

การศึกษาการใช้น้ำมันเตาผสมน้ำที่อยู่ในรูปของอิมัลชันในหม้อต้มน้ำมันร้อน

A Study of Using Emulsion of Heavy Oil and Water in a Thermal Oil Boiler

ชัยวัฒน์ รัตนมีชัยสกุล* และ สุรัชชัย สนิทใจ

ห้องปฏิบัติการอุณหภูมิศาสตร์และการถ่ายเทความร้อน

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

126 ถนนประชาธิปไตย แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

*อีเมลล์ chaiwat_rat@hotmail.com

บทคัดย่อ

เนื่องจากน้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพต่ำ การทำให้เกิดการเผาไหม้โดยสมบูรณ์ทำได้ค่อนข้างยาก งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาเพื่อทำให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ดีขึ้น โดยใช้ไขมันเตาผสมน้ำที่อยู่ในรูปของอิมัลชันและศึกษาถึงอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างน้ำมันเตากับน้ำที่อยู่ในรูปอิมัลชัน โดยได้ทำการทดลองในห้องเผาไหม้ของหม้อต้มน้ำมันร้อนขนาด 580 kW โดยใช้ไขมันเตาล้วน (W=0%) น้ำมันเตาผสมน้ำในอัตราส่วนโดยปริมาตรเท่ากับ 11.8%, 18.0% และ 22.0% (W/O, 11.8%; W/O, 18.0%; W/O, 22.0%) เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ จากผลการทดลองพบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างน้ำมันเตากับน้ำอยู่ที่ 11.8% โดยปริมาตร ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเพิ่มขึ้นจาก 81.04% เป็น 85.49% ส่งผลให้สามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้ 5.20% ในกรณีที่ปรับแต่งหัวเผา และสามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้ 9.16% เมื่อมีการปรับแต่งหัวเผาเพื่อควบคุมอากาศส่วนเกิน นอกจากนั้นยังพบว่า NO_x และ SO_2 จากปล่องไอเสียยังมีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อเปอร์เซ็นต์ของน้ำในน้ำมันเตามีค่าเพิ่มขึ้น

Abstract

Since heavy oil is low quality fuel, it is difficult to get complete combustion. This research aims to study the use of heavy oil mixed with water in the form of emulsion in order to improve combustion efficiency and to find out an appropriate ratio between heavy oil and water in emulsion. The experiments were conducted in a combustion chamber of thermal oil boiler with 580 kW capacity. Fuels used in this study are heavy oil (W=0%) and water-in-oil emulsion, 11.8%, 18.0% and 22.0% (W/O, 11.8%; W/O, 18.0%; W/O, 22.0%) by volume, respectively. The results show that the appropriate ratio between water and heavy oil is at 11.8% by volume. At this ratio, the thermal efficiency of hot oil boiler increases from 81.04% to 85.49%. Fuel saving is 5.20% fuel when there was no burner tune up. Fuel could be saved to 9.16% when the burner was tuned up to control excess air. In

addition, NO_x and SO_2 , from flue gas, tend to decrease when the percentage of water in heavy oil increases.

บทนำ

จากราคาน้ำมันในตลาดโลกที่มีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและปัญหามลพิษด้านสิ่งแวดล้อมทางอากาศมีสูงขึ้น ทำให้อุตสาหกรรมต้องดำเนินการประหยัดพลังงานพร้อมไปกับการลดมลพิษจากการเผาไหม้ ดังนั้นการเผาไหม้จึงจำเป็นต้องมีการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ แต่ในทางปฏิบัติแล้วการทำให้เกิดการเผาไหม้โดยสมบูรณ์สำหรับน้ำมันเตานั้นทำได้ยากเพราะน้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพต่ำ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเน้นศึกษาถึงเทคโนโลยีด้านการเผาไหม้ของน้ำมันเตาผสมน้ำที่อยู่ในรูปของอิมัลชัน มาใช้เป็นเชื้อเพลิงในหม้อต้มน้ำมันร้อน ทั้งนี้กลไกการเผาไหม้ของอิมัลชัน ของน้ำมันเตาผสมน้ำมีความแตกต่างจากกลไกการเผาไหม้ของน้ำมันเตาเพียงอย่างเดียว การเผาไหม้ของอิมัลชันนั้น จะเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า micro-explosion ซึ่งเกิดจากละอองหยดน้ำเล็ก ๆ ที่มีอยู่ในเชื้อเพลิงระเหยเป็นไอจากการพาความร้อนและแผ่ความร้อนภายในห้องเผาไหม้ก่อนการระเหยเป็นไอของหยดน้ำมัน เนื่องจากอุณหภูมิการระเหยของน้ำนั้นต่ำกว่าอุณหภูมิการจุดติดไฟด้วยตนเองของน้ำมันเตา ทำให้เกิดการแตกตัวของละอองฝอยน้ำมันในขั้นที่สอง การเกิด micro-explosion นี้จะทำให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้เพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการกระจายของละอองน้ำมันที่ดี เชื้อเพลิงมีการผสมกับออกซิเจนดีขึ้น นอกจากนี้ NO_x นั้นจะมีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากการเผาไหม้ของอิมัลชันนั้นจะทำให้มีอุณหภูมิของเปลวไฟต่ำลงอันเนื่องมาจากมีไอน้ำเป็นตัวช่วยรับความร้อน โดยงานวิจัยนี้จะเน้นศึกษาถึงอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างน้ำมันเตากับน้ำที่อยู่ในรูปของอิมัลชัน เพื่อทำให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ดีขึ้น ทำให้ประหยัดพลังงานและลดมลพิษจากการเผาไหม้

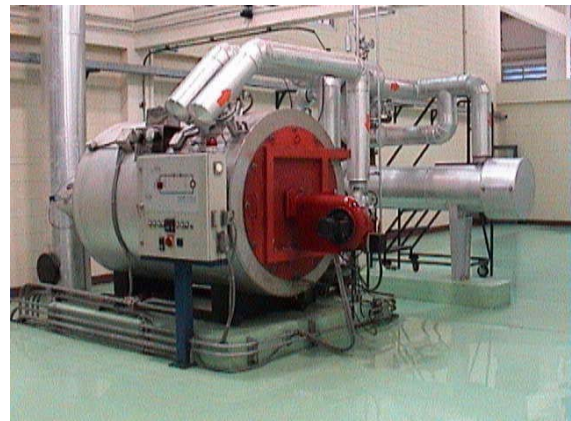
งานวิจัยทางด้านเทคโนโลยีการเผาไหม้ของน้ำมันเตาผสมน้ำที่อยู่ในรูปของอิมัลชันได้มีการศึกษากันในต่างประเทศและทดสอบใช้งานกับหม้อไอน้ำในโรงงานอุตสาหกรรม โดยในปี ค.ศ. 2006 Allouis และคณะ [1] ได้ทำการศึกษาการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำในโรงไฟฟ้าโดยใช้ไขมันเตาผสมน้ำเพื่อเป็นการลดเขม่าจากคาร์บอนที่เผาไหม้ไม่หมด

และอนุภาคของโลหะที่ปนเปื้อนอยู่ในเชื้อเพลิงที่ปล่อยออกมาหลังการเผาไหม้ ภายหลังการทดสอบพบว่า เมื่อใช้น้ำมันเตาผสมน้ำ 7.5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรเป็นเชื้อเพลิงจะลดเขม่าที่ปล่อยออกมา 3 เท่า เมื่อเทียบกับการใช้น้ำมันเตาเผาไหม้เพียงอย่างเดียวเนื่องจากกระบวนการ micro-explosion ทำให้เชื้อเพลิงมีการผสมกับออกซิเจนดีขึ้นและจากการที่มีหมู่ OH เพิ่มขึ้นจะช่วยในการทำปฏิกิริยากับสารตั้งต้นที่ทำให้เกิดเขม่า ทำให้เขม่าลดลง นอกจากนี้ได้มีการรวบรวมงานวิจัยจำนวนมากที่เกี่ยวข้องกับการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงผสมน้ำไว้ในงานตีพิมพ์ของ Kadota และ Yamazaki [2] ซึ่งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีด้านการเผาไหม้ของน้ำมันผสมน้ำที่อยู่ในรูปของอิมัลชันได้รับความสนใจอย่างมากในปัจจุบันโดยหลายงานวิจัยได้นำไปประยุกต์ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลเช่น ในปี ค.ศ. 1995 Sheng และคณะ [3] ได้ทำการศึกษาการเกิดกระบวนการ micro-explosions โดยใช้เชื้อเพลิงผสมน้ำชนิด water-in-oil ในเครื่องยนต์ดีเซล เพื่อทำการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดกระบวนการ micro-explosion และประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ ที่อุณหภูมิและความดันภายในห้องเผาไหม้ต่าง ๆ ภายหลังการทดสอบพบว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิงผสมน้ำ องค์ประกอบของเปลวไฟเพิ่มมากขึ้นและอุณหภูมิของเปลวไฟลดลงเนื่องจากไอน้ำที่อยู่บริเวณผิวรอบนอกของเชื้อเพลิงจะเกิดการระเหย ทำให้เกิด vortex บริเวณด้านหลังของเชื้อเพลิงทำให้การผสมกันระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศทำได้ดีขึ้น ส่งผลให้ NO_x ลดลง 30 เปอร์เซ็นต์ที่อัตราส่วนของเชื้อเพลิงผสมน้ำ 15 เปอร์เซ็นต์ และในปี ค.ศ. 2006 Yoshimoto Y. [4] ได้ทำการศึกษาลักษณะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงผสมน้ำแบบละอองเดี่ยวในเครื่องยนต์ดีเซลโดยทดสอบเปรียบเทียบระหว่างการใช้น้ำมันดีเซลล้วนกับน้ำมันดีเซลผสมน้ำที่ 30 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรเป็นเชื้อเพลิงภายหลังการทดสอบพบว่าเวลาการเผาไหม้ของน้ำมันดีเซลผสมน้ำรวดเร็วกว่าการใช้น้ำมันดีเซลล้วน สาเหตุเกิดจากกระบวนการ micro-explosion ทำให้เกิดการแตกตัวของละอองเชื้อเพลิงในขั้นที่สองซึ่งช่วยเร่งเวลาในการเผาไหม้ อีกทั้งภายหลังการทดสอบยังพบว่า NO_x และเขม่าที่เกิดขึ้นมีค่าลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานวิจัยของ Abu-Zaid [5] ได้ทำการศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลแบบ direct injection แบบ 1 กระบอกสูบโดยทำการทดลองเปรียบเทียบระหว่างการใช้น้ำมันดีเซลล้วนกับน้ำมันดีเซลผสมน้ำที่ 5%, 10%, 15% และ 20% โดยปริมาตรเป็นเชื้อเพลิง ภายหลังการทดสอบได้บ่งชี้ถึงการสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลที่ลดลงเมื่อน้ำมันดีเซลให้อยู่ในรูปของอิมัลชันเนื่องจากการที่มีน้ำผสมอยู่ในเชื้อเพลิงจะทำให้เวลาในการจุดระเบิดนานขึ้นและช่วยให้เชื้อเพลิงสามารถระเหยกลายเป็นไอได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ยังเป็นตัวช่วยในการดูดซับความร้อนทำให้อุณหภูมิของไอเสียที่เกิดขึ้นภายหลังการเผาไหม้มีค่าลดลง ซึ่งจากผลการทดลองสรุปได้ว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมน้ำเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้จะทำให้อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงลดลงและทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเพิ่มขึ้น 3.5 เปอร์เซ็นต์ที่น้ำมันดีเซลผสมน้ำ 20 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร เปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียวในการเผาไหม้ จากงานวิจัยเทคโนโลยีด้านการเผาไหม้น้ำมันเตาผสมน้ำที่อยู่ในรูปของอิมัลชันเพื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ ในปัจจุบันทั้งในประเทศและต่างประเทศนั้นยังไม่มีมีการทดลองหรือทดสอบ

สมรรถนะการเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ของหม้อไอน้ำหรือหม้อต้มน้ำมันร้อนอย่างเป็นระบบ ซึ่งเป็นที่มาของงานวิจัยนี้

อุปกรณ์สำหรับการทดลอง

การทดลองเพื่อศึกษาการใช้น้ำมันเตาผสมน้ำที่อยู่ในรูปของอิมัลชันจะทำการทดสอบกับห้องทดสอบที่มีสภาพใกล้เคียงกับการใช้งานจริงในหม้อไอน้ำของโรงงานอุตสาหกรรมดังที่แสดงในรูปที่ 1 คือ Hot oil Boiler: Model Circo Herm CH-500 ขนาด 580 kW



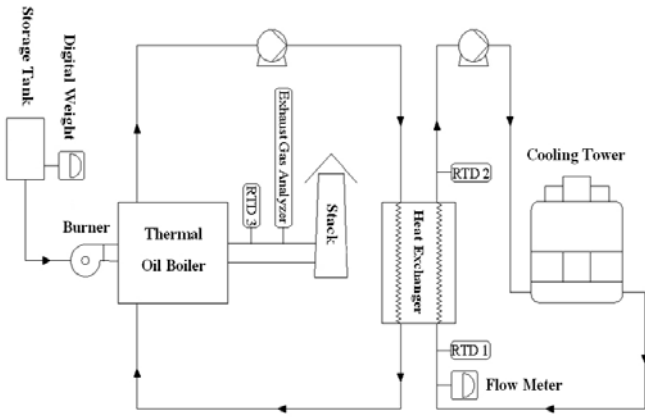
รูปที่ 1 แสดง Hot Oil Boiler

สำหรับเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบประกอบด้วยน้ำมันเตาล้วนกับน้ำมันเตาผสมน้ำที่อยู่ในรูปของอิมัลชัน ชนิด water-in-oil ที่ความเข้มข้น 11.8% (W/O, W=11.8%), 18.0% (W/O, W=18.0%) และ 22.0% (W/O, W=22.0%) โดยปริมาตร ที่ได้จากการผสมของเครื่องผสม ของบริษัท SECA (Thailand): Model ST 1500 โดยทำการทดสอบในสองกรณีคือไม่มีการปรับแต่งหัวเผาและมีการปรับแต่งหัวเผาเพื่อควบคุมอากาศส่วนเกิน

วิธีการทดลอง

วิธีการทดลองมีดังนี้ เมื่อเดินเครื่องหม้อต้มน้ำมันร้อน ป้อนหมุนเวียนน้ำมันร้อนจะป้อนน้ำมันร้อนภายในระบบให้ไหลผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนและวนกลับมารับความร้อนภายในห้องเผาไหม้ เมื่ออัตราการไหลของน้ำมันร้อนถึงค่าที่กำหนด ตัวควบคุมไฟฟ้าจะสั่งให้หัวเผาทำงาน หัวเผาส่งเชื้อเพลิงเข้าไปเผาไหม้ในหม้อน้ำมันร้อนเพื่อให้ความร้อนแก่น้ำมันร้อน โดยน้ำมันร้อนที่ได้รับความร้อนจะไหลไปแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนโดยอัตราการไหลของน้ำจะถูกปรับให้คงที่แล้วในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน หลังจากนั้นน้ำมันร้อนจะวนกลับมารับความร้อนใหม่ภายในห้องเผาไหม้ เมื่อระบบของหม้อต้มน้ำมันร้อนและผลต่างอุณหภูมิน้ำเข้าและอุณหภูมิน้ำออกของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอยู่ในสภาวะคงที่แล้วทำการเก็บข้อมูลต่างๆ โดยแผนผังการติดตั้งอุปกรณ์วัดต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 2 ซึ่งข้อมูลที่ทำการวัดมีดังนี้ อุณหภูมิของน้ำเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเก็บข้อมูลจาก RTD 1 อุณหภูมิของน้ำที่ออกจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเก็บข้อมูลจาก RTD 2 อุณหภูมิแก๊สไอเสีย

เก็บข้อมูลจาก RTD 3 อัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเก็บข้อมูลจากเครื่องวัดอัตราการไหล และอัตราการไหลของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้เก็บข้อมูลจากตาชั่งแบบดิจิทัล ส่วนมลพิษจากการเผาไหม้เก็บข้อมูลจากเครื่องวิเคราะห์ก๊าซไอเสีย Messtechnik EHEIM GmbH รุ่น Visit 01-L/LR บริเวณปล่องไอเสีย



รูปที่ 2 แสดงค่าของข้อมูลที่ได้จากหม้อต้มน้ำมันร้อน

การคำนวณค่าของพลังงานความร้อนที่น้ำในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนรับไว้จากการเผาไหม้และหาประสิทธิภาพทางความร้อนโดยใช้สมการที่ (1) และ (2) ตามลำดับ ส่วนเปอร์เซ็นต์การประหยัดเชื้อเพลิงคำนวณได้จากผลต่างประสิทธิภาพเชิงความร้อนเมื่อเปลี่ยนเชื้อเพลิงจากน้ำมันเตาล้วนเป็นเชื้อเพลิงน้ำมันเตาผสมน้ำต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนเมื่อใช้น้ำมันเตาผสมน้ำดังแสดงในสมการที่ (3)

$$\dot{Q} = \dot{m}_w C_p \Delta T \quad (1)$$

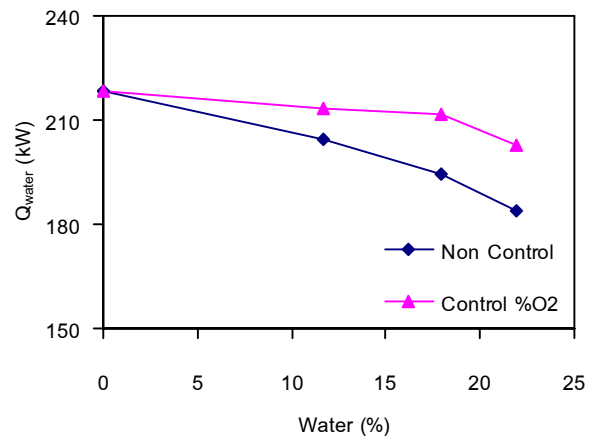
$$\eta = \frac{\dot{Q}}{\dot{m}_f \times LHV} \quad (2)$$

$$\% \text{ Save} = \frac{\eta_e - \eta_o}{\eta_e} \quad (3)$$

โดยที่ $\dot{Q}$ คืออัตราพลังงานความร้อนที่น้ำในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนรับไว้ $\dot{m}_w$ คืออัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน C_p คือค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ ΔT คือผลต่างอุณหภูมิ น้ำเข้าและอุณหภูมิน้ำออกของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน η คือประสิทธิภาพทางความร้อน $\dot{m}_f$ คืออัตราการไหลของเชื้อเพลิงที่ใช้ LHV คือค่าความร้อนทางต่ำของเชื้อเพลิง η_e คือประสิทธิภาพทางความร้อนเมื่อใช้น้ำมันเตาผสมน้ำ η_o คือประสิทธิภาพทางความร้อนเมื่อใช้น้ำมันเตาล้วน

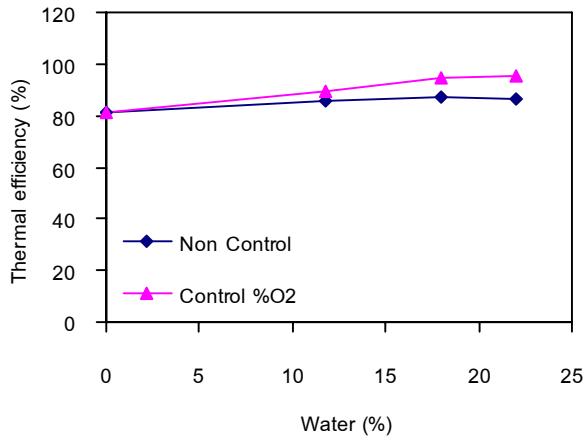
ผลการทดลอง

ผลจากการทดลองเมื่อใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตาล้วนเปรียบเทียบกับน้ำมันเตาผสมน้ำที่เปอร์เซ็นต์ของน้ำต่างๆ พบว่า เมื่อเปลี่ยนเชื้อเพลิงจากน้ำมันเตาล้วนเป็นน้ำมันเตาผสมน้ำ ปริมาณความร้อนที่น้ำรับไปได้จากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมีแนวโน้มลดลงตามอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นของน้ำเนื่องจากค่าความร้อนของเชื้อเพลิงที่ลดลงดังแสดงในรูปที่ 3 ส่วนในกรณีควบคุมออกซิเจนส่วนเกินสามารถควบคุมให้มีค่าใกล้เคียงกันที่ $\pm 0.48\% \text{ O}_2$ ซึ่งเป็นค่าออกซิเจนที่สามารถปรับได้สำหรับการทดลองนี้ โดยพบว่า ปริมาณความร้อนที่น้ำรับไปได้จากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมีแนวโน้มที่ลดลงน้อยกว่าการที่ไม่ควบคุมออกซิเจนส่วนเกิน เนื่องจากเมื่อทำการควบคุมออกซิเจนส่วนเกินให้มีปริมาณที่ลดลงจะทำให้ความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ที่ถูกพาออกไปพร้อมกับไอเสียนั้นลดลงตามไปด้วย ซึ่งเมื่อใช้น้ำมันเตาผสมน้ำในการเผาไหม้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและเมื่อควบคุมออกซิเจนส่วนเกินจะให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่าการไม่ควบคุมออกซิเจนส่วนเกินที่อัตราส่วนน้ำต่อเชื้อเพลิงเดียวกันดังแสดงในรูปที่ 4

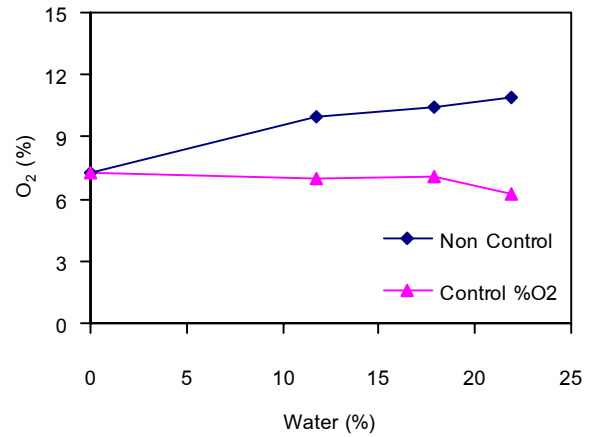


รูปที่ 3 แสดงค่าของพลังงานความร้อนที่น้ำในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนรับไว้

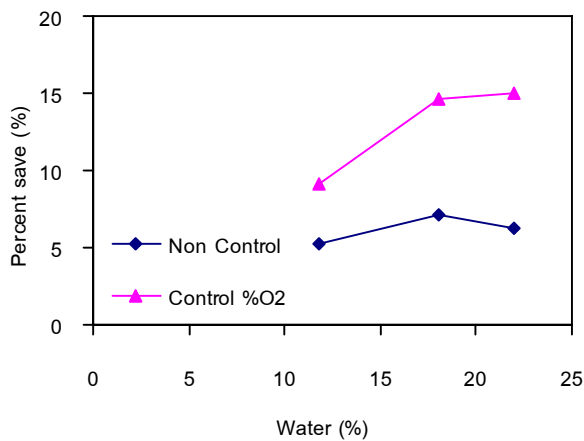
จากรูปที่ 5 แสดงเปอร์เซ็นต์การประหยัดเชื้อเพลิงซึ่งเมื่อใช้เชื้อเพลิงผสมน้ำ 11.8% ในการเผาไหม้จะทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเพิ่มขึ้นจาก 81.04% เป็น 85.49% เนื่องจากกระบวนการ micro-explosion ดังนั้นจะสามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้ 5.20% ในกรณีที่ไม่ควบคุมออกซิเจนส่วนเกิน และเมื่อควบคุมออกซิเจนส่วนเกินจะสามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้ 9.16% 14.68% และ 15.01% ที่เปอร์เซ็นต์ของน้ำต่างๆ ตามลำดับ แต่เปอร์เซ็นต์การประหยัดเชื้อเพลิงยังไม่ใช้ปัจจัยเดียวที่ทำการพิจารณาถึงปริมาณน้ำที่เหมาะสมที่ผสมในเชื้อเพลิง



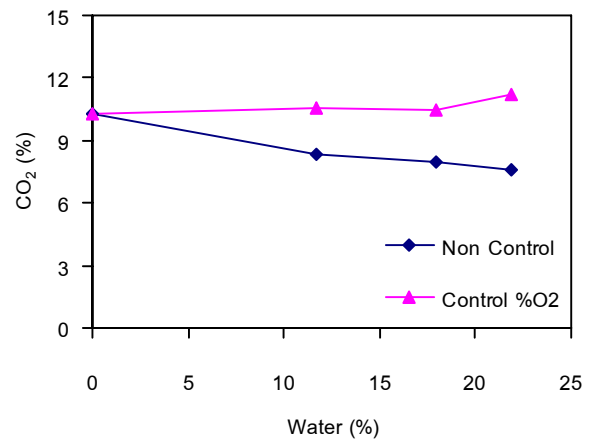
รูปที่ 4 แสดงประสิทธิภาพทางความร้อน



รูปที่ 6 แสดงค่า O₂ ในแก๊สไอเสีย



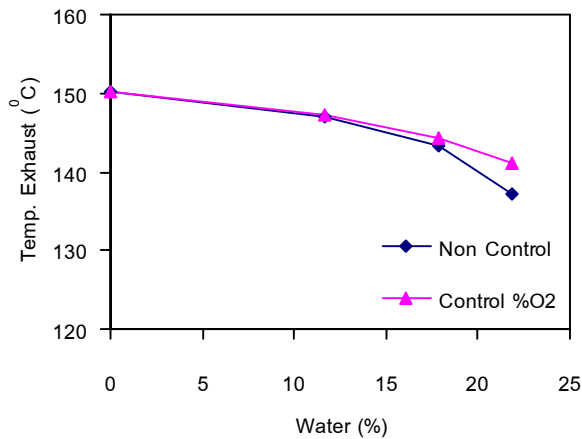
รูปที่ 5 แสดงเปอร์เซ็นต์การประหยัดเชื้อเพลิง



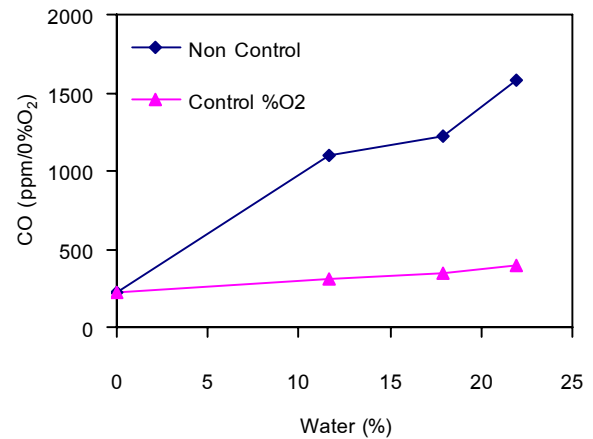
รูปที่ 7 แสดงค่า CO₂ ในแก๊สไอเสีย

อีกปัจจัยหนึ่งที่ต้องพิจารณาคือเรื่องของมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ จากรูปที่ 6 พบว่าค่าของออกซิเจนส่วนเกินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่ผสมอยู่ในเชื้อเพลิงมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากหมู่ OH ที่ผสมอยู่ในน้ำในกรณีที่ไม่มีการปรับแต่งหัวเผาเพื่อควบคุมออกซิเจนส่วนเกินและส่งผลให้ค่าของ CO₂ ซึ่งแปรผกผันกับออกซิเจนส่วนเกินมีแนวโน้มลดลงตามลำดับดังที่แสดงในรูปที่ 7 ซึ่งเมื่อทำการปรับลดปริมาณลมที่ป้อนให้กับหัวเผาเมื่อเปลี่ยนเชื้อเพลิงจากน้ำมันเตาล้วนเป็นน้ำมันเตาผสมน้ำแล้วออกซิเจนส่วนเกินที่เปอร์เซ็นต์น้ำต่างๆ จะอยู่ในช่วง 6-7% ซึ่งใกล้เคียงกับการใช้น้ำมันเตาล้วนเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ จากรูปที่ 8 ค่าของอุณหภูมิแก๊สไอเสียมีแนวโน้มลดลงเนื่องจากเมื่อใช้เชื้อเพลิงผสมน้ำอุณหภูมิการเผาไหม้จะมีค่าต่ำลง จากค่าความร้อนของเชื้อเพลิงที่ลดลงตามอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นของน้ำ ส่งผลให้ค่าของ NO_x ที่ออกซิเจนส่วนเกิน 0 เปอร์เซ็นต์ซึ่งเกิดบริเวณการเผาไหม้ที่มีอุณหภูมิสูงมีค่าลดลงจากตามลำดับดังที่แสดงในรูปที่ 9 เนื่องจากการเผาไหม้ของอิมัลชันนั้นจะทำให้มีอุณหภูมิของเปลวไฟต่ำลงอันเนื่องมาจากมีไอน้ำเป็นตัวช่วยรับความร้อนและเมื่อทำการควบคุมออกซิเจนส่วนเกินเมื่อเปลี่ยนเชื้อเพลิงเป็นน้ำมันเตาผสมน้ำจะ

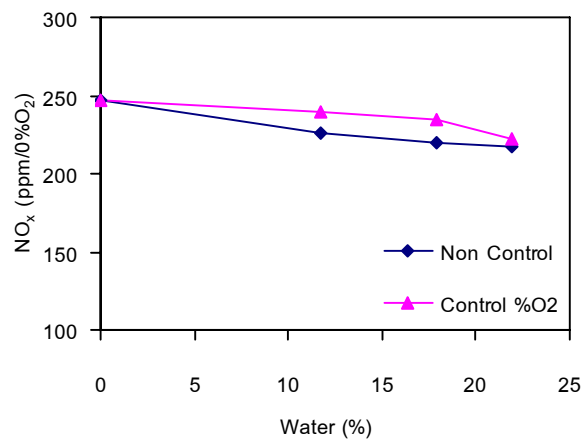
ทำให้อุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้สูงขึ้น ซึ่งเกิดจากการลดปริมาณลมที่ป้อนให้กับหัวเผา ทำให้เป็นการลดการสูญเสียความร้อนจากแก๊สไอเสีย ส่งผลให้ค่าของอุณหภูมิแก๊สไอเสียและ NO_x ที่ออกซิเจนส่วนเกิน 0 เปอร์เซ็นต์มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่มีการปรับแต่งหัวเผาเพื่อควบคุมออกซิเจนส่วนเกินที่เปอร์เซ็นต์น้ำในเชื้อเพลิงเดียวกัน จากรูปที่ 10 แสดงค่าของ CO ที่ออกซิเจนส่วนเกิน 0 เปอร์เซ็นต์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นของน้ำเนื่องจากน้ำที่ผสมอยู่ในเชื้อเพลิงทำให้อุณหภูมิการเผาไหม้มีค่าลดลงคาร์บอนจึงทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้ ไม่สมบูรณ์อีกทั้งน้ำที่ผสมอยู่ในเชื้อเพลิงทำให้ค่าความหนืดของเชื้อเพลิงมีค่าเปลี่ยนแปลงไป ส่งผลให้รูปร่างของเปลวไฟมีรูปร่างที่ไม่เหมาะสมกับห้องเผาไหม้เดิม ผลที่ได้นั้นจึงแสดงออกมาเป็นปริมาณของ CO นอกจากนั้นปริมาณ CO ของน้ำมันเตาผสมน้ำ 18.0% และน้ำมันเตาผสมน้ำ 22.0% โดยปริมาตร ยังมีปริมาณที่สูงเกินไปสำหรับการเผาไหม้ ส่วนในกรณีที่มีการควบคุมออกซิเจนส่วนเกิน ค่าของ CO มีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากเมื่อทำการควบคุมออกซิเจนให้อยู่ในช่วง 6-7% ปริมาณลมที่ส่งเข้าไปภายในห้องเผาไหม้จะลดลงเป็นการลดการสูญเสียความร้อนจากไอเสีย



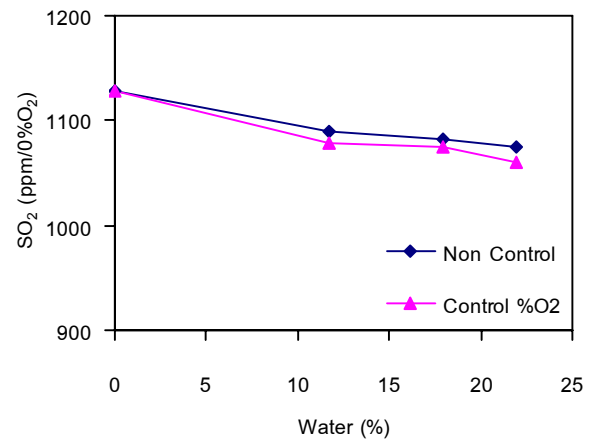
รูปที่ 8 แสดงอุณหภูมิแก๊สไอเสีย



รูปที่ 10 แสดงค่า CO ในแก๊สไอเสีย



รูปที่ 9 แสดงค่า NO_x ในแก๊สไอเสีย



รูปที่ 11 แสดงค่า SO₂ ในแก๊สไอเสีย

ทำให้อุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้สูงขึ้น ซึ่งไปหักล้างกับการที่ส่วนผสมของน้ำทำให้อุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ลดต่ำลง เมื่ออุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้สูงขึ้น ทำให้คาร์บอนในเชื้อเพลิงสามารถทำปฏิกิริยากับออกซิไดเซอร์กลายเป็น CO₂ ได้ดีขึ้นโดยพิจารณาจากค่าของ CO₂ ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับผลของการทดลองปรับออกซิเจนส่วนเกินกับไม่ปรับออกซิเจนส่วนเกินที่อัตราส่วนเชื้อเพลิงผสมน้ำเดียวกันดังที่แสดงในรูป 7 และอีกสาเหตุหนึ่งคือ เมื่อปรับปริมาณลมให้ลดลงแล้วสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ยังไม่ได้เผาไหม้หรือเผาไหม้ยังไม่สมบูรณ์ภายในห้องเผาไหม้จะถูกสันดาปและมีเวลาในการสันดาปมากขึ้น ค่าของ CO จึงมีปริมาณที่ลดลงอย่างเห็นได้ชัด ค่าของ SO₂ ที่ออกซิเจนส่วนเกิน 0 เปอร์เซ็นต์มีแนวโน้มลดลงตามอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นของน้ำดังแสดงในรูปที่ 11 เนื่องจากน้ำที่ผสมอยู่ในเชื้อเพลิงทำให้ซัลเฟอร์ที่อยู่ในเชื้อเพลิงมีปริมาณลดลง และเมื่อปรับแต่งหัวเผาเพื่อควบคุมอากาศส่วนเกินพบว่า SO₂ มีค่าลดลงเล็กน้อยที่เปอร์เซ็นต์น้ำในเชื้อเพลิงเดียวกันเนื่องจากการลดปริมาณออกซิเจนส่วนเกินจะเป็นการลดออกซิไดเซอร์ให้ซัลเฟอร์สันดาปกลายเป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้น้อยลง

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า ปริมาณน้ำที่เหมาะสมที่ผสมในเชื้อเพลิงสำหรับการทดลองนี้คือ 11.8% โดยปริมาตร โดยสามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้ 5.20% เมื่อไม่มีการปรับเปลี่ยนสถานะของหัวเผา ส่วนปริมาณไนโตรเจนออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีปริมาณลดลง แต่ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นเมื่อใช้เชื้อเพลิงผสมน้ำในการเผาไหม้ ควรจะลดปริมาณออกซิเจนส่วนเกินในระบบที่เพิ่มขึ้นจากหมู่ OH ของน้ำที่ผสมอยู่ในเชื้อเพลิงโดยการลดปริมาณลมที่ป้อนให้กับหัวเผา ซึ่งจะทำให้เป็นการลดการสูญเสียความร้อนจากแก๊สไอเสีย ทำให้อุณหภูมิการเผาไหม้สูงขึ้น ปริมาณของคาร์บอนมอนอกไซด์จึงมีค่าลดลงที่เปอร์เซ็นต์ของน้ำที่ผสมอยู่ในเชื้อเพลิงเดียวกัน นอกจากนั้นยังทำให้การประหยัดเชื้อเพลิงมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 5.20% เป็น 9.16% เมื่อมีการปรับแต่งหัวเผาเพื่อควบคุมอากาศส่วนเกิน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและบริษัท ไทย สตีมเซอร์วิส แอนด์ ซัพพลาย จำกัด ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณ สำหรับงานวิจัย ขอขอบคุณบริษัท SECA (Thailand) Co., Ltd. และ ศูนย์วิศวกรรมอุณหภาพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีที่ ให้การสนับสนุนเครื่องจักรในการทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

1. Allouis, C., L'Insalata, A., Fortunato L., Saponaro A., and Beretta F., 2006, Study of water-oil Emulsion in large pilot power plants for fine particle matter emission reduction, Experimental Thermal and Fluid Science 31 (2007) 421–426
2. Kadota, T., and Yamasaki H., Recent advances in the combustion of water fuel emulsion, Progress in Energy and Combustion Science 28 (2002) 385-404
3. Sheng H.Z., Chen L. and Wu C.K., 1995, The Droplet Group Micro-Explosions in W/O Diesel Fuel Emulsion Sprays, International Congress and Exposition, Detroit, Michigan
4. Yoshimoto, Y., Performance of DI Diesel Engines Fueled by Water Emulsions with Equal Proportions of Gas Oil-Rapeseed Oil blends and the Characteristics of the Combustion of Single Droplets, Society of Automotive Engineers, 2006-01-3364
5. Abu-Zaid M., Performance of single cylinder, Direct injection diesel engine using water fuel emulsions, Energy Conversion and Management 45 (2004) 697-705