

การศึกษาผลการเติมออกซิเจนบริสุทธิ์ในไอดีของ เครื่องยนต์ก๊าซโซลีนขนาดเล็ก*

วันชัย แสนคำวงศ์¹⁾ วศิษฐ อีระเจตกุล¹⁾ มีชัย คำสะอาด²⁾ สุริยา จำไธสง²⁾

¹⁾ อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

²⁾ นักศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

Email: tvasith@yahoo.co.uk

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นเมื่อเติมออกซิเจนบริสุทธิ์ในเครื่องยนต์ก๊าซโซลีนขนาดเล็กและเปรียบเทียบการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงระหว่างเครื่องยนต์ในสภาวะการทดลองเติมออกซิเจน กับเครื่องยนต์ในสภาวะการทดลองไม่เติมออกซิเจน

ในการทดลองจะใช้เครื่องยนต์ก๊าซโซลีน 1 สูบ 4 จังหวะ ขนาด 1.25 kW แบ่งเป็น 3 สภาวะการทดลอง คือสภาวะการทดลองไม่เติมออกซิเจน สภาวะการทดลองเติมออกซิเจนหน้าลิ้นเร่ง และสภาวะการทดลองเติมออกซิเจนหลังลิ้นเร่ง ทำการทดสอบตามสภาวะความเร็วรอบของเครื่องยนต์ คือ 1,080 1,440 1,800 2,160 2,520 2,880 3,240 และ 3,600 rpm วัดอัตราการไหลของออกซิเจน ค่าแรงบิด ความดันในกระบอกสูบ ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ และวิเคราะห์ก๊าซไอเสียตามสภาวะการทดลองโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซไอเสีย

ผลจากการทดลองเมื่อเติมออกซิเจนบริสุทธิ์ในไอดีทำให้แรงบิดของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นและทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์มากขึ้นกว่าไม่เติมออกซิเจน และจากการทดลองเมื่อเติมออกซิเจนหน้าลิ้นเร่งและหลังลิ้นเร่งที่อัตราการไหล 700 cm³/min จะได้ค่าแรงบิดสูงสุด และเมื่อเปรียบเทียบจากค่าความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะแล้ว ผลปรากฏว่า การเติมออกซิเจนหลังลิ้นเร่งจะประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงกว่าที่สภาวะเติมหน้าลิ้นเร่งเฉลี่ยร้อยละ 2.92 และประหยัดกว่าสภาวะไม่เติมออกซิเจนเฉลี่ยร้อยละ 7.29

คำสำคัญ : ออกซิเจนบริสุทธิ์, เครื่องยนต์ก๊าซโซลีนขนาดเล็ก

* รับผิดชอบเมื่อวันที่ 18 เมษายน 2549 และได้รับบทความฉบับแก้ไขเมื่อวันที่ 6 กรกฎาคม 2549

Effects of Small Gasoline Engine Adding Pure Oxygen in Air Fuel Mixture^{*}

Wanchai Saenkumvong¹⁾ Vasith Teerajetgul¹⁾ Meechai Khamsa-ard²⁾ Suriya Jathaisong²⁾

¹ Instructor, Department of Mechanical Engineering, Rajamangala University of Technology Isan,
Khon Kaen Campus

² Student, Department of Mechanical Engineering, Rajamangala University of Technology Isan,
Khon Kaen Campus

Email: tvasith@yahoo.co.uk

ABSTRACT

The objectives of this research were to study the effects when filling up pure oxygen into a small gasoline engine and compare the fuel consumption between the engine filled and unfilled with oxygen for experimentation.

For the experiment, the gasoline engine with 1 cylinder and 4 stroke size 1.25 kW was used and classified into 3 conditions included : (1) no oxygen filling up , (2) oxygen filling up before throttle valve, (3) and oxygen filling up after throttle valve. The experiment was made in accordance with engine speed viz; 1080 1440 1,800 2,160 2,520 2,880 3,240 and 3,600 rpm. The measurement of oxygen flow, engine torque, cylinder pressure, specific fuel consumption and exhaust gas analysis were made according to the 3 mentioned conditions through exhaust gas analysis machine.

The findings were as followed: When fill up pure oxygen in air-fuel mixture, the engine torque was more increased and burning was more perfected than none of oxygen. The engine torque was highest increased when filling up the oxygen before and after throttle valve, the flowing rate was at 700 cm³/min. The fuel could be more economized than none of oxygen. The comparisons of specific fuel consumption was shown that oxygen filling up after throttle valve was more economized than filling up before throttle averagely by 2.92 % and more economized than none of oxygen averagely by 7.29 %

Keywords : Pure Oxygen ,Small Gasoline Engine

^{*} Original manucrypt submitted: April 18, 2006 and Final manucrypt received: July 6, 2006

บทนำ

ในปี 2546 ประเทศไทยมีการผลิตรถยนต์รวม 750,512 คัน อยู่ในอันดับที่ 15 ของโลก อันดับที่ 5 ของเอเชีย ซึ่งรัฐบาลได้ยกอุตสาหกรรมยานยนต์เป็นอุตสาหกรรมหลักของประเทศไทย โดยจะผลักดันให้เป็น “ดีทรอยต์แห่งเอเชีย” ตั้งเป้าหมายไว้ว่า ในปี 2553 จะต้องมีการผลิตรถยนต์มากกว่า 1.8 ล้านคัน หรือขยายตัวเฉลี่ย 13 % ต่อปี โดยจะขึ้นเป็นอันดับ 9 ของโลกหรืออันดับ 4 ของเอเชีย ซึ่งจำนวนการผลิต 1.8 ล้านคันนี้ จะเป็นการจำหน่ายในประเทศ 1 ล้านคันที่เหลือเป็นการส่งออก (สุรัชย์ ประมวลเจริญกิจ, 2548)

ปัจจุบันประเทศต่างๆทั่วโลกกำลังอยู่ในภาวะการเกิดวิกฤตพลังงานราคาน้ำมันพุ่งขึ้นสูงกว่า 60 ดอลลาร์/บาร์เรล เป็นปัญหาอย่างยิ่งในการพัฒนาประเทศ นอกจากจะมีการรณรงค์ให้ประชาชนช่วยกันประหยัดพลังงานแล้ว ในภาคการขนส่งยังต้องพัฒนาพลังงานอื่นๆ เป็นพลังงานทดแทนด้วย และพยายามหาทางประหยัดพลังงานน้ำมันเชื้อเพลิง ไม่ว่าไบโอดีเซล (นคร ทิพย์าวงศ์และคณะ, 2546) ไบโอดีเซล (คุณทูล ทองศรี, 2547) ก๊าซโซลล์ผสมบิวทานอล (วิชัย กนกพิทยาพร และคณะ, 2548) น้ำมันก๊าด (สุรัชย์ ทรัพย์ธนบุรณและคณะ, 2548) หรือใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว ทั้ง LPG และ NGV ทั้งหมดนี้เป็นพลังงานทางเลือกใหม่ที่จะนำมาทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงได้ในอนาคต และหากสามารถนำมาใช้ให้มีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์มากขึ้น ก็จะเป็นการใช้พลังงานอย่างประหยัด คุ่มค่าและมีประสิทธิภาพ การทำให้เชื้อเพลิงเผาไหม้อย่างสมบูรณ์นั้นตัวแปรสำคัญอย่างหนึ่งคือ อัตราส่วนผสมระหว่างอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงที่ถูกต้องกล่าวคือมีปริมาณอากาศหรือออกซิเจนเผาไหม้กับเชื้อเพลิงได้หมดจดพอที่จะทำให้การเผาไหม้ของเครื่องยนต์มีความสมบูรณ์ ลดมลพิษทางอากาศลงได้ นอกจากนี้ยังเป็นการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง และเพิ่มสมรรถนะของเครื่องยนต์อีกด้วย

บริษัทโตโยต้า มอเตอร์ (ประเทศไทย) จำกัด พยายามพัฒนาระบบเทอร์โบแปรผัน (Variable Nozzle Turbo) และระบบอินเตอร์คูลเลอร์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและสมรรถนะของเครื่องยนต์ให้มากขึ้น ประหยัดน้ำมันมากกว่าเดิม และปริมาณไอเสียลดลง ในเครื่องยนต์รุ่น 1KD-FTV 2982 CC และรุ่น 2KD-FTV(I/C) 2494 CC โดยให้เทอร์โบทำงานอัดอากาศเข้าเครื่องยนต์ให้สัมพันธ์กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ส่วนอินเตอร์คูลเลอร์นั้นจะช่วยลดอุณหภูมิของอากาศจากเทอร์โบชาร์จเจอร์ที่ส่งไปยังห้องเผาไหม้ ให้มีอุณหภูมิต่ำลงแล้วอากาศจะมีความหนาแน่นมากขึ้นส่งผลให้ให้มีปริมาณอากาศและออกซิเจนมากขึ้นด้วย ทำให้เผาไหม้ดีขึ้น เครื่องยนต์จึงมีกำลังสูงขึ้นกว่าเดิม (ศูนย์บริการโตโยต้ามหา นคร, 2548)

เครื่องยนต์ก๊าซโซลีนและเครื่องยนต์ดีเซลจะมีการใช้เทอร์โบชาร์จ แต่ในเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กเกิน 85 kW ขึ้นไป จำเป็นต้องมีอินเตอร์คูลเลอร์ตามมาตรฐาน EURO 3 มิเช่นนั้นค่าไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) จะสูงเกินพิกัด บริษัท เวลด์เทค เอ็นจิเนียริง จำกัด ได้บอกเหตุผลของความจำเป็นต้องติดตั้งเทอร์โบว่า เครื่องยนต์ที่ติดตั้งเทอร์โบสามารถเพิ่มกำลังและแรงบิดของเครื่องยนต์ได้ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์เดิมที่ไม่มีเทอร์โบ ช่วยลดมลภาวะทางอากาศจากเครื่องยนต์

เนื่องจากเทอร์โบสามารถเพิ่มปริมาณลมเข้าเครื่องยนต์ได้มากกว่า ดังนั้นการเผาไหม้จะดีกว่าและสะอาดกว่า ช่วยประหยัดน้ำมันได้มากกว่าเมื่อเครื่องยนต์ต้องทำงานหนักขึ้น เนื่องจากเทอร์โบช่วยเพิ่มกำลังและแรงบิดของเครื่องยนต์ ทำให้เครื่องยนต์สามารถใช้งานในช่วงที่รอบเครื่องยนต์ต่ำกว่า (บริษัท เวิร์ดเทค เอ็นจิเนียริง จำกัด, 2548)

แต่ก็มีข้อควรระวังในการใช้งานเช่น หลีกเลี่ยงการเดินเบาเครื่องยนต์นานๆ ห้ามเร่งเครื่องโดยทันที หรือหลังใช้งานให้ปล่อยเดินเบาต่ออีกประมาณ 2-3 นาทีก่อนแล้วค่อยดับเครื่องยนต์ ตรงนี้จะเห็นว่ายังเป็นข้อเสียเพราะทำให้สิ้นเปลืองพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ (อำพล ชื่อดวง และคณะ, 2538)

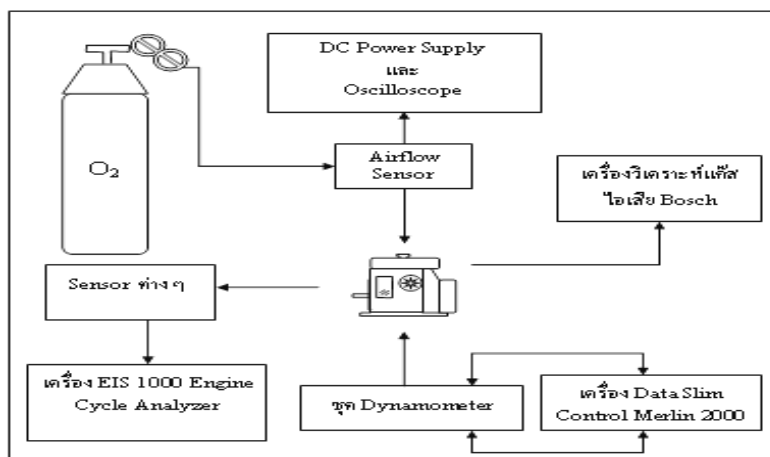
การซูเปอร์ชาร์จ (Supercharging) เป็นวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพให้แก่เครื่องยนต์โดยไม่ต้องเพิ่มปริมาตรกระบอกสูบ แต่เป็นการเพิ่มปริมาตรอากาศเข้ากระบอกสูบ อัตราส่วนการอัด ประสิทธิภาพทางเทอร์โมไดนามิกส์ โดยการอัดอากาศให้มีความดันสูงกว่าบรรยากาศ

การทำซูเปอร์ชาร์จต้องอาศัยปั๊มอัดอากาศ อัดอากาศเข้ากระบอกสูบทำให้มีปริมาตรอากาศเข้าไปในกระบอกสูบมากขึ้น และอัดจากความดันของปั๊มอัดอากาศ ก็จะเพิ่มความดันในกระบอกสูบ ทำให้อัตราส่วนการอัดเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน แต่ในเครื่องยนต์ก๊าซโซลีน หากเครื่องยนต์มีอัตราส่วนการอัดสูงอยู่แล้วอาจจะทำให้เกิดการน็อคได้ อย่างไรก็ตาม เครื่องยนต์แต่ละรุ่น แต่ละยี่ห้อก็มีขีดจำกัดของอัตราส่วนการอัดไม่เท่ากัน สามารถเพิ่มการทำงานได้แตกต่างกัน (จำนง ถนอม และคณะ, 2538)

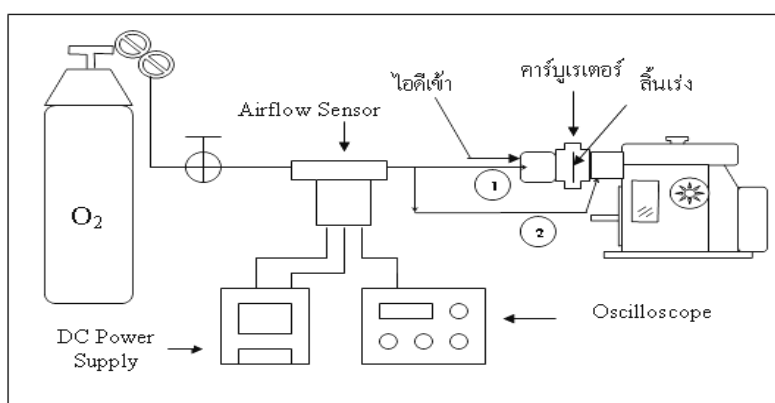
Praxair Inc. ทำการศึกษาการเพิ่มปริมาณออกซิเจนในเตาเผาอุตสาหกรรมการหลอมแก้ว พบว่าการเติมออกซิเจนเพิ่มขึ้น จะทำให้การเผาไหม้ในเตาเผาดีขึ้น อุณหภูมิในเตาเผาสูงขึ้นและสามารถควบคุมให้ NO_x ลดลงได้ (Praxair Inc., 2005)

การทดลองเติมออกซิเจนบริสุทธิ์ในท่อร่วมไอดีของเครื่องยนต์ก๊าซโซลีนขนาดเล็ก เพื่อศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้น เปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ และสมรรถนะที่เพิ่มขึ้น ระหว่างเครื่องยนต์ที่เติมออกซิเจนบริสุทธิ์ กับที่ไม่เติมออกซิเจนบริสุทธิ์ในท่อร่วมไอดี และเพื่อตรวจสอบผลกระทบจากการทำงานของคาร์บูเรเตอร์ จึงทดลองเติมออกซิเจนบริสุทธิ์ทั้งด้านหน้าลิ้นเร่งและหลังลิ้นเร่ง

วิธีการวิจัย



รูปที่ 1 แผนผังอุปกรณ์ทดลอง



รูปที่ 2 แผนผังการเติมออกซิเจนด้านหน้าลิ้นแรง (1) และหลังลิ้นแรง (2)

เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

ชุดทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ จะมีรายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 1 และ 2 โดยอุปกรณ์ชุดนี้ประกอบด้วย

1. เครื่อง Data Slim Control Merlin 2000 ควบคุมการทำงานของ ชุด Dynamometer และชุดเบรกที่เบรกด้วยแรงต้านของมอเตอร์ไฟฟ้า วัดค่าแรงบิด ความละเอียด 0.1 Nm
2. เครื่อง EIS 1000 Engine Cycle Analyzer วัดรอบการทำงานของเครื่องยนต์ วัดมุมของ Crank Angle และความดันในกระบอกสูบ ความละเอียด 0.01 bar
3. เครื่องยนต์ทดสอบ ยี่ห้อ Robin รุ่น EY08 เป็นเครื่องยนต์ก๊าซโซลีน 4 จังหวะ สูบเดียว ใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงก๊าซโซลีน ออกเทน 91 ความเร็วรอบสูงสุด 3,600 rpm ให้กำลังงานออกมาสูงสุด 1.25

kW อัตราส่วนการอัด 6.5 ต่อ 1 ปริมาตรกระบอกสูบ 77.6 cm³ ความโตกระบอกสูบและระยะชัก 51 x 38 mm.

4. อุปกรณ์วัดอัตราการไหลออกซิเจน Airflow Sensor AWM 3300 V ควบคุมความดันที่ 0.7 bar โดยเรกกูเรเตอร์ สามารถวัดอัตราการไหลของออกซิเจนได้ตั้งแต่ 100 cm³/min จนถึง 1,000 cm³/min

5. หลอดวัดปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง วัดปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่ 8 ml

6. เครื่องวิเคราะห์ก๊าซไอเสียรถยนต์ ยี่ห้อ Bosch รุ่น ETT 8.55/8.61 ใช้สำหรับวัดค่า แลมด้า λ HC CO CO₂ และ O₂

7. ออกซิเจนทางการแพทย์ ความบริสุทธิ์ ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 99.0 โดยปริมาตรคาร์บอนไดออกไซด์ ไม่เกิน 300 mm³/dm³ คาร์บอนมอนอกไซด์ ไม่เกิน 5 mm³/dm³ และความชื้น ไม่เกิน 0.12 mg/dm³ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2548)

ขั้นตอนการทดลอง

1) เตรียมเครื่องยนต์ สตาร์ทเครื่องยนต์ให้ทำงานจนกระทั่งอุณหภูมิน้ำมันเครื่องอยู่ระหว่าง 50-60 องศาเซลเซียส แล้วเปิดลิ้นเร่งของเครื่องยนต์ให้อยู่ในตำแหน่งเปิดสุด

2) ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

ก) ทดสอบการเบรกเครื่องยนต์ ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ที่ 1,080 1,440 1,800 2,160 2,520 2,880 3,240 และ 3,600 rpm ตามลำดับ (การทดลองเต็มออกซิเจน หน้าลิ้นเร่งและหลังลิ้นเร่ง ที่ปริมาณ 200 400 600 700 และ 800 cm³/min)

ข) บันทึกผลการวิเคราะห์ก๊าซไอเสียของ เครื่องยนต์ทดสอบ

ค) บันทึกผลเวลาการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่ 8 ml

ง) บันทึกผลค่าแรงบิด ความดันสูงสุดในกระบอกสูบ

การคำนวณ

1. กำลังเบรกของเครื่องยนต์ (Brake Power หรือ P_b)

$$P_b = \frac{2\pi TN}{(60)(1000)} \quad (1)$$

โดยที่ P_b : กำลังเบรกของเครื่องยนต์, (kW)

T : แรงบิด, (Nm)

N : ความเร็วรอบของเครื่องยนต์, (rpm)

2. ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (Break Specific Fuel Consumption หรือ bsfc)

ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกคือ ปริมาณของเชื้อเพลิงที่ใช้ไปต่อหนึ่งหน่วยเวลาต่อหนึ่งหน่วยกำลังงานของเครื่องยนต์ เขียนเป็นสมการได้ว่า

$$bsfc = \frac{\rho_f Q_f}{P_b} \quad (2)$$

โดยที่

bsfc : ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรค, ($\frac{\text{kg}}{\text{kW} \cdot \text{hr}}$) ρ_f : ความหนาแน่นน้ำมันเชื้อเพลิงเบนซินออกเทน 91 มีค่าเท่ากับ $0.7175 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ Q_f : ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง, ($\frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$)

3. อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (Air-Fuel Ratio หรือ A/F) อัตราส่วนผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$A/F = \frac{\rho_{\text{air}} Q_{\text{air}}}{\rho_f Q_f} \quad (3)$$

โดยที่

A/F : อัตราส่วนผสมระหว่างอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิง

 ρ_{air} : ความหนาแน่นของอากาศ, ($\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$) Q_{air} : อัตราการไหลของอากาศ, ($\frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$)

ซึ่งการเผาไหม้ที่พอดีอย่างนี้เรียกว่า “Stoichiometric Chemically Correct” เขียนสมการจะได้ว่า

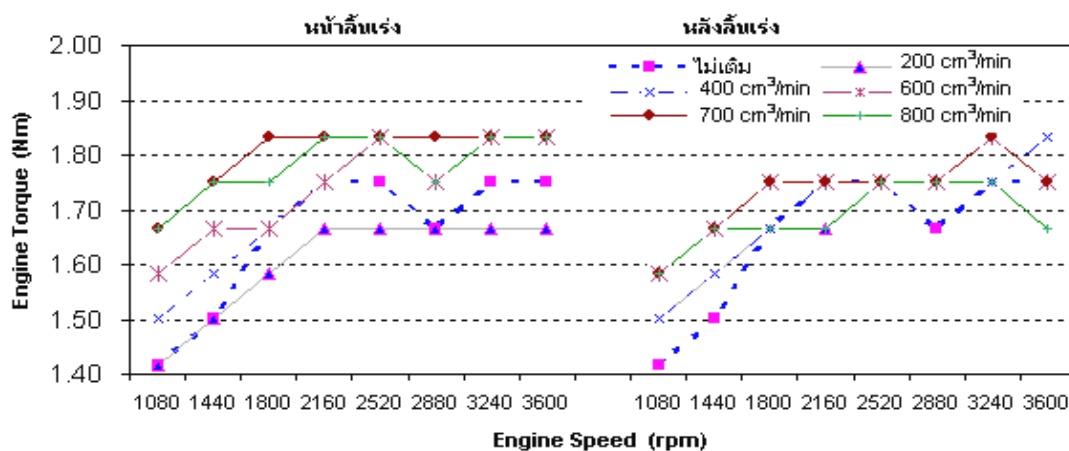
$$\lambda = \frac{(A/F)_{\text{actual}}}{(A/F)_{\text{stoich}}}$$

ถ้าหาก $\lambda = 1$ แสดงว่าอัตราส่วนผสมพอดี คือมีเชื้อเพลิงพอดีที่จะถูกออกซิไดซ์โดยออกซิเจนได้หมด

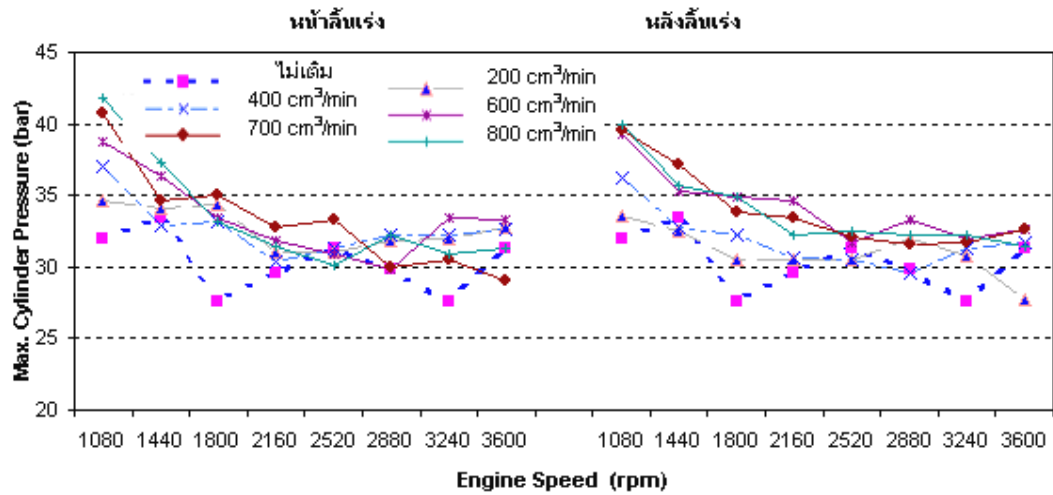
$\lambda < 1$ แสดงว่าอัตราส่วนผสมหนาเกินไป คือมีเชื้อเพลิงมากเกินไป

$\lambda > 1$ แสดงว่าอัตราส่วนผสมบางเกินไป คือมีเชื้อเพลิงน้อยหรือมีอากาศเกินค่าพอดี

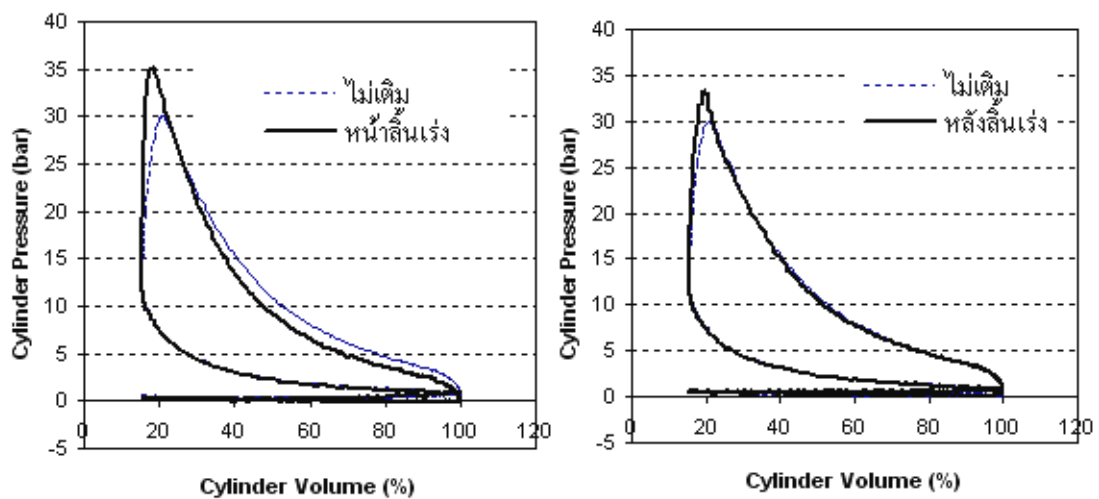
ผลการทดลอง



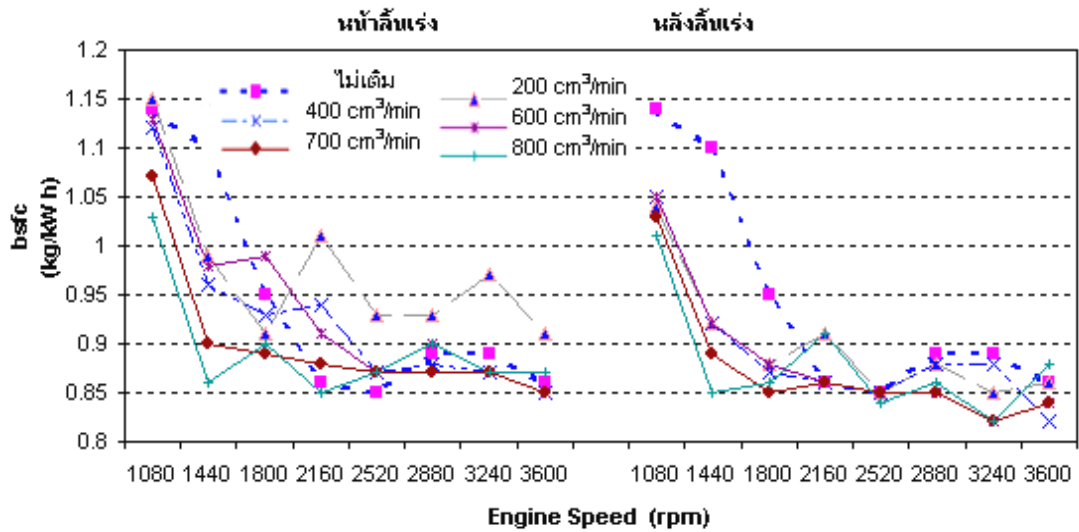
รูปที่ 3 เปรียบเทียบแรงบิดกับความเร็วน้ำมันของเครื่องยนต์



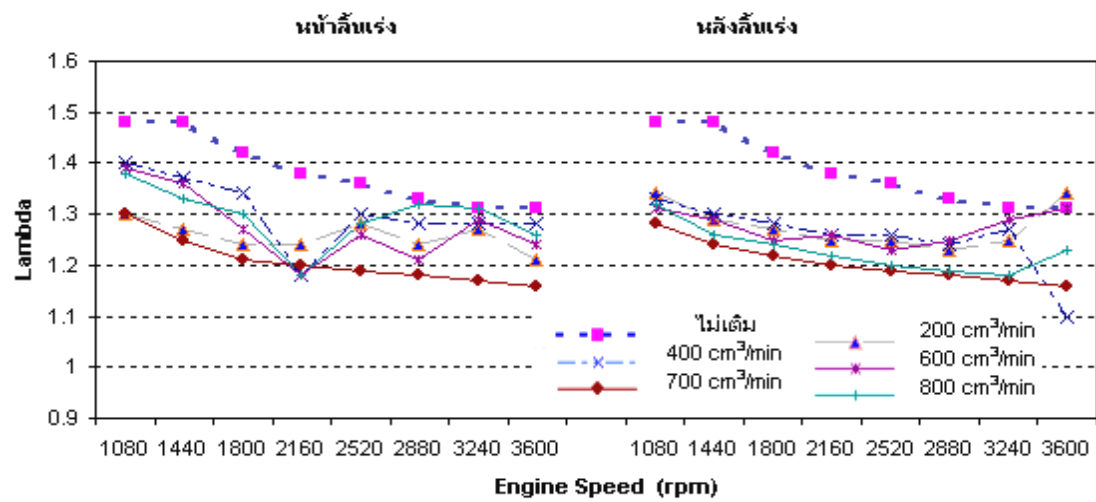
รูปที่ 4 เปรียบเทียบความดันสูงสุดในกระบอกสูบกับความเร็วยรอบของเครื่องยนต์



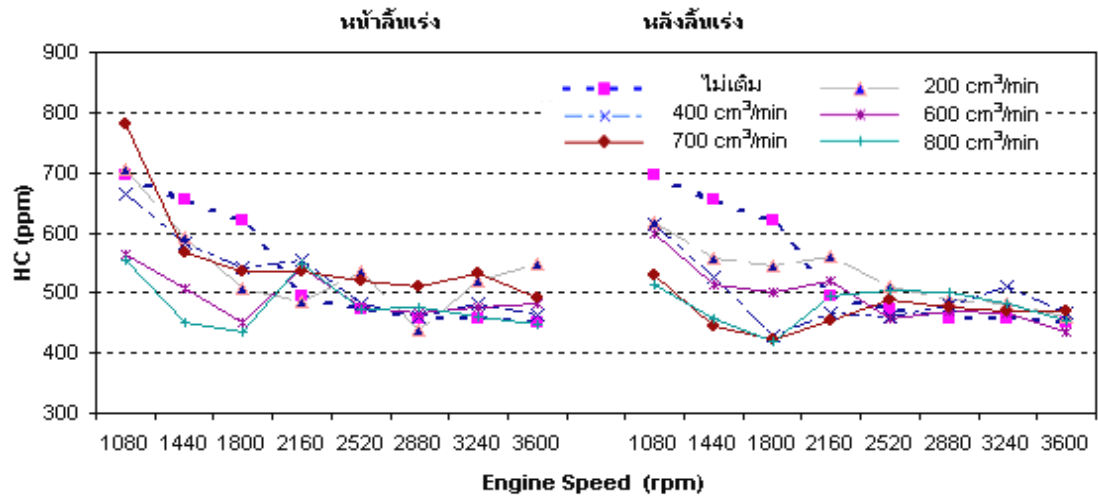
รูปที่ 5 แสดงความดัน-ปริมาตร ที่ความเร็วยรอบของเครื่องยนต์ 1800 rpm เมื่อเติมออกซิเจน 700 cm³/min



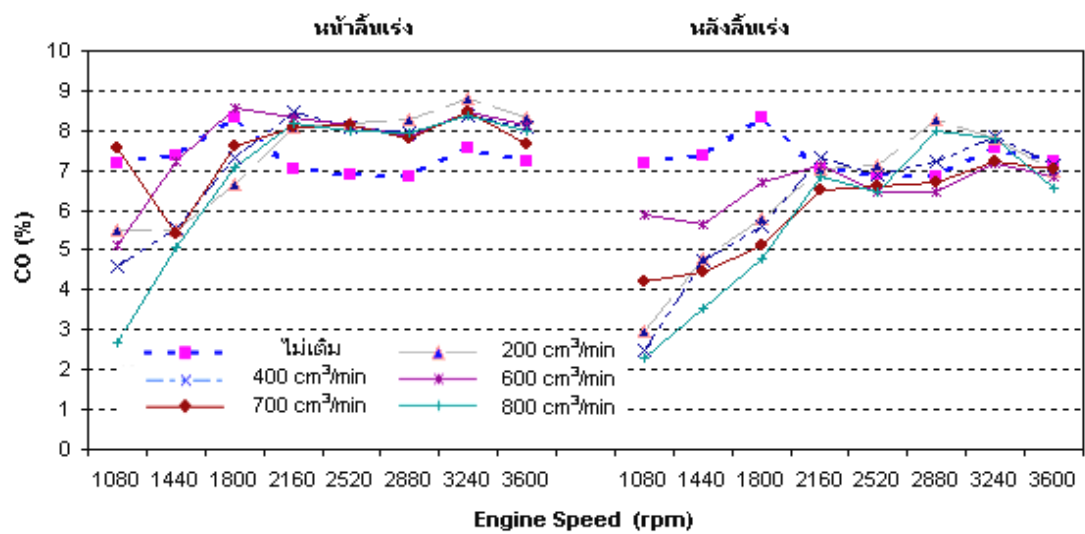
รูปที่ 6 เปรียบเทียบความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์



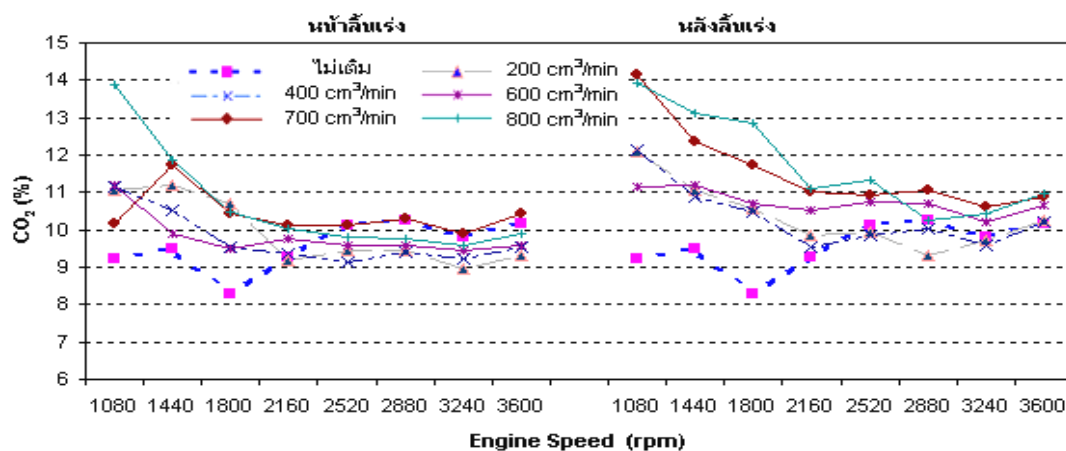
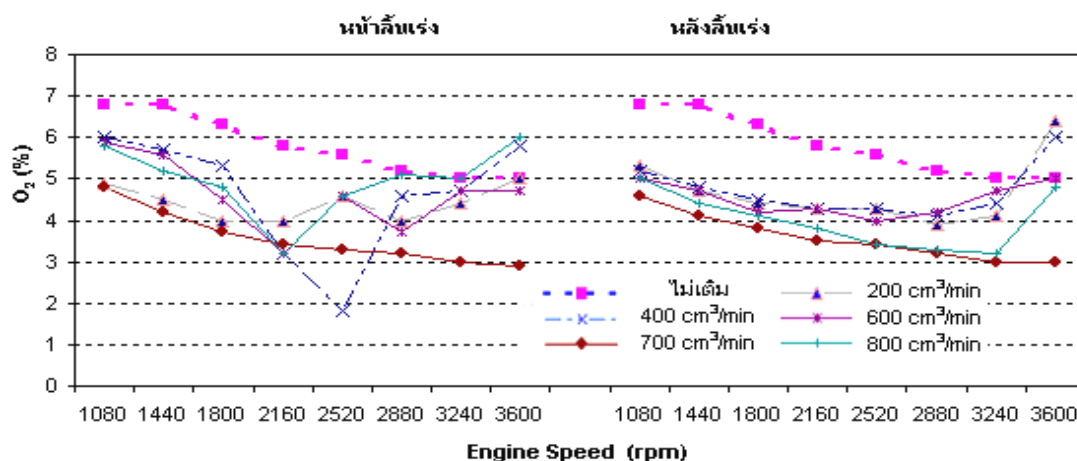
รูปที่ 7 เปรียบเทียบค่าแลมดากับความเร็วรอบของเครื่องยนต์



รูปที่ 8 เปรียบเทียบค่า HC ในไอเสีย กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์



รูปที่ 9 เปรียบเทียบค่า CO ในไอเสีย กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์

รูปที่ 10 เปรียบเทียบค่า CO_2 ในไอเสีย กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์รูปที่ 11 เปรียบเทียบค่า O_2 ในไอเสีย กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์

วิจารณ์ผล

1. ผลการทดลองรูปที่ 3 พบว่าการเติมออกซิเจนให้ค่าแรงบิดสูงขึ้น โดยการเติมหน้าลิ้นเร่งจะได้ค่าแรงบิดสูงกว่าเติมด้านหลังลิ้นเร่ง และเมื่อพิจารณาการเกิดความดันสูงสุดในกระบอกสูบตามรูปที่ 4 ก็ได้ผลเช่นเดียวกันว่าการเติมออกซิเจนทำให้ความดันสูงสุดมีค่าเพิ่มขึ้นและการเติมหน้าลิ้นเร่งจะได้ค่าสูงกว่าเติมด้านหลังลิ้นเร่ง
2. ค่าแรงบิดและความดันสูงสุดในกระบอกสูบสูงขึ้นทั้งการเติมด้านหน้าและด้านหลังลิ้นเร่ง เพราะเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์มากขึ้นเกิดความดันในกระบอกสูบสูงขึ้นส่งผลให้แรงบิดสูงขึ้นด้วย ในส่วนการเติมหน้าลิ้นเร่งมีค่าสูงกว่าเติมด้านหลังลิ้นเร่งนั้น เกิดจากการพ่นออกซิเจนหน้าลิ้นเร่งทำให้จังหวะที่ลูกสูบดูดอากาศ ก๊าซที่ไหลผ่านลิ้นเร่งจะมีความเร็วมากขึ้น ซึ่งระหว่างที่ไหล

ผ่านคอคอดของคาร์บูเรเตอร์นั้น ก็จะทำให้เกิดสูญญากาศมากขึ้น จึงทำให้คาร์บูเรเตอร์ฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น เปรียบเสมือนการใช้เทอร์โบชาร์จ จึงได้ค่าแรงบิดและความดันสูงสุดในกระบอกสูบสูงขึ้น อย่างไรก็ตามก็ยังมีค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกลดลง ดังรูปที่ 6 ทั้งนี้เนื่องจากว่าปริมาณออกซิเจนที่เติมหลังลิ้นเร่งไม่ได้ผ่านคอคอดของคาร์บูเรเตอร์ จึงไม่ทำให้การฉีดเชื้อเพลิงของคาร์บูเรเตอร์เพิ่มขึ้น ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคจึงมีค่าต่ำกว่าหน้าลิ้นเร่ง

3. รูปที่ 7 แสดงให้เห็นว่าการเติมออกซิเจนไม่ทำให้ส่วนผสมของเชื้อเพลิงบางไปกว่าเดิม แต่ออกซิเจนบริสุทธิ์จะเข้าไปช่วยในการเผาไหม้ให้สมบูรณ์มากขึ้น จะเห็นว่าค่า λ เข้าใกล้ 1 ยิ่งขึ้น
4. รูปที่ 8 และ 9 เป็นการยืนยันว่าการเติมออกซิเจนหน้าลิ้นเร่งทำให้มีการฉีดเชื้อเพลิงมากขึ้น เพราะค่า HC และ CO มากกว่าการเติมหลังลิ้นเร่ง อีกทั้งปริมาณ CO_2 หลังลิ้นเร่งมีค่ามากกว่าอย่างเห็นได้ชัด ดังรูปที่ 10 จะเห็นว่าการเติมหลังลิ้นเร่งเผาไหม้สมบูรณ์มากกว่า
5. จากรูปที่ 8 , 9 และ 10 ในช่วงความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ การเติมออกซิเจน “หน้าลิ้นเร่ง” ถึงแม้จะทำให้คาร์บูเรเตอร์ฉีดเชื้อเพลิงมากขึ้น แต่ปริมาณออกซิเจนที่เพิ่มเข้าไปยังสามารถทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์เพียงพอ จึงจะเห็นว่าค่า HC CO ต่ำกว่า และ CO_2 สูงกว่า “ไม่เติม” พอความเร็วรอบสูงขึ้น (2,160 rpm ขึ้นไป) การฉีดเชื้อเพลิงมากเกินไป เวลาในการเผาไหม้ก็น้อยลงเพราะความเร็วรอบสูง ทำให้ค่า HC CO สูงกว่า และ CO_2 ต่ำกว่า “ไม่เติม”
 ส่วนการเติม “หลังลิ้นเร่ง” ความดันหลังคอคอดของคาร์บูเรเตอร์เพิ่มขึ้น จึงทำให้อากาศไหลผ่านคอคอดมีความเร็วต่ำกว่า “ไม่เติม” การผสมกันระหว่างอากาศและเชื้อเพลิงผสมกันไม่ดีเท่าเติม แต่ที่ช่วงความเร็วรอบต่ำมีช่วงเวลาการเผาไหม้นานเพียงพอจึงเผาไหม้สมบูรณ์สำหรับที่ความเร็วสูง พบว่า ส่วนที่อากาศและเชื้อเพลิงผสมกันไม่ดีบางส่วนไม่ถูกเผาไหม้จึงมีค่า HC สูงกว่า “ไม่เติม” แต่ส่วนที่ถูกเผาไหม้ก็จะเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้น ค่า CO จึงต่ำกว่าและ CO_2 สูงกว่า “ไม่เติม”
6. การเติมออกซิเจนหน้าลิ้นเร่งแม้จะทำให้การฉีดน้ำมันเพิ่มมากขึ้นแต่ปริมาณก๊าซเข้าไปเท่ากับ “ไม่เติม” เพียงแต่ O_2 มากกว่า จึงใช้ O_2 ในการเผาไหม้มากกว่า รูปที่ 11 ปริมาณ O_2 ในไอเสียจึงเหลือน้อยกว่า “ไม่เติม” และการเติมหลังลิ้นเร่ง ออกซิเจนบริสุทธิ์ เป็นตัวช่วยการเผาไหม้ให้สมบูรณ์มากขึ้นจึงเหลือ O_2 น้อยกว่า “ไม่เติม” เช่นกัน
7. เมื่อพิจารณาจากค่า bsfc แล้วการเติมหลังลิ้นเร่งให้ความประหยัดเชื้อเพลิงมากที่สุด อีกทั้งเมื่อดูผลของการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ค่า HC และ CO ก็ต่ำกว่า แสดงว่าเผาไหม้สมบูรณ์ดีกว่า มีมลพิษน้อยกว่า เมื่อดูจากค่า λ และค่าแรงบิด พบว่าการเติมที่ปริมาณ 700 cm^3/min มีการเผาไหม้ดีที่สุดและแรงบิดสูงสุด ซึ่งมีแรงบิดสูงสุดที่ 1800 rpm

8. จากรูปที่ 5 แผนภาพความดัน-ปริมาตร ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1800 rpm เมื่อเติมออกซิเจน 700 cm³/min แสดงถึงผลของการเติมออกซิเจน ทำให้ความดันสูงขึ้น และเกิดแรงบิดสูงขึ้นเช่นกัน

สรุปผล

1. การเติมออกซิเจนไม่ว่าจะเติมหน้าหรือหลังลิ้นเร่ง จะทำให้เครื่องยนต์มีแรงบิดมากขึ้น และการเผาไหม้เชื้อเพลิงสมบูรณ์มากขึ้นด้วย
2. หากการเติมออกซิเจนเหมาะสมกับการทำงานของรอบเครื่องยนต์ นอกจากจะทำให้ได้ค่าแรงบิดและการเผาไหม้เชื้อเพลิงสมบูรณ์มากขึ้นแล้ว ยังทำให้ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกลดลงด้วย ซึ่งคือการประหยัดเชื้อเพลิงนั่นเอง จากการเปรียบเทียบค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก เมื่อเติมออกซิเจนในอัตรา 700 cm³/min ที่ได้ค่าแรงบิดสูงสุดพบว่าเมื่อไม่เติมออกซิเจนทุกความเร็วรอบมีค่า bsfc เฉลี่ย 0.9425 ส่วนการเติมหน้าลิ้นเร่งมีค่าเฉลี่ย 0.9000 และการเติมหลังลิ้นเร่งมีค่าเฉลี่ย 0.8738 ดังนั้นการเติมด้านหลังลิ้นเร่ง จะประหยัดกว่าเติมหน้าลิ้นเร่ง เฉลี่ยร้อยละ 2.92 และประหยัดกว่าไม่เติม เฉลี่ยร้อยละ 7.29
3. สำหรับเครื่องยนต์ก๊าซโซลีนขนาดเล็ก ควรจะเติมออกซิเจนบริสุทธิ์เข้าในท่อร่วมไอดีด้านหลังลิ้นเร่ง เพราะจะทำให้ค่าประหยัดเชื้อเพลิงที่สุด

บรรณานุกรม

- คุณทล ทองศรี. 2547. การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลเล็กที่ใช้ใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซล. วารสารวิจัยและฝึกอบรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. 7 (3).(พฤษภาคม-สิงหาคม 2547): 89 -96
- จำนง ถนอม, อุดม ล้อมวงศ์พานิช. เทคโนโลยีดีเซล. 2533. บริษัท ซีเอ็ด ยูเคชั่น จำกัด. กรุงเทพฯ
- นคร ทิพย์าวงศ์, อนุชาล เพิ่มสุวรรณ, ณัฐ วรยศ, ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์, ศรัทธา อุปคำ และ มนุญญา คำ. 2546. ผลของการใช้น้ำมันผสมดีเซลชีวภาพกับเครื่องยนต์ดีเซลแบบฉีดตรงในการใช้งานระยะยาว. เอกสารการสัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัยด้านพลังงานทดแทน. 26 มีนาคม 2546. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
- บริษัท เวิร์ดเทค เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด. ทำไมต้องติดตั้งเทอร์โบ. 11 ก.ย. 2548
< http://www.worldtech.co.th/others_turbo.html >
- วิชัย กนกพิทยาทร, อุดมชัย จินะดิษฐ์ และ พิชัย อัมมมวงค. 2548. การศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์ก๊าซโซลีนที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซโซฮอลล์ที่มีส่วนผสมบิวทานอล. เอกสารการประชุม

วิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย. ครั้งที่ 19. ภูเก็ต:

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ศูนย์บริการโตโยต้ามหานคร. เครื่องยนต์ **D-4D** คอมมอนเรล. 11 ก.ย. 2548.

< http://www.toyotametro.co.th/carmodel/hilux_vigo/double4x4/double4x4-power.html#power1 >

สุรัชย์ ทรัพย์ธนบูรณ์, อุดมชัย จินะดิษฐ์ และ พิชัย อัมมมงคล. 2548. การพัฒนาเครื่องยนต์ก๊าซโซ

ลิ้นขนาดเล็กเอนกประสงค์โดยใช้น้ำมัน Kerosene เป็นเชื้อเพลิงหลัก. เอกสารการประชุม

วิชาการ เครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย. ครั้งที่ 19. ภูเก็ต:

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

สุรัชย์ ประมวลเจริญกิจ **หุ้นกลุ่มยานยนต์ :Thailand Detroit of Asia**. 21 ตค 48

< <http://kelive.kimeng.co.th/kelive/userview/DetailPage.jsp?cntry=TL&lang=th&cat=SF&contId=1> >

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม : ออกซิเจน**

การแพทย์ มอก.540 - 2545. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม,

11 ก.ย. 2548. <<http://www.tisi.go.th/standard/fulltext/TIS-540-2545m.pdf> >

อำพล ชื้อตรง, อนันต์ชัย เทียงดาห์. **เครื่องยนต์สันดาปภายใน**. 2538. สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริม

วิชาการ.กรุงเทพฯ.

Praxair Inc. **Control Technology O₂ Enhanced Combustion**. National Energy Technology Laboratory. 11 Sep 2005. <<http://www.netl.doe.gov/coal/E&WR/nox/control-tech/02.html> >