วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.12.007

บทความวิจัย

ผลกระทบของการปรับตั้งจังหวะการฉีดน้ำมันไพโรไลซิสจากพลาสติกผสมน้ำมันดีเซลที่มีต่อสมรรถนะและการปลดปล่อยมลพิษของเครื่องยนต์ดีเซล

ชลกาญจน์ วงศ์ก่อทรัพย์[1,2*] อนุชา ครุฑธาพันธ์[1,2] กัมปนาท เทียนน้อย[1,2] ศีขรินทร์ โกมลหิรัญ[1] สุนทร โอษฐ์งาม[1,2] และ มงคล แดงสุนทรชัย[1,2]

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องต้นกำลัง, วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[2] ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีการเผาไหม้และพลังงานทางเลือก (CTAE), สำนักวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[*] ผู้ประสานงานเผยแพร่: E-mail: chonlakarn.w@cit.kmutnb.ac.th

วันที่รับบทความ: 1 ธันวาคม 2564; วันที่ทบทวนบทความ: 24 สิงหาคม 2565; วันที่ตอบรับบทความ: 5 กันยายน 2565
วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 18 ธันวาคม 2565

บทคัดย่อ: ปัจจุบันพลังงานทางเลือกชนิดต่างๆ ถูกนำมาใช้เพื่อทดแทนน้ำมันจากปิโตรเลียมเพื่อลดการนำเข้าและใช้วัตถุดิบเหลือใช้และหมุนเวียนให้เกิดประโยชน์ โดยเฉพาะขยะพลาสติกที่มีจำนวนมหาศาล อนึ่ง มีงานวิจัยที่นำขยะพลาสติกมาแปรรูปเป็นน้ำมันไพโรไลซิสจากพลาสติกที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับดีเซลและนำมาทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดต่างๆ จากงานวิจัยพบว่าน้ำมันไพโรไลซิสมีค่าความร้อนและซีเทนนัมเบอร์ ที่ต่ำกว่าน้ำมันดีเซล บทความนี้ศึกษาสมรรถนะและมลพิษของน้ำมันดีเซล B7 ผสมน้ำมันไพโรไลซิส P100 ในอัตราส่วนที่ 50:50 P50 เทียบต่อปริมาตรของน้ำมันเชื้อเพลิง โดยทำการปรับแต่งองศาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงล่วงหน้า ที่ 16.5 และ 17.5 องศาก่อนศูนย์ตายบนที่ 1500 รอบต่อนาที ภาระงาน 25%, 50% และ 75% ของภาระงานสูงสุดของเครื่องยนต์ เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะและมลพิษที่เกิดขึ้นกับเครื่องยนต์ที่ทดสอบก่อนและหลังจากการปรับตั้งองศาการฉีดน้ำมัน พบว่าเมื่อปรับองศาการฉีดน้ำมันอยู่ที่ (16.5^{O}BTDC) ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไพโรไลซิส P50 ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล B7 มากที่สุด เมื่อพิจารณาการปลดปล่อยมลพิษจะมีค่าที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อย และมีปริมาณควันดำมีค่าที่ลดลง

คำสำคัญ: เครื่องยนต์ดีเซล; น้ำมันไพโรไลซิสจากพลาสติก; การปรับตั้งองศาการฉีด

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.12.007

บทความวิจัย

Effects of Injection Timing Adjustment of Plastic Pyrolysis Oil Blended with and Diesel Fuel on Performance and Emissions of Diesel Engine

Chonlakarn Wongkhorsub[1,2*], Anucha Krutthaphan[1,2], Kampanart Theinnoi[1,2,] Seekharin Komolhirun[1], Soontorn Odngam[1,2] and Mongkol Dansuuntornchai[1,2]

[1] Department of Power Engineering Technology, College of Industrial Technology, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

[2] Research Centre for Combustion Technology and Alternative Energy (CTAE), Science and Technology Research Institute, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

[*] Corresponding author: E-mail: chonlakarn.w@cit.kmutnb.ac.th

Received: 1 December 2021; Revised: 24 August 2022; Accepted: 5 September 2022
Online Published: 18 December 2022

Abstract: Nowadays, different types of alternative energy are introduced to replace oil from petroleum products in order to reduce petroleum imports and utilize waste and reusable materials, in particular, a large amount of plastic waste. Thus, there is some research related to converting plastic waste into plastic pyrolysis oil. It appears that plastic pyrolysis oil has similar properties to diesel and has been tested on various sizes of diesel engines. However, pyrolysis oil has a heating value and Cetane number lower than diesel fuel. Therefore, this article studies the performance and pollution of diesel B7 mixed with pyrolysis oil P100 at a ratio of 50:50 P50. The advance injection timing is customed at 16.5^{O}BTDC to 17.5^{O}BTDC, 1500 rpm, 25%, 50% and 75% of the maximum engine load. The research aimed to compare the performance and pollution that occurred on the tested engine before and after adjusting the injection timing. It was found that when pyrolysis oil P50 was used and the injection timing was adjusted at 16.5^{O}BTDC, the performance of the diesel engine was comparable to diesel B7. The emissions seem to be slightly increased compared with the diesel B7. However, the black smoke emitted from the plastic pyrolysis oil is slightly lower than the diesel oil.

Keywords: Diesel Engine; Plastic Pyrolysis Fuel; Injection Degree Adjustment

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.12.007

บทความวิจัย

1. บทนำ

ปัจจุบันปัญหาขยะพลาสติกที่มีเป็นจำนวนมากของประเทศไทยมีปริมาณ 1.51 ล้านตัน/ปี ใช้เวลานานในการย่อยสลาย และก่อให้เกิดปัญหาต่อแวดล้อม ดังนั้นทางกรมควบคุมมลพิษกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จึงได้มีนโยบายการนำขยะพลาสติกมาแปรรูปเป็นน้ำมันไพโรไลซิส (Pyrolysis) เพราะในองค์ประกอบของขยะพลาสติกมีสารไฮโดรคาร์บอนเป็นส่วนประกอบหลัก [1] ที่สามารถนำมาเป็นเชื้อเพลิง

น้ำมันไพโรไลซิส คือน้ำมันที่ได้จากกระบวนไพโรไลซิส ซึ่งกระบวนไพโรไลซิสแบบเร็ว (Fast-Pyrolysis) จะเป็นกระบวนให้ความร้อนที่ 400-650 องศาเซลเซียส (°C) โดยปราศจากออกซิเจนภายในกระบวนการ ทำให้กระบวนการนี้สามารถผลิตน้ำมันประมาณ 60-75% และเป็นของแข็ง 15-25% และก๊าซที่ไม่กลั่นตัว 10-15% เทียบกับปริมาณที่ใส่ผลิตภัณฑ์เริ่มต้น [2] จากการศึกษางานวิจัยที่นำพลาสติกประเภท PS, PP และ PE มาเข้าสู่กระบวนการไพโรไลซิสโดยมีตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่าค่าความร้อนของพลาสติกที่นำมาวิจัยอยู่ที่ 40.2-45 MJ/kg มีความใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล [3] นอกจากนี้พลาสติกประเภท PP, HDPE, LDPE, PET, PVC และ PS ที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตน้ำมันไพโรไลซิส พบว่าค่าความร้อนอยู่ที่ 39.5-43 MJ/kg [4] ทำให้สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงร่วมกับน้ำมันดีเซลสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลได้ โดยมีงานวิจัยที่ทำการศึกษาน้ำมันไพโรไลซิสที่อัตราส่วนผสม 10%, 30%, 50%, 70%, และ 100% มาทดสอบกับการเพิ่มภาระงานของเครื่องยนต์ขึ้นครั้งละ 20% จนถึง 100% พบว่ามีความล่าช้าในการฉีดเชื้อเพลิง (Retarded Injection Timing) เกิดขึ้นจึง ส่งผลทำให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนลดลงตามอัตราส่วนผสมของน้ำมันไพโรไลซิสที่สูงขึ้น ทำให้มีการปลดปล่อยมลพิษที่ลดลง [5] และเมื่อทำการปรับตั้งองศาการฉีดให้ล่าช้า (Retarded Injection Timing) พบว่า ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยมีปริมาณการปลดปล่อยมลพิษจากไอเสียที่ลดลงตามภาระงานที่เพิ่มขึ้น และมีปริมาณควันดำที่สูงขึ้น

งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาอิทธิพลของน้ำมัน-ดีเซล B7 ผสมน้ำมันไพโรไลซิส P100 ในอัตราส่วนที่ 50:50 P50 โดยทำการปรับองศาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงล่วงหน้า (Advance injection timing) ที่ 16.5 และ 17.5 องศาก่อนศูนย์ตายบน (Before Top Dead Center, BTDC) โดยกำหนดให้ความเร็วรอบคงที่ที่ 1500 รอบต่อนาที (rpm) และทำการเปลี่ยนภาระงาน 25%, 50% และ 75% ของภาระงานสูงสุดของเครื่องยนต์ ที่ส่งผลต่อสมรรถนะและมลพิษที่เกิดขึ้นกับเครื่องยนต์

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย/ทดลอง

2.1 อุปกรณ์ในการทดสอบ

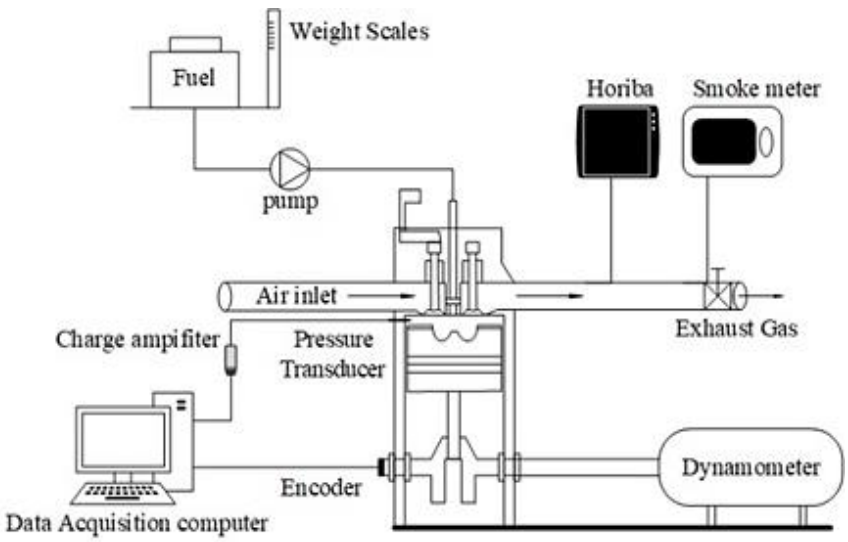
เครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กหนึ่งสูบ 4 จังหวะ ซึ่งแสดงข้อมูลของเครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบ ดังตารางที่ 1 โดยกำหนดภาระงานที่ทดสอบที่ 25%, 50% และ 75% ซึ่งมีไดนาโมมิเตอร์แบบกระแสหมุนวน (Eddy Current Engine Dynamometer) ของ Hoffman รุ่น D3210 Elze 1 Type เพื่อควบคุมภาระงานของเครื่องยนต์ที่ทดสอบ โดยมีการวัดความดันภายในกระบอกสูบจะใช้ (Pressure Transducer) ของ

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.12.007

Kistler รุ่น 6056A ที่ติดตั้งอยู่บนฝาสูบของเครื่องยนต์ ซึ่งต่อเข้ายังอุปกรณ์ (Charge Amplifier) ของ Kistler รุ่น 5018 เพื่อขยายสัญญาณและแปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นค่าความดันภายในกระบอกสูบและมีอุปกรณ์วัดตำแหน่งเพลาข้อเหวี่ยง (Shaft encoder) ของ Baumer Electric รุ่น CH-8500 นำมาเฉลี่ยเป็นค่าความดันภายในกระบอกสูบและอัตราการปลดปล่อยความร้อนโดยผ่านโปรแกรมที่เขียนขึ้นในห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีการเผาไหม้และพลังงานทางเลือก สำหรับในการวัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจะทำการวัดในรูปแบบอัตราการไหลเชิงมวลด้วย Weight Scale ของ Omega รุ่น LCAE 2 kg สำหรับเครื่องมือที่ใช้วัดมลพิษของเครื่องยนต์ที่ทดสอบเป็นของ Horiba รุ่น MEXA 584L โดยวัดมลพิษได้แก่ HC, CO และNO เครื่องมือที่วัดปริมาณควันดำจะใช้ (Smoke meter) ของ Zexel ในการวัดระดับความเข้มแสงที่ผ่านแผ่นกรองได้ตั้งแต่ 0 ถึง 100% ซึ่งรายละเอียดของอุปกรณ์ในการทดสอบทั้งหมดจะถูกติดตั้ง ดังรูปที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ข้อมูลของเครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบ

Engine	YANMAR L100V
Type	4-stroke, Air-Cooled, Diesel engine
Number of Cylinders	1
Bore x Stroke	86 mm x 76 mm
Combustion system	Direct injection
Displacement Volume	435 cc
Aspiration	Natural Aspiration
Compression ratio	21.2:1
Maximum rated output	6.8 kW@3600RPM
Fuel injection timing	15.5 CA BTDC



รูปที่ 1 แผนภาพอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบ

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.12.007

ตารางที่ 2 ข้อมูลจำเพาะของอุปกรณ์วัด

Measurement	Measuring	Accuracy	Uncertainty
In-cyliner Pressure	0-250 bar	±2%	±2%
CO	0.00-10 % vol	±0.5 vol	±0.5%
HC	0-10,000 ppm-vol	$\leq$ 200ppm	±0.2%
NO	5-5000 ppm-vol	$\leq$ 500ppm	±0.5%

ตารางที่ 3 คุณสมบัติของน้ำมันที่ทดสอบ

Property	Test Method	Diesel B7	P50	P100
LHV (MJ/kg)	ASTM D240	44.912	44.45	43.99
Density@ 15˚C (g/cm^3)	ASTM D4052	0.8289	0.815	0.789
Flash Point (°C)	ASTM D93	63	30	17
Viscosity@ 40˚C (mm^2/s)	ASTM D445	3.416	2.189	1.68
Cetane Index	ASTM D4737	60	57	48

2.2 ขั้นตอนการทดสอบ

ในการทดสอบจะเปรียบเทียบน้ำมันดีเซล B7 กับน้ำมันผสมระหว่างน้ำมันดีเซลและน้ำมันไพโรไลซิสในอัตราส่วน 50:50% P50 โดยปริมาตรของน้ำมันที่ใช้ทดสอบ ในส่วนคุณสมบัติของน้ำมันที่ใช้ทดสอบจะผ่านการตรวจสอบจากฝ่ายเทคนิคและความปลอดภัย อาชีวอนามัยสิ่งแวดล้อม บริษัท บางจากคอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) ดังตารางที่ 3 จากนั้นทำการศึกษาที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์คงที่ 1,500 รอบต่อนาที (rpm) ที่ภาระงาน 25%, 50% และ 75% ของภาระงานสูงสุดของเครื่องยนต์ ที่มีองศาการฉีดน้ำมันมาตรฐานที่ 15.5 องศาก่อนศูนย์ตายบน และทำการปรับองศาการฉีดล่วงหน้าของน้ำมัน (Advance Injection Timing: ADV) ที่ 16.5 และ 17.5 (°BTDC) โดยทำการเปลี่ยนขนาดความหนาของแผ่นชิม (Shim) ซึ่งความหนาของแผ่นชิมที่เปลี่ยนไป 0.1 มิลลิเมตร จะทำให้องศาการฉีดน้ำมันเปลี่ยนไป 1 องศาเพลาข้อเหวี่ยง ซึ่งเป็นมาตรฐานของทางผู้ผลิต [6] โดยพิจารณาถึงประสิทธิภาพของเครื่องยนต์และการปลดปล่อยมลพิษของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงต่างๆ ที่ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบในอัตราส่วนผสมน้ำมันในช่วง 10%-50% โดยเพิ่มอัตราส่วนของน้ำมันไพโรไลซิสขึ้นทีละ 10% พบว่าเครื่องยนต์ที่ทำการทดสอบมาความล่าช้าในการจุดระเบิดเช่นเดียวกับงานวิจัยที่ได้ศึกษา [12]

2.2.1 สมการที่ใช้คำนวณความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก [7]

ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเป็นการวัดอัตราการไหลของมวลเชื้อเพลิงต่อกำลังที่ให้ออกมาเป็นค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (Break Specific Fuel Consumption: BSFC) ดังสมการที่ 1

$$BSFC = \frac{\dot{m}_f}{Pb} \quad (1)$$

โดย $\dot{m}_f$ = อัตราการไหลเชิงมวลของเชื้อเพลิง (g/h)

Pb = กำลังงานเบรกของเครื่องยนต์ที่ได้จากการทดสอบ (kW)

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.12.007

2.2.2 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก (Brake Thermal Efficiency: BTE, η_f) (%)

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกเป็นการวัดความสามารถในการเปลี่ยนความร้อนที่ได้รับจากกระบวนการเผาไหม้ให้กลายเป็นพลังงานกล ดังสมการที่ 2

$$\eta_f = \frac{3600}{BSFC \cdot Q_{HV}} x100 \qquad (2)$$

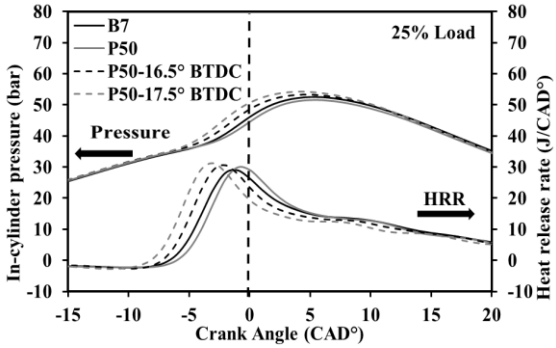
โดย Q_{HV} = ค่าความร้อนจำเพาะของเชื้อเพลิง (MJ / kg)

3. ผลการวิจัย

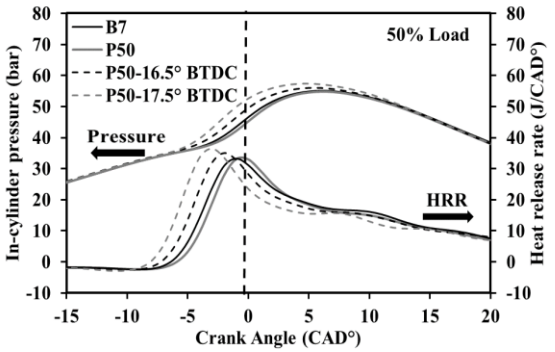
3.1 ความดันภายในกระบอกสูบและอัตราการปลดปล่อยความร้อน

จากการทดสอบ เมื่อเปรียบทียบน้ำมันดีเซล B7 กับน้ำมันไพโรไลซิส P50 พบว่า น้ำมันไพโรไลซิส P50 ที่องศาการฉีดเดิมของเครื่องยนต์ มีความล่าช้าในการจุดระเบิดแต่กับปลดปล่อยความร้อนได้สูงกว่าน้ำมันดีเซล ทางผู้วิจัยจึงทำการปรับองศาการฉีดล่วงหน้าเป็น 16.5-17.5 (°BTDC) เพื่อสังเกตถึงพฤติกรรมที่จะเกิดขึ้นกับความดันภายในกระบอกสูบ พบว่า การปรับองศาการฉีดน้ำมันมีผลต่อการปลดปล่อยความร้อนของเชื้อเพลิงและความดันในกระบอกสูบ

จากรูปที่ 2 และ 3 จะพบว่าการที่ปรับองศาการฉีดเชื้อเพลิงส่งผลต่อความล่าช้าในการจุดระเบิดของน้ำมันไพโรไลซิส P50 ทำให้ระยะเวลาในการดูดซับความร้อนของน้ำมันได้ดีขึ้น ส่งผลทำให้อัตราการปลดปล่อยความร้อนสูงขึ้นเมื่อองศาการฉีดน้ำมันเปลี่ยนแปลงไปและจะสังเกตได้ชัดเจนเมื่อทำงานที่ภาระงาน 75%ที่องศาการฉีด 16.5-17.5 (°BTDC) การดูดซับความร้อนและการจุดระเบิดของเชื้อเพลิงมีระยะเวลาที่เร็วขึ้นซึ่งส่งผลต่ออัตราการปลดปล่อยความร้อนและความดันภายในกระบอกสูบที่สูงกว่าน้ำมันไพโรไลซิส P50 ที่ไม่ได้ทำการปรับองศาการฉีด

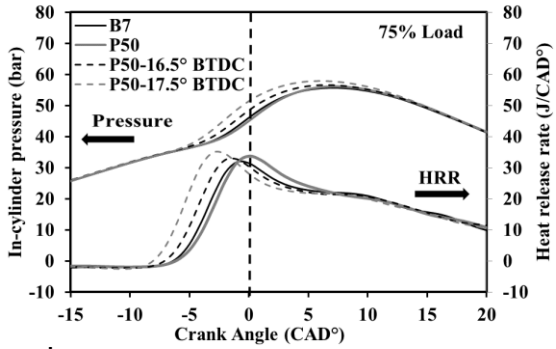


รูปที่ 2 ความดันภายในกระบอกสูบและอัตราการปลดปล่อยความร้อน ในรอบ 1500 rpm ที่ภาระงาน 25% ของภาระงานสูงสุดของเครื่องยนต์

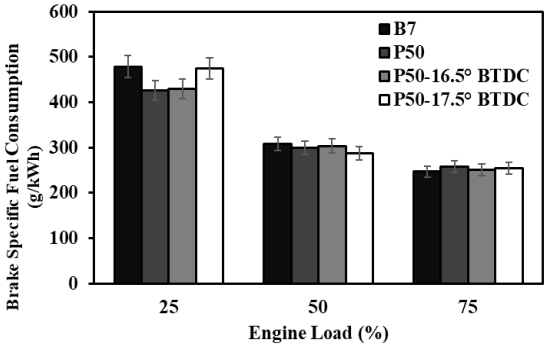


รูปที่ 3 ความดันภายในกระบอกสูบและอัตราการปลดปล่อยความร้อน ในรอบ 1500 rpm ที่ ภาระงาน 50% ของภาระงานสูงสุดของเครื่องยนต์

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.12.007



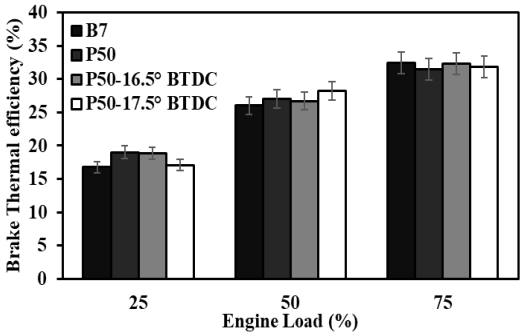
รูปที่ 4 ความดันภายในกระบอกสูบและอัตราการปลดปล่อยความร้อน ในรอบ 1500 rpm ที่ภาระงาน 75% ของภาระงานสูงสุดของเครื่องยนต์



รูปที่ 5 ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก ในรอบ 1500 rpm ที่ภาระงาน 25%, 50%, และ 75% ของภาระงานสูงสุดของเครื่องยนต์

3.2 ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกและประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก

ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกจากการทดสอบจะพิจารณาได้ว่า ความสิ้นเปลืองจำเพาะเบรกของน้ำมันไพโรไลซิส P50 ในภาระงาน 25% และน้ำมันไพโรไลซิส P50 ที่ปรับองศาอยู่ที่ 16.5 (°BTDC) มีค่าต่ำกว่าน้ำมันดีเซล B7 และน้ำมัน-ไพโลซิส P50 ที่ปรับองศาอยู่ที่ 17.5 (°BTDC) เนื่องจาก น้ำมันไพโรไลซิสที่ปรับองศาอยู่ที่ 17.5 (°BTDC) มีระยะเวลาในการฉีดที่เพิ่มขึ้นแต่อยู่ในช่วงภาระงานต่ำ จึงทำให้ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น แต่ในภาระงาน 50% พบว่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกของน้ำมันดีเซล B7 จะมีค่าสูงสุดของการทดสอบ ในขณะที่ภาระงาน 75% น้ำมันไพโรไลซิส P50 จะมีค่าดังกล่าวสูงกว่าน้ำมันดีเซล B7 และ อัตราการสิ้นเปลืองเบรกจำเพาะมีแนวโน้มลดลงตามภาระงานของเครื่องยนต์ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากมีอัตราการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงในอัตราที่สูง โดยเฉพาะน้ำมันไพโรไลซิส P50 ที่มีสมบัติด้านความหนืดที่ต่ำกว่าน้ำมันดีเซลจึงส่งผลให้การฉีดน้ำมันเป็นฝอยละอองในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลทำให้ความสามารถในการผสมกันระหว่างน้ำมันกับอากาศในห้องเผาไหม้ดีขึ้น ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนดีขึ้นตามไปด้วยตามที่ได้แสดงไว้ที่รูปที่ 5 และ รูปที่ 6 ทั้งนี้อัตราการสิ้นเปลืองจำเพาะเบรกของน้ำมันไพโรไลซิส P50 และน้ำมันไพโรไลซิส P50 ที่ปรับองศาการฉีดจะมีค่าใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล B7 ในช่วงภาระงานที่ 50% และ 75% ของเครื่องยนต์



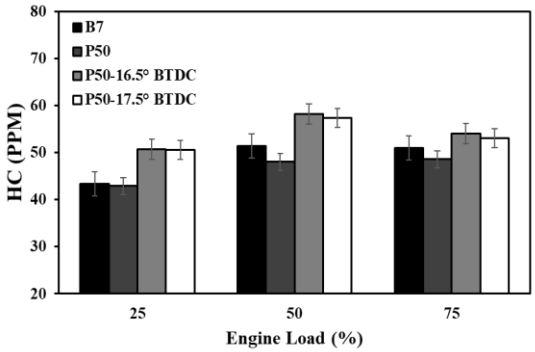
รูปที่ 6 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกในรอบ 1500 rpm ที่ภาระงาน 25%, 50%, และ 75% ของภาระงานสูงสุดของเครื่องยนต์

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.12.007

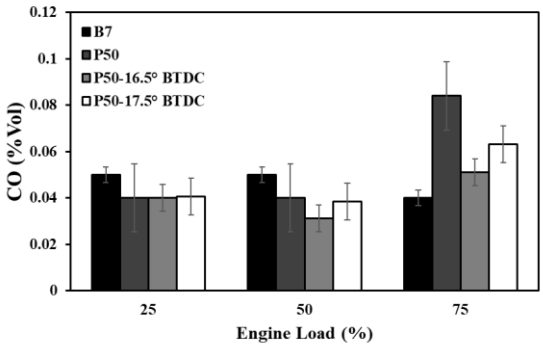
3.3 การปลดปล่อยมลพิษของเครื่องยนต์

รูปที่ 7 แสดงค่าปริมาณการปลดปล่อยไฮโดรคาร์บอน (HC) จากไอเสีย พบว่าปริมาณมลพิษของน้ำมันไพโรไลซิส P50 ที่องศาเดิมมีค่ามลพิษที่ต่ำกว่าน้ำมันดีเซลB7 เมื่อเพิ่มภาระงานขึ้นปริมาณ HC มีค่าที่สูงขึ้น แต่ในภาระงานสูงสุดกับพบว่า ปริมาณ HC กับลดลง เนื่องจากการที่เครื่องยนต์ทำงานในภาระงานที่สูงขึ้นนั้น จะต้องทำการฉีดน้ำมันเพิ่มขึ้น แต่อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ช่วยส่งเสริมการเผาไหม้ จึงทำให้ในภาระงานสูงสุดมีปริมาณ HC ที่ลดลง ในส่วนการปรับตั้งองศาการฉีดที่ 16.5 และ 17.5 พบว่าปริมาณ HC ของน้ำมันไพโรไลซิส P50 เพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการเพิ่มระยะเวลาในการฉีดมากขึ้นและเนื่องด้วยน้ำมันไพโรไลซิส P50 มีความหนืดน้อยกว่าน้ำมันดีเซล B7 ส่งผลให้การฉีดเชื้อเพลิงเป็นฝอยละอองลดลง จึงทำให้เชื้อเพลิงถูกฉีดถึงผนังกระบอกสูบจึงมีส่วนของเชื้อเพลิงที่ไม่ถูกเผาไหม้จึงทำให้ปริมาณ HC เพิ่มขึ้น [11]

รูปที่ 8 แสดงค่าการปลดปล่อยคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) จากไอเสีย ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของภาระงานของเครื่องยนต์ ส่งผลต่อปริมาณการปลดปล่อย CO โดยในภาระงานต่ำและกลาง น้ำมันไพโรไลซิสมีแนวโน้มการปลดปล่อย CO ที่ต่ำกว่าน้ำมันดีเซลทั้งในองศามาตรฐานและหลังการปรับตั้งองศาการฉีดล่วงหน้าของน้ำมัน ผลทำให้ปริมาณ CO มีแนวโน้มลดลงเนื่องจากการเผาไหม้ที่ดีขึ้น สังเกตได้จากประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่เพิ่มขึ้น และเนื่องด้วยเครื่องยนต์ดีเซลมีอัตราส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิงที่บาง (Lean Combustion) [8] ทั้งนี้ในภาระงาน 75%อัตราการปลดปล่อย CO ของน้ำมันไพโรไลซิสสูงกว่าน้ำมันดีเซลอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากการฉีดน้ำมันเพิ่มในภาระงานที่สูงขึ้นและอาจ



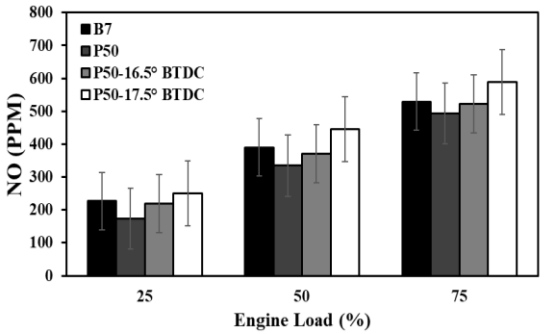
รูปที่ 7 ค่าไฮโดรคาร์บอน (HC) ในรอบ 1500 rpm ที่ ภาระงาน 25%, 50%, และ 75% ของภาระงานสูงสุดของเครื่องยนต์



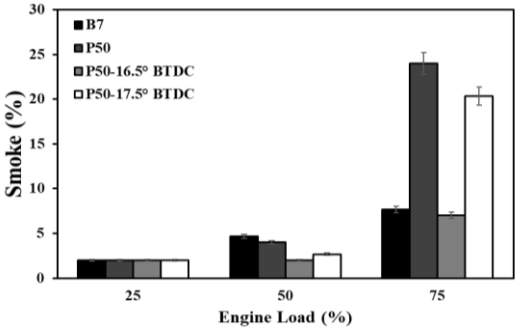
รูปที่ 8 ค่าคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ในรอบ 1500 rpm ที่ ภาระงาน 25%, 50%, และ 75% ของภาระงานสูงสุดของเครื่องยนต์

เป็นผลจากการสเปรย์ของเชื้อเพลิง P50 ที่ติดค้างอยู่ผนังกระบอกสูบจึงทำให้เชื้อเพลิงเผาไหม้ไม่หมด [9] เมื่อทำการปรับองศาการฉีดน้ำมันที่ 16.5 และ 17.5 (° BTDC) อัตราการปลดปล่อย CO ลดลง โดยองศาการฉีดน้ำมันที่ 16.5 สามารถลดลงการปลดปล่อย CO เทียบเท่าอัตราการปลดปล่อย CO ของน้ำมันดีเซลในภาระงาน 25% และ 50%

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.12.007



รูปที่ 9 ค่าไนโตรเจนออกไซด์ (NO) ในรอบ 1500 rpm ที่ภาระงาน 25%, 50%, และ 75% ของภาระงานสูงสุดของเครื่องยนต์



รูปที่ 10 ค่าควันดำ ในรอบ 1500 rpm ที่ภาระงาน 25%, 50%, และ 75% ของภาระงานสูงสุดของเครื่องยนต์

รูปที่ 9 แสดงปริมาณไนโตรเจนออกไซด์ (NO) จากการเผาไหม้เครื่องยนต์ที่เติมด้วยน้ำมันไพโรไลซิสผสมดีเซล P50 [9] จากการทดสอบพบว่า ที่องศาการฉีดน้ำมันมาตรฐาน น้ำมันไพโรไลซิสมีปริมาณการปลดปล่อย NO ที่ต่ำน้ำมันดีเซล ซึ่งบงบอกถึงอุณหภูมิการเผาไหม้ที่น้อยกว่าน้ำมันดีเซล ในทุกภาระงานของเครื่องยนต์ที่ทดสอบ แต่เมื่อทำการปรับตั้งองศาอยู่ที่ 16.5 และ 17.5 (°BTDC) จะมีแนวโน้มการปลดปล่อยปริมาณ (NO) ที่เพิ่มขึ้น ในทุกภาระงานของเครื่องยนต์เป็นผลจากประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่เพิ่มขึ้นดังกราฟที่แสดงในรูปที่ 4 และ เนื่องจากองศาการฉีดน้ำมันมีความล่วงหน้าก่อนองศาการฉีดเดิมเป็นผลทำให้ช่วงเวลาการผสมตัวกันของเชื้อเพลิงกับอากาศมีความยาวนานขึ้น ส่งผลทำให้การเผาไหม้มีอุณหภูมิสูงขึ้น

รูปที่ 10 แสดงปริมาณควันดำ (Smoke) สังเกตได้ว่าปริมาณควันดำมีผลต่อภาระงาน โดยในภาระงาน 50% ปริมาณควันดำของน้ำมันไพโรไลซิส P50 ในองศาการฉีดมาตรฐานมีปริมาณควันดำที่ต่ำกว่าน้ำมันดีเซล และเมื่อปรับตั้งที่ 16.5 และ17.5 (°BTDC) ส่งผลให้ปริมาณควันดำลดลง ซึ่งผลสอดคล้องกันในภาระงาน 75% ทั้งนี้ผลการทดสอบที่การปรับตั้ง 16.5 (°BTDC) ส่งผลให้สามารถลดการปลดปล่อยควันดำสอดคล้องกับอัตราการลดลงของการปลดปล่อย CO [10]

4. บทสรุป

จากการวิจัยพบว่า น้ำมันไพโรไลซิสที่องศาการฉีดมาตรฐานในด้านสมรรถนะจะมีค่าที่ใกล้เคียงน้ำมันดีเซล แต่จะมีความล่าช้าในการจุดระเบิดของเชื้อเพลิงมากกว่าน้ำมันดีเซล และในด้านการปลดปล่อยมลพิษโดยรวมมีค่าที่ต่ำกว่าน้ำมันดีเซล แต่เนื่องจากมีการปลดปล่อยปริมาณ CO เพิ่มขึ้น นั้นแสดงให้เห็นว่าการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงไพโรไลซิสไม่ค่อยดีและมีการปลดปล่อยปริมาณควันดำมีค่าที่สูงกว่าน้ำมันดีเซล B7 ถึง 16.4%

น้ำมันไพโรไลซิส ที่ปรับตั้งองศาการฉีดอยู่ที่ 16.5 และ 17.5 (°BTDC) ในด้านสมรรถนะมีค่าใกล้เคียงกับน้ำมันไพโรไลซิส P50 ที่องศาการฉีด

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.12.007

น้ำมันมาตรฐาน ส่วนด้านการปลดปล่อยมลพิษจะมีค่า HC ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงล่วงหน้า อาจทำให้มีน้ำมันเชื้อเพลิงไปสะสมที่ผนังกระบอกสูบมากขึ้นจึงส่งผลทำให้มีปริมาณของ HC ที่เผาไหม้ไม่หมดจากจังหวะการทำงานของเครื่องยนต์ถูกปลดปล่อยจากไอเสียเพิ่มมากขึ้น เมื่อทำการปรับองศาการฉีดที่ 16.5 (°BTDC) ปริมาณควันดำและคาร์บอนมอนนอกไซด์มีค่าต่ำสุด เนื่องด้วยเป็นองศาการฉีดที่เหมาะสมกับน้ำมันไพโรไลซิส และส่งผลต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ให้ดีขึ้น

ดังนั้นจากการวิจัยสรุปได้ว่าสามารถใช้น้ำมันไพโรไลซิส P50 ทดแทนน้ำมันดีเซล โดยเป็นการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนและลดการนำเข้าน้ำมันดีเซล และสามารถลดปริมาณมลพิษ (CO, NO) และควันดำ ด้วยการปรับตั้งองศาการฉีดน้ำมันที่ 16.5 (°BTDC)

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีการเผาไหม้และพลังงานทดแทน (CTAE) ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องต้นกำลัง คณะวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ สำหรับการสนับสนุนทางวิชาการและ ขอขอบคุณ บริษัท ชินฮวด เฮงนวัตกรรม จำกัด สำหรับความอนุเคราะห์ที่ให้น้ำมันไพโรไลซิสสำหรับการทดสอบในงานวิจัยและขอขอบคุณ ฝ่ายเทคนิคและความปลอดภัย-อาชีวอนามัยสิ่งแวดล้อม บริษัท บางจากคอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) สำหรับความอนุเคราะห์ตรวจสอบคุณสมบัติน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ

6. เอกสารอ้างอิง

[1] http://www.pcd.go.th/Info_serv/File/Plastic%20Roadmap.pdf (Accessed on 29 June 2019)

[2] https://www.tpa.or.th/publisher/pdfFileDownloadS/tn241_p61-64.pdf (Accessed on 29 June 2019)

[3] R. Miandad, M.A. Barakat, M. Rehan, A.S. Aburiazaiza, I.M.I. Ismail and A.S. Nizami, Plastic waste to liquid oil through catalytic pyrolysis using natural and synthetic zeolite catalysts. Waste Management, 2017, 69, 66-78.

[4] S.D.A. Sharuddin, F. Abnisa, W.M.A.W. Daud and M.K. Aroua, A review on pyrolysis of plastic wastes, Energy Conversion and Management, 2016, 115, 308-326.

[5] R.P. Harshal and M.L. Shailendra, Waste plastic pyrolysis oil alternative fuel for CI engine – A review, Research Journal of Engineering Sciences, 2013, 2(2), 26-30.

[6] https://www.nuvair.com/manuals/Yanmar-LV-100-Use-Manual.pdf (Accessed on 29 June 2020)

[7] O. Nilphai, The effect of acetone-butanol-ethanol blended diesel fuel on the engine stability of a single cylinder diesel engine, The Journal of Industrial Technology, 2020, 16(2), 89-103.

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.12.007

[8] J.B. Heywood, Internal combustion engine fundamentals, McGraw-Hill, Inc., NY, USA, 1988.

[9] I. Kalargaris, G. Tian and S. Gu, Experimental characterisation of a diesel engine running on polypropylene oils produced at different pyrolysis temperatures. Fuel, 2018, 211, 797-803.

[10] V.K. Kaimal and P. Vijayabalan, A study on synthesis of energy fuel from waste plastic and assessment of its potential as an alternative fuel for diesel engines, Waste Management, 2016, 51, 91-96.

[11] S. Sittichompoo, K. Theinnoi, B. Sawatmongkhon, T. Wongchang, T. Iamcheerangkoon and S. Phugot, Promotion effect of hydrogen addition in selective catalytic reduction of nitrogen oxide emissions from diesel engines fuelled with diesel-biodiesel-ethanol blends. Alexandria Engineering Journal, 2021, 61(7), 5383-5395

[12] W. Arjharn, P. Liplap, S. Maithomklang, K. Thammakul S. Chuepeng and E. Sukjit Distilled waste plastic oil as fuel for a diesel engine: Fuel production, combustion characteristics, and exhaust gas emissions, ACS Omega, 2022, 7, 9720-9729