

สมเกียรติ หมายถมกลาง : การใช้ประโยชน์จากของเสียเป็นเชื้อเพลิงทดแทนสำหรับ  
เครื่องยนต์ดีเซล (UTILIZATION OF WASTE AS RENEWABLE FUELS FOR DIESEL  
ENGINE) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.จิระพล ศรีเสริฐผล, 215 หน้า.

คำสำคัญ: น้ำมันขยะพลาสติก/เชื้อเพลิงทดแทน/เครื่องยนต์ดีเซล

งานวิจัยเรื่องนี้เพื่อศึกษาการใช้น้ำมันขยะพลาสติกจากพลาสติกต่างชนิดสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงทางเลือกในเครื่องยนต์ดีเซล โดยทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางเชื้อเพลิงภายใต้มาตรฐานการทดสอบ ASTM ที่มีผลกระทบต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ คุณลักษณะการเผาไหม้และมลพิษไอเสีย รวมถึงพฤติกรรมการสันของเครื่องยนต์ที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ของน้ำมันจากขยะพลาสติก โดยการใช้น้ำมันขยะพลาสติกที่ผ่านการแปรรูปเป็นพลังงานด้วยกระบวนการไพโรไลซิสที่ยังไม่ผ่านขั้นตอนการกลั่นลำดับส่วน โดยทำการทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก 1 สูบ 4 จังหวะ ระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ ภายใต้การเปลี่ยนแปลงภาระงาน ผลจากการดำเนินการวิจัยพบว่า การวิเคราะห์สารประกอบเคมีของน้ำมันจากขยะพลาสติกทั้ง 3 ตัวอย่าง มีสารประกอบทางเคมีโดยส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มน้ำมันเชื้อเพลิงปิโตรเลียม โดยที่สารประกอบทางเคมีของ PET อยู่ในกลุ่มน้ำมันแก๊สโซลีน ในขณะที่ HDPE และ Mixed Plastics นั้นมีสัดส่วนของสารประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับกลุ่มของน้ำมันดีเซล นอกจากนี้ ยังพบว่า PET, HDPE และ Mixed Plastics มีหมู่ฟังก์ชันและองค์ประกอบทางเคมีที่คล้ายคลึงกับน้ำมันดีเซล และเมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์สมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันจากขยะพลาสติกทั้ง 3 ตัวอย่าง พบว่า ค่าความหนืดจลนศาสตร์ จุดวาบไฟ และจุดติดไฟมีค่าที่ต่ำกว่ามาตรฐานที่กรมธุรกิจพลังงานกำหนด ประกอบกับสมบัติทางเชื้อเพลิงอื่น ๆ ได้แก่ ความหนาแน่น ความถ่วงจำเพาะ ดัชนีซีเทน อุณหภูมิการกลั่นของน้ำมันจากขยะพลาสติกทั้ง 3 ตัวอย่าง มีค่าที่ต่ำกว่าน้ำมันดีเซล แต่อย่างไรก็ตาม จากผลการวิเคราะห์ค่าความร้อนเชื้อเพลิงของ PET, HDPE และ Mixed Plastics พบว่า มีค่าความร้อนเชื้อเพลิงที่สูงใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล ทั้งนี้ จากการวิเคราะห์คุณสมบัติด้านไดรโบลีย์ น้ำมันจากขยะพลาสติกทั้ง 3 ตัวอย่าง พบว่ามีคุณสมบัติการหล่อลื่นที่ดีกว่าน้ำมันดีเซล

จากผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์พบว่า PET, HDPE และ Mixed Plastics มีค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (BSFC) และประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก (BTE) มากกว่าน้ำมันดีเซล ยกเว้นในกรณี BTE ของ PET ที่มีค่าต่ำกว่าน้ำมันดีเซลในทุกภาระงาน และผลการวิเคราะห์คุณลักษณะการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ยังพบว่า การใช้ PET, HDPE และ Mixed Plastics ส่งผลกระทบต่อ ICP และ RoHR ที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล อย่างไรก็ตาม PET กลับพบว่ามี RoHR ที่สูงกว่าน้ำมันดีเซล ประกอบกับมีความล่าช้าในการจุดระเบิดที่มากกว่า น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดอื่น ๆ ในขณะที่ HDPE และ Mixed Plastics มีคุณลักษณะที่เกิดการจุดระเบิดล่วงหน้า นอกจากนี้ ยังพบว่า PET, HDPE และ Mixed Plastics มีเสถียรภาพในการเผาไหม้ที่ต่ำกว่าน้ำมันดีเซล โดยพิจารณาได้จากค่า  $COV_{P_{max}}$  ที่มีค่าสูง ทั้งนี้ การใช้น้ำมันจากขยะพลาสติกนั้นส่งผลให้แนวโน้มการปล่อยมลพิษ  $NO_x$ , CO, HC และเขม่าที่เพิ่มขึ้น ยกเว้นในกรณีของ  $NO_x$  ที่พบว่า มีปริมาณการปล่อยมลพิษไอเสียที่ต่ำกว่า HDPE, Mixed Plastics และน้ำมันดีเซล ประกอบกับจาก

คุณลักษณะการเผาไหม้ของเครื่องยนต์บ่งชี้ให้เห็นว่า การใช้น้ำมันขยะพลาสติกทั้ง 3 ตัวอย่าง ส่งผลกระทบต่อความดันในกระบอกสูบ (ICP) และอัตราการปลดปล่อยความร้อน (RoHR) ที่ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล อย่างไรก็ตาม กรณีของ PET กลับพบว่ามี RoHR ที่สูงกว่าน้ำมันดีเซล และเกิดความล่าช้าในการจุดระเบิดในกระบวนการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง ในขณะที่ HDPE และ Mixed Plastics มีคุณลักษณะการเผาไหม้ที่เกิดการจุดระเบิดล่วงหน้า นอกจากนี้ น้ำมันขยะพลาสติก ยังมีเสถียรภาพในการเผาไหม้ที่ต่ำกว่าน้ำมันดีเซล โดยพิจารณาได้จากค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของความดันสูงสุด ( $COV_{Pmax}$ ) ที่มีค่าสูง ทั้งนี้ การใช้น้ำมันขยะพลาสติกนั้นส่งผลให้แนวโน้มการปล่อยมลพิษ  $NO_x$ , CO, HC และเขม่าที่เพิ่มขึ้น ยกเว้นในกรณีของ PET ที่พบว่ามีปริมาณการปล่อย  $NO_x$  ที่ต่ำกว่า HDPE, Mixed Plastics และน้ำมันดีเซล ประกอบกับจากการวิเคราะห์ฝุ่นละอองพบว่า PET, HDPE และ Mixed Plastics ก่อให้เกิดฝุ่นละอองที่มากกว่าน้ำมันดีเซล อย่างไรก็ตาม เมื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการสลายตัวขององค์ในฝุ่นละอองพบว่า อุณหภูมิอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงสุดของ PET, HDPE และ Mixed Plastics มีค่าต่ำกว่าน้ำมันดีเซล ซึ่งผลดังกล่าวนี้บ่งบอกถึงการใช้พลังงานในการทำปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ต่ำและง่ายสำหรับการสลายฝุ่นละอองที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ การวิเคราะห์พฤติกรรมการสันดาปของเครื่องยนต์ที่เกิดขึ้นจากการใช้น้ำมันขยะพลาสติก บ่งชี้ให้เห็นว่า การทำงานของเครื่องยนต์จากการใช้ PET, HDPE และ Mixed Plastics เป็นน้ำมันเชื้อเพลิง มีขนาดการสันดาปที่สูงกว่าการทำงานของเครื่องยนต์จากการใช้น้ำมันดีเซล อย่างไรก็ตาม ขนาดการสันดาปเนื่องจากการเผาไหม้มีแนวโน้มเพิ่มลดลงตามภาระงานของเครื่องยนต์ที่เพิ่มขึ้น

จากการดำเนินการวิจัยนี้บ่งชี้ได้ว่า ชนิดของขยะพลาสติกที่นำมาแปรรูปเป็นพลังงานเชื้อเพลิงมีผลต่อกระทบต่อสมบัติทางเชื้อเพลิงและคุณลักษณะการทำงานของเครื่องยนต์ อย่างไรก็ตาม น้ำมันขยะพลาสติกถือได้ว่าเป็นหนึ่งในเชื้อเพลิงทดแทนที่มีศักยภาพเพียงพอสำหรับนำมาใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากฟอสซิล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

SOMKIAT MAITHOMKLANG : UTILIZATION OF WASTE AS RENEWABLE FUELS FOR DIESEL ENGINE. THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF. ASSOC. PROF. JIRAPHON SRISERTPOL, Ph.D., 200 PP.

Keyword: WASTE PLASTIC OIL/ RENEWABLE FUELS/DIESEL ENGINE

This research aim to study the use of waste plastic oil from different types of plastics waste as an alternative fuel in diesel engines. The waste plastic oil that has been converted into fuel oil by pyrolysis process. The chemical composition and fuel properties of teste fuels were measured under ASTM standard. The engine performance, combustion charecteristics and exhaust gas emissions belong with the vibration behavior of the engine caused by the combustion of waste plastic oil were investigated. The results showed found that the chemical composition of waste plastic oil contained most of the chemical compounds in the petroleum fuel. The chemical compounds of PET belong to gasoline while HDPE and Mixed Plastics have similar proportions of the chemical compounds to diesel fuel. The fuel properties results of waste plastic oil, it was found that the kinematic viscosity, flash point and fire point were lower than the standards. In addition to other fuel properties such as density, specific gravity, cetane index, the distillation temperature of the waste plastic oil have lower than diesel fuel. However, the gross calorific value of PET, HDPE and Mixed Plastics, which is one of the factors helped to indicate the potential of fuel, found that it had a high energy content. In addition, tribological of the waste plastic oil, it was found that the lubricating properties were inferior to diesel fuel. Initially considering the wear scar diameter and a greater coefficient of friction than diesel fuel.

The engine performance, combustion characteristics and exhaust gas emissions were analyzed and compared with diesel fuel operation. The experimental results found that the use of HDPE and Mixed Plastics led to an increase in brake specific fuel consumption (BSFC) and brake thermal efficiency (BTE). However, the use of PET was lower BTE than those of diesel fuel for all engine loads. Moreover, the experimental results of combustion characteristics show that use of PET, HDPE and Mixed Plastics, the maximum cylinder pressure and maximum heat release rate decrease, which result in an increase in HC, CO, NO<sub>x</sub> and smoke emissions. In addition, the difference of PM-loaded filter weight obtained with test fuels. It is clear that the combustion of PET, HDPE and Mixed Plastics produced higher PM content compared to diesel fuel. This increase in PM emissions is in an agreement with the increase in smoke emissions caused by the combustion of PET, HDPE and Mixed Plastics with respect to diesel fuel.

the size of the wear scar diameter. It was showed that PET, HDPE, and Mixed Plastics have a poor lubricating properties when compared with diesel fuel.

The use of waste plastic oil used in diesel engine for all engine load condition showed the 1.28– 24.95% higher brake-specific fuel consumption (BSFC) and the 0.01–1.21% higher brake thermal efficiency (BTE) than diesel fuel for HDPE and Mixed Plastics, whereas in the case of PET, BTE which is lower than diesel fuel by 0.08–1.03%. While the combustion characteristics of the engine indicate that the use of three waste plastic oil samples resulted in lower in-cylinder pressure (ICP) and rate of heat release (RoHR) as compared to diesel fuel. However, PET was found to have higher RoHR than diesel fuel. Furthermore, it can be noticed that the combustion of HDPE and Mixed Plastics starts in advance compared to diesel fuel. The longer ignition delay at the start of combustion was obtained with PET resulting in a higher peak of RoHR compared to diesel fuel at full engine load. In addition, three waste plastic oil samples have lower combustion stability than diesel fuel. This is determined by a high coefficient of maximum pressure variation ( $COV_{P_{max}}$ ). The use of waste plastic oil has led to an increase in the  $NO_x$ , CO, HC, and smoke emissions, whereas in the case of PET, it has found lower  $NO_x$  emissions than HDPE, Mixed Plastics and diesel fuel. In addition, in the analysis of particulate matter (PM), it was found that the combustion of PET, HDPE, and Mixed Plastics produced higher PM content compared to diesel fuel. The temperature to reach the maximum soot oxidation rate was lower with PET, HDPE and Mixed Plastics combustion, which implied that the energy used to oxidize soot was lower and soot was easier to decompose. The vibration analysis of a diesel engine using waste plastic oil indicate that engine operation using PET, HDPE and Mixed Plastics as fuel has a higher vibration magnitude than engine operation from diesel fuel. However, the vibration magnitude due to combustion tends to decrease with an increase in engine load.

As the results indicate that type of plastic waste has an impact on the fuel properties and engine charecteristics. However, waste plastic oil can be considered as one of the potentials as an alternative fuel for diesel engines.

School of Mechanical Engineering  
Academic year 2022

Student's Signature

Advisor's Signature


