

การศึกษาการใช้กลีเซอรินดิบผสมน้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในหม้อต้มน้ำมันร้อน A Study of Using Crude Glycerin-Heavy Oil Mixture as Fuel in Thermal Oil Boiler

เลอเดช ชินศิริ^{1,*}, สุชัย ศศิวิมลพันธุ์¹ และ สุรชัย สนิทใจ¹

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140
* ติดต่อ: โทรศัพท์: (662) 084-098-2528, โทรสาร: (662) 4709109,
E-mail: loedaech.t@hotmail.com และ surachai.san@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้กลีเซอรินดิบผสมน้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในหม้อต้มน้ำมันร้อนในโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อลดต้นทุนการผลิตด้านพลังงาน ทั้งนี้เนื่องจากกลีเซอรินดิบเป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นตามกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้นของน้ำมันไบโอดีเซล กลีเซอรินดิบจึงมีราคาถูก ดังนั้นควรนำกลีเซอรินดิบมาประยุกต์ใช้เป็นเชื้อเพลิงทางเลือกในอุตสาหกรรม การศึกษานี้ได้ทำการทดสอบการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงผสมนี้ในห้องทดสอบของหม้อต้มน้ำมันร้อน เชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบคือน้ำมันเตาล้วน และน้ำมันเตาผสมกลีเซอรินดิบที่อัตราส่วนของกลีเซอรินดิบผสม 5%, 10%, 15% และ 20% โดยมวล จากการทดลองพบว่าสามารถประยุกต์ใช้กลีเซอรินดิบผสมน้ำมันเตาได้ในอัตราส่วนสูงถึง 20% โดยมวล ภายใต้สภาวะที่ไม่ต้องทำการปรับแต่งหัวเผาของหม้อต้มน้ำมันร้อน โดยที่ประสิทธิภาพทางความร้อนของหม้อต้มน้ำมันร้อนนั้นลดไม่เกิน 5% นอกจากนี้ในการวิเคราะห์คุณสมบัติของแก๊สไอเสียพบว่า ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ออกไซด์ของไนโตรเจนและซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีค่าลดลงเมื่ออัตราส่วนผสมของกลีเซอรินเพิ่มขึ้นและมีค่าต่ำกว่าค่าตามเกณฑ์มาตรฐาน และการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์พบว่ากลีเซอรินดิบผสมน้ำมันเตาที่มีกลีเซอรินผสมอยู่ 20% โดยมวล สามารถประหยัดต้นทุนเชื้อเพลิงได้ประมาณร้อยละ 5.7 เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันเตาล้วน (น้ำมันเตาราคาประมาณ 14 บาทต่อลิตร ในขณะที่กลีเซอรินดิบราคาประมาณ 4 บาทต่อลิตร)

คำหลัก: กลีเซอริน/การเผาไหม้/หม้อต้มน้ำมันร้อน

Abstract

This research studies about the feasibility of using crude glycerin mixed with heavy oil as an alternative fuel in industrial boilers for reducing the energy cost of production. Because crude glycerin is a by-product from the biodiesel production, the amount of crude glycerin increases as the biodiesel production increases. Since glycerin price is very cheap, it would be a great application if glycerin can be used as an alternative fuel for industrial. In this study, the combustion of mixed fuels of crude glycerin and heavy oil is investigated in an industrial thermal oil boiler. The fuels used in this experiment are heavy oil and crude glycerin mixed with heavy oil at various ratios of crude glycerin, i.e. 5%, 10%, 15%,

and 20% by mass, respectively. From the experimental results, without the burner tuned-up, it is found that the maximum ratio of crude glycerin mixed with heavy oil is up to 20% (by mass) while the thermal efficiency of thermal oil boiler decreases less than 5%. In addition, the concentrations of carbon monoxide (CO), oxide of nitrogen (NO_x), and sulfur dioxide (SO₂) in the exhaust gas decrease as the ratio of the crude glycerin increases as well as their values are less than the standard levels. From the economic analysis, it is found that about 5.7% of fuel cost can be saved if the 20% (by mass) crude glycerin mixed with heavy oil is used. (Heavy oil price is 14 baht/liter and glycerin price is 4 baht/liter)

Keywords: Glycerin/Combustion/Thermal Oil Boiler

1. บทนำ

การศึกษาการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกของน้ำมันเตาผสมกลีเซอรินดิบเป็นเชื้อเพลิงในหม้อน้ำ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการนำเอากลีเซอรินดิบมาใช้เป็นเชื้อเพลิงผสมสำหรับหม้อน้ำของโรงงานอุตสาหกรรมในยุคที่ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงมีราคาเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง พร้อมกันนี้ยังมีส่วนช่วยในการลดต้นทุนด้านพลังงานของโรงงานอุตสาหกรรม ทั้งนี้เนื่องจากกลีเซอรินดิบนั้นสามารถนำมาเผาไหม้เพื่อให้ความร้อนได้ และจากการที่กลีเซอรินดิบเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล ทำให้ปริมาณของกลีเซอรินดิบเพิ่มมากขึ้นตามกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้นของน้ำมันไบโอดีเซล จนทำให้กลีเซอรินดิบที่ได้จากกระบวนการผลิต น้ำมันไบโอดีเซลนั้นมีราคาต่ำมาก เนื่องจากกลีเซอรินดิบมีปริมาณมากจนล้นตลาด แต่ เนื่องจาก กลีเซอรินดิบนั้นสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเผาไหม้เพื่อให้ความร้อน โดยให้พลังงานความร้อนออกมาถึงประมาณ 40% ของความร้อนที่ได้จากน้ำมันเตา และราคาของกลีเซอรินดิบยังมีค่าต่ำกว่าน้ำมันเตา เมื่อเปรียบเทียบกับต่อหน่วยพลังงานถึงประมาณ 3.5 เท่าต่อลิตร (น้ำมันเตาราคาประมาณลิตรละ 14 บาท ในขณะที่กลีเซอรินดิบราคาประมาณลิตรละ 4 บาท) ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำเอากลีเซอรินดิบมาผสมกับน้ำมันเตาเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในหม้อน้ำ เพื่อทำให้ต้นทุนการผลิตไอน้ำในโรงงานอุตสาหกรรมลดลง และยังเป็น การเพิ่มมูลค่าให้กับกระบวนการผลิต น้ำมันไบโอดีเซล เนื่องจากสามารถขายกลีเซอรินดิบได้

นอกจากนี้ยังได้ศึกษาและวิเคราะห์คุณสมบัติของแก๊สไอเสียจากการนำเอากลีเซอรินดิบผสมกับน้ำมันเตามาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีดังนี้

Patzer [1] ได้ทำการศึกษาทดลองวัดคุณสมบัติของไอเสียที่ปล่อยไอเสียของหม้อน้ำแบบท่อไฟ ที่ใช้เชื้อเพลิงผสมระหว่าง กลีเซอรินดิบ (Crude Glycerin) และ Yellow Grease ในอัตราส่วนดังนี้ กลีเซอรินดิบ 100%, กลีเซอรินดิบ 10% ต่อ Yellow Grease 90%, กลีเซอรินดิบ 20% ต่อ Yellow Grease 80% และ Yellow Grease 100% ตามลำดับ โดยพบว่าค่าความร้อนของ กลีเซอรินดิบน้อย กว่าค่าความร้อนของ Yellow Grease ประมาณ 62% และเมื่อเปรียบเทียบแก๊สไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ พบว่ากลีเซอรินดิบ 10% ต่อ Yellow Grease 90% มีปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนและก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์น้อยกว่า Yellow Grease 100% แต่มีปริมาณออกไซด์ของซัลเฟอร์มากกว่า Yellow Grease

แต่อย่างไรก็ตามยังไม่พบการศึกษาทดลองการใช้ น้ำมันเตาผสมกลีเซอรินดิบ โดยบริษัท Biodiesel Experts International จำกัด [2] ได้มีการพัฒนาหัวเผาสำหรับการเผาไหม้กลีเซอรินดิบเพื่อผลิตความร้อนได้สำเร็จและได้มีการนำมาใช้ในเชิงพาณิชย์แล้ว นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเผาไหม้กลีเซอริน โดย Metzger [3] ที่ได้ออกแบบหัวเผาสำหรับกลีเซอรินที่ได้จากกระบวนการไบโอดีเซล และมีการวัดมลพิษจากการเผาไหม้กลีเซอริน โดยพบว่าถ้าสามารถออกแบบหรือปรับแต่งหัวเผาให้เหมาะสมก็จะ

ทำให้ปัญหาการเผาไหม้ที่ยู่ยากด้าน ความหนืดที่สูง จุดติดไฟที่สูง และปัญหาด้านมลพิษหมดไป โดยงานวิจัยของ Metzger ได้บ่งชี้ว่ามลพิษจากการเผาไหม้นั้นสามารถจัดการได้โดยการใช้นวัตกรรม ออกแบบหัวเผาและปรับการเผาไหม้เพื่อให้กลีเซอริน นั้นถูกออกซิไดซ์ไปเป็น CO₂ และ H₂O โดยสมบูรณ์ ซึ่งจากการทดสอบ Aldehyde พบว่า Acrolein นั้นอยู่ในระดับที่ต่ำไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์

สำหรับงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษถึงความเป็นไปได้ในการใช้กลีเซอรินดิบผสมน้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง ในหม้อน้ำในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อลดต้นทุนการผลิตด้านพลังงาน และลดมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกของกลีเซอรินดิบผสมน้ำมันเตาดิบเป็นเชื้อเพลิงในหม้อต้มน้ำมันร้อน โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเผาไหม้และประสิทธิภาพทางความร้อน ภายใต้สภาวะที่ไม่ต้องทำการปรับแต่งหัวเผาของหม้อต้มน้ำมันร้อน ซึ่งงานวิจัยนี้จะทำการทดสอบกับหม้อต้มน้ำมันร้อน (Thermal Oil Boiler) ที่มีสภาพใกล้เคียงกับการใช้งานจริงในโรงงานอุตสาหกรรม ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยหม้อต้มน้ำมันร้อนที่ใช้ทดสอบเป็นรุ่น Circo Therm CH-500 กำลังการผลิตสูงสุด 500,000 kcal/hr มีพื้นที่ผิวรับความร้อน 24 m² ทนความดันได้สูงสุด 10 bar และทนอุณหภูมิได้สูงสุด 320 °C สำหรับเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบประกอบไปด้วย น้ำมันเตาล้วน กลีเซอรินดิบผสมน้ำมันเตา ที่มีอัตราส่วนของกลีเซอรินดิบผสมที่ 5% , 10% , 15% และ 20% โดยมวล ตามลำดับ

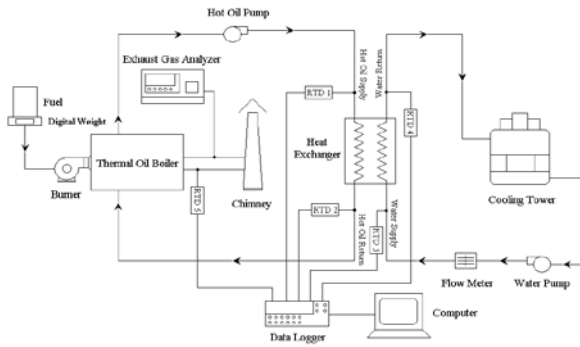
สำหรับชุดทดสอบที่ใช้ในการทดสอบนั้น มีส่วนประกอบหลักที่สำคัญ ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยประกอบไปด้วย หม้อต้มน้ำมันร้อน (Thermal Oil Boiler) ซึ่งภายในหม้อต้มน้ำมันร้อนจะมีขดน้ำมันร้อน (Heating Coil) อยู่ เมื่อน้ำมันร้อนได้รับความร้อนจากหัวเผา (Burner) น้ำมันร้อนก็จะถูกส่งไปยังอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) โดยอาศัย

ปั๊มหมุนเวียนน้ำมันร้อน (Circulating pump) ซึ่งน้ำมันร้อนจะเข้าไปแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำ ซึ่งน้ำที่รับความร้อนจากน้ำมันร้อนจะถูกระบายความร้อนที่ หอผึ่งเย็น (Cooling Tower) โดยมีอัตราการไหลของน้ำคงที่ที่ 50 m³/h จากนั้นเมื่อน้ำมันร้อนที่ถ่ายเทความร้อนออกไปแล้ว จะวนกลับมารับความร้อนที่หม้อต้มน้ำมันร้อนใหม่

ในส่วนข้อมูลการทดสอบได้ ทำการวัดอุณหภูมิของน้ำมันร้อนที่เข้า และออกจาก เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน วัดอุณหภูมิของน้ำที่เข้าและออกจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน และวัดอุณหภูมิของแก๊สไอเสีย โดยใช้ Resistance Temperature Detector (RTD) ที่มีช่วงการวัดอุณหภูมิ อยู่ที่ 0-300 °C ซึ่งจะทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิ โดยใช้เครื่องดิจิตอลมัลติมิเตอร์ (Digital Multimeter) ยี่ห้อ Keithley Model No. 2700 เพื่อบันทึกข้อมูลและนำไปวิเคราะห์ ส่วนมลพิษจากการเผาไหม้ นั้นจะเก็บข้อมูลจากเครื่องวิเคราะห์ แก๊สไอเสีย (Exhaust Gas Analyzer) ยี่ห้อ Messtechnik EHEIM GmbH รุ่น Visit 01-L/LR โดยวัดบริเวณปล่องไอเสีย นอกจากนี้ยังทำการวัดอัตราการไหลของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้ โดยใช้ตาชั่งแบบดิจิตอล



รูปที่ 1 หม้อต้มน้ำมันร้อน (Thermal Oil Boiler)



รูปที่ 2 แผนภาพชุดทดสอบ

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล จำเป็นที่จะต้องทราบค่าความร้อนทางต่ำ (Lower Heating Value) ของเชื้อเพลิง เพื่อนำไปคำนวณหาค่าพลังงานความร้อนจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง ซึ่งสามารถวัดค่าความร้อนของเชื้อเพลิงได้ โดยใช้เครื่องมือ Bomb Calorimeter ซึ่งค่าความร้อนที่ได้จะอยู่ในรูปของค่าความร้อนทางต่ำของเชื้อเพลิงต่อหน่วยน้ำหนัก โดยข้อมูลที่ได้จากการทดสอบจะนำมาคำนวณค่าความร้อนของเชื้อเพลิงได้จากสมการที่ (1)

$$LHV = \frac{(m_{eq} + m_w) c_{pw} \Delta T}{m_f} \quad (1)$$

โดยที่

- LHV คือ ค่าความร้อนทางต่ำของเชื้อเพลิง (kJ/kg)
- m_{eq} คือ ค่าน้ำสมมูลย์ (Water Equivalence) ของชุด Bomb Calorimeter (kg)
- m_w คือ น้ำหนักของน้ำที่ใช้ในชุด Bomb Calorimeter (kg)
- c_{pw} คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ (kJ/kg. °C)
- ΔT คือ ผลต่างอุณหภูมิน้ำก่อนและหลังทดสอบใน Bomb Calorimeter (°C)
- m_f คือ น้ำหนักของเชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบ (kg)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลค่าความร้อนทางต่ำของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าความร้อนทางต่ำของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ

Fuel	Lower Heating Value (LHV)	
	cal/g	kJ/kg
Crude Glycerin	5,260	21,986
Heavy Oil	10,385	43,410
Crude Glycerin 5% / Heavy Oil 95%	10,129	42,339
Crude Glycerin 10% / Heavy Oil 90%	9,873	41,268
Crude Glycerin 15% / Heavy Oil 85%	9,616	40,196
Crude Glycerin 20% / Heavy Oil 80%	9,360	39,125

ส่วนข้อมูลที่ได้จากการทดสอบหม้อต้มน้ำมันร้อนจะนำมาหาค่าพลังงานความร้อนจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงและค่าพลังงานความร้อนที่น้ำแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำมันร้อนในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ทั้งนี้ในการทดลองไม่สามารถวัดหาค่าพลังงานความร้อนที่น้ำมันร้อนได้รับได้โดยตรง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาค่าพลังงานความร้อนที่น้ำแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำมันร้อนในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแทน โดยคำนวณได้จากสมการที่ (2) และ (3) ตามลำดับ

$$\dot{Q}_f = \dot{m}_f LHV \quad (2)$$

$$\dot{Q}_w = \dot{m}_w c_{pw} \Delta T_w \quad (3)$$

โดยที่

- \dot{Q}_f คือ อัตรา ความร้อนจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง (kW)
- \dot{m}_f คือ อัตราการไหลของเชื้อเพลิง (kg/s)
- LHV คือ ค่าความร้อนทางต่ำของเชื้อเพลิง (kJ/kg)
- \dot{Q}_w คือ อัตรา ความร้อนที่น้ำแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำมันร้อนในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (kW)

\dot{m}_w คือ อัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่าน
อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (kg/s)

c_{pw} คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ
(kJ/kg. °C)

ΔT_w คือ ผลต่างอุณหภูมิน้ำเข้าและอุณหภูมิ
น้ำออกของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความ
ร้อน (°C)

เชื้อเพลิง (%)

LHV_H คือ ค่าความร้อนทางต่ำของน้ำมันเตา
(kJ/kg)

LHV_{GH} คือ ค่าความร้อนทางต่ำของกลีเซอรินดิบ
ผสมน้ำมันเตา ที่อัตราส่วนผสมต่างๆ
(kJ/kg)

ซึ่งสามารถนำมาคำนวณหาประสิทธิภาพทาง
ความร้อนของหม้อต้มน้ำมันร้อนได้จากสมการที่ (4)

$$\eta = \frac{\dot{Q}_w}{\dot{Q}_f} \times 100\% \quad (4)$$

โดยที่

η คือ ประสิทธิภาพทางความร้อนของหม้อ
ต้มน้ำมันร้อน (%)

และสำหรับการวิเคราะห์การประหยัดต้นทุน
เชื้อเพลิง สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (5)

$$\% Save = \frac{\left(\frac{Cost_H}{\eta_H LHV_H} \right) - \left(\frac{Cost_{GH}}{\eta_{GH} LHV_{GH}} \right)}{\left(\frac{Cost_H}{\eta_H LHV_H} \right)} \times 100\% \quad (5)$$

โดยที่

$\% Save$ คือ ร้อยละการประหยัดต้นทุนเชื้อเพลิง
(%)

$Cost_H$ คือ ราคาของน้ำมันเตา (Baht/kg)

$Cost_{GH}$ คือ ราคาของกลีเซอรินดิบผสมน้ำมันเตา
ที่อัตราส่วนผสมต่างๆ (Baht/kg)

η_H คือ ประสิทธิภาพทางความร้อนของหม้อ
ต้มน้ำมันร้อนเมื่อใช้น้ำมันเตาล้วน
เป็นเชื้อเพลิง (%)

η_{GH} คือ ประสิทธิภาพทางความร้อนของหม้อ
ต้มน้ำมันร้อนเมื่อใช้กลีเซอรินดิบผสม
น้ำมันเตา ที่อัตราส่วนผสมต่างๆ เป็น

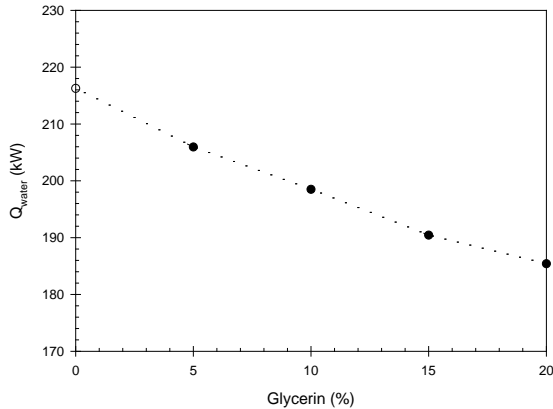
4. ผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ได้จากการทดสอบ หม้อต้มน้ำมัน
ร้อน (Thermal Oil Boiler) จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ
(1) ผลการทดลองคุณลักษณะทางความร้อน และ (2)
ผลการทดลองคุณลักษณะการเผาไหม้ เมื่อใช้
เชื้อเพลิงต่างชนิดกัน

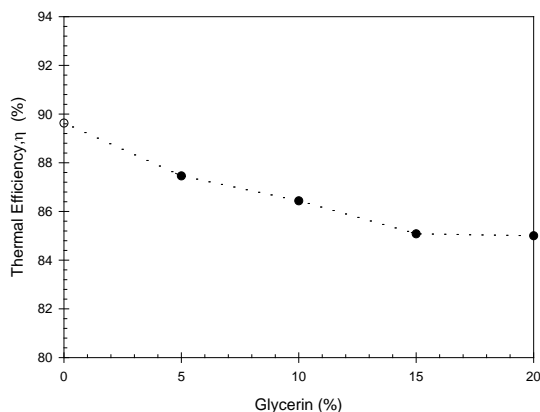
4.1 คุณลักษณะทางความร้อน

ผลการทดลองคุณลักษณะทางความร้อนของหม้อ
ต้มน้ำมันร้อน แสดงในรูปที่ 3 เมื่อใช้เชื้อเพลิง น้ำมัน
เตาล้วนเปรียบเทียบกับกลีเซอรินดิบผสมน้ำมันเตาที่
มีอัตราส่วนของกลีเซอรินดิบผสมที่ 5%, 10%, 15%
และ 20% โดยมวล ตามลำดับ ภายใต้สภาวะที่ไม่มี
การปรับแต่งหัวเผาของหม้อต้มน้ำมันร้อน อุณหภูมิ
สำหรับอุณหภูมิเชื้อเพลิงที่หัวเผา 100 °C แรงดันในการฉีด
เชื้อเพลิงคงที่ที่ 17.5 bar พบว่าเมื่อเปลี่ยนเชื้อเพลิง
จากน้ำมันเตาล้วนเป็นกลีเซอรินดิบผสมน้ำมันเตา ค่า
พลังงานความร้อนที่น้ำแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำมัน
ร้อนในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีแนวโน้มลดลง
เนื่องจากค่าความร้อนของเชื้อเพลิงลดลงตามอัตรา
ส่วนผสมของกลีเซอรินดิบที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจากค่า
พลังงานความร้อนที่น้ำแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำมัน
ร้อนในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ลดลง จึงมีผล
ทำให้ประสิทธิภาพทางความร้อนของหม้อต้มน้ำมัน
ร้อนมีแนวโน้มลดลงจาก 89.63% เป็น 85.00% เมื่อ
เทียบกับเชื้อเพลิงที่เป็น น้ำมันเตาล้วน ดังแสดงในรูป
ที่ 4 และสำหรับผลการวิเคราะห์การประหยัดต้นทุน
เชื้อเพลิง พบว่าเมื่อใช้กลีเซอรินดิบผสมน้ำมันเตา ที่มี
อัตราส่วนของกลีเซอรินดิบผสมที่ 20% โดยมวล
สามารถประหยัดต้นทุนเชื้อเพลิงได้ประมาณร้อยละ

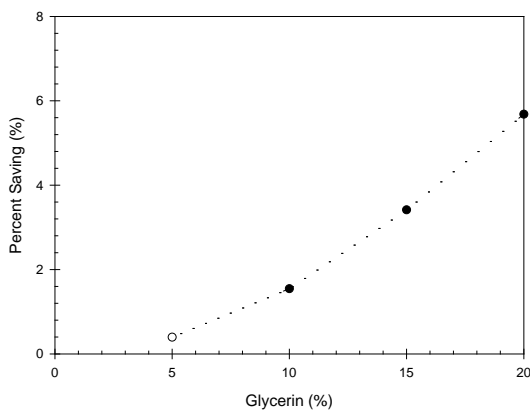
5.7 เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงที่เป็นน้ำมันเตาล้วน ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 3 ค่าพลังงานความร้อนที่น้ำแลกเปลี่ยนความ
ร้อนกับน้ำมันร้อนในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน



รูปที่ 4 ประสิทธิภาพทางความร้อนของ
หม้อต้มน้ำมันร้อน

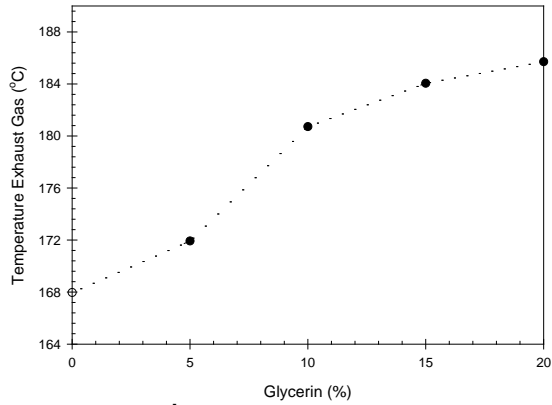


รูปที่ 5 ร้อยละของการประหยัดต้นทุนเชื้อเพลิง

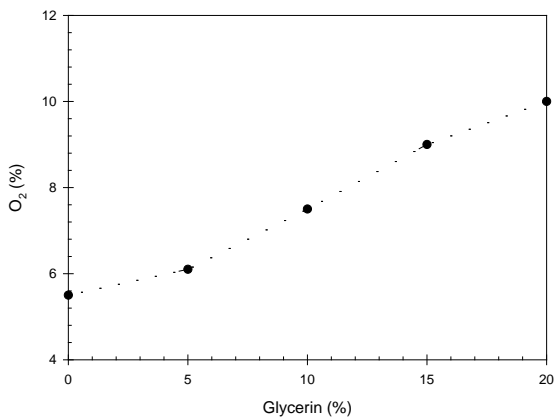
4.2 คุณลักษณะการเผาไหม้

ผลการทดลอง คุณลักษณะการเผาไหม้ของหม้อต้มน้ำมันร้อน เมื่อใช้เชื้อเพลิง น้ำมันเตาล้วนเปรียบเทียบกับกลีเซอรินดิบผสมน้ำมันเตาที่มีอัตราส่วนของกลีเซอรินดิบผสมที่ 5% , 10% , 15% และ 20% โดยมวล ตามลำดับ ภายใต้สภาวะที่ไม่มี การปรับแต่งหัวเผาของหม้อต้มน้ำมันร้อน อุณหภูมิ สำหรับอุณหภูมิเชื้อเพลิงที่หัวเผา 100 °C แรงดันในการฉีดเชื้อเพลิงคงที่ที่ 17.5 bar พบว่าเมื่อเปลี่ยนเชื้อเพลิงจากน้ำมันเตาล้วนเป็นกลีเซอรินดิบผสมน้ำมันเตา อุณหภูมิของแก๊สไอเสียมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามอัตราส่วนของกลีเซอรินดิบที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 6 เนื่องจากการพาความร้อนบางส่วนออกไปทางปล่องไอเสียได้มากขึ้น ทั้งนี้อาจเกิดจากการที่กลีเซอรินดิบมีจุดติดไฟสูง จึงทำให้ตำแหน่งของเปลวไฟ เคลื่อนตัวไปอยู่ด้านในของท่อไฟใหญ่ และจากรูปที่ 7 จะเห็นว่าปริมาณออกซิเจน (O₂) ส่วนเกินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราส่วนผสมของกลีเซอรินดิบเพิ่มขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของกลีเซอรินดิบ (C₃H₈O₃) มีออกซิเจนเป็นส่วนประกอบ และส่งผลให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) มีแนวโน้มลดลง ดังแสดงในรูปที่ 8 เนื่องจากปริมาณธาตุคาร์บอนในกลีเซอรินดิบมีปริมาณน้อยกว่าน้ำมันเตา เมื่อปริมาณกลีเซอรินดิบในเชื้อเพลิงผสมมีอัตราส่วนเพิ่มขึ้น จึงทำให้เกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้จึงมีปริมาณธาตุคาร์บอนเข้าไปทำปฏิกิริยาลดลง ส่วนมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้พบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ที่ออกซิเจนส่วนเกิน 0% มีแนวโน้มลดลง ดังแสดงในรูปที่ 9 เนื่องจาก เมื่อปริมาณของกลีเซอรินดิบในเชื้อเพลิงผสมเพิ่มขึ้น ทำให้มีปริมาณออกซิเจนมากเกินพอสำหรับทำปฏิกิริยา การเผาไหม้ สังเกตได้จากปริมาณของออกซิเจนในแก๊สไอเสียที่เพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ที่ออกซิเจนส่วนเกิน 0% มีแนวโน้มลดลง ดังแสดงในรูปที่ 10 ตามอัตราส่วนของกลีเซอรินดิบที่เพิ่ม เนื่องจากอุณหภูมิของห้องเผาไหม้นั้นอาจมีค่าลดลง และจะเห็นว่าปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ที่ออกซิเจน

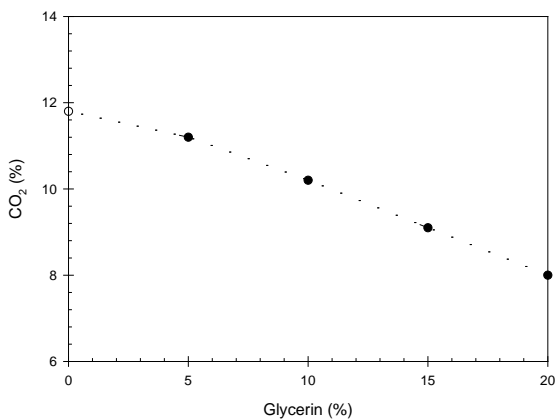
ส่วนเกิน 0% มีแนวโน้มลดลง ดังแสดงในรูปที่ 11
เนื่องจากปริมาณของกลีเซอรินดิบที่เพิ่มขึ้น ทำให้
กำมะถันในน้ำมันเตาเจือจางลง



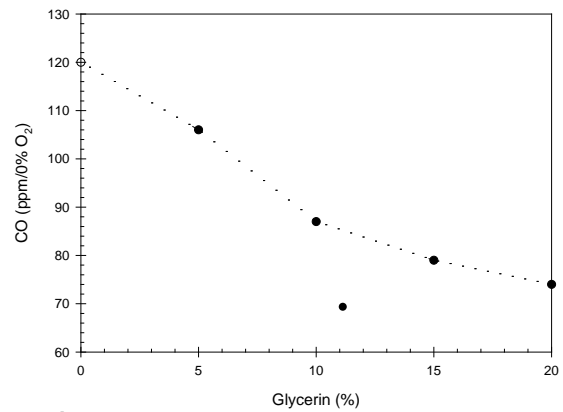
รูปที่ 6 อุณหภูมิของแก๊สไอเสีย



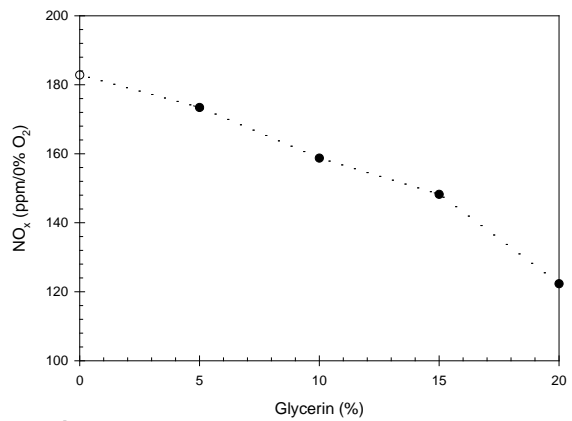
รูปที่ 7 ปริมาณออกซิเจนในแก๊สไอเสีย



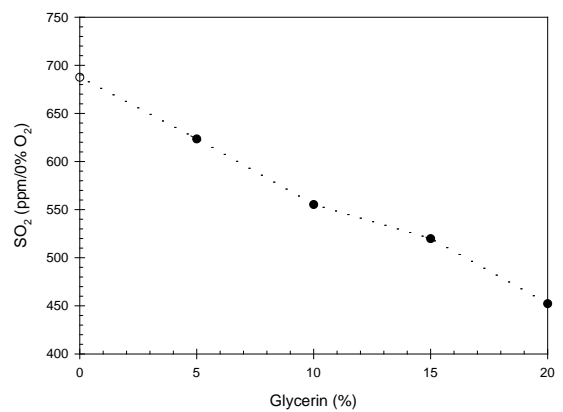
รูปที่ 8 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแก๊สไอเสีย



รูปที่ 9 ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ที่ออกซิเจน
ส่วนเกิน 0% ในแก๊สไอเสีย



รูปที่ 10 ปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน ที่ออกซิเจน
ส่วนเกิน 0% ในแก๊สไอเสีย



รูปที่ 11 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่ออกซิเจน
ส่วนเกิน 0% ในแก๊สไอเสีย

5. สรุปผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ได้จากการศึกษา สรุปได้ว่า สามารถนำเอากลิเซอรินดิบผสมน้ำมันเตาใช้เป็นเชื้อเพลิงทางเลือกใหม่ในหม้อน้ำ โดยสามารถใช้กลีเซอรินดิบผสมน้ำมันเตาได้สูงถึง 20% โดยมวล โดยที่ประสิทธิภาพทางความร้อนของหม้อต้มน้ำมันร้อนลดลงจาก 89.63% เป็น 85.00% เมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงที่เป็นน้ำมันเตาล้วน ภายใต้สภาวะที่ไม่มีการปรับแต่งหัวเผาของหม้อต้มน้ำมันร้อน และถ้ามีการปรับแต่งหัวเผาของหม้อต้มน้ำมันร้อน คาดว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนของหม้อต้มน้ำมันร้อนขึ้นได้อีก และเมื่อวิเคราะห์คุณสมบัติของแก๊สไอเสียพบว่า ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ออกไซด์ของไนโตรเจนและซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีค่าต่ำกว่าค่าตามเกณฑ์มาตรฐาน (ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ไม่เกิน 690 ppm ออกไซด์ของไนโตรเจน ไม่เกิน 200 ppm และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไม่เกิน 950 ppm) นอกจากนี้ การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์พบว่ากลีเซอรินดิบผสมน้ำมันเตาที่มีกลีเซอรินผสมอยู่ 20% โดยมวล สามารถประหยัดต้นทุนเชื้อเพลิงได้ประมาณร้อยละ 5.7 เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันเตาล้วน (น้ำมันเตาราคาประมาณ 14 บาทต่อลิตร ในขณะที่กลีเซอรินดิบราคาประมาณ 4 บาทต่อลิตร)

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ ได้รับการสนับสนุนเงินทุนจาก สำนักงาน คณะกรรมการ การอุดมศึกษาและบริษัท ไทยสตีม เซอร์วิส แอนด์ ซัพพลาย จำกัด และขอขอบคุณศูนย์วิศวกรรมอุณหภาพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีที่ให้การสนับสนุนเครื่องจักรในการทดสอบ

7. เอกสารอ้างอิง

[1] R. Patzer, Report from Agricultural Utilization Research Institute, 2007, "Stack Emissions Evaluation: Combustion of Crude

Glycerin and Yellow Grease in an Industrial Fire Tube Boiler", Marshall, MN, USA

[2] Glycerin/Waste Oil Burner, Biodiesel Experts International, LLC, 8415 Industrial Drive, Pearland, Texas, 77584, USA

[3] B. Metzger, 2007, "Glycerin Combustion", Master Thesis, Department of Mechanical Engineering, North Carolina State University