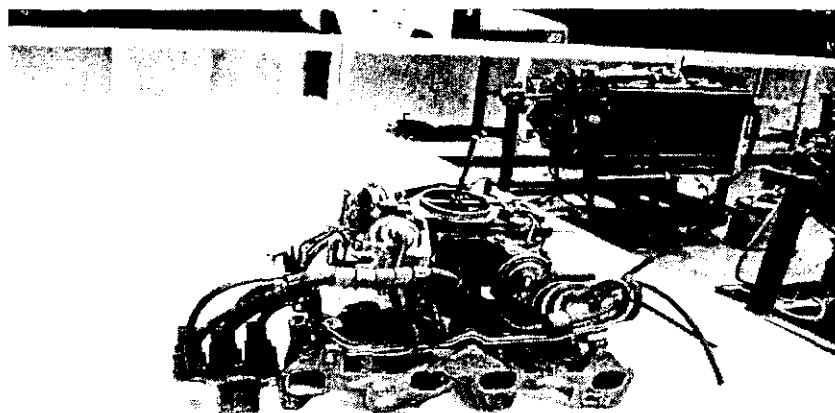
จะเลือกปิด-เปิดก๊อกตามที่ต้องการเช่น ต้องการจะใช้กระเปาะ 60 cc ก็ต้องปิดก๊อกทางเดินน้ำมันเชื้อเพลิงที่ไหลออกจากกระเปาะ 50 ,100 และ 200 cc



ภาพประกอบ 7 หลอดแก้ววัดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงแบบธรรมดา

คาร์บูเรเตอร์ (Carburetor)

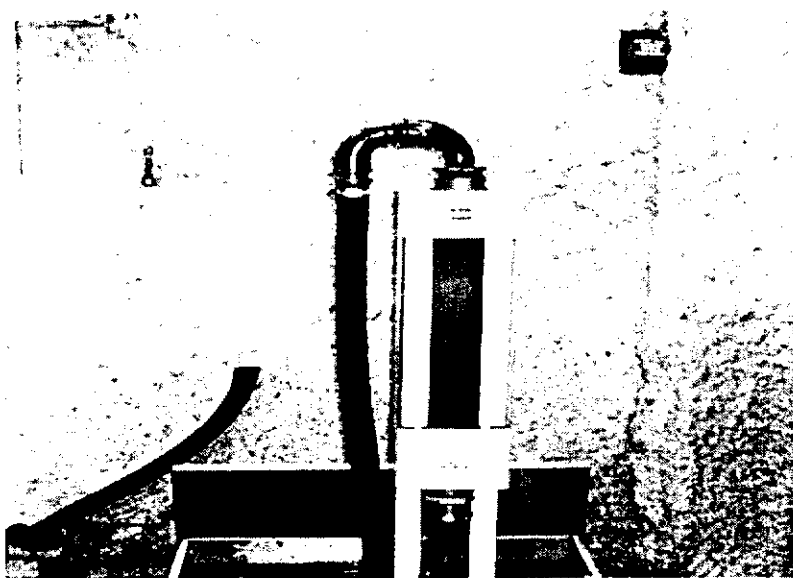
ลักษณะเป็นคาร์บูเรเตอร์ที่มีคอขวดเดี่ยวแบบดูลง ปริมาณอากาศที่ถูกดูดเข้าสู่เครื่องยนต์จะถูกควบคุมด้วยลิ้นปีกผีเสื้อ เมื่อต้องการเร่งเครื่องยนต์ก็จะเปิดลิ้นปีกผีเสื้อให้กว้างมากขึ้น และเมื่อต้องการดับเครื่องยนต์ก็จะปิดลิ้นปีกผีเสื้อ ขนาดคอขวดของคาร์บูเรเตอร์จะต้องมีการคำนวณให้เหมาะสมกับปริมาณอากาศที่เครื่องยนต์ต้องการ



ภาพประกอบ 8 คาร์บูเรเตอร์ที่ใช้ในการติดตั้ง

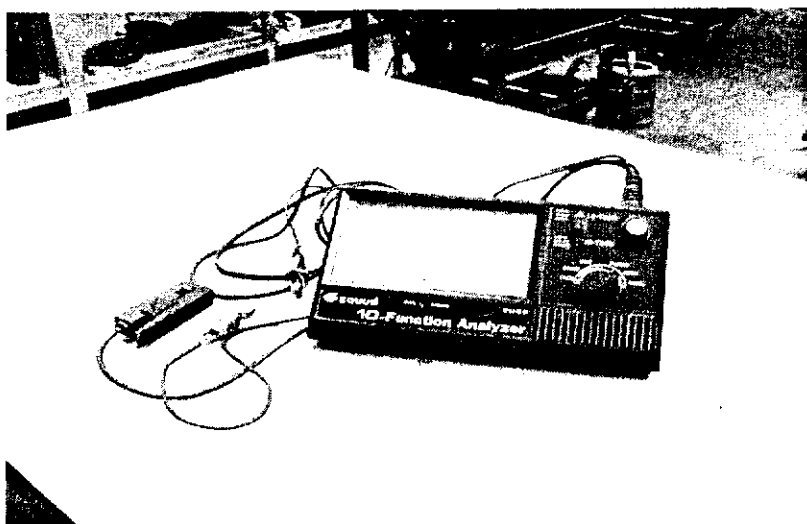
อุปกรณ์วัดอัตราการไหลน้ำหล่อเย็น

เป็นอุปกรณ์แบบหลอดแก้วภายในบรรจุลูกกลอยที่มีความต่งจำเพาะน้อยกว่าน้ำที่หลอดแก้วจะมีสเกลบอกปริมาณน้ำหล่อเย็นที่หมุนเวียนในเครื่องยนต์ ใช้วัดปริมาณน้ำที่ระบายความร้อนของเครื่องยนต์ ในที่นี้ใช้ Rotameter 2000 เป็นแบบปริมาตรของน้ำที่ไหลผ่านตั้งแต่ 0 ถึง 100 ลิตรต่อนาที



ภาพประกอบ 9 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลน้ำหล่อเย็น

อุปกรณ์วัดความเร็วรอบเครื่องยนต์



ภาพประกอบ 10 อุปกรณ์วัดความเร็วรอบเครื่องยนต์

ความเร็วรอบเครื่องยนต์มักจะวัดเป็นจำนวนรอบต่อหน่วยเวลา เครื่องมือที่ใช้วัดรอบของเครื่องยนต์ กลไกภายในประกอบด้วยแม่เหล็กถาวรและโวลท์มิเตอร์ เข็มจะชี้ที่ตัวเลขเลขมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเร็วรอบที่ขดลวดตัดกับเส้นแรงแม่เหล็ก และอีกชนิดหนึ่งที่อยู่ภายใน Eddy current dynamometer เรียกว่า แมกเนติก – พิคอัพ เครื่องมือวัดชนิดนี้จะมีพื้นหรือร่องติดอยู่บนเพลลาหรือส่วนที่หมุน (Rotor) ทุก ๆ รอบที่ร่องนี้ผ่านแม่เหล็กจะทำให้เกิดแรงกระตุ้นและจะไป ปรากฏจำนวนรอบต่อหนึ่งหน่วยเวลาที่หน้าปัด

อุปกรณ์วัดความเร็วของอากาศ

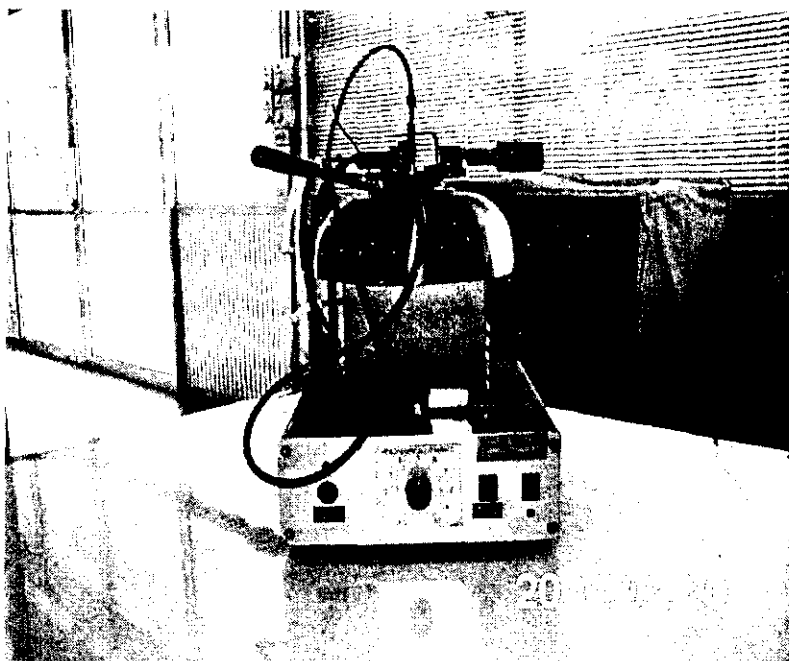
อุปกรณ์วัดความเร็วของอากาศ จะใช้วัดความเร็วอากาศที่เข้าไปในเครื่องยนต์ เพื่อคำนวณหาปริมาณอากาศที่เข้าไปเผาไหม้ เรียกว่า Anemometer สามารถที่จะอ่านค่าได้จากหน้าปัดของเครื่องโดยตรง ซึ่งสามารถที่จะเลือกหน่วยการวัดได้เป็น km/hr, ft/min, m/s, knots โดยการปรับที่ปุ่มเลื่อน



ภาพประกอบ 11 อุปกรณ์วัดความเร็วของอากาศ

เครื่องมือหาจุดวาบไฟและจุดติดไฟ

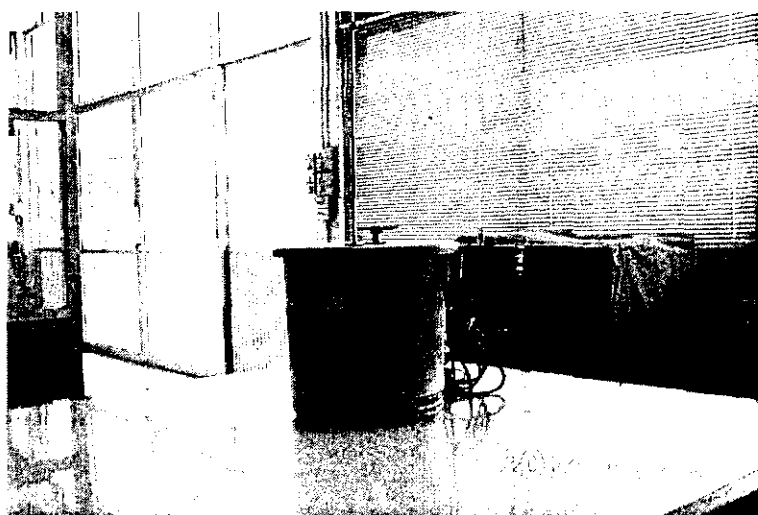
จุดวาบไฟและจุดติดไฟเป็นคุณสมบัติสำคัญอย่างหนึ่งของน้ำมันเชื้อเพลิง ที่มีผลต่อการเริ่มต้นเผาไหม้และการเก็บเชื้อเพลิง จุดวาบไฟของน้ำมันแก๊สโซลีน 91 คือ อุณหภูมิที่น้ำมัน แก๊สโซลีน 91 จะต้องถูกทำให้ร้อนเพื่อให้เกิดส่วนผสมของไอน้ำมันกับอากาศที่จะจุดติดไฟได้เหนือผิวหน้าของน้ำมันเมื่อมีเปลวไฟเป็นตัวล่อ การหาจุดวาบไฟสามารถหาได้จากเครื่องมือที่เรียกว่า Cleveland open cup apparatus ดังภาพประกอบ 12



ภาพประกอบ 12 เครื่องมือหาจุดวาบไฟและจุดติดไฟน้ำมันเชื้อเพลิง

เครื่องมือหาค่าความร้อนน้ำมันเชื้อเพลิง

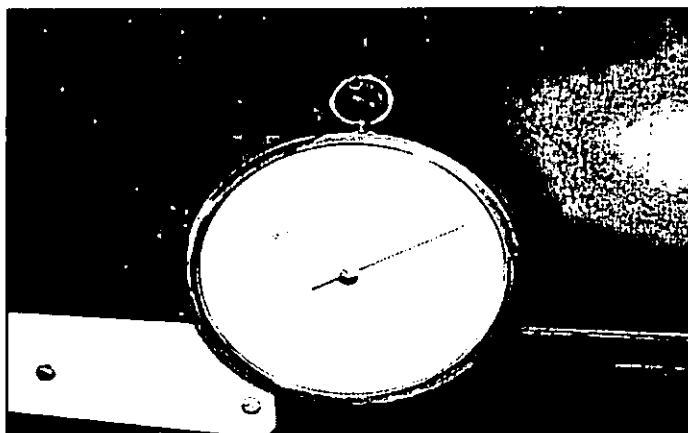
ค่าความร้อนน้ำมันเชื้อเพลิง คือ ปริมาณความร้อนที่เชื้อเพลิงถ่ายเทออกขณะเกิดการเผาไหม้ น้ำมันเชื้อเพลิงที่ดีควรมีค่าความร้อนทางสูง การหาค่าความร้อนน้ำมันเชื้อเพลิงสามารถหาได้เครื่องมือที่เรียกว่า บอมล์คาลอริมิเตอร์ (Bomb calorimeter) ภาพประกอบ 13



ภาพประกอบ 13 เครื่องมือหาค่าความร้อนน้ำมันเชื้อเพลิง

อุปกรณ์วัดความดันของบรรยากาศ

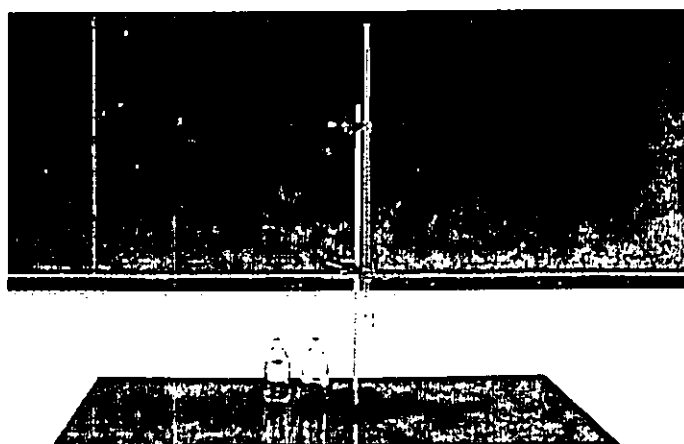
อุปกรณ์นี้เรียกว่าโบคอนเกจ (Bourdon gage) ภาพประกอบ 14 จะใช้วัดความดันของอากาศ (ความดันบรรยากาศบริเวณที่ทดสอบ) หลักการทำงานโดยอาศัยให้ของไหลหรืออากาศที่ต้องการวัดความดันไหลเข้าไปในท่อที่ยืดหยุ่นได้ทำให้ภายในท่อถูกกดดันด้วยความดัน เมื่อความดันของของไหลเปลี่ยนแปลง ท่อจะเกิดการเคลื่อนที่ซึ่งจะทำให้เข็มชี้สเกลเคลื่อนที่ด้วย ซึ่งสามารถอ่านค่าความดันของอากาศหรือของไหลได้บนหน้าปัดในหน่วย mm.Hg



ภาพประกอบ 14 อุปกรณ์วัดความดันของบรรยากาศ

อุปกรณ์เปรียบเทียบความชันของเชื้อเพลิง

อุปกรณ์เปรียบเทียบความชันของเชื้อเพลิงนี้เรียกว่า หลอดแก้วปิเปต จะใช้วัดโดยให้ของไหลไหลผ่านคอขวดซึ่งมีขนาดเล็กโดยจะจับเวลาที่ของไหลไหลผ่านคอขวดจนได้ปริมาตรตามที่กำหนด เช่น 50 cc หรือ 100 cc ซึ่งขนาดของหลอดแก้วปิเปตที่ใช้เป็นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 mm ปริมาตร 50 cc



ภาพประกอบ 15 อุปกรณ์เปรียบเทียบความชันของเชื้อเพลิง

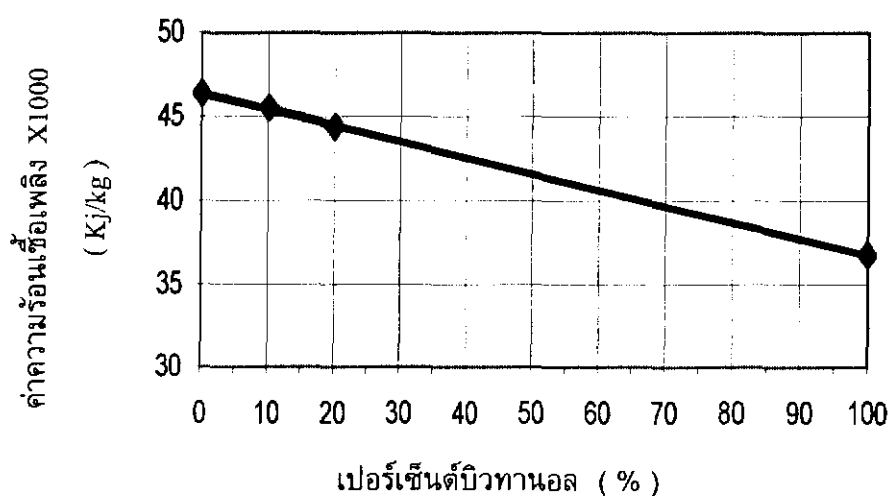
วิธีการทดลอง

การทดสอบและรวบรวมข้อมูล เรื่องการศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้บิวทานอลเป็นส่วนผสมของเชื้อเพลิง จะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นแรกจะเดินเครื่องยนต์โดยใช้น้ำมันแก๊สโซลีนผสมกับบิวทานอลที่อัตราส่วนต่าง ๆ คือ 100 : 0, 95 : 5, 90 : 10, 85 : 15, 80 : 20, 75 : 25 และ 70 : 30 โดยปริมาตรของเชื้อเพลิง และขั้นที่สองจะเป็นการเดินเครื่องยนต์ทดสอบการสึกหรอของเครื่องยนต์

การทดสอบขั้นแรก เมื่อติดตั้งเครื่องยนต์กับเครื่องทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์เสร็จเรียบร้อยแล้ว ก็จะเร่งเครื่องยนต์โดยการเปิดปีกผีเสื้อควบคุมอากาศ (Throttle valve) ไปที่ 50% ประมาณ 5,000 RPM จากนั้นก็ป้อนโหลดให้กับไดนาโมมิเตอร์จนกระทั่งเครื่องยนต์มีความเร็วรอบ 1,400 RPM แล้วบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้คือ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (N ; RPM) แรงบิด (T ; N.m) อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่เข้า และออกจากเครื่องยนต์ (T_{wi} , T_{wo} ; °C) อุณหภูมิไอเสีย (T_e ; °C) อุณหภูมิบรรยากาศ (T_{atm} ; °C) อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ (T_{oil} ; °C) ความเร็วของอากาศ (V ; m/s) อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็น ($\dot{V}_w$; LPM) เวลาที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (t ; s)

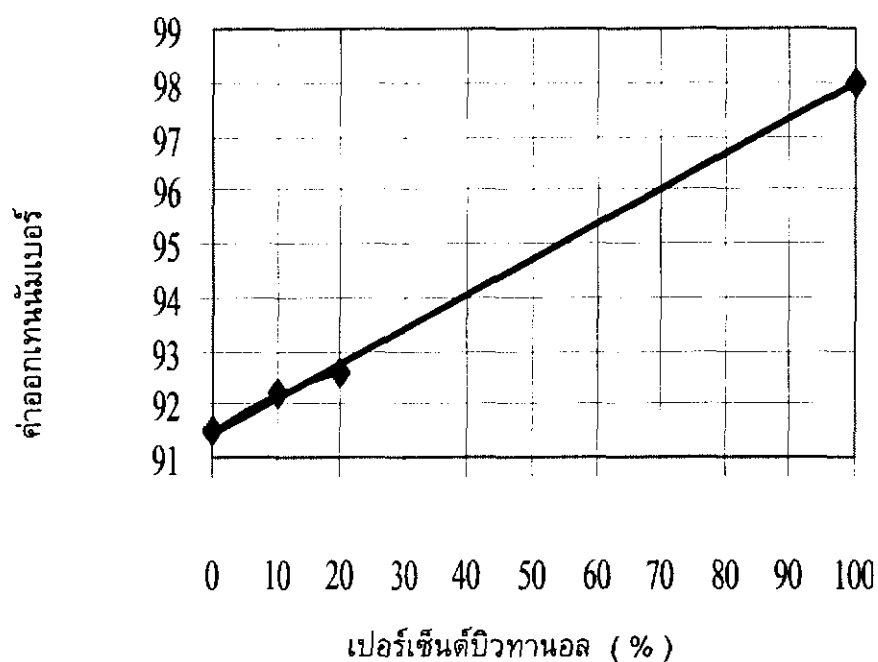
เมื่อบันทึกค่าจากการทดลองเรียบร้อยแล้ว จะนำค่าต่าง ๆ ไปคำนวณหาสมรรถนะของเครื่องยนต์โดยใช้สมการในบทที่ 2 เมื่อได้ข้อมูลต่าง ๆ จากการคำนวณแล้วจะนำข้อมูลไปเขียนกราฟและตารางเพื่อวิเคราะห์จุดเหมาะสมของการใช้บิวทานอลผสมกับแก๊สโซลีน 91 สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนต่อไป

สำหรับคุณสมบัติของเชื้อเพลิง เช่น ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง(หาแบบ High Heating Value ; HHV.) ค่าออกเทนัมเบอร์ อัตราการระเหย และความดันไอของเชื้อเพลิงซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการพิจารณาเกี่ยวกับการวิจัย จะทำการทดสอบโดยการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย (สถาบันวิจัยและเทคโนโลยี ปตท.)



ภาพประกอบ 16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนเชื้อเพลิงทางสูง(HHV.)กับเปอร์เซ็นต์บิวทานอล

High heating value (HHV.) ค่าความร้อนเชื้อเพลิงทางสูง สำหรับในการใช้งานหาค่า มักจะใช้ค่าความร้อนเชื้อเพลิงทางต่ำ Low Heating Value (LHV.) เนื่องจากการเผาไหม้ของ เครื่องยนต์ส่วนมากจะไม่สมบูรณ์ การดูว่าเผาไหม้สมบูรณ์หรือไม่ดูจากปลายท่อไอเสียว่ามีน้ำ หยตออกมาหรือไม่ ถ้ามีน้ำหยดออกมาแสดงว่าเผาไหม้สมบูรณ์



ภาพประกอบ 17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าออกเทนนิมเบอร์กับเปอร์เซ็นต์ บิวทานอล

จากกราฟถ้าผสมบิวทานอลมากขึ้นจะทำให้เชื้อเพลิงมีค่าออกเทนนิมเบอร์สูงขึ้น

การทดสอบในขั้นที่สอง จะเดินเครื่องยนต์ทดสอบหาค่าโลหะในน้ำมันหล่อลื่น เครื่องยนต์ ในการทดสอบนี้จะเลือกใช้อัตราส่วนของน้ำมันแก๊สโซลีน 91 กับบิวทานอลที่ อัตราส่วน 90 : 10 จะเดินเครื่องยนต์ที่ประมาณ 1,500 RPM โดยไม่ใส่ภาระเป็นเวลา 300 ชั่วโมง โดยจะเก็บตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ทุก ๆ 100 ชั่วโมง จากนั้นนำไปทดสอบ หาค่าโลหะน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ เพื่อวิเคราะห์การสึกหรอของเครื่องยนต์ ซึ่งจะทำให้การ ทดสอบโดยการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย (สถาบันวิจัยและเทคโนโลยี ปตท.)

ก่อนเดินเครื่องยนต์ทดสอบการสึกหรอ จะทำการตรวจวัดชิ้นส่วนหลัก ๆ เช่น ขนาดลูกสูบ ขนาดกระบอกสูบ แหวนลูกสูบ ความโค้งของฝาสูบ ความโค้งของเสื่อสูบ ระยะ ระหว่างปากแหวน ระยะห่างร่องแหวน แบร้งเพลลาข้อเหวี่ยง และเมื่อเดินเครื่องยนต์จนครบ 300 ชั่วโมงแล้ววัดชิ้นส่วนที่กล่าวข้างต้นอีกครั้งหนึ่ง เพื่อเปรียบเทียบกันและวิเคราะห์การ สึกหรอของเครื่องยนต์

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้เชื้อเพลิงผสมระหว่างน้ำมันแก๊สโซลีน 91 กับบิวทานอล เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะที่อัตราส่วนต่าง ๆ คือ ที่อัตราส่วนผสมดังต่อไปนี้ 100 : 0, 95 : 5, 90 : 10, 85 : 15, 80 : 20, 75 : 25 และ 70 : 30 โดยเปรียบเทียบกับการใช้แก๊สโซลีน 91 เพียงอย่างเดียว ซึ่งทำการทดสอบโดยใช้เครื่องทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์และใช้เครื่องยนต์ รุ่น 4 สูบ 4 จังหวะ ขนาดความจุของกระบอกสูบ 1295 cc สำหรับการผสมน้ำมันเชื้อเพลิงจะใช้อัตราส่วนโดยปริมาตร และจะแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ และการทดสอบการสึกหรอของเครื่องยนต์

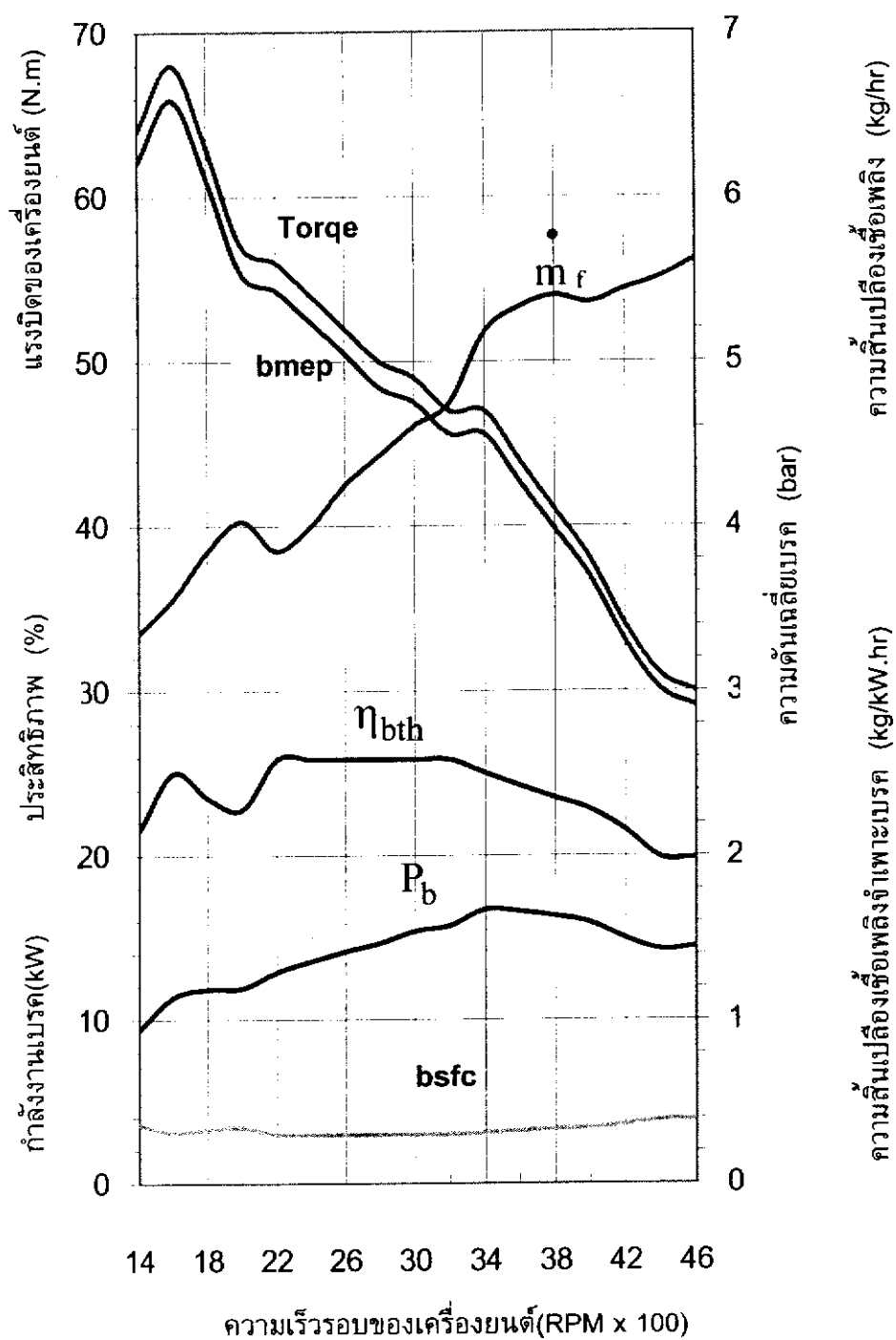
การทดสอบในขั้นแรก เป็นการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ จะทำการทดสอบเพื่อเก็บข้อมูลต่าง ๆ เช่น ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (RPM) แรงบิดของเครื่องยนต์ (Torque) อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงโดยการจับเวลา (Time) อัตราการไหลของอากาศ อัตราการไหลและอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น อุณหภูมิของบรรยากาศ อุณหภูมิของก๊าซไอเสีย เป็นต้น ซึ่งข้อมูลต่างๆ สามารถดูได้จากตารางภาคผนวก ก จากนั้นจึงนำข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการทดสอบมาคำนวณค่าสมรรถนะของเครื่องยนต์ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการนำบิวทานอลมาผสมกับน้ำมันแก๊สโซลีน 91 เพื่อนำมาเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์สิ่งที่ต้องพิจารณา คือ คุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง เช่น ค่าออกเทนัมเบอร์ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง อัตราการระเหย ความดันไอ เป็นต้น ซึ่งน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบนั้นได้ทำการทดสอบคุณสมบัติโดย สถาบันวิจัยและเทคโนโลยี ปตท. ซึ่งสามารถดูได้จากเอกสารรับรองผลการทดสอบในภาคผนวก ข

การทดสอบขั้นที่สองนั้นเป็นการทดสอบการสึกหรอของเครื่องยนต์จะนำอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดมาทำการทดสอบ (น้ำมันแก๊สโซลีน 91 90 % บิวทานอล 10 %) โดยการเดินเครื่องยนต์เพื่อหาค่าโลหะที่ผสมอยู่ในน้ำมันหล่อลื่น และเปรียบเทียบการสึกหรอของชิ้นส่วนภายในเครื่องยนต์ 3 ช่วงเวลา คือ ที่ชั่วโมงการทำงาน 100 , 200 , 300 ชั่วโมง ซึ่งผลการทดสอบสามารถดูได้จากเอกสารรับรองผลการทดสอบในภาคผนวก ข

การแสดงผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ในบทนี้ คือ การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ในแต่ละอัตราส่วน (ภาพประกอบ 18 – 24) การเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์ (ภาพประกอบ 25 – 32) และการสมดุลความร้อนของเครื่องยนต์ (ภาพประกอบ 33 – 39) และตารางแสดงผลสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่จุดสูงสุดและต่ำสุดซึ่งแสดงไว้ในภาพตามลำดับดังต่อไปนี้และอธิบายผลที่ได้จากภาพไว้ด้านหลัง

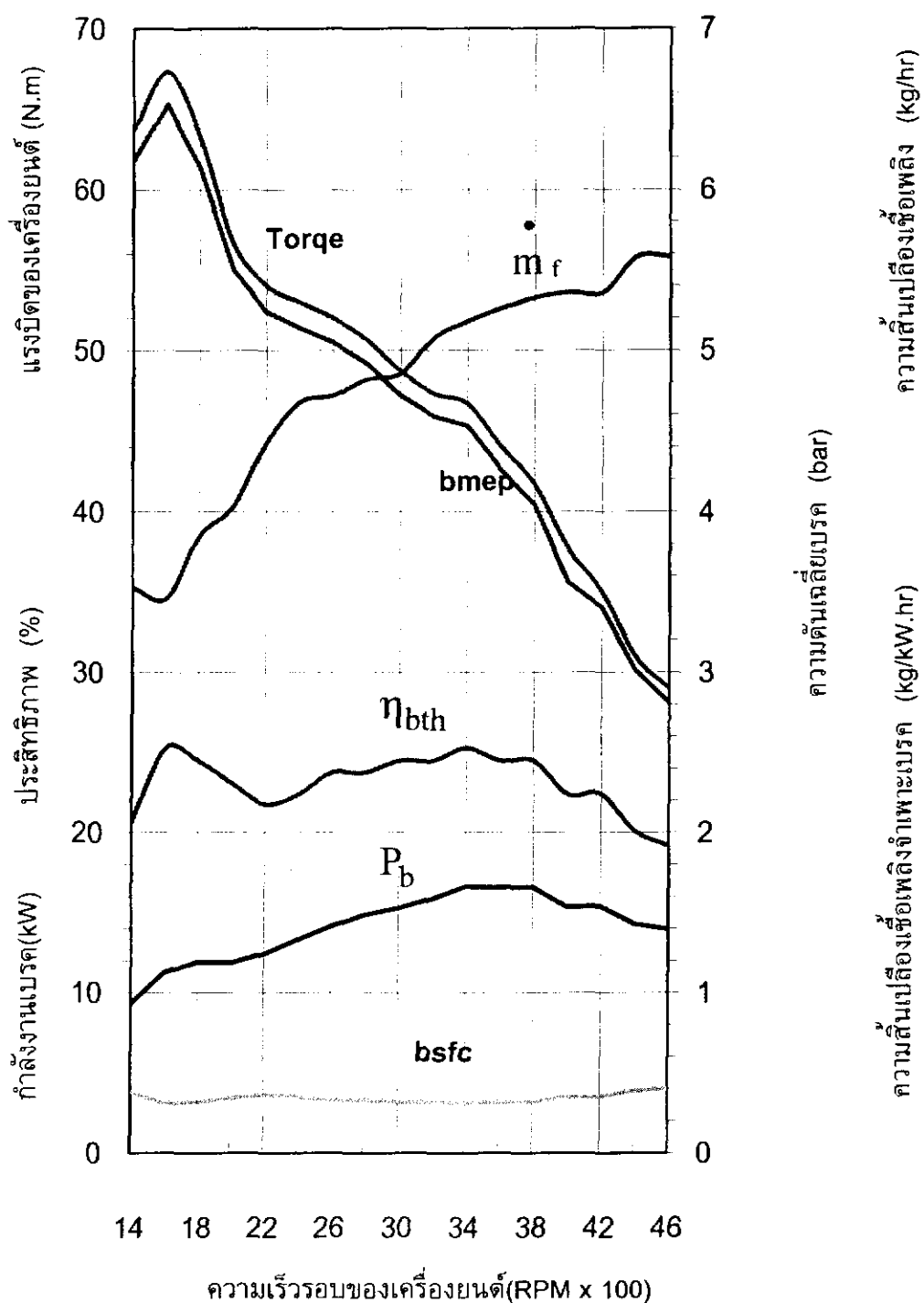
การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน
(Testing performance of gasoline engine)



ภาพประกอบ 18 กราฟสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้ น้ำมันแก๊สโซลีน 91
โดยสิ้นแรงปีกผีเสื้อเปิดคงที่ที่ 50 %

จากภาพประกอบ 18 จะเห็นว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก (η_{brk}) จะมีค่าสูงสุด 25.86 % ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ประมาณ 2200 รอบต่อนาที และมีค่าสูงโดยเฉลี่ยที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ประมาณ 2200 รอบต่อนาที ถึง 3200 รอบต่อนาที กำลังงานเบรกของเครื่องยนต์ (P_b) จะมีค่าสูงสุด 16.73 Kw ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 3400 รอบต่อนาที แรงบิดของเครื่องยนต์ (Torque) จะมีค่าสูงสุด 68 N.m ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1600 รอบต่อนาที และมีค่าลดลงเรื่อยๆเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มมากขึ้น ความดันเฉลี่ยเบรก (bmep) จะมีลักษณะคล้ายกราฟของแรงบิดจะมีค่าสูงสุด 6.53 bar ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1600 รอบต่อนาทีและจะมีค่าลดลงเรื่อยๆ เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มมากขึ้น อัตราความสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิง ($\dot{m}_f$) จะมีค่าต่ำสุด 3.35 kg/hr ที่ความเร็วรอบ 1400 รอบต่อนาที แต่จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (bsfc) จะมีค่าต่ำที่สุด 0.3 kg/Kw.hr ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์โดยประมาณ 2200 รอบต่อนาที และมีค่าต่ำโดยเฉลี่ยที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ประมาณ 2200 รอบต่อนาที ถึง 3000 รอบ

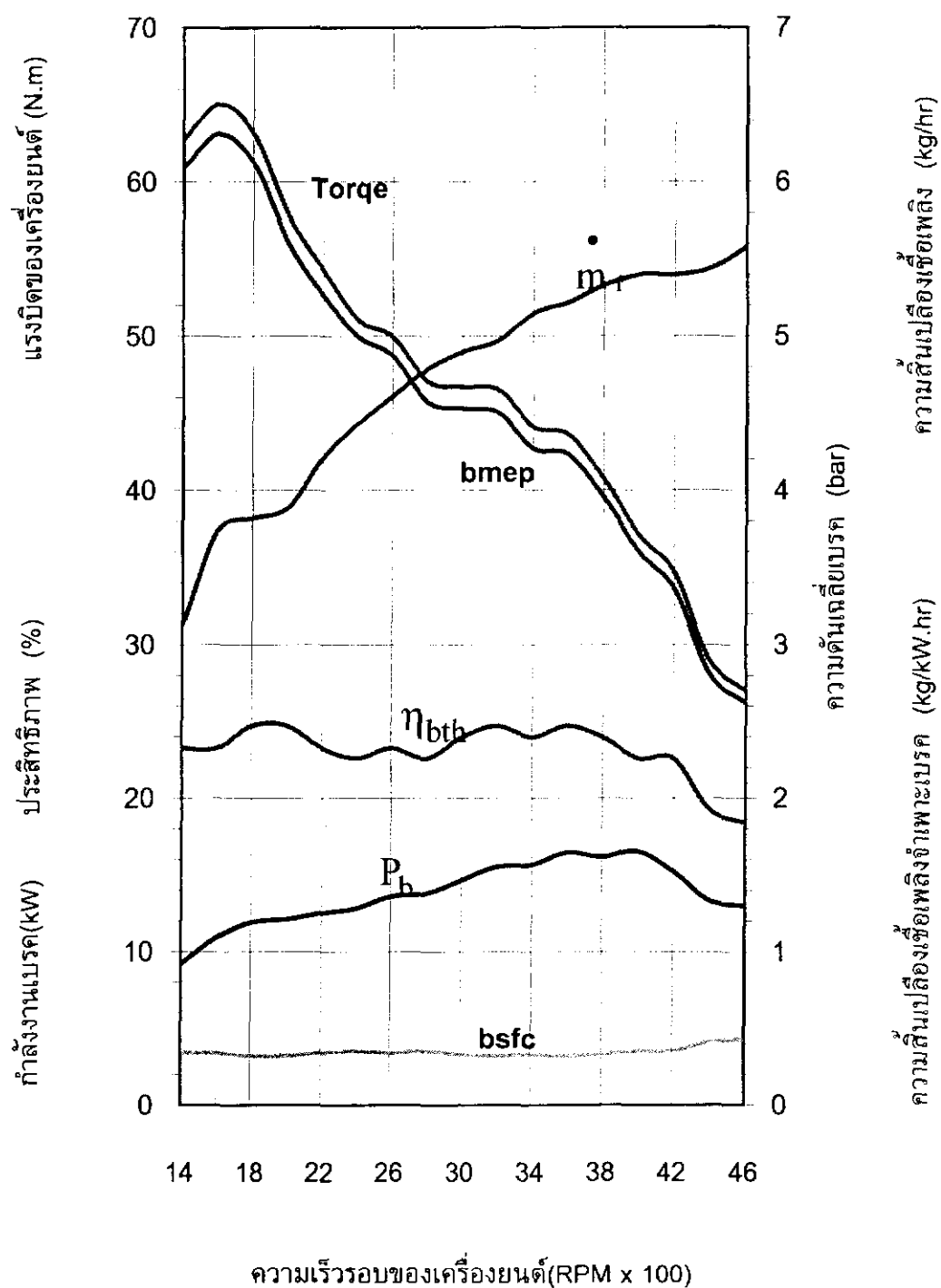
การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน
(Testing performance of gasoline engine)



ภาพประกอบ 19 กราฟสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้ น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสม บิวทานอล
ที่อัตราส่วน 95 : 5 โดยปริมาตรของเชื้อเพลิง โดยสิ้นแรงปีกผีเสื้อเปิดครั้งที่ 50 %

จากภาพประกอบ 19 จะเห็นว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก (η_{bth}) จะมีค่าสูงสุด 25.29 % ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ประมาณ 3400 รอบต่อนาทีและมีค่าสูงโดยเฉลี่ย ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ประมาณ 3000 รอบต่อนาที ถึง 3800 รอบต่อนาที กำลังงานเบรกของเครื่องยนต์ (P_b) จะมีค่าสูงที่สุด 16.63 Kw ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 3400 รอบต่อนาที แรงบิดของเครื่องยนต์ (Torque) จะมีค่าสูงที่สุด 67.33 N.m ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1400 รอบต่อนาทีและมีค่าลดลงเรื่อยๆเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มมากขึ้น ความดันเฉลี่ยเบรก (bmep) จะมีลักษณะคล้ายกราฟของแรงบิดจะมีค่าสูงที่สุด 6.53 bar ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1600 รอบต่อนาทีและมีค่าลดลงเรื่อยๆ เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มมากขึ้น อัตราความสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิง ($\dot{m}_f$) จะมีค่าต่ำสุด 3.35 kg/hr ที่ความเร็วรอบต่ำ 1400 รอบต่อนาที และจะมีค่ามากขึ้นไปที่รอบเครื่องยนต์เพิ่มมากขึ้นไป อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (bsfc) จะมีค่าต่ำที่สุด 0.31 kg/Kw.hr ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์โดยประมาณ 3400 รอบต่อนาที และมีค่าต่ำโดยเฉลี่ย ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ประมาณ 2600 รอบต่อนาที ถึง 3800 รอบต่อนาที

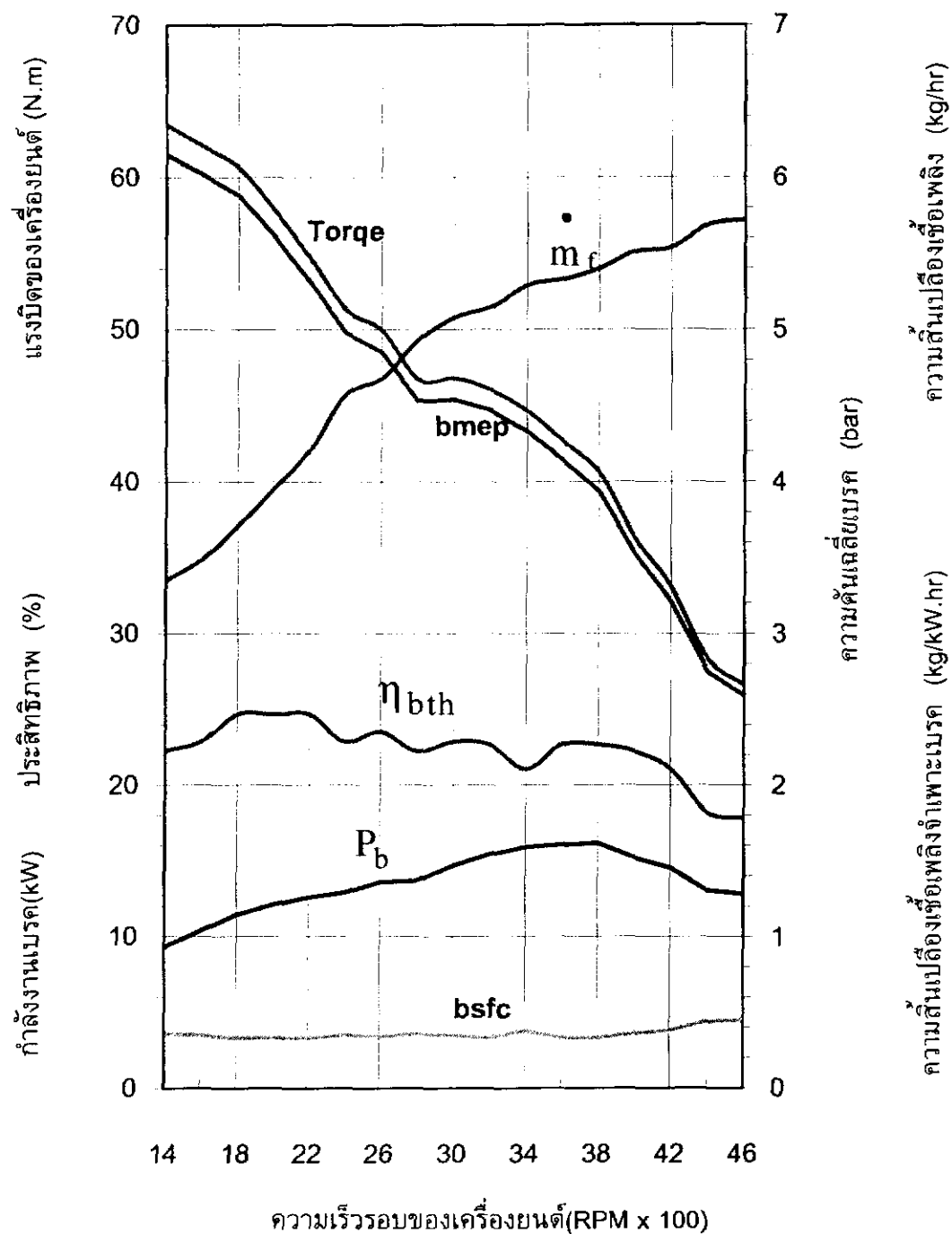
การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน
(Testing performance of gasoline engine)



ภาพประกอบ 20 กราฟสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้ น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสม บิวทานอล
ที่อัตราส่วน 90 : 10 โดยปริมาตรของเชื้อเพลิง โดยลิ้นเร่งปีกผีเสื้อเปิดคงที่ที่ 50 %

จากภาพประกอบ 20 จะเห็นว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก (η_{brk}) จะมีค่าสูงสุด 24.71 % ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ประมาณ 2200 รอบต่อนาที และมีค่าสูงโดยเฉลี่ยที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ประมาณ 2200 รอบต่อนาที ถึง 3200 รอบต่อนาที กำลังงานเบรกของเครื่องยนต์ (P_b) จะมีค่าสูงที่สุด 16.46 Kw ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 3600 รอบต่อนาที แรงบิดของเครื่องยนต์ (Torque)จะมีค่าสูงที่สุด 65 N.mที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์1600 รอบต่อนาที และมีค่าลดลงเรื่อยๆเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มมากขึ้น ความดันเฉลี่ยเบรก (bmep) จะมีลักษณะคล้ายกราฟของแรงบิดจะมีค่าสูงที่สุด 6.31 bar ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1600 รอบต่อนาทีและจะมีค่าลดลงเรื่อยๆเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มมากขึ้น อัตราการสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิง ($\dot{m}_f$)จะมีค่าต่ำสุด 3.13 kg/hr ที่ความเร็วรอบต่ำ 1400 รอบต่อนาที แต่จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (bsfc) จะมีค่าต่ำที่สุด 0.32 kg/Kw.hr ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์โดยประมาณ 2000 รอบต่อนาที และมีค่าต่ำโดยเฉลี่ยที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ประมาณ 2000 รอบต่อนาที ถึง 3000 รอบต่อนาที

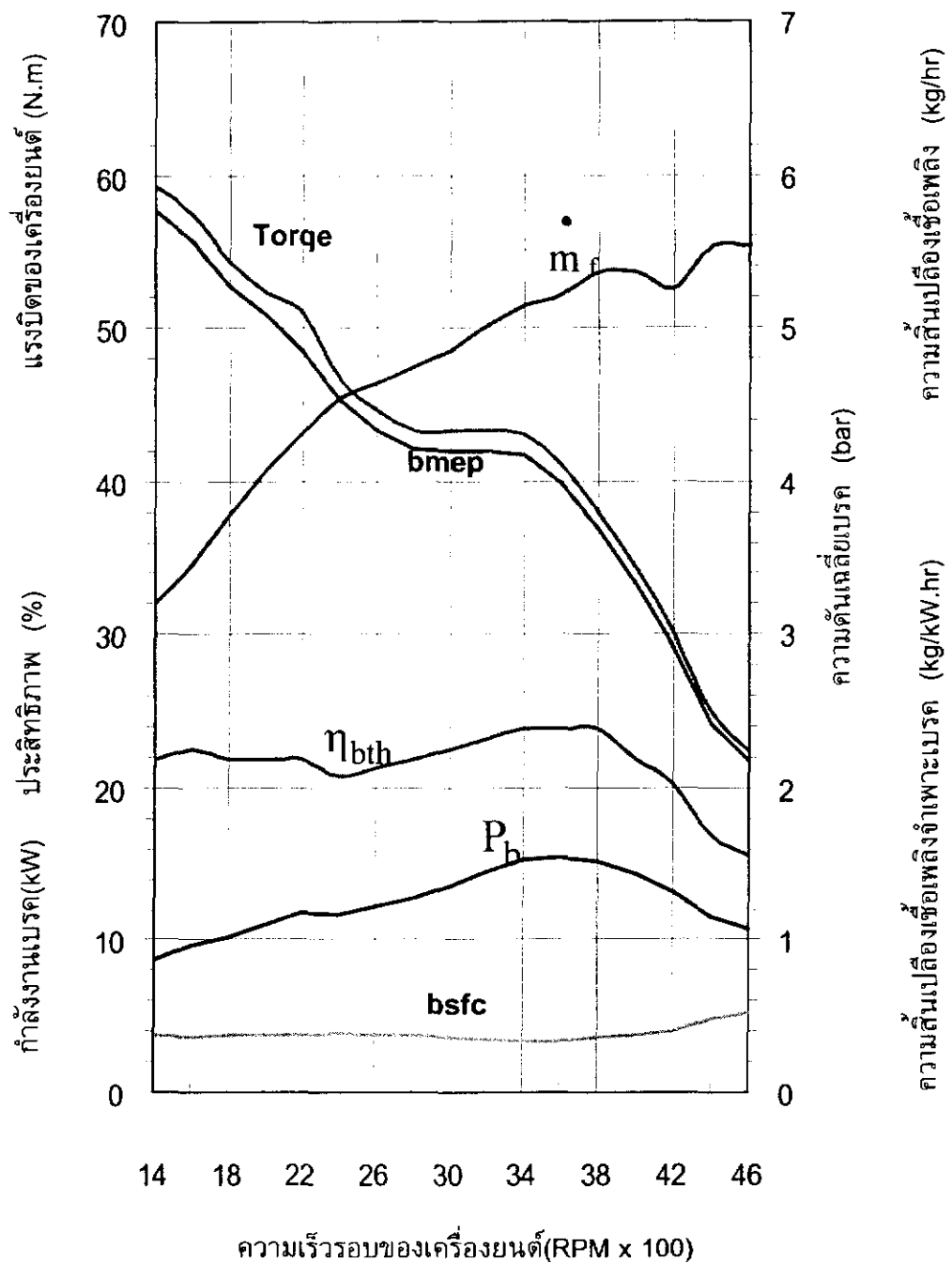
การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน
(Testing performance of gasoline engine)



ภาพประกอบ 21 กราฟสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้ น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสม บิวทานอล
ที่อัตราส่วน 85 : 15 โดยปริมาตรของเชื้อเพลิง โดยสิ้นแรงปีกผีเสื้อเปิดครั้งที่ 50 %

จากภาพประกอบ 21 จะเห็นว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก (η_{brk}) จะมีค่าสูงสุด 24.68 % ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ประมาณ 1800 รอบต่อนาที และมีค่าสูงโดยเฉลี่ยที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ประมาณ 1800 รอบต่อนาที ถึง 2200 รอบต่อนาที กำลังงานเบรกของเครื่องยนต์ (P_b) จะมีค่าสูงที่สุด 16.17 Kw ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 3800 รอบต่อนาที แรงบิดของเครื่องยนต์ (Torque) จะมีค่าสูงที่สุด 63.4 N.m ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1600 รอบต่อนาที และมีค่าลดลงเรื่อยๆเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มมากขึ้น ความดันเฉลี่ยเบรก (bmep) จะมีลักษณะคล้ายกราฟของแรงบิดจะมีค่าสูงที่สุด 6.15 bar ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1400 รอบต่อนาทีและมีค่าลดลงเรื่อยๆเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มมากขึ้น กราฟอัตราการสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิง ($\dot{m}_f$) จะมีค่าต่ำสุด 3.35 kg/hr ที่ความเร็วรอบต่ำ 1400 รอบต่อนาที และจะมีค่าสูงขึ้นไปเมื่อรอบเครื่องยนต์เพิ่มมากขึ้นไป มีค่าใกล้เคียงกับการใช้เชื้อเพลิงที่มีบิวทานอลผสม 10 % กราฟอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (bsfc) จะมีค่าต่ำที่สุด 0.33 kg/Kw.hr ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์โดยประมาณ 1800 รอบต่อนาที และมีค่าต่ำโดยเฉลี่ยที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ประมาณ 1800 รอบต่อนาที ถึง 2200 รอบต่อนาที

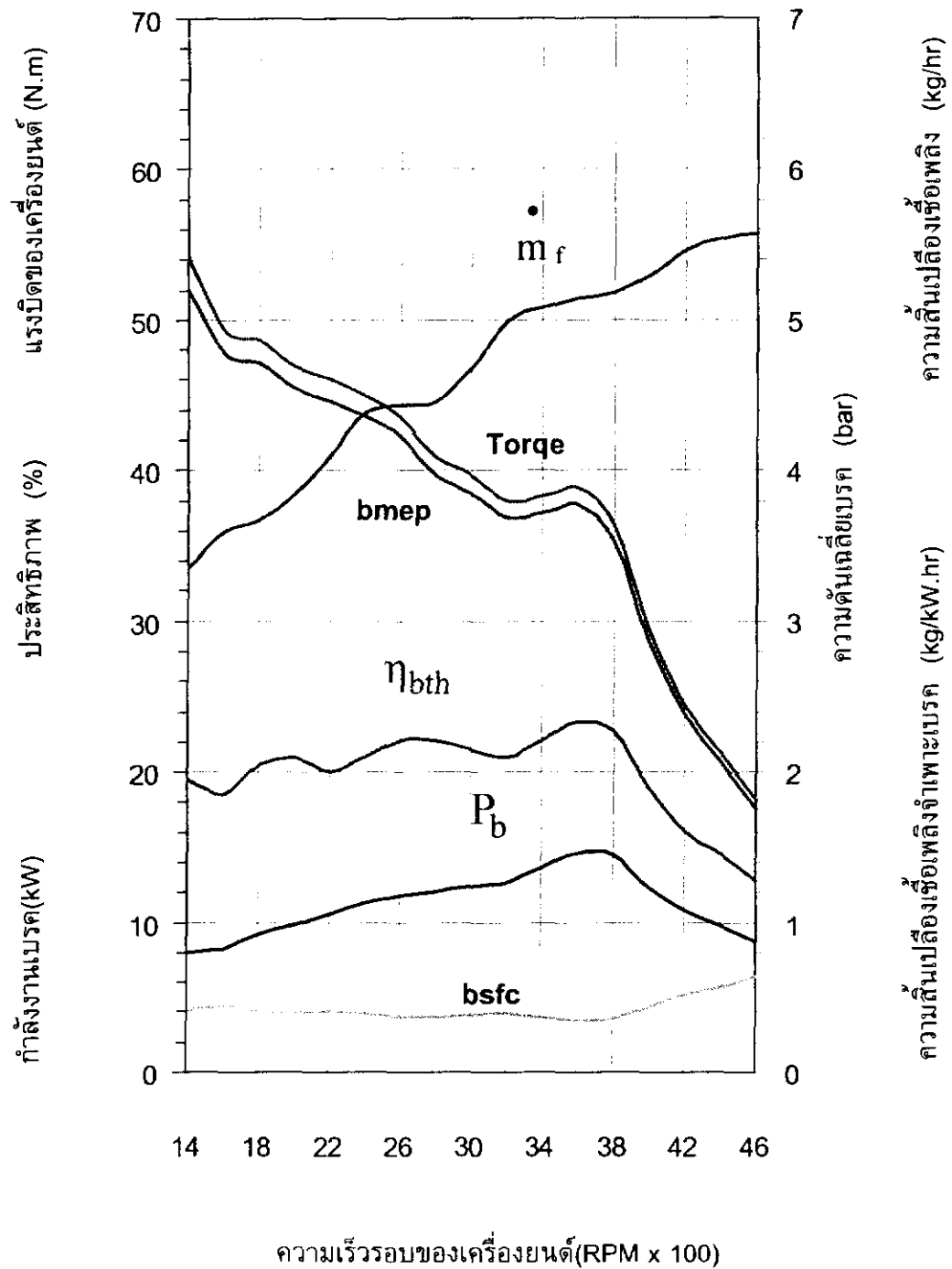
การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน
(Testing performance of gasoline engine)



ภาพประกอบ 22 กราฟสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสมบิวทานอล
ที่อัตราส่วน 80 : 20 โดยปริมาตรของเชื้อเพลิง โดยลิ้นเร่งปีกผีเสื้อเปิดคงที่ที่ 50 %

จากภาพประกอบ 22 จะเห็นว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก (η_{brk}) จะมีค่าสูงที่สุด 23.85 % ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ประมาณ 3400 รอบต่อนาที และมีค่าสูงโดยเฉลี่ยที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ประมาณ 3400 รอบต่อนาที ถึง 3800 รอบต่อนาที กำลังงานเบรกของเครื่องยนต์ (P_b) จะมีค่าสูงที่สุด 15.46 Kw ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 3600 รอบต่อนาที แรงบิดของเครื่องยนต์ (Torque) จะมีค่าสูงที่สุด 59.3 N.m ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1600 รอบต่อนาที และมีค่าลดลงเรื่อยๆ เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มมากขึ้น ความดันเฉลี่ยเบรก (bmep) จะมีลักษณะคล้ายกราฟของแรงบิดจะมีค่าสูงที่สุด 5.76 bar ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1400 รอบต่อนาทีและมีค่าลดลงเรื่อยๆเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มมากขึ้น กราฟอัตราความสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิง ($\dot{m}_f$) จะมีค่าต่ำสุด 3.20 kg/hr ที่ความเร็วรอบต่ำ 1400 รอบต่อนาที และจะมีค่าสูงขึ้นไปที่รอบเครื่องยนต์เพิ่มมากขึ้นไป ลักษณะกราฟจะสูงขึ้นเมื่อรอบสูงขึ้น ใกล้เคียงกับใช้แก๊สโซลีน 100 % กราฟอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (bsfc) จะมีค่าต่ำที่สุด 0.34 kg/Kw.hr ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์โดยประมาณ 3400 รอบต่อนาที และมีค่าต่ำโดยเฉลี่ยที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ประมาณ 3400 รอบต่อนาที ถึง 3600 รอบต่อนาที

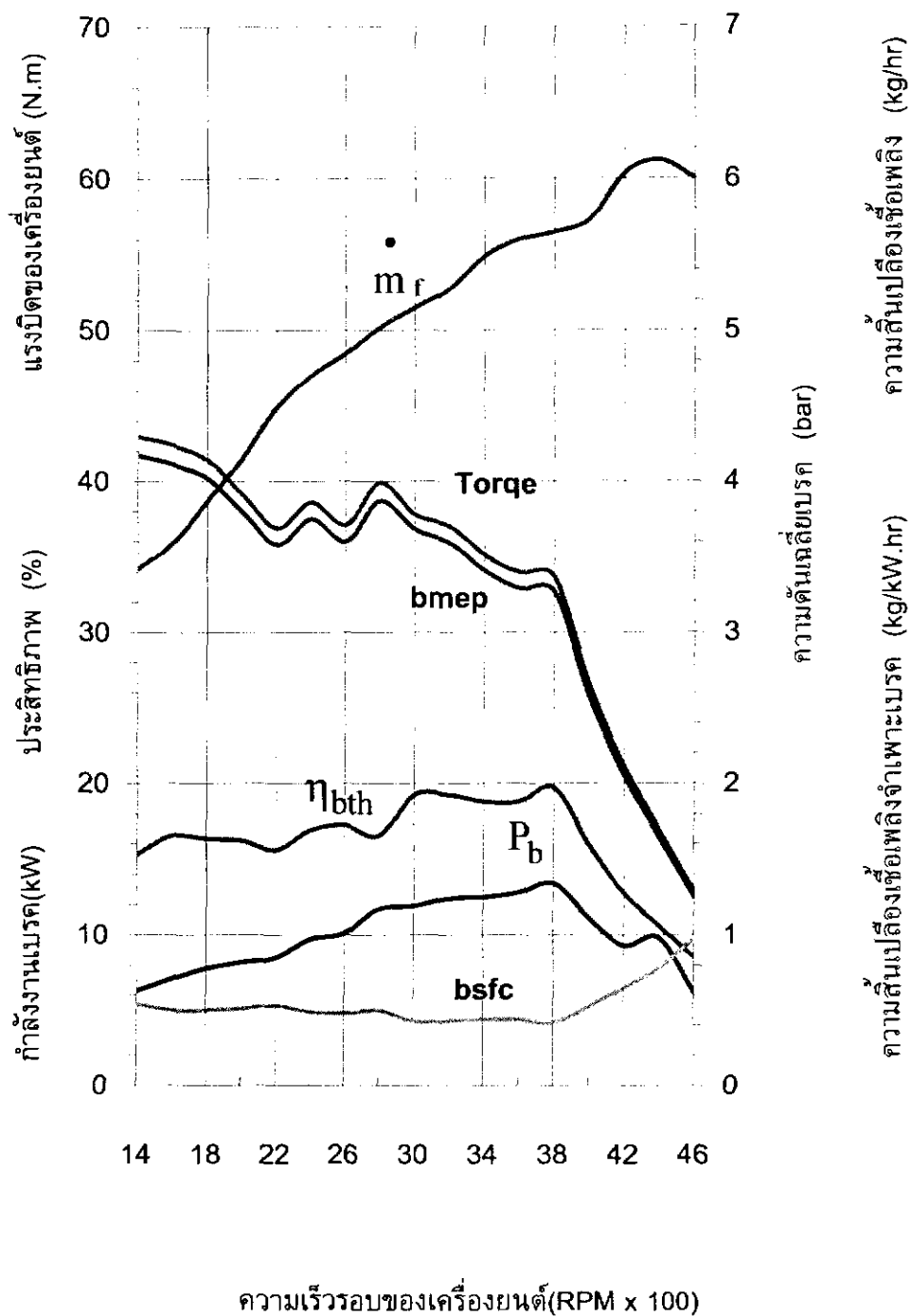
การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน
(Testing performance of gasoline engine)



ภาพประกอบ 23 กราฟสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสมบิวทานอล
ที่อัตราส่วน 75 : 25 โดยปริมาตรของเชื้อเพลิง โดยสิ้นแรงปีกผีเสื้อเปิดคองที่ 50 %

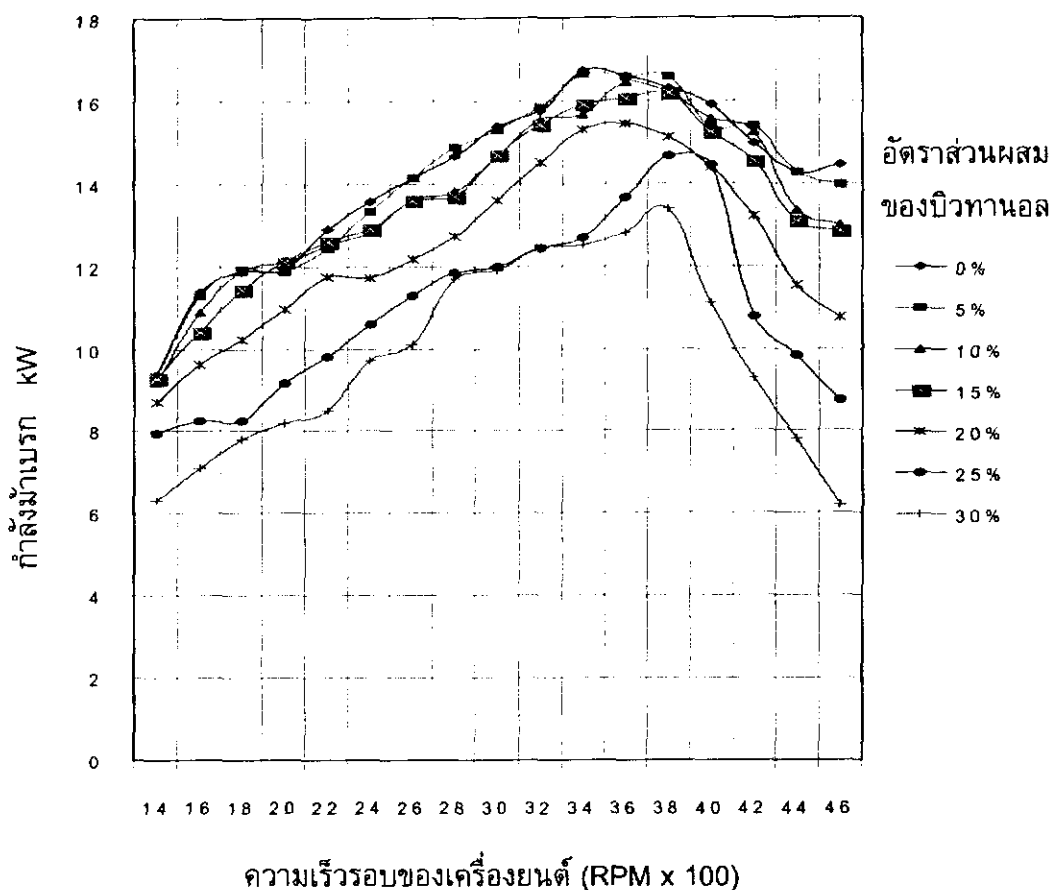
จากภาพประกอบ 23 จะเห็นว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก (η_{bth}) จะมีค่าสูงที่สุด 23.38 % ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ประมาณ 3600 รอบต่อนาที และมีค่าสูงโดยเฉลี่ยที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ประมาณ 2600 รอบต่อนาที ถึง 3600 รอบต่อนาที กำลังงานเบรกของเครื่องยนต์ (P_b) จะมีค่าสูงที่สุด 14.65 Kw ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 3600 รอบต่อนาที แรงบิดของเครื่องยนต์ (Torque) จะมีค่าสูงที่สุด 54.2 N.m ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1400 รอบต่อนาที และมีค่าลดลงเรื่อยๆเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มมากขึ้น ความดันเฉลี่ยเบรก (bmep) จะมีลักษณะคล้ายกราฟของแรงบิดจะมีค่าสูงที่สุด 5.26 bar ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1400 รอบต่อนาทีและมีค่าลดลงเรื่อยๆเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มมากขึ้น กราฟอัตราความสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิง (m_f) มีลักษณะราบในช่วงรอบต่ำและมีความชันเพิ่มมากขึ้นตามความเร็วรอบเครื่องยนต์ จะมีค่าต่ำสุด 3.35 kg/hr ที่ความเร็วรอบต่ำ 1400 รอบต่อนาที และจะมีค่าสูงขึ้นไปเมื่อรอบเครื่องยนต์เพิ่มมากขึ้นไป กราฟอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (bsfc) จะมีค่าต่ำที่สุด 0.35 kg/Kw.hr ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์โดยประมาณ 2600 รอบต่อนาที และมีค่าต่ำโดยเฉลี่ยที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ประมาณ 2600 รอบต่อนาที ถึง 3600 รอบต่อนาที มีลักษณะราบในช่วงรอบต่ำ และรอบเครื่องยนต์มากกว่า 3600 รอบต่อนาที จะสูงขึ้นตามความเร็วรอบ

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน
(Testing performance of gasoline engine)



ภาพประกอบ 24 กราฟสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสมบิวทานอล
ที่อัตราส่วน 70 : 30 โดยปริมาตรของเชื้อเพลิง โดยลิ้นเร่งปีกผีเสื้อเปิดคงที่ที่ 50 %

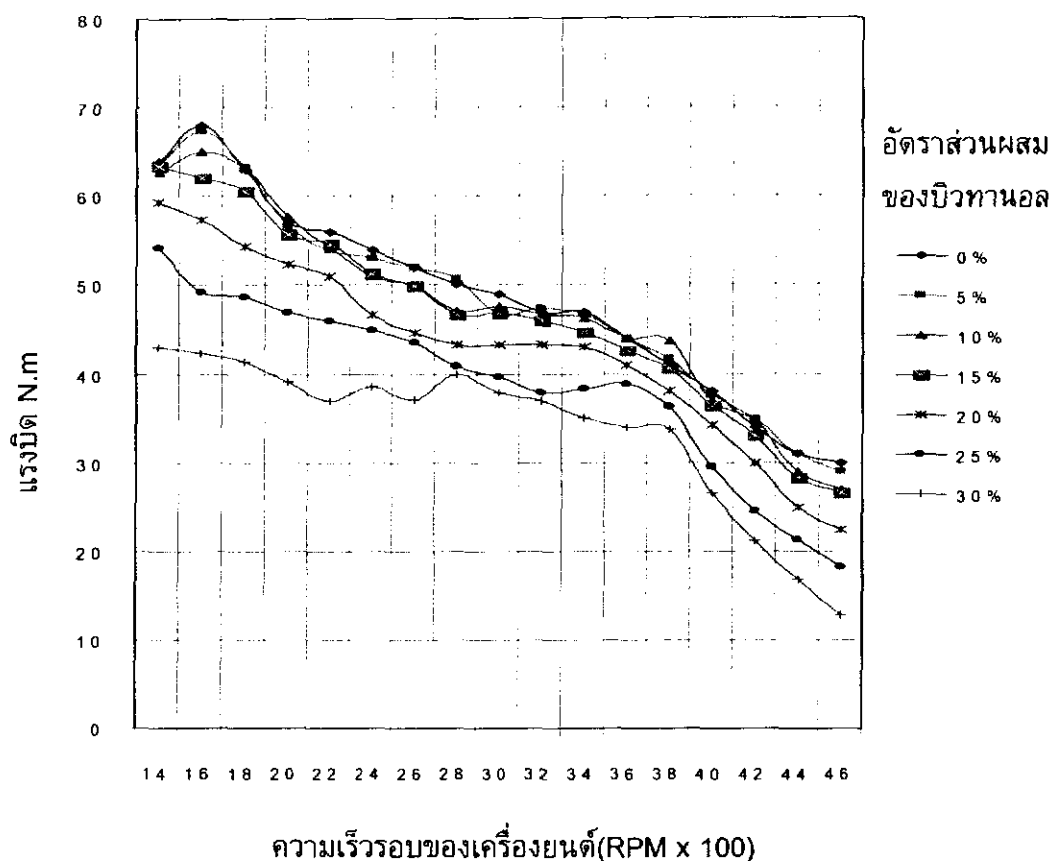
จากภาพประกอบ 24 จะเห็นว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก (η_{brk}) จะมีค่าสูงที่สุด 19.69 % ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ประมาณ 3800 รอบต่อนาที และมีค่าสูงโดยเฉลี่ยที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ประมาณ 2800 รอบต่อนาที ถึง 3800 รอบต่อนาที กำลังงานเบรกของเครื่องยนต์ (P_b) จะมีค่าสูงที่สุด 13.40 Kw ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 3800 รอบต่อนาที แรงบิดของเครื่องยนต์ (Torque) จะมีค่าสูงที่สุด 42.9 N.m ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1400 รอบต่อนาที และมีค่าลดลงเรื่อยๆเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มมากขึ้น ความดันเฉลี่ยเบรก (bmep) จะมีลักษณะคล้ายกราฟของแรงบิดจะมีค่าสูงที่สุด 4.17 bar ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1400 รอบต่อนาทีและมีค่าลดลงเรื่อยๆเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มมากขึ้น อัตราการสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิง ($\dot{m}_f$) จะมีค่าต่ำสุด 3.42 kg/hr ที่ความเร็วรอบต่ำ 1400 รอบต่อนาที และจะมีค่าสูงขึ้นไปที่รอบเครื่องยนต์เพิ่มมากขึ้นไป อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (bsfc) จะมีค่าต่ำที่สุด 0.42 kg/Kw.hr ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์โดยประมาณ 3800 รอบต่อนาที และมีค่าต่ำโดยเฉลี่ยที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ประมาณ 3000 รอบต่อนาที ถึง 3800 รอบต่อนาที



ภาพประกอบ 25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังม้าเบรกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ที่ส่วนผสมต่างกัน โดยล้นแรงปีกมีเสื้อเปิดคงที่ที่ 50 %

จากภาพประกอบ 25 ซึ่งเป็นกราฟแสดงเปรียบเทียบกำลังม้าเบรของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันแก๊สโซลีน ที่มีอัตราส่วนผสมบิวทานอลที่ 0 % , 5 % , 10 % , 15 % , 20 % , 25 % , 30 % ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงกำลังม้าเบรของเครื่องยนต์ตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงไปในทางเดียวกัน และพบว่า อัตราส่วนผสมบิวทานอลที่ 0 , 5 และ 10 % จะมีกำลังม้าเบรเกาะกลุ่มสูงใกล้เคียงกัน เมื่อเพิ่มปริมาณบิวทานอลมากกว่า 10 % ขึ้นไป กำลังม้าเบรจะลดลงอย่างรวดเร็วซึ่งเป็นผลมาจากบิวทานอลมีค่าความร้อนเชื้อเพลิง 36,779 kJ/kg ซึ่งน้อยกว่าน้ำมันแก๊สโซลีนที่มีค่าความร้อนเชื้อเพลิง 46,397 kJ/kg ถ้าหากใช้บิวทานอลผสม 10 % เชื้อเพลิงจะมีค่าความร้อนเชื้อเพลิง 45,521 kJ/kg ซึ่งมีส่วนทำให้ค่ากำลังม้าเบรลดลง 3.18 % เมื่อเทียบกับน้ำมันแก๊สโซลีนโดยเฉลี่ยทุกความเร็วรอบ และที่ความเร็วรอบ 3400 รอบต่อนาที เครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันแก๊สโซลีนจะให้ค่ากำลังม้าเบรสูงสุด (Maximum Brake Power) 16.73 kW ในขณะที่

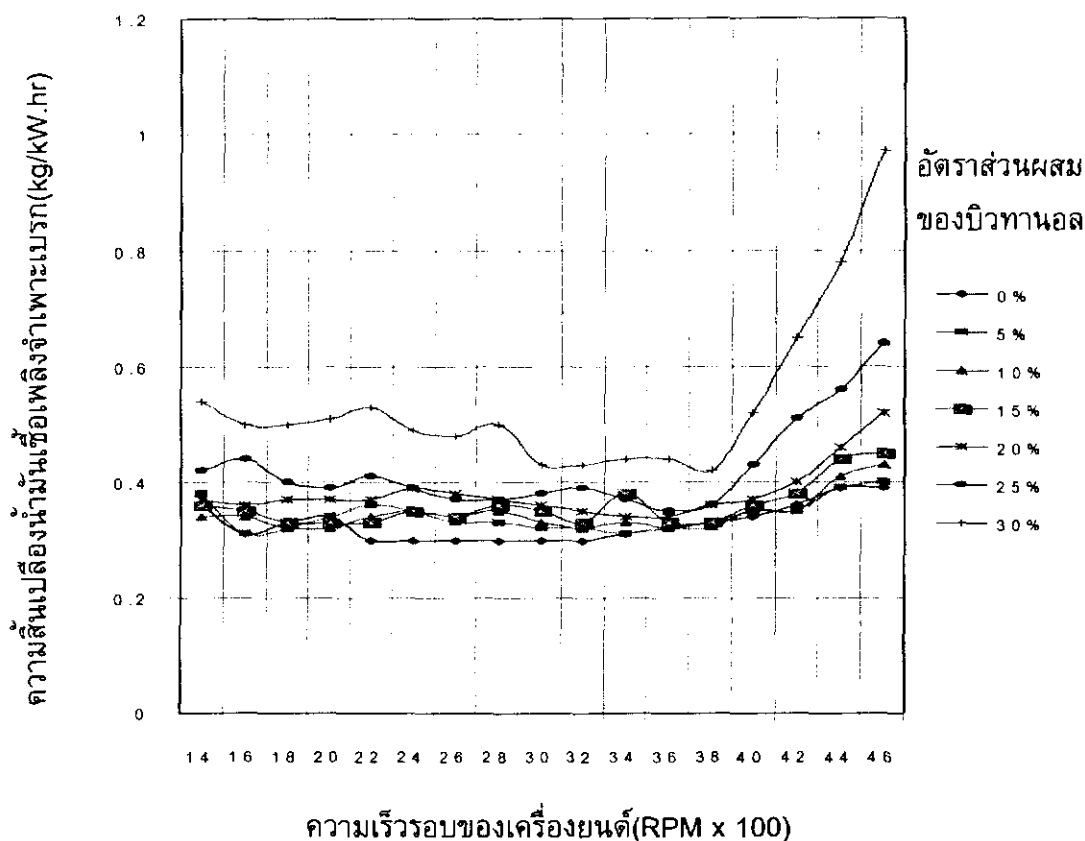
เครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงบิวทานอลผสม 10 % จะให้ค่ากำลังม้าเบรกสูงสุด (Maximum Brake Power) 16.46 Kw ที่ความเร็วรอบ 3600 รอบต่อนาที



ภาพประกอบ 26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่ส่วนผสมต่างกัน โดยเส้นแรงปิกมีสีเปิดคงที่ที่ 50 %

จากภาพประกอบ 26 ซึ่งเป็นกราฟแสดงเปรียบเทียบแรงบิดของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันแก๊สโซลีน ที่มีอัตราส่วนผสมบิวทานอลที่ 0 % , 5 % , 10 % , 15 % , 20 % 25 % , 30 % ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงแรงบิดของเครื่องยนต์ตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงไปในทางเดียวกันและพบว่าอัตราส่วนผสมบิวทานอลที่ 0 , 5 และ 10 % จะมีแรงบิดเกาะกลุ่มสูงใกล้เคียงกัน เมื่อเพิ่มปริมาณบิวทานอลมากกว่า 10 % ขึ้นไป แรงบิดจะลดลงอย่างรวดเร็วเป็นผลมาจากค่าความร้อนเชื้อเพลิงที่ลดลง ถ้าหากใช้บิวทานอลผสม 10 % ค่าแรงบิดลดลง 2.18 % เมื่อเทียบกับน้ำมันแก๊สโซลีนโดยเฉลี่ยทุกความเร็วรอบ และที่ความเร็วรอบเดียวกันคือประมาณ 1600 รอบต่อนาที เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีนจะให้ค่าแรงบิดสูงสุด (Maximum Torque)

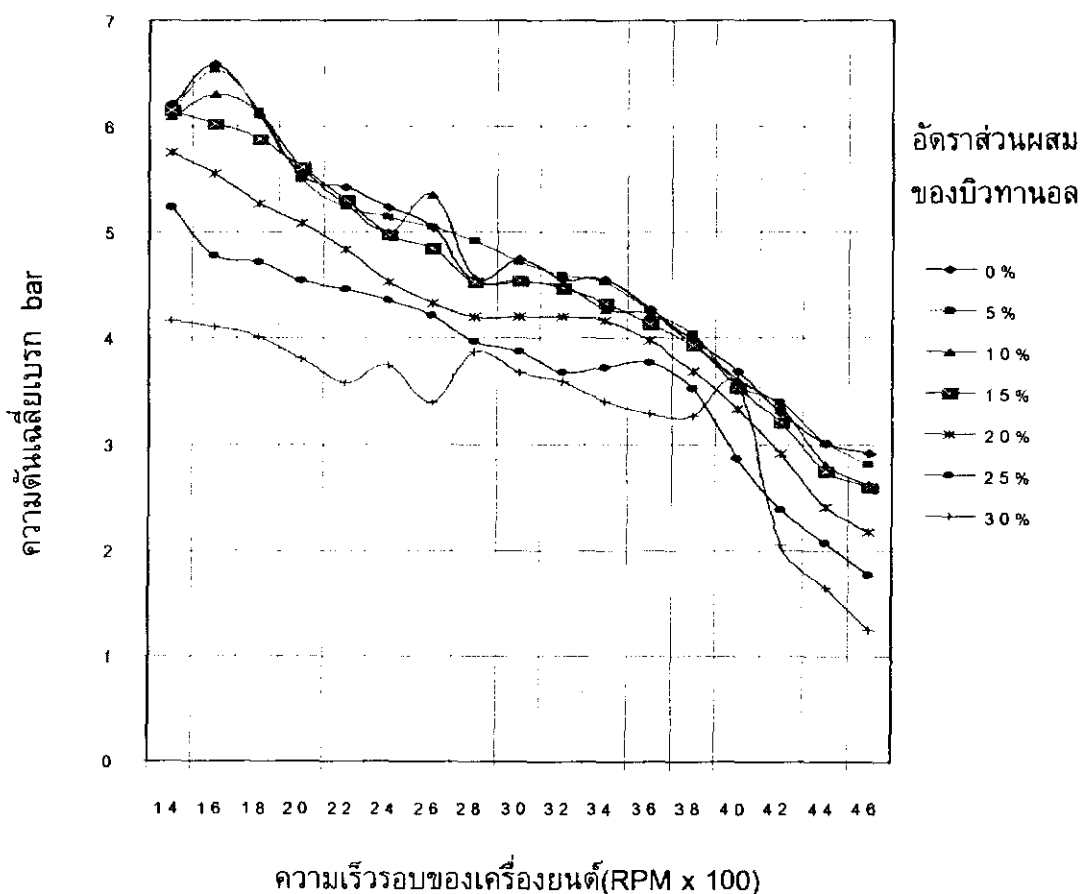
68 N.m ในขณะที่เครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงบิวทานอลผสม 10 % จะให้ค่าแรงบิดสูงสุด (Maximum Torque) 65.05 N.m



ภาพประกอบ 27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรค กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่ส่วนผสมต่างกัน โดยลิ้นเร่งปีกผีเสื้อเปิดคงที่ที่ 50 %

จากภาพประกอบ 27 ซึ่งเป็นกราฟแสดงเปรียบเทียบความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันแก๊สโซลีน ที่มีอัตราส่วนผสมบิวทานอลที่ 0 % 5 % , 10 % , 15 % , 20 % 25 % , 30 % ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคของเครื่องยนต์ตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงไปในทางเดียวกันและพบว่าอัตราส่วนผสมบิวทานอลที่ 0 , 5 และ 10 % จะมีความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคเกาะกลุ่มใกล้เคียงกัน เมื่อเพิ่มปริมาณบิวทานอลมากกว่า 10 % ขึ้นไป ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคจะเพิ่มขึ้นมากอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นผลมาจากบิวทานอลมีค่าความร้อนเชื้อเพลิงที่น้อยกว่าน้ำมันแก๊สโซลีน ถ้าหากใช้บิวทานอลผสม 10 % ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคเพิ่มขึ้น 5.18 % เมื่อเทียบกับน้ำมันแก๊สโซลีนโดยเฉลี่ยทุกความเร็วรอบ และที่ความเร็วรอบประมาณ 2200

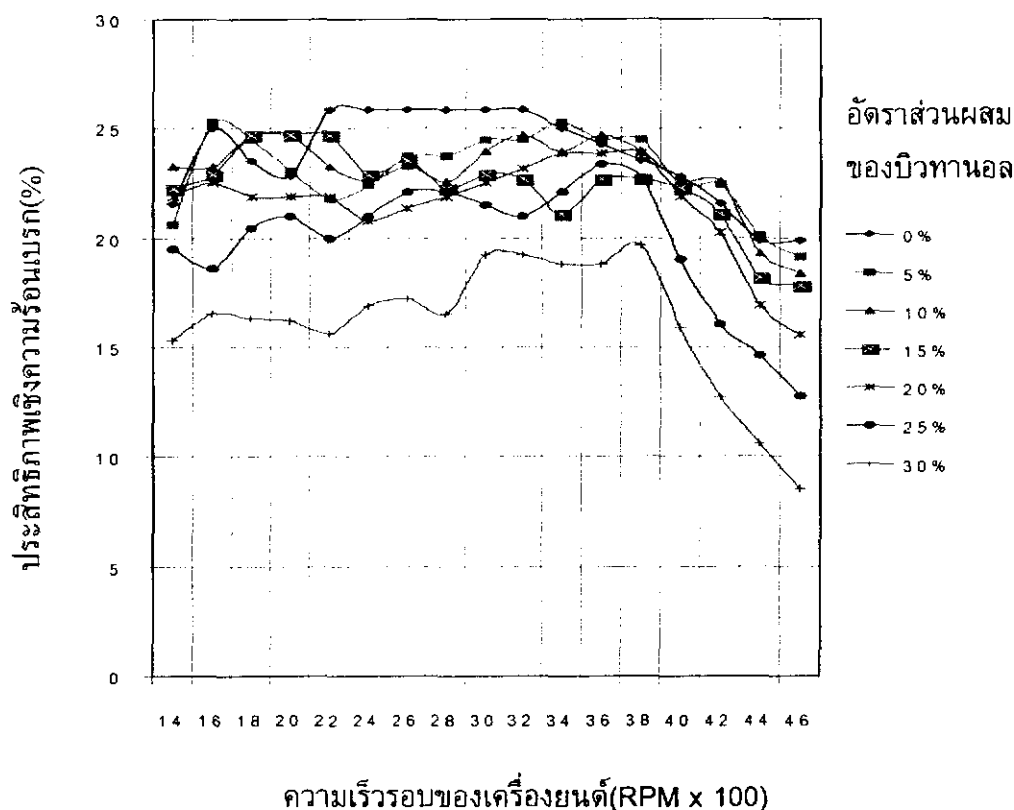
รอบต่อนาที เครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันแก๊สโซลีน จะให้ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกดต่ำสุด 0.3 kg / Kw.hr ในขณะที่เครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงบิวทานอลผสม 10 % จะให้ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกดต่ำสุด 0.32 kg / Kw.hr ที่ความเร็วรอบประมาณ 2000 รอบต่อนาที



ภาพประกอบ 28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันเฉลี่ยเบรกดกับความเร็วนรอบของเครื่องยนต์ที่ส่วนผสมต่างกัน โดยสิ้นแรงปีกผีเสื้อเปิดคงที่ที่ 50 %

จากภาพประกอบ 28 ซึ่งเป็นกราฟแสดงเปรียบเทียบความดันเฉลี่ยเบรกดของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันแก๊สโซลีน ที่มีอัตราส่วนผสมบิวทานอลที่ 0 % , 5 % , 10 % , 15 % , 20 % , 25 % , 30 % ที่ความเร็วรอบต่างๆ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงความดันเฉลี่ยเบรกดของเครื่องยนต์ตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงไปในทางเดียวกัน และพบว่าอัตราส่วนผสมบิวทานอลที่ 0 % , 5 % และ 10 % จะมีความดันเฉลี่ยเบรกดเกาะกลุ่มสูงใกล้เคียงกัน เมื่อเพิ่มปริมาณบิวทานอลมากกว่า 10 % ขึ้นไป ความดันเฉลี่ยเบรกดจะลดลงอย่างรวดเร็ว ถ้าหากใช้บิวทานอลผสม 10 % ค่าความดันเฉลี่ยเบรกดลดลง 1.726 % เมื่อเทียบกับน้ำมันแก๊สโซลีนโดยเฉลี่ยทุกความเร็วรอบ และที่ความเร็วรอบ

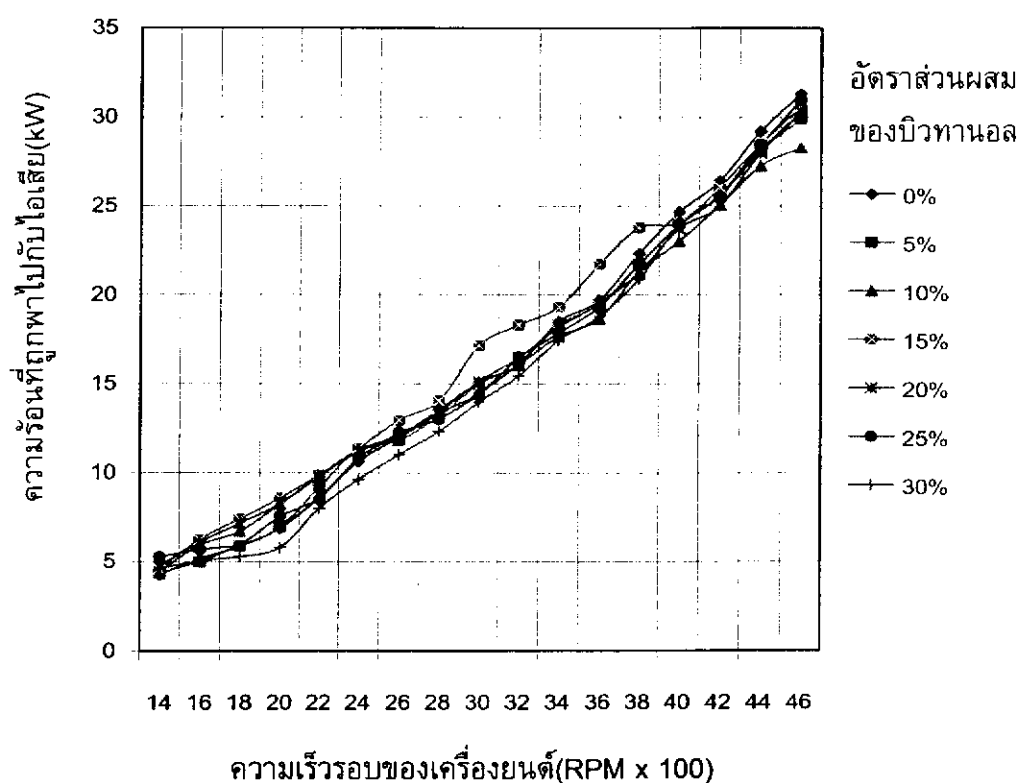
1600 รอบต่อนาที เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีนจะให้ค่าความดันเฉลี่ยเบรกสูงสุด 6.59 bar ในขณะที่เครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงบิวทานอลผสม 10 % จะให้ค่าความดันเฉลี่ยเบรก สูงสุด 6.31 bar ที่ความเร็วรอบ 1600 รอบต่อนาที



ภาพประกอบ 29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกกับความเร็วนรอบของเครื่องยนต์ ที่ส่วนผสมต่างกัน โดยสิ้นแรงปีกผีเสื้อเปิดคงที่ที่ 50 %

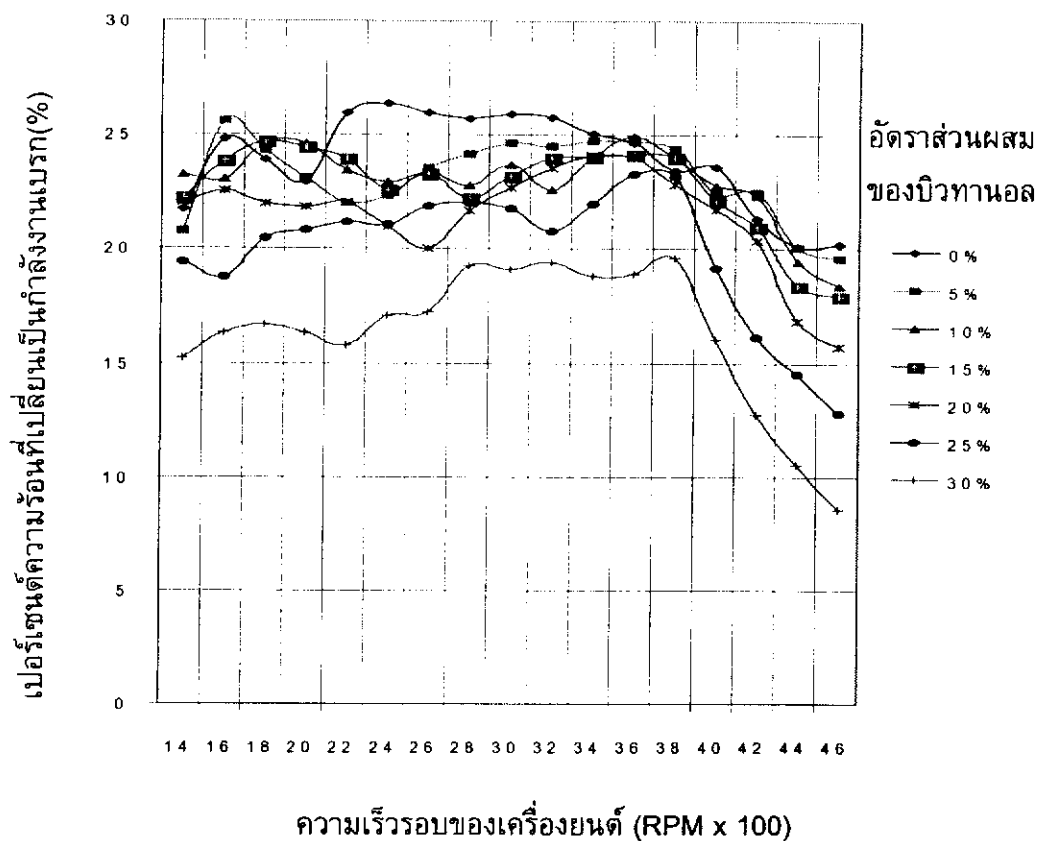
จากภาพประกอบ 29 ซึ่งเป็นกราฟแสดงเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก η_{bth} ของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันแก๊สโซลีน ที่มีอัตราส่วนผสมบิวทานอลที่ 0 % , 5 % , 10 % , 15 % , 20 % , 25 % , 30 % ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ ซึ่งจะเห็นได้ว่า การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกของเครื่องยนต์ตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงไปในทางเดียวกันและพบว่าอัตราส่วนผสมบิวทานอลที่ 0 , 5 และ 10 % จะมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกเกาะกลุ่มสูงใกล้เคียงกัน เมื่อเพิ่มปริมาณบิวทานอลมากกว่า 10 % ขึ้นไปประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก η_{bth} จะลดลงมากอย่างรวดเร็ว ถ้าหากใช้บิวทานอลผสม 10 % ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก ลดลง 0.17 % เมื่อเทียบกับน้ำมันแก๊สโซลีนโดยเฉลี่ยทุกความเร็วรอบ และที่ความเร็วรอบ 2200 รอบต่อนาที

เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีนจะให้ค่า ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกสูงสุด 25.86 % ในขณะที่เครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงบิวทานอลผสม 10 % จะให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกสูงสุด 24.71 % ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที



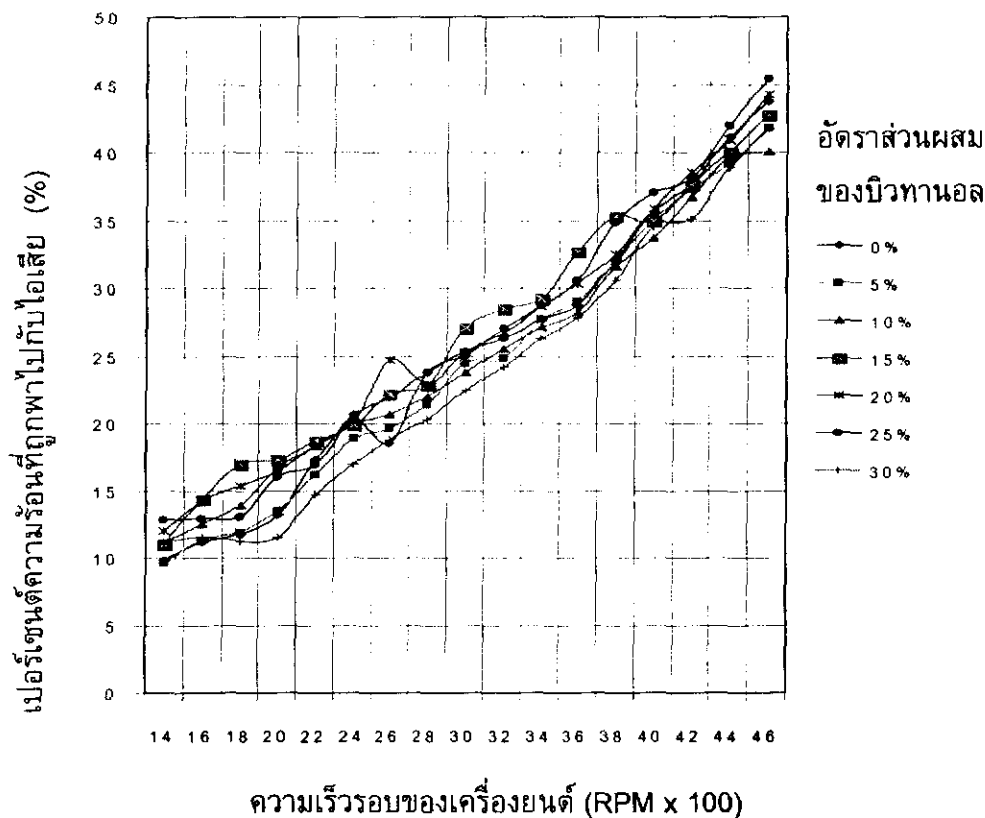
ภาพประกอบ 30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนที่ถูกพาไปกับไอเสียกับความเร็วนรอบของเครื่องยนต์ โดยลิ้นเร่งปีกผีเสื้อเปิดคงที่ที่ 50 %

จากภาพประกอบ 30 ซึ่งเป็นกราฟแสดงเปรียบเทียบความร้อนที่ถูกพาไปกับไอเสียของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันแก๊สโซลีน ที่มีอัตราส่วนผสมบิวทานอลที่ 0 % , 5 % , 10 % , 15 % , 20 % , 25 % , 30 % ที่ความเร็วรอบต่างๆ ซึ่งจะเห็นได้ว่าความร้อนที่ถูกพาไปกับไอเสียของเครื่องยนต์ มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงไปในทางเดียวกัน ตามความเร็วรอบเครื่องยนต์ และพบว่าอัตราส่วนผสมบิวทานอลที่ 0 , 5 และ 10 % จะมีความร้อนที่ถูกพาไปกับไอเสียของเครื่องยนต์เกาะกลุ่มสูงใกล้เคียงกัน และจากการคำนวณถ้าใช้บิวทานอล 10 % จะทำให้ความร้อนที่ถูกพาไปกับไอเสียลดลงประมาณ 2.42 % เมื่อเทียบกับน้ำมันแก๊สโซลีน โดยเฉลี่ยทุกความเร็วรอบ เมื่อเพิ่มปริมาณบิวทานอลมากกว่า 10 % ขึ้นไป ความร้อนที่ถูกพาไปกับไอเสียจะลดลงเล็กน้อย ซึ่งแสดงว่าค่าความร้อนเชื้อเพลิงที่มีค่าแตกต่างกันของบิวทานอลและน้ำมันแก๊สโซลีนไม่มีผลต่อความร้อนที่ถูกพาไปกับไอเสียมากนัก



ภาพประกอบ 31 กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความร้อนที่เปลี่ยนเป็นกำลังงานเบรกกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ โดยลิ้นเร่งปีกผีเสื้อเปิดคงที่ที่ 50 %

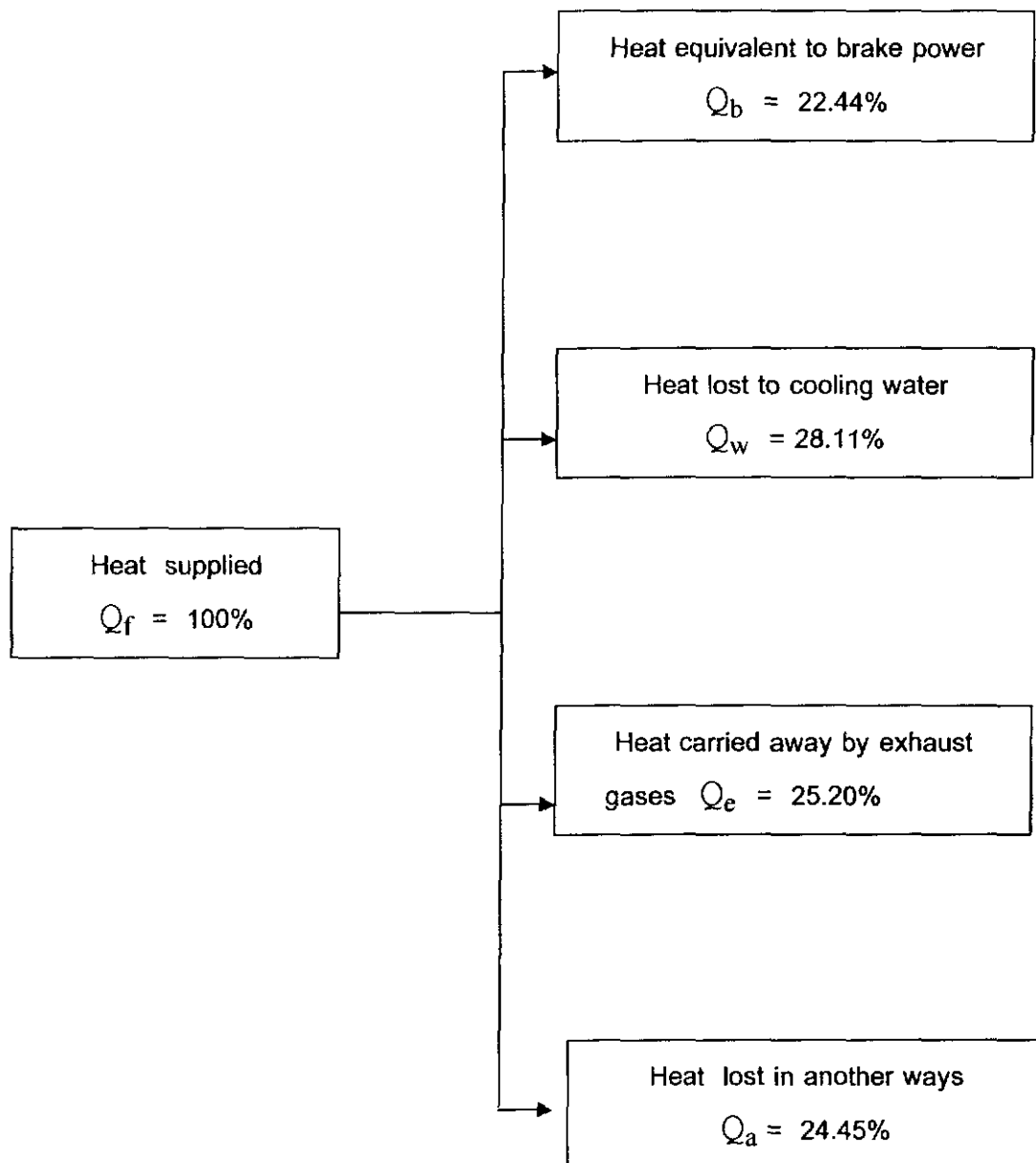
จากภาพประกอบ 31 ซึ่งเป็นกราฟแสดงเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความร้อนที่เปลี่ยนเป็นกำลังงานเบรกของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันแก๊สโซลีน ที่มีอัตราส่วนผสมบิวทานอล ที่ 0 % , 5 % , 10 % , 15 % , 20 % , 25 % , 30 % ที่ความเร็วรอบต่างๆ ซึ่งจะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์ความร้อนที่เปลี่ยนเป็นกำลังงานเบรกของเครื่องยนต์ตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงไปในทางเดียวกัน และพบว่า อัตราส่วนผสมบิวทานอล ที่ 0 , 5 และ 10 % จะมีความร้อนที่เปลี่ยนเป็นกำลังงานเบรกเกาะกลุ่มสูงใกล้เคียงกัน เมื่อเพิ่มปริมาณบิวทานอลมากกว่า 10 % ขึ้นไป เปอร์เซ็นต์ความร้อนที่เปลี่ยนเป็นกำลังงานเบรกจะลดลงอย่างรวดเร็ว ถ้าหากใช้บิวทานอลผสม 10 % เปอร์เซ็นต์ความร้อนที่เปลี่ยนเป็นกำลังงานเบรกลดลง 4.26 % เมื่อเทียบกับน้ำมันแก๊สโซลีน โดยเฉลี่ยทุกความเร็วรอบ และที่ความเร็วรอบ 2400 รอบต่อนาที เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีนจะมีเปอร์เซ็นต์ความร้อนที่เปลี่ยนเป็นกำลังงานเบรกสูงสุด 26.35 % ในขณะที่เครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงบิวทานอลผสม 10 % จะมีเปอร์เซ็นต์ความร้อนที่เปลี่ยนเป็นกำลังงานเบรกสูงสุด 24.66 % ที่ความเร็วรอบ 1800 รอบต่อนาที



ภาพประกอบ 32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความร้อนที่ถูกพาไปกับไอเสีย กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ โดยลิ้นเร่งปีกผีเสื้อเปิดคงที่ที่ 50 %

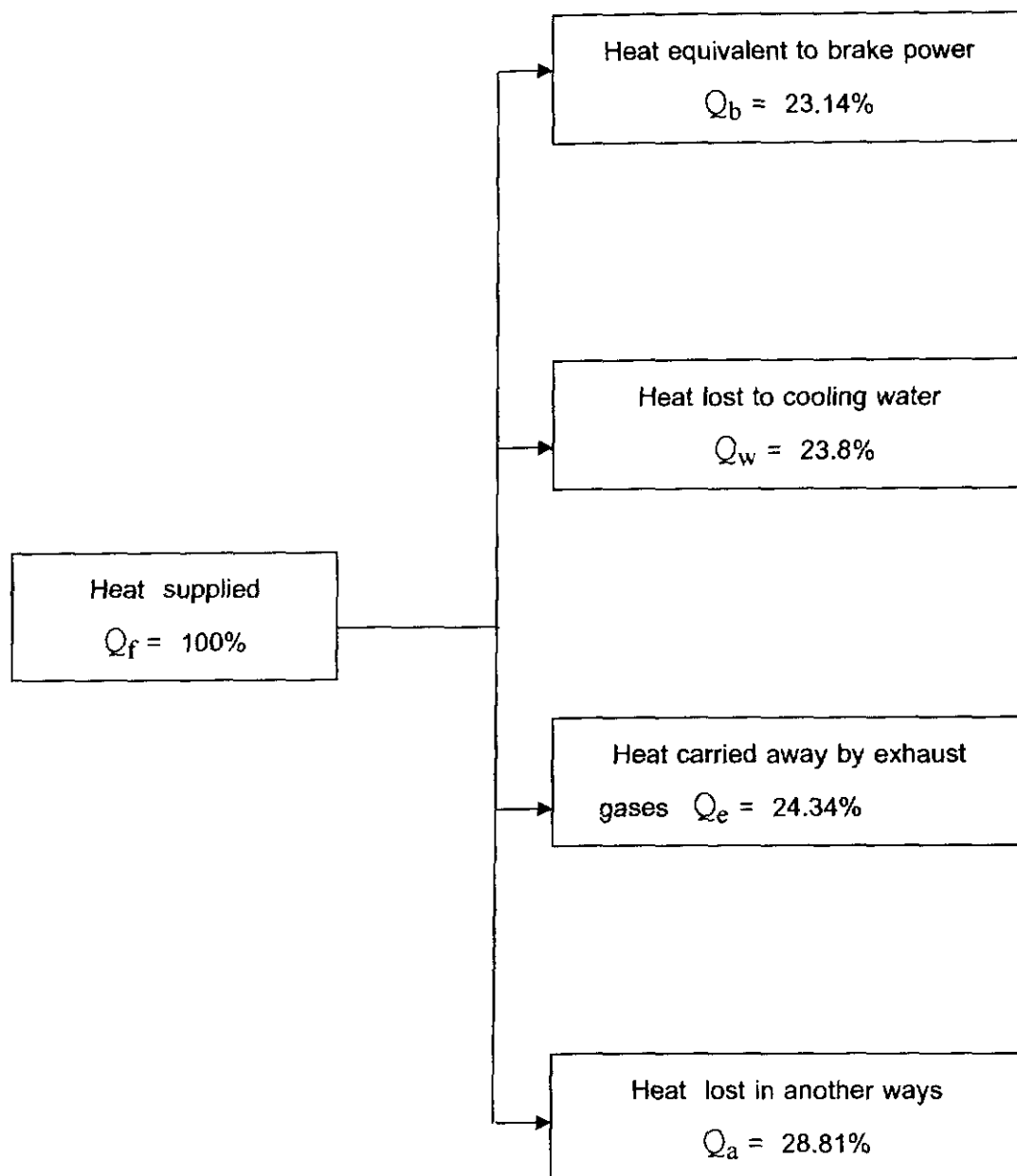
จากภาพประกอบ 32 ซึ่งเป็นกราฟแสดงเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความร้อนที่ถูกพาไปกับไอเสียของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันแก๊สโซลีน ที่มีอัตราส่วนผสมบิวทานอลที่ 0 % , 5 % , 10 % , 15 % , 20 % , 25 % , 30 % ที่ความเร็วรอบต่างๆ ซึ่งจะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์ความร้อนที่ถูกพาไปกับไอเสียของเครื่องยนต์ ตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงไปในทางเดียวกัน และพบว่าอัตราส่วนผสมบิวทานอลที่ 0 , 5 และ 10 % จะมีเปอร์เซ็นต์ความร้อนที่ถูกพาไปกับไอเสียเกาะกลุ่มสูงใกล้เคียงกัน และจากการคำนวณถ้าใช้บิวทานอล 10 % จะทำให้เปอร์เซ็นต์ความร้อนที่ถูกพาไปกับไอเสียลดลงประมาณ 2.45 % เมื่อเทียบกับน้ำมันแก๊สโซลีนโดยเฉลี่ยทุกความเร็วรอบ เมื่อเพิ่มปริมาณบิวทานอลมากกว่า 10 % ขึ้นไป เปอร์เซ็นต์ความร้อนที่ถูกพาไปกับไอเสียจะลดลงเล็กน้อย ซึ่งแสดงว่าค่าความร้อนเชื้อเพลิงที่มีค่าแตกต่างกันของบิวทานอลและน้ำมันแก๊สโซลีนไม่มีผลต่อความร้อนที่ถูกพาไปกับไอเสียมากนัก

การสมดุลความร้อนของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน
(Heat balance of gasoline engine)



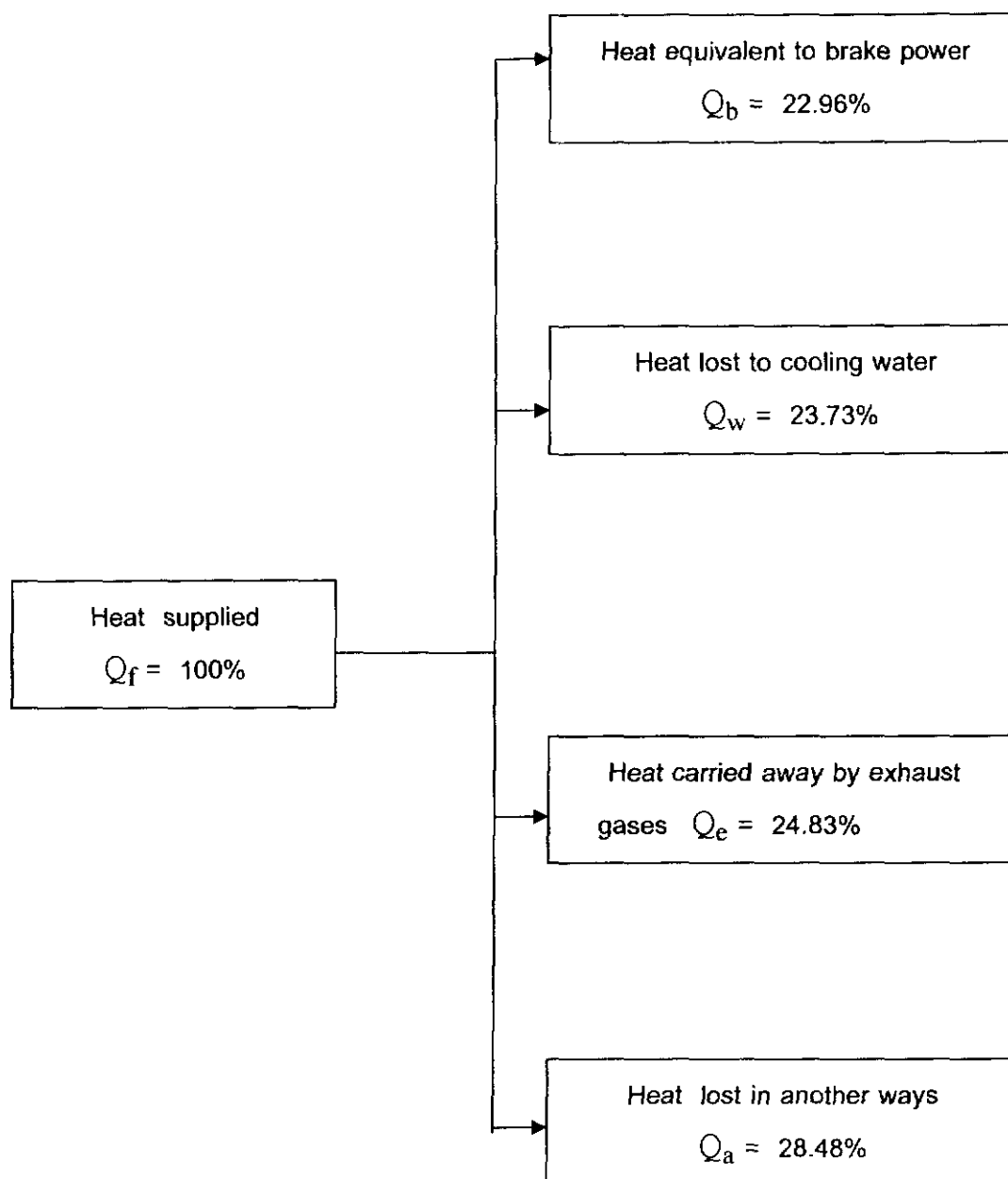
ภาพประกอบ 33 แผนภาพการไหลของพลังงานความร้อนของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนเมื่อใช้น้ำมัน แก๊สโซลีน 91 ทดสอบที่ล้นเร่งปีกผีเสื้อเปิดคงที่ที่ 50 %

การสมดุลความร้อนของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน
(Heat balance of gasoline engine)



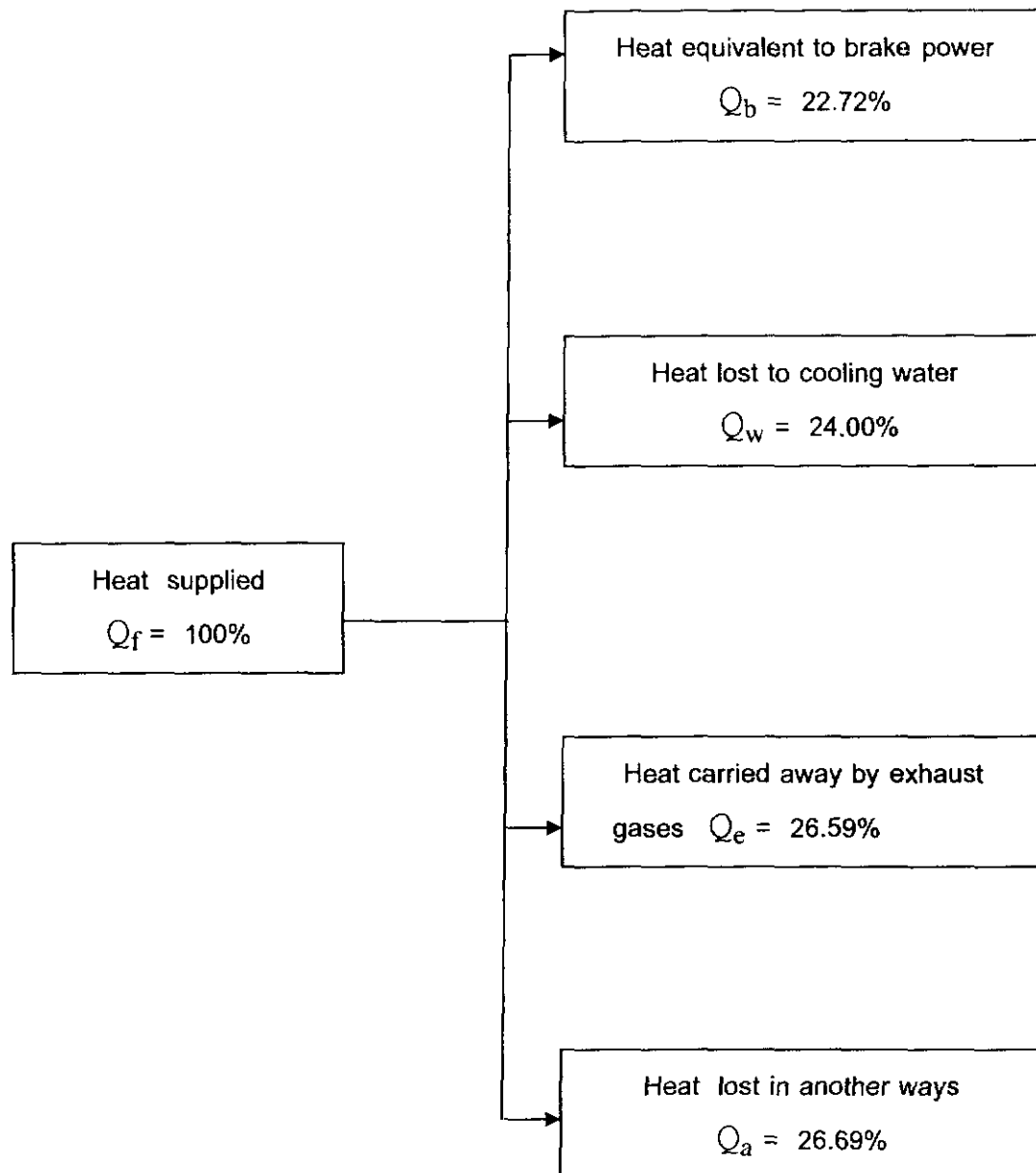
ภาพประกอบ 34 แผนภาพการไหลของพลังงานความร้อนของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนเมื่อใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสมกับบิวทานอลที่อัตราส่วน 95 : 5 โดยปริมาตรเชื้อเพลิงทดสอบที่ล้นเร่งปีกผีเสื้อเปิดคงที่ที่ 50 %

การสมดุลความร้อนของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน
(Heat balance of gasoline engine)



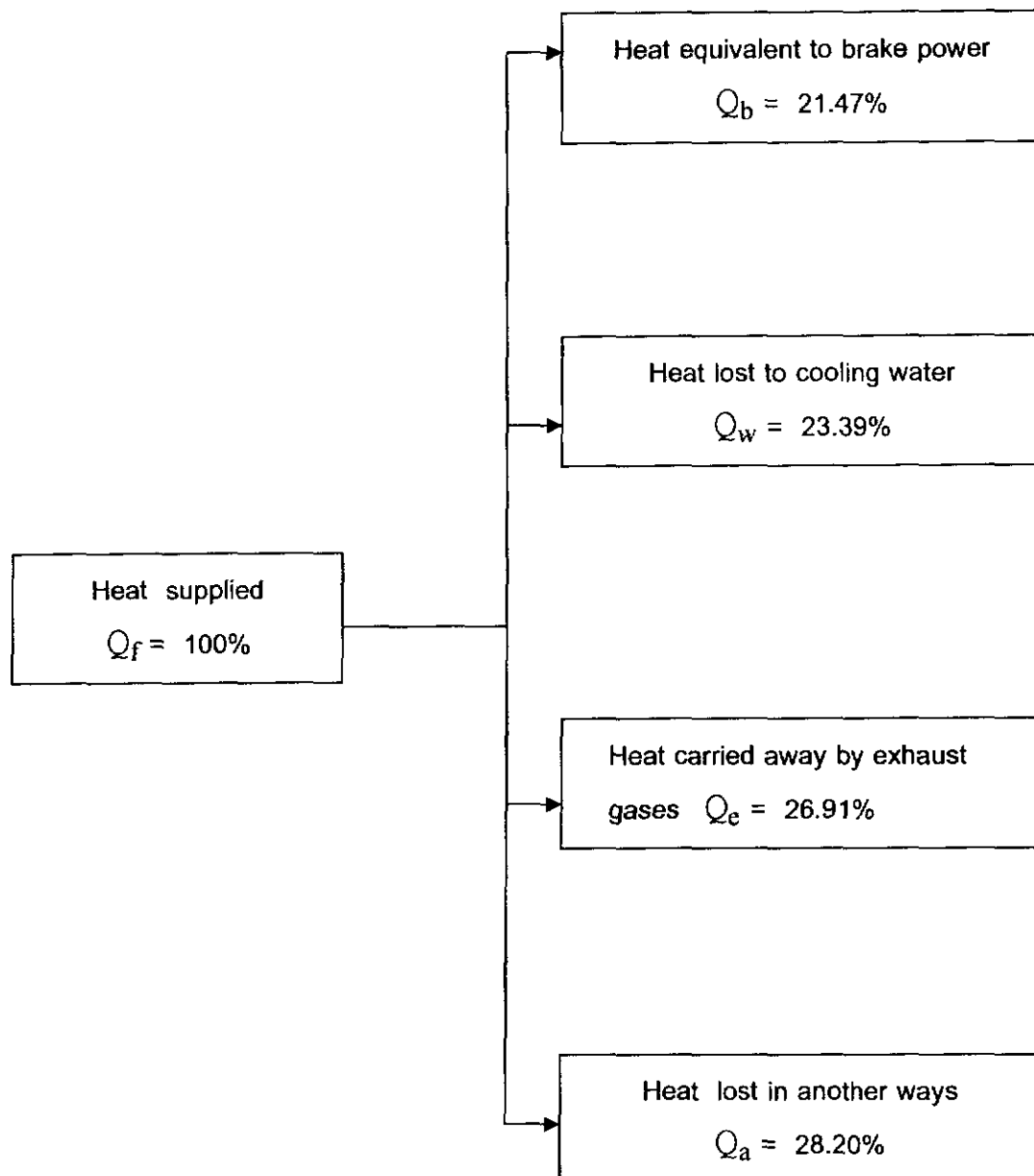
ภาพประกอบ 35 แผนภาพการไหลของพลังงานความร้อนของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เมื่อใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสมกับบิวทานอลที่อัตราส่วน 90 : 10 โดยปริมาตรเชื้อเพลิงทดสอบที่ล้นแรงปีกผีเสื้อเปิดคงที่ที่ 50 %

การสมดุลความร้อนของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน
(Heat balance of gasoline engine)



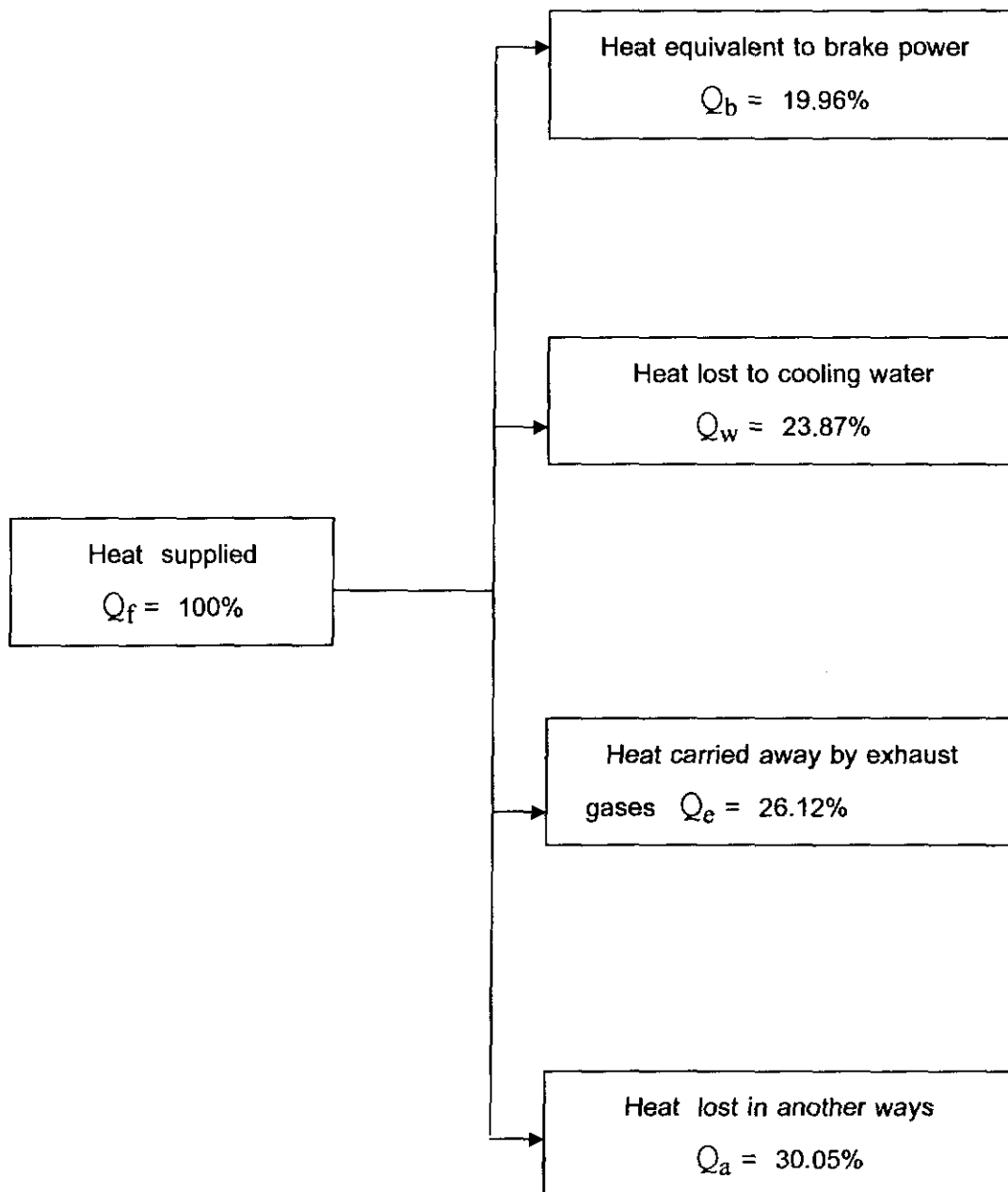
ภาพประกอบ 36 แผนภาพการไหลของพลังงานความร้อนของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เมื่อใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสมกับบิวทานอลที่อัตราส่วน 85 : 15 โดยปริมาตรเชื้อเพลิงทดสอบที่สิ้นแรงปีกผีเสื้อเปิดคงที่ที่ 50 %

การสมดุลความร้อนของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน
(Heat balance of gasoline engine)



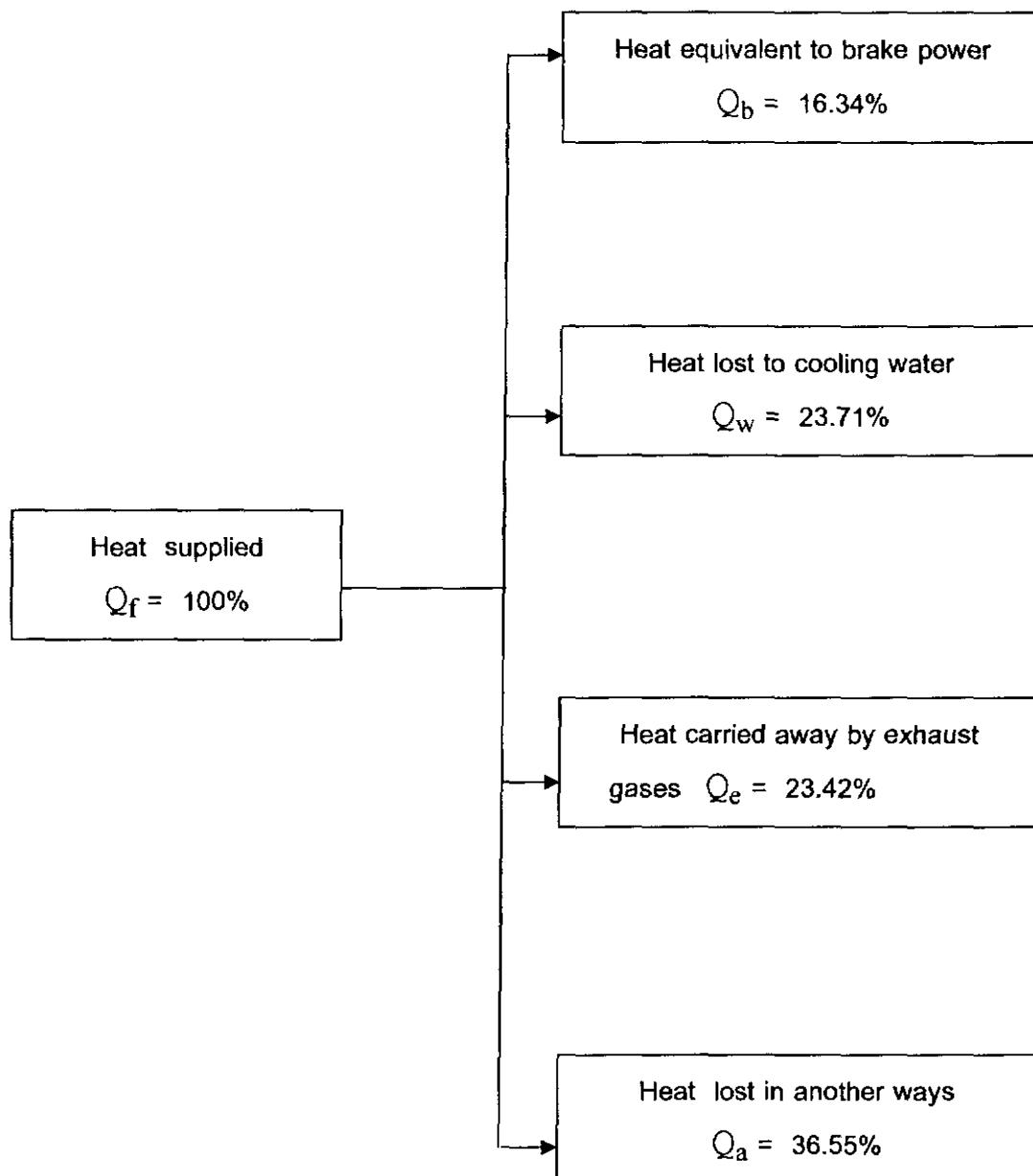
ภาพประกอบ 37 แผนภาพการไหลของพลังงานความร้อนของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เมื่อใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสมกับบิวทานอลที่อัตราส่วน 80 : 20 โดยปริมาตรเชื้อเพลิงทดสอบที่ล้นแรงปีกผีเสื้อเปิดคงที่ที่ 50 %

การสมดุลความร้อนของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน
(Heat balance of gasoline engine)



ภาพประกอบ 38 แผนภาพการไหลของพลังงานความร้อนของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เมื่อใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสมกับบิวทานอลที่อัตราส่วน 75 : 25 โดยปริมาตรเชื้อเพลิงทดสอบที่สิ้นแรงปีกผีเสื้อเปิดคงที่ที่ 50 %

การสมดุลความร้อนของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน
(Heat balance of gasoline engine)



ภาพประกอบ 39 แผนภาพการไหลของพลังงานความร้อนของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เมื่อใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสมกับบิวทานอลที่อัตราส่วน 70 : 30 โดยปริมาตรเชื้อเพลิงทดสอบที่สิ้นแรงปีกผีเสื้อเปิดครั้งที่ 50 %

จากภาพประกอบ 33 – 39 เป็นภาพการสมดุลความร้อนของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน จากแผนภาพจะพบว่า ความร้อนที่เปลี่ยนเป็นกำลังม้าเบรกที่อัตราส่วนผสมบิวทานอลที่ 0% , 5% และ 10 % จะมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อเพิ่มปริมาณบิวทานอลมากกว่า 10 % ขึ้นไป ความร้อนที่เปลี่ยนเป็นกำลังม้าเบรกจะลดลงมาก

ตาราง 1 แสดงผลสมรรถนะของเครื่องยนต์

ส่วนผสม บิวทานอล %	P _b สูงสุด kW	Torque สูงสุด N.m	bsfc ต่ำสุด kg/Kw.hr	η_{bth} สูงสุด %	$\dot{m}_f$ ต่ำสุด kg/hr	Bmep สูงสุด bar
0	16.73 @3400RPM	68.00 @1600RPM	0.30 @2200RPM	25.86 @2200RPM	3.35 @1400RPM	6.59 @1600RPM
5	16.62 @3400RPM	67.33 @1600RPM	0.31 @1600RPM	25.29 @1600RPM	3.46 @1600RPM	6.53 @1600RPM
10	16.46 @3600RPM	65.05 @1600RPM	0.32 @1800RPM	24.71 @1800RPM	3.13 @1400RPM	6.31 @1600RPM
15	16.17 @3800RPM	63.44 @1400RPM	0.33 @1800RPM	24.68 @1800RPM	3.35 @1400RPM	6.15 @1400RPM
20	15.46 @3600RPM	59.33 @1400RPM	0.34 @3400RPM	23.85 @3400RPM	3.20 @1400RPM	5.76 @1400RPM
25	14.65 @3600RPM	54.22 @1400RPM	0.35 @3600RPM	23.38 @3600RPM	3.35 @1400RPM	5.26 @1400RPM
30	13.40 @3800RPM	42.97 @1400RPM	0.42 @3400RPM	19.69 @3800RPM	3.42 @1400RPM	4.17 @1400RPM

การสังเกตลักษณะทางกายภาพของเครื่องยนต์ พบว่า เมื่อส่วนผสมของบิวทานอลเพิ่มมากขึ้น คือ เกิน 10% ขึ้นไป ทำให้เครื่องยนต์เดินไม่เรียบ และตั้งแต่ 25% จะมีการจุดระเบิดที่ทอร่วมไอเสีย

ผลการทดสอบการสึกหรอของเครื่องยนต์

ผลการทดสอบการสึกหรอของเครื่องยนต์ที่ใช้บิวทานอลผสม 10 % ซึ่งทำการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1,500 รอบต่อนาที ทดสอบต่อเนื่องเป็นเวลา 300 ชั่วโมง

1. ผลการสังเกตลักษณะโดยทั่วไปของชิ้นส่วนของเครื่องยนต์

จากผลการตรวจสภาพโดยทั่วไปของชิ้นส่วนของเครื่องยนต์หลังการทดสอบการสึกหรอครบ 300 ชั่วโมงโดยการถอดแยกชิ้นส่วนและสังเกตลักษณะภายนอกของชิ้นส่วนต่าง ๆ และถ่ายรูป ซึ่งแสดงดังในภาคผนวก ง ผลที่ได้คือในเครื่องยนต์ที่ใช้บิวทานอลผสม 10 % นั้น จะพบว่ามีคราบเขม่าสีดำบางๆ เกาะอยู่บริเวณหัวลูกสูบ ฝาสูบหน้าวาล์วไอดีและหน้าวาล์วไอ

เสีย ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากในบิวทานอลนั้นซึ่งเป็นเชื้อเพลิงที่ผลิตขึ้นมาจากพืชประเภทแป้ง และน้ำตาลเมื่อทำการเผาไหม้แล้วอาจจะมีสารบางตัวที่เผาไหม้ไม่หมด เช่น ประเภทสารอินทรีย์ ที่มีอยู่ในพืช จึงเหลือตกค้างในห้องเผาไหม้และจับตัวกับเป็นเขม่าหนา ซึ่งจากการศึกษาของ สถาบันวิจัยและเทคโนโลยี ปตท. ได้ให้เหตุผลของการเกิดเขม่าลักษณะนี้ว่า เมื่อเชื้อเพลิงเข้ามาในห้องเผาไหม้โดยผ่านทางวาล์วไอดี ก็จะมีการดูดซับเชื้อเพลิงที่บริเวณลิ้นไอดี เนื่องจากมีสิ่งสกปรกที่บริเวณดังกล่าวจึงทำให้การระเหยตัวของเชื้อเพลิงที่เข้าไปนั้น ไม่สามารถระเหยได้ทัน จึงทำให้เกิดสะสมที่บริเวณดังกล่าว ซึ่งผลที่จะเกิดขึ้นกับเครื่องยนต์ที่มีคราบเขม่าเกาะอยู่มากดังกล่าวคือ เครื่องยนต์ติดยากหรือจนถึงขั้นไม่สามารถติดเครื่องได้เลย เครื่องยนต์มีอาการสั่นขณะเดินเบา อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นและอื่น ๆ

2. ผลจากการวัดขนาดชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ด้วยเครื่องมือวัดละเอียด

การวัดขนาดชิ้นส่วนของเครื่องยนต์จะทำการวัดเปรียบเทียบกันของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงบิวทานอลผสม 10 % ก่อนและหลังการเดินเครื่องยนต์ทดสอบการสึกหรอ 300 ชั่วโมง ชิ้นส่วนหลักของเครื่องยนต์ที่ทำการวัดประกอบด้วย กระบอกสูบ ลูกสูบ ระบายห่างปากแหวนลูกสูบ ก้านสูบ ก้านวาล์วไอดีไอดีเสีย เฟลาข้อเหวี่ยง ฝาสูบ ผลที่ได้จากการวัด นั้นจะเห็นว่าขนาดที่วัดได้มีค่าแตกต่างกันน้อยมาก

เพราะฉะนั้นโดยสรุปจากผลการทดสอบการสึกหรอของเครื่องยนต์จากการวัดขนาดของชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ด้วยเครื่องมือวัดละเอียดในครั้งนี้ ไม่แตกต่างกัน

3. ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะในน้ำมันเครื่อง

การวิเคราะห์ปริมาณโลหะในน้ำมันเครื่อง ทำการวิเคราะห์ ตามมาตรฐาน ASTM D 5185 โดยสถาบันวิจัยและเทคโนโลยี การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย (ปตท.) ซึ่งผลการวิเคราะห์และใบรับรองผลการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ข ในการวิเคราะห์ครั้งนี้ชนิดของโลหะที่ทำการวิเคราะห์ประกอบด้วย Fe, Al, Pb, Cu, Cr และ Si ซึ่งแหล่งที่มาของโลหะต่าง ๆ ดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 โลหะหลักที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในชิ้นส่วนของเครื่องยนต์

Parts of engine	Metal type
Cylinder Liner	Fe
Piston	Al, Si, Fe, Cu
Piston Ring	Cr, Fe, Si
Oil Ring Filler	Al
Crank Shaft	Fe, Cr, Si
Cam Shaft	Fe, Si
Bearing	Cu, Pb

หลังจากทดสอบเครื่องยนต์เป็นเวลา 300 ชั่วโมง ข้อสรุปจากผลการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D 5185

1. เหล็ก (Fe) ซึ่งเป็นโลหะหลักของชิ้นส่วนต่าง ๆ เช่น กระบอกสูบ เพลาข้อเหวี่ยง เพลาลูกเบี้ยว สลักลูกสูบ รวมทั้งแหวนลูกสูบ จากผลการวิเคราะห์โดยสถาบันวิจัยและเทคโนโลยี การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย (ปตท.) ตามมาตรฐาน ASTM D 5185 100 ชั่วโมงมีเหล็กอยู่ 30.70 ppm 200 ชั่วโมงมีเหล็กอยู่ 29.33 ppm 300 ชั่วโมงมีเหล็กอยู่ 32.80 ppm

2. อะลูมิเนียม (Al) ซึ่งเป็นโลหะหลักของลูกสูบ จากผลการวิเคราะห์โดยสถาบันวิจัยและเทคโนโลยี การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย (ปตท.) ตามมาตรฐาน ASTM D 5185 100 ชั่วโมงมีอะลูมิเนียมอยู่ 5.72 ppm 200 ชั่วโมงมีอะลูมิเนียมอยู่ 5.98 ppm 300 ชั่วโมงมีอะลูมิเนียมอยู่ 6.64 ppm

3. ทองแดง (Cu) เป็นโลหะหลักในบูช (bush) และแบรริง (bearing) ต่าง ๆ จากผลการวิเคราะห์โดยสถาบันวิจัยและเทคโนโลยี การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย (ปตท.) ตามมาตรฐาน ASTM D 5185 100 ชั่วโมงมีทองแดงอยู่ 5.75 ppm 200 ชั่วโมงมีทองแดงอยู่ 6.47 ppm 300 ชั่วโมงมีทองแดงอยู่ 7.52 ppm

4. โครเมียม (Cr) เป็นโลหะที่ประกอบอยู่ตามชิ้นส่วนต่างเช่น สลักลูกสูบ แหวนลูกสูบ และเพลาข้อเหวี่ยง ซึ่งโดยปกติโครเมียมจะเป็นโลหะที่เป็นตัวเคลือบชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่กล่าวมาดังนั้นถ้าเกิดการสึกหรอของชิ้นส่วนดังกล่าว โครเมียมก็น่าจะเป็นโลหะตัวแรกที่มีการสึกหรอมากที่สุด จากผลการวิเคราะห์โดยสถาบันวิจัยและเทคโนโลยี การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย (ปตท.) ตามมาตรฐาน ASTM D 5185 100 ชั่วโมงมี โครเมียมอยู่ 5.28 ppm 200 ชั่วโมงมี โครเมียมอยู่ 4.91 ppm 300 ชั่วโมงมี โครเมียมอยู่ 5.55 ppm

5. ตะกั่ว (Pb) เป็นโลหะหลักใน crank pin metal ซึ่งมีการหล่อลิ้นแบบ hydrodynamic lubrication เมื่อพิจารณาจากผลการวิเคราะห์โดยสถาบันวิจัยและเทคโนโลยี การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย (ปตท.) ตามมาตรฐาน ASTM D 5185 100 ชั่วโมงมีอยู่ตะกั่ว 4.73 ppm 200 ชั่วโมงมีตะกั่วอยู่ 4.19 ppm 300 ชั่วโมงมีตะกั่วอยู่ 4.26 ppm

6. ซิลิคอน (Si) เป็นโลหะที่ประกอบอยู่ในชิ้นส่วนหลายชิ้นด้วยกัน โดยเฉพาะลูกสูบที่มีอะลูมิเนียมเป็นโลหะหลัก จากผลการวิเคราะห์โดยสถาบันวิจัยและเทคโนโลยี การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย (ปตท.) ตามมาตรฐาน ASTM D 5185 100 ชั่วโมงมีซิลิคอนอยู่ 112.2 ppm 200 ชั่วโมงมีซิลิคอนอยู่ 128.0 ppm 300 ชั่วโมงมีซิลิคอน อยู่ 144.7 ppm

จากการตรวจสอบทางเคมีวิเคราะห์พบว่าไม่พบสิ่งผิดปกติในน้ำมันเครื่องที่ใช้เนื่องจากการสึกหรอของเครื่องยนต์

บทที่ 5

สรุปผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้บิวทานอลเป็นส่วนผสมของเชื้อเพลิงได้แบ่งการทดสอบออกเป็นสองส่วน คือ การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์กับการทดสอบการสึกหรอของเครื่องยนต์

จากผลการทดสอบจะเห็นว่า การใช้บิวทานอลผสมกับน้ำมันแก๊สโซลีน 91 เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนนั้น สามารถใช้ได้ ซึ่งส่วนผสมของบิวทานอลที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 0 - 10% โดยจะให้สมรรถนะของเครื่องยนต์ใกล้เคียงกับการใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 เพียงอย่างเดียวและไม่ต้องปรับแต่งเครื่องยนต์ เมื่อใช้เชื้อเพลิงผสมในช่วงดังกล่าวจะทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ลดลง เพียงเล็กน้อย

จากการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ โดยเพิ่มส่วนผสมของบิวทานอลครั้งละ 5% กำลังงานเบรกของเครื่องยนต์ในช่วงอัตราส่วนผสมบิวทานอลที่ 0%, 5% และ 10 % จะมีกำลังม้าเบรกเกาะกลุ่มใกล้เคียงกัน และจากการคำนวณถ้าใช้บิวทานอล 10 % จะทำให้กำลังม้าเบรกลดลงประมาณ 3.18 % แรงบิดลดลงประมาณ 2.18 % เมื่อเพิ่มปริมาณบิวทานอลมากกว่า 10 % ขึ้นไป กำลังม้าเบรกและ แรงบิดจะลดลงมาก ถ้าใช้บิวทานอล 10 % จะทำให้ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกเพิ่มขึ้น 5.18 % เมื่อเพิ่มปริมาณบิวทานอลมากกว่า 10 % ขึ้นไป ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกจะเพิ่มขึ้นมาก โดยเฉลี่ยทุกความเร็วรอบเทียบกับการใช้แก๊สโซลีน 91

ในด้านคุณสมบัติของเชื้อเพลิง เมื่อใช้บิวทานอลผสมกับน้ำมันแก๊สโซลีน 91 จะทำให้ค่าออกเทนนิมเบอร์เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย นั่นคือ เมื่อผสมบิวทานอล 10% จะให้ค่าออกเทนนิมเบอร์ เท่ากับ 92.2 และที่ 20% ค่าออกเทนนิมเบอร์เท่ากับ 92.6 ซึ่งค่าออกเทนนิมเบอร์ของน้ำมันแก๊สโซลีน 91 สถาบันวิจัยและเทคโนโลยี ปตท. ทดสอบค่าได้เท่ากับ 91.5

การสังเกตลักษณะทางกายภาพของเครื่องยนต์ พบว่า เมื่อส่วนผสมของบิวทานอลเพิ่มมากขึ้น คือ เกิน 10% ขึ้นไป ทำให้เครื่องยนต์เดินไม่เรียบ และตั้งแต่ 25% จะมีการจุดระเบิดที่พร้อมไอลเสีย

การทดสอบการสึกหรอของเครื่องยนต์ โดยการหาค่าโลหะในน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ ที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสมกับบิวทานอลที่อัตราส่วน 90 : 10 โดยเดินเครื่องยนต์เป็นเวลา 300 ชั่วโมง ผลที่ได้คือ ค่าสึกหรอนั้นอยู่ในเกณฑ์ยังใช้งานได้ เมื่อพิจารณาลักษณะภายในห้องเผาไหม้จะมีเขม่าเป็นคราบแข็งสีดำบาง ๆ จับบริเวณหัวลูกสูบและฝาสูบ และจากการวัดขนาดของชิ้นส่วนหลัก เช่น ฝาสูบ เสื้อสูบ กระบอกสูบ ลูกสูบ

แหวนลูกสูบ แบริ่งเพลลาข้อเหวี่ยง ระยะร่องแหวนลูกสูบ และก้านสูบมีขนาดอยู่ในพิสัยมีขนาดเปลี่ยนแปลงน้อยมาก และไม่ปรากฏแนวโน้มการผิดปกติของการสึกหรอจากการตรวจสอบคุณสมบัติน้ำมันหล่อลื่นที่ 100 ชั่วโมง ซึ่งจะเท่ากับการใช้งานของงานปกติ

ข้อเสนอแนะ

การวิจัยเกี่ยวกับการนำบิวทานอลมาผสมเป็นเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์นี้เป็นการวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนและการสึกหรอของเครื่องยนต์ภายในห้องปฏิบัติการ โดยไม่มีการดัดแปลงและปรับแต่งเครื่องยนต์ใด ๆ ทั้งสิ้น จึงได้มีข้อเสนอแนะที่จะศึกษาวิจัยต่อไปดังนี้

1. ควรทดลองปรับแต่งองศาการจุดระเบิดของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน
2. ควรทำการทดสอบโดยปรับส่วนผสมของอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิง หรือทดลองเปลี่ยนขนาดคอคอดของคาร์บูเรเตอร์ เพื่อให้ได้ขนาดที่เหมาะสมสำหรับอัตราส่วนผสมนั้น ๆ
3. เมื่อทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการจนได้ข้อมูลแล้ว ก็ควรจะทดสอบกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ในการใช้งานจริงเป็นระยะเวลาที่ยาวนานขึ้น
4. การสึกหรอของชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ยังไม่ชัดเจน ควรจะมีการทดสอบในการใช้งานจริงเป็นระยะเวลาที่ยาวนานขึ้น เพื่อให้ทราบผลที่แน่นอนยิ่งขึ้น
5. ควรทำการทดสอบกับเครื่องยนต์หลาย ๆ แบบหลาย ๆ ขนาด เช่น จำนวนสูบต่าง ๆ กัน อัตราส่วนการอัดต่าง ๆ กัน นอกจากนี้ควรทดสอบกับเครื่องยนต์ที่ใช้ระบบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic fuel – injection system ; EFI) เป็นต้น
6. การนำน้ำมันหล่อลื่นเพื่อไปทดสอบ ควรดูค่าน้ำมันออกมาเล็กน้อยในขณะที่เครื่องยนต์กำลังทำงาน
7. ควรทดสอบการกัดกร่อนชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ เช่น ลูกยาง ประเก็น และโลหะต่างๆ

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย.(2533) ความรู้และการทดสอบผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม
กรุงเทพ :ฝ่ายวิศวกรรมและบริการด้านการตลาดการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย
โกวิท ศตวุฒิ และ อิทธิพล ปานงาม. (2527) การวิจัยเพื่อนำแอลกอฮอล์หนักมาใช้เชื้อเพลิง
เครื่องยนต์สันดาปภายใน. กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยและพัฒนา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
คณะกรรมการการพลังงาน สภาผู้แทนราษฎร .(2545) พลังงานทดแทนเอทานอลและ
ไบโอดีเซล. กรุงเทพมหานคร . สภาผู้แทนราษฎร
บริษัทน้ำมันศาลเจ้าไทย.(2517). ความรู้เรื่องน้ำมัน. กรุงเทพมหานคร : ฝ่ายน้ำมันหล่อลื่น
และวิชาการ บริษัทน้ำมันศาลเจ้าไทย.
ประเสริฐ เทียนนิมิตร และคณะ.(2541).ทฤษฎีและหลักการคำนวณเทอร์โมไดนามิกส์.
กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น .
.....(2545). เชื้อเพลิงและสารหล่อลื่น. กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น.
พูนสุข อัดทะสัมปณะ และคณะ. (2532). เชื้อเพลิงแอลกอฮอล์. กรุงเทพมหานคร :
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.
มนตรี ทวาโรจน์. (2538). การศึกษาเปรียบเทียบการใช้แอลกอฮอล์ผสมน้ำมันดีเซลและ
น้ำมัน มะพร้าวผสมน้ำมันก๊าดเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล. วิทยานิพนธ์
ปริญญามหาบัณฑิต. วศ.ม.(สาขาวิศวกรรมเครื่องกล) กรุงเทพฯ :บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ. ถ่ายเอกสาร.
ลิขิต ไสหนู .(2544). ผลกระทบของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง .วิทยานิพนธ์
ปริญญามหาบัณฑิต. วศ.ม.(สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน) กรุงเทพฯ :
บัณฑิตวิทยาลัย. คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ถ่ายเอกสาร.
Michel A. Boles and Yunus A. Cengel. (1994.) *Thermodynamics An Engineering
Approach* . Mc Graw - Hill, Inc.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

ตาราง 3 สมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 การทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เครื่องโตโยต้า 2E ปริมาณ

เชื้อเพลิง 60 cc. gasoline 91 : $\rho = 0.7$ g/cc. HHV = 46.397 kJ/kg อุณหภูมิห้อง 34°C gasoline 91 = 100% n - Butanol = 0% n - Butanol : $\rho = 0.78$ g/cc.

HHV = 36,779 kJ/kg

RPM	P_t kW	$\dot{m}_f$ kg/hr	$\dot{m}_a$ kg/hr	$\dot{m}_w$ kg/s	$\dot{Q}_f$ kW	$\dot{Q}_b$ kW	$\dot{Q}_w$ kW	$\dot{Q}_e$ kW	$\dot{Q}_a$ kW	Q_h %	Q_w %	Q_e %	Q_a %	η_{bm} %
1400	43.15	3.35	26.01	0.83	43.15	9.38	10.46	4.26	19.45	21.74	24.24	9.87	44.15	21.55
1600	45.93	3.56	28.66	0.83	45.93	11.39	10.46	5.14	18.94	24.80	22.77	11.19	41.23	25.03
1800	49.65	3.85	31.39	0.83	49.65	11.87	10.46	5.86	21.46	23.91	21.07	11.80	43.22	23.51
2000	51.97	4.03	34.11	0.83	51.97	11.93	13.95	6.87	19.22	22.96	26.84	13.22	36.98	22.82
2200	49.65	3.85	38.09	0.82	49.65	12.90	13.67	8.61	14.47	25.98	27.53	17.34	29.14	25.86
2400	51.50	4.00	43.53	0.80	51.50	13.57	16.74	10.64	10.55	26.35	32.51	20.66	20.49	25.86
2600	54.75	4.25	47.60	0.79	54.75	14.16	16.39	12.01	12.19	25.95	30.03	21.94	22.27	25.86
2800	57.07	4.43	52.88	0.79	57.07	14.66	19.87	13.55	8.99	25.69	34.99	23.74	15.75	25.86
3000	59.39	4.61	58.30	0.77	59.39	15.39	19.25	15.09	9.66	25.91	32.41	25.41	16.27	25.86
3200	61.24	4.75	61.76	0.75	61.24	15.75	18.83	16.12	10.54	25.78	30.75	26.32	17.21	25.86
3400	66.82	5.18	70.28	0.73	66.82	16.73	21.48	18.50	10.11	25.04	32.15	27.69	15.13	25.03
3600	68.67	5.33	74.33	0.72	68.67	16.59	20.99	19.72	11.37	24.68	30.57	28.72	16.56	24.25
3800	69.60	5.40	83.78	0.67	69.60	16.31	16.74	22.33	14.22	23.43	24.05	32.08	20.43	23.51
4000	69.13	5.36	91.90	0.65	69.13	15.91	19.04	24.66	9.52	23.61	27.54	35.67	13.77	22.81
4200	70.06	5.44	97.30	0.63	70.06	15.95	18.55	26.43	9.13	21.34	26.48	37.73	13.03	21.55
4400	70.99	5.51	105.41	0.62	70.99	14.28	20.64	29.21	6.86	20.12	29.08	41.15	9.66	19.90
4600	71.45	5.62	110.82	0.61	71.45	14.45	17.82	31.30	7.88	20.22	24.91	43.81	11.03	19.90

ตาราง 4 ผลการทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 การทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เครื่องโตโยต้า 2Eปริมาณ

เชื้อเพลิง 60 cc. gasoline 91 : $\rho = 0.7$ g/cc. HHV = 46,397 kJ/kg อุณหภูมิห้อง 34°C gasoline 91 = 100% n - Butanol = 0% n - Butanol : $\rho = 0.78$ g/cc.

HHV = 36,779 kJ/kg

RPM	P _b kW	Torque N.m	$\dot{V}_w$ LPM	T _{air} °C	T _{wl} °C	T _{wo} °C	T _e °C	T _{oil} °C	V _a m/s	t s	$\dot{V}_a$ m ³ /hr	bsfc Kg/kW.hr	bmep bar	A / F
1400	9.38	64	50	35	46	49	520	50	1.9	45.25	22.7	0.36	6.21	7.76
1600	11.39	68	50	36	46	49	574	53	2.1	42.40	25.09	0.31	6.59	8.05
1800	11.87	63	50	36	47	50	598	59	2.3	39.13	27.48	0.33	6.11	8.15
2000	11.93	57	50	36	50	54	630	64	2.5	37.40	29.86	0.34	5.53	8.46
2200	12.90	56	49	37	52	56	744	69	2.8	39.13	33.45	0.30	5.43	9.89
2400	13.57	54	48	37	53	58	813	73	3.2	37.93	38.23	0.30	5.24	10.88
2600	14.16	52	47	37	55	60	841	77	3.5	35.47	41.81	0.30	5.05	11.20
2800	14.66	50	47.5	38	56	62	861	81	3.9	34.22	46.59	0.30	4.84	11.94
3000	15.39	49	46	38	58	64	875	84	4.3	32.84	51.37	0.30	4.75	12.65
3200	15.75	47	45	39	60	66	885	88	4.6	31.85	54.95	0.30	4.56	13.00
3400	16.73	47	44	39	60	67	896	92	5.2	29.27	62.12	0.31	4.56	13.56
3600	16.59	44	43	39	62	68	905	95	5.5	28.43	65.7	0.32	4.27	13.95
3800	16.31	41	40	39	64	71	917	100	6.2	28.09	74.06	0.33	3.98	15.51
4000	15.91	38	39	39	66	73	930	106	6.8	28.19	81.23	0.34	3.69	17.15
4200	14.95	34	38	39	68	75	944	110	7.2	27.77	86.01	0.36	3.30	17.89
4400	14.28	31	37	39	69	77	967	114	7.8	27.47	93.18	0.39	3.01	19.13
4600	14.45	30	36.5	39	71	78	987	116	8.2	27.00	97.96	0.39	2.91	19.72

ตาราง 5 สมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสมกับชีวทานอลที่ยังมีส่วน 95 : 5 การทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เครื่องโตโยต้า 2E ปริมาณ

เชื้อเพลิง 60 cc. gasoline 91 : $\rho = 0.7$ g/cc. HHV = 46,397 kJ/kg อุณหภูมิห้อง 34°C gasoline 91 = 95% n - Butanol = 5% n - Butanol : $\rho = 0.78$ g/cc.

HHV = 36,779 kJ/kg

RPM	P_i kW	$\dot{m}_f$ kg/hr	$\dot{m}_a$ kg/hr	$\dot{m}_w$ kg/s	$\dot{Q}_f$ kW	$\dot{Q}_h$ kW	$\dot{Q}_w$ kW	$\dot{Q}_c$ kW	$\dot{Q}_a$ kW	Q_h %	Q_w %	Q_c %	Q_a %	η_{bin} %
1400	45.00	3.53	26.01	0.85	45.00	9.34	14.23	4.34	17.09	20.76	31.62	9.64	37.47	20.63
1600	44.08	3.46	27.39	0.84	44.08	11.28	14.09	4.99	13.72	25.59	31.95	11.32	31.13	25.29
1800	49.13	3.85	30.12	0.83	49.13	11.93	17.43	5.88	13.89	24.28	35.48	11.97	28.27	24.50
2000	51.43	4.03	34.22	0.83	51.43	11.87	10.46	6.97	22.13	23.08	20.34	13.55	43.03	23.06
2200	56.48	4.43	39.57	0.82	56.48	12.44	10.25	9.15	24.64	22.03	18.15	16.20	43.62	21.78
2400	59.69	4.68	43.53	0.81	59.69	13.32	16.91	11.29	18.89	22.32	28.33	18.91	31.64	22.40
2600	60.15	4.72	46.25	0.80	60.15	14.16	13.39	11.81	20.79	23.54	22.26	19.63	34.56	23.76
2800	61.53	4.82	51.54	0.78	61.53	14.86	13.11	13.18	20.38	24.15	21.31	21.42	33.12	23.76
3000	61.99	4.86	58.30	0.76	61.99	15.29	12.83	14.97	18.90	24.67	20.70	24.42	30.49	24.50
3200	64.71	5.08	62.35	0.75	64.71	15.86	15.69	16.10	17.06	24.51	24.24	24.88	26.36	24.50
3400	66.12	5.18	70.50	0.73	66.12	16.62	15.31	18.33	15.86	24.74	23.16	27.72	23.99	25.29
3600	67.01	5.26	74.57	0.72	67.01	16.56	11.99	19.48	18.98	24.71	17.89	29.07	28.32	24.50
3800	67.96	5.33	83.78	0.70	67.96	16.58	14.64	21.78	15.96	24.40	21.54	32.04	23.48	24.50
4000	68.41	5.36	91.90	0.67	68.41	15.36	13.95	24.01	15.09	22.45	20.39	35.09	22.05	22.40
4200	68.41	5.36	97.30	0.65	68.41	15.39	13.40	25.54	14.08	22.50	19.59	37.33	20.58	22.40
4400	71.17	5.58	105.41	0.63	71.17	14.28	15.90	28.09	13.44	20.07	22.34	39.17	18.74	20.10
4600	71.17	5.58	110.82	0.62	71.17	13.97	18.06	29.82	9.32	19.63	25.38	41.89	13.09	19.16

ตาราง 6 ผลการทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสมกับชีวทานอลที่อัตราส่วน 95 : 5 การทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เครื่องโตโยต้า 2E ปริมาณเชื้อเพลิง 60 cc. gasoline 91 : $\rho = 0.7$ g/cc. HHV = 46,397 kJ/kg อุณหภูมิห้อง 34 °C gasoline 91 = 95% n – Butanol = 5% n – Butanol : $\rho = 0.78$ g/cc. HHV = 36,779 kJ/kg.

RPM	P _b kW	Torque N.m	$\dot{V}_w$ LPM	T _{atm} °C	T _{wl} °C	T _{wo} °C	T _e °C	T _{oil} °C	V _a m/s	t s	$\dot{V}_a$ m ³ /hr	bsfc Kg/kW.hr	bmp bar	A / F
1400	9.34	63.67	51	35	54	58	525	55	1.9	47.94	22.7	0.38	6.18	7.37
1600	11.28	67.33	50.5	35	55	59	580	62	2.0	43.60	23.9	0.31	6.53	7.92
1800	11.93	63.33	50	35	57	62	620	64	2.2	39.15	26.28	0.32	6.14	7.82
2000	11.87	56.67	50	35	70	73	655	73	2.5	37.63	29.86	0.34	5.50	8.49
2200	12.44	54	49	36	72	75	750	76	2.9	34.22	34.64	0.36	5.24	8.93
2400	13.32	53	48.5	37	70	75	820	80	3.2	32.31	38.23	0.35	5.14	9.30
2600	14.16	52	48	37	69	73	838	85	3.4	32.16	40.62	0.33	5.05	9.79
2800	14.86	50.67	47	38	69	73	850	88	3.8	31.31	45.39	0.33	4.92	10.69
3000	15.29	48.67	46	38	70	74	862	91	4.3	31.12	51.37	0.32	4.72	11.99
3200	15.86	47.33	45	38	70	75	870	94	4.6	29.87	54.95	0.32	4.59	12.27
3400	16.62	46.67	44	38	71	76	884	97	5.2	29.25	62.12	0.31	4.53	13.61
3600	16.56	44	43	38	71	75	892	99	5.5	28.82	65.7	0.32	4.26	14.18
3800	16.58	41.67	42	39	71	76	896	105	6.2	28.46	74.06	0.32	4.04	15.72
4000	15.36	37.67	40	39	71	76	906	108	6.8	28.20	81.23	0.35	3.56	17.14
4200	15.39	35	39	39	72	77	914	112	7.2	28.22	86.01	0.35	3.40	18.15
4400	14.28	31	38	39	72	78	930	115	7.8	27.37	93.18	0.39	3.01	19.89
4600	13.97	29	37	39	72	79	942	118	8.2	27.03	97.96	0.40	2.81	19.86

ตาราง 7 สมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสมกับบิวทานอลที่อัตราส่วน 90 : 10 การทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เครื่องไต้ 2E ปริมาณเชื้อเพลิง 60 cc. gasoline 91 : $\rho = 0.7$ g/cc. HHV = 46,397 kJ/kg อุณหภูมิห้อง 34°C gasoline 91 = 90% n – Butanol = 10% n – Butanol : $\rho = 0.78$ g/cc. HHV = 36,779 kJ/kg.

RPM	P_i kW	$\dot{m}_f$ kg/hr	$\dot{m}_a$ kg/hr	$\dot{m}_w$ kg/s	$\dot{Q}_f$ kW	$\dot{Q}_b$ kW	$\dot{Q}_w$ kW	$\dot{Q}_e$ kW	$\dot{Q}_a$ kW	Q_b %	Q_w %	Q_e %	Q_a %	η_{bth} %
1400	39.60	3.13	27.39	0.83	39.60	9.20	10.46	4.44	15.50	23.23	22.41	11.21	39.14	23.26
1600	47.34	3.74	28.75	0.83	47.34	10.90	13.95	5.91	16.58	23.03	29.47	12.48	35.02	23.26
1800	48.25	3.82	31.49	0.83	48.25	11.90	13.95	6.71	15.69	24.66	28.91	13.91	32.51	24.71
2000	49.16	3.89	35.48	0.83	49.16	12.10	13.95	8.22	14.89	24.61	28.38	16.72	30.29	24.71
2200	53.26	4.21	39.44	0.82	53.26	12.50	13.67	9.77	17.32	23.47	25.67	18.34	32.52	23.26
2400	55.99	4.43	44.74	0.80	55.99	12.83	13.39	11.20	18.57	22.92	23.92	20.00	33.17	22.60
2600	58.27	4.61	47.45	0.78	58.27	13.60	13.11	12.07	19.98	23.34	22.50	20.71	34.29	23.26
2800	60.54	4.79	52.70	0.77	60.54	13.80	16.04	13.34	17.36	22.80	26.50	22.04	28.68	22.60
3000	61.91	4.90	58.11	0.75	61.91	14.66	15.69	14.74	16.82	23.68	25.34	23.81	27.17	23.97
3200	62.82	4.97	63.52	0.73	62.82	15.53	15.34	16.07	15.88	22.57	24.42	25.58	25.28	24.71
3400	65.10	5.15	70.28	0.68	65.10	15.66	17.15	17.67	14.62	24.06	26.34	27.14	24.46	23.97
3600	66.01	5.22	74.33	0.67	66.01	16.46	16.74	18.66	14.15	24.94	25.36	28.27	21.44	24.71
3800	67.37	5.33	85.14	0.65	67.37	16.18	13.60	21.30	16.29	23.99	20.19	31.62	24.18	23.97
4000	68.28	5.40	91.89	0.63	68.28	15.56	13.25	23.01	16.46	22.79	19.41	33.69	24.11	22.60
4200	68.28	5.40	98.66	0.62	68.28	15.25	12.90	25.08	15.05	22.34	18.89	36.73	22.04	22.60
4400	68.74	5.44	105.41	0.60	68.74	13.36	12.55	27.27	15.56	19.44	18.26	39.67	22.64	19.29
4600	70.56	5.58	110.82	0.60	70.56	12.99	12.55	28.30	15.72	18.41	17.79	40.11	22.28	18.39

ตาราง 8 ผลการทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสมกับบิวทานอลที่อัตราส่วน 90 : 10 การทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เครื่องโตโยต้า 2E ปริมาณเชื้อเพลิง 60 cc. gasoline 91 : $\rho = 0.7$ g/cc. HHV = 46,397 kJ/kg อุณหภูมิห้อง 34°C gasoline 91 = 90% n – Butanol = 10% n – Butanol : $\rho = 0.78$ g/cc. HHV = 36,779 kJ/kg

RPM	P _b kW	Torque N.m	$\dot{V}_w$ LPM	T _{air} °C	T _{wi} °C	T _{wo} °C	T _e °C	T _{oil} °C	V _a m/s	t s	$\dot{V}_a$ m ³ /hr	bsfc Kg/kW.hr	bmp bar	A / F
1400	9.20	62.75	50	35	57	60	525	66	2.0	48.21	23.9	0.34	6.09	8.75
1600	10.90	65.05	50	35	58	62	651	70	2.1	40.35	25.09	0.34	6.31	7.69
1800	11.90	63.13	50	35	61	65	682	72	2.3	39.40	27.48	0.32	6.12	8.24
2000	12.10	57.77	50	36	65	69	754	83	2.6	38.74	31.06	0.32	5.60	9.12
2200	12.50	54.26	49	37	67	71	805	84	2.9	35.93	34.64	0.34	5.26	9.36
2400	12.83	51.05	48	38	68	72	826	88	3.3	34.09	39.42	0.35	5.00	10.10
2600	13.60	49.95	47	38	70	74	841	92	3.5	32.90	41.81	0.34	4.84	10.71
2800	13.80	47.12	46	39	70	75	844	96	3.9	31.56	46.59	0.35	4.57	11.00
3000	14.66	46.71	45	39	70	75	853	99	4.3	30.88	51.37	0.33	4.53	11.86
3200	15.53	46.40	44	39	70	75	857	105	4.7	30.37	56.15	0.32	4.50	12.78
3400	15.66	44.03	41	39	70	76	857	106	5.2	29.31	62.12	0.33	4.27	13.65
3600	16.46	43.62	40	39	70	76	859	108	5.5	29.03	65.7	0.32	4.23	14.24
3800	16.18	40.73	39	39	71	76	864	111	6.3	28.47	75.26	0.33	3.95	15.97
4000	15.56	37.12	38	39	72	77	869	113	6.8	28.13	81.23	0.35	3.60	17.02
4200	15.25	34.67	37	39	72	77	886	115	7.3	28.04	87.21	0.35	3.36	18.27
4400	13.36	29.00	36	39	73	78	905	118	7.8	27.74	93.18	0.41	2.81	19.38
4600	12.99	26.97	36	39	73	78	926	120	8.2	27.18	97.96	0.43	2.62	19.86

ตาราง 9 สมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสมกับบิวทานอลที่อัตราส่วน 85 : 15 การทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เครื่องโตโยต้า 2E ปริมาณเชื้อเพลิง 60 cc. gasoline 91 : $\rho = 0.7$ g/cc. HHV = 46,397 kJ/kg อุณหภูมิห้อง 34°C gasoline 91 = 85% n – Butanol = 15% n – Butanol : $\rho = 0.78$ g/cc. HHV = 36,779 kJ/kg

RPM	P_i kW	$\dot{m}_f$ kg/hr	$\dot{m}_a$ kg/hr	$\dot{m}_w$ kg/s	$\dot{Q}_f$ kW	$\dot{Q}_b$ kW	$\dot{Q}_w$ kW	$\dot{Q}_c$ kW	$\dot{Q}_a$ kW	Q_b %	Q_w %	Q_c %	Q_a %	η_{th} %
1400	41.81	3.35	26.18	0.92	41.81	9.30	11.51	4.59	16.41	22.24	27.53	10.98	39.24	22.25
1600	43.61	3.49	30.31	0.89	43.61	10.40	11.19	6.25	15.77	23.85	25.66	14.33	36.16	22.88
1800	46.30	3.71	31.59	0.86	46.30	11.43	10.77	7.41	16.69	24.69	23.26	16.99	36.05	24.68
2000	49.45	3.96	34.33	0.83	49.45	12.10	10.46	8.57	18.32	24.47	21.15	17.33	37.05	24.68
2200	52.60	4.21	39.70	0.83	52.60	12.60	13.81	9.88	16.31	23.95	26.26	18.78	31.01	24.68
2400	57.09	4.57	43.81	0.82	57.09	12.90	13.67	11.37	19.15	22.60	23.95	19.92	33.54	22.88
2600	58.44	4.68	47.76	0.80	58.44	13.60	13.39	12.96	18.49	23.27	22.91	22.18	31.64	23.55
2800	61.59	4.93	53.22	0.78	61.59	13.70	16.39	14.06	17.44	22.24	26.61	22.82	28.32	22.25
3000	63.39	5.08	58.49	0.77	63.39	14.70	16.04	17.16	15.49	23.19	25.30	27.07	24.44	22.88
3200	64.28	5.15	63.73	0.75	64.28	15.43	15.69	18.31	14.85	24.00	24.41	28.48	23.10	22.68
3400	66.08	5.29	70.50	0.73	66.08	15.90	18.41	19.34	12.43	24.06	27.86	29.28	18.81	21.07
3600	66.53	5.33	74.57	0.72	66.53	16.07	17.99	21.75	10.72	24.16	27.04	32.69	16.11	22.68
3800	67.43	5.40	84.05	0.70	67.43	16.17	17.57	23.79	9.90	23.98	26.06	35.28	14.68	22.68
4000	68.78	5.51	92.19	0.68	68.78	15.23	14.12	24.07	15.36	22.14	20.53	34.99	22.33	22.25
4200	69.23	5.54	98.98	0.65	69.23	14.53	13.60	26.07	15.03	20.99	19.65	37.66	21.71	21.07
4400	71.03	5.69	105.41	0.63	71.03	13.07	15.90	28.49	13.57	18.40	18.16	40.08	19.10	18.20
4600	71.48	5.72	110.82	0.62	71.48	12.83	15.48	30.59	12.58	17.95	21.66	42.79	17.59	17.80

ตาราง 10 ผลการทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสมกับบิวทานอลที่อัตราส่วน 85 : 15 การทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เครื่องโดยด้า 2E ปริมาณเชื้อเพลิง 60 cc. gasoline 91 : $\rho = 0.7 \text{ g/cc}$, HHV = 46,397 kJ/kg อุณหภูมิห้อง 34°C gasoline 91 = 85% n – Butanol = 15% n – Butanol : $\rho = 0.78 \text{ g/cc}$. HHV = 36,779 kJ/kg

RPM	P_b kW	Torque N.m	$\dot{V}_w$ LPM	T_{air} °C	T_{wi} °C	T_{wo} °C	T_o °C	T_{oil} °C	V_a m/s	t s	$\dot{V}_a$ m ³ /hr	bsfc Kg/kW.hr	bmp bar	A / F
1400	9.3	63.44	55	33	59	62	556	63	1.9	45.28	22.7	0.36	6.15	7.81
1600	10.40	62.07	53.5	33	60	63	664	67	2.2	43.5	26.28	0.35	6.02	8.68
1800	11.43	60.64	51.5	34	62	65	754	71	2.3	40.68	27.48	0.33	5.88	8.51
2000	12.10	57.85	50	34	63	66	777	77	2.6	38.25	31.06	0.33	5.61	8.66
2200	12.60	54.69	49.5	35	65	69	812	81	2.9	36.06	34.64	0.33	5.31	9.43
2400	12.90	51.33	49	35	67	71	848	85	3.2	33.13	38.23	0.35	4.98	9.59
2600	13.60	49.95	48	36	68	72	873	90	3.5	32.20	41.81	0.34	4.85	10.21
2800	13.70	46.72	47	36	69	74	876	94	3.9	30.75	46.59	0.36	4.53	10.79
3000	14.70	46.79	46	37	70	75	884	97	4.3	29.8	51.37	0.35	4.54	11.51
3200	15.43	46.05	45	38	70	75	884	101	4.7	29.31	56.15	0.33	4.47	12.37
3400	15.90	44.66	44	38	70	76	885	103	5.2	28.66	62.12	0.38	4.33	13.33
3600	16.07	42.63	43	38	70	76	891	107	5.5	28.41	65.7	0.33	4.14	13.99
3800	16.17	40.64	42	38	70	76	894	110	6.2	28.04	74.06	0.33	3.94	15.56
4000	15.23	36.36	40.5	38	71	76	903	112	6.8	27.44	81.23	0.36	3.53	16.73
4200	14.53	33.04	39	38	71	76	915	115	7.3	27.31	87.21	0.38	3.21	17.85
4400	13.07	28.37	38	39	71	77	939	118	7.8	26.63	93.18	0.44	2.75	18.53
4600	12.83	26.63	37	39	72	78	964	120	8.2	26.44	97.96	0.45	2.59	19.37

ตาราง 11 สมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสมกับบิวทานอลที่อัตราส่วน 80 : 20 การทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เครื่องโตโยต้า 2E ปริมาณเชื้อเพลิง 60 cc. gasoline 91 : $\rho = 0.7$ g/cc. HHV = 46.397 kJ/kg อุณหภูมิห้อง 34°C gasoline 91 = 80 % n - Butanol = 20 % n - Butanol : $\rho = 0.78$ g/cc. HHV = 36,779 kJ/kg

RPM	P_t kW	$\dot{m}_f$ kg/hr	$\dot{m}_a$ kg/hr	$\dot{m}_w$ kg/s	$\dot{Q}_f$ kW	$\dot{Q}_h$ kW	$\dot{Q}_w$ kW	$\dot{Q}_c$ kW	$\dot{Q}_a$ kW	Q_h %	Q_w %	Q_c %	Q_a %	η_{bth} %
1400	39.52	3.20	27.66	0.87	39.52	8.70	7.25	4.74	18.83	22.01	18.35	11.99	47.65	21.91
1600	42.62	3.46	28.94	0.84	42.62	9.61	3.52	6.08	23.41	22.55	7.63	14.27	54.92	22.52
1800	46.62	3.78	31.59	0.83	46.62	10.24	10.46	7.15	18.77	21.97	22.44	15.34	40.26	21.91
2000	50.17	4.07	34.33	0.83	50.17	10.96	10.46	8.27	20.48	21.85	20.85	16.48	40.82	21.91
2200	53.28	4.32	39.70	0.82	53.28	11.75	13.67	9.81	18.05	22.05	25.66	18.41	33.88	21.91
2400	55.94	4.54	43.81	0.79	55.94	11.73	13.25	11.28	19.68	20.97	23.59	20.16	35.18	20.79
2600	57.28	4.64	46.40	0.78	57.28	12.16	13.12	12.13	19.87	20.03	22.91	34.69	34.69	21.34
2800	58.61	4.75	51.68	0.77	58.61	12.71	12.83	13.44	19.63	21.69	21.89	22.93	33.49	21.91
3000	59.94	4.86	58.49	0.75	59.94	13.61	15.69	15.15	15.49	22.71	26.18	25.28	25.84	22.52
3200	61.72	5.01	63.73	0.73	61.72	14.52	15.34	16.49	15.37	23.53	24.85	26.72	24.90	23.17
3400	63.49	5.15	70.50	0.72	63.49	15.31	17.99	18.19	12.00	24.11	28.34	28.65	18.90	23.85
3600	64.38	5.22	75.93	0.70	64.38	15.46	17.57	19.25	11.83	24.01	27.29	30.32	18.37	23.85
3800	66.16	5.36	84.05	0.67	66.16	15.12	16.74	21.53	12.77	22.85	25.30	32.54	19.30	23.85
4000	66.16	5.36	92.19	0.65	66.16	14.38	16.32	23.72	11.74	21.74	24.67	35.85	17.74	21.91
4200	64.82	5.26	96.16	0.63	64.82	13.20	18.55	25.03	8.04	20.36	28.62	38.61	12.40	20.27
4400	68.38	5.54	105.75	0.62	68.38	11.52	15.48	27.99	13.39	16.85	23.17	40.93	19.58	16.89
4600	68.38	5.54	111.18	0.60	68.38	10.76	17.57	30.30	9.75	15.74	25.70	44.31	14.26	15.59

ตาราง 12 ผลการทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสมกับบิวทานอลที่อัตราส่วน 80 : 20 การทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เครื่องโตโยต้า 2E ปริมาณเชื้อเพลิง 60 cc. gasoline 91 : $\rho = 0.7$ g/cc. HHV = 46,397 kJ/kg อุณหภูมิห้อง 34°C gasoline 91 = 80% n – Butanol = 20% n – Butanol : $\rho = 0.78$ g/cc.

HHV = 36,779 kJ/kg

RPM	P _b kW	Torque N.m	$\dot{V}_w$ LPM	T _{air} °C	T _{wi} °C	T _{wo} °C	T _o °C	T _{oil} °C	V _a m/s	t s	$\dot{V}_a$ m ³ /hr	bsfc Kg/kW.hr	bmp bar	A / F
1400	8.70	59.33	52	32	58	60	550	68	2.0	47.12	23.9	0.37	5.76	8.64
1600	9.61	57.33	50.5	33	61	62	673	74	2.1	43.71	25.09	0.36	5.56	8.36
1800	10.24	54.33	50	34	62	65	725	76	2.3	40.19	27.48	0.37	5.27	8.36
2000	10.96	52.33	50	34	64	67	773	77	2.5	37.12	29.86	0.37	5.08	8.43
2200	11.75	51.00	49	35	65	69	803	83	2.9	34.91	34.64	0.37	4.84	9.19
2400	11.73	46.67	47.5	35	67	71	842	86	3.2	33.41	38.23	0.39	4.53	9.65
2600	12.16	44.67	47	36	68	72	859	89	3.4	32.61	40.62	0.38	4.33	10.00
2800	12.71	43.33	46	37	70	74	864	94	3.8	31.90	45.39	0.37	4.21	10.88
3000	13.61	43.33	45	37	70	75	870	99	4.3	31.09	51.37	0.36	4.20	12.03
3200	14.52	43.33	44	38	70	75	875	104	4.7	30.24	56.15	0.35	4.20	12.72
3400	15.31	43.00	43	38	70	76	878	106	5.2	29.33	62.12	0.34	4.17	13.69
3600	15.46	41.00	42	38	70	76	880	110	5.6	28.92	66.9	0.34	3.98	14.55
3800	15.12	38.00	40	38	70	76	882	112	6.2	28.18	74.06	0.36	3.69	15.68
4000	14.38	34.33	39	38	70	76	892	114	6.8	28.22	81.23	0.37	3.33	17.19
4200	13.20	30.00	38	38	70	77	906	117	7.1	28.79	84.82	0.40	2.91	18.28
4400	11.52	25.00	37	38	71	77	924	118	7.8	27.35	93.18	0.48	2.41	19.09
4600	10.76	22.33	36	38	71	78	953	121	8.2	27.26	97.96	0.52	2.17	20.07

ตาราง 13 ผลการทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสมกับบิวทานอลที่อัตราส่วน 75 : 25 การทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เครื่องโตโยต้า 2E ปริมาณเชื้อเพลิง 60 cc. gasoline 91 : $\rho = 0.7$ g/cc. HHV = 46,397 kJ/kg อุณหภูมิห้อง 34°C gasoline 91 = 75% n - Butanol = 25% n - Butanol : $\rho = 0.78$ g/cc. HHV = 36,779 kJ/kg

RPM	P _b kW	Torque N.m	$\dot{V}_w$ LPM	T _{air} °C	T _{wi} °C	T _{wo} °C	T _e °C	T _{oil} °C	V _a m/s	t s	$\dot{V}_a$ m ³ /hr	bsfc Kg/kW.hr	bmp bar	A / F
1400	7.95	54.22	51	34	52	57	612	60	2.0	45.19	23.9	0.42	5.26	8.20
1600	8.25	49.24	51	34	55	60	628	63	2.1	42.12	25.09	0.44	4.78	8.01
1800	9.17	48.65	50	34	59	64	649	69	2.2	41.38	25.09	0.40	4.72	7.86
2000	9.80	46.97	50	35	65	68	741	76	2.4	39.19	28.67	0.39	4.54	8.54
2200	10.60	46.01	50	36	66	69	749	84	2.7	36.80	32.25	0.41	4.46	8.98
2400	11.30	44.96	49	36	68	70	796	87	3.3	34.41	39.42	0.39	4.36	10.26
2600	11.85	43.52	48	36	69	72	832	91	3.6	34.25	43.01	0.37	4.22	11.09
2800	12.00	40.93	46	37	70	73	842	96	3.8	33.88	45.39	0.37	3.97	11.59
3000	12.45	39.63	45	37	70	74	863	98	4.1	32.41	48.98	0.38	3.85	11.92
3200	12.70	37.90	44	37	71	75	874	102	4.7	30.11	56.15	0.39	3.68	12.79
3400	13.65	38.34	43	37	71	76	891	106	5.0	29.89	59.73	0.37	3.72	13.39
3600	14.65	38.86	42	37	71	75	894	109	5.4	29.29	64.51	0.35	3.77	14.26
3800	14.45	36.31	41	37	71	75	902	110	6.1	29.12	72.87	0.36	3.52	16.02
4000	12.40	29.60	40	38	72	76	914	114	6.7	28.66	80.04	0.43	2.87	17.17
4200	10.77	24.49	38	38	72	77	932	116	7.0	27.59	83.62	0.51	2.38	17.35
4400	9.83	21.33	38	38	72	78	950	118	7.7	27.28	91.98	0.56	2.07	18.84
4600	8.75	18.16	38	38	72	79	974	112	8.2	27.18	97.96	0.64	1.76	19.92

ตาราง 14 สมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสมกับปิโตรเลียมที่อัตราส่วน 75 : 25 การทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เครื่องโตโยต้า 2E ปริมาณเชื้อเพลิง 60 cc. gasoline 91 : $\rho = 0.7$ g/cc. HHV = 46,397 kJ/kg อุณหภูมิห้อง 34°C gasoline 91 = 75% n – Butanol = 25% n – Butanol : $\rho = 0.78$ g/cc. HHV = 36,779 kJ/kg

RPM	P_f kW	$\dot{m}_f$ kg/hr	$\dot{m}_a$ kg/hr	$\dot{m}_w$ kg/s	$\dot{Q}_f$ kW	$\dot{Q}_h$ kW	$\dot{Q}_w$ kW	$\dot{Q}_c$ kW	$\dot{Q}_a$ kW	Q_h %	Q_w %	Q_c %	Q_a %	η_{bm} %
1400	40.94	3.35	27.48	0.85	40.94	7.95	17.78	5.26	9.95	19.42	43.43	12.84	24.30	19.48
1600	43.99	3.60	28.85	0.85	43.99	8.25	17.78	5.69	12.27	18.75	40.42	12.93	27.89	18.60
1800	44.85	3.67	28.85	0.83	44.85	9.17	17.43	5.89	12.36	20.45	38.86	13.13	27.56	20.46
2000	47.05	3.85	32.86	0.83	47.05	9.80	10.46	7.57	19.22	20.83	22.23	16.09	40.85	20.98
2200	50.10	4.10	36.84	0.83	50.10	10.60	10.46	8.50	20.54	21.16	20.88	16.97	40.99	19.96
2400	53.65	4.39	45.03	0.82	53.65	11.30	6.83	10.86	24.66	21.06	12.73	20.24	45.96	20.98
2600	54.14	4.43	49.13	0.80	54.14	11.85	10.04	12.28	19.97	21.89	18.55	18.54	36.87	22.12
2800	54.50	4.46	51.68	0.76	54.50	12.00	9.63	13.01	19.86	22.02	17.79	23.87	36.44	22.12
3000	57.19	4.68	55.77	0.75	57.19	12.45	12.55	14.34	17.85	21.77	21.94	25.07	31.21	21.54
3200	61.10	5.00	63.93	0.73	61.10	12.70	12.27	16.54	19.59	20.79	20.08	27.07	32.06	20.98
3400	62.08	5.08	68.01	0.72	62.08	13.65	14.99	17.86	15.58	21.99	24.15	28.77	25.09	22.12
3600	62.93	5.15	73.45	0.70	62.93	14.65	11.72	19.25	17.31	23.28	18.62	30.59	27.51	23.38
3800	62.30	5.18	82.97	0.68	62.30	14.45	11.44	21.73	14.68	23.19	18.36	34.88	23.56	22.73
4000	64.64	5.29	90.84	0.67	64.64	12.40	11.16	23.97	17.11	19.18	17.27	37.08	26.47	19.03
4200	66.84	5.47	94.90	0.63	66.84	10.77	13.25	25.52	17.30	16.11	19.82	38.18	25.88	16.05
4400	67.70	5.54	104.39	0.63	67.70	9.83	15.90	28.47	13.50	14.52	23.49	42.05	19.94	14.61
4600	68.19	5.58	111.18	0.63	68.19	8.75	18.55	30.99	9.90	12.83	27.20	45.45	14.51	12.79

ตาราง 15 ผลการทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสมกับบิวทานอลที่อัตราส่วน 70 : 30 การทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เครื่องยนต์ 2E ปริมาณเชื้อเพลิง 60 cc. gasoline 91 : $\rho = 0.7$ g/cc. HHV = 46,397 kJ/kg อุณหภูมิห้อง 34°C gasoline 91 = 70% n – Butanol = 30% n – Butanol : $\rho = 0.78$ g/cc. HHV = 36,779 kJ/kg

RPM	P _b kW	Torque N.m	$\dot{V}_w$ LPM	T _{atm} °C	T _{wi} °C	T _{wo} °C	T _e °C	T _{oil} °C	V _a m/s	t s	$\dot{V}_a$ m ³ /hr	bsfc Kg/kW.hr	bmp bar	A / F
1400	6.30	42.97	52.00	36	51	54	518	66	2.1	44.23	25.09	0.54	4.17	8.38
1600	7.10	42.38	51.50	37	52	55	543	67	2.2	42.17	26.28	0.50	4.11	8.33
1800	7.80	41.38	50.50	38	53	56	548	68	2.3	39.04	27.48	0.50	4.02	8.06
2000	8.20	39.15	50.00	38	54	57	550	72	2.5	36.44	29.86	0.51	3.80	8.17
2200	8.50	36.90	50.00	39	56	60	704	76	2.7	33.66	32.25	0.53	3.58	8.12
2400	9.70	38.60	49.00	39	57	61	748	80	3.1	32.15	37.03	0.49	3.75	8.91
2600	10.10	37.10	48.00	39	58	63	786	83	3.4	31.19	40.62	0.48	3.60	9.47
2800	11.70	39.90	48.00	39	60	64	814	86	3.7	30.09	44.19	0.50	3.87	9.96
3000	11.90	37.88	47.00	39	61	66	839	91	4.1	29.38	48.98	0.43	3.68	10.76
3200	12.40	37.00	46.00	39	63	68	852	94	4.5	28.63	53.76	0.43	3.59	11.52
3400	12.50	35.11	44.00	40	66	71	862	98	5.1	27.50	60.92	0.44	3.41	12.47
3600	12.80	33.95	43.00	39	68	73	874	102	5.4	27.00	64.51	0.44	3.29	13.03
3800	13.40	33.67	42.00	40	69	75	885	105	6.0	26.75	71.68	0.42	3.27	14.31
4000	11.11	26.52	40.00	40	71	76	891	108	6.9	26.41	82.43	0.52	2.57	16.22
4200	9.30	21.14	39.00	40	71	76	902	111	7.3	25.03	87.21	0.65	2.05	16.28
4400	7.80	16.93	38.00	40	71	78	920	114	7.9	24.69	94.37	0.78	1.64	17.39
4600	6.20	12.87	37.00	41	72	78	946	118	8.3	25.22	99.15	0.97	1.25	18.64

ตาราง 16 สมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสมกับอีทานอลที่ยึดอัตราส่วน 70 : 30 การทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เครื่องโตโยต้า 2E ปริมาณเชื้อเพลิง 60 cc. gasoline 91 : $\rho = 0.7 \text{ g/cc}$. HHV = 46,397 kJ/kg อุณหภูมิห้อง 34°C gasoline 91 = 70% n – Butanol = 30% n – Butanol : $\rho = 0.78 \text{ g/cc}$. HHV = 36,779 kJ/kg

RPM	P_i kW	$\dot{m}_f$ kg/hr	$\dot{m}_a$ kg/hr	$\dot{m}_w$ kg/s	$\dot{Q}_f$ kW	$\dot{Q}_b$ kW	$\dot{Q}_w$ kW	$\dot{Q}_c$ kW	$\dot{Q}_a$ kW	Q_b %	Q_w %	Q_e %	Q_o %	η_{brn} %
1400	41.34	3.42	28.66	0.87	41.34	6.30	10.88	4.61	19.55	15.24	26.32	11.15	47.29	15.32
1600	43.39	3.59	29.92	0.86	43.39	7.10	10.67	5.04	20.58	16.36	24.59	11.62	47.43	16.55
1800	46.77	3.87	31.19	0.84	46.77	7.80	10.77	5.28	22.92	16.68	23.03	11.29	49.00	16.35
2000	50.16	4.15	33.89	0.83	50.16	8.20	10.57	5.79	25.60	16.35	21.07	11.54	51.04	16.22
2200	54.27	4.49	36.48	0.83	54.27	8.57	13.95	7.99	23.76	15.79	25.70	14.72	43.78	15.61
2400	56.81	4.70	41.89	0.82	56.81	9.70	13.66	9.63	23.82	17.07	24.05	16.95	41.93	16.89
2600	58.62	4.85	45.95	0.80	58.62	10.10	16.74	11.02	20.76	17.23	28.56	18.79	35.41	17.24
2800	60.67	5.02	49.99	0.80	60.67	11.70	13.39	12.33	23.25	19.28	22.07	20.32	38.32	16.55
3000	62.25	5.15	55.41	0.78	62.25	11.90	16.39	13.97	19.99	19.12	26.33	22.44	32.11	19.24
3200	63.82	5.28	60.82	0.76	63.82	12.40	16.04	15.46	19.92	19.43	25.13	24.22	32.21	19.24
3400	66.35	5.49	68.47	0.73	66.35	12.50	15.34	17.45	21.06	18.83	23.12	26.30	31.74	18.80
3600	67.68	5.60	72.98	0.72	67.67	12.80	14.99	18.80	21.08	18.91	22.15	27.78	31.15	18.80
3800	68.28	5.65	80.83	0.70	68.28	13.40	17.57	20.89	16.42	19.63	25.73	30.59	24.04	19.69
4000	69.26	5.73	92.95	0.67	69.26	11.11	13.95	23.94	20.26	16.04	20.14	34.57	29.25	15.91
4200	73.00	6.04	98.34	0.65	73.00	9.30	13.59	25.65	24.46	12.74	18.62	35.14	33.51	12.73
4400	73.97	6.12	106.42	0.63	73.97	7.80	18.55	28.18	19.44	10.54	25.08	38.9	26.28	10.61
4600	72.52	6.00	111.81	0.62	72.52	6.20	15.48	30.29	20.55	8.55	21.35	41.77	28.34	8.53

ภาคผนวก ข

- เอกสารรับรองรายงานผลการทดสอบคุณสมบัติของน้ำมันแก๊สโซลีน 91
- เอกสารรับรองรายงานผลการทดสอบคุณสมบัติของบิวทานอล
- เอกสารรับรองรายงานผลการทดสอบหาค่าโลหะในน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์
- เอกสารรับรองรายงานผลการทดสอบคุณสมบัติของน้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสมกับบิวทานอล
- ข้อมูลการทดสอบจุดวาบไฟ จุดติดไฟและค่าความหนืดของน้ำมันแก๊สโซลีน 91 และบิวทานอล



PTT Research and Technology Institute

PTT Public Company Limited

Fuels & Lubricants Research Department

71 Moo 2 Phahonyothin Rd., Wangnoi, Ayutthaya 13170 Tel. : 0-2537-3000 Ext. 2411, 3230 Fax. : 0-2537-3000 Ext. 2236

CERTIFICATE OF ANALYSIS

Certificate Number	: FLA-F062/47	Page	: 1/1
Reference Number	: 68-70/47	Sampling Date	: -
Sample ID	: FA-124/47	Sample Received Date	: 03/03/47
Customer Name	: วิทยาลัยการศึกษานอกเมืองเหนือ	Sample Condition	: Good
Sample Name	: Gasoline 91 100%	Analysis Date	: 08-11/03/47
Sample Source	: -	Operator's Name	: SUP, MJ

Item	Property, Unit	Test Method	Result
1	Gross heating value, J/g	ASTM D240	46,397
2	Vapor pressure @ 37.8 °C, kPa	ASTM D5191	57.1
3	Distillation	ASTM D86	
	IBP, °C		34.7
	10% evaporated, °C		54.4
	20% evaporated, °C		59.6
	30% evaporated, °C		65.7
	40% evaporated, °C		73.4
	50% evaporated, °C		83.7
	60% evaporated, °C		96.0
	70% evaporated, °C		110.0
	80% evaporated, °C		127.7
	90% evaporated, °C		155.6
	FBP, °C		190.6

Remarks :

Reported By : ST

Approved By :

Pichit P
(Mr. Pichit Pripanapongs)

Specialist

Date of Issue : 12 March 2004

This certificate of analysis is referred to only submitted sample(s). It is your responsibility to use herein results in any purposes. This certificate shall not be reproduced, except in full, and herein results shall not be used for advertising or public relation without the written approval of the Specialist or Department Manager.



การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย

สถาบันวิจัยและเทคโนโลยี ปตท.

71 หมู่ 2 ถนนพหลโยธิน กม.78 ตำบลสนับทึบ อำเภอบางพลี อุตสาหกรรม 13170 โทรศัพท์ 537-3000

โทรสาร 537-3000 ต่อ 2236

ฝ่ายวิศวกรรมและเครื่องยนตร์ทดสอบ

รายงานการทดสอบ

เลขที่การทดสอบ : CFR-2004 - 14

ห้องทดสอบ : TB111

ชื่อตัวอย่าง : แก๊สโซลีน 91

ลูกค้า : วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ที่อยู่ลูกค้า : วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ถนนสุขุมวิท อำเภอเมือง จังหวัด

นครราชสีมา 30000

รับตัวอย่างวันที่ : 27 กุมภาพันธ์ 2547

ทดสอบวันที่ : 2 มีนาคม 2547

หัวข้อการทดสอบ	วิธีการ	ผลการทดสอบ
รีเสิร์ชออกเทนนิมเบอร์ (RON)	ASTM D 2699	91.5
มอนเตอร์ออกเทนนิมเบอร์ (MON)	ASTM D 2700	-
ซีเทนนิมเบอร์ (CN)	ASTM D 613	-

หมายเหตุ :

ผู้ทดสอบ

(นาย ชีรรัตน์ มุขดี)

ช่างเทคนิค

วันที่ 8 มีนาคม 2547

ผู้รับรอง

(นาย นิโรจน์ อัครปัญญาวิทย์)

ผู้อำนวยการ

วันที่ 8 มีนาคม 2547

รายงานนี้รับรองผลการทดสอบเฉพาะตัวอย่างที่ทดสอบเท่านั้น

(File Name: CFRTESTR.DOC) ฉบับที่ 6/8/2547



การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย

สถาบันวิจัยและเทคโนโลยี ปตท.

71 หมู่ 2 ถนนพหลโยธิน กม. 78 ตำบลสนับทึบ อำเภอนิคมพัฒนา อุตสาหกรรม 13170 โทรศัพท์ 537-3000

โทรสาร 537-3000 ต่อ 2236

ฝ่ายวิศวกรรมและเครื่องยนตร์ทดสอบ

รายงานการทดสอบ

เลขที่การทดสอบ : CFR-2004 - 15

ห้องทดสอบ : TB111

ชื่อตัวอย่าง : บิวทานอล 10 % + แก๊สโซลีน 91 = 90 %

ลูกค้า : วิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ที่อยู่ลูกค้า : วิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ถนนสุขุมวิท อำเภอเมือง จังหวัด

นครราชสีมา 30000

รับตัวอย่างวันที่ : 27 กุมภาพันธ์ 2547

ทดสอบวันที่ : 2 มีนาคม 2547

หัวข้อการทดสอบ	วิธีการ	ผลการทดสอบ
รีเสิร์ชออกเทนนัมเบอร์ (RON)	ASTM D 2699	92.2
มอดอร์ออกเทนนัมเบอร์ (MON)	ASTM D 2700	-
ซีเทนนัมเบอร์ (CN)	ASTM D 613	-

หมายเหตุ :

ผู้ทดสอบ

(นาย ชีรวัฒน์ มุขดี)

ช่างเทคนิค

วันที่ 8 มีนาคม 2547

ผู้รับรอง

(นาย นิโรจน์ อัครปัญญาวิทย์)

ผู้ชำนาญการ

วันที่ 8 มีนาคม 2547

รายงานนี้รับรองผลการทดสอบเฉพาะตัวอย่างที่ทดสอบเท่านั้น

(File Name: CFRTESTR.DXC) (แก้ไขเมื่อ 6/8/2543)

PTT Research and Technology Institute

PTT Public Company Limited



Fuels & Lubricants Research Department

71 Moo 2 Phahonyothin Rd., Wangnoi, Ayutthaya 13170 Tel.: 0-2537-3000 Ext. 2411, 3230 Fax: 0-2537-3000 Ext. 2236

CERTIFICATE OF ANALYSIS

Certificate Number	: FLA-F060/47	Page	: 1/1
Reference Number	: 126/47	Sampling Date	: -
Sample ID	: FA-122/47	Sample Received Date	: 03/03/47
Customer Name	: วิทยาลัยการศึกษานอกเหนือ	Sample Condition	: Good
Sample Name	: n-Butanol 10% + Gasoline 90%	Analysis Date	: 08-11/03/47
Sample Source	: -	Operator's Name	: SUP, MJ

Item	Property, Unit	Test Method	Result
1	Gross heating value, J/g	ASTM D240	45,521
2	Vapor pressure @ 37.8 °C, kPa	ASTM D5191	53.6
3	Distillation	ASTM D86	
	IBP, °C		37.7
	10% evaporated, °C		56.5
	20% evaporated, °C		62.4
	30% evaporated, °C		69.8
	40% evaporated, °C		78.0
	50% evaporated, °C		87.4
	60% evaporated, °C		96.5
	70% evaporated, °C		104.6
	80% evaporated, °C		116.1
	90% evaporated, °C		154.2
	FBP, °C		190.4

Remarks :

Reported By : ST

Approved By :

(Mr. Pichit Pripanapongs)

Specialist

Date of Issue : 12 March 2004

This certificate of analysis is referred to only submitted sample(s). It is your responsibility to use herein results in any purposes. This certificate shall not be reproduced, except in full, and herein results shall not be used for advertising or public relation without the written approval of the Specialist or Department Manager

PTT Research and Technology Institute



PTT Public Company Limited

Fuels & Lubricants Research Department

71 Moo 2 Phahonyothin Rd., Wangnoi, Ayutthaya 13170 Tel.: 0-2537-3000 Ext. 2411, 3230 Fax.: 0-2537-3000 Ext. 2236

CERTIFICATE OF ANALYSIS

Certificate Number	: FLA-F061/47	Page	: 1/1
Reference Number	: 68-70/47	Sampling Date	: -
Sample ID	: FA-123/47	Sample Received Date	: 03/03/47
Customer Name	: วิทยาลัยการศึกษานอกเมืองเหนือ	Sample Condition	: Good
Sample Name	: n-Butanol 20% + Gasoline 80%	Analysis Date	: 08-11/03/47
Sample Source	: -	Operator's Name	: SUP. MJ

Item	Property, Unit	Test Method	Result
1	Gross heating value, J/g	ASTM D240	44,400
2	Vapor pressure @ 37.8 °C, kPa	ASTM D5191	51.6
3	Distillation	ASTM D86	
	IBP, °C		39.9
	10% evaporated, °C		58.8
	20% evaporated, °C		65.5
	30% evaporated, °C		73.7
	40% evaporated, °C		84.0
	50% evaporated, °C		93.7
	60% evaporated, °C		103.1
	70% evaporated, °C		109.1
	80% evaporated, °C		114.4
	90% evaporated, °C		130.0
	FBP, °C		192.2

Remarks :

Reported By : ST

Approved By :

(Mr. Pichit Pripanapongs)

Specialist

Date of Issue : 12 March 2004

This certificate of analysis is referred to only submitted sample(s). It is your responsibility to use herein results in any purposes. This certificate shall not be reproduced, except in full, and herein results shall not be used for advertising or public relation without the written approval of the Specialist or Department Manager.



การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย

สถาบันวิจัยและเทคโนโลยี ปตท.

71 หมู่ 2 ถนนพหลโยธิน กม.78 ตำบลสนับทึบ อำเภอรังนกยูง อุตสาหกรรม 13170 โทรศัพท์ 537-3000

โทรสาร 537-3000 ต่อ 2236

ฝ่ายวิศวกรรมและเครื่องยนตร์ทดสอบ

รายงานการทดสอบ

เลขที่การทดสอบ : CFR-2004 - 16

ห้องทดสอบ : TB111

ชื่อตัวอย่าง : บิวทานอล 20 % + แก๊สโซลีน 91 = 80 %

ลูกค้า : วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ที่อยู่ลูกค้า : วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ถนนสุขุมวิท อำเภอเมือง จังหวัด

นครราชสีมา 30000

รับตัวอย่างวันที่ : 27 กุมภาพันธ์ 2547

ทดสอบวันที่ : 2 มีนาคม 2547

หัวข้อการทดสอบ	วิธีการ	ผลการทดสอบ
รีเสิร์ฟออกเทนน้ำมันเบอร์ (RON)	ASTM D 2699	92.6
มอเตอร์ออกเทนน้ำมันเบอร์ (MON)	ASTM D 2700	-
ซีเทนน้ำมันเบอร์ (CN)	ASTM D 613	-

หมายเหตุ :

ผู้ทดสอบ

(นาย สิริรัตน์ นุชิต)

ช่างเทคนิค

วันที่ 8 มีนาคม 2547

ผู้รับรอง

(นาย นิวัฒน์ อัครปัญญาวีรย์)

ผู้อำนวยการ

วันที่ 8 มีนาคม 2547

รายงานนี้รับรองผลการทดสอบเฉพาะตัวอย่างที่ทดสอบเท่านั้น

(File Name: CFR-TSTR.DOC) แก้ไขฉบับที่ 6/8/2543

PTT Research and Technology Institute

PTT Public Company Limited



Fuels & Lubricants Research Department

71 Moo 2 Phaholyothin Rd., Wangnoi, Ayutthaya 13170 Tel.: 0-2537-3000 Ext. 2411, 3230 Fax.: 0-2537-3000 Ext. 2236

CERTIFICATE OF ANALYSIS

Certificate Number	: FLA-F059/47	Page	: 1/1
Reference Number	: 68-70/47	Sampling Date	: -
Sample ID	: FA-119/47	Sample Received Date	: 03/03/47
Customer Name	: วิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	Sample Condition	: Good
Sample Name	: n-Butanol 100%	Analysis Date	: 08-11/03/47
Sample Source	: -	Operator's Name	: SUP, MJ

Item	Property, Unit	Test Method	Result
1	Gross heating value, J/g	ASTM D240	36,779

Remarks :

Reported By : ST

Approved By :

(Mr. Pichit Pripanapongs)

Specialist

Date of Issue : 12 March 2004

This certificate of analysis is referred to only submitted sample(s). It is your responsibility to use herein results in any purposes. This certificate shall not be reproduced, except in full, and herein results shall not be used for advertising or public relation without the written approval of the Specialist or Department Manager



PTT Research and Technology Institute

PTT Public Company Limited

Fuels & Lubricants Research Department

71 Moo 2 Phahonyothin Rd., Wangnoi, Ayutthaya 13170 Tel: 0-2537-3000 Ext. 2411, 3208 Fax: 0-2537-3000 Ext. 3210

CERTIFICATE OF ANALYSIS

Certificate Number	: FLA-L123/47	Page	: 1/1
Reference Number	: 277/47	Sampling Date	:
Sample ID	: LA-163/47	Sample Received Date	: 21/06/47
Customer Name	: บริษัทในเครือปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย	Sample Condition	: Good
Sample Name	: 100 Hours	Analysis Date	: 21/06/47
Sample Source	:	Operator's Name	: ST

Item	Property, Unit	Test Method	Result
1	Wear Metals Content, wt ppm.	ASTM D 5185	
	Silicon		112.2
	Lead		4.73
	Iron		30.70
	Chromium		5.28
	Aluminium		5.72
	Copper		5.75

Remarks :

Reported By : ST

Approved By :

(Mr Pichit Pripanapongs)

Specialist

Date of Issue : 24 June 2004

This certificate of analysis is referred to only submitted sample(s). It is your responsibility to use herein results in any purposes. This certificate shall not be reproduced, except in full, and herein results shall not be used for advertising or public relation without the written approval of the Specialist or Department Manager.

PTT Research and Technology Institute



PTT Public Company Limited

Fuels & Lubricants Research Department

71 Moo 2 Phahonyothin Rd., Wangnoi, Ayutthaya 13170 Tel. 0-2537-3000 Ext. 2411, 3208 Fax. 0-2537-3000 Ext. 3210

CERTIFICATE OF ANALYSIS

Certificate Number	: FLA-L124/47	Page	: 1/1
Reference Number	: 278/47	Sampling Date	:
Sample ID	: LA-164/47	Sample Received Date	: 21/06/47
Customer Name	: บริษัท ไทยออยล์ จำกัด (มหาชน) สำนักงานใหญ่	Sample Condition	: Good
Sample Name	: 200 Hours	Analysis Date	: 21/06/47
Sample Source	:	Operator's Name	: ST

Item	Property, Unit	Test Method	Result
1	Wear Metals Content, wt.ppm.	ASTM D 5185	
	Silicon		128.0
	Lead		4.19
	Iron		29.33
	Chromium		4.91
	Aluminium		5.98
	Copper		6.47

Remarks :

Reported By : ST

Approved By :

(Mr. Pichit Pripanapongs)

Specialist

Date of Issue : 24 June 2004

This certificate of analysis is referred to only submitted sample(s). It is your responsibility to use herein results in any purposes. This certificate shall not be reproduced, except in full, and herein results shall not be used for advertising or public relation without the written approval of the Specialist or Department Manager.



PTT Research and Technology Institute

PTT Public Company Limited

Fuels & Lubricants Research Department

71 Moo 2 Phahonyothin Rd., Wangnoi, Ayutthaya 13170 Tel: 0-2537-3000 Ext. 2411, 3208 Fax: 0-2537-3000 Ext. 3210

CERTIFICATE OF ANALYSIS

Certificate Number	: FLA-L125/47	Page	: 1/1
Reference Number	: 279/47	Sampling Date	:
Sample ID	: LA-165/47	Sample Received Date	: 21/06/47
Customer Name	: บริษัทในเครือปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย	Sample Condition	: Good
Sample Name	: 300 Hours	Analysis Date	: 21/06/47
Sample Source	:	Operator's Name	: ST

Item	Property, Unit	Test Method	Result
1	Wear Metals Content, wt.ppm.	ASTM D 5185	
	Silicon		144.7
	Lead		4.26
	Iron		32.80
	Chromium		5.55
	Aluminium		6.64
	Copper		7.52

Remarks :

Reported By : ST

Approved By :

Pichit P.
(Mr. Pichit Pripanapongs)

Specialist

Date of Issue : 24 June 2004

This certificate of analysis is referred to only submitted sample(s). It is your responsibility to use herein results in any purposes. This certificate shall not be reproduced, except in full, and herein results shall not be used for advertising or public relation without the written approval of the Specialist or Department Manager.

ข้อมูลการทดสอบคุณสมบัติของน้ำมันแก๊สโซลีน 91 และบิวทานอล

ชื่อการทดสอบ	: การหาจุดวาบไฟและจุดติดไฟ (Flash point and fire point) และการทดสอบเปรียบเทียบค่าความชื้นใส
ห้องทดสอบ	: ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา
ชื่อผลิตภัณฑ์	: 1. แก๊สโซลีน 91 2. บิวทานอล
อุณหภูมิห้อง	: 28 °C
วัน / เดือน / ปี ที่ทดสอบ	: 13 กันยายน 2547

ลำดับ	รายการคุณสมบัติ ; หน่วย	ผลการทดลอง
1.	น้ำมันแก๊สโซลีน 91 จุดวาบไฟ ; °C จุดติดไฟ ; °C	10 10
2.	บิวทานอล จุดวาบไฟ ; °C จุดติดไฟ ; °C	40 41

หมายเหตุ : เฉพาะตัวอย่างที่ทดสอบเท่านั้น

ลำดับ	รายการคุณสมบัติ ; หน่วย	ผลการทดลอง
1.	น้ำมันแก๊สโซลีน 91 เวลาที่ใช้ ; s	47
2.	บิวทานอล เวลาที่ใช้ ; s	59

หมายเหตุ : การทดสอบเปรียบเทียบค่าความชื้นวัดโดยจับเวลาให้ผลิตภัณฑ์ปริมาตร 50 cc
ไหลผ่านคอขวดของหลอดแก้วเปิดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 mm
: เฉพาะตัวอย่างที่ทดสอบเท่านั้น

ภาคผนวก ค

- ตัวอย่างการคำนวณสมรรถนะของเครื่องยนต์
- รายละเอียดเครื่องทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์

ตัวอย่างการคำนวณสมรรถนะของเครื่องยนต์

จากตารางบันทึกผลการทดสอบที่อัตราส่วน 100 : 0

ที่ 1400 RPM จะได้

$$T = 64 \text{ N.m.} , \dot{V}_w = 50 \text{ LPM}$$

$$T = 45.24 \text{ s} , \dot{V}_u = 22.7 \text{ m}^3 / \text{hr}$$

$$T_{\text{atm}} = 35 \text{ }^{\circ}\text{C} , \rho = 0.7 \text{ g / cc.}$$

$$T_{\text{wi}} = 46 \text{ }^{\circ}\text{C} , \text{HHV} = 46,397 \text{ kJ / kg}$$

$$T_{\text{wo}} = 49 \text{ }^{\circ}\text{C} , V_f = 60 \text{ cc.}$$

$$T_e = 520 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

การคำนวณกำลังงานเบรค (P_b)

$$\begin{aligned} P_b &= 2\pi TN/60 \\ &= 2\pi \times 64 \text{ N.m.} \times 1400 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \times 1 \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \times \frac{1 \text{ kN.m.}}{1,000 \text{ N.m.}} \\ &= 9.38 \text{ kw} \end{aligned}$$

ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ($\dot{m}_f$)

$$\begin{aligned} \dot{m}_f &= \frac{V_f \times \rho}{t} = \frac{60 \text{ cc.} \times 0.7 \text{ g / cc.}}{45.24 \text{ s}} \\ &= 0.93 \text{ g / s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{หรือ } \dot{m}_f &= 0.93 \frac{\text{g}}{\text{s}} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ hr}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1,000 \text{ g}} \\ &= 3.35 \text{ kg / s} \end{aligned}$$

การสมดุลความร้อนของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

ความร้อนที่ส่งเข้าไป ($\dot{Q}_f$)

$$\dot{Q}_f = \dot{m}_f \times \text{HHV}$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_f &= 0.93 \frac{\text{g}}{\text{s}} \times 46,397 \frac{\text{J}}{\text{g}} \\ &= 43,149.21 \text{ J / s} \\ &= 43.15 \text{ kJ / s} \end{aligned}$$

$$\text{และ } \dot{Q}_f = P_f = 43.15 \text{ kw}$$

ความร้อนที่เปลี่ยนเป็นกำลังงานเบรก

$$\begin{aligned}\dot{Q}_b &= P_b \\ &= 9.38 \text{ kJ / s}\end{aligned}$$

ความร้อนที่สูญเสียไปกับน้ำหล่อเย็น

$$\begin{aligned}\dot{Q}_w &= \dot{m}_w C_{pw} (T_{wo} - T_{wi}) \\ \text{แต่ } \dot{m}_w &= \dot{V}_w \times \rho_w \\ &= 50 \frac{\text{lite}}{\text{min}} \times \frac{1000 \text{ cm}^3}{1 \text{ lite}} \\ &= 50,000 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \times \frac{1,000 \text{ kg}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ m}^3}{10^6 \text{ cm}^3} \\ &= 50 \frac{\text{kg}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \\ &= 0.833 \text{ kg / s}\end{aligned}$$

(ประเสริฐ. พ.ศ.2541 :) Specific heats of common solid and liquids, (a) At 25 °C

$$\begin{aligned}C_{pw} &= 4.184 \text{ kJ / kg} \cdot K \\ \text{ดังนั้น } \dot{Q}_w &= 0.833 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 4.184 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot K} \times [(273 + 49) - (273 + 46)] K \\ &= 10.46 \text{ kJ / s}\end{aligned}$$

ความร้อนที่สูญเสียไปกับไอเสีย

$$\dot{Q}_e = [(\dot{m}_f + \dot{m}_a) C_p T_e] - [\dot{m}_a C_p T_a]$$

หาค่า $\dot{m}_a$ จากสมการ $PV = mRT$

เนื่องจากเป็นอากาศที่ความดันบรรยากาศ (ประเสริฐ. พ.ศ. 2541 :)

$$\begin{aligned}P &= 101.3 \text{ kN / m}^2 \\ C_p &= 1.005 \text{ kJ / kg} \cdot K \\ R &= 0.287 \text{ kJ / kg} \cdot K\end{aligned}$$

และจากตารางบันทึกผลจะได้

$$\begin{aligned}V &= \dot{V}_u = 22.27 \text{ m}^3 / \text{hr} = 0.38 \text{ m}^3 / \text{s} \\ T &= T_a = T_{\text{atm}} = 35^\circ\text{C} = 308 \text{ K} \\ T_e &= 520^\circ\text{C} = 793 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{แทนค่า } \dot{m}_a &= \frac{PV}{RT} \\
 &= \frac{101.3 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 22.27 \text{ m}^3 / \text{hr}}{0.287 \text{ kJ} / \text{kg} \cdot \text{K} \times 308 \text{ K}} \\
 &= 26.01 \text{ kg} / \text{hr} \\
 &= 0.00723 \text{ kg} / \text{s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{แทนค่า } \dot{Q}_c &= [(0.00723 + 0.0093) \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 1.005 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \times 793 \text{ K}] - \\
 &\quad [0.00723 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 1.005 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \times 308 \text{ K}] \\
 &= 6.5032 - 2.238 \text{ kJ} / \text{s} \\
 &= 4.2652 \text{ kJ} / \text{s}
 \end{aligned}$$

ความร้อนที่สูญเสียไปในด้านอื่น ๆ

$$\begin{aligned}
 \dot{Q}_a &= \dot{Q}_f - \dot{Q}_b - \dot{Q}_w - \dot{Q}_c \\
 &= 43.15 - 9.38 - 10.46 - 4.2652 \text{ kJ} / \text{s} \\
 &= 19.45 \text{ kJ} / \text{s}
 \end{aligned}$$

การหาค่าเปอร์เซ็นต์ความร้อนที่สูญเสีย

เปอร์เซ็นต์ความร้อนที่เปลี่ยนเป็นกำลังงานเบรก (Q_b)

$$\begin{aligned}
 Q_b &= \frac{\dot{Q}_b}{\dot{Q}_f} \times 100\% \\
 &= \frac{9.38}{43.15} \times 100\% \\
 &= 21.74 \%
 \end{aligned}$$

เปอร์เซ็นต์ความร้อนที่สูญเสียไปกับน้ำหล่อเย็น (Q_w)

$$\begin{aligned}
 Q_w &= \frac{\dot{Q}_w}{\dot{Q}_f} \times 100\% \\
 &= \frac{10.46}{43.15} \times 100\% \\
 &= 24.24\%
 \end{aligned}$$

เปอร์เซ็นต์ความร้อนที่สูญเสียไปกับไอเสีย (Q_c)

$$\begin{aligned} Q_c &= \frac{\dot{Q}_c}{\dot{Q}_f} \times 100\% \\ &= \frac{4.2652}{43.15} \times 100\% \\ &= 9.87\% \end{aligned}$$

เปอร์เซ็นต์ความร้อนที่สูญเสียไปในด้านอื่น ๆ (Q_a)

$$\begin{aligned} Q_a &= \frac{\dot{Q}_a}{\dot{Q}_f} \times 100\% \\ &= \frac{19.45}{43.15} \times 100\% \\ &= 44.15\% \end{aligned}$$

การคำนวณหาความสิ้นเปลืองน้ำมันจำเพาะเบรค (bsfc)

$$\begin{aligned} \text{bsfc} &= \frac{\dot{m}_f}{P_b} = \frac{3.35 \text{ kg / hr}}{9.38 \text{ kw}} \\ &= 0.357 \text{ kg / kw.hr} \end{aligned}$$

การคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรค (η_{bth})

$$\begin{aligned} \eta_{\text{bth}} &= \frac{100\%}{\text{bsfc} \times HHV} \\ &= \frac{100\%}{0.357 (\text{kg / kw.hr}) \times 46,397 (\text{kJ / kg})} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ hr}} \\ &= 21.55\% \end{aligned}$$

การคำนวณหาอัตราส่วนอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิง (A / F)

$$\begin{aligned} (A / F) &= \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_f} = \frac{(0.00723 \times 3600) \text{ kg / hr}}{3.35 \text{ kg / hr}} \\ &= 7.76 : 1 \end{aligned}$$

การคำนวณหาความดันเฉลี่ยเบรก (bmep)

$$bmep = \frac{P_b n \times 60}{LANK}$$

จากข้อมูลของเครื่องยนต์ Toyota 2 E

$$L = 77.4 \text{ mm.} = 0.0774 \text{ m.}$$

$$D = 73 \text{ mm.} = 0.073 \text{ m.}$$

$$N = 1400 \text{ RPM}$$

$$K = 4$$

$$n = 2$$

$$\text{ดังนั้น } A = \frac{\pi(0.073)^2}{4} = 0.00419 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า } bmep &= \frac{9.38 \text{ kW} \times 2}{0.077 \text{ m} \times 0.00419 \text{ m}^2 \times 1400 \text{ rev/min} \times 4} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \\ &= 10.30 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \\ &= 10.3 \times 10^3 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \times \frac{1 \text{ bar}}{10^5 \text{ N/m}^2} \\ &= 6.20 \text{ bar} \end{aligned}$$

รายละเอียดเครื่องทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์

ตาราง 17 รายละเอียดของ EDDY CURRENT TEST RED

รายการ	รายละเอียด
Model	ECETB 250
Max power	250 kW
Max Speed	6000 rpm
Cooling system	Water (Cooling Tower)
Torque Measuring	Load Cell
Engine Speed	Speed Sensors

รายละเอียด - คู่มือ เครื่องทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ (MANUAL TEST ENGINE)

ONE	ECETS 250 FROUDE AG 250 EDDY CURRENT TEST RED 250 kW ABSORBING, INCLUDING BASE PLATE, CALIBRATION ARM, AMPLIFIER, SPEED SENSER & LOW WATER WARNING, MANAUL CONTROLLER PROVIDING DIGITAL DISPLAYS OF SPEED & TORQUE, DEMAND UNIT & CONTROL MODE SELECTOR
ONE	SLIM 2000/ETB ENGINE TEST RED SERIAL LINK INTERFACE MODULE (DCETB & ECTEB), DIGITAL DISPLAY & LOGGING TO PC OF TORQUE, SPEED, AIR (TE 400L), TEMPERATURE, IBM PC COMPATIBLE NOT INCLUDED, IBM PC REQUIRED FOR MANUAL OPERATION
ONE	SLIM 2000/AUX AUXILIARY SERIAL LINK INTERFACE MODULE (DCETB & ECTEB), ADDITIONAL UNIT FOR USE WITH SLIM 2000/ETB TO PROVIDE EIGHT FURTHER 4 – 20 Ma TRANSMITTER ANALOGUE INPUT
ONE	COMPEND 2000 CONTROL & DATA ACQUISITION SOFTWARE CONFIGURED FOR USE WITH DBETB OR ECETB, PROVING CONTROL OF DYNAMOMETER SET POINT & ENGINE SET POIN (WITH TASC/H)
ONE	TASC/H HIGH TROTLE ACTUATOR & SERVO CONTROLLER FOR DIESEL & PETROL ENGINE

ONE	ENGINE 4 / 4PT ENGINE – WATER COOLED UNDER 70 Kw WITH CYLINDER PRESSRE TAPPING COMPLETE WITH ENGINE MOUNTINE REAME, DRIVE SHAFT, SHAFT GUARDS, COOLER FORD XLD 418 1800 cc DIESED ENGINE
ONE	ENGINE 4 / 5 PT ENGINE RATER COOLED UNDER 100 Kw WITH CYLINDER PRESSURE TAPPING COMPLETE WITH ENGINE MOUNTING FRAME, DRIVE SHAFT, SHAFT GUARDS, EXHAUST WATER INLET, & OUTLET THERMOCOPLE, IGNITION ON / OFF COOLER FORD XLD 418 1800 cc PETROL ENGINE
ONE	RE 2000 EXHAUST GAS ANALYSER (INCLUDING CALIBRATION GASES) HC : 0 – 400 ppm +/-12 ppm of reading CO : 0 – 2% +/-0.06%+ +/-3% of reading CO ₂ : 0 – 16% +/-0.6%,16%+ +/-0.5% of reading O ₂ : 0 – 10% +/-0.5%,10%+ +/-0.6% of reading Lambda : 0.5 – 2.0 resolution
ONE	EIS 1000/1 ENGINE CYCLEANALYSER HIGH SPEED DATA ACQUISITION SYSTEM % ENGINE CYCLEANNLYSER BASE UNIT INCLUDING ENCODER, EXCLUDING TRANSDUCERS & AMPLIFIERS
ONE	EIS 1000/CA CHAEGE AMPLIFIER FOR USE EIS 1000/1
ONE	EIS 1000/1 CYLONDER PRESSURE TRANSDUCERS 0 – 200 BAR CYLINDER BLOCK MOUNTINE FOR PETROL OR DIESEL ENGINE
ONE	EIS 1000/6 DIESEL FUEL INJECTOR NEEDLE LIFT TRANSDUCERS & AMPLIFIER

EIS 1000**ITEM**

1. ONE - High Speed Data Acquisition & Engine Indicator
System comprising
HSD Card VDU and Alphanumeric Keypad
2. ONE - Hand Held Tracker Ball
3. ONE - Charge Amplifier (fitted in cabinet if ordered)

4. ONE - BNC termination Plugs (fitted to input sockets)
5. ONE - Mains Cable
6. ONE - BNC – BNC CO – axial Cable (one per channel)
7. ONE - 360 Pulse / rev Encoder and Cable
8. ONE - Box of accessories for computer comprising : Keys
Screws, PCB Clamps, VGA Software, Function Keys Software
9. ONE - Copy of Dos v6.22 (Software)
10. ONE - Copy of QPRO V5.5 (Software)

EIS 1000 / CA

- ONE - Charge Amplifier (fitted in cabinet)
- ONE - BNC – BNC Co – axial Cable

EIS 1000 / CA CYLINDER PRESSURE (BLOCK)

1. ONE - Transducer Type 6123A1
2. ONE - Cable No 1A – Type 6123C1 x 1M
3. ONE - Cable No 2 – Type 6123b 10 x 10M

ONE	TE 12/4 AUTOMATIC VOLUMETRIC FUEL GUAGE 200/400/800cc
	HIGH LEVEL EXHAUST EXTRACTION DUCTING

TE 12/4 AUTOMATIC VOLUMETRIC FUEL GUAGE 200/400/800cc**COMPLETE WITH :****ITEM**

1. EIGHT - Compression Nuts 10mm
2. EIGHT - Compression Nipples 10mm
3. FIFTEEN Mtrs - Nylon pipe 10mm
4. TWO - Set operating Instruction
5. SIX - Rawplugs

ONE	FET FUEL HEADER TANK 27 LITRE CAPACITY WITH MANUAL BALL VALVE WALL MOUNTING COMPLETE WITH FIXING LOCATION FOR FUEL GUAGE
ONE	FET FUEL HEADER TANK 54 LITRE CAPACITY WITH MANUAL BALL VALVE WALL MOUNTING COMPLETE WITH FIXING LOCATION FOR FUEL GUAGE
ONE	TE 40DL AIR CONSUMPTION METER WITH ONE ORFICE PLATE TO BS, TRANSDUCER & AMPLIFIER FOR ENGINE CAPACITIES 40 – 100 kW & 100 – 250 kW
ONE	TE 95 ENGINE COOLING WATER SYSTEM WITH PUMP, ROTAMETER, THERMOCOPLE & REGULATING VAVLE CAPACITIES FOR ENGINE IN RANGE 40 – 100 kW & 100 – 250 kW

TE 40

ONE - AIR CONSUMPTION METER complete with :

ITEM

1. ONE - Air box
2. TWO - Orifice (1 off 60mm & 1 off 110mm) with gaskets, Screw and water
3. ONE - Orifice Guard
4. ONE - Stand
5. ONE - Manometer and Fixing Screw, Fluid Funnel and Connecting Tube
6. ONE - Length Flexflyte Hose
7. TWO - Clips size 70 – 90mm
8. TWO - Sets Operating Instructions

TE 95

ONE - ENGINE COOLING WATER SYSTEM comprising : Tank, Pump, Flow meter and Thermostat Housing all Mounted on Fabricated Frame Complete with

ITEM

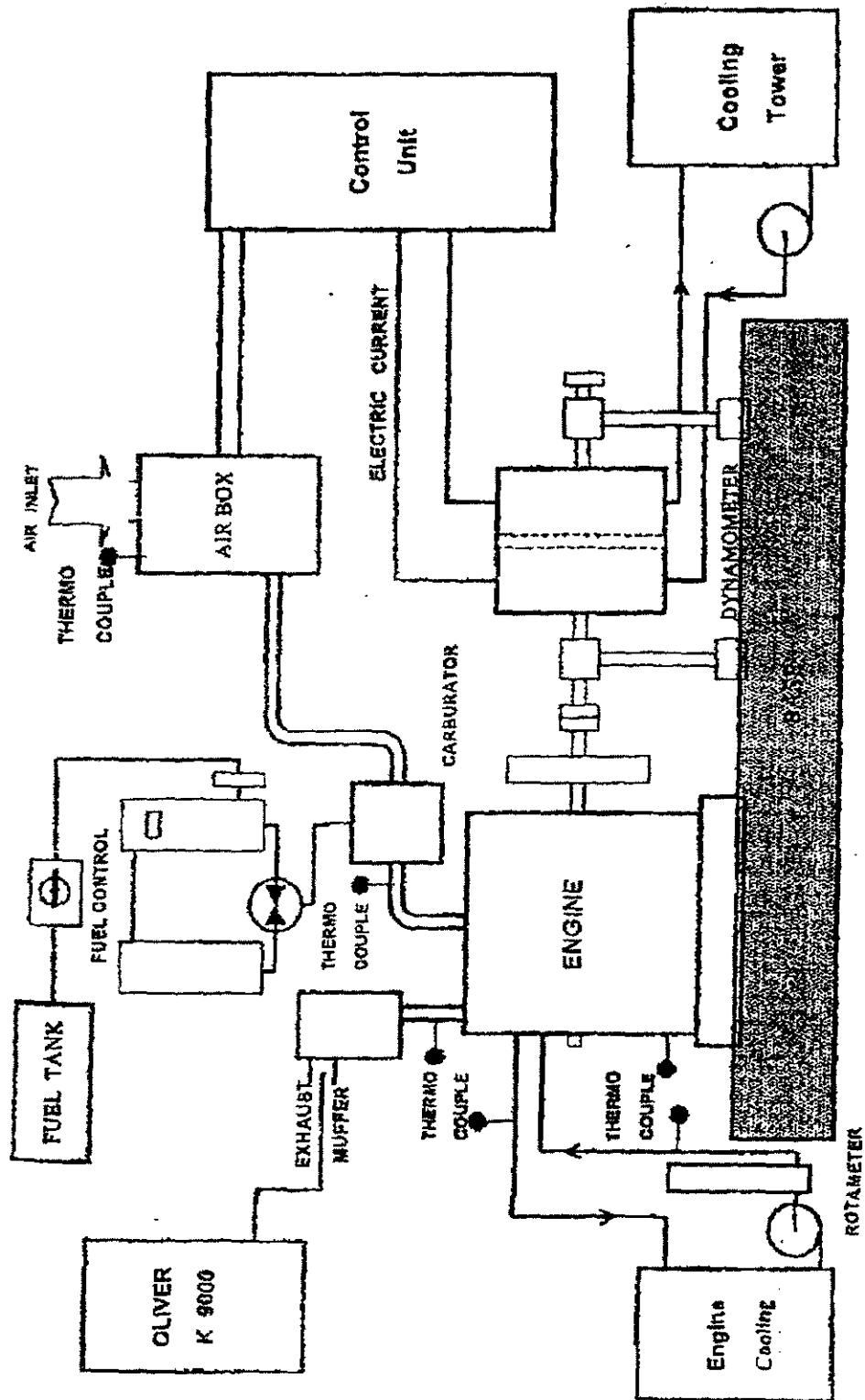
1. FOUR - Clip – Size 1 A
2. TWO - Sets Operating Instructions
3. TWO - Thermocouples (fitted to Engine)
4. TWO - Lengths Horse 36mm x 25mm bore

ตาราง 18 รายละเอียดของ AIR COSUMPTION METERING UNIT

รายการ	รายละเอียด
Model	TE 40DL/8795
Flow Meter	Orifice Plate 60mm & 110mm
Translator	Transducer & Amplifier
Engine Capacities	40 – 100kW & 100 – 500kW

ตาราง 19 รายละเอียดของ FUEL METERING UNIT

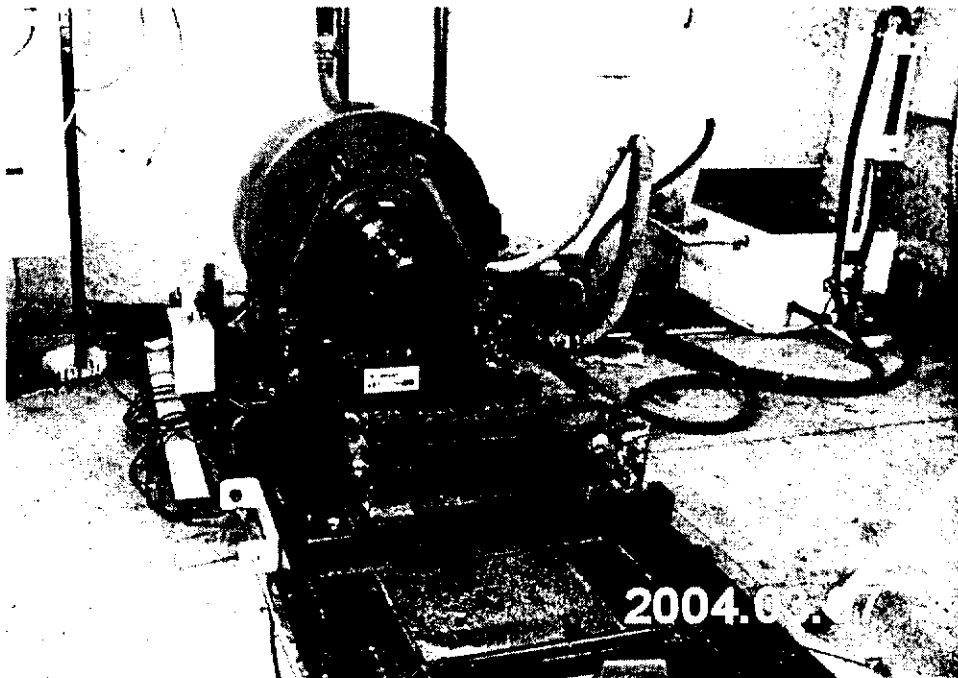
รายการ	รายละเอียด
Model	TE 12/8794
Flow Meter	Double Tanks (Barrel) with Solenoid Valve
Fuel Capacities	200 ml (Single 50 %)
	400 ml (Single 100 %)
	400 ml (Double 50 %)
	800 ml (Double 100 %)



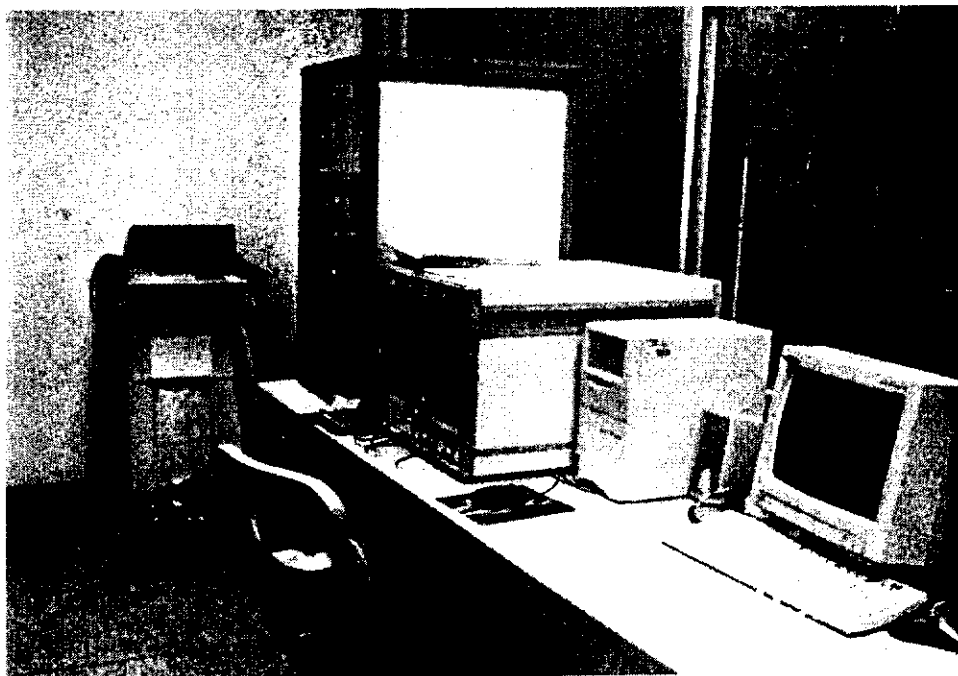
วงจรทำงานของเครื่องทดสอบ

ภาคผนวก ง

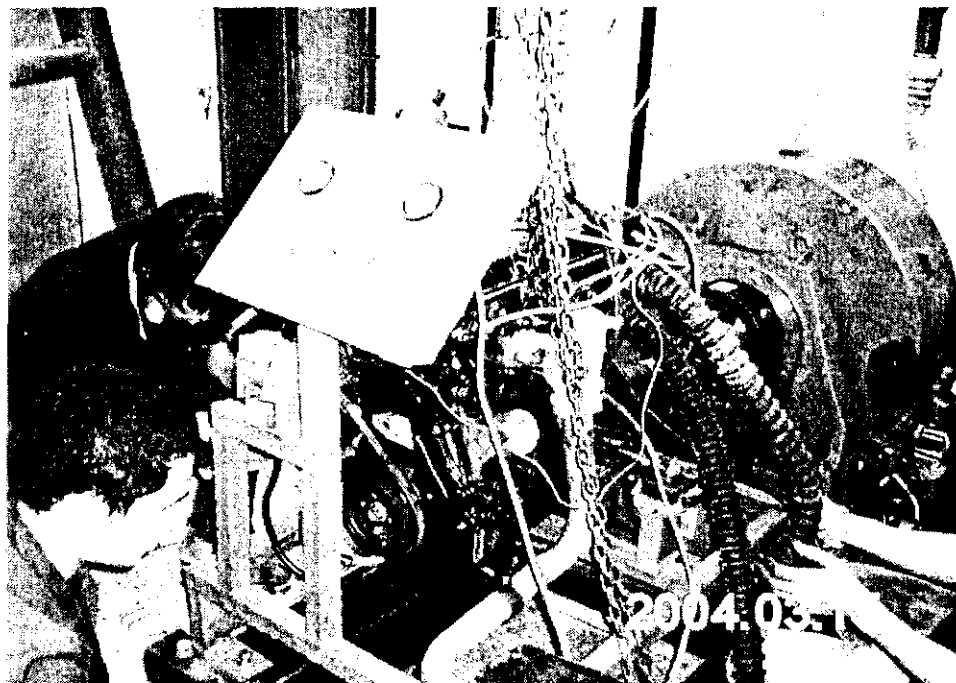
- ภาพเครื่องทดสอบแรงม้าและการเตรียมอุปกรณ์การทดสอบ
- ภาพการติดตั้งเครื่องยนต์สำหรับทดสอบ
- ภาพการทดสอบและการตรวจวัดชิ้นส่วนของเครื่องยนต์
- ภาพชิ้นส่วนภายในห้องเผาไหม้ก่อนและหลังการเดินเครื่องโดยใช้เชื้อเพลิงผสม
- ภาพตัวอย่างน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ
- ภาพตัวอย่างน้ำมันเครื่องที่ผ่านการเดินเครื่องยนต์



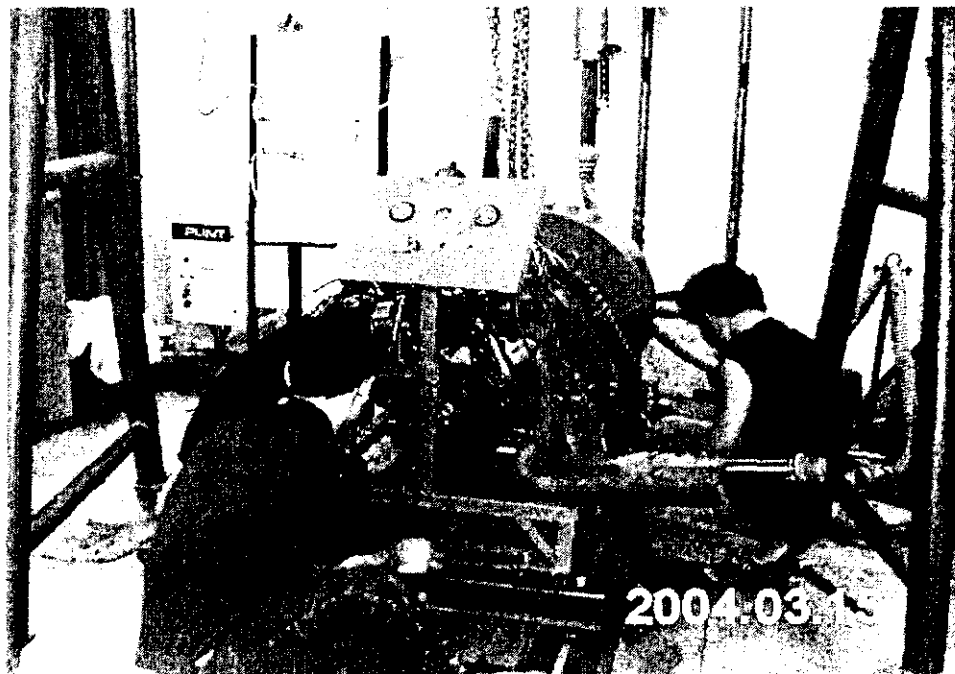
ไดนาโมมิเตอร์



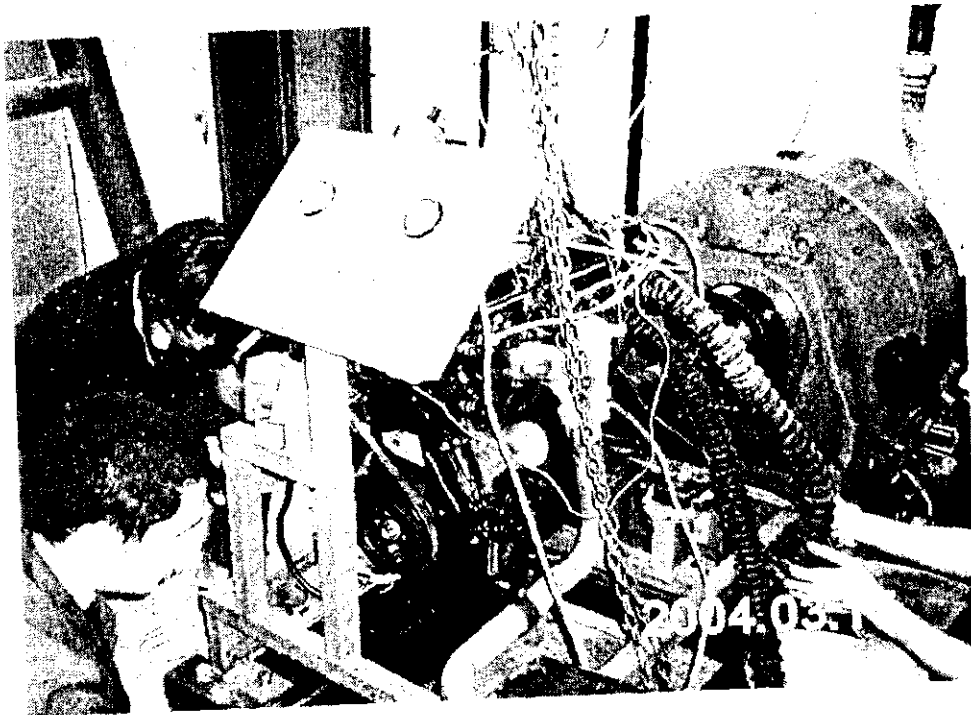
ชุดควบคุมเครื่องทดสอบแรงม้า



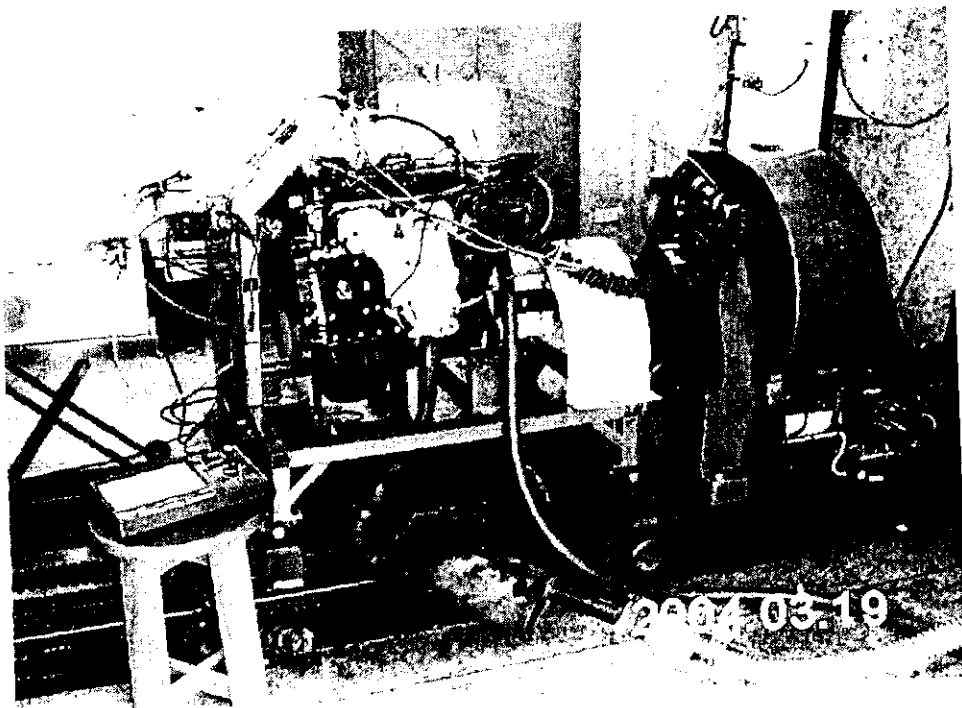
การเตรียมเครื่องยนต์สำหรับติดตั้ง



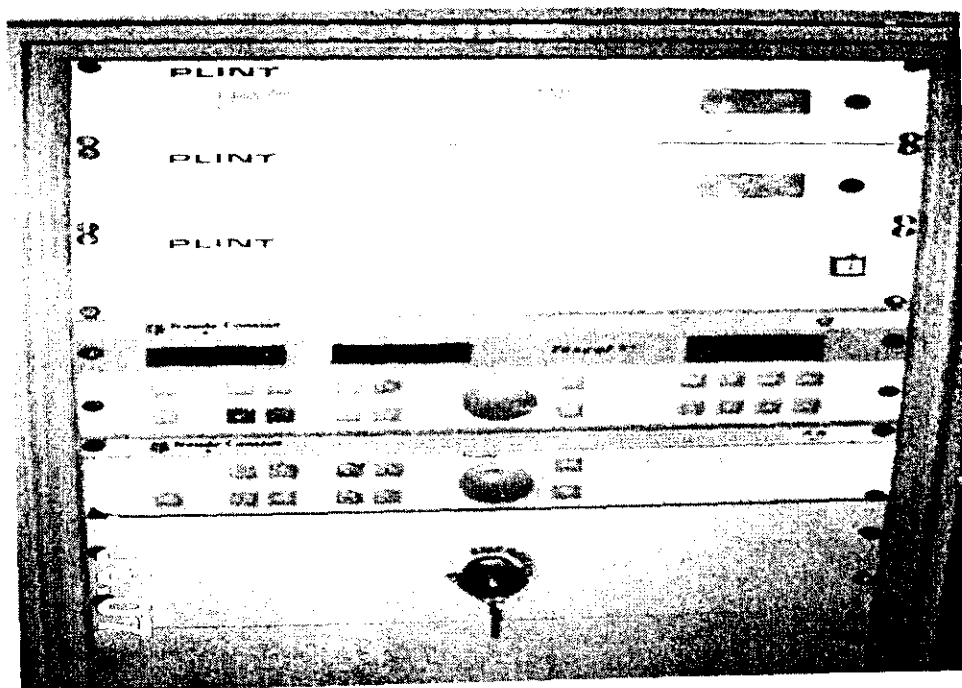
ขณะทำการติดตั้งเครื่องยนต์



การติดตั้งเครื่องยนต์กับเครื่องทดสอบแรงม้า



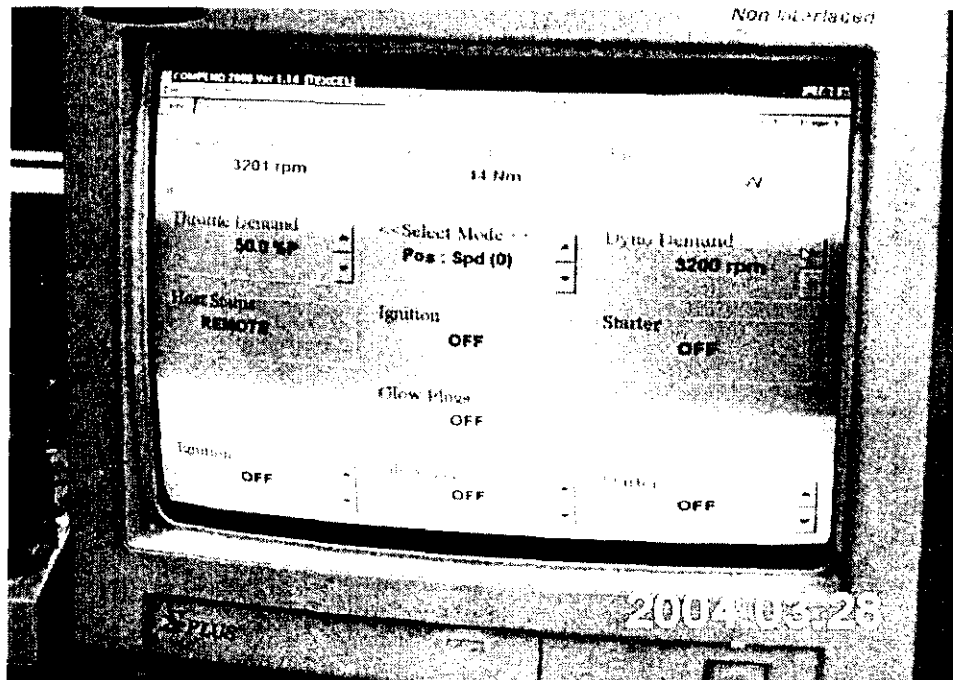
เครื่องยนต์ที่ติดตั้งเสร็จเรียบร้อยแล้ว



ชุดควบคุมเครื่องทดสอบแรงม้าด้วยมือ



การควบคุมเครื่องทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์



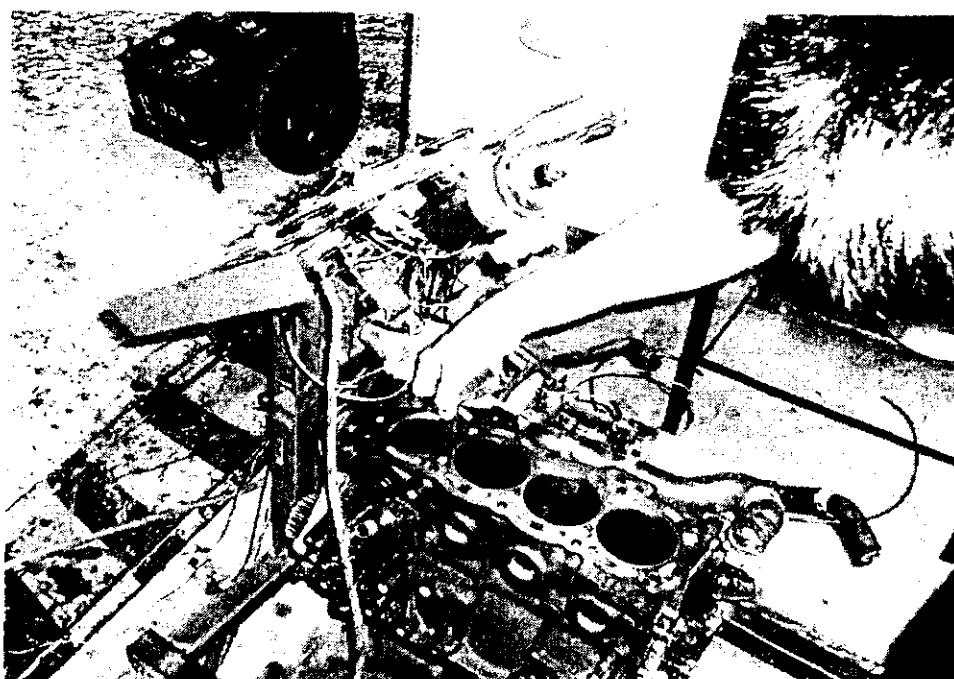
คอมพิวเตอร์แสดงผลการทดสอบ



ขณะทำการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์



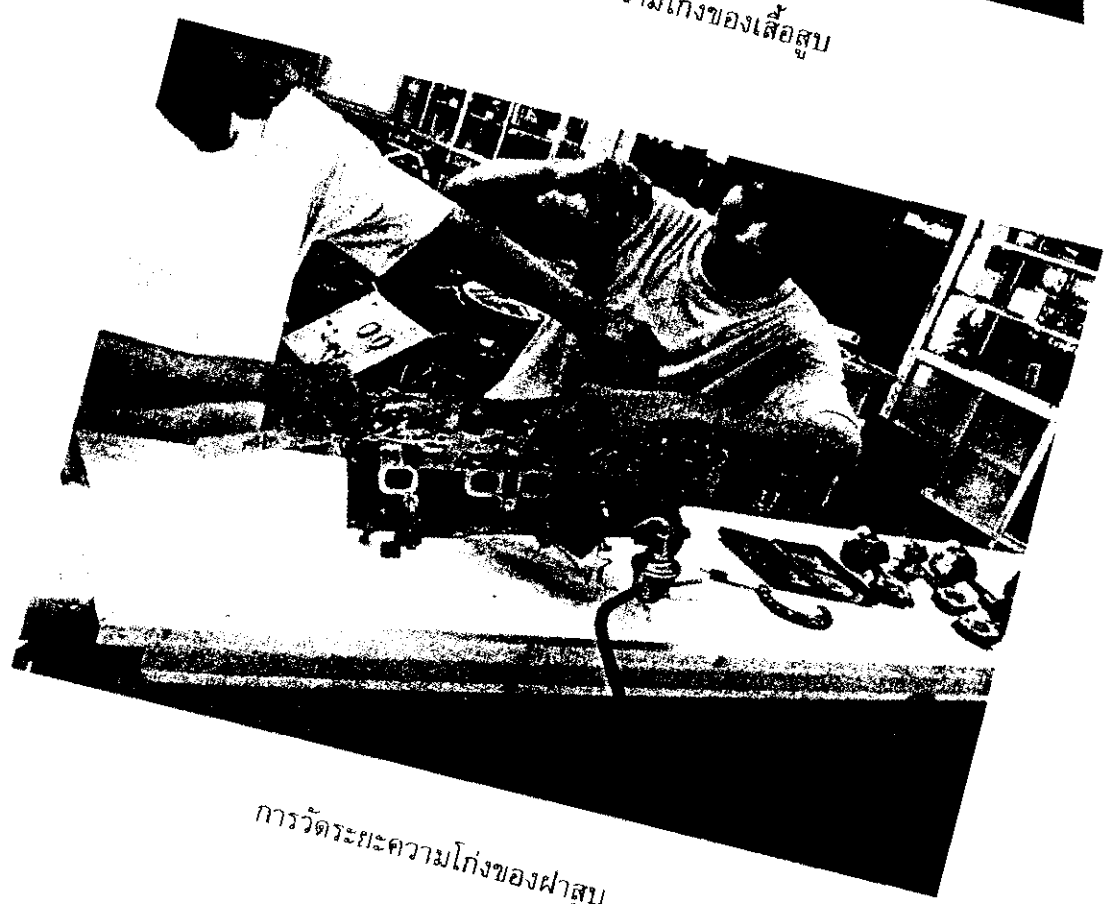
การวัดความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง



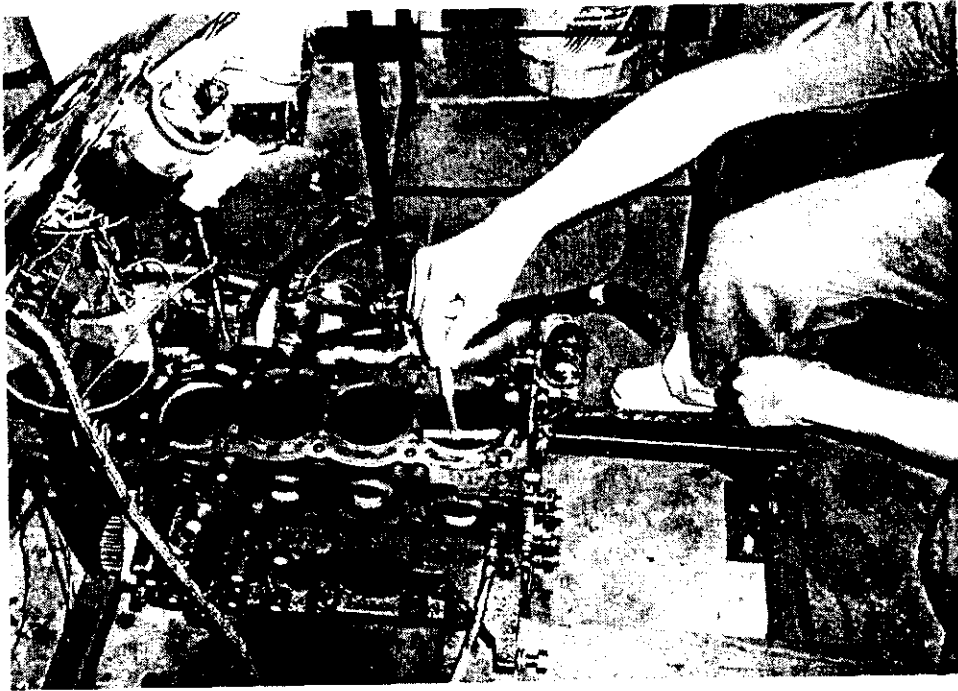
การวัดระยะห่างปากแหวนลูกสูบ



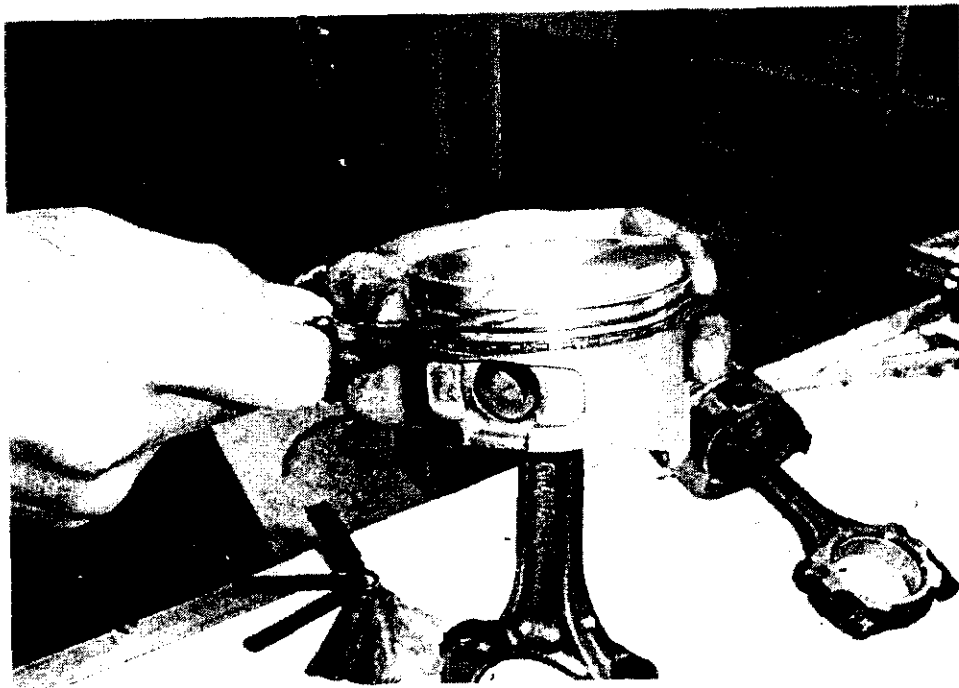
การวัดระยะความโค้งของเสื่อสูบ



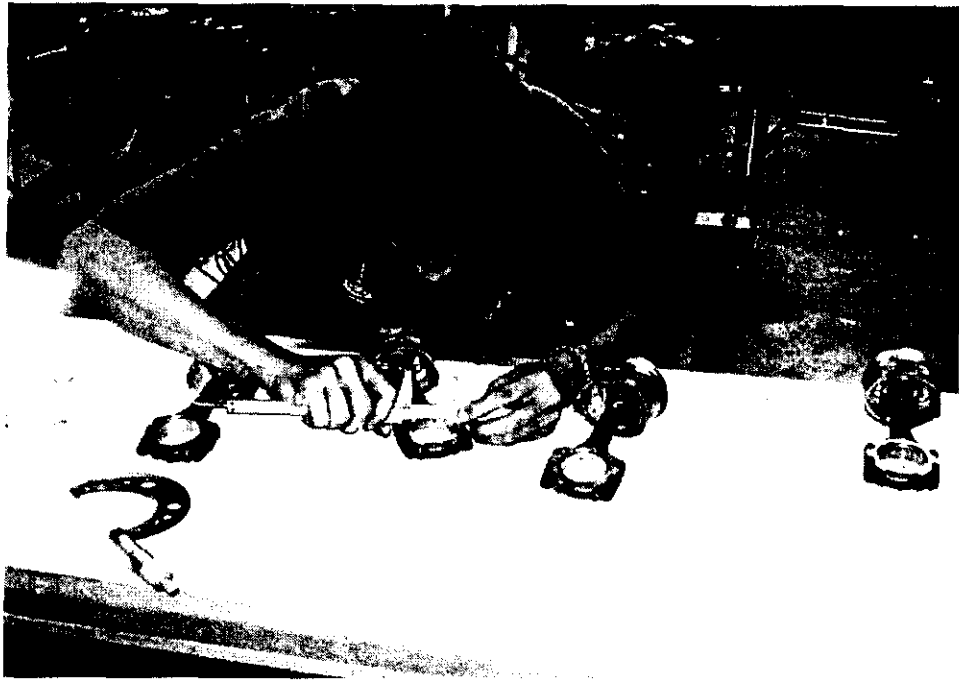
การวัดระยะความโค้งของฝาสูบ



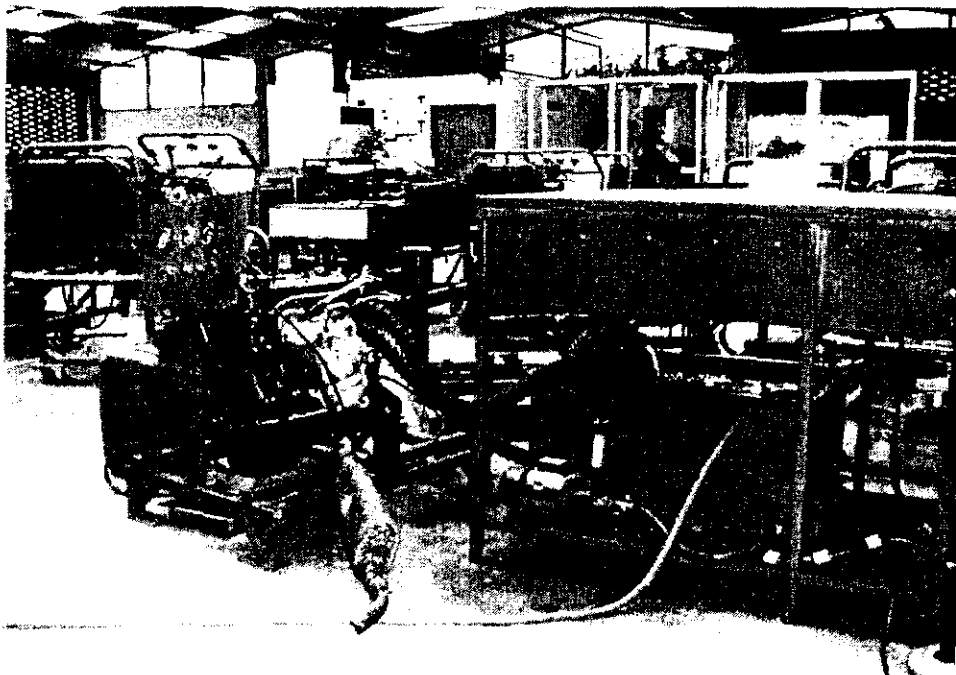
การวัดขนาดของกระบอกสูบ



การวัดระยะห่างร่องแหวนลูกสูบ



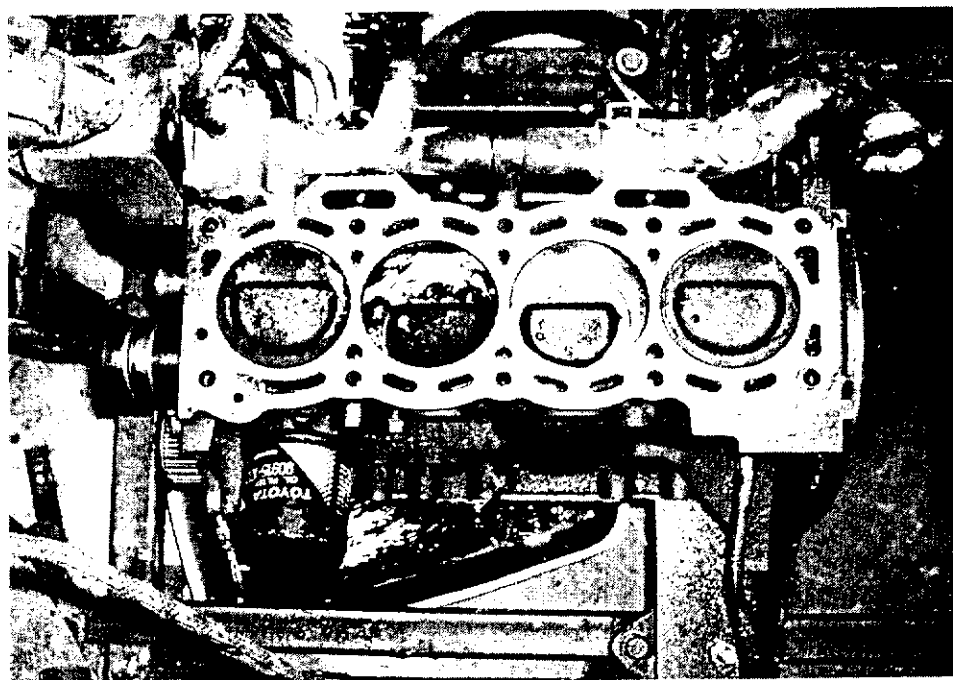
การวัดเส้นผ่าศูนย์กลางแปรงเฟลาข้อเหวี่ยง



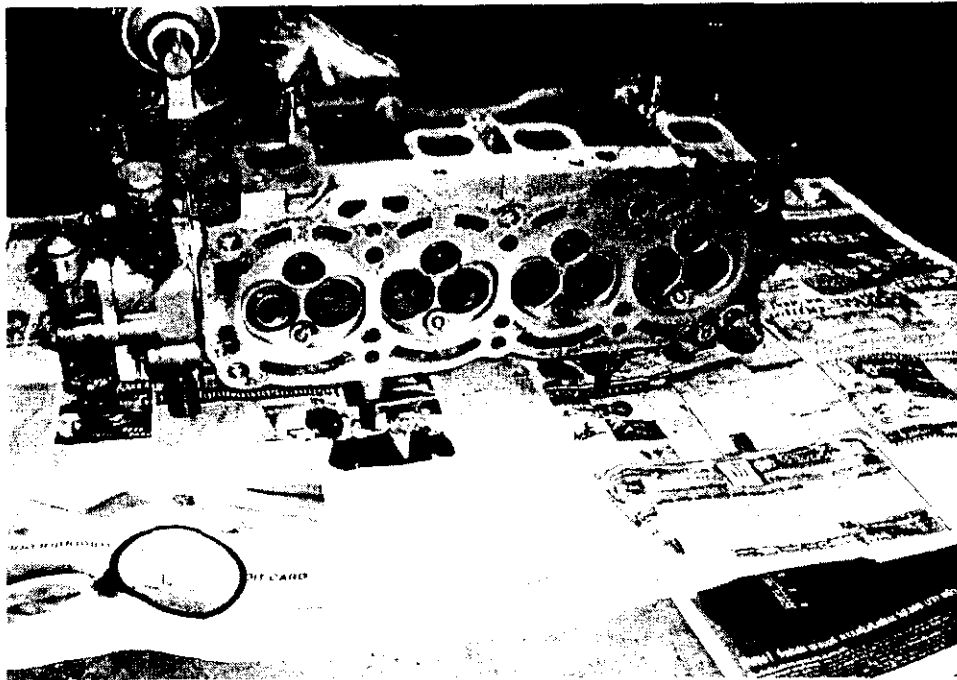
การทดสอบเดินเครื่องยนต์โดยใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสมกับบิวทานอล
ที่อัตราส่วน 90 : 10 โดยปริมาตร



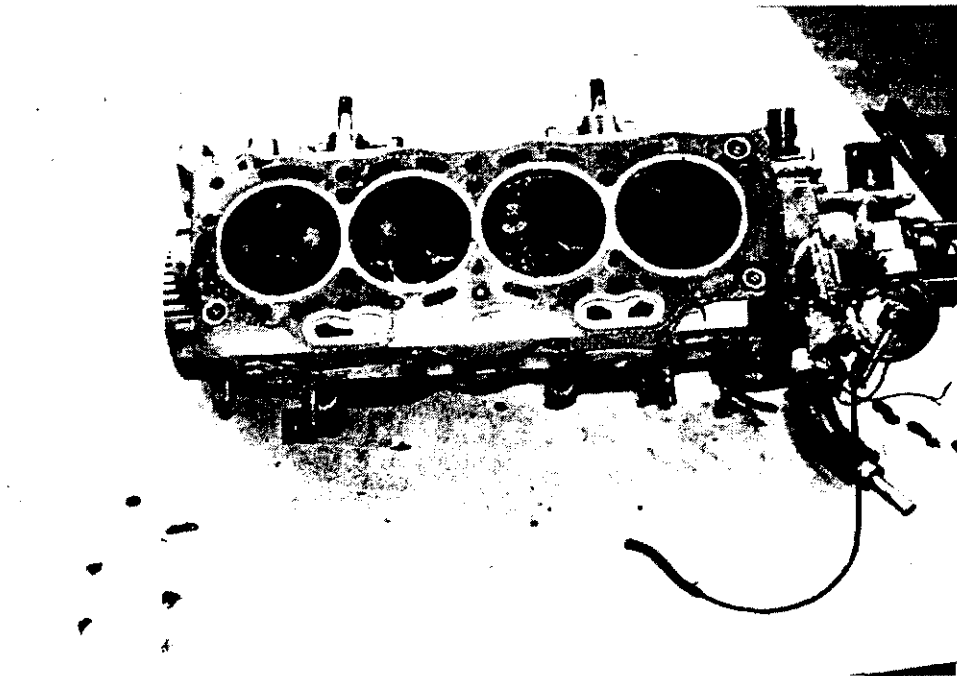
ลักษณะภายในห้องเผาไหม้ก่อนเดินเครื่องยนต์



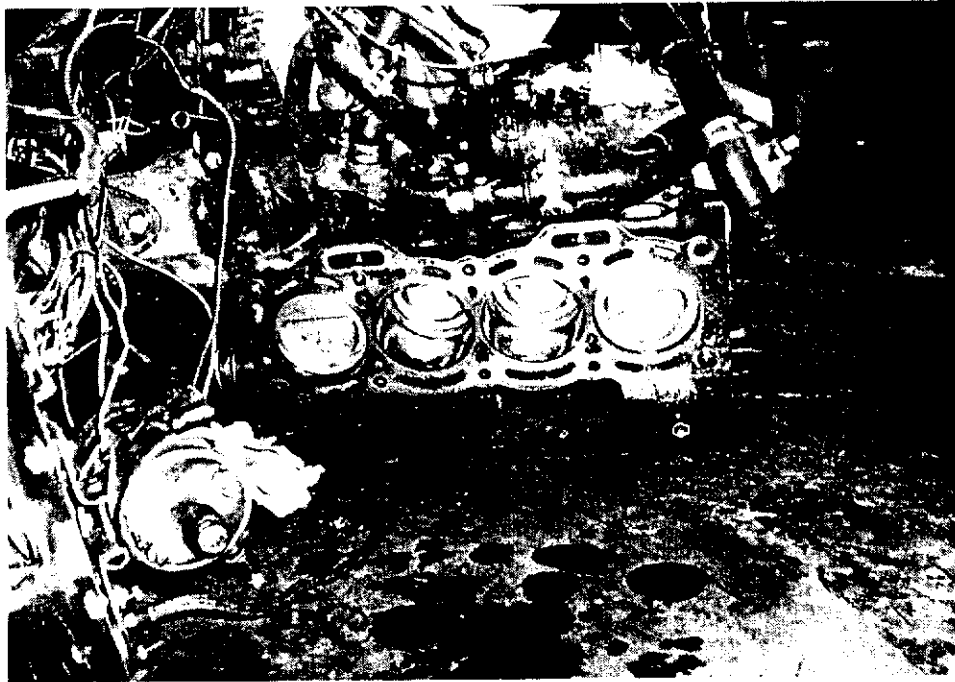
ลักษณะภายในห้องเผาไหม้หลังเดินเครื่องยนต์โดยใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91
ผสมกับบิวทานอลที่อัตราส่วน 90 : 10 โดยปริมาตร



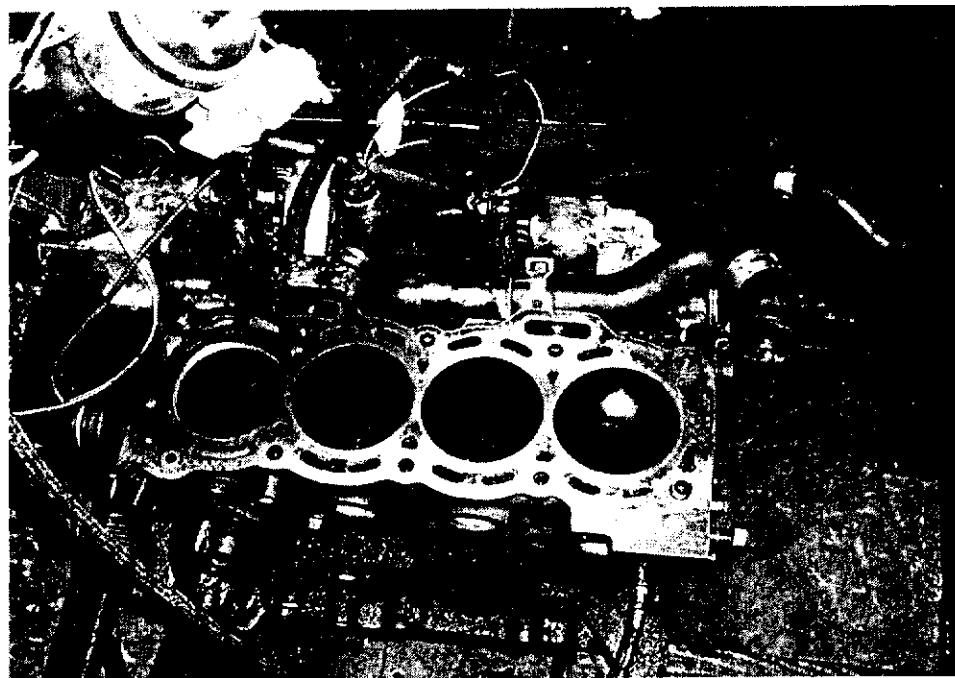
ผ่าสูบลูกก่อนติดตั้งเพื่อเดินเครื่องยนต์ทดสอบ



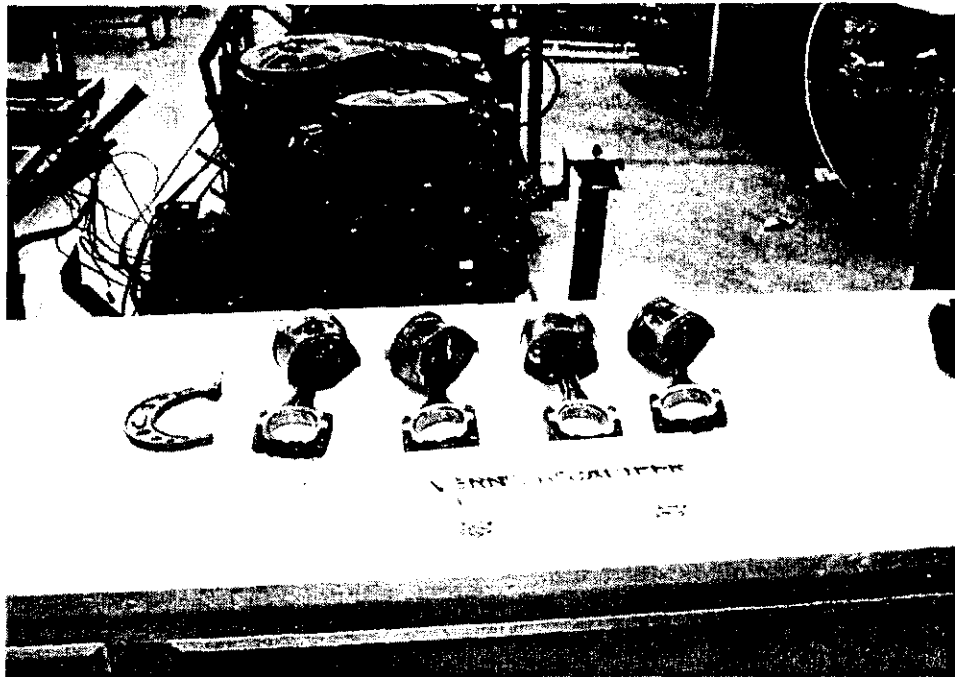
ผ่าสูบลูกหลังทดสอบเดินเครื่องยนต์โดยใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสมกับบิวทานอล
ที่อัตราส่วน 90 : 10 โดยปริมาตร



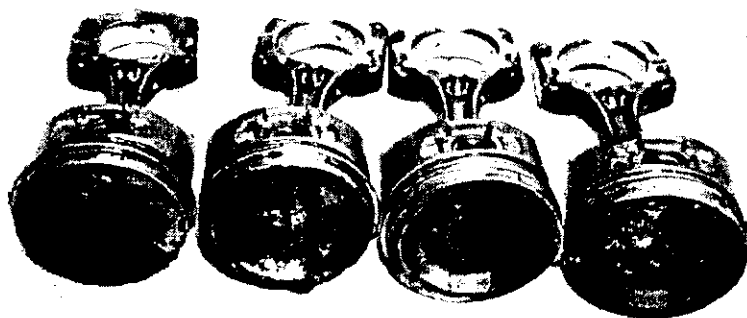
ลักษณะภายในกระบอกสูบก่อนเดินเครื่องยนต์



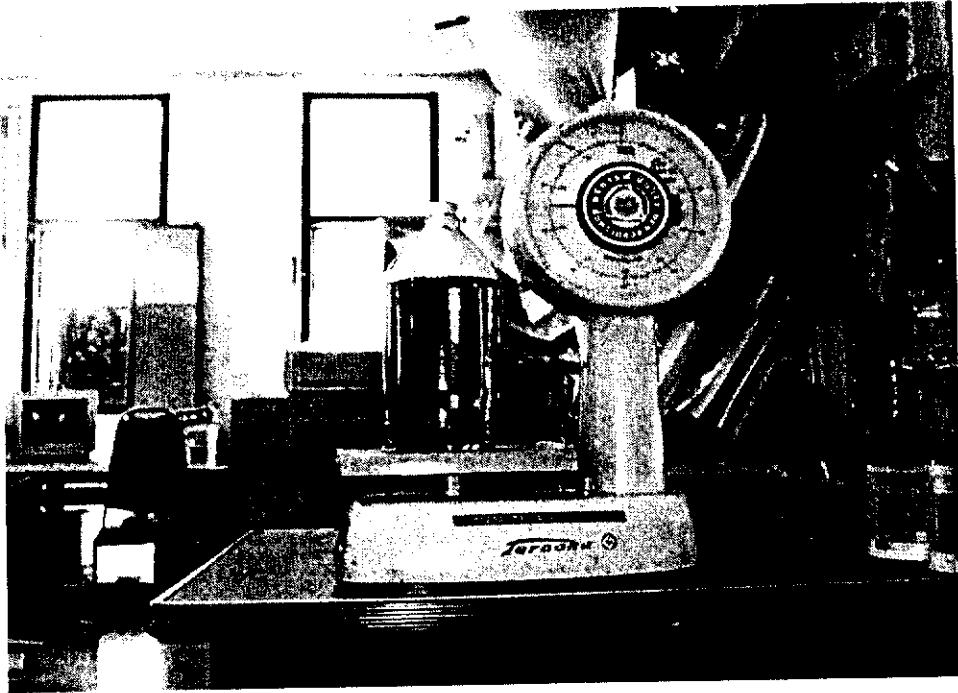
ลักษณะภายในกระบอกสูบหลังเดินเครื่องยนต์โดยใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสมกับบิวทานอล
ที่อัตราส่วน 90 : 10 โดยปริมาตร



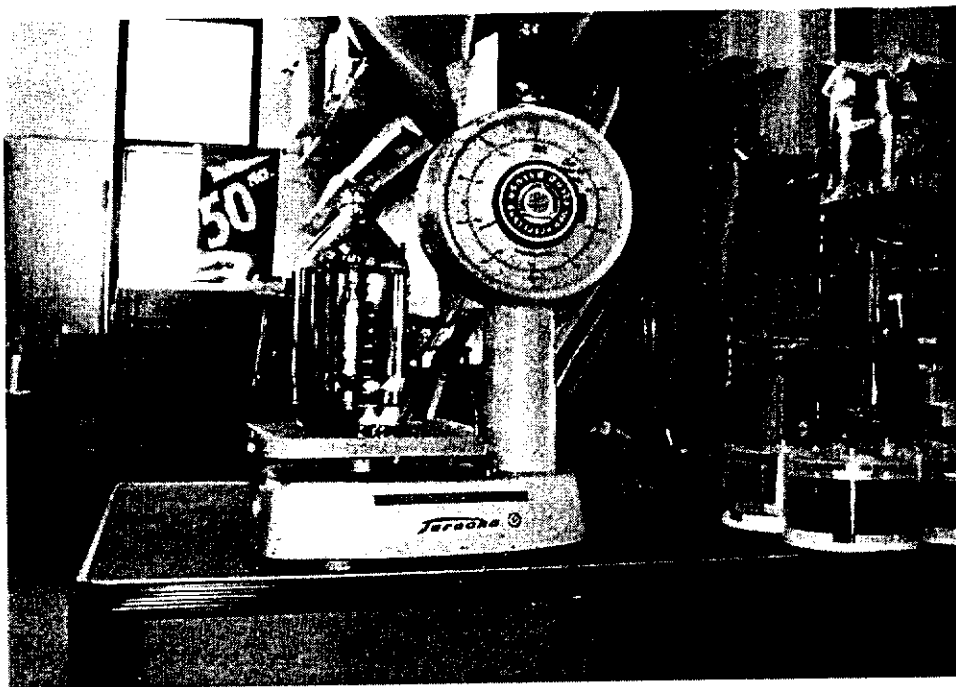
เครื่องมือวัดและลูกสูบก่อนติดตั้ง



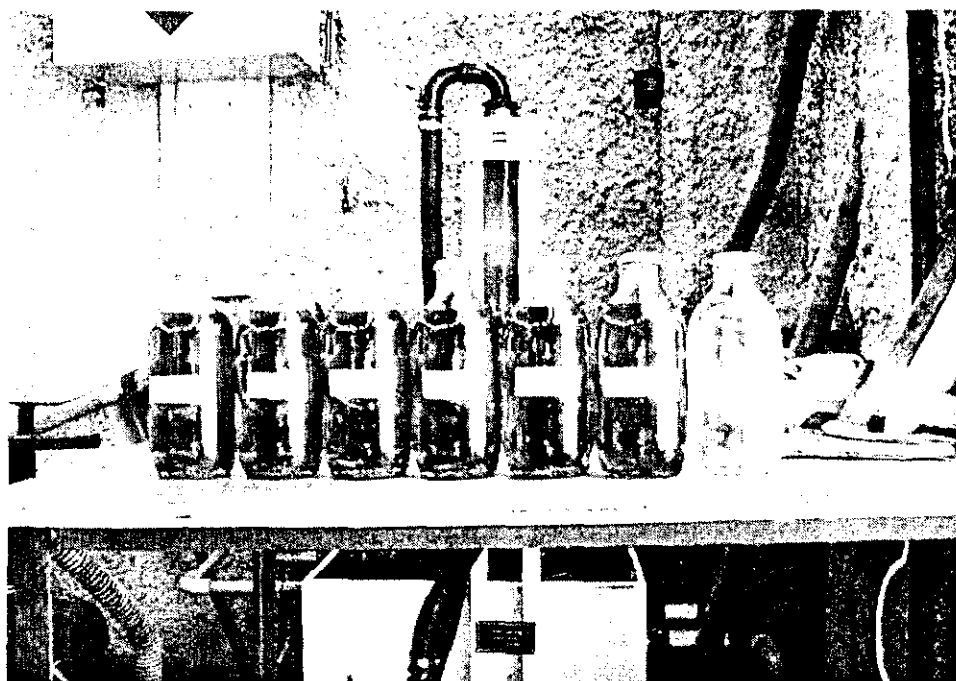
ลูกสูบหลังทดสอบเดินเครื่องยนต์โดยใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสมกับบิวทานอล
ที่อัตราส่วน 90 : 10 โดยปริมาตร



การชั่งน้ำหนักน้ำมันแก๊สโซลีน 91 เพื่อหาความหนาแน่น



การชั่งน้ำหนักบิวทานอล เพื่อหาความหนาแน่น



ตัวอย่างน้ำมันเชื้อเพลิงที่ผสมเพื่อใช้ทดสอบ



ตัวอย่างน้ำมันเครื่องที่ผ่านการเดินเครื่องโดยใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสมกับบิวทานอล
ที่อัตราส่วน 90 : 10 โดยปริมาตร

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ - ชื่อสกุล	นายวิชัย กนกพิทยาทร
วันเดือนปีเกิด	12 มกราคม 2501
สถานที่เกิด	อำเภอมูลนาถ จังหวัดพิจิตร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	888 วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ถนนสุนทรารายณ์ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ข้าราชการครู ตำแหน่ง อาจารย์ 2 ระดับ 7
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ถนนสุนทรารายณ์ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2521	ปวช. ช่างยนต์ จากวิทยาลัยช่างกลปทุมวัน
พ.ศ. 2525	วศ.บ.(วิศวกรรมเครื่องกล) จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ