

การศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอลล์ที่มีส่วนผสมบิวทานอล

Performance of Spark Ignition Engine using Butanol based Gasohol as Fuel Mixture

วิชัย กนกพิทยาท¹ อุดมชัย จินะดิษฐ์² พิชัย อัษฎมงคล³

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ นครนายก 26120

โทรศัพท์ 037-322609 โทรสาร 037-322609 E-mail: k.wichai@rmuti.ac.th¹uchinadit@yahoo.com² pichaias@swu.ac.th³Wichai kanokpittayatorn¹ Udomchai chinadit² Pichai asdamongkol³

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Srinakharinvirot University

Ongkharak Nakhornnayok 26120, Thailand

Tel. 037-322609 Fax. 037-322609 E-mail: k.wichai@rmuti.ac.th¹uchinadit@yahoo.com² pichaias@swu.ac.th³

บทคัดย่อ

บิวทานอลเป็นแอลกอฮอล์ชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติในการนำมาใช้เป็นส่วนผสมของน้ำมันแก๊สโซฮอลล์ เนื่องจากมีค่าความร้อนเชื้อเพลิงสูงกว่าเอทานอล และมีความสามารถในการละลายในน้ำมันแก๊สโซลีนได้ดีกว่าเอทานอล อีกทั้งยังสามารถผลิตได้จากกระบวนการหมักพืชอีกด้วย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ที่จะนำบิวทานอลมาเป็นส่วนผสมเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ในการทดสอบจะใช้เครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4สูบ 4 จังหวะรุ่นโตโยต้า 2 E โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ โดยจะใช้บิวทานอลผสมกับน้ำมันแก๊สโซลีน 91 ซึ่งเพิ่มส่วนผสมบิวทานอลครั้งละ 5 % โดยทดสอบที่ล้นเร่งปีกผีเสื้อเปิด 50 % ในการทดสอบนี้มิได้ปรับแต่งเครื่องยนต์ และส่วนที่สองเป็นการทดสอบความสึกหรอของเครื่องยนต์ โดยใช้เชื้อเพลิงผสมระหว่างน้ำมันแก๊สโซลีน 91 กับบิวทานอลที่อัตราส่วน 90:10 เดินเครื่องยนต์เป็นเวลา 300 ชั่วโมง ที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที และเก็บตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ที่ 100 ชั่วโมง 200 ชั่วโมง 300 ชั่วโมง เพื่อนำไปทดสอบหาปริมาณโลหะในน้ำมันหล่อลื่น

จากการทดสอบส่วนแรกพบว่าการใช้บิวทานอลผสมกับน้ำมันแก๊สโซลีน 91 สามารถใช้กับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนได้ดีในช่วงส่วนผสมของบิวทานอล 0 – 10 % โดยไม่ต้องปรับแต่งเครื่องยนต์ ถ้าใช้บิวทานอล 10 % พบว่ากำลังงานเบรคเครื่องยนต์ลดลง 3.18 % แรงบิดของเครื่องยนต์ลดลง 2.18 % ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรคลดลง 3.27 % ความดันเฉลี่ยเบรคลดลง 1.96 ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคเพิ่มขึ้น 5.18 % เมื่อวิเคราะห์แก๊สไอเสียที่ออกมาพบว่า ปริมาณ

แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) เพิ่มขึ้น 14.7 % และแก๊สออกซิเจน (O₂) เพิ่มขึ้น 5.02 % ส่วนปริมาณแก๊สไฮโดรคาร์บอน (HC) จะลดลง 40 % และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ลดลง 15.1 %

จากการทดลองส่วนที่สองเป็นการตรวจสอบการสึกหรอของเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสมบิวทานอลที่อัตราส่วน 90:10 เป็นเชื้อเพลิง โดยวิธีวัดปริมาณโลหะหนักในน้ำมันหล่อลื่นพบว่า ปริมาณ ซิลิกอน ตะกั่ว เหล็ก โครเมียม อลูมิเนียม ทองแดงยังมีปริมาณอยู่ในน้ำมันหล่อลื่นในเกณฑ์ที่ดีที่น้ำมันหล่อลื่นสามารถใช้งานได้ตามใบรับรองของสถาบันวิจัยและเทคโนโลยี ปตท. และเมื่อพิจารณาลักษณะภายในห้องเผาไหม้จะมีเขม่าเป็นคราบแข็งสีดำบาง ๆ จับบริเวณหัวลูกสูบและฝาสูบ และจากการวัดขนาดของชิ้นส่วนหลัก เช่น ฝาสูบ เสื้อสูบ กระบอกสูบ ลูกสูบ แหวนลูกสูบ แบริ่งเพลาลูกเบี้ยว ระยะเวลาแหวนลูกสูบ และก้านสูบมีขนาดเท่าเดิม

สรุปได้ว่าเมื่อผสมน้ำมันแก๊สโซลีน 91 กับบิวทานอล 10% เป็นการลดมลพิษในอากาศ และทำให้ค่าออกเทนัมเบอร์เพิ่มขึ้นเป็น 92.2 % ตามใบรับรองของสถาบันวิจัยและเทคโนโลยี ปตท. จึงเหมาะที่จะใช้กับเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน 91

คำสำคัญ แก๊สโซฮอลล์ บิวทานอล

1. บทนำ

ประเทศไทยต้องพึ่งพาการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงจากต่างประเทศเป็นหลัก เมื่อเกิดวิกฤตการณ์น้ำมันย่อมส่งผลกระทบต่อประเทศในด้านเศรษฐกิจ เมื่อพิจารณาศักยภาพการผลิตพลังงานทดแทนโดยเฉพาะแอลกอฮอล์ ประเทศไทยมีกำลังการผลิตที่จะ

สามารถผลิตมากพอต่อความต้องการต่อการใช้ เนื่องจากมีแหล่งวัตถุดิบจากพืชผลทางการเกษตรจำนวนมาก ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่จะศึกษา และวิจัยการใช้พลังงานทดแทน [3]

ปัจจุบันการอนุรักษ์พลังงานเชื้อเพลิงเป็นจุดสำคัญอย่างมาก เนื่องจากไม่สามารถควบคุมปริมาณการใช้เชื้อเพลิงประเภทฟอสซิลให้มีอัตราส่วนที่สมดุลกับปริมาณเชื้อเพลิงสำรองที่มีอยู่ในโลกโดยเฉพาะอัตราการใช้น้ำมันปิโตรเลียมสูงกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่น เป็นสาเหตุให้ปริมาณเชื้อเพลิงสำรองในโลกลดลงอย่างรวดเร็ว และจะหมดไปจากโลกภายในอนาคตข้างหน้า จึงส่งผลกระทบต่อให้เกิดวิกฤติการณ์น้ำมันเนื่องจากกลุ่มประเทศโอเปค (OPEC) [6]

2. ทฤษฎีและสมการคำนวณ [6]

2.1 กำลังงานเบรกของเครื่องยนต์

$$P_b = \frac{2\pi TN}{60}$$

$$BHP = \frac{2\pi TN}{60 \times 746}$$

เมื่อ	T	=	แรงบิด (Torque) ของเครื่องยนต์	N.m
	N	=	ความเร็วรอบเครื่องยนต์	RPM
	BHP	=	กำลังม้าเบรก (Brake horse power)	hp
	P _b	=	กำลังงานเบรก ; W	

2.2 ความดันเบรกเฉลี่ย (Brake mean effective pressure ; bmep)

เนื่องจาก P_b จะสามารถวัดได้จากไดนาโมมิเตอร์ ดังนั้นความดันเบรกจะหาได้จาก

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

เมื่อ	L	=	ระยะชักของลูกสูบ ; m
	A	=	พื้นที่หัวลูกสูบ ; m ²
	N	=	ความเร็วรอบ ; RPM
	K	=	จำนวนลูกสูบ
	n	=	number of revolution per cycle

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

$$\dot{m}_f = 3.6 \times V_f \times \rho_f / t$$

2.4 ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (Brake specific fuel consumption ; bsfc)

$$bsfc = \dot{m}_f / P_b$$

2.5 อากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ (air for using combustion)

$$\dot{m}_a = V A \rho_a$$

$$V = \text{ความเร็วลม} \quad \text{m/s}$$

$$A = \text{พื้นที่หน้าตัดปากท่อรวมไอดี} \quad \text{m}^2$$

$$\rho_a = \text{ความหนาแน่นอากาศ} \quad \text{kg/m}^3$$

2.6 อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (Air Fuel ratio ; A/F)

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

2.7 ประสิทธิภาพทางปริมาตร (Volumetric efficiency ; η_{Vol})

$$\eta_{Vol} = \frac{\dot{V}_a}{\dot{V}_d} \times 100\%$$

$$\dot{V}_a = \text{ปริมาตรอากาศที่ดูดได้จริง} \quad \text{m}^3/\text{s}$$

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

$$n = \text{number of revolution per cycle}$$

$$n = 1 \text{ (สำหรับ 2 จังหวะ) หรือ } 2 \text{ (สำหรับ 4 จังหวะ)}$$

2.8 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก (Brake thermal efficiency ; η_{bth})

$$\eta_{bth} = \left[\frac{P_b}{\dot{m}_f \times HHV} \right] \times 100\%$$

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

เมื่อ HHV = ค่าความร้อนทางสูงของเชื้อเพลิง ; kJ/kg

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

3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง [9]

3.1 อุปกรณ์ทดลอง

3.1.1 เครื่องยนต์แก๊สโซลีน (Gasoline engines)

เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบเป็นเครื่องยนต์ยี่ห้อโตโยต้า รุ่นที่มีสภาพพร้อมที่จะใช้งานประมาณ 70 - 80%

เครื่องยนต์ / รุ่น	โตโยต้า 2E
ขนาดกระบอกสูบ	73 mm.
ระยะชัก	77.4 mm.
ความจุกระบอกสูบ	1,295 cc.



รูป 1 เครื่องยนต์และไดนาโมมิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบ

3.1.2 ไดนาโมมิเตอร์ (Dynamometer)

ไดนาโมมิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบหาค่าแรงบิดของเครื่องยนต์แบบใช้กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Eddy current dynamometer) โดยหลักการนำพลังงานไฟฟ้ามาเป็นตัวเบรกเครื่องยนต์

3.1.3 เครื่องมือวัดความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel consumption gages)

การวัดความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์สามารถหาจากปริมาตรน้ำมันที่ใช้ต่อหนึ่งหน่วยเวลา เครื่องมือวัดความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบเป็นประเภทหลอดแก้วธรรมดา (Burette flowmeter)

3.1.4 เครื่องมือวิเคราะห์ไอเสีย (Exhaust gases analyser)

อุปกรณ์วิเคราะห์ส่วนประกอบแก๊สไอเสีย (Exhaust gas analyser) เป็นการวิเคราะห์ส่วนประกอบแก๊สไอเสียแบบแห้ง (Dry basis) การวิเคราะห์ทำได้โดยนำตัวเซ็นเซอร์ไปเสียบที่ท่อไอเสียเครื่องยนต์ อุปกรณ์วิเคราะห์ไอเสียสามารถวัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และแก๊สออกซิเจน (O_2) หน่วยการวัดจะออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร แก๊สไฮโดรคาร์บอน (HC)



รูปที่ 2 อุปกรณ์วิเคราะห์ส่วนประกอบแก๊สไอเสีย

3.1.5 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลน้ำหล่อเย็น

เป็นอุปกรณ์แบบหลอดแก้วภายในบรรจุลูกกลอย ที่หลอดแก้วจะมีสเกลบอกปริมาณน้ำหล่อเย็นที่หมุนเวียนในเครื่องยนต์ ในที่นี้ใช้

Rotameter 2000 เป็นแบบปริมาตรของน้ำที่ไหลผ่านตั้งแต่ 0 ถึง 100 ลิตรต่อนาที

3.1.6 อุปกรณ์วัดความเร็วของอากาศ

อุปกรณ์วัดความเร็วของอากาศ จะใช้วัดความเร็วอากาศที่เข้าไปในเครื่องยนต์เพื่อคำนวณหาปริมาณอากาศที่เข้าไปเผาไหม้ ซึ่งสามารถที่จะเลือกหน่วยการวัดได้เป็น m/s, km/hr โดยการปรับที่ปุ่มเลื่อน



รูปที่ 3 อุปกรณ์วัดความเร็วของอากาศ

3.1.7 อุปกรณ์เปรียบเทียบความชื้นของเชื้อเพลิง

อุปกรณ์เปรียบเทียบความชื้นของเชื้อเพลิงนี้เรียกหลอดแก้วปิเปต จะใช้วัดโดยให้ของเหลวไหลผ่านคอคอดซึ่งมีขนาดเล็กโดยจะจับเวลาที่ของเหลวไหลผ่านคอคอดจนได้ปริมาตรตามที่กำหนด เช่น 50 cc หรือ 100 cc ซึ่งขนาดของหลอดแก้วปิเปตที่ใช้เป็นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 mm ปริมาตร 50 cc

3.2 วิธีการทดลอง

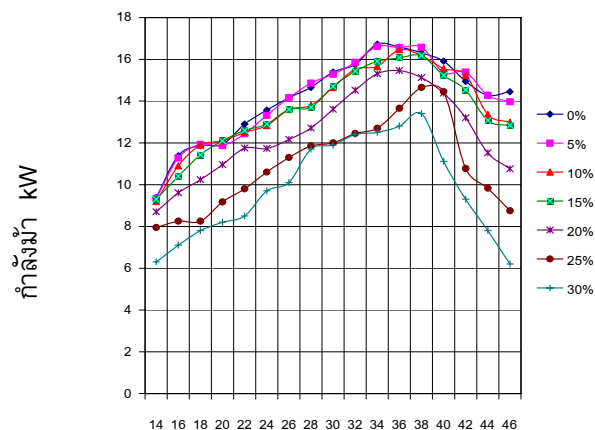
การทดสอบและรวบรวมข้อมูล เรื่องการศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้บิวทานอลเป็นส่วนผสมของเชื้อเพลิง จะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือขั้นแรกจะเดินเครื่องยนต์โดยใช้น้ำมันแก๊สโซลีนผสมกับบิวทานอลที่อัตราส่วนต่างๆ คือ 100:0, 95:5, 90:10, 85:15, 80:20, 75:25 และ 70:30 โดยปริมาตรของเชื้อเพลิง และขั้นที่สองจะเป็นการเดินเครื่องยนต์ทดสอบการสึกหรอของเครื่องยนต์

การทดสอบขั้นแรกเมื่อติดตั้งเครื่องยนต์กับเครื่องทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เสร็จเรียบร้อยแล้ว ก็จะเดินเครื่องยนต์โดยการเปิดปีกผีเสื้อควบคุมอากาศ (Throttle valve) ไปที่ 50% จากนั้นก็ปิดน้ไหลให้กับไดนาโมมิเตอร์จนกระทั่งเครื่องยนต์มีความเร็วรอบ 1,400 RPM แล้วบันทึกข้อมูลต่างๆ

การทดสอบในขั้นที่สอง จะเดินเครื่องยนต์ทดสอบหาค่าโลหะหนักในน้ำหล่อเย็นเครื่องยนต์ ในการทดสอบนี้จะเลือกใช้อัตราส่วนของน้ำมันแก๊สโซลีน 91 กับบิวทานอลที่อัตราส่วน 90:10 จะเดินเครื่องยนต์ที่ประมาณ 1,500 RPM เป็นเวลา 300 ชั่วโมง โดยจะเก็บตัวอย่างน้ำหล่อเย็นเครื่องยนต์ทุกๆ 100 ชั่วโมง จากนั้นนำไปทดสอบหาค่าโลหะหนักในน้ำหล่อเย็นเครื่องยนต์ เพื่อวิเคราะห์การสึกหรอของเครื่องยนต์ ซึ่งจะทำการทดสอบโดยการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย

4. ผลการทดลอง

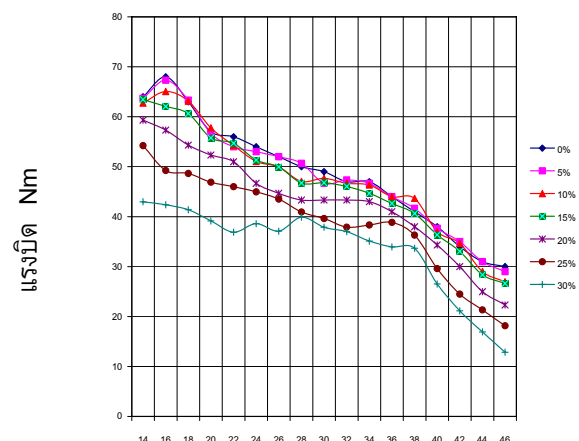
การแสดงผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ จากรูปที่ 4 – 7 คือการเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์ จากรูปที่ 8 – 11 คือการวิเคราะห์แก๊สไอเสียของเครื่องยนต์



ความเร็รรอบ RPM X 100

รูปที่ 4 กราฟเปรียบเทียบกำลังม้าเบรคกับความเร็รรอบเครื่อง

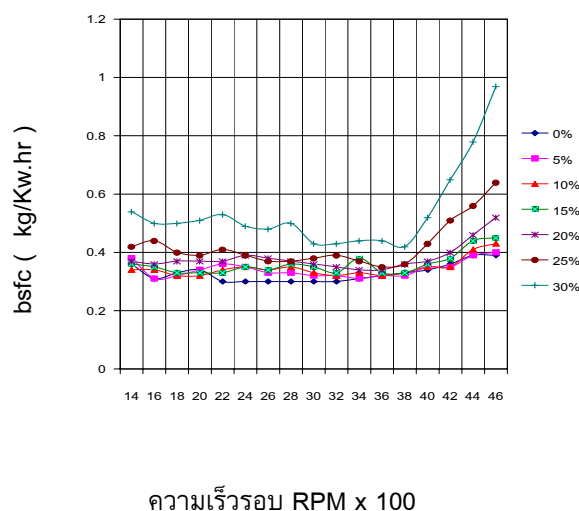
จากกราฟพบว่าอัตราส่วนผสมบิวทานอลที่ 0 , 5 และ 10 % จะมีกำลังม้าเบรคเกาะกลุ่มใกล้เคียงกัน และจากการคำนวณถ้าใช้บิวทานอล 10 % จะทำให้กำลังม้าเบรคลดลงประมาณ 3.18 % เมื่อเพิ่มปริมาณบิวทานอลมากกว่า 10 % ขึ้นไป กำลังม้าจะลดลงมาก



ความเร็รรอบ RPM x 100

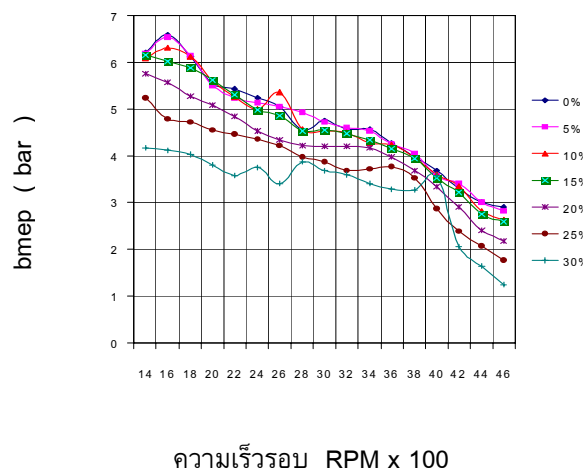
รูปที่ 5 กราฟเปรียบเทียบแรงบิดกับความเร็รรอบเครื่อง

จากกราฟพบว่าอัตราส่วนผสมบิวทานอลที่ 0 , 5 และ 10 % จะมีแรงบิดเกาะกลุ่มใกล้เคียงกัน และจากการคำนวณถ้าใช้บิวทานอล 10 % จะทำให้แรงบิดลดลงประมาณ 2.18 % เมื่อเพิ่มปริมาณบิวทานอลมากกว่า 10 % ขึ้นไป แรงบิดจะลดลงมาก



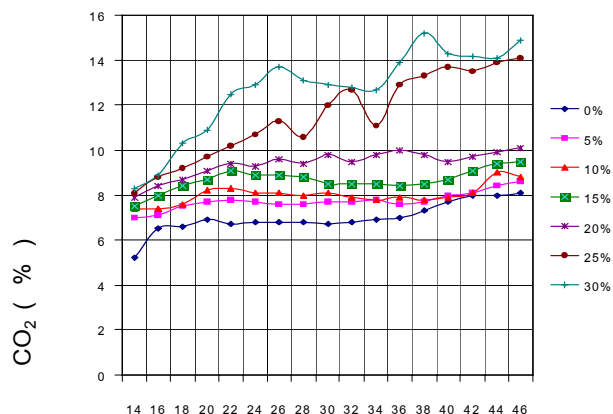
รูปที่ 6 กราฟเปรียบเทียบความสิ้นเปลืองน้ำมันจำเพาะเบรคกับความเร็รรอบเครื่อง

จากกราฟพบว่าอัตราส่วนผสมบิวทานอลที่ 0 , 5 และ 10 % จะมีความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคเกาะกลุ่มใกล้เคียงกัน และจากการคำนวณถ้าใช้บิวทานอล 10 % จะทำให้ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคเพิ่มขึ้น 5.18 % เมื่อเพิ่มปริมาณบิวทานอลมากกว่า 10 % ขึ้นไป ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคจะเพิ่มขึ้นมาก



รูปที่ 7 กราฟเปรียบเทียบความดันเฉลี่ยเบรคกับความเร็รรอบเครื่อง

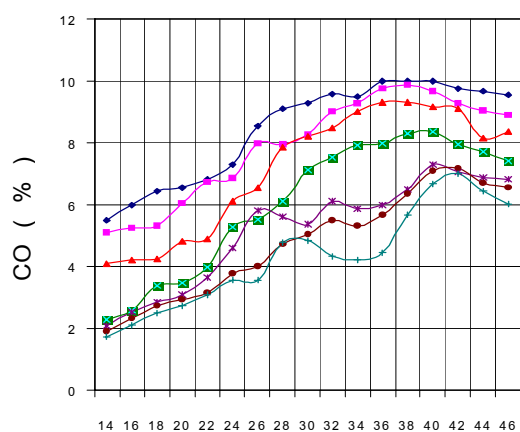
จากกราฟพบว่าอัตราส่วนผสมบิวทานอลที่ 0 , 5 และ 10 % จะมีความดันเฉลี่ยเบรคเกาะกลุ่มใกล้เคียงกัน และจากการคำนวณถ้าใช้บิวทานอล 10 % จะทำให้ความดันเฉลี่ยเบรคลดลงประมาณ 1.96 % เมื่อเพิ่มปริมาณบิวทานอลมากกว่า 10 % ขึ้นไป ความดันเฉลี่ยเบรคจะลดลงมาก



ความเร็รรอบ RPM x 100

รูปที่ 8 กราฟเปรียบเทียบปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์กับ
ความเร็รรอบเครื่อง

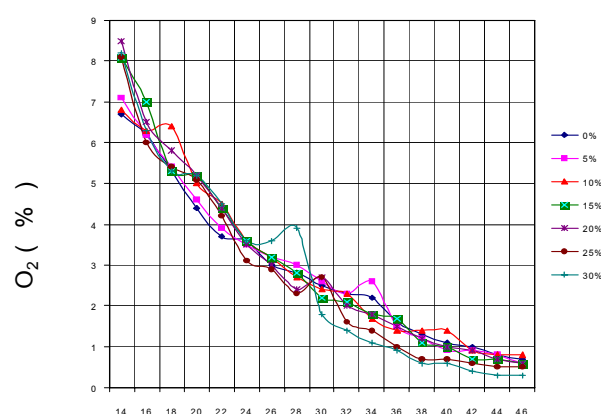
จากกราฟพบว่าอัตราส่วนผสมบิวทานอลที่ 0 , 5 และ 10 % จะมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เกาะกลุ่มใกล้เคียงกัน และจากการคำนวณถ้าใช้บิวทานอล 10 % จะทำให้ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น 14.7 % เมื่อเพิ่มปริมาณบิวทานอลมากกว่า 10 % ขึ้นไป ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มขึ้นมาก



ความเร็รรอบ RPM x 100

รูปที่ 9 กราฟเปรียบเทียบปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์กับ
ความเร็รรอบเครื่อง

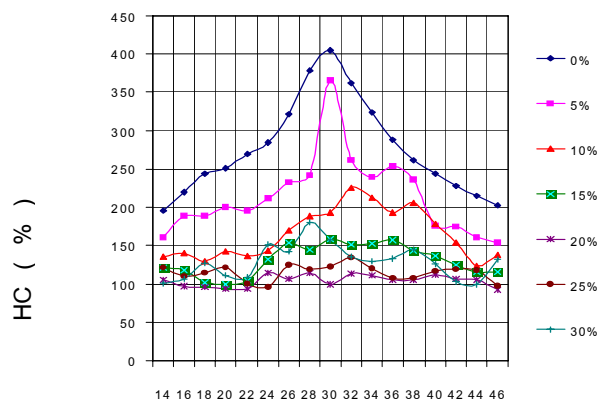
จากกราฟพบว่าอัตราส่วนผสมบิวทานอลที่ 0 , 5 และ 10 % จะมีปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์เกาะกลุ่มใกล้เคียงกัน และจากการคำนวณถ้าใช้บิวทานอล 10 % จะทำให้ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ลดลง 15.1 % เมื่อเพิ่มปริมาณบิวทานอลมากกว่า 10 % ขึ้นไปปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์จะลดลงมาก



ความเร็รรอบ RPM x 100

รูปที่ 10 กราฟเปรียบเทียบปริมาณแก๊สออกซิเจนกับ
ความเร็รรอบเครื่อง

จากกราฟพบว่าอัตราส่วนผสมบิวทานอลที่ 0 , 5 และ 10 % จะมีปริมาณแก๊สออกซิเจนเกาะกลุ่มใกล้เคียงกัน และจากการคำนวณถ้าใช้บิวทานอล 10 % จะทำให้ปริมาณแก๊สออกซิเจนเพิ่มขึ้น 5.02 % เมื่อเพิ่มปริมาณบิวทานอลมากกว่า 10 % ขึ้นไปปริมาณแก๊สออกซิเจนจะเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย



ความเร็รรอบ RPM x 100

รูปที่ 11 กราฟเปรียบเทียบปริมาณแก๊สไฮโดรคาร์บอนกับ
ความเร็รรอบเครื่อง

จากกราฟพบว่าอัตราส่วนผสมบิวทานอลที่ 0 , 5 และ 10 % จะมีปริมาณแก๊สไฮโดรคาร์บอนลดลงอย่างมาก และจากการคำนวณถ้าใช้บิวทานอล 10 % จะทำให้ปริมาณแก๊สไฮโดรคาร์บอนลดลง 40 % เมื่อเพิ่มปริมาณบิวทานอลมากกว่า 10 % ขึ้นไปปริมาณแก๊สไฮโดรคาร์บอนจะลดลงเพียงเล็กน้อย

คาบเขม่าบนหัวลูกสูบหลังการทดสอบเดินเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิง
น้ำแก๊สโซลีน 91ผสมบิวทานอลในอัตราส่วน 90:10เดินเครื่องที่ความเร็ว
รอบ 1500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 300 ชั่วโมง

ข้อมูลชื่อเพลิงและน้ำมันหล่อลื่นที่ทดสอบจาก
สถาบันวิจัยและเทคโนโลยี ปตท.



การนิเทศแผนแม่บทประเทศไทย

สถาบันวิจัยและเทคโนโลยี ปตท.

71 หมู่ 2 ถนนพหลโยธิน กม. 78 ตำบลสนับทึบ อำเภอศรีราชา อุตสาหกรรม 13170 โทรศัพท์ 537-3000
โทรสาร 537-3000 ต่อ 2236

ฝ่ายวิศวกรรมและเครื่องมือวัดทดสอบ

รายงานการทดสอบ

เลขที่การทดสอบ : CFR-2004 - 15

ชื่อการทดสอบ : TB111

ชื่อตัวอย่าง : นิพพาน ๑10 % + แก๊สโซลีน 91 = 90 %

ลูกค้า : วิทยาลัยเทคโนโลยีช่างเทคนิคภาคตะวันออก

ที่อยู่ลูกค้า : วิทยาลัยเทคโนโลยีช่างเทคนิคภาคตะวันออก ถนนสุขุมวิท แขวงคลองเตย เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร 10110

รับตัวอย่างวันที่ : 27 กุมภาพันธ์ 2547

ทดสอบวันที่ : 2 มีนาคม 2547

พื้ชังการทดสอบ	วิธีการ	ผลการทดสอบ
นิพพาน ๑10 % + แก๊สโซลีน (RON)	ASTM D 2699	92.2
นิพพาน ๑10 % + แก๊สโซลีน (MON)	ASTM D 2700	-
นิพพาน ๑10 % + แก๊สโซลีน (CN)	ASTM D 613	-

หมายเหตุ :

ผู้ทดสอบ 

(นาม จีรพรณ์ มุข)

ช่างเทคนิค

วันที่ 8 มีนาคม 2547

ผู้รับรอง 

(นาม จีรพรณ์ มุข)

ผู้ชำนาญการ

วันที่ 8 มีนาคม 2547

1. รายงานการทดสอบฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้ประกอบการพิจารณา
 2. (File Name: CFT537R.DOC) ฉบับนี้ใช้ 8/2/47

 PTT Research and Technology Institute PTT Public Company Limited		Fuels & Lubricants Research Department 71 Moo 2 Phrayothin Rd., Wangnoo, Ayutthaya 13170 Tel : 0-2537-3000 Ext. 2411, 3230 Fax: 0-2537-3000 Ext. 2236	
CERTIFICATE OF ANALYSIS			
Certificate Number	FA-100247	Page	1/1
Reference Number	66-7047	Sampling Date	-
Sample ID	FA-12447	Sample Received Date	03/03/47
Customer Name	บริษัท ไทยออยล์ จำกัด (มหาชน)	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	Cross 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		34.4
	10% evaporated, °C		54.7
	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 : 

(Mr. P. Nuea, Representative)
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 PTT Muo 2 Phranongsi Rd., Wangnoi, Ayutthaya 13170 Tel. : 0-2537-3000 Ext. 2411, 3230 Fax: 0-2537-3000 Ext. 2236																																																													
CERTIFICATE OF ANALYSIS																																																																	
Certificate Number	FA-1050747	Page	1/1																																																														
Reference Number	126147	Sampling Date	-																																																														
Sample ID	FA-122147	Sample Received Date	03/03/47																																																														
Customer Name	บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน)	Sample Condition	Good																																																														
Sample Name	n-Butanol 10% + Gasoline 90%	Analysis Date	06-11/03/47																																																														
Sample Source	-	Operator's Name	SULP. MJ																																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Item</th> <th>Property, Unit</th> <th>Test Method</th> <th>Result</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Gross heating value, J/g</td> <td>ASTM D240</td> <td>45,521</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Vapor pressure @ 37.8 °C, kPa</td> <td>ASTM D5191</td> <td>53.6</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Distillation</td> <td>ASTM D96</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>IBP, °C</td> <td></td> <td>37.7</td> </tr> <tr> <td></td> <td>10% evaporated, °C</td> <td></td> <td>56.5</td> </tr> <tr> <td></td> <td>20% evaporated, °C</td> <td></td> <td>62.4</td> </tr> <tr> <td></td> <td>30% evaporated, °C</td> <td></td> <td>69.8</td> </tr> <tr> <td></td> <td>40% evaporated, °C</td> <td></td> <td>78.0</td> </tr> <tr> <td></td> <td>50% evaporated, °C</td> <td></td> <td>87.4</td> </tr> <tr> <td></td> <td>60% evaporated, °C</td> <td></td> <td>96.5</td> </tr> <tr> <td></td> <td>70% evaporated, °C</td> <td></td> <td>104.6</td> </tr> <tr> <td></td> <td>80% evaporated, °C</td> <td></td> <td>116.1</td> </tr> <tr> <td></td> <td>90% evaporated, °C</td> <td></td> <td>154.2</td> </tr> <tr> <td></td> <td>FBP, °C</td> <td></td> <td>190.4</td> </tr> </tbody> </table>						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 D96			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
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 D96																																																															
	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  (Mr. Pichit Phipanapongsi) 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 Human Resources Manager.



การปฐมนิเทศแผนแม่บทประเทศไทย

สถาบันวิจัยและพัฒนาปฐมาวดี

71 หมู่ 2 ถนนพหลโยธิน กม. 78 ตำบลบึงนาราง อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 31170 โทรศัพท์ 537-3000 โทรสาร 537-3000 ต่อ 2236

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

รายงานการทดสอบ

เลขที่การทดสอบ : CFB-2004 - 14

ชื่อทดสอบ : TB111

ชื่อผู้ส่ง : ภาณุ ใจสิน 91

ผู้ส่ง : วิทยา เขมมาภรณ์ วิชาเอกสิ่งแวดล้อมนิเทศศาสตร์

ผู้ส่งผู้รับ : วิทยา เขมมาภรณ์ วิชาเอกสิ่งแวดล้อมนิเทศศาสตร์ ตำบลคลอง 5 จังหวัดนนทบุรี 11000

วันที่ส่งมอบวันที่ : 27 ตุลาคม พ.ศ. 2547

ทดสอบวันที่ : 2 มีนาคม 2547

ตัวชี้วัดการทดสอบ	วิธีการ	ผลการทดสอบ
วิธีวัดของดินตามนิรณอร์ (RON)	ASTM D 2699	91.5
นิรณอร์ของดินตามนิรณอร์ (MON)	ASTM D 2700	-
วิธีตามนิรณอร์ (CN)	ASTM D 613	-

หมายเหตุ

ผู้ทดสอบ 

(นาย ภาณุ ใจสิน)

ช่างเทคนิค

วันที่ 8 มีนาคม 2547

ผู้รับ 

(นาย ปิยะพงษ์ อัครปัญญาวุธ)

ผู้ส่งข้อมูล

วันที่ 8 มีนาคม 2547

รายงานนี้เป็นเอกสารของทางสถาบันพฐมาวดีและใช้เพื่อทดสอบเท่านั้น

(File Name: CFBTEST.DOC) เก็บไว้เป็นหลักฐาน

PTT Research and Technology Institute
PTT Public Company Limited



Fuels & Lubricants Research Department

P1 Mix2 - Phrayathong Rd., Bangorin, Ayudhya 13110 Tel. 0-2537-3000 Ext. 2411, 3230 Fax. 0-2537-3000 Ext. 2238

CERTIFICATE OF ANALYSIS

Certificate Number	FLA-0081547	Page	1/1
Reference Number	68-70347	Sampling Date	
Sample ID	FA-12347	Sample Received Date	03/03/17
Customer Name	Tecap-ways (Siam)Co.,Ltd	Sample Condition	Good
Sample Name	IBulbrol 20% + Gasoline 80%	Analyte Date	158-11/03/17
Sample Source		Operator's Name	(S&P, 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	
	88%, °C		39.9
	10% evaporated, °C		58.8
	20% evaporated, °C		60.5
	30% evaporated, °C		72.7
	40% evaporated, °C		84.0
	50% evaporated, °C		95.7
	60% evaporated, °C		103.1
	70% evaporated, °C		109.1
	80% evaporated, °C		114.4
	90% evaporated, °C		130.0
	FBP, °C		182.2

Remarks

Reported By : ST

Approved By :


 (Mr. Pichan Pichanpong)
 Specialist

Date of Issue : 12 March 2014

This certificate of analysis is referred to only submitted sample(s). It is your responsibility to use correct results in any purposes. This certificate shall not be reproduced, except in full, and test 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 ตำบลบึงนาราง อําเภอบึงนาราง จังหวัดพิจิตร 33170 โทรศัพท์ 0-2537-3000
โทรสาร 0-2537-3000 ต่อ 2236

ฝ่ายวิศวกรรมและเครื่องมือทดสอบ

รายงานการทดสอบ

เลขที่การทดสอบ : CFM-2004 - 16

ห้องทดสอบ : T8111

ชื่อตัวสาร : น้ำมันดีเซล 20 % + เมทิลไซนิล 90 = 88 %

ลูกค้า : บริษัทมหาชนวิสาหกิจปิโตรเคมี

ที่อยู่ลูกค้า : บริษัทมหาชนวิสาหกิจปิโตรเคมี ถนนสุขุมวิท อําเภอเมือง จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10000

รับตัวสารวันที่ : 27 กุมภาพันธ์ 2547

ทดสอบวันที่ : 2 มีนาคม 2547

พารามิเตอร์ทดสอบ	วิธีการ	ผลการทดสอบ
โมลลิฟิเคชัน (RON)	ASTM D 2699	92.6
โมลลิฟิเคชัน (MON)	ASTM D 2700	-
ซีเทน (CN)	ASTM D 613	-

หมายเหตุ :

ผู้ทดสอบ : (นาย ชรินทร์ บุญดี)
ชำนาญการ
วันที่ 8 มีนาคม 2547

ผู้รับสาร : (นาย ปิยะวัฒน์ ภัทรวิทย์)
ผู้ชำนาญการ
วันที่ 8 มีนาคม 2547

รายงานนี้เป็นเอกสารของบริษัทปิโตรเคมีแห่งประเทศไทย จำกัด (มหาชน) ห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต



PTT Research and Technology Institute
PTT Public Company Limited

Fuels & Lubricants Research Department
71 Moo 2 Phrayothin Rd., Wangnoi, Ayutthaya 13170 Tel: 0-2537-3000 Ext. 2411, 3208 Fax: 0-2537-3000 Ext. 3210

CERTIFICATE OF ANALYSIS

Certificate Number : FLA-L12547 Page : 1/1

Reference Number : 27947 Sampling Date : -

Sample ID : LA-16447 Sample Received Date : 21/06/47

Customer Name : สถาบันวิจัยและเทคโนโลยีปิโตรเคมีวิสาหกิจปิโตรเคมี 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		126.0
	Lead		4.19
	Iron		29.33
	Chromium		4.91
	Aluminum		5.98
	Copper		6.47

Remarks :

Reported By : ST

Approved By : Pichit P.
(Mr. Pichit Phipanapongse)
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.

Form FLM-001



PTT Research and Technology Institute
PTT Public Company Limited

Fuels & Lubricants Research Department
71 Moo 2 Phrayothin Rd., Wangnoi, Ayutthaya 13170 Tel: 0-2537-3000 Ext. 2411, 3230 Fax: 0-2537-3000 Ext. 2236

CERTIFICATE OF ANALYSIS

Certificate Number : FLA-F05947 Page : 1/1

Reference Number : 68-7047 Sampling Date : -

Sample ID : FA-11947 Sample Received Date : 03/03/47

Customer Name : บริษัทมหาชนวิสาหกิจปิโตรเคมี 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 : Pichit P.
(Mr. Pichit Phipanapongse)
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.

18-049-100(1/1)



PTT Research and Technology Institute
PTT Public Company Limited

Fuels & Lubricants Research Department
71 Moo 2 Phrayothin Rd., Wangnoi, Ayutthaya 13170 Tel: 0-2537-3000 Ext. 2411, 3208 Fax: 0-2537-3000 Ext. 3210

CERTIFICATE OF ANALYSIS

Certificate Number : FLA-L12547 Page : 1/1

Reference Number : 27947 Sampling Date : -

Sample ID : LA-16547 Sample Received Date : 21/06/47

Customer Name : สถาบันวิจัยและเทคโนโลยีปิโตรเคมีวิสาหกิจปิโตรเคมี 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
	Aluminum		6.64
	Copper		7.52

Remarks :

Reported By : ST

Approved By : Pichit P.
(Mr. Pichit Phipanapongse)
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.

ข้อมูลเครื่องทดสอบกำลังม้าเครื่องยนต์

ด - 2 รายละเอียดการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์

ตารางที่ 1 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



PTT Research and Technology Institute
PTT Public Company Limited

Fuels & Lubricants Research Department
71 Moo 2 Phrayothin Rd., Wangnoi, Ayutthaya 13170 Tel: 0-2537-3000 Ext. 2411, 3208 Fax: 0-2537-3000 Ext. 3210

CERTIFICATE OF ANALYSIS

Certificate Number : FLA-L12547 Page : 1/1

Reference Number : 27747 Sampling Date : -

Sample ID : LA-16347 Sample Received Date : 21/06/47

Customer Name : สถาบันวิจัยและเทคโนโลยีปิโตรเคมีวิสาหกิจปิโตรเคมี 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		5.26
	Aluminum		5.72
	Copper		5.75

Remarks :

Reported By : ST

Approved By : Pichit P.
(Mr. Pichit Phipanapongse)
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.

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

จากผลการทดสอบจะพบว่า การใช้บิวทานอลผสมกับน้ำมัน แก๊สโซลีน 91 เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนนั้นจะ ใช้ได้ดี เมื่อส่วนผสมของบิวทานอลอยู่ในช่วง 0 - 10% โดยจะให้ สมรรถนะของเครื่องยนต์ใกล้เคียงกับการใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 โดย ไม่ต้องปรับแต่งเครื่องยนต์

จากการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ โดยเพิ่มส่วนผสมของ บิวทานอลครั้งละ 5% กำลังงานเบรคของเครื่องยนต์ในช่วงส่วนผสม 0 - 15% ลดลงประมาณ 2.07% ในแต่ละอัตราส่วน และในช่วง ผสม 15 - 30% ลดลงประมาณ 10.73% ในแต่ละอัตราส่วน และ แรงบิดของเครื่องยนต์ก็ลดลงตามลำดับในลักษณะเดียวกัน ความ สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคเพิ่มขึ้น และแก๊สไอเสียที่ออกมา พบว่าปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) กับแก๊สออกซิเจน (O₂) เพิ่มขึ้น และปริมาณแก๊สไฮโดรคาร์บอน (HC) กับคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) ลดลงเมื่อส่วนผสมของบิวทานอลเพิ่มขึ้น

ในด้านคุณสมบัติของเชื้อเพลิง เมื่อใช้บิวทานอลผสมกับ น้ำมันแก๊สโซลีน 91 จะทำให้ค่าออกเทนัมเบรคเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย นั่นคือเมื่อผสมบิวทานอล 10% จะให้ค่าออกเทนัมเบรค เท่ากับ 92.2

การสังเกตลักษณะทางกายภาพของเครื่องยนต์ พบว่า เมื่อ ส่วนผสมของบิวทานอลเพิ่มมากขึ้นถ้าเกิน 10% ขึ้นไป จะทำให้เครื่อง ยนต์เดินไม่เรียบ

การทดสอบการสึกหรอของเครื่องยนต์ โดยการหาค่าโลหะ ในน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 ผสมกับบิวทานอล ที่อัตราส่วน 90 : 10 โดยเดินเครื่องยนต์เป็นเวลา 300 ชั่วโมง ผลที่ ได้คือ ค่าสึกหรอนั้นอยู่ในเกณฑ์ดีตามใบรับรองของสถาบันวิจัยการ พิโตรเลียมแห่งประเทศไทย เมื่อพิจารณาลักษณะภายในห้องเผาไหม้ จะมีเขม่าเป็นคราบแข็งสีดำบาง ๆ จับบริเวณหัวลูกสูบและฝาสูบ และ จากการวัดขนาดของชิ้นส่วนหลัก เช่น ฝาสูบ เสื้อสูบ กระบอกสูบ ลูกสูบ แหวนลูกสูบ แปรงเฟลาข้อเหวี่ยง ระบายรองแหวนลูกสูบ และ ก้านสูบมีขนาดเท่าเดิม

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรทดลองปรับแต่งองศาการจุดระเบิดของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน
2. ควรจะทดสอบกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ในการใช้งานจริง เป็นระยะเวลาที่ยาวนานขึ้น
3. ควรทดลองการใช้บิวทานอลกับเครื่องยนต์ดีเซล

6 เอกสารอ้างอิง

- [1] การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย. “ความรู้และการทดสอบผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม”. กรุงเทพมหานคร : ฝ่ายวิศวกรรมและบริกรด้านการตลาดการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย, 2533.
- [2] โกวิท ศตวุฒิ และ อิทธิพล ปานงาม. “การวิจัยเพื่อนำแอลกอฮอล์มาใช้เป็นเชื้อเพลิงเครื่องยนต์สันดาปภายใน”.

กรุงเทพมหานคร : สถาบันวิจัยและพัฒนา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2527.

[3] คณะกรรมการการพลังงาน สภาผู้แทนราษฎร “พลังงานทดแทนเอทานอลและไบโอดีเซล”. กรุงเทพมหานคร : 2545.

[4] บริษัทน้ำมันกาลเทิกซ์ไทย “ความรู้เรื่องน้ำมัน” กรุงเทพมหานคร ฝ่ายน้ำมันหล่อลื่นและ วิชาการ, 2517.

[5] ประเสริฐ เทียนนิมิตร และคณะ. “เชื้อเพลิงและสารหล่อลื่น” กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2545.

[6] มนต์รี ทวาโรจน์. “การศึกษาเปรียบเทียบการใช้แอลกอฮอล์ผสมน้ำมันดีเซลและน้ำมันมะพร้าวผสมน้ำมันก๊าดเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล”. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ, 2538.

[7] ลิขิต ไสหนู “ผลกระทบของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง”. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2544

[8] สมศักดิ์ สินประเสริฐ. “สมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อใช้เอทานอลและน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง”. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2528.