

การลดต้นทุนด้านพลังงานด้วยการใช้น้ำมันเตาผสมน้ำมันเกียร์ใช้แล้ว เป็นเชื้อเพลิงในหม้อไอน้ำ

Energy cost saving by using heavy oil blended with used gear oil as fuel in boiler

ไมตรี กระทบพิจิตร์ นุภาพ แยมไตรพัฒน์

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร 10530 โทร-แฟกซ์ 0-2988-3655 ต่อ 3108 E-mail: maitri41@yahoo.com, nuparby@yahoo.com

Maitri kramutpijit Nuparb Yamtraipat

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Mahanakorn University of Technology

Nongchok, Bangkok 10530 Tel-Fax : 0-2988-3655 ext. 3108 E-mail: maitri41@yahoo.com, nuparby@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา การลดต้นทุนด้านพลังงาน ความร้อนเมื่อใช้น้ำมันเตา A ผสมกับน้ำมันเกียร์ใช้แล้วเบอร์ 460 ที่ผ่านการปรับคุณภาพแล้วเป็นเชื้อเพลิงในหม้อไอน้ำแบบท่อไฟขนาด 3.13 ตัน/ชั่วโมง อัตราส่วนผสมน้ำมันเตากับน้ำมันเกียร์ที่ใช้ทดสอบ ตั้งแต่ 100:0 จนถึง 50:50 โดยปริมาตร นอกจากนั้นยังได้วิเคราะห์ถึง ประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่ได้และมลพิษที่ปล่อยออกมา เพื่อนำมา วิเคราะห์ร่วมกับค่าใช้จ่ายน้ำมันเตาที่ลดลงได้ ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าที่เหมาะสมที่สุดอยู่ที่อัตราส่วน 90:10 ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหม้อไอน้ำที่ 63.13% และให้ผลประหยัด 47,736 บาทต่อปี

Abstract

The aim of the research is to study the energy cost saving of using blends of heavy oil grade A and renovated used gear oil NO.460 as fuel in the 3.13 TON/h of fire tube boiler. The ratios of heavy oil and used gear oil are between 100:0 to 50:50 by volume. In addition, thermal efficiency, emissions and saving cost were also investigated. The results found that the suitable ratio was at 90:10 of blends by thermal efficiency was 63.13%. The cost saving was 47,736 Bath/year.

1. บทนำ

ภาคอุตสาหกรรมมีทั้งการใช้พลังงานไฟฟ้าและความร้อนเพื่อการผลิต โดยเฉพาะส่วนของภาคความร้อน พลังงานที่ใช้คือเชื้อเพลิงจากชีวมวล และจากแหล่งฟอสซิลซึ่งใช้มากกว่า น้ำมันเตาถือเป็นเชื้อเพลิงที่นิยมใช้กันมากที่สุดเพราะราคาถูกกว่าดีเซลเพื่อใช้กับหม้อไอน้ำสำหรับผลิตไอน้ำใช้ในกระบวนการผลิต จึงมีงานวิจัยมากมายที่มีการ

ทดลองนำน้ำมันเชื้อเพลิงมาผสมกับของเหลวชนิดอื่นเพื่อประหยัดพลังงาน เช่น การศึกษาเชื้อเพลิงที่เกิดจากการนำน้ำมันดีเซลมาผสมกับกลีเซอริน [1,3] หรือนำมาผสมกับไบโอดีเซล เพื่อใช้กับหม้อไอน้ำ [4] ซึ่งพบว่า สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ แม้ว่าค่าความร้อนเชื้อเพลิงจะลดลง และอาจทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนตกลงไปบ้าง และการปล่อยมลพิษต้องควบคุมส่วนผสมที่เหมาะสมไม่ให้ปล่อยออกมาเกินกฎหมายกำหนด นอกจากนั้นยังมีงานวิจัย ที่ศึกษาการใช้น้ำมันเตาผสมน้ำที่อยู่ในรูปของอิมัลชัน และทดสอบกับการใช้งานในหม้อไอน้ำในอุตสาหกรรม [2] ซึ่งพบว่าเมื่อใช้น้ำมันเตาผสมน้ำ 7.5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร เป็นเชื้อเพลิงจะลดเขม่าที่ปล่อยออกมา 3 เท่า เนื่องจากกระบวนการ micro-explosion ทำให้เชื้อเพลิงผสมกับออกซิเจนดีขึ้น ในงานวิจัยของประเทศไทยก็ได้มีการศึกษาลักษณะนี้เช่นกัน [5] โดยได้ทดลองใช้น้ำมันเตาผสมน้ำในรูปของอิมัลชันในหม้อต้มน้ำร้อนขนาด 580 kW ผลการทดลองได้สรุปว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างน้ำมันกับน้ำอยู่ที่ 11.8% โดยปริมาตร ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเพิ่มขึ้นจาก 81.04% เป็น 85.49% ทำให้ประหยัดเชื้อเพลิงได้ 5.20% นอกจากนั้นยังพบว่าค่า NO_x และ SO₂ จากปล่องไอเสียมีแนวโน้มลดลง

ในงานวิจัยนี้ต้องการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้น้ำมันเตา A ผสมกับน้ำมันเกียร์ใช้แล้ว เบอร์ 460 ที่ผ่านการปรับสภาพแล้ว มาใช้เป็นเชื้อเพลิง ให้แก่หม้อไอน้ำ โดยศึกษาถึงผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของเชื้อเพลิงผสม ที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหม้อไอน้ำนอกจากนั้นได้ศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันผสม, การปล่อยมลพิษสู่บรรยากาศ และการลดค่าใช้จ่ายของน้ำมันเตาที่แต่ละอัตราส่วนผสม

2. การทดลอง

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองกับหม้อไอน้ำแบบท่อไฟขนาดกำลังการผลิตไอน้ำ 3.13 ตันต่อชั่วโมง แรงดันใช้งาน 7.5-8.2 kg/cm² เป็นแบบแพคเกจ model :CB 600-200 อายุงาน 15 ปี หัวฉีดที่หม้อไอน้ำใช้นั้นเป็นแบบ Air Atomized โดยการทดสอบจะเป็นการใช้งานจริงในโรงงานซึ่งเดินเครื่อง 24 ชั่วโมงต่อวัน



รูปที่ 1 หม้อไอน้ำแบบท่อไฟที่ใช้ทำการวิจัย

ส่วนเครื่องมือวัดอื่นๆที่จำเป็นได้แก่ เครื่องวิเคราะห์ก๊าซไอเสีย รุ่น VISIT 05 V 2.4 เครื่องวัดอุณหภูมิ แบบเทอร์โมคัปเปิล ส่วนการตรวจวัดคุณสมบัติของน้ำมันผสม เช่น ค่าความหนืด, จุดวาบไฟ, ค่าความร้อนเชื้อเพลิง ความถ่วงจำเพาะ ได้ทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการของ บ. บางจากปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน)

น้ำมันเกียร์ที่ใช้แล้วเบอร์ 460 ใช้ในการหล่อลื่นเครื่องจักร หลังจากเปลี่ยนถ่ายออกมา ต้องนำมาผ่านขั้นตอนการปรับสภาพน้ำมันเสียก่อน โดยการผ่านระบบการกรองให้สะอาด และเข้าถึงผสม (ดังแสดงในรูปที่ 2) ในการทดลองแต่ละครั้งได้ทำการผสมน้ำมันเตา : น้ำมันเกียร์ตามอัตราส่วนต่างๆโดยปริมาตร ดังนี้ 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50 โดยมีการเก็บตัวอย่างน้ำมันผสมไปทดสอบคุณสมบัติที่บริษัท บางจากปิโตรเลียม มีดังนี้ Flash Point, Viscosity, Specific Gravity และ Gross Heat of Combustion ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 1

ดัชนีชี้วัดมลพิษอีกตัวหนึ่งคือปริมาณกำมะถันที่เจือปนอยู่ในน้ำมันโดยปกติในน้ำมันเตาที่จำหน่ายในท้องตลาดจะมีค่าไม่เกินที่กฎหมายกำหนด จากการตรวจวัดพบว่าอยู่ที่ค่า 2.53% โดยน้ำหนัก ส่วนปริมาณกำมะถันที่เจือปนในน้ำมันผสมที่อัตราส่วนต่างๆแสดงไว้ในตารางที่ 2 ซึ่งพบว่าปริมาณเจือปนลดลงตามลำดับ

การนำน้ำมันผสมไปทดสอบกับหม้อไอน้ำที่อัตราส่วนต่างๆ มีขั้นตอนดังนี้

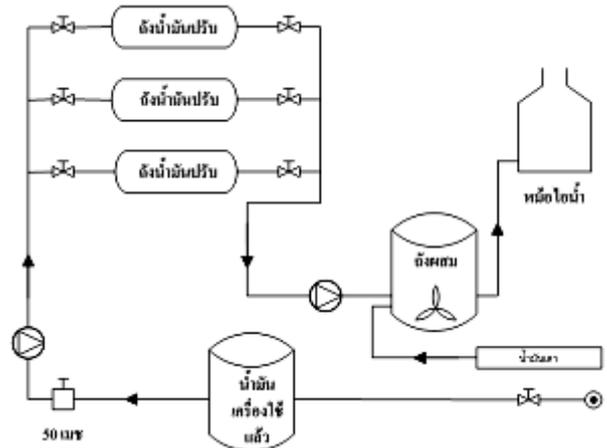
1. เริ่มต้นทำการทดสอบที่สัดส่วนน้ำมันเตา 100%
2. ทำการเดินเครื่องหม้อไอน้ำที่ ไฟต่ำ, ไฟกลาง, ไฟสูง

ทำการจดวัดค่า

- ความดันไอน้ำที่ผลิต (kg/cm²)
- ปริมาณเชื้อเพลิง (l/h)
- ปริมาณน้ำป้อน (kg/h)
- อุณหภูมิน้ำป้อน (°C)

- อุณหภูมิอากาศภายนอก (°C)
 - อุณหภูมิแก๊สไอเสีย (°C)
3. เปลี่ยนเป็นทำการทดสอบ น้ำมันเตา:น้ำมันเกียร์ [90:10] โดยนำน้ำมันเกียร์ที่ผ่านการกรองแล้วผสมลงไป Service Tank (จุ 2200 ลิตร) แล้วทำการเดินเครื่องตามข้อ 2
 4. ทำการทดสอบ น้ำมันเกียร์ : น้ำมันเตา ในอัตราส่วน 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 โดยทำการทดลองเช่นเดิม

ซึ่งงานวิจัยนี้ควบคุมค่าอุณหภูมิน้ำป้อนอยู่ที่ช่วง 70-80 °C ความดันไอน้ำที่ผลิต 7.5-8.2 kg/cm² และอัตราไหลน้ำป้อน 400-450 L/h



รูปที่ 2 กระบวนการผสมน้ำมันเตากับน้ำมันเกียร์ใช้แล้ว

3. ผลการทดลอง

จากตารางที่ 1 ผลการทดสอบ Gross Heat of Combustion (เป็นค่าความร้อนสูงเชื้อเพลิง) แสดงให้เห็นว่าน้ำมันเกียร์ที่ผสมเข้ากับน้ำมันเตานั้นส่งผลให้ค่า Gross Heat of Combustion มีค่าสูงขึ้น ค่าจุดวาบไฟมีค่าสูงขึ้น ในขณะที่ค่าความหนืดก็มีค่าสูงขึ้นเช่นเดียวกัน ส่วนค่าอื่นเช่นความถ่วงจำเพาะการเปลี่ยนแปลงยังไม่มากนัก

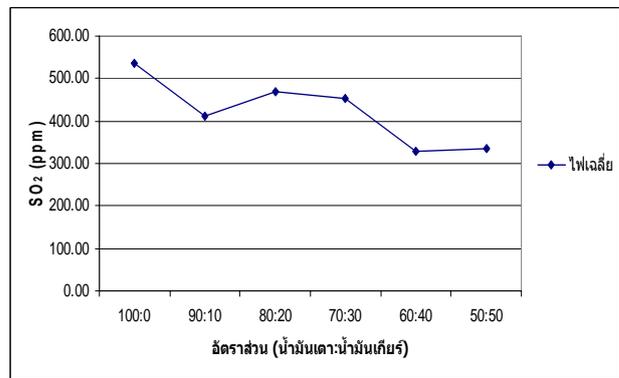
ผลจากการวัดก๊าซ CO₂ แสดงดังรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่าแนวโน้มปริมาณการเกิดก๊าซ CO₂ ลดลงจากอัตราส่วน 100:0 ไปที่อัตราส่วน 90:10 และหลังจากอัตราส่วน 90:10 จะค่อนข้างคงที่ไปตลอดถึงอัตราส่วน 50:50 ในรูปที่ 4 แสดงให้เห็นแนวโน้มปริมาณการเกิดก๊าซ O₂ เพิ่มขึ้นจากอัตราส่วน 100:0 ไปที่อัตราส่วน 90:10 และจากนั้นค่อนข้างคงที่ไปตลอดถึงอัตราส่วน 50:50 เช่นกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเผาไหม้ที่ใช้ใช้น้ำมันเตา 100 % นั้น มีการเผาไหม้สมบูรณ์กว่าที่การผสมในอัตราส่วนอื่นๆ เนื่องจากมีปริมาณ %CO₂ สูง และมีปริมาณ %O₂ ต่ำกว่าที่อัตราส่วนอื่นๆ และเมื่อสัดส่วนของน้ำมันเกียร์มากขึ้นการเผาไหม้ยังไม่สมบูรณ์ เพราะปริมาณ CO₂ น้อยลง แต่ปริมาณ O₂ สูงขึ้น

ตารางที่ 1 ค่าคุณสมบัติของอัตราส่วนน้ำมันเตา A ผสมกับน้ำมันเกียร์

Test items	unit	METHOD	Test Result (น้ำมันเตา:น้ำมันเกียร์)					
			ASTM/OTHER	100:0	90:10	80:20	70:30	60:40
Flash Point PMC°C	°C	ASTMD-93	70	73	80	86	92	93
Viscosity @ 50°C	cSt	ASTMD-445	75.00	92.13	107.70	139.30	145.00	166.20
Specific Gravity @ 15.6/15.6°C	cSt	ASTMD-1298	0.933	0.931	0.928	0.926	0.923	0.921
Water and Sediment	%Vol	ASTMD-1796	0.100	0.091	0.081	0.072	0.062	0.053
Gross Heat	Cal/g	ASTME 144-64	10763	10901	10915	10926	10970	11002

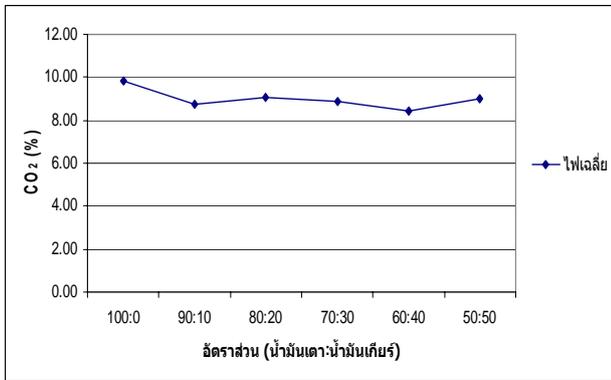
ตารางที่ 2 แสดงเปอร์เซ็นต์กำมะถันในน้ำมันผสม (%โดยน้ำหนัก)

อัตราส่วน (เตา:เกียร์)	กำมะถัน(%โดยน้ำหนัก)		
	เตา A	เกียร์ 460	ผสม
100:0	2.530	0.000	2.530
90:10	2.277	0.054	2.331
80:20	2.024	0.108	2.132
70:30	1.771	0.162	1.933
60:40	1.518	0.216	1.734
50:50	1.265	0.270	1.535

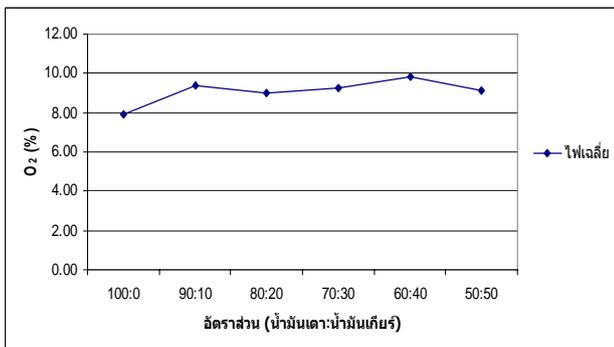


รูปที่ 5 แสดงปริมาณของก๊าซ SO₂

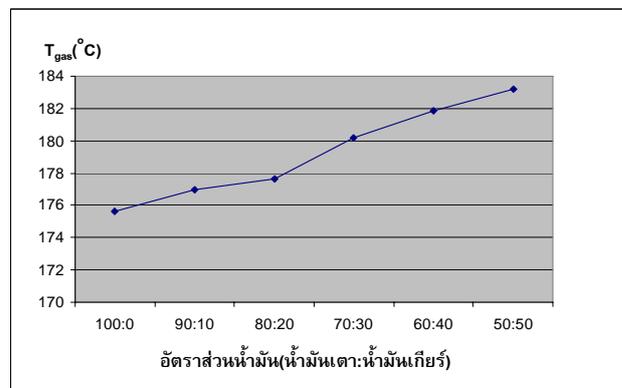
ผลจากการวัดก๊าซ SO₂ แสดงในรูปที่ 5 การเกิดก๊าซ SO₂ มีแนวโน้มในทางลดลงเมื่ออัตราส่วนน้ำมันเกียร์เพิ่มสูงขึ้น จากกราฟที่ได้แสดงให้เห็นว่าที่อัตราส่วนการใช้ น้ำมันเตา 100% มีปริมาณ SO₂ สูงที่สุด เนื่องจากมีองค์ประกอบของกำมะถันมากและลดลงมาเรื่อยๆ แต่จะมีการเพิ่มขึ้นในช่วงอัตราส่วน 90:10 ไปที่อัตราส่วน 80:20 ซึ่งหลังจากนั้นแนวโน้มก็จะเริ่มลดลงเช่นเดิม



รูปที่ 3 แสดงอัตราส่วนเปอร์เซ็นต์ของก๊าซ CO₂



รูปที่ 4 แสดงอัตราส่วนเปอร์เซ็นต์ของก๊าซ O₂



รูปที่ 6 อุณหภูมิแก๊สที่ออกมาทางปล่องไอเสีย

รูปที่ 6 จะเห็นว่าที่อัตราส่วนน้ำมันเกียร์สูงขึ้นจะทำให้ อุณหภูมิของแก๊สไอเสียออกจากปล่องสูงขึ้น เนื่องมาจากค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงมีค่าสูง และอัตราการใช้เชื้อเพลิงที่สูงขึ้น ประกอบกับค่าความร้อนที่ไอน้ำได้รับน้อยลง (จากการตรวจวัด) จึงเป็นผลทำให้ความร้อนสูญเสียไปกับแก๊สทั้งเพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหม้อไอน้ำมีค่าต่ำลง ซึ่งผลการสรุปประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหม้อไอน้ำโดยวิธีการสมดุลความร้อน ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3

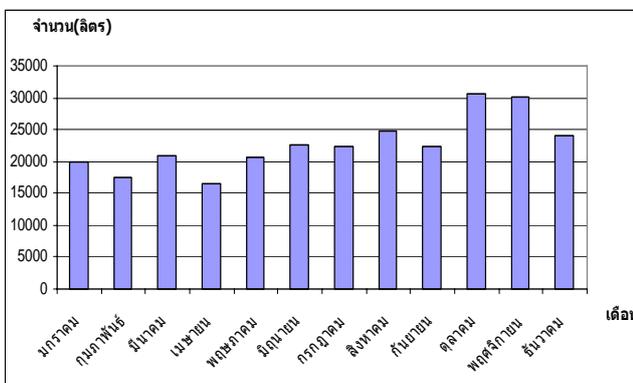
ตารางที่ 3 สรุปประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหม้อไอน้ำจากการทดลอง

ลำดับ	สัดส่วนน้ำมันเตา A กับ น้ำมันเกียร์ No.460	ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหม้อไอน้ำ (%)
1	100 : 0	69.56
2	90 : 10	63.13
3	80 : 20	60.44
4	70 : 30	54.62
5	60 : 40	53.47
6	50 : 50	50.45

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหม้อไอน้ำมีแนวโน้มลดลง เมื่อผสมน้ำมันเกียร์ลงไปเนื่องจากสาเหตุ คือที่อัตราส่วนผสมที่น้ำมันเกียร์เพิ่มขึ้น ค่าความหนืดเชื้อเพลิงสูง ทำให้การฉีดน้ำมันไม่เป็นฝอยและมีหยดน้ำมัน การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ทำให้อัตราการจ่ายเชื้อเพลิงสูงขึ้นแม้ค่าความร้อนเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นก็ตาม และยังมีความร้อนสูญเสียไปกับแก๊สไอเสียเพิ่มมากขึ้นด้วย

4. ผลการวิเคราะห์การลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน

เดิมทางโรงงานมีการใช้น้ำมันเตา A เป็นเชื้อเพลิงอย่างเดียว จากสถิติการใช้น้ำมันในรอบ 1 ปี (รูปที่ 7) พบว่าปริมาณการใช้สูงสุดอยู่ที่ 30,614 ลิตร ต่ำสุดอยู่ที่ 16,618 ลิตร รวมปริมาณการใช้ทั้งปี 272,805 ลิตร คิดเป็นค่าใช้จ่ายรวมทั้งสิ้น 4,637,685 บาท



รูปที่ 7 แสดงปริมาณการใช้น้ำมันเตาในแต่ละเดือนของหม้อไอน้ำ

ในการประเมินค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเมื่อ ใช้น้ำมันผสมที่อัตราส่วนต่าง ๆ กันนั้น จะแยกคิดแบบที่ไม่มีต้นทุนค่าใช้จ่ายของน้ำมันเกียร์ เนื่องจากใช้น้ำมันที่เหลือใช้จากโรงงานเอง (ไม่คิดค่าใช้จ่ายจากกระบวนการปรับคุณภาพน้ำมันเนื่องจากน้อยมาก) และกรณีที่ต้องซื้อจากแหล่งภายนอก โดยมีราคาต้นทุนที่ 6 บาท/ลิตร สมมติฐานการคำนวณมีดังนี้

กรณีที่ 1

หม้อไอน้ำทำงานวันละ 24 ชั่วโมง
ทำงานสัปดาห์ละ 6 วัน ทำงานปีละ 312 วัน
น้ำมันเตา A ราคาเฉลี่ยลิตรละ 17 บาท
ราคาน้ำมันเกียร์ 0 บาท
โรงงานมีปริมาณการใช้น้ำมันเตาเฉลี่ยวันละ 900 ลิตร

กรณีที่ 2

หม้อไอน้ำทำงานวันละ 24 ชั่วโมง
ทำงานสัปดาห์ละ 6 วัน ทำงานปีละ 312 วัน
น้ำมันเตา A ราคาเฉลี่ยลิตรละ 17 บาท
ราคาน้ำมันเกียร์ 6 บาท
โรงงานมีปริมาณการใช้น้ำมันเตาเฉลี่ยวันละ 900 ลิตร

จากตารางที่ 4 และ 5 เป็นการสรุปผลการคำนวณค่าใช้จ่ายในการซื้อน้ำมันทั้งปี จะเห็นว่ากรณีที่ใช้น้ำมันเกียร์เหลือจากการถายน้ำมันเอง และหาซื้อในราคาลิตรละ 6 บาท แล้วสามารถนำมาผสมกับน้ำมันเตา ก็จะช่วยให้อัตราส่วนลดรายจ่ายค่าน้ำมันต่อลิตรไปได้ ยิ่งอัตราส่วนผสมน้ำมันเกียร์มากขึ้นก็แสดงให้เห็นถึงความคุ้มค่าที่มากขึ้นตามเช่นกัน

ในการทดลองครั้งนี้มีการสังเกตรูปร่างเปลวไฟที่ช่องสองดู พบว่าในอัตราส่วน 100:0 และอัตราส่วน 90:10 จะเห็นเปลวไฟมีลักษณะเต็มและขนาดใหญ่ ส่วนในอัตราส่วน 80:20,70:30,60:40 และ 50:50 สังเกตเห็นเปลวไฟจะเล็กลงมาเรื่อยๆ และเริ่มมีสะเก็ดไฟ เกิดขึ้นด้วยตามลำดับ เนื่องจากลูกไฟที่สังเกตเห็นมีขนาดเล็ก และสังเกตเห็นหยดน้ำมัน แสดงว่ามีน้ำมันส่วนหนึ่งไม่จุดติดไฟทำให้น้ำได้รับความร้อนไม่เต็มที่ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้จ่ายเชื้อเพลิงมากขึ้น และลูกไฟที่เล็กลงอาจเป็นเพราะความหนืดของน้ำมันผสมที่เพิ่มขึ้น ทำให้หัวฉีดไม่สามารถพ่นน้ำมันออกมาเป็นละอองฝอยได้จึงเป็นสาเหตุทำให้ลูกไฟมีลักษณะเปลี่ยนไป ดังนั้นอัตราส่วนผสม 90:10 เหมาะสมที่สุดในการใช้งาน

ตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายกรณีที่ 1

ค่าใช้จ่าย	อัตราส่วนน้ำมัน (เตา:เกียร์)					
	100:0	90:10	80:20	70:30	60:40	50:50
ราคาน้ำมันผสม (บาท/ลิตร)	17	15.3	13.6	11.9	10.2	8.5
ค่าใช้จ่ายสำหรับค่าน้ำมันผสม 1วัน (บาท)	15,300	15,147	14,076	13,601.7	11,934	10,557
ค่าใช้จ่ายสำหรับค่าน้ำมันผสม 1ปี (บาท)	4,773,600	4,725,864	4,391,712	4,243,730	3,723,408	3,293,784

ตารางที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายกรณีที่ 2

ค่าใช้จ่าย	อัตราส่วนน้ำมัน (เตา:เกียร์)					
	100:0	90:10	80:20	70:30	60:40	50:50
ราคาน้ำมันผสม (บาท/ลิตร)	17	15.9	14.8	13.7	12.6	11.5
ค่าใช้จ่ายสำหรับค่าน้ำมันผสม 1วัน (บาท)	15,300	15,714	15,318	15,659.1	14,742	14,283
ค่าใช้จ่ายสำหรับค่าน้ำมันผสม 1ปี (บาท)	4,773,600	4,911,129	4,779,216	4,885,639	4,599,504	4,456,296

5. สรุปผลการวิจัย

การใช้น้ำมันเตาผสมน้ำมันเกียร์สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงให้หม้อไอน้ำได้โดยที่ค่ามลพิษที่ตรวจวัดได้ยังไม่เกินที่กฎหมายกำหนด แต่ค่าที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองพบว่าอยู่ที่ 90:10 เนื่องจากการเผาไหม้ค่อนข้างดี ไม่เกิดปัญหาเกี่ยวกับระบบหัวฉีด ในส่วนการคิดค่าต้นทุนพลังงาน ก็แสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนผสมของน้ำมันเกียร์ยิ่งมากความคุ้มค่าก็ยิ่งมากขึ้นตามเช่นกัน (กรณีไม่คิดต้นทุนน้ำมันเกียร์) สรุปผลจากการวิเคราะห์ผลประหยัดที่อัตราส่วน 90:10 สามารถลดค่าใช้จ่ายได้ดังนี้

1. ถ้าคิดค่าน้ำมันเกียร์ลิตรละ 0 บาท จะประหยัดค่าใช้จ่ายในการซื้อน้ำมันเตาไปได้ 47,736 บาท/ปี
2. ถ้าคิดค่าน้ำมันเกียร์ลิตรละ 6 บาท จะไม่คุ้มเนื่องจากต้องจ่ายเพิ่มมากกว่าเดิม 137,592 บาท/ปี

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บริษัท บางจากปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน) ที่ให้การสนับสนุนในด้านเครื่องมือวัดและการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำมัน และขอขอบคุณบริษัท ยูเนี่ยนพรอพเพอร์ตี้ จำกัด ที่อนุเคราะห์สถานที่และใช้หม้อไอน้ำทดลองสำหรับงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Muamer OZKAN, Alp T.ERGENC, Orhan DENIZ. (2004).Experimental Performance Analysis of Biodiesel, Traditional
2. Diesel and Biodiesel with Glycerine.Yildiz Technical University.Turkish J. Eng. Env. Sci., vol 29 ,2005 ,pp. 89-94.
3. Allouis, C., L'Insalata, A., Fortunato L., Saponaro A., and Beretta F., (2006). Study of water-oil Emulsion in large pilot power plants for fin particle matter emission reduction, Experimental Thermal and Fluid Science.vol. 31, 2006. pp. 421-426.
4. ชัชรินทร์ ศักดิ์กำปัง และ ประพัทธ์ สันติวารการ (2552).การศึกษาประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำเมื่อใช้เชื้อเพลิงผสมระหว่างกลีเซอรินกับน้ำมันดีเซล. การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 12 มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น
5. ชัชรินทร์ ศักดิ์กำปัง และ ประพัทธ์ สันติวารการ (2552).การศึกษาประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำเมื่อใช้เชื้อเพลิงผสมระหว่างกลีเซอรินกับน้ำมันไบโอดีเซล. การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 5 มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ จ.พิจนุโลก
6. ชัยวัฒน์ รัตนมีชัยสกุล และ สุรัชย์ สนิทใจ (2551). การศึกษาการใช้น้ำมันเตาผสมน้ำที่อยู่ในรูปของอิมัลชันในหม้อต้มน้ำมันร้อน. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 22 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ รั้งสิต จ.กรุงเทพฯ