รายงานการวิจัย

การศึกษาผลกระทบที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนในหัวเผาน้ำมันพืชใช้แล้ว

An investigation on the effect of heat transfer in waste vegetable oil burner.

สวพ. มทร.สุวรรณภูมิ

นางสาวนาตยา เจริญสุข

นายยุทธนา ศรีผา

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณจากเงินกองทุนส่งเสริมการวิจัย ปี พ.ศ. 2556

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

สวพ.
มทร.สุวรรณภูมิ

หัวข้องานวิจัย การศึกษาผลกระทบที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนในหัวเผาน้ำมันพืชใช้แล้ว
ชื่อนักวิจัย นางสาวนาตยา เจริญสุข
นายยุทธนา ศรีผา
สาขา วิศวกรรมเครื่องกล
คณะ วิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2556

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลกระทบที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนในหัวเผาน้ำมันพืชใช้แล้วเมื่อติดตั้งฉนวนกันความร้อนกับหัวเผาน้ำมันพืชที่ใช้แล้วโดยใช้เซรามิก ไฟเบอร์(Ceramic Fiber) เป็นฉนวนกันความร้อน ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อลดระยะเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงให้สั้นลงแต่ต้องสามารถประหยัดเชื้อเพลิงที่ใช้ในการอุ่นน้ำมัน จึงได้ทำการออกแบบความหนาของฉนวนเพื่อให้ความร้อนสูญเสียออกภายนอกน้อยที่สุด โดยจะศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ เช่น ขนาดของวงขดท่อ Vaporizer (Ring Vaporizer Diameter, RVD), ระยะห่างระหว่าง Flame Holder ถึงท่อVaporizer(GAP), อัตราการไหลของแก๊สแอลพีจี และอัตราไหลของน้ำมันที่มีผลต่อระยะเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิง ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหัวเผาเมื่อใช้วิธีการทดสอบแบบต้มน้ำเดือด(Water Boiling Test) จากการทดสอบพบว่า ช่วงเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงที่สั้นที่สุดในกรณีไม่ติดตั้งฉนวนที่ 60 วินาที เมื่อใช้อัตราการไหลแก๊สเท่ากับ 2.6 L/min และเสียค่าใช้จ่ายในการอุ่นน้ำมันต่อเดือน(30วัน วันละ 2 ครั้ง) เท่ากับ 7 บาท / เดือน ในกรณีที่ติดตั้งฉนวนที่ 50 วินาที เมื่อใช้อัตราการไหลแก๊สเท่ากับ 2.6 L/min และเสียค่าใช้จ่ายในการอุ่นน้ำมันต่อเดือน (30วัน วันละ 2ครั้ง) เท่ากับ 5 บาท / เดือน ประหยัดกว่ากัน 2 บาท / เดือน และได้ศึกษาขนาดของวงขดท่อVaporizer(Ring Vaporizer Diameter, RVD) ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหัวเผา จากการศึกษาพบว่า วงขดที่เหมาะสมต่อการทำงานคือขนาดวงขดที่Vaporizer เท่ากับ 70 มิลลิเมตรที่ระยะห่าง Flame Holder ถึงท่อ Vaporizer(GAP)เท่ากับ 10 มิลลิเมตร โดยมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนในกรณีที่ไม่ติดตั้งฉนวนอยู่ระหว่าง 27.69% - 34.57% เปรียบเทียบกับกรณีติดตั้งฉนวนอยู่ระหว่าง 30.13% - 38.04% ที่ย่านการทำงาน 4.0 kW - 6.2 kW

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัย การศึกษาผลกระทบที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนในหัวเผาน้ำมันพืชใช้แล้ว สำเร็จลุล่วงได้ ผู้จัดทำได้รับความอนุเคราะห์และช่วยเหลือจากบุคลากรหลายๆท่าน และสาขาวิศวกรรมเครื่องกลที่ให้ความอนุเคราะห์ครุภัณฑ์

ในการนี้ทางคณะผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณแผนกวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา และคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ที่ช่วยสนับสนุนงานวิจัยเงินงบประมาณผลประโยชน์ ปี พ.ศ. 2556

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานวิจัยนี้ มีคุณค่าและประโยชน์ทางด้านวิจัยแก่ผู้ที่ต้องการศึกษาข้อมูลต่อไป

คณะผู้จัดทำ

สิงหาคม 2556

สวพ.
มทร.สุวรรณภูมิ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ

กิตติกรรมประกาศ

สารบัญ

สารบัญภาพ

สารบัญตาราง

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 หลักการและเหตุผล 1

1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 1

1.3 วัตถุประสงค์ 3

1.4 ขอบเขตของการวิจัย 3

1.5 วิธีการวิจัย 3

1.6 ระยะเวลาและแผนดำเนินโครงการวิจัย 4

1.7 ประโยชน์ของงานวิจัย 6

1.8 แผนการใช้จ่ายเป็นงบประมาณ 8

บทที่ 2 ทฤษฎีและการวิเคราะห์ 8

2.1 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดลอง 8

2.2 ทฤษฎีการเผาไหม้ 12

2.3 ทฤษฎีการแลกเปลี่ยนความร้อน 17

2.4 ทฤษฎีฉนวนความร้อน 25

2.5 ทฤษฎีการไหลในท่อ 27

2.6 หลักการเลือกมาตรฐานการทดสอบ 28

2.7 ประสิทธิภาพเชิงความร้อน 29

บทที่ 3 การออกแบบและพัฒนาหัวเผาน้ำมันพืช 31

3.1 การออกแบบและพัฒนาหัวเผาน้ำมันพืช 31

3.2 การคำนวณหาความยาวและตำแหน่งในการติดตั้งท่อ Vaporizer 34

3.3 การคำนวณหาความหนาของฉนวน 41

สกพ. มหาสุวรรณภูมิ

3.4 หลักการทำงานของหัวเผาแบบฉีดเชื้อเพลิงร่วมเมื่อใช้เชื้อเพลิงน้ำมันปาล์ม
และใช้เชื้อเพลิงแก๊สแอลพีจี 43

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.5 การทดลองและหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหัวเผาน้ำมันพืช 45
บทที่ 4 ผลการทดลอง 49
4.1 บทนำ 49
4.2 ผลของระยะเวลาที่ใช้ในการอุ่นเชื้อเพลิง 49
4.3 ผลของการเปรียบเทียบระยะเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงกรณีที่เปิดน้ำมัน
เข้าไปจนเต็มท่อ Vaporizer ก่อน กับกรณีที่เปิดน้ำมันหลังการอุ่น 59
4.4 ผลของการศึกษาขนาดของวงขดท่อ Vaporizer ที่มีผลต่อประสิทธิภาพ
เชิงความร้อน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลน้ำมัน 61
4.5 ผลของการศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหัวเผาแบบฉีดเชื้อเพลิงร่วม
เมื่อใช้แก๊สแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงกับหัวเตาหุงต้มรุ่น KB7 63
4.6 ผลการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายต่อเวลากับค่าความร้อนที่ป้อนเข้า 64
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 65
5.1 สรุปผล 65
5.2 ข้อเสนอแนะ 66
เอกสารอ้างอิง 68

สกษ. มหาวิทยาลัย

สวพ.
มหว.สุวรรณภูมิ

บทที่ 1
บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

จากการที่สำนักงานนโยบายและแผนพลังงานได้ออกประกาศคณะกรรมการนโยบายพลังงาน ฉบับที่ 55 ปี พ.ศ. 2551 เกี่ยวกับการกำหนดราคาแก๊สแอลพีจี (LPG) ให้ปรับราคาขายส่งแก๊สปิโตรเลียมเหลว ซึ่ง ณ ปัจจุบันรัฐบาลได้มีมาตรการตรึงราคาแต่ถ้าหลังสิ้นสุดมาตรการดังกล่าวแล้วพบว่าราคาแก๊สหุงต้มก็มีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นทั้งนี้ก็ย่อมที่จะส่งผลกระทบต่อ ภาคครัวเรือนที่จะแบกรับค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น ทำให้นักวิทยาศาสตร์ วิศวกร นักวิจัย จึงให้ความสำคัญในการศึกษาค้นคว้าเรื่องพลังงานทดแทนเพื่อช่วยลดปัญหาดังกล่าว สำหรับในภาคครัวเรือนพบว่ามีปริมาณน้ำมันที่เหลือใช้จากการประกอบอาหาร เช่น น้ำมันที่เหลือจากการทอดซึ่งต้องใช้น้ำมันในปริมาณมากๆ ซึ่งในแต่ละวันจะมีน้ำมันที่เหลือใช้จำนวนมาก และน้ำมันที่เหลือใช้เหล่านี้จะถูกนำไปทอดซ้ำหลายครั้งหรือถูกขายต่อในราคาที่ถูก เพื่อนำน้ำมันเหล่านี้ไปผ่านกระบวนการเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ สิ่งต่างๆเหล่านี้ล้วนเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคทั้งสิ้นไม่ว่าจะเป็นทางตรงหรือทางอ้อม

ผู้จัดทำมีความสนใจที่จะนำเอาหัวเผาน้ำมันก๊าด (Kerosene Burner) ซึ่งเป็นการผสมกันระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศก่อนเข้าการเผาไหม้ (Premixed Combustion) มาทำการปรับปรุงและพัฒนาให้สามารถใช้ได้กับน้ำมันพืชที่ใช้แล้วโดยใช้หลักการแลกเปลี่ยนความร้อนทั้งนี้ชุดหัวเผาดังกล่าวได้ถูกออกแบบขึ้นเพื่อให้สามารถนำใช้ได้ในครัวเรือนหรืออุตสาหกรรมภาคครัวเรือน อุตสาหกรรมขนาดเล็กทั้งก็เพื่อลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแก๊สแอลพีจี

1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นพพร พลมาตย์ (2545) ได้ศึกษาการทดลองของการเผาไหม้เชื้อเพลิงเหลวโดยใช้วัสดุพรุน ซึ่งวัสดุพรุนที่ใช้ทำจากสแตนเลสทำหน้าที่เป็นตัวส่งเสริมการระเหยของเชื้อเพลิงเหลวให้กลายเป็นไอ เพื่อเตรียมที่จะผสมกับอากาศที่ป้อนเข้าในห้องเผาไหม้แบบสามทางในลักษณะหมุนวนจนเกิดการเผาไหม้ การป้อนน้ำมันจะใช้วิธีการหยดแทนการทำให้เป็นฝอยซึ่งจะไม่ต้องใช้หัวฉีดที่ความดันสูงและยังทำการติดตั้งวัสดุพรุนก้อนหินทางด้านล่างของเตาเผาไหม้เพื่อทำหน้าที่ดูดซับความร้อนส่วนหนึ่งจากแก๊สไอเสีย

สำนักวิทยบริการฯ

แล้วเปลี่ยนเป็นการแผ่รังสีความร้อนกลับเข้าสู่ห้องเผาไหม้เพื่อช่วยในการระเหยและการเผาไหม้อีกต่อหนึ่ง จากการทดลองพบว่าเตาเผาสามารถทำงานได้ดีที่ค่าอัตราการป้อนเชื้อเพลิง 9.15 กิโลวัตต์ อัตราส่วนสมมูล 0.52 ความหนาเชิงแสง 19.83 ระยะห่าง 80 มิลลิเมตร สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีความร้อน 0.074 เมตร ความถี่ของตาข่ายวัสดุพรุน 30 เมตรต่อนิ้วและให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์และออกไซด์ของไนโตรเจนที่ต่ำคือ 136 และ 121 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับวัสดุพรุนกับการเผาไหม้เชื้อเพลิงเหลวอย่างง่ายแบบใหม่แทนหัวเผาดั้งเดิมในอนาคตได้เป็นอย่างดี

สุรชัย จึงจตุพรชัย (2546) ได้ศึกษาหัวเผาน้ำมันพืชที่ผ่านการใช้แล้วมาเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งทำการศึกษาในเรื่องของอัตราการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่อัตราการไหลต่างๆที่มีผลต่อ ระยะเวลาในการอุ่นหัวเผา การกระจายอุณหภูมิ การเกิดเขม่าควัน ประสิทธิภาพเชิงความร้อน โดยเปรียบเทียบกับหัวเผาแก๊สในปัจจุบัน โดยช่วงแรกของการทำงานต้องใช้แก๊สแอลพีจีมาให้ความร้อนกับน้ำมันปาล์มที่อยู่ในแอ่งกะทะเพื่อให้กลายเป็นไอและสามารถลุกไหม้ได้ในช่วงแรกของการทำงาน ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้จะถูกนำไปให้ความร้อนกับแอ่งกะทะแทนที่แก๊สแอลพีจี หลังจากนั้นหัวเผาก็จะสามารถลุกไหม้ได้ด้วยตัวเอง จากการทดลองพบว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหัวเผาแก๊สมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่สูงกว่าหัวเผาน้ำมันพืชอยู่ประมาณ 10.88% ถึง 27.03% การอุ่นหัวเผาน้ำมันพืชนั้นต้องใช้อัตราการไหลของแก๊สแอลพีจี ที่ 1.018 ลิตรต่อนาทีโดยใช้เวลาที่ 2.22 นาที ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมที่สุด ส่วนการเกิดเขม่าของหัวเผาน้ำมันพืชนั้นจะเห็นว่าที่ระยะห่างเตา 1 เซนติเมตร นั้นจะเกิดเขม่าบริเวณก้นภาชนะที่ทำการทดสอบนั้นมากที่สุดรองลงมาคือที่ระยะห่างเตา 1.5 เซนติเมตร 2 เซนติเมตร 2.5 เซนติเมตร 3 เซนติเมตรและ 4 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าใช่จ่ายกับค่าความร้อนที่ป้อนที่ภาระความร้อนเท่ากันหัวเผาน้ำมันพืชจะมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่า

อรรณพ ผาบเพ็ง (2547) ได้ศึกษาเชิงทดลองของหัวเผาแบบพรุน โดยใช้น้ำมันพืชที่ยังไม่ผ่านการใช้งานและน้ำมันพืชที่ผ่านการใช้งานแล้วมาเป็นเชื้อเพลิงและใช้เซรามิคที่เป็นส่วนประกอบจากอลูมิน่าทรงก้อนกลมมาเป็นตัวกลางในการกระจายความร้อนซึ่งถูกบรรจุไว้ในห้องเผาโดยเริ่มจากความสูงที่ 50 มิลลิเมตรจนถึง 400 มิลลิเมตรจากฐานของหัวเผา ทำการอุ่นวัสดุพรุนด้วยแก๊สแอลพีจีจนกระทั่งมีอุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียสจึงปล่อยน้ำมันพืชเข้าไป ทำการศึกษาอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในห้องเผาไหม้และปรับเปลี่ยนอัตราการจ่ายเชื้อเพลิง พบว่าชั้นความหนาของวัสดุพรุนที่มีความหนาเท่ากับ 50 มิลลิเมตรถึง

150 มิลลิเมตร อัตราการระเหยกลายเป็นไอของเชื้อเพลิงที่จ่ายเข้าไปเกิดขึ้นได้น้อยกว่าอัตราการไหลของเชื้อเพลิง ทำให้ไม่สามารถติดไฟได้แต่ที่ความหนา 200 มิลลิเมตรเป็นต้นไปจะสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง อัตราการจ่ายเชื้อเพลิงเท่ากับ 0.556กรัมต่อนาที อัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 0.4 อุณหภูมิภายในหัวเผาเกิดขึ้นสูงสุดเทากับ 180 องศาเซลเซียส ความยาวเปลวไฟสูงสุดที่ 20 เซนติเมตร มลภาวะที่เกิดจากการเผาไหม้มีค่าตั้งแต่ 20-620 มิลลิกรัมต่อลิตร

สุรพันธ์ ธงไชยะ (2548) ได้ศึกษาเชิงทดลองการเผาไหม้ของน้ำมันปาล์มโดยได้ทดลองนำเอาเทคนิคทั้ง 2 วิธี คือการเผาไหม้ภายในชั้นวัสดุพรุนแบบก้อนกลมร่วมกับเทคนิคการเผาไหม้แบบขั้น การทดลองได้ทำการปล่อยน้ำมันปาล์มลงบนวัสดุพรุนแบบก้อนกลมที่บรรจุอยู่ในหัวเผาทรงกระบอกและแบ่งอากาศออกเป็น 2 ส่วนหรือมากกว่า ส่วนแรกป้อนเข้าตามแนวแกน ส่วนที่สองป้อนเข้าตามแนวรัศมีทำให้เกิดการเผาไหม้ซ้ำในอากาศส่วนที่สองทำการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของเชื้อเพลิงและอัตราส่วนสมมูล จากการทดลองพบว่าการเผาไหม้แบบขั้นสามารถลดอุณหภูมิให้ต่ำลงได้ 10% ไม่เกิด hot spot และออกไซด์ของไนโตรเจนลดลง 15% แต่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีแนวโน้มสูงขึ้นที่อัตราการไหลของเชื้อเพลิง 15 ซีซีต่อนาที อัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 0.3

1.3 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาปัจจัยในการออกแบบชุดVaporizer และตำแหน่งในการติดตั้งชุดอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อน
2. สร้างระบบชุดอุ่นเชื้อเพลิงโดยใช้หลักการหัวเผาร่วม
3. ศึกษาและทดสอบสมรรถนะด้านการใช้งานของหัวเผาเทียบกับประสิทธิภาพของหัวเผาที่ใช้แก๊สหุงต้ม

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาพื้นที่รับความร้อนของอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อนที่แตกต่างกัน 3 ขนาด และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อทองแดงเท่ากับ 5 มิลลิเมตร,7 มิลลิเมตร และ 10 มิลลิเมตร
2. พัฒนาชุดอุ่นเชื้อเพลิงของหัวเผาน้ำมันพืชใช้แล้วให้สามารถใช้ร่วมกับเชื้อเพลิง แก๊สแอลพีจีที่อัตราการไหลของแก๊สต่ำ

สุพ มหา.สุวรรณภูมิ

3. ทดสอบสมรรถนะด้านการใช้งานของหัวเผา อิงตามมาตรฐาน Water Boling Test เพื่อเปรียบเทียบกับสมรรถนะของหัวเผาที่ใช้แก๊สหุงต้ม

1.5 วิธีการวิจัย

วิธีการดำเนินงาน (Methodology) แบ่งขั้นตอนการทำงานออกเป็น 2 ส่วน โดยมีขั้นตอน **เตรียมข้อมูลและ ทดสอบระบบและออกแบบระบบควบคุม** สามารถอธิบายการดำเนินงานดังนี้

1.5.1 เตรียมข้อมูล โดยการศึกษาถึงแนวคิด อุปกรณ์การแลกเปลี่ยนความร้อนในหัวเผาน้ำมันชนิดผสมกับอากาศก่อนการเผาไหม้โดยใช้หลักการเชื้อเพลิงร่วม รวมถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากน้ำมันพืชใช้แล้ว

1. การศึกษาและค้นคว้าหาข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
2. ออกแบบเชิงแนวคิด อุปกรณ์ทดสอบ
3. สร้างอุปกรณ์ทดสอบ ประกอบด้วย ระบบวงจรการทำงานของหัวเผา ชุดVaporizer

1.5.2 ทดสอบและวิเคราะห์ผล โดยทำการทดสอบระยะเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงที่ส่งผลต่อการระเหยกลายเป็นไอที่เกิดจากการแลกเปลี่ยนความร้อนในชุด Vaporizer เพื่อตำแหน่งและขนาดของชุด Vaporizer ที่เหมาะสม จากนั้นทำการสมรรถนะด้านการใช้งานของหัวเผา อิงตามมาตรฐาน Water Boling Test เพื่อเปรียบเทียบกับสมรรถนะของหัวเผาที่ใช้แก๊สหุงต้ม

1.6 ระยะเวลาและแผนดำเนินโครงการวิจัย

ระยะเวลาและแผนดำเนินโครงการวิจัยนี้แบ่งเป็น 2 ช่วงสำหรับดำเนินงานวิจัยกิจกรรมการดำเนินการในทุกๆ 1 เดือน (Gantt chart) สามารถแสดงได้ในตารางผลงานในแต่ละช่วงเวลาแผนการทำงานตลอดโครงการ 11 เดือน ตามปีงบประมาณ 2556 ดังนี้

สวพ. มทร.สุวรรณภูมิ

กิจกรรม (ปีงบประมาณ/2556)	กิจกรรม ปี 2555- 2556											
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
1.6.1 เตรียมข้อมูลและสร้างแบบจำลอง												
1) การศึกษาและค้นคว้าหาข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	↔											
2) ออกแบบเชิงแนวคิด แบบจำลองและอุปกรณ์		↔	↔									
3) สร้างอุปกรณ์ทดสอบ พร้อมทำการทดสอบ				↔	↔	↔						
1.6.2 ทดสอบระบบและออกแบบระบบควบคุม												
4) ทดสอบระบบการทำงานของหัวเผา							↔	↔				
5) แก้ไขข้อบกพร่องอุปกรณ์							↔	↔				
6) ทดลองและวิเคราะห์ผลการทดสอบ									↔	↔		
7) สรุปงาน ปิดบัญชี											↔	
8) ทำรายงานฉบับสมบูรณ์												↔

สวพ. มทร.สุวรรณภูมิ

1.7 ประโยชน์ของงานวิจัย

1. ได้เตาหุงต้มในครัวเรือนที่ใช้พลังงานทางเลือกเป็นเชื้อเพลิงเพื่อลดการใช้เชื้อเพลิงแก๊สแอลพีจี
2. ลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแก๊สแอลพีจีในการอุ่นน้ำมันพืชให้กลายเป็นไอ
3. นำน้ำมันพืชที่เหลือจากการใช้แล้วมาใช้เป็นพลังงานทางเลือก เพื่อลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแก๊สแอลพีจี
4. ลดค่าใช้จ่ายในการประกอบอาหารและยังทำให้เกิดสุขโภชนาการที่ดีขึ้นเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้งานต่อไปในอนาคต

สวพ.
มทร.สุวรรณภูมิ

1.8 แผนการใช้จ่ายเป็นงบประมาณ

งบประมาณทั้งโครงการ 30,000 บาท ในเวลา 12 เดือน

การค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานตามโครงการวิจัยสำหรับวงเงินที่ได้รับในปีงบประมาณ พ.ศ. 2556

รายการ	วงเงิน งปม.	ต.ค.-ธ.ค.	ม.ค.-มี.ค	เม.ย.-มิ.ย.	ก.ค.-ก.ย.
งบบุคลากร	-	-	-	-	-
งบดำเนินการ 27,000					
ค่าจ้างเหมาสำรวจข้อมูลเบื้องต้น	1,000	1,000			
ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องทดสอบ	15,000		15,000		
ค่าจ้างเหมาในการติดตั้งระบบ	2,000		2,000		
ค่าเช่าเครื่องมือวัด	4,000				
ค่าจ้างพิมพ์เอกสารและเข้าเล่ม	1,500				
ค่าวัสดุสำนักงาน เช่น CD กระดาษ หมึกพิมพ์ ฯลฯ	3,500				
เงินสมทบ มทร.สว 5%	1,500	1,500			
เงินสมทบ วิจัย 5%	1,500	1,500			
รวมเงิน	**30,000**	4,000	17,000		

มทร.สุวรรณภูมิ สวพ.

บทที่ 2
ทฤษฎีและการวิเคราะห์

ในการออกแบบและทำการพัฒนาหัวเผาน้ำมันพืชจากหัวเผาน้ำมันก๊าดแบบที่มีการ ผสมกันระหว่างอากาศและเชื้อเพลิงก่อนการเผาไหม้จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการศึกษาปัจจัย และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับหัวเผาน้ำมันพืช เนื่องจากว่าเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบเป็นน้ำมันปาล์มใช้แล้วที่มีความหนืดและอุณหภูมิติดไฟสูงจึงจำเป็นจะต้องให้ความร้อนกับน้ำมันเพื่อให้น้ำมันเกิดการแตกตัวและระเหยเป็นไอก่อนการเผาไหม้ ซึ่งจะต้องอาศัยหลักการพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนไปยังชุดอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำมันกับความร้อนจากแก๊สแอลพีจี ดังนั้นจึงทำการศึกษาหัวเผาที่มีการทำวิจัยมาในอดีตและปัจจัยที่สร้างผลกระทบต่อการออกแบบส่วนประกอบของหัวเผา เพื่อให้ทราบถึงคุณสมบัติส่วนต่างๆ ที่สร้างผลกระทบต่อหัวเผาน้ำมันพืชในขณะที่หัวเผามีการใช้งานในแต่ละลักษณะ เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาหัวเผาให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

2.1 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดลอง

ในภาคธุรกิจและภาคอุตสาหกรรม เชื้อเพลิงเหลวเป็นเชื้อเพลิงที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งนี้เพราะความสะดวกตลอดจนเรื่องของความสะอาด และการให้ค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงที่สูงซึ่งเชื้อเพลิงเหลวที่ใช้ส่วนใหญ่จะได้จากผลิตภัณฑ์การกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม เช่น น้ำมันเบนซิน, น้ำมันก๊าด, น้ำมันดีเซล เป็นต้น และยังมีเชื้อเพลิงเหลวที่ได้จากกรรมวิธีการผลิต ถ่านหินหรือพืชผลทางการเกษตร เช่น จากการผลิตแอลกอฮอล์หรือจากการสกัดน้ำมันจากเมล็ด สบู่ดำ ฯลฯ ซึ่งก็ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการในปัจจุบัน คุณสมบัติต่างๆ ของเชื้อเพลิงเหลวสามารถกำหนดได้โดยวิธีการทดสอบที่ระบุโดยมาตรฐานต่างๆได้ เช่น

ความหนืด (Viscosity) คือ ความต้านทานการไหลของของไหล ของไหลที่มีความหนืดสูงจะมีค่าความต้านทานต่อการไหลสูง ของไหลที่มีความหนืดต่ำจะมีความต้านทานการไหลต่ำ ซึ่งความหนืดของน้ำมันมีอิทธิพลต่อรูปร่างของน้ำมันที่ฉีดออกมาจากหัวฉีด ความหนืดน้ำมันเชื้อเพลิงจะมีค่าลดลงตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น หากน้ำมันมีความหนืดสูงจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการแตกตัวเป็นฝอยละอองของน้ำมัน

จุดวาบไฟ (Flash point) คือ จุดที่อุณหภูมิต่ำสุดของของเหลวที่ไอของมันเกิดติดไฟและดับทันที เมื่อไอน้ำมันสัมผัสกับเปลวไฟจากภายนอก ทดสอบได้โดยการให้ความร้อนกับน้ำมันพอถึงจุดๆหนึ่งจะเกิดเปลวไฟกวาดไปบนพื้นผิวหน้าของน้ำมันวาบหนึ่งแล้วก็ดับ

จุดติดไฟ (Fire point) คือ อุณหภูมิต่ำสุดที่ไอน้ำมันเกิดติดไฟและติดอยู่ได้ไม่ต่ำกว่า 5 วินาที ซึ่งอุณหภูมิจะสูงกว่าจุดวาบไฟเล็กน้อย

สวพ. มหาวิทยาลัยสุรนารี

ค่าความร้อนจำเพาะของเชื้อเพลิง (Specific heat of fuel) คือ ปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำมัน 1 หน่วย มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียสที่สภาวะความดันคงที่หรือปริมาตรคงที่ ซึ่งเป็นอุณหภูมิจำเฉพาะของสารแต่ละชนิดโดยสามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือค่าความร้อนจำเพาะโดยปริมาตรคงที่ (C_V) และค่าความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่ (C_P) โดยค่าความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่จะมีค่ามากกว่าค่าความร้อนจำเพาะโดยปริมาตรคงที่ (C_V) เสมอ เนื่องจากในกระบวนการความดันคงที่จะต้องมีการใช้พลังงานเพื่อทำให้ระบบเกิดการขยายตัวในขณะที่กระบวนการปริมาตรคงที่ไม่มีความต้องการพลังงานส่วนนี้ ซึ่งความสำพันธ์ระหว่าง C_V และ C_P ดังนี้

$$\Delta H = mC_p\Delta T \quad (2.1)$$

$$\Delta U = mC_v\Delta T \quad (2.2)$$

เมื่อ H คือ เอลทาลปี (Enthalpy) ของสาร, kJ

U คือ พลังงานภายใน (Internal Energy), kJ

m คือ มวลของสาร, kg

ในการทดสอบหาค่าความจุความร้อนของน้ำมันพืชเป็นการทดสอบแบบปริมาตรคงที่และไม่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะ ดังนั้นค่า C_P และ C_V จึงเท่ากัน จะได้ว่า

$$\Delta Q = \Delta U$$

$$\Delta U = \Delta H$$

$$\Delta Q = \Delta H$$

เพราะฉะนั้น

$$\Delta Q = mC_p\Delta T \quad (2.3)$$

เมื่อ Q คือ พลังงานความร้อนที่สารได้รับ, kJ

สวพ. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

2.1.1 คุณสมบัติของแก๊ส LPG (Property of LPG)

แก๊สแอลพีจี (Liguefied Petroleum Gas) หรือแก๊สหุงต้มได้มาจากการแยกส่วนประกอบของก๊าซธรรมชาติและน้ำมันดิบ ซึ่งประกอบด้วยก๊าซโพเพนและบิวเทนเป็นองค์ประกอบหลักในอัตราส่วน 60:40 ก๊าซทั้งสองชนิดดังกล่าวนี้สามารถนำมาแยกเป็นแก๊สหุงต้มได้ โดยนำก๊าซธรรมชาติมาผ่านกระบวนการแยกก๊าซในโรงแยกก๊าซ เนื่องจากแก๊สแอลพีจีมีจุดเดือดที่ต่ำมากที่ความดันบรรยากาศจะมีสถานะเป็นแก๊ส แต่จะถูกอัดให้อยู่ในสถานะของเหลวภายในถังที่มีความดันสูง ในการใช้งานเมื่อแก๊สแอลพีจีถูกปล่อยออกจากถังบรรจุด้วยคุณสมบัติที่หนักกว่าอากาศ ไม่มีสี ไม่มีกลิ่นและไม่มีรส ดังนั้นหากเกิดการรั่วจะกระจายลงสู่ที่ต่ำหากผสมกับอากาศและมีประกายไฟอาจเกิดอุบัติเหตุไฟไหม้เกิดขึ้นได้ ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยจึงต้องเติมสารประกอบที่มีกลิ่นลงไปซึ่งเป็นสารจำพวกเมอร์แคปแทน (Mercaptan) ซึ่งแก๊สแอลพีจีจะมีคุณสมบัติที่สำคัญตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณสมบัติของแก๊ส LPG (บุญส่ง เพ็ชรน้อย, 2549)

Properties of LPG		*Unit*
(Propane C_3H_8:Butane C_4H_{10})	60:40	*% (Vol.)*
จุดเดือด	-50 - 0	$^{\circ}C$
ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity, @air= 1 at 1 atm)	1.80	-
Heating value (Net) at $25^{\circ}C$	51.88 102.06	*MJ/kg* MJ/m^3
อุณหภูมิจุดระเบิดในอากาศ	*>400*	$^{\circ}C$

สวพ. มหาสารคาม

2.1.2 คุณสมบัติของน้ำมันปาล์ม (Property of Palm Oil)

คุณสมบัติของน้ำมันปาล์มที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหัวเผาต้องคำนึงถึงองค์ประกอบสำหรับการเผาไหม้เช่น คุณสมบัติการจุดติดไฟ จุดเกิดควัน เป็นต้น ซึ่งในโครงงานนี้ได้เลือกน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้งานแล้วมาใช้ในการทดสอบ เนื่องจากหาได้ง่ายและราคาถูก เป็นที่นิยมใช้กันในท้องตลาด ค่าความร้อนจากการเผาไหม้นั้นอยู่ที่ 36295 kJ/kg คุณสมบัติของน้ำมันปาล์มที่แสดงอยู่นี้ได้ผ่านการวิเคราะห์จากกรมวิทยาศาสตร์บริการโดยมีผลของค่าต่างๆ ดังนี้

ตารางที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติของน้ำมันปาล์มที่ใช้แล้ว (บุญส่ง เพ็ชรน้อย, 2549)

น้ำมันปาล์ม	ยังไม่ได้ใช้	ใช้แล้ว % (ทอดปลาท่องโก๋)	*หน่วย*
Gross heat of combustion	9386	9247	*Cal/g*
Sulphur	0.01	0.01	*%(mass)*
Carbon	76.4	75.6	*%(mass)*
Hydrogen	11.4	11.3	*%(mass)*
Nitrogen	0.19	0.19	*%(mass)*
Oxygen	12.0	12.9	*%(mass)*
Ash	*0.006*	*0.005*	*%(mass)*

ส่วนคุณสมบัติทางกายภาพอื่นๆ เช่น ความถ่วงจำเพาะ ความหนาแน่น ความหนืด ฯลฯ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันปาล์ม (บุญส่ง เพ็ชรน้อย, 2549)

Properties of Palm oil		Unit	*Standard*
Cetane Number	50	-	*ASTM D-613*
Specific gravity at 15.6 °C	0.92	-	*ASTM D-1298*
Viscosity at 40 °C	40.9	cSt	*ASTM D-445*
Flash point	>300	°C	*ASTM D-93*
Water and sediment	traces	%	*ASTM D -2709*
Specific heat at 35°C *40°C*	*1.58* *2.09*	*J/g. °C* *J/g. °C*	*กรมวิทยาศาสตร์บริการ*

สวพ. มทร.สุวรรณภูมิ

(ก) (ข)

รูปที่ 2.1 (ก) ลักษณะของน้ำมันปาล์มที่ใช้งานแล้ว (ข) น้ำมันปาล์มที่ยังไม่ได้ใช้งาน

2.2 ทฤษฎีการเผาไหม้

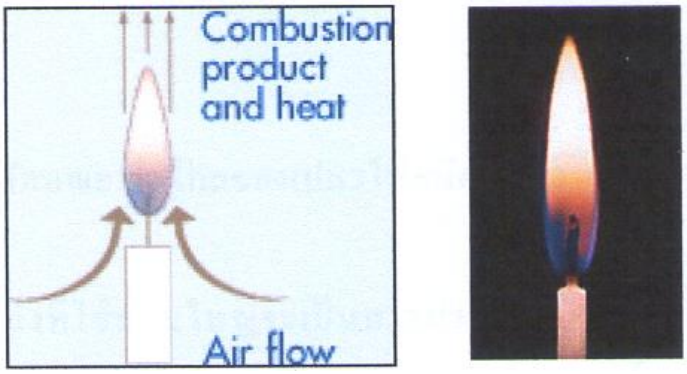
การเผาไหม้ หมายถึงปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วระหว่างเชื้อเพลิงกับออกซิเจนโดยที่พลังงานเคมีสะสมอยู่ในโมเลกุลของเชื้อเพลิงจะถูกปลดปล่อยออกมาในรูปของพลังงานความร้อน สำหรับเชื้อเพลิงที่ใช้ส่วนมากจะเป็นสารประกอบของไฮโดรคาร์บอน ซึ่งจะมีคาร์บอนและออกซิเจนเป็นหลัก ส่วนตัวออกซิไดซ์มักจะเป็นอากาศซึ่งประกอบด้วย ไนโตรเจน ออกซิเจน อาร์กอนที่เหลือเป็นองค์ประกอบอื่นๆ เราจึงนำความร้อนที่ได้ไปใช้ประโยชน์ต่อไป

2.2.1 การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเหลว

ในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเหลวให้มีประสิทธิภาพนั้น จำเป็นที่จะต้องทำให้เชื้อเพลิงเหลวแตกตัวเป็นละอองที่เล็กมากเสียก่อน ทั้งนี้เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวต่อปริมาตรให้สูงขึ้น เป็นการส่งเสริมการถ่ายโอนความร้อนจากบรรยากาศร้อนโดยรอบละอองสู่ผิวละออง ทำให้การระเหยเป็นไปอย่างรวดเร็ว โดยการกระจายของไอน้ำมันอย่างสม่ำเสมอและได้ผสมคลุกเคล้าของไอน้ำมันกับออกซิไดเซอร์อย่างเป็นเนื้อเดียวกันทำให้การเผาไหม้เป็นไปอย่างรวดเร็วและสมบูรณ์

2.2.1.1 เปลวไฟชนิดแพร่ (Diffusion Flame)

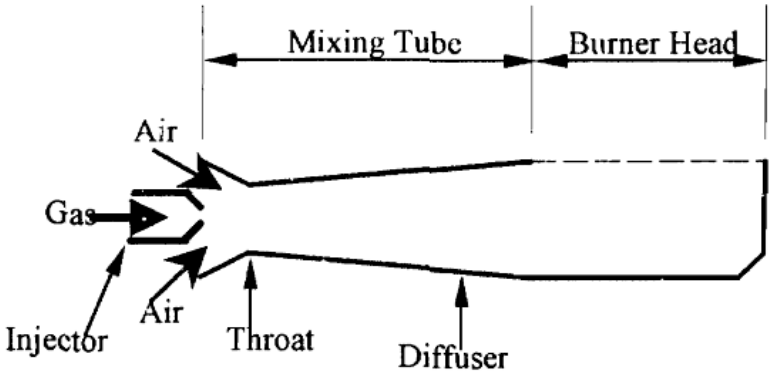
เปลวไฟชนิดแพร่ของเชื้อเพลิงเกิดจากออกซิไดเซอร์แยกเป็นอิสระ ต่อกันแล้วผสมรวมกับน้ำมันเชื้อเพลิงพร้อมกับกำหนดให้มีการติดไฟอย่างทันทีทันใด เปลวไฟจะเกิดขึ้นบริเวณชั้นขอบเขตระหว่างเชื้อเพลิงและออกซิไดเซอร์ เช่น เปลวไฟจากเทียนไข เปลวไฟจากตะเกียง เป็นต้น ส่วนในเตาอุตสาหกรรมเป็นเปลวไฟชนิดแพร่ที่กิดจากการพ่นเชื้อเพลิงเหลวโดยการสเปรย์เป็นละอองที่ละเอียดมากเข้าสู่อากาศที่ร้อน ซึ่งจะทำให้ละอองน้ำมันเชื้อเพลิงระเหยกลายเป็นไอได้อย่างรวดเร็วแล้วตามด้วยการเผาไหม้เมื่อมีสภาวะที่เหมาะสมบางประการเข้ามาเกี่ยวข้องจนทำให้เกิดการเผาไหม้ขึ้น



รูปที่ 2.2 ลักษณะกลไกลของเปลวไฟชนิดแพร่ (บุญส่ง เพ็ชรน้อย, 2549)

2.2.1.2 เปลวไฟชนิดผสมอากาศก่อนการเผาไหม้ (Premixed Flame)

เปลวไฟชนิดผสมอากาศก่อนการเผาไหม้เป็นเปลวไฟที่เกิดจากการเผาไหม้ของส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับออกซิไดเซอร์จนเป็นเนื้อเดียวกัน ก่อนที่จะมีการเผาไหม้เกิดขึ้น ในเปลวไฟชนิดผสมอากาศก่อนการเผาไหม้นี้จลน์ของปฏิกิริยาเคมี การแพร่ของความร้อน และการถ่ายโอนมวลมีบทบาทสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่ากัน ทำให้คุณสมบัติการเผาไหม้แตกต่างไปจากเปลวไฟชนิดแพร่ เปลวไฟชนิดผสมอากาศก่อนการเผาไหม้นี้ยังแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ เปลวไฟอยู่กับที่ (Stationary Flame) และเปลวไฟแบบลามเคลื่อนที่ (Propagating Flame)



รูปที่ 2.3 ลักษณะกลไกลของเปลวไฟชนิดผสมอากาศก่อนการเผาไหม้

สำหรับเชื้อเพลิงที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งมีคาร์บอนและไฮโดรคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก การเผาไหม้ที่สมบูรณ์จะแสดงด้วยสมการสูตรสำเร็จของระบบ CHON-เชื้อเพลิง-อากาศ (บุญส่ง เพ็ชรน้อย, 2549)

$$C_U H_V O_w N_x S_y + \left(u + \frac{v}{4} - \frac{w}{2} + y \right)(O_2 + 3.76N_2) \rightarrow uCO_2$$

$$+ \frac{v}{2} H_2O + ySO_2 + \left[3.76\left(u + \frac{v}{4} - \frac{w}{2} + y \right) + \frac{x}{2} \right] N_2 \quad (2.4)$$

สมการการเผาไหม้ของก๊าซแอลพีจี (60%Propane; 40%Butane)

$$C_{3.4}H_{8.8} + 5.6O_2 + 21.06N_2 \rightarrow 3.4CO_2 + 4.4H_2O + 21.06N_2 \quad (2.5)$$

สมการการเผาไหม้ของน้ำมันปาล์มใช้แล้ว

$$C_{0.343}H_{0.612}O_{0.044}\ N_{0.00074}\ S_{0.000017} + 0.474(O_2 + 3.76N_2)$$

$$\rightarrow 0.343CO_2 + 0.306H_2O + 0.000017SO_2 + 1.784N_2 \quad (2.6)$$

2.2.2 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (Heating value)

ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงคือค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงโดยเปลี่ยนจากพลังงานเคมีเป็นพลังงานความร้อนและไม่คำนึงถึงทิศทาง ซึ่งสารเชื้อเพลิงโดยมากจะประกอบไปด้วยธาตุคาร์บอนและไฮโดรคาร์บอน เมื่อเกิดการเผาไหม้กับก๊าซออกซิเจนจะเกิดผลิตภัณฑ์หลักได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงานความร้อน โดยน้ำที่ได้อาจจะอยู่ในรูปของไอหรือของเหลวก็ได้ ซึ่งจะเรียกค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้แล้วผลของปฏิกิริยาอยู่ในสถานะของเหลว ค่าความร้อนเชื้อเพลิงที่ได้เรียกว่า ค่าความร้อนสูงสุด (HHV) และในกรณีน้ำในผลปฏิกิริยาอยู่ในสถานะไอ ค่าความร้อนเชื้อเพลิงที่ได้เรียกว่า ค่าความร้อนต่ำ (LHV) โดยค่าความร้อนของเชื้อเพลิงทั้งสองมีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$HHV = LHV + (n\overline{h_{fg}})_{H_2O}\ (kJ/kg) \quad (2.7)$$

เมื่อ n คือ จำนวนโมลของน้ำในผลปฏิกิริยา

$\overline{h}_{fg@25^\circ C}$ คือ เอนทาลปีของการกลายป็นไอ (Enthalpy of Formation) ของน้ำที่อุณหภูมิกำหนด ในที่นี้กำหนดให้เท่ากับ $25^\circ C$ (kJ/kg)

การคำนวณหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเหลวอาจหาได้จากเครื่องมือทดสอบ เช่น บอมบ์แคลอริมิเตอร์หรือแคลอริมิเตอร์แบบไหลต่อเนื่อง และอาจหาได้จากสมการง่ายๆ ซึ่งใช้ในการคำนวณค่าความร้อนของส่วนผสมไฮโดรคาร์บอน เช่น

สมการหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงของ ดูลอง (Dulong Formular)

$$HHV = 80.5(C) + 344\left(H - \frac{O}{8}\right) + 22.5\,(S) \quad (Cal/g) \tag{2.8}$$

$$LHV = HHV - (9H + w)\,v \quad (Cal/g) \tag{2.9}$$

เมื่อ w คือ ความชื้นในอากาศ

v คือ ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของน้ำมีค่าประมาณ 2500 kJ/kg

2.2.3 การผสมของเชื้อเพลิงกับอากาศ (Mixing)

เชื้อเพลิงจะพุ่งออกจากหัวฉีดแตกตัวเป็นหยดหรือละออง เมื่อเคลื่อนที่ไปได้ระยะหนึ่งมวลของอากาศภายในสเปรย์จะเพิ่มขึ้น เรียกว่าความยาวที่แตกเป็นฝอยละออง สเปรย์จะบานออกและพุ่งเข้าสู่ห้องเผาไหม้ การผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงบางส่วนก่อนการเผาไหม้นั้นมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งเนื่องจากการผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงที่พอดี จะช่วยลดการเกิดเขม่าและควันจากคาร์บอนขณะที่ทำการเผาไหม้ ซึ่งทำให้การเผาไหม้เป็นไปอย่างสมบูรณ์และยังเพิ่มประสิทธิภาพด้านอุณหภูมิ

2.2.4 อัตราส่วนสมมูล (Equivalent ratio)

ในการเผาไหม้จริงปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้อาจจะมากกว่าหรือน้อยกว่าทางทฤษฎี ถ้าปริมาณอากาศที่ใช้มากกว่าปริมาณอากาศทางทฤษฎีจะเรียกว่า อัตราส่วนผสมบาง (Lean Mixture) ในทางตรงกันข้ามหากปริมาณอากาศที่ใช้น้อยกว่าจะเรียกว่า อัตรส่วนผสมหนา (Rich Mixture) เพื่อความสะดวกในการแสดงปริมาณของอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้จริงจึงกำหนดให้อยู่ในรูปของอัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิง

สวพ. มหาวิทยาลัยสุรนารี

$$(A/F)_{stoic} = (m_{air}/m_{fuel})_{stoic} = 4.76 \times a \times \left(\frac{MW_{air}}{MW_{fuel}}\right) \quad (2.10)$$

และอัตราส่วนสมมูล (Φ) จะหมายถึง

$$\Phi = \frac{(A/F)_{stioc}}{(A/F)_{actual}} = \frac{(F/A)_{actual}}{(F/A)_{stioc}} \quad (2.11)$$

Fuel – rich mixtures, $\Phi > 1$ มีเชื้อเพลิงมาก อากาศน้อย

Stoichiometric mixture, $\Phi = 1$ ปริมาณอากาศที่ใช้เท่ากับปริมาณที่ต้องใช้ทางทฤษฎี

Fuel – lean mixtures, $\Phi < 1$ มีเชื้อเพลิงน้อย อากาศมาก

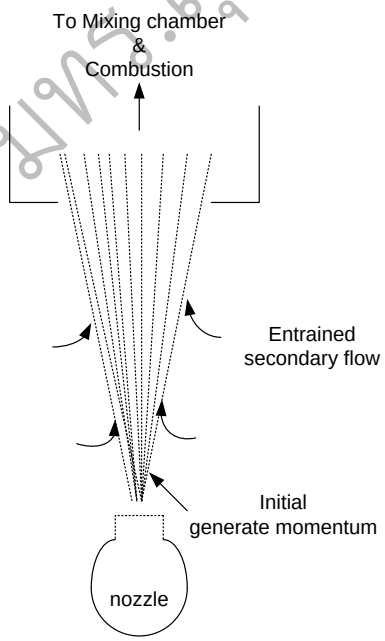
เมื่อ $(A/F)_{stoic}$ คือ อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงทางทฤษฎี, kg/kg

$(A/F)_{action}$ คือ อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงที่ใช้จริง, kg/kg

a คือ Molar Oxygen – fuel ratio, kmole/kmole

MW_{air} คือ น้ำหนักมวลโมเลกุลของอากาศ, kg/kmole

MW_{fuel} คือ น้ำหนักมวลโมเลกุลของเชื้อเพลิง, kg/kmole



รูปที่ 2.4 ลักษณะการชักนำอากาศของลำเจ็ตเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในการเผาไหม้

สกพ. มหาวิทยาลัยสุราษฎร์ธานี

ตารางที่ 2.4 อัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิงทางทฤษฎี

Stoichiometric Air Fuel Ratio	ชนิดของเชื้อเพลิง		
	LPG ($60\%C_3H_8 : 40\%C_4H_{10}$)	KEROSENCE ($C_{12}H_{26}$)	PLAM OIL (Used)
$(A/F)_{stioc}$	15.53	14.91	11.93

2.2.5 เปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกิน (Percent Excess Air)

ในการเผาไหม้จริงปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้อาจจะมากหรือน้อยกว่าทางทฤษฎี ถ้าปริมาณอากาศที่ใช้มากกว่าปริมาณอากาศทางทฤษฎีจะเรียกว่าอัตราส่วนผสมบาง ตรงกันข้ามหากปริมาณอากาศที่ใช้น้อยกว่าจะเรียกว่า อัตราส่วนผสมหนา เพื่อความสะดวกในการแสดงปริมาณของอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้จริง จึงกำหนดให้อยู่ในรูปของเปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกิน คือ ปริมาณที่บอกให้ทราบว่ามีปริมาณอากาศส่วนเกินกี่เปอร์เซ็นต์โดยคิดจากอากาศทางทฤษฎี

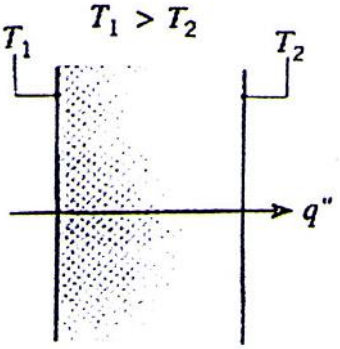
$$\text{ปริมาณเปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกิน} = \left[\frac{(A/F)_{actual}}{(A/F)_{stoic}} - 1\right] \times 100\% \qquad (2.12)$$

2.3 ทฤษฎีการแลกเปลี่ยนความร้อน

การถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้นเมื่อมีความแตกต่างกันของอุณหภูมิภายในตัวกลางเดียวกันหรืออุณหภูมิต่างกันระหว่างตัวกลางคนละชนิด ลักษณะการถ่ายเทความร้อนมี 3 แบบได้แก่ การนำความร้อน (Conduction Heat Transfer) การพาความร้อน (Convection Heat Transfer) และการแผ่รังสีความร้อน (Radiation Heat Transfer) โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.3.1 การนำความร้อน (Conduction Heat Transfer)

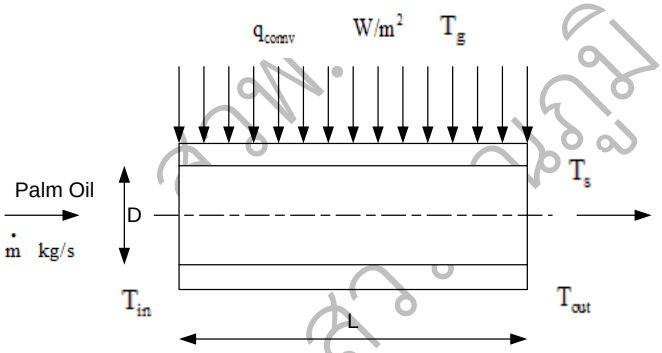
การนำความร้อนหมายถึงการส่งถ่ายพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นในตัวกลาง อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านตัวกลางที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่ด้านที่มีอุณหภูมิต่ำ การนำความร้อนสามารถเกิดขึ้นได้ในตัวกลางที่เป็นของแข็ง ของเหลว และก๊าซ



สำนักวิทยบริการฯ

2.3.2 การพาความร้อน (Convection Heat Transfer)

การถ่ายเทความร้อนแบบการพาเป็นลักษณะเฉพาะของการไหล เพราะจะเกิดขึ้นในก๊าซและของเหลวเท่านั้น ในการพาความร้อนโมเลกุลของก๊าซหรือของเหลวจะเคลื่อนที่ไปยังบริเวณผิว ถ่ายเทความร้อนอย่างไม่ขาดสายและทำการแลกเปลี่ยนความร้อนที่ผิวนั้น ด้วยเหตุนี้การเคลื่อนที่ของโมเลกุลคล่องตัวมากเท่าไหร่อัตราการพาความร้อนก็จะสูงขึ้นตามเพราะจำนวนของโมเลกุลที่เคลื่อนที่ไปสัมผัสกับผิวถ่ายเทความร้อนมีเพิ่มขึ้น เพื่อเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อนมีอยู่บ่อยๆ ที่ทำการกวนของไหลด้วยกรรมวิธีพิเศษบางอย่าง การทำเช่นนี้เรียกว่าการพาความร้อนแบบบังคับ (Force Convection) ในทางตรงกันข้าม การพาความร้อนที่เกิดจากการเคลื่อนที่ขอของของไหลอย่างเป็นธรรมชาติ เนื่องจากแรงรอยตัวที่เกิดจากการขยายตัวของของไหลด้วยความร้อน เรียกว่า การพาความร้อนแบบอิสระ (Free Convection)



รูปที่ 2.6 การพาความร้อนของอากาศผ่านท่อกลม

วิธีการตรวจสอบการพาความร้อนที่เกิดขึ้นจากก๊าซร้อนที่ไหลผ่านขดท่อ Vaporize นั้นเป็นการพาความร้อนแบบใดจะอาศัยสมการควบคุมคือ ขนาดสัมพัทธ์ของพารามิเตอร์ไร้มิติของ Gr/Re^2 ซึ่งแทนอัตราส่วนของแรงลอยตัวต่อแรงจากความเฉือน ดังนี้

$$Gr / Re^2 = [g\beta(T_g - T_s)D / u_0^2] \quad (2.13)$$

เมื่อ g คือ แรงโน้มถ่วงบนผิวโลก, m/s^2

β คือ สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงปริมาตร, K^{-1}

T_g คือ อุณหภูมิของอากาศร้อนที่ไหลผ่านท่อ Vaporize, K

T_s คือ อุณหภูมิของผิวท่อ Vaporize, K

D คือ ขนาดของท่อกลมที่ก๊าซร้อนไหลผ่าน, m

u_0^2 คือ ความเร็วของก๊าซร้อนที่ไหลผ่านท่อ Vaporize, m/s

ซึ่งพารามิเตอร์นี้สามารถใช้เป็นเงื่อนไขพิจารณาได้ดังนี้

$Gr/Re^2 > 1$ เป็นการพาความร้อนแบบอิสระอย่างเดียว

$Gr/Re^2 = 1$ เป็นการพาความร้อนแบบอิสระและแบบบังคับ

$Gr/Re^2 < 1$ เป็นการพาความร้อนแบบบังคับอย่างเดียว

พิจารณาได้แล้วว่าเป็นการพาความร้อนแบบใด ให้ไปพิจารณาสมการของการพาความร้อนแบบนั้นมาใช้ในการคำนวณ จากโครงงานนี้การไหลของอากาศร้อนไปยังท่อ Vaporizer มีอิทธิพลจากความเร็วของเชื้อเพลิงที่พ่นออกมาเผาไหม้ เพราะขดท่อ Vaporizer อยู่ใกล้กับบริเวณที่เชื้อเพลิงไหลออกมาเผาไหม้ ดังนั้นอัตราการถ่ายเทความร้อนส่วนหนึ่งมาจากการพาความร้อนแบบบังคับ ที่ไหลผ่านทรงกระบอกในแนวขวาง อันเนื่องมาจากอิทธิพลความเร็วของของผสมที่พ่นออกมาเผาไหม้ การพาความร้อนแบบบังคับที่ใช้ในการคำนวณหาได้จากสมการ

$$q''_{conv} = \bar{h}\,(T_g - T_s) \qquad (2.14)$$

เมื่อ q''_{conv} คือ ฟลักซ์ความร้อนที่ได้จากการพาความร้อนแบบบังคับ, W/m^2

$\bar{h}$ คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเฉลี่ย, $W/m^2.K$

$$\bar{h} = \left(\frac{k}{D}\right) \times \overline{Nu_D} \qquad (2.15)$$

$$\overline{Nu_D} = C \times Re_D^m \times Pr^{\frac{1}{3}} \qquad (2.16)$$

เมื่อ $\bar{h}$ คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ย, $W/m^2.K$

k คือ ค่าสภาพการนำความร้อน, $W/m.K$

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อทองแดงที่อากาศร้อนไหลผ่าน, m

$\overline{Nu_D}$ คือ นัสเซิลนัมเบอร์เฉลี่ย (สำหรับทรงกระบอกกลม)

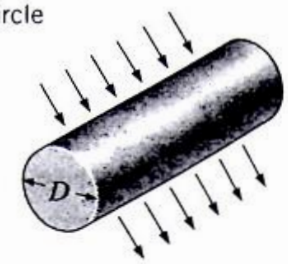
C คือ ค่าคงที่ที่ขึ้นอยู่กับช่วงของค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ (Reynold Number)

m คือ ค่าคงที่ที่ขึ้นอยู่กับช่วงของค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ (Reynold Number)

Re_D คือ ค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ที่คำนวณอ้างอิงจากเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อทองแดง

Pr คือ เลขแพรนทัล (Prandtl number)

ชวพ. ชพร.สุวรรณภูมิ

Cross-section of the cylinder	Fluid	Range of Re	Nusselt number
Circle 	Gas or liquid	0.4–4 4–40 40–4000 4000–40,000 40,000–400,000	$Nu = 0.989\ Re^{0.330}Pr^{1/3}$ $Nu = 0.911\ Re^{0.385}Pr^{1/3}$ $Nu = 0.683\ Re^{0.466}Pr^{1/3}$ $Nu = 0.193\ Re^{0.618}Pr^{1/3}$ $Nu = 0.027\ Re^{0.805}Pr^{1/3}$

รูปที่ 2.7 นัสเซิลนัมเบอร์ (สำหรับทรงกระบอกกลม) (Yunus A. Cengel)

TABLE A–15

Properties of air at 1 atm pressure

Temp., T, °C	Density, ρ, kg/m^3	Specific Heat, C_p, J/kg · °C	Thermal Conductivity, k, W/m · °C	Thermal Diffusivity, α, m^2/s	Dynamic Viscosity, μ, kg/m · s	Kinematic Viscosity, ν, m^2/s	Prandtl Number, Pr
−150	2.866	983	0.01171	4.158×10^{-6}	8.636×10^{-6}	3.013×10^{-6}	0.7246
−100	2.038	966	0.01582	8.036×10^{-6}	1.189×10^{-6}	5.837×10^{-6}	0.7263
−50	1.582	999	0.01979	1.252×10^{-5}	1.474×10^{-5}	9.319×10^{-6}	0.7440
−40	1.514	1002	0.02057	1.356×10^{-5}	1.527×10^{-5}	1.008×10^{-5}	0.7436
−30	1.451	1004	0.02134	1.465×10^{-5}	1.579×10^{-5}	1.087×10^{-5}	0.7425
−20	1.394	1005	0.02211	1.578×10^{-5}	1.630×10^{-5}	1.169×10^{-5}	0.7408
−10	1.341	1006	0.02288	1.696×10^{-5}	1.680×10^{-5}	1.252×10^{-5}	0.7387
0	1.292	1006	0.02364	1.818×10^{-5}	1.729×10^{-5}	1.338×10^{-5}	0.7362
5	1.269	1006	0.02401	1.880×10^{-5}	1.754×10^{-5}	1.382×10^{-5}	0.7350
10	1.246	1006	0.02439	1.944×10^{-5}	1.778×10^{-5}	1.426×10^{-5}	0.7336
15	1.225	1007	0.02476	2.009×10^{-5}	1.802×10^{-5}	1.470×10^{-5}	0.7323
20	1.204	1007	0.02514	2.074×10^{-5}	1.825×10^{-5}	1.516×10^{-5}	0.7309
25	1.184	1007	0.02551	2.141×10^{-5}	1.849×10^{-5}	1.562×10^{-5}	0.7296
30	1.164	1007	0.02588	2.208×10^{-5}	1.872×10^{-5}	1.608×10^{-5}	0.7282
35	1.145	1007	0.02625	2.277×10^{-5}	1.895×10^{-5}	1.655×10^{-5}	0.7268
40	1.127	1007	0.02662	2.346×10^{-5}	1.918×10^{-5}	1.702×10^{-5}	0.7255
45	1.109	1007	0.02699	2.416×10^{-5}	1.941×10^{-5}	1.750×10^{-5}	0.7241
50	1.092	1007	0.02735	2.487×10^{-5}	1.963×10^{-5}	1.798×10^{-5}	0.7228
60	1.059	1007	0.02808	2.632×10^{-5}	2.008×10^{-5}	1.896×10^{-5}	0.7202
70	1.028	1007	0.02881	2.780×10^{-5}	2.052×10^{-5}	1.995×10^{-5}	0.7177
80	0.9994	1008	0.02953	2.931×10^{-5}	2.096×10^{-5}	2.097×10^{-5}	0.7154
90	0.9718	1008	0.03024	3.086×10^{-5}	2.139×10^{-5}	2.201×10^{-5}	0.7132
100	0.9458	1009	0.03095	3.243×10^{-5}	2.181×10^{-5}	2.306×10^{-5}	0.7111
120	0.8977	1011	0.03235	3.565×10^{-5}	2.264×10^{-5}	2.522×10^{-5}	0.7073
140	0.8542	1013	0.03374	3.898×10^{-5}	2.345×10^{-5}	2.745×10^{-5}	0.7041
160	0.8148	1016	0.03511	4.241×10^{-5}	2.420×10^{-5}	2.975×10^{-5}	0.7014
180	0.7788	1019	0.03646	4.593×10^{-5}	2.504×10^{-5}	3.212×10^{-5}	0.6992
200	0.7459	1023	0.03779	4.954×10^{-5}	2.577×10^{-5}	3.455×10^{-5}	0.6974
250	0.6746	1033	0.04104	5.890×10^{-5}	2.760×10^{-5}	4.091×10^{-5}	0.6946
300	0.6158	1044	0.04418	6.871×10^{-5}	2.934×10^{-5}	4.765×10^{-5}	0.6935
350	0.5664	1056	0.04721	7.892×10^{-5}	3.101×10^{-5}	5.475×10^{-5}	0.6937
400	0.5243	1069	0.05015	8.951×10^{-5}	3.261×10^{-5}	6.219×10^{-5}	0.6948
450	0.4880	1081	0.05298	1.004×10^{-4}	3.415×10^{-5}	6.997×10^{-5}	0.6965
500	0.4565	1093	0.05572	1.117×10^{-4}	3.563×10^{-5}	7.806×10^{-5}	0.6986
600	0.4042	1115	0.06093	1.352×10^{-4}	3.846×10^{-5}	9.515×10^{-5}	0.7037
700	0.3627	1135	0.06581	1.598×10^{-4}	4.111×10^{-5}	1.133×10^{-4}	0.7092
800	0.3289	1153	0.07037	1.855×10^{-4}	4.362×10^{-5}	1.326×10^{-4}	0.7149
900	0.3008	1169	0.07465	2.122×10^{-4}	4.600×10^{-5}	1.529×10^{-4}	0.7206
1000	0.2772	1184	0.07868	2.398×10^{-4}	4.826×10^{-5}	1.741×10^{-4}	0.7260
1500	0.1990	1234	0.09599	3.908×10^{-4}	5.817×10^{-5}	2.922×10^{-4}	0.7478
2000	0.1553	1264	0.11113	5.664×10^{-4}	6.630×10^{-5}	4.270×10^{-4}	0.7539

รูปที่ 2.8 คุณสมบัติของอากาศที่ความดัน 1 บรรยากาศ (Yunus A. Cengel)

เนื่องจากพิจารณาว่าการไหลของก๊าซร้อนไหลผ่านท่อ Vaporizer เป็นลักษณะการไหลท่วมผ่านหน้าตัดทรงกระบอกกลมแบบท่วมเต็มท่อและเป็นการไหลภายนอก ดั้งนั้นเลขเรย์โนลด์นัมเบอร์จึงเป็นความสัมพันธ์ของอัตราส่วนระหว่างแรงเฉื่อยต่อแรงเนื่องจากความหนืดสามารถหาได้จากสมการ

$$Re_D = \frac{\rho \times u_0 \times D_{tube}}{\mu} = \frac{u_0 \times D_{tube}}{\nu} \qquad (2.17)$$

เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่นของอากาศที่อุณหภูมิ $300\,^{o}C$, kg/m^3

D_{tube} คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อทองแดง, m

μ คือ ความหนืดสมบูรณ์ของอากาศที่อุณหภูมิ $300\,^{o}C$, $kg/m.sec$

ν คือ ค่าความหนืดจลน์ของอากาศที่อุณหภูมิ $300\,^{o}C$, m^2/sec

สำหรับอัตราการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากการพาความร้อนของน้ำมันปาล์มที่ไหลภายในท่อ Vaporize สามารถหาได้จากสมการ

$$q_{oil} = \dot{m} c_p (T_{out} - T_{in}) \qquad (2.18)$$

เมื่อ q_{oil} คือ อัตราการถ่ายเทความร้อน, W

$\dot{m}$ คือ อัตราการไหลของของไหลในท่อ Vaporize, g/s

c_p คือ ความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่, $J/g.^{\circ}C$

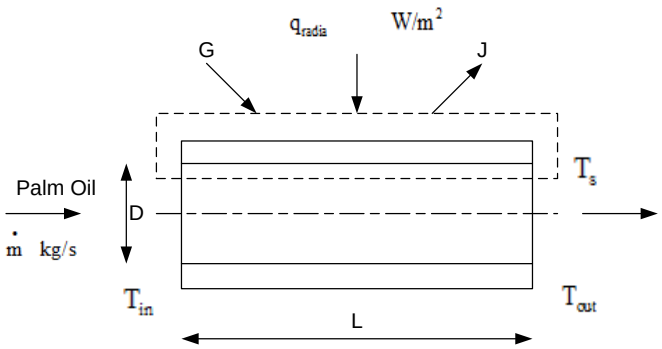
T_{out} คือ อุณหภูมิน้ำมันที่ท่อทางออก Vaporize, $^{\circ}C$

T_{in} คือ อุณหภูมิน้ำมันที่ท่อเข้าท่อ Vaporize, $^{\circ}C$

2.3.3 การแผ่รังสีความร้อน (Radiation Heat Transfer)

การแผ่รังสีความร้อน หมายถึงการถ่ายเทความร้อนจากผิวตัวกลางหนึ่งไปสู่อีกตัวกลางหนึ่งที่มีอุณหภูมิแตกต่าง โดยพลังงานของการแผ่รังสีจะถูกส่งไปในรูปของเคลื่อนแม่เหล็กไฟฟ้า หรือในรูปของโพรตอนโดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง การแผ่รังสีความร้อนจึงสามารถเกิดขึ้นในสุญญากาศได้ จึงพิจารณาการแผ่รังสีของก๊าซร้อน

มหาวิทยาลัยสุรนารี



รูปที่ 2.9 การแผ่รังสีความร้อนของอากาศร้อน

พิจารณาการแลกเปลี่ยนความร้อนของวัตถุผิวสีดำ

$$q''_{radia} = \frac{q_s}{A_s} = J - G \qquad (2.19)$$

เมื่อ J คือ ผลรวมทั้งหมดของการแผ่รังสีออกจากผิว

G คือ ผลรวมทั้งหมดของการแผ่รังสีตกกระทบผิว

$$J = \varepsilon_s E_{b,s} + \rho_s G \qquad (2.20)$$

$$G = \varepsilon_{g@T_g}\sigma T_g^4 - \alpha_{g@T_w}\sigma T_w^4 \qquad (2.21)$$

เมื่อ G คือ ผลรวมทั้งหมดของการแผ่รังสีที่ตกกระทบผิวท่อทองแดงที่เกิดจากการแผ่รังสีของก๊าซร้อนที่ประกอบด้วย CO_2 และ H_2O

ε_s คือ ค่าความสามารถของการปล่อยออกของผิวท่อทองแดง (Emissivity)

ρ_s คือ ค่าความสามารถของการสะท้อนของผิวท่อทองแดง (Reflection)

กำหนดเงื่อนไขเพื่อใช้ในการคำนวณผลจากการแผ่รังสี

1. หัวเผาถูกล้อมรอบด้วยผนังทรงกระบอกที่เป็นตัวกันความร้อนสูญเสีย
2. กำหนดให้ท่อทองแดงเสมือนอยู่ในบริเวณปิดภายในทรงกระบอก เมื่อมีการวางภาชนะด้านบน
3. ค่าอุณหภูมิต่างๆ ได้จากการวัดการเผาไหม้ของหัวเผาเดียวกันแต่ใช้แอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันพืช
4. กำหนดให้ผนังห้องเผาไหม้มีสีดำ (จากเขม่าของการเผาไหม้เชื้อเพลิง)

สวพ. อนพร.สุวรรณภูมิ

5. กำหนดให้สภาวะภายในห้องปิดมีค่าความดันเท่ากับ 1 ความดันบรรยากาศ เมื่อนำสมการ (2.20) และ (2.21) แทนในสมการ (2.19) จะได้

$$q''_{radia} = \varepsilon_s \sigma \left[T_s^4 - \left(\varepsilon_{g@T_g} T_g^4 \right) + \alpha_{g@T_W} T_W^4 \right] \quad (2.22)$$

เมื่อ σ คือค่าคงที่ของ Stefan-Boltzman เท่ากับ $5.699 \times 10^{-8} W / m^2.K^{-4}$

ε_s คือ ค่าความสามารถของการปล่อยออกของผิวท่อทองแดง

T_g คือ อุณหภูมิของก๊าซร้อนที่บริเวณใกล้กับหัวเตา, K

ε_g คือ ค่าความสามารถของการปล่อยออกของก๊าซรวม

α_g คือค่าความสามารถของการดูดกลืนของก๊าซรวม

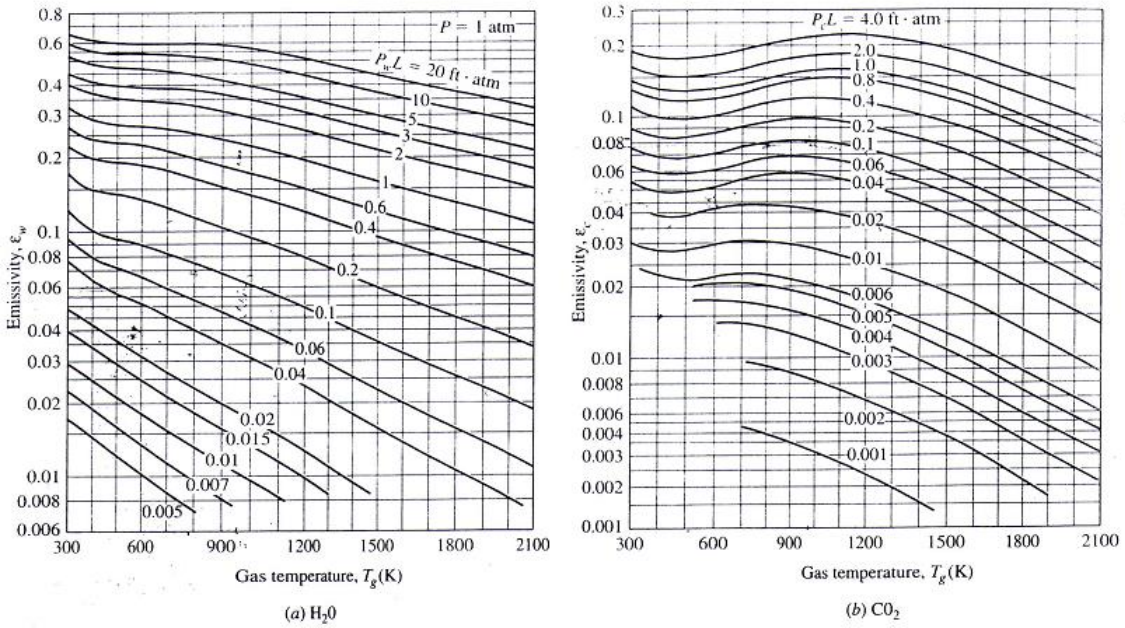
T_W คือ อุณหภูมิผนังของห้องเผาไหม้, K

TABLE A–18

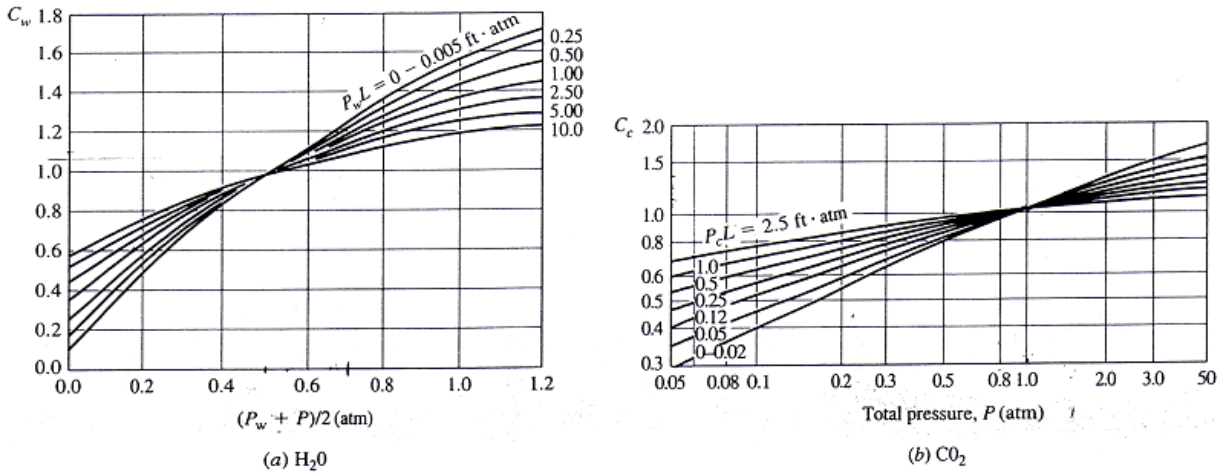
Emissivities of surfaces
(*a*) Metals

Material	Temperature, K	Emissivity, ε	Material	Temperature, K	Emissivity, ε
Aluminum			Magnesium, polished	300–500	0.07–0.13
Polished	300–900	0.04–0.06	Mercury	300–400	0.09–0.12
Commercial sheet	400	0.09	Molybdenum		
Heavily oxidized	400–800	0.20–0.33	Polished	300–2000	0.05–0.21
Anodized	300	0.8	Oxidized	600–800	0.80–0.82
Bismuth, bright	350	0.34	Nickel		
Brass			Polished	500–1200	0.07–0.17
Highly polished	500–650	0.03–0.04	Oxidized	450–1000	0.37–0.57
Polished	350	0.09	Platinum, polished	500–1500	0.06–0.18
Dull plate	300–600	0.22	Silver, polished	300–1000	0.02–0.07
Oxidized	450–800	0.6	Stainless steel		
Chromium, polished	300–1400	0.08–0.40	Polished	300–1000	0.17–0.30
Copper			Lightly oxidized	600–1000	0.30–0.40
Highly polished	300	0.02	Highly oxidized	600–1000	0.70–0.80
Polished	300–500	0.04–0.05	Steel		
Commercial sheet	300	0.15	Polished sheet	300–500	0.08–0.14
Oxidized	600–1000	0.5–0.8	Commercial sheet	500–1200	0.20–0.32
Black oxidized	300	0.78	Heavily oxidized	300	0.81
Gold			Tin, polished	300	0.05
Highly polished	300–1000	0.03–0.06	Tungsten		
Bright foil	300	0.07	Polished	300–2500	0.03–0.29
Iron			Filament	3500	0.39
Highly polished	300–500	0.05–0.07	Zinc		
Case iron	300	0.44	Polished	300–800	0.02–0.05
Wrought iron	300–500	0.28	Oxidized	300	0.25
Rusted	300	0.61			
Oxidized	500–900	0.64–0.78			
Lead					
Polished	300–500	0.06–0.08			
Unoxidized, rough	300	0.43			
Oxidized	300	0.63			

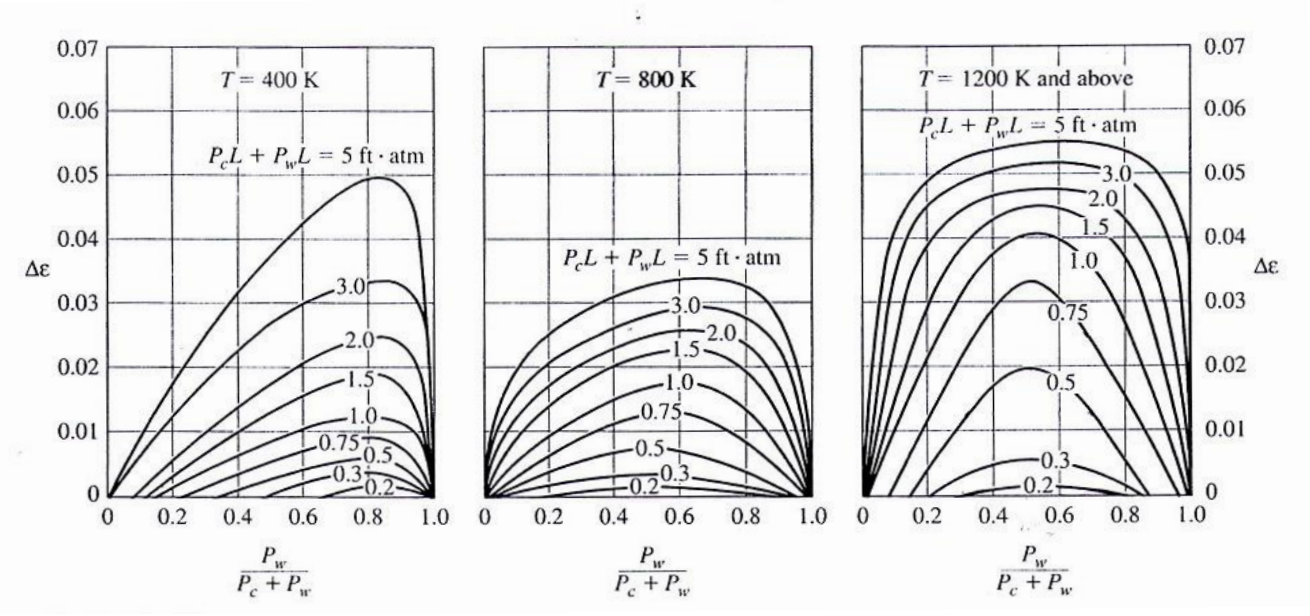
รูปที่ 2.10 ค่าความสามารถของการปล่อยออกของทองแดง (Yunus A. Cengel)



รูปที่ 2.11 ค่าความสามารถของการปล่อยออกของน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์(YunusA.Cengel)



รูปที่ 2.12 แฟกเตอร์แก้ไขค่าการปล่อยรังสีออกของน้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Yunus A. Cengel)



รูปที่ 2.13 ค่า Emissivity Corrected ที่อุณหภูมิที่ต่างกัน (Yunus A.Cengel)

2.4 ทฤษฎีฉนวนความร้อน

ฉนวนต่างๆ ถูกจัดแบ่งด้วยสมรรถนะด้านการใช้งานของฉนวนนั้นๆ ซึ่งจะประกอบไปด้วย ค่าความหนาแน่น ค่าสภาพการนำความร้อนและค่าความร้อนจำเพาะของวัสดุ โดยทั่วไปแล้วมักจะใช้ฉนวนในงานอุตสาหกรรม กล่าวคือใช้เป็นวัสดุอาคาร ซึ่งฉนวนที่ใช้ในโครงงานนี้เป็นรูปทรงกระบอกจะเห็นได้ว่าทรงกระบอกมีอุณหภูมิภายในและภายนอกที่ต่างกัน ดังนั้นการไหลของความร้อนจะอยู่ในทิศทางแนวรัศมีเท่านั้น การคำนวณในสเปซที่ต้องกำหนดในระบบคือค่ารัศมีเท่านั้น สามารถใช้กฎของฟูเรียร์ โดยแทนในรูปสัดส่วนที่เป็นความร้อนสัมพันธ์ของพื้นที่ พื้นที่ของการไหลของความร้อนในทรงกระบอกสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$q = \frac{2\pi kL(T_i - T_o)}{\ln(r_o / r_i)} \qquad (2.23)$$

เมื่อ q คือ อัตราการถ่ายเทความร้อน, W

k คือ ค่าสภาพการนำความร้อน, W/m. ^{o}C

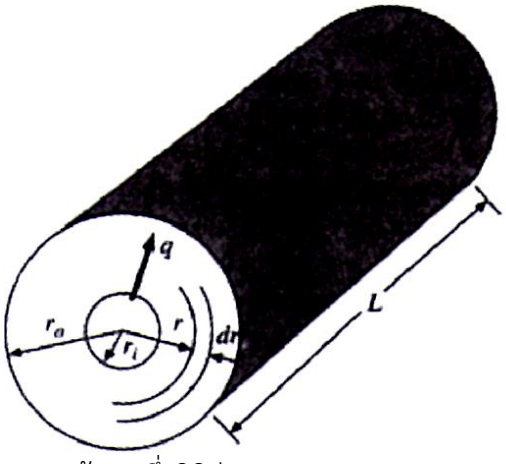
L คือ ความยาวของทรงกระบอก, m

T_i คือ อุณหภูมิภายในของทรงกระบอก, ^{o}C

T_o คือ อุณหภูมิภายนอกของทรงกระบอก, ^{o}C

r_i คือ รัศมีภายในของทรงกระบอก, m

r_o คือ รัศมีภายนอกของทรงกระบอก, m



รูปที่ 2.14 การไหลของความร้อนหนึ่งมิติผ่านทรงกระบอก(ธนาคม สุนธรชัยนาคแสง,2547)

ตารางที่ 2.5 คุณสมบัติของเซรามิกไฟเบอร์

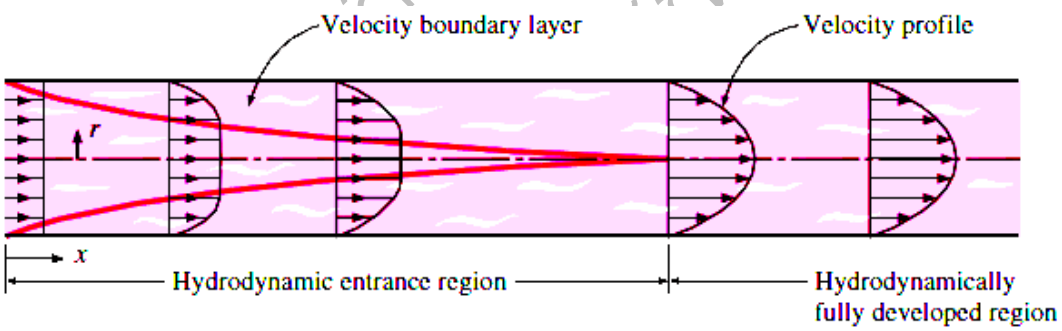
Description	1000 Blanket	1260 Blanket	1400 Blanket	1500 Blanket
Classification temperature $(^{\circ}c)$	1000	1260	1425	1500
Melting point $(^{\circ}c)$	1760	1760	1800	1900
Color	White	White	White	Green-blue
Average fiber diameter (um)	2.6	2.6	2.8	2.65
Fiber length (mm)	250	250	250	150
Density for fiber (kg/m^3)	2600	2600	2800	2650
Shot content (>212 um) (%)	12	12	12	-
Thermal conductivity rate Kcal/$mh^{\circ}c$(W/mK), ASTM C201				
Average 400$^{\circ}c$	0.08	0.08	0.08	-
Average 600$^{\circ}c$	0.19	0.12	0.12	-
Average 800$^{\circ}c$	0.19	0.16	0.16	-
Average 1000$^{\circ}c$	-	-	0.23	-
Chemical composition Al_2O_3	43	45	35	40

สวพ. มหาวิทยาลัยบูรพา

SiO_2	55	52	46.7	58.1
ZrO_2	-	-	15-17	-
Cr_2O_3	-	-	-	1.8

2.5 ทฤษฎีการไหลในท่อ

การไหลภายในท่อจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่งได้ต้องอาศัยความดันที่แตกต่างระหว่างจุดทั้งสอง ของไหลจึงสามารถไหลผ่านท่อไปได้ ผลของความหนืดบริเวณใกล้กับผนังท่อจะเกิดความต้านทานต่อการไหลทำให้เกิดชั้นชิดผิวในบริเวณใกล้กับผนังท่อนั้นภายใต้ข้อสมมติฐานที่ว่า ผนังท่อไม่มีการเลื่อนไถลตลอดความยาวท่อและเกิดความเค้นเฉือนกระทำต่อของไหลในทิศทางตรงกันข้ามกับการไหล และในบริเวณนี้ยังพบว่าโพร์ไฟล์ความเร็วเปลี่ยนแปลงในทิศทางการไหล ในบริเวณปากทางเข้านั้นการกระจายตัวของความเร็วจะเปลี่ยนแปลงกับระยะตามพิกัด r และทิศทางการไหลตามระยะพิกัด z แต่เมื่อของไหลไหลผ่านปากทางเข้าไปแล้วความเร็วของของไหลจะไม่ขึ้นกับระยะทางในทิศทางการไหล แต่ความเร็วจะขึ้นกับพิกัด r เท่านั้น ทำให้โพร์ไฟล์ความเร็วไม่เปลี่ยนแปลงตามทิศทางการไหลเต็มท่อ



รูปที่ 2.15 การไหลภายในท่อกลมแบบไหลเต็มท่อ

การไหลภายในท่อสามารถจำแนกตามระดับความเร็วของการไหลเป็น 2 แบบ ได้แก่ การไหลแบบราบเรียบ (Lamina flow) และการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent flow) โดยทั่วไปแล้วของไหลที่ไหลอยู่ได้อย่างต่อเนื่องนั้น เนื่องจากมีแรงเฉื่อย (Inertia force) กระทำในทิศทางการไหล และในขณะเดียวกันจะมีแรงเนื่องจากความหนืดกระทำในทิศทางตรงกันข้ามกับทิศการไหล ของไหลดังกล่าวจะไหลเร็วไหลช้าขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่างแรงเฉื่อยต่อแรงเนื่องจากความหนืด ถ้าอัตราส่วนระหว่างแรงเฉื่อยต่อแรงเนื่องจากความหนืดมีค่าสูงของไหลจะไหลเร็วมาก ถ้าอัตราดังกล่าวมีค่าต่ำของไหลจะไหลช้าลง อัตราส่วนระหว่างแรงเฉื่อยต่อแรงเนื่องจากความหนืด คือ เลขเรย์

โนลดส์ (Reynolds Number) เลขเรย์โนลดส์นี้ใช้เป็นเลขในการกำหนดแบบการไหลสำหรับการไหลภายในท่อ จะเขียนความสัมพันธ์และสมการของเรย์โนลดส์ได้ดังนี้

$$Re = \frac{\rho V D}{u} \qquad (2.24)$$

เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่นของของไหล, kg/m^3

V คือ ความเร็วของของไหลที่ไหลในท่อ, m/s

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ, m

u คือ ความหนืดสัมบูรณ์ของของไหล, $N.s/m^2$

และอัตราเร็วเฉลี่ยตลอดพื้นที่หน้าตัดท่อ

$$\overline{V} = \frac{\dot{\forall}}{A} \qquad (2.25)$$

เมื่อ $\dot{\forall}$ คือ ความเร็วเฉลี่ยของของไหลที่ไหลในท่อ, m^3/s

A คือ พื้นที่หน้าตัดของท่อ, m^2

2.6 หลักการเลือกมาตรฐานการทดสอบ

การเลือกมาตรฐานการทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อน พบว่ามีด้วยกันหลายวิธีแต่มาตรฐานการทดสอบที่นิยมใช้กับหัวเผาในครัวเรือนมีอยู่ด้วยกัน 4 วิธีคือ

1. A Water Boiling Test เป็นการจำลองการทดสอบการใช้งานจริงในการประกอบอาหาร การทดสอบนี้มีผลกระทบน้อยมากจากการประกอบอาหารที่มีลักษณะแตกต่างกันในแต่ละท้องถิ่นซึ่งจะทำให้เปรียบเทียบค่าได้ง่าย เป็นการทดสอบที่ใช้ไม้ในการต้มน้ำให้เดือด ซึ่งทำการทดสอบได้ในห้องปฏิบัติการ ทำการทดสอบทั้ง Full heat และ Low heat

2. A Kitchen Performance Test เป็นการทดสอบที่วัดปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อคนในการประกอบอาหาร ซึ่งก็จะมีวิธีการประกอบอาหารที่แตกต่างกันไป เก็บตัวอย่างจากการทดสอบก็จะได้ว่าแต่ละคนใช้ปริมาณไม้ไปเท่าไหร่ในการประกอบอาหาร

3. A Controlled Cooking เป็นการนำเอาการทดสอบสองวิธีแรกเข้าด้วยกัน กล่าวคือทำการทดสอบจากสมรรถนะของเตาจากการประกอบอาหารจริง ซึ่งถูกควบคุมตามเงื่อนไขและบุคคล

สวพ. บพค.สุวรรณภูมิ

ที่ทำการทดสอบจะต้องได้รับการสอนวิธีการประกอบอาหารตามประเพณีและเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด

4. Transient Test เป็นวิธีการต้มน้ำจากอุณหภูมิห้องจนใกล้จุดเดือดของน้ำ ($90\,^{\circ}C$) โดยวัดอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง เวลาที่ใช้ในการทดลอง อัตราการไหลของเชื้อเพลิง ซึ่งวิธีการทดลองแบบนี้เป็นไปตามมาตรฐานอังกฤษ BS 2491 แต่วิธีการทดลองแบบนี้มุ่งเน้นไปในส่วนของผลกระทบของโลหะที่ใช้ทำเตา การออกแบบฐานตั้งภาชนะ

จาการศึกษาขั้นตอนและวิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี จะพบว่าวิธี Water Boiling Test เป็นวิธี ที่ทั้งง่ายต่อการทดสอบและเป็นที่ยอมรับในการทดสอบหาค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่ได้จากหัวเผาและเตาแก๊สที่ได้มีการนำทำการวิจัยในอดีต เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่ายและสามารถทดสอบได้ในห้องปฏิบัติการ

2.7 ประสิทธิภาพเชิงความร้อน

ในโครงงานนี้เลือกใช้วิธีการทดสอบแบบต้มเดือด (Water Boiling Test) เนื่องจากเป็นวิธีการทดสอบที่สภาวะคงตัว (Steady State) คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำคงที่และสามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงได้อย่างชัดเจน และมีสภาวะการทดสอบที่ใกล้เคียงกับงานจริงโดยเลือกวิธีการทดสอบแบบประสิทธิภาพเชิงความร้อนในสภาวะ Hot Start เนื่องจากเป็นการทดสอบในขณะที่หัวเผายังร้อนอยู่ (อุ่นหัวเผาให้ร้อนแล้ว) เนื่องจากสภาวะดังกล่าวจะไม่คิดการสูญเสียความร้อนให้กับหัวเผาเตาและฐานตั้งภาชนะที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งมีขั้นตอนและวิธีการทดสอบทั้ง 2 สภาวะเหมือนกันคือ การต้มน้ำจากอุณหภูมิในขณะนั้นจนกระทั้งอุณหภูมิถึง $100\,^{\circ}C$ หลังจากนั้นให้ต้มต่อไปอีก 5 นาทีในขณะเดียวกันก็เริ่มทำการจับเวลา เมื่อสิ้นสุดการทดสอบให้หยุดเวลา ชั่งน้ำหนักของน้ำและเชื้อเพลิงหลังการทดสอบแล้วนำข้อมูลที่ได้มาทำการคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

$$\text{Thermal Efficiency} = \frac{\text{Sensible + Latent Heat}}{\text{Heat Supply}} \tag{2.26}$$

2.7.1 ประสิทธิภาพเชิงความร้อน ที่สภาวะ Hot start ของหัวเผาแบบฉีดเชื้อเพลิงร่วมเมื่อใช้เชื้อเพลิงน้ำมันปาล์ม (Co-Burner(Palm Oil)) ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

$$\eta_{T,\text{Plam Oil}} = \frac{\{4.18\times(P_{wi}-P)\times(T_{wf}-T_{wi})\}+(2260\times W_v)}{Q_{oil}} \tag{2.27}$$

2.7.2 ประสิทธิภาพเชิงความร้อน ที่สภาวะ Hot start ของหัวเผาแบบฉีดเชื้อเพลิงร่วม เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สแอลพีจี (Co-Burner(LPG)) ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

$$\eta_{T,LPG} = \frac{\{4.18\times(P_{wi}-P)\times(T_{wf}-T_{wi})\}+(2260\times W_v)}{Q_{LPG}} \quad (2.28)$$

เมื่อ $C_{p.H_2O@25^oC}$ คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ 4.186 kJ/kg. K

P_{wi} คือ น้ำหนักน้ำและภาชนะก่อนการทดสอบ, g

P คือ น้ำหนักภาชนะ, g

T_{wf} คือ อุณหภูมิของน้ำหลังการทดสอบ, K

T_{wi} คือ อุณหภูมิของน้ำก่อนการทดสอบ, K

$h_{fg@1atm}$ คือ ค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ ≈ 2260 kJ/kg

W_v คือ น้ำหนักของน้ำที่ระเหยกลายเป็นไอ, kg

Q_{oil} คือ ความร้อนที่ได้รับจากเชื้อเพลิงน้ำมันปาล์ม, kJ

Q_{LPG} คือ ความร้อนที่ได้รับจากเชื้อเพลิงแก๊สแอลพีจี, kJ

$t_{preheat}$ คือ ระยะเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงให้กลายเป็นไอ, sec

LHV_{LPG} คือ Net calorific value ของแก๊สแอลพีจี, kJ/kg

LHV_{Oil} คือ Net calorific value ของน้ำมันปาล์ม, kJ/kg

F_c คือ เชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ, kg

เมื่อ $Q_{LPG} = F_c \times LHV_{LPG}$ (2.29)

$Q_{oil} = F_c \times LHV_{Oil}$

สถาบันวิทยบริการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

บทที่ 3

การออกแบบและพัฒนาหัวเผาน้ำมันพืช

ในการดำเนินงานสร้างและทดสอบชุดอุ่นเชื้อเพลิงของหัวเผาน้ำมันพืชใช้แล้ว ประกอบด้วยหัวข้อต่อไปนี้

3.1 การออกแบบและพัฒนาหัวเผาน้ำมันพืช

3.2 การคำนวณหาความยาวและตำแหน่งในการติดตั้งท่อ Vaporizer

3.3 การคำนวณหาความหนาของฉนวน

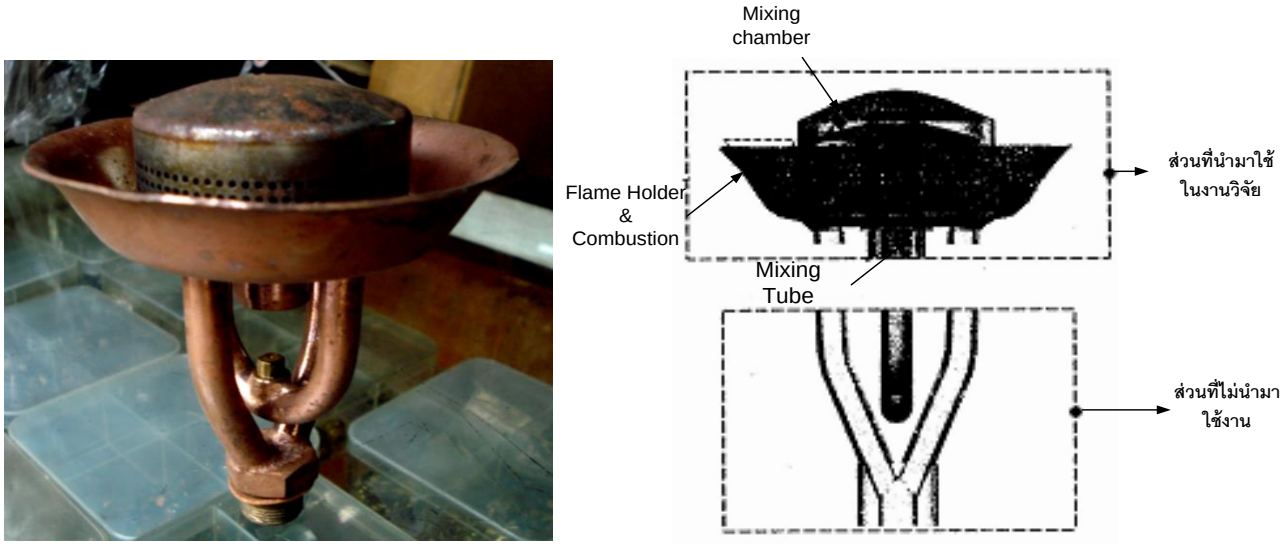
3.4 การจัดทำหัวเผาน้ำมันพืชตามที่ได้ออกแบบ

3.5 การทดลองและหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหัวเผาน้ำมันพืช

3.1 การออกแบบและพัฒนาหัวเผาน้ำมันพืช

หัวเผาที่นำมาใช้ในโครงงานนี้จัดอยู่ในประเภทหัวเผาเชื้อเพลิงเหลว แต่เดิมนั้นเป็น หัวเผาที่ใช้กับน้ำมันก๊าด (Kerosene Burner) แต่เนื่องจากคุณสมบัติของน้ำมันก๊าดกับน้ำมันพืชมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันหัวเผาที่นำมาใช้จำเป็นที่จะต้องมีการปรับปรุงชิ้นส่วนบางชิ้นเพิ่มเติมเพื่อให้หัวเผาสามารถที่จะใช้ได้กับเชื้อเพลิงที่เป็นน้ำมันปาล์ม หัวเผาน้ำมันก๊าดที่มีขายในท้องตลาดมีทั้งหัวเผาแบบมีห้องผสมเชื้อเพลิง (Mixing chamber) และแบบไม่มีห้องผสมเชื้อเพลิง ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือ หัวเผาน้ำมันก๊าดแบบผสมอากาศก่อนการเผาไหม้ (Premixed Combusting) และหัวเผาน้ำมันก๊าดแบบที่ไม่มีการผสมอากาศก่อนการเผาไหม้ (Nom-Premix Combusting) ผู้จัดทำจึงเลือกใช้หัวเผาแบบที่มีห้องผสมเชื้อเพลิงและผสมอากาศก่อนการเผาไหม้ เนื่องจากลักษณะของเปลวไฟที่เป็นสีฟ้าและการเกิดเขม่าที่น้อยกว่า

สวพ. มทร.สุวรรณภูมิ



รูปที่ 3.1 โครงสร้างของหัวเผาน้ำมันก๊าดที่นำมาพัฒนาใช้กับหัวเผาน้ำมันพืช

หลักการทำงานเบื้องต้นของหัวเผาน้ำมันก๊าด

1. น้ำมันปาล์มไหลเข้าไปตามท่อทางเดินน้ำมันจากแรงขับของถังความดัน

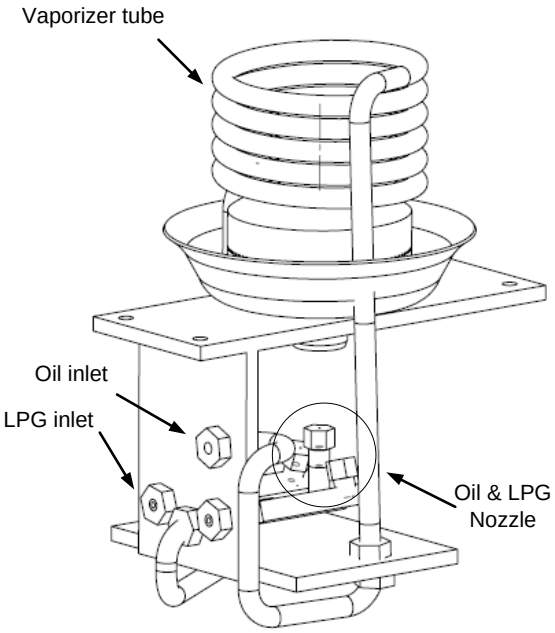
2. น้ำมันปาล์มจากท่อทางเดินน้ำมันไหลเข้าสู่ชุดอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อน น้ำมันปาล์มระเหยเป็นไอจากความร้อนของเปลวไฟที่ให้กับชุดอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ ในการแลกเปลี่ยนความร้อนที่อยู่ภายในหัวเผา

3. ไอน้ำมันปาล์มไหลออกจากหัวเผาทางหัวฉีด ผสมกับอากาศ และเผาไหม้ที่ด้านบนของหัวเผาที่บริเวณ Flame Holder

4. นำความร้อนที่ได้จากเปลวไฟไปใช้งาน และให้ความร้อนกับชุดอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อนไปด้วยในเวลาเดียวกัน

เนื่องจากคุณสมบัติของน้ำมันก๊าดกับน้ำมันพืชที่แตกต่างกันมาก ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องมีการพัฒนาหัวเผาน้ำมันก๊าดใหม่เพื่อให้สามารถใช้ได้กับเชื้อเพลิงที่เป็นน้ำมันปาล์ม โดยส่วนที่ต้องทำการพัฒนาก็คือ ชุดอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้ในการระเหยเชื้อเพลิงให้กลายเป็นไอและถูกฉีดพ่นออกมาเผาไหม้ ในการออกแบบชุดอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อน จำเป็นจะต้องมีการหาค่าความร้อนจำเพาะเพื่อใช้ในการคำนวณหาความยาวของท่อ Vaporizer

สกพ. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช



รูปที่ 3.2 หัวเผาน้ำมันก๊าดที่ได้ทำการพัฒนาแล้ว

เมื่อได้หัวเผาน้ำมันก๊าดที่ทำการพัฒนาแล้ว จึงทำการออกแบบชุดอุ่นเชื้อเพลิงของหัวเผาน้ำมันพืชใช้แล้ว

รูปที่ 3.3 ชุดอุ่นเชื้อเพลิงของหัวเผาน้ำมันพืชใช้แล้ว

3.2 การคำนวณหาความยาวและตำแหน่งในการติดตั้งท่อ Vaporizer

3.2.1 การถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากการพาความร้อนของก๊าซร้อน

ท่อ Vaporize จะทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำมันที่มาจากถัง ไหลเข้ามาเพื่อรับความร้อนที่ได้จากเปลวไฟของแก๊สแอลพีจีเพื่อทำให้น้ำมันเกิดการระเหยกลายเป็นไอ โดยชุดอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อนทำจากท่อทองแดงที่มีความยาวเท่ากับ 1250 มิลลิเมตรและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 7 มิลลิเมตร ซึ่งในการทดลองจะใช้ชุดอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีขนาดวงขดท่อ Vaporizer เท่ากับ 50 มิลลิเมตร, 70 มิลลิเมตร และ 90 มิลลิเมตร การถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากการพาความร้อนของก๊าซร้อน พิจารณาการพาความร้อนว่าเป็นลักษณะการพาความร้อนแบบใด ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากสมการ (2.13) คือ อัตราส่วนแรงลอยตัวต่อแรงจากความเฉื่อย ดังนี้

$$Gr / Re^2 = \left[g \times \beta \times \left(T_g - T_s\right) \times D\right] / \left(u^2{}_0\right)$$

กำหนดตัวแปรเพื่อพิจารณาการพาความร้อน

$T_g \approx 400\ ^\circ C\ \ 673\ K$ (วัดจากอุณหภูมิเปลวไฟแก๊สแอลพีจี)

$T_s = (400+300)/2 = 350\ ^\circ C = 623\ K$

$T_f = \left(T_g + T_s\right)/2 = (400+350)/2 = 375\ ^\circ C = 648\ K$

$T_W \approx 300\ ^\circ C = 573\ K$

$\beta = (1/T_f) = (1/648) = 0.0015432\ K^{-1}$

D = เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ Vaporizer $= 7\ mm = 0.007\ m$

u_0 = ความเร็วที่ของไหลไหลผ่านหน้าตัดท่อทองแดง

= กำหนดให้ความเร็วเท่ากับความเร็วของการไหลเข้าของส่วนผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิง

$u_0 = V_{air} + V_{LPG}$

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิจารณาตัวแปรเพื่อหา u_0

กำหนดให้ใช้อัตราการไหลแก๊สแอลพีจีต่ำสุด เพื่อจะได้ความยาวของท่อ Vaporizer ที่ยาวเพียงพอต่อการรับความร้อนจากแก๊สร้อนที่ไหลผ่านท่อ Vaporizer เมื่อมีการเผาไหม้ที่อัตราการไหลต่ำๆ แต่การเผาไหม้จะต้องมีอุณหภูมิเปลวไฟที่สูงกว่า $300\,^{\circ}C$

กำหนด

$$\dot{\forall} = 2.5 L/\min$$

$$\dot{m}_{LPG} = \dot{\forall}_{LPG} \times \rho_{LPG}$$

$$= 7.5\times10^{-5} kg/sec$$

กำหนดให้อัตราการไหลของอากาศที่ไหลเข้าด้วยการชักนำจากลำเจ็ตของแอลพีจี คิดที่การเผาไหม้ที่สมบูรณ์ (Stoichiometric Combustion) ดังนั้น

$$\dot{m}_{air} = \dot{m}_{LPG} \times (A/F)_{stoi,LPG}$$

จากตารางที่ 2.4 อัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิงทางทฤษฎีของแก๊สแอลพีจี จะได้

$$(A/F)_{stoi,LPG} = 15.535$$

ดังนั้น

$$\dot{m}_{air} = 1.17\times10^{-3} kg/sec$$

$$\dot{\forall}_{air} = \frac{\dot{m}_{air,stoi}}{\rho_{air@25\,^{o}C}} = 9.84\times10^{-4} m^3/sec$$

สวพ. มหาสารคาม

จากการวัดทางเข้าของเชื้อเพลิงและอากาศของหัวเผาน้ำมันพืชจะได้ว่า

$$A_{inlet} = 2.27 \times 10^{-4} m^2$$

ดังนั้น $$V_{air} = \frac{\dot{\forall}_{air}}{A_{inlet}} = 4.3336 \ m/sec$$

และ $$V_{LPG} = 0.1836 \ m/sec$$

ดังนั้น $$V_{total} = u_0 = V_{air} + V_{LPG} = 4.5172 \ m/sec$$

นำค่า $g, \beta, T_g, T_s, D_{tube}, u_0$ แทนลงในสมการหารูปแบบการพาความร้อน

$$Gr / Re^2 = 0.000259$$

จากเงื่อนไขพิจารณาได้ว่า

$$Gr / Re^2 < 1$$ เป็นการพาความร้อนแบบบังคับอย่างเดียว

นำข้อมูลที่ได้ไปทำการพิจารณาสมการพาความร้อนแบบบังคับ (ที่ไหลผ่านทรงกระบอกในแนวขวาง) ได้ว่า

$$q''_{conv} = \bar{h} \times \left(T_g - T_s \right)$$

$$\bar{h} = \left(\frac{k}{D} \right) \times \overline{Nu_D}$$

$$Re_D = \frac{\rho \times u_0 \times D_{tube}}{\mu} = \frac{u_0 \times D_{tube}}{\nu}$$

รูปที่ 2.8 คุณสมบัติของอากาศที่ความดัน 1 บรรยากาศ จะได้คุณสมบัติของอากาศร้อนที่ไหลผ่านท่อทองแดงที่อุณหภูมิเฉลี่ย $T_f = 375^{o}C$

สวพ. มทร.สุวรรณภูมิ

$\rho_{air@375^{o}C}$ = $0.5454\ kg/m^3$

$k_{air@375^{o}C}$ = $0.04868\ W/m.K$

$\mu_{air@375^{o}C}$ = $3.181\times10^{-5}\ kg/m.sec$

$Pr_{air@375^{o}C}$ = 3.181×10^{-5}

ดังนั้นแทนค่าจะได้ว่า

Re_D = 542.1492

ดังนั้น $\overline{Nu_D}$ = 11.3684

$\bar{h}$ = $79.0591\frac{W}{m^2.K}$

หาค่าฟลักซ์ความร้อน (Heat Flux) ที่เกิดจากการพาความร้อนของอากาศร้อน

q''_{conv} = $\frac{q_s}{A_s} = 3952.955\frac{W}{m^2} \approx 3953\frac{W}{m^2}$

3.2.2 การถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากการแผ่รังสีของก๊าซร้อน

พิจารณาการแลกเปลี่ยนความร้อนของวัตถุผิวสีดำ

$q''_{radia} = \varepsilon_s\sigma\left[T_s^4 - \left(\varepsilon_{g@T_g}T_g^4\right) + \alpha_{g@T_W}T_W^4\right]$

สำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยสุรนารี

กำหนดเงื่อนไขเพื่อใช้ในการคำนวณผลจากการแผ่รังสี

1. หัวเผาถูกล้อมรอบด้วยผนังทรงกระบอก ที่เป็นตัวกันความร้อนสูญเสีย

2. กำหนดให้ท่อทองแดงเสมือนอยู่ในบริเวณปิดภายในทรงกระบอก เมื่อมีการวางภาชนะด้านบน

3. ค่าอุณหภูมิต่างๆ ได้จากการวัดการเผาไหม้ของหัวเผาเดียวกัน แต่ใช้แก๊สแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันพืช

4. กำหนดให้ผนังห้องเผาไหม้มีสีดำ (จากเขม่าของการเผาไหม้เชื้อเพลิง)

5.กำหนดให้สภาวะภายในห้องปิดมีค่าความดันเท่ากับ 1 atm

นำเงื่อนไขต่างๆ ไปพิจารณาเพื่อหาคุณสมบัติต่างๆ ของแก๊สผสมจะได้ค่าต่างๆ ดังต่อไปนี้

จากรูปที่ 2.10 ค่าความสามารถของการปล่อยออกของทองแดง จะได้ค่าการปล่อยออกของท่อทองแดงที่ผิวเงา เนื่องจากต้องการให้มีการสะท้อนออกมากที่สุด เมื่อคำนวณผลออกมาแล้วจะได้ความยาวที่สุด ซึ่งมีค่าการปล่อยออกมีค่าเท่ากับ $\varepsilon_{s@25^{\circ}C} = 0.05$

$$\varepsilon_g = \varepsilon_{CO_2} + \varepsilon_{H_2O} - \Delta\varepsilon$$

$$\alpha_g = \varepsilon_{CO_2} + \varepsilon_{H_2O} - \Delta\varepsilon$$

จากการวัดอุณหภูมิของก๊าซร้อนใกล้หัวเผาและผนังห้องเผาไหม้ จะได้

$$T_g = 400\ ^{\circ}C = 673\ K$$

$$T_W = 300\ ^{\circ}C = 573\ K \text{ (อุณหภูมิผนังห้องเผาไหม้)}$$

จากรูปที่ 2.11 ค่าความสามารถของการปล่อยออกของน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ จะได้ ε_{CO_2} และ ε_{H_2O} ตามเงื่อนไข

$$\varepsilon_{CO_2}\left(T_g, P_{CO_2} L_e\right) = \varepsilon_{CO_2}\left(673K, P_{CO_2} L_e\right)$$

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$\varepsilon_{H_2O}\left(T_g, P_{H_2O}L_e\right) = \varepsilon_{H_2O}\left(673K, P_{H_2O}L_e\right)$$

ดังนั้น

$$\varepsilon_{H_2O} = 0.035$$

$$\varepsilon_{CO_2} = 0.047$$

จากรูปที่ 2.13 ค่า Emissivity Corrected ที่อุณหภูมิที่ต่างกัน ที่สัมพันธ์กับสมการ

$$\Delta\varepsilon\left(T_g, \frac{P_{H_2O}}{P_{H_2O}+P_{CO_2}}, P_{CO_2}L_e + P_{H_2O}L_e\right)$$

เมื่อ $\dfrac{P_{H_2O}}{P_{H_2O}+P_{CO_2}} = 0.472$

$$P_{CO_2}L_e + P_{H_2O}L_e = 0.0629$$

จะได้ $\Delta\varepsilon(673, 0.472, 0.0629) = 0.00$

ดังนั้น $\varepsilon_g = 0.047 + 0.035 - 0.00 = 0.082$

และ จากรูปที่ 2.11 ค่าความสามารถของการปล่อยออกของน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ โดยใช้ T_W แทน T_g จะได้

$$\alpha_{CO_2} = C_{CO_2} \times \left(T_g / T_W\right)^{0.65} \times \varepsilon_{CO_2}\left(T_W, P_{CO_2}L_e \frac{T_W}{T_g}\right)$$

$$\alpha_{H_2O} = C_{H_2O} \times \left(T_g / T_W\right)^{0.45} \times \varepsilon_{H_2O}\left(T_W, P_{H_2O}L_e \frac{T_W}{T_g}\right)$$

สวพ. มหาสารคาม

ดังนั้น $\alpha_{CO_2} = 0.0549$

$\alpha_{H_2O} = 0.0397$

จะได้ว่า $\alpha_g = 0.0549 + 0.0397 - 0.00 = 0.0946$

หาฟลักซ์ความร้อนจากการแผ่รังสี จะได้

$$q''_{rad} = 408.87 \text{ W/m}^2 \approx 409 \text{ W/m}^2$$

ผลรวมของฟลักซ์ความร้อนที่ให้กับท่อทองแดง

$$q''_{total} = q''_s$$

$$q''_s = q''_{conv} + q''_{rad} = 4362 \text{ W/m}^2$$

หาค่าการถ่ายเทความร้อนของน้ำมันพืชใช้แล้วที่ไหลผ่านท่อทองแดง

$$q_{oil} = \dot{m} C_P (T_{out} - T_{in}) = 120.62 \text{ J/sec} \approx 121 \text{ Watt}$$

เนื่องจากในโครงงานนี้ต้องการย่านการทำงานที่สูงกว่างานวิจัยในอดีต 2 เท่า ดังนั้น ค่าความร้อนที่ป้อน (Fire Power) ที่นำมาใช้ในการคำนวณคือ $3.5 \times 2 = 7$ kW

นำค่าฟลักซ์ความร้อนและอัตราการถ่ายเทความร้อน มาคำนวณหาพื้นที่ผิวท่อ A_s

จากการสมดุลพลังงาน

$$\dot{Q}_{in} = \dot{Q}_{out}$$

ความร้อนที่ไหลให้กับผิวท่อ = ความร้อนที่น้ำมันได้รับจากผิวท่อ

สพ. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ดังนั้น

$$q_s'' \times A_s = q_{Oil}$$

$$4362 \times A_s = 121$$

จะได้ว่า

$$A_s = = 0.0277 m^2$$

3.2.3 การหาความยาวของท่อทองแดง L_s

จากสมการสัมพันธ์ของสมการผิวท่อ คือ

$$L_s = \frac{A_s}{\pi \times D_{tube}} = 1.25 m$$

3.3 การคำนวณหาความหนาของฉนวน

เนื่องจากโครงงานนี้ได้นำเอา Ceramic Fiber มาใช้เป็นฉนวนกันความร้อน ซึ่งมีคุณสมบัติที่ดีคือ เส้นใยมีความยืดหยุ่นดี น้ำหนักเบา สามารถต้านทานความร้อนได้ดีและมีค่าสภาพการนำความร้อนต่ำ สามารถทนอุณหภูมิได้ 1000-1600 องศาเซลเซียส แต่ไม่สามารถถูกเปลวไฟได้โดยตรง จึงมีการนำสังกะสีมาหุ้มเพื่อไม่ให้ถูกเปลวไฟโดยตรง เพราะสังกะสีสามารถขึ้นรูปได้ง่ายและราคาถูกกว่าวัสดุชนิดอื่น อุณหภูมิหลอมละลายของสังกะสีอยู่ที่ 420 องศาเซลเซียส ในการคำนวณหาความหนาของฉนวนจะต้องทราบค่า อัตราการไหลของแก๊สแอลพีจี ค่าความร้อนของแก๊สแอลพีจี การถ่ายเทความร้อนของน้ำ ความร้อนที่สูญเสีย ซึ่งทั้งหมดสามารถหาได้โดยการทดสอบด้วยวิธีการต้มน้ำ 2 กิโลกรัม อุณหภูมิก่อนต้ม 33 องศาเซลเซียสต้มน้ำจนมีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการต้มคือ 6.35 นาที ที่อัตราการไหลของแก๊ส 0.00003166 m^3/s ซึ่งสามารถคำนวณหาค่าอัตราการไหลเชิงมวลของเชื้อเพลิงได้จาก

สวพ. มหาวิทยาลัยนเรศวร

$$\dot{m}_{LPG} = Q_g \times \rho_g = 0.0000622\ kg/s$$

ส่วนค่าความร้อนของแก๊สสามารถหาได้จาก

$$q_{LPG} = \dot{m}_{LPG} \times q_g = 3226.936\ W$$

ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนของน้ำพิจารณาจาก

$$q_w = mC_p\Delta T = 560924\ J = 1472.24\ W$$

ความร้อนที่สูญเสีย

$$q = q_{LPG} - q_w = 1.754\ kW$$

นำค่าที่คำนวณได้ดังกล่าวมาหาความหนาของฉนวน โดยกำหนดค่าเพื่อหาความร้อนที่สูญเสียของทรงกระบอก

$r_o = 0.0825\ m$

$r_i = 0.06\ m$

$T_i = 566\ ^\circ C, 839\ K$ (อุณหภูมิที่ผนังด้านใน)

$T_o = 195\ ^\circ C, 468\ K$ (อุณหภูมิที่ผนังด้านนอก)

$k = 0.08\ W/m.K$

$L = 0.06\ m$

แทนค่าลงในสมการ

$q = 35.135\ W$

สถพ. มหาวิทยาลัยสุวรรณภูมิ

นำค่าความร้อนสูญเสียที่ได้มาคำนวณย้อนกลับหาอุณหภูมิที่สูญเสียออกภายนอกห้องเผาไหม้น้อยที่สุด

กำหนดความหนาของฉนวนวัดจากเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเท่ากับ 190 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเท่ากับ 120 มิลลิเมตร ที่จุดศูนย์กลางเดียวกัน ดังนั้น

r_o = 95 มิลลิเมตร

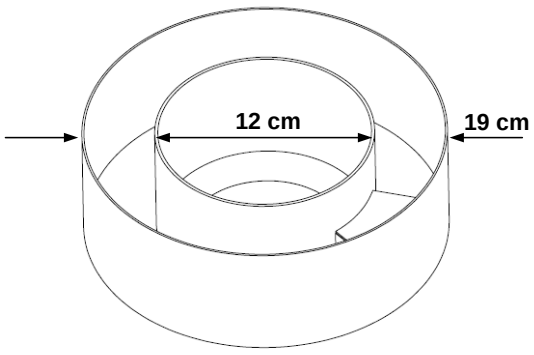
r_i = 60 มิลลิเมตร

$$T_o = -\left[\frac{q \times \ln(r_o / r_i)}{2 \times \pi \times k \times L}\right] + T_i = 30.65\,^{\circ}C$$

ค่าที่คำนวณได้มีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิบรรยากาศขณะนั้น ค่าความหนาของฉนวนที่สามารถเก็บรักษาอุณหภูมิที่ดีที่สุดคือ

d_o = 19 cm

d_i = 12 cm

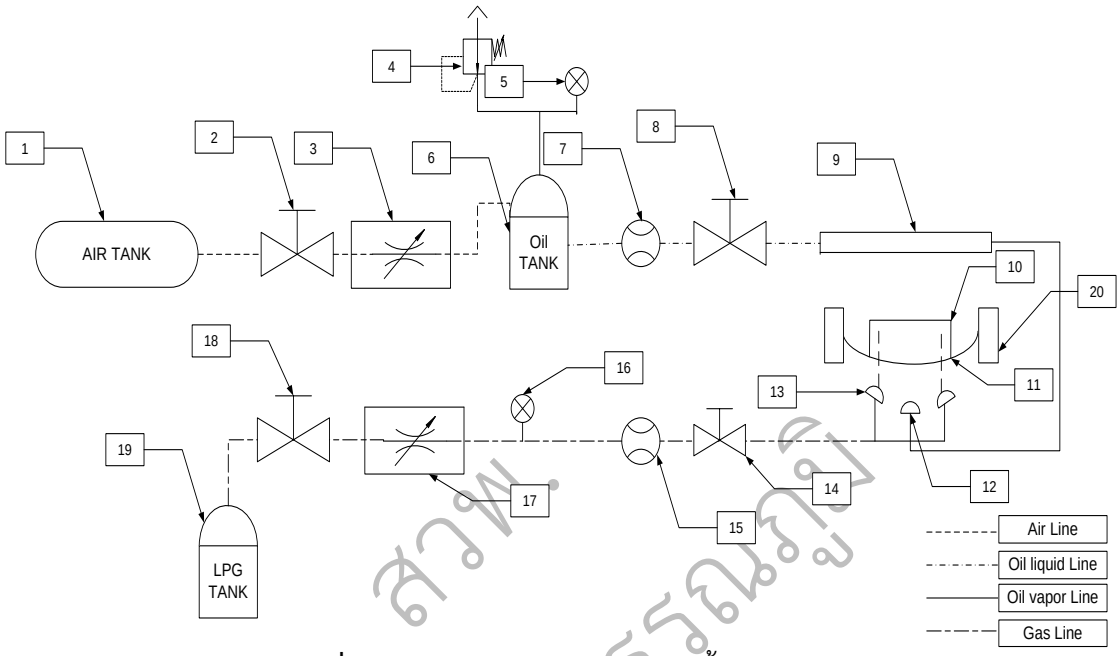


รูปที่ 3.5 ลักษณะและขนาดของสังกะสีที่นำมาหุ้มฉนวน

3.4 หลักการทำงานของหัวเผาแบบฉีดเชื้อเพลิงร่วมเมื่อใช้เชื้อเพลิงน้ำมันปาล์มและใช้เชื้อเพลิงแก๊สแอลพีจี

สวพ. สารรณภูมิ

หัวเผาในโครงงานนี้สามารถทำงานได้โดยใช้เชื้อเพลิง 2 ชนิด คือ แก๊สแอลพีจี และน้ำมันปาล์ม ซึ่งการทำงานของชุดอุปกรณ์หัวเผาแบบฉีดเชื้อเพลิงร่วม ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ 2 ส่วน โดยส่วนแรกจะทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของหัวเผาเมื่อใช้น้ำมันปาล์มเป็นเชื้อเพลิง และส่วนที่สองเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับอุ่นเชื้อเพลิง



รูปที่ 3.6 ชุดอุปกรณ์หัวเผาแบบฉีดเชื้อเพลิงร่วม

เนื่องจากในโครงงานนี้ได้นำเอาน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้งานแล้วมาใช้เป็นเชื้อเพลิง เนื่องจากน้ำมันปาล์มเป็นเชื้อเพลิงที่มีความหนืดและอุณหภูมิติดไฟสูงจึงจำเป็นที่จะต้องใช้เชื้อเพลิงแก๊สแอลพีจีมาให้ความร้อนในช่วงแรกของการทำงานโดยที่มีขั้นตอน การทำงานดังนี้ ในส่วนแรกจะทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายน้ำมันไปยังชุด Vaporizer จำเป็นต้องอาศัยชุดปั๊มลม (หมายเลข 1) เพื่อทำหน้าที่ในการจ่ายลมอย่างต่อเนื่องให้กับถังน้ำมัน (หมายเลข 6) โดยผ่านทางวาล์วลม (หมายเลข 2) และวาล์วปรับความดันลม (หมายเลข 3) เพื่อรักษาความดันภายในถังน้ำมันให้คงที่เท่ากับความดันที่ต้องการใช้งาน ซึ่งจะมีเกจวัดความดันลม (หมายเลข 5) เป็นอุปกรณ์แสดงค่าความดันใช้งานในขณะนั้น โดยที่วาล์วควบคุมความดันภายในถังน้ำมัน (หมายเลข 4) จะทำหน้าที่ระบายลมออกในกรณีที่ความดันในถังน้ำมันมากเกินกว่าระดับที่ต้องการใช้งาน จากนั้นน้ำมันจะไหลไปตามท่อจ่ายน้ำมันเข้าไปยังอุปกรณ์วัดอัตราการไหล ของน้ำมัน (หมายเลข 7) แล้วน้ำมันจะถูกส่งต่อไปยังชุด Vaporize (หมายเลข 9) โดยผ่านวาล์วเข็มที่ทำ

สวพ. สุรโรณภูมิ

หน้าที่ปรับอัตราการไหลของน้ำมัน ในขณะที่ส่วนที่สองจะทำหน้าที่ให้ความร้อนแก่น้ำมันที่อยู่ภายในชุด Vaporize เพื่อให้น้ำมันเกิดการระเหยกลายเป็นไอไปผสมกับอากาศให้สามารถติดไฟได้เมื่อใช้น้ำมันปาล์มมาเป็นเชื้อเพลิง เริ่มจากเปิดแก๊สแอลพีจีที่บรรจุอยู่ในถัง (หมายเลข 19) ผ่านวาล์วปรับความดัน (หมายเลข 17) โดยเกจวัดความดัน (หมายเลข 16) จะแสดงค่าความดันแก๊สใช้งานในขณะนั้นและไหลเข้าสู่อุปกรณ์วัดอัตราการไหลแก๊สแอลพีจี (หมายเลข 15) โดยที่สามารถปรับอัตราการไหลแก๊สแอลพีจีได้จากวาล์วปรับอัตราการไหลแก๊สแอลพีจี (หมายเลข 14) เพื่อผ่านไปยังหัวฉีดแก๊สแอลพีจี (หมายเลข 13) ที่ติดตั้งอยู่ด้านข้างของหัวเผาน้ำมันปาล์ม (หมายเลข 12) ที่ระดับเดียวกัน จากนั้นจึงติดไฟเพื่อให้ความร้อนที่ได้จากเชื้อเพลิงแก๊สแอลพีจีมาทำหน้าที่ในการอุ่นเชื้อเพลิงที่อยู่ภายในชุด Vaporize ให้กลายเป็นไอแล้วจึงปิดแก๊สแอลพีจี จากนั้นเปลวไฟที่ได้จากไอน้ำมันจะทำหน้าที่อุ่นน้ำมันในท่อ Vaporize แทนแก๊สแอลพีจีโดยที่เชื้อเพลิงทั้งสองชนิดสามารถลุกไหม้ภายในหัวเผาเดียวกัน ส่วนฝาครอบฉนวน (หมายเลข 20) จะทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิและเป็นฉนวนกันความร้อนไม่ให้สูญเสียออกด้านนอก เป็นการช่วยลดระยะเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิง

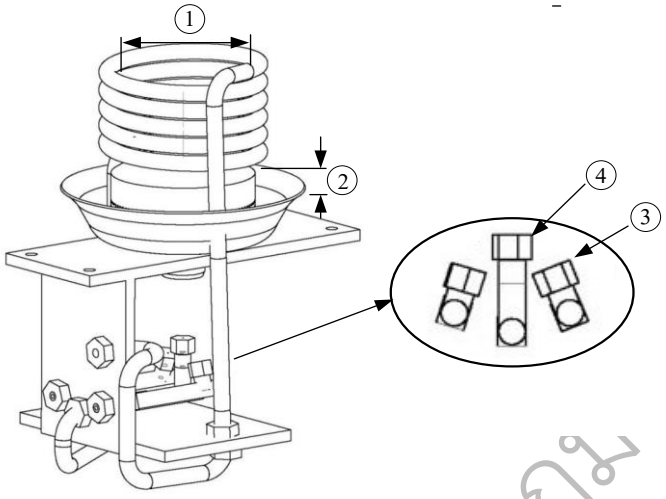
สำหรับการทำงานของหัวเผาแบบฉีดเชื้อเพลิงร่วมเมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สแอลพีจีหัวเผาดังกล่าวได้ออกแบบให้ชุด Vaporize สามารถถอดออกได้เพื่อไม่ให้กีดขวางเปลวไฟและสร้างความเสียหายแก่ท่อ Vaporize ในขณะที่ใช้งาน โดยที่ส่วนแรกที่ทำหน้าที่ในการควบคุมการจ่ายน้ำมันจะไม่ถูกนำมาใช้งาน ซึ่งหลักการทำงานก็จะเหมือนกับหัวเตาแก๊สทั่วๆไปคือแก๊สแอลพีจีที่ออกจากถัง (หมายเลข 19) จะต้องผ่านวาล์วปรับความดัน (หมายเลข17) ไปยังอุปกรณ์วัด อัตราการไหลแก๊สแอลพีจี (หมายเลข15) และไหลเข้าสู่วาล์วปรับอัตราการไหลแก๊สแอลพีจี(หมายเลข 14) แล้วแก๊สแอลพีจีจะถูกพ่นออกจากหัวฉีด (หมายเลข13) เข้าไปในท่อผสม (Mixing tube) ในขณะเดียวกันอากาศส่วนแรกที่อยู่บริเวณใกล้ๆหัวฉีดจะถูกชักนำเข้าไปผสมโดยอาศัยการถ่ายเทโมเมนตัมระหว่างแก๊สแอลพีจีและอากาศแล้วเข้าไปในท่อ Mixing Chamber แล้วไหลออกจากรูทางออกของส่วนผสมและเกิดการเผาไหม้ขึ้นที่ทางออกบริเวณ Flame Holder โดยในขณะที่เกิดการเผาไหม้จะมีอากาศส่วนที่สองถูกเหนี่ยวนำเข้ามา ซึ่งอากาศส่วนนี้จะช่วยให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ขึ้น

3.5 การทดลองและหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหัวเผาน้ำมันพืช

เนื่องจากว่าในโครงงานนี้เป็นการพัฒนาและปรับปรุงหัวเผาน้ำมันพืชชนิดผสมกับอากาศก่อนการเผาไหม้ ให้เป็นหัวเผาที่มีชุดอุ่นเชื้อเพลิงที่ใช้แก๊สแอลพีจีร่วมกันได้ในหัวเผาเดียวกับหัวเผา

น้ำมันพืช ซึ่งวัตถุประสงค์หลักของโครงงานนี้คือ การลดระยะเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงในขณะเดียวกันก็จะต้องมีความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ใช้ในการอุ่นน้ำมันที่น้อยลงแต่ก็ยังมีความ จำเป็นที่จะต้องทำการทดสอบสมรรถนะโดยรวมของหัวเผาดังกล่าว

3.5.1 ตัวแปรที่ทำการศึกษา



รูปที่ 3.7 ตัวแปรที่ทำการศึกษา

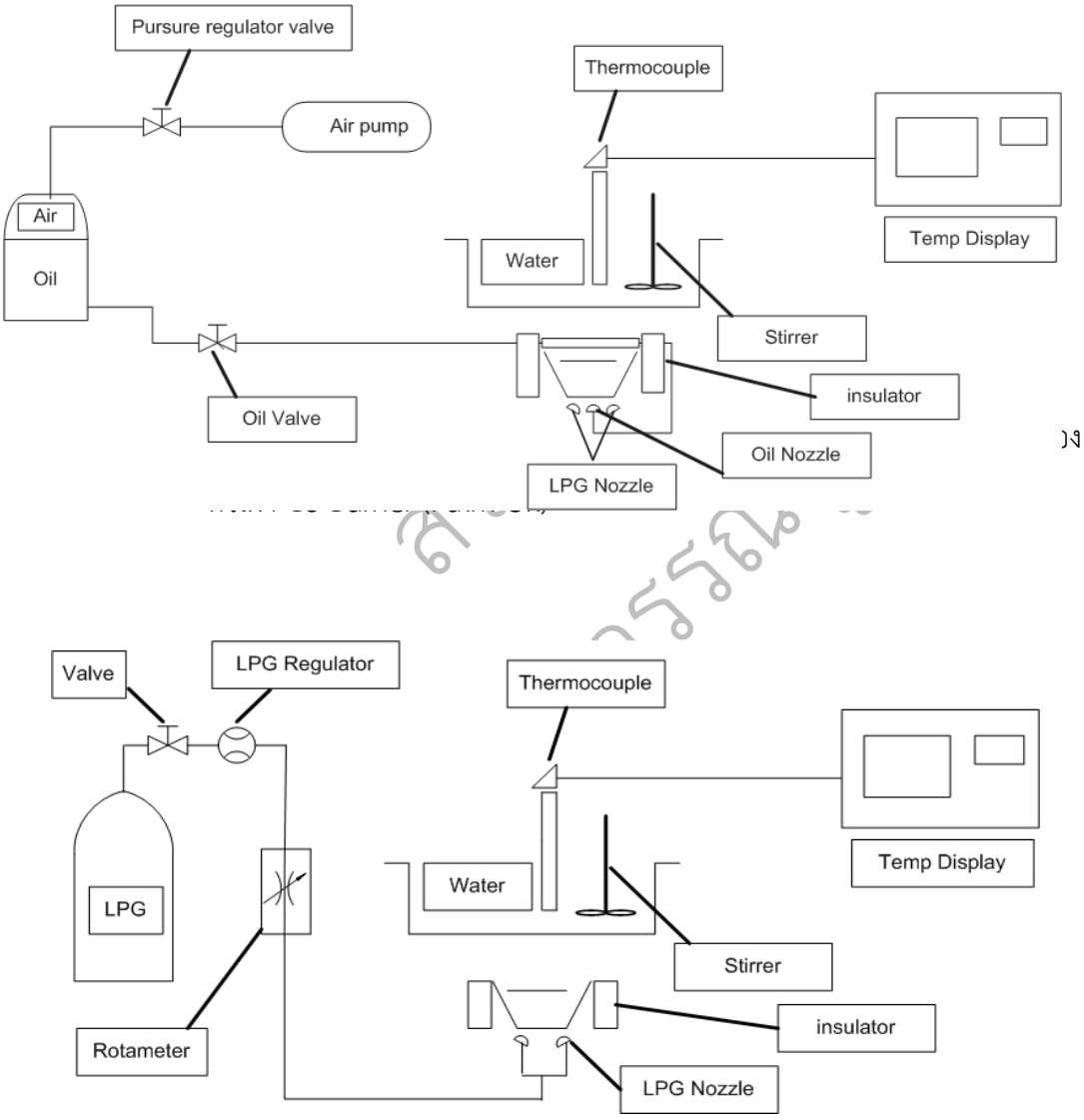
ตัวแปรที่ทำการศึกษาประกอบด้วย

1. ขนาดของวงขดท่อ Vaporizer
2. ระยะห่างระหว่าง Flame Holder ถึงท่อ Vaporizer
3. อัตราการไหลแก๊สแอลพีจี
4. อัตราการไหลของน้ำมัน

3.5.2 กรณีศึกษาขนาดของวงขดท่อ Vaporizer และระยะห่างระหว่าง Flame Holder ถึงท่อ Vaporizer ที่มีผลต่อระยะเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลแก๊สแอลพีจี

3.5.3 กรณีศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหัวเผา เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของเชื้อเพลิง

การทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหัวเผาแบบฉีดเชื้อเพลิงร่วมได้ทำการทดสอบแบบวิธีการต้มเดือด (Water Boiling Test) เนื่องจากว่า ไม่ต้องเตรียมขั้นตอนการประกอบอาหาร ไม่ต้องมีผู้เชี่ยวชาญในการประกอบอาหาร ภาชนะที่ใช้ไม่ต้องมีฝาปิด ทำการทดสอบที่ 3 สภาวะแต่ในส่วนของปริญญานิพนธ์นี้ได้ทำการทดสอบที่สภาวะ Hot Start



รูปที่ 3.9 โครงสร้างโดยรวมของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหัวเผา Co-Burner (LPG)

สำหรับการทดสอบขณะที่หัวเผายังร้อนอยู่ (Hot Start) มีขั้นตอนในการทดสอบดังนี้

1. เติมน้ำลงในภาชนะ 3500 กรัม

2. ชั่งน้ำหนักน้ำและเชื้อเพลิงก่อนการทดสอบ

3. วัดอุณหภูมิน้ำและบรรยากาศในขณะนั้น

4. ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิ้ลให้อยู่ตรงกลางและสูงจากก้นภาชนะ 5 เซนติเมตร

5. ติดไฟและเริ่มจับเวลา

6. เมื่อน้ำเดือดถึง 100°C ให้ต้มต่อไปอีก 5 นาที จึงหยุดการทดสอบแล้วชั่งน้ำหนักของน้ำและเชื้อเพลิงที่เหลือจากการทดสอบ

7. บันทึกเวลาที่สิ้นสุด อุณหภูมิน้ำ น้ำหนักของน้ำและเชื้อเพลิงที่เหลือหลังการทดสอบ

8. ทำการทดลองตามขั้นตอนที่ 1-7 สำหรับหัวเผาแบบฉีดเชื้อเพลิงร่วมเมื่อใช้เชื้อเพลิงน้ำมันปาล์ม (Co-Burner (Palm Oil)) กรณีศึกษาระยะห่างระหว่าง Flame Holder ถึงท่อ Vaporizer เท่ากับ 1 เซนติเมตร ที่มีผลต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหัวเผา โดยทำการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของน้ำมัน 0.11 g/s, 0.12 g/s, 0.13 g/s, 0.14 g/s, 0.15 g/s, 0.16 g/s, 0.17 g/s ซึ่งในการทดสอบให้ตั้งภาชนะสูงจากฐานของเปลวไฟเท่ากับ 10 เซนติเมตร

9. นำค่าที่ได้มาทำการคำนวณหาสมรรถนะด้านต่างๆ

10.สำหรับหัวเผาแบบฉีดเชื้อเพลิงร่วมเมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สแอลพีจี (Co-Burner (LPG)) ให้ทำการทดลองเหมือนข้อ 1-7 แต่ให้ทำการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของแก๊สแอลพีจี ดังนี้คือ 2.4 L/min, 2.6 L/min, 2.8 L/min, 3.0 L/min, 3.2 L/min, 3.4 L/min และ 3.6 L/min ตามลำดับ ซึ่งในการทดสอบให้ตั้งภาชนะสูงจากฐานของเปลวไฟเท่ากับ 10 เซนติเมตร

สวพ. มหาวิทยาลัยบูรพา

บทที่ 4

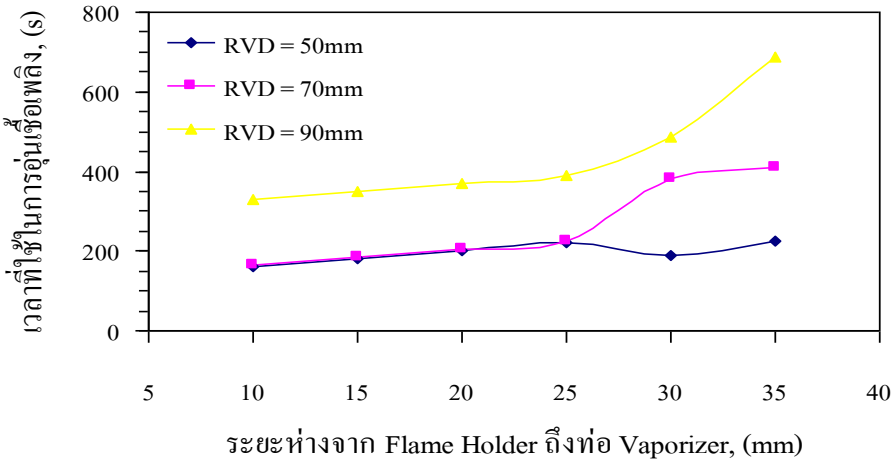
ผลการทดลอง

4.1 บทนำ

การทำงานของหัวเผาแบบฉีดเชื้อเพลิงร่วมเมื่อใช้น้ำมันปาล์มเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งมีสถานะเป็นของเหลวที่มีความหนืดและอุณหภูมิติดไฟสูง จึงมีความจำเป็นที่ต้องให้ความร้อนเพื่อให้ระเหยกลายเป็นไอและง่ายต่อการติดไฟ ดังนั้นในบทนี้จึงเป็นการนำเสนอปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการระเหยกลายเป็นไอของเชื้อเพลิง โดยให้มีการสูญเสียความร้อนและสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงน้อยที่สุดรวมทั้งจะต้องทำการทดสอบสมรรถนะของหัวเผาในด้านต่างๆ เช่น ระยะเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงระยะห่างระหว่างก้นภาชนะกับหัวเผา ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของเชื้อเพลิง โดยทำการเปรียบเทียบกันระหว่างหัวเตาหุงต้มรุ่น KB7 กับหัวเตาเผาแบบฉีดเชื้อเพลิงร่วม ซึ่งในการทดสอบครั้งนี้ได้นำน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้งานแล้วมาใช้เป็นเชื้อเพลิง โดยมีราคาเท่ากับ 18.11 บาทต่อกิโลกรัม และราคาแก๊สแอลพีจีเท่ากับ 23.33 บาทต่อกิโลกรัม

4.2 ผลของระยะเวลาที่ใช้ในการอุ่นเชื้อเพลิง

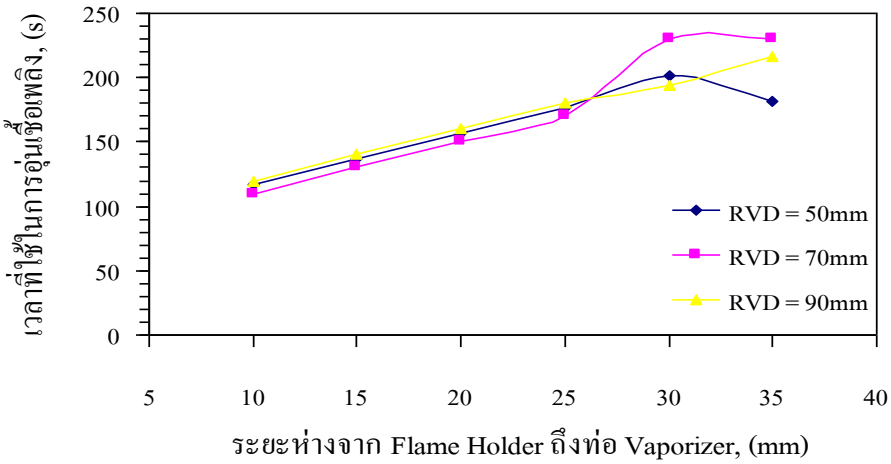
4.2.1 กรณีเปิดน้ำมันให้ไหลเข้าไปจนเต็มท่อ Vaporizer แล้วจึงเปิดแก๊สแอลพีจี (ไม่ติดตั้งฉนวนกันความร้อน)



รูปที่ 4.1 ระยะเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงเมื่อใช้อัตราการไหลแก๊สแอลพีจี เท่ากับ 1.1 L/min

ก. RVD = 50 มิลลิเมตร ข. RVD = 70 มิลลิเมตร ค. RVD = 90 มิลลิเมตร

รูปที่ 4.2 ลักษณะเปลวไฟที่ระยะห่างจาก Flame Holder ถึงท่อ Vaporizer เท่ากับ 25 มิลลิเมตร ที่ย่านอัตราการไหลแก๊สแอลพีจี เท่ากับ 1.1 L/min



รูปที่ 4.3 ระยะเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงเมื่อใช้อัตราการไหลแก๊สแอลพีจี เท่ากับ 1.4 L/min

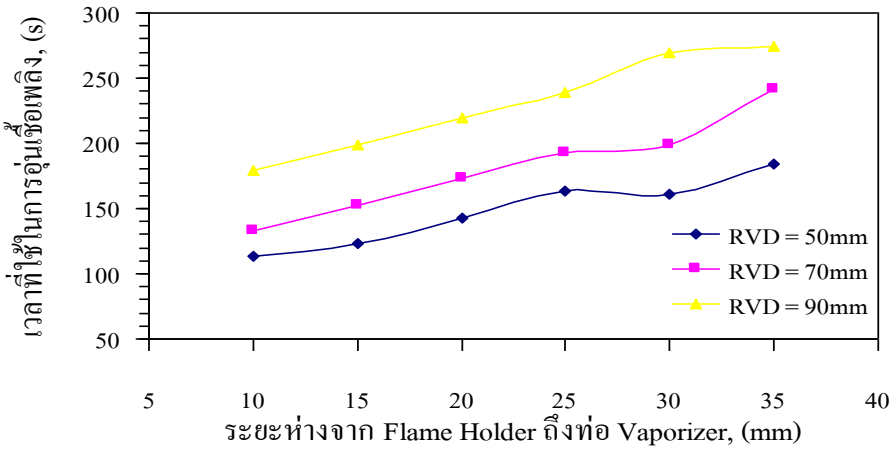
ก. RVD = 50 มิลลิเมตร ข. RVD = 70 มิลลิเมตร ค. RVD = 90 มิลลิเมตร

รูปที่ 4.4 ลักษณะเปลวไฟที่ระยะห่างจาก Flame Holder ถึงท่อ Vaporizer เท่ากับ 25 มิลลิเมตร

ที่ย่านอัตราการไหลแก๊สแอลพีจี เท่ากับ 1.4 L/min

จากรูปที่ 4.1 ถึงรูปที่ 4.4 แสดงระยะเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงและลักษณะของเปลวไฟที่ไม่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลแก๊สแอลพีจีและปรับระยะห่างระหว่าง Flame Holder ถึงท่อ Vaporizer แตกต่างกัน ซึ่งทำการทดสอบจากหัวเผาแบบฉีดเชื้อเพลิงร่วมที่ขนาดวงขดท่อ Vaporizer แตกต่างกัน 3 ขนาด คือ 50 มิลลิเมตร(RVD = 50 mm) 70 มิลลิเมตร(RVD = 70 mm) และ 90 มิลลิเมตร (RVD = 90 mm) พบว่าระยะห่างระหว่าง Flame Holder ถึงท่อ Vaporizer เท่ากับ 10 มิลลิเมตร เป็นระยะห่างที่ทำให้น้ำมันเปลี่ยนแปลงสถานะกลายเป็นไอและใช้เวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงน้อยที่สุด ในทุกๆย่านอัตราการไหลของแก๊สแอลพีจีที่ใช้ในการทดสอบ คือ 1.1 L/min, 1.4 L/min, 1.8 L/min, 2.1 L/min และ 2.6 L/min เป็นต้น ว่าที่ย่านอัตราการไหลของแก๊สแอลพีจีเท่ากับ 1.8 L/min ขนาดของวงขดท่อ Vaporizer เท่ากับ 50 มิลลิเมตร(RVD = 50 mm) 70 มิลลิเมตร(RVD = 70 mm) และ 90 มิลลิเมตร (RVD = 90 mm) ที่ระยะห่างระหว่าง Flame Holder ถึงท่อ Vaporizer เท่ากับ 10 มิลลิเมตร ใช้เวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงเท่ากับ 1.23 นาที, 1.35 นาทีและ 1.15 นาที ตามลำดับ ส่วนที่ระยะห่างระหว่าง Flame Holder ถึงท่อ Vaporizer อื่นๆเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะของเปลวไฟที่เปลี่ยนแปลงตามอัตราการไหลของแก๊สแอลพีจี กล่าวคือที่ย่านอัตราการไหลแก๊สต่ำ ทิศทางของเปลวไฟที่ออกทางด้านข้างจะสั้น ทำให้ขนาดของวงขดท่อ Vaporizer ได้รับความร้อนต่างกันเมื่อระยะห่างระหว่าง Flame Holder ถึงท่อ Vaporizer ต่างกันและที่ย่านอัตราการไหลของแก๊สแอลพีจีที่เพิ่มขึ้น ทิศทางของเปลวไฟที่ออกทางด้านข้างจะมีลักษณะแบบงุ้มเข้าและมีความสูงเพิ่มขึ้นตามอัตราการไหลของแก๊สแอลพีจี ซึ่งจะส่งผลต่อการรับความร้อนของขนาดวงขดท่อ Vaporizer ที่ต่างกันเมื่อระยะห่างระหว่าง Flame Holder ถึงท่อ Vaporizer ที่เพิ่มขึ้นตามไปด้วย

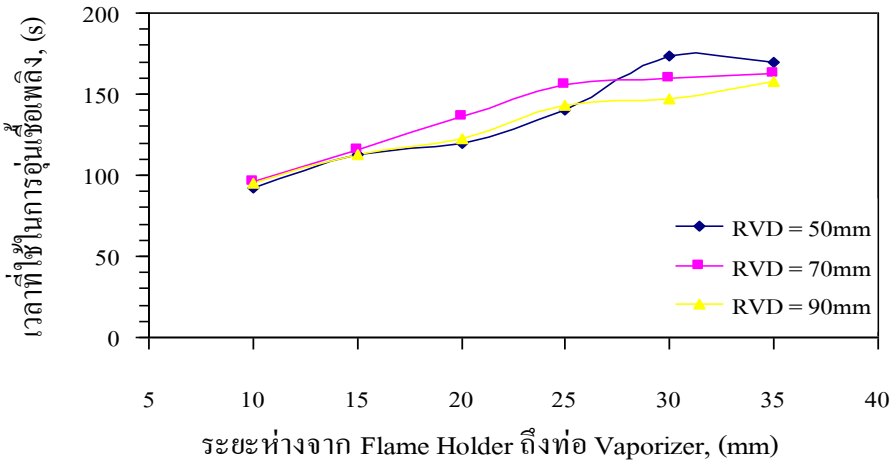
4.2.2 กรณีเปิดน้ำมันให้ไหลเข้าไปจนเต็มท่อ Vaporizer แล้วจึงเปิดแก๊สแอลพีจี (ติดตั้งฉนวนกันความร้อน)



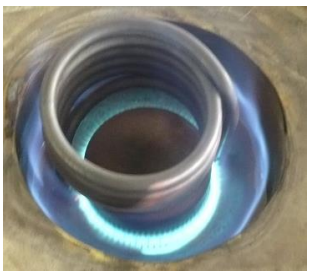
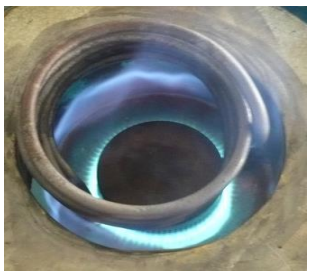
รูปที่ 4.5 ระยะเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงเมื่อใช้อัตราการไหลแก๊สแอลพีจี เท่ากับ 1.1 L/min

ก. RVD = 50 มิลลิเมตร ข. RVD = 70 มิลลิเมตร ค. RVD = 90 มิลลิเมตร

รูปที่ 4.6 ลักษณะเปลวไฟที่ระยะห่างจาก Flame Holder ถึงท่อ Vaporizer เท่ากับ 25 มิลลิเมตร ที่ย่านอัตราการไหลแก๊สแอลพีจี เท่ากับ 1.1 L/min



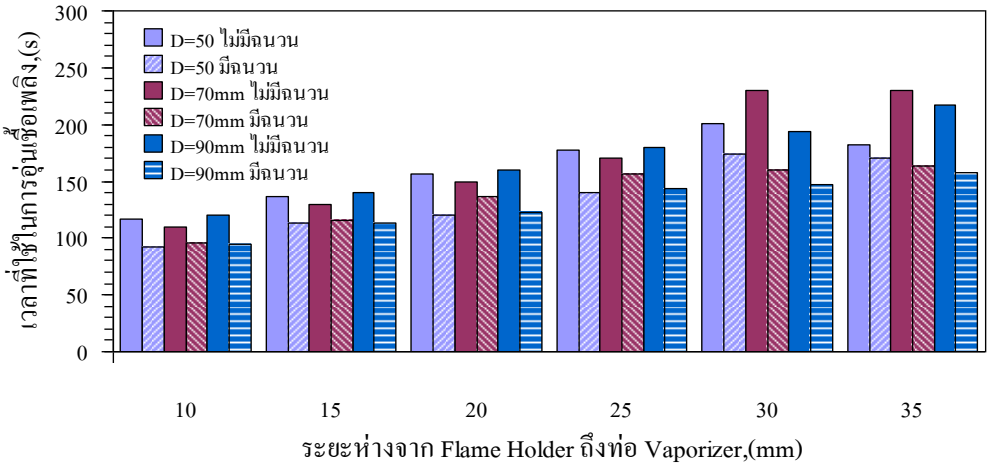
รูปที่ 4.7 ระยะเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงเมื่อใช้อัตราการไหลแก๊สแอลพีจี เท่ากับ 1.4 L/min

ก. RVD = 50 มิลลิเมตร ข. RVD = 70 มิลลิเมตร ค. RVD = 90 มิลลิเมตร

รูปที่ 4.8 ลักษณะเปลวไฟที่ระยะห่างจาก Flame Holder ถึงท่อ Vaporizer เท่ากับ 25 มิลลิเมตรที่ย่านอัตราการไหลแก๊สแอลพีจี เท่ากับ 1.4 L/min

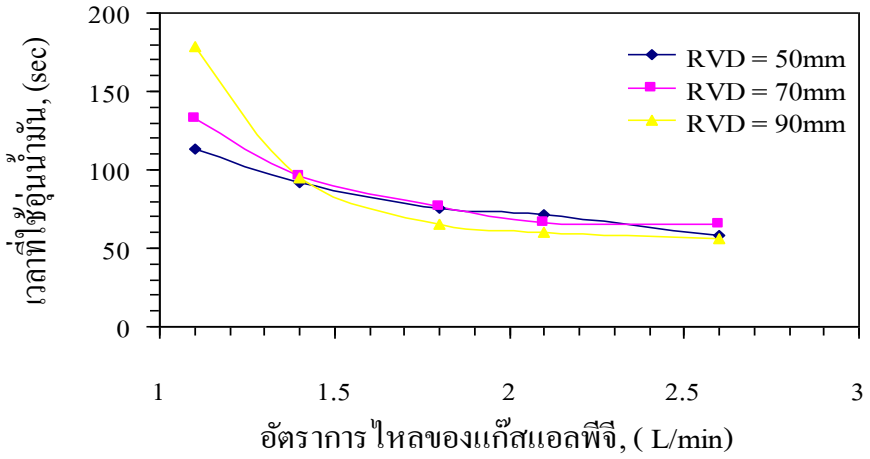
จากรูปที่ 4.5 ถึงรูปที่ 4.8 แสดงระยะเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงและลักษณะของเปลวไฟ โดยทำการติดตั้งฉนวนกันความร้อนกับชุดหัวเผาที่ใช้ในการทดสอบแล้วทำการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลแก๊สแอลพีจีและปรับระยะห่างระหว่าง Flame Holder ถึงท่อ Vaporizer ที่แตกต่างกัน ซึ่งทำการทดสอบจากหัวเผาแบบฉีดเชื้อเพลิงร่วมที่ขนาดวงขดท่อ Vaporizer แตกต่างกัน 3 ขนาด คือ 50 มิลลิเมตร(RVD = 50 mm), 70 มิลลิเมตร(RVD = 70 mm) และ 90 มิลลิเมตร (RVD = 90 mm) พบว่าระยะห่างระหว่าง Flame Holder ถึงท่อ Vaporize ที่ทำให้น้ำมันเปลี่ยนแปลงสถานะกลายเป็นไอและใช้เวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงน้อยที่สุด คือที่ระยะห่างเท่ากับ 10 มิลลิเมตรในทุกๆ ย่านอัตราการไหลของแก๊สแอลพีจีที่ทำการทดสอบคือ 1.1 L/min, 1.4 L/min, 1.8 L/min ,2.1 L/min และ 2.6 L/min ตามลำดับ ฉนวนกันความร้อนที่ติดตั้งเข้ากับชุดหัวเผาจะทำหน้าที่ป้องกันการสูญเสียความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อมและยังเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในการบังคับทิศทางของเปลวไฟให้ไปสัมผัสกับขดท่อ Vaporizer ได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้น้ำมันสามารถเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอที่สามารถติดไฟได้ในระยะเวลาที่น้อยลง



รูปที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงระหว่างกรณีที่ไม่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนและกรณีที่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่อัตราการไหล 1.4 L/min

จากรูปที่ 4.9 แสดงผลการเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการอุ่นเชื้อเพลิงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระยะห่างระหว่าง Flame Holder ถึงท่อ Vaporizer ที่อัตราการไหล 1.4 L/min เนื่องจากที่อัตราการไหลดังกล่าวสามารถเห็นผลต่างของระยะเวลาที่ใช้ในการอุ่นเชื้อเพลิงและเป็นการประหยัดเชื้อเพลิงแก๊สแอลพีจีของหัวเผาแบบฉีดเชื้อเพลิงร่วม ขนาดวงขดท่อ Vaporizer (RVD) ที่ใช้ในการทดสอบ 3 ขนาด คือ 50 มิลลิเมตร(RVD = 50 mm), 70 มิลลิเมตร(RVD = 70 mm) และ 90 มิลลิเมตร(RVD = 90 mm) โดยทำการทดสอบทั้งกรณีที่ไม่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนและกรณีที่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อน พบว่าที่ระยะห่างเท่ากับ 10 มิลลิเมตร ระยะเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงทั้งสองกรณีที่ใช้ในการทดสอบแตกต่างกันโดยเฉพาะที่ขนาดวงขดท่อ Vaporizer เท่ากับ 90 มิลลิเมตร(RVD = 90 mm) เมื่อทำการทดสอบหาระยะเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงระหว่างกรณีที่ไม่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนและกรณีที่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อน ใช้ระยะเวลาเท่ากับ 2 นาที และ 1.35 นาที ตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกันพบว่าเมื่อมีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนสามารถลดระยะเวลาได้ถึง 25 วินาที สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไปในการอุ่นเชื้อเพลิง ส่วนขนาดของวงขดท่อ Vaporizer และระยะห่างระหว่าง Flame Holder ถึงท่อ Vaporizer อื่นๆ สามารถเห็นได้ชัดเจนจากระยะเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงที่เปลี่ยนแปลงเมื่อระยะห่างจาก Flame Holder ถึงท่อ Vaporizer ที่เพิ่มขึ้น จากที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่านอกจากฉนวนแล้วปัจจัยหนึ่งที่

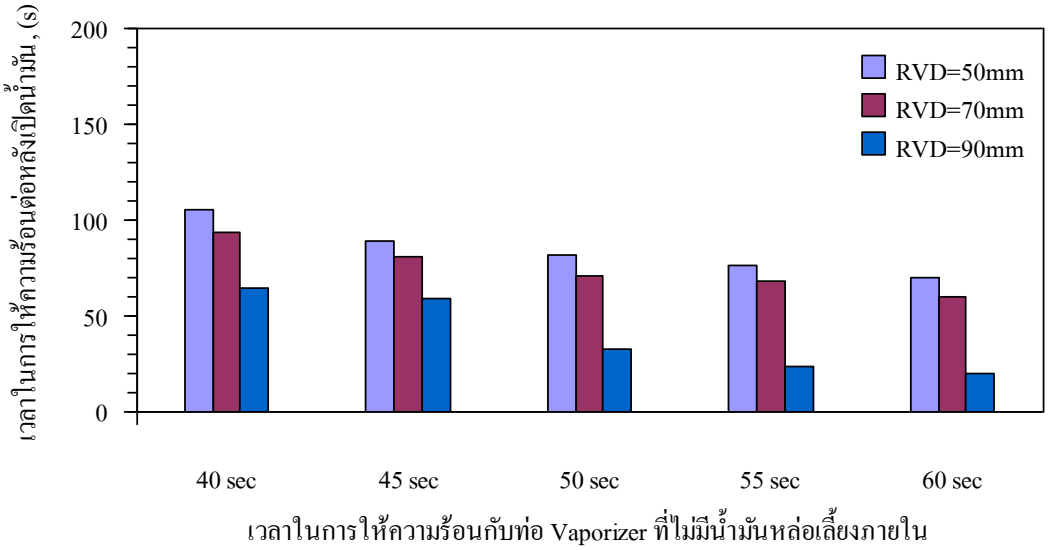
ช่วยให้หัวเผาแบบฉีดเชื้อเพลิงร่วมใช้เวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงสั้นลงคือ ตำแหน่งในการติดตั้งชุด Vaporizer



รูปที่ 4.10 ระยะเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงที่มีระยะห่างระหว่าง Flame Holder ถึงท่อ Vaporizer เท่ากับ 10 มิลลิเมตร กรณีติดตั้งฉนวนกันความร้อน

จากรูปที่ 4.10 จะเห็นได้ว่าขนาดวงขดท่อ Vaporizer ทั้ง 3 ขนาดจะใช้ระยะเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงที่แตกต่างกันที่อัตราการไหลแก๊สแอลพีจีเดียวกัน เนื่องจากขนาดวงขดท่อ Vaporize จะได้รับความร้อนจากเปลวไฟของแก๊สแอลพีจีที่ต่างกัน เช่นที่อัตราการไหลแก๊สแอลพีจีเท่ากับ 1.1 L/min โดยเฉพาะที่ขนาดวงขดท่อ Vaporizer เท่ากับ 90 มิลลิเมตร(RVD = 90 mm)ใช้เวลาในการอุ่นเชื้อเพลิง 3 นาที เพราะวงขดท่อนออกนอก Flame Holder ทำให้กระแสของแก๊สร้อนและลักษณะของเปลวไฟที่สั้นไม่พุ่งไปสัมผัสกับวงขดท่อ Vaporizer ซึ่งใช้ระยะเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงนานกว่าที่ขนาดวงขดท่อ Vaporizer เท่ากับ 70 มิลลิเมตร(RVD = 70 mm) และ 50 มิลลิเมตร (RVD = 50 mm) ที่ใช้เวลาเพียง 2.13 นาที, 1.53 นาที ตามลำดับ แต่เมื่ออัตราการไหลของแก๊สแอลพีจีที่เพิ่มขึ้นลักษณะเปลวไฟจะพุ่งออกไปด้านข้างของ Flame Holder ทำให้วงขดท่อ Vaporizer เท่ากับ 90 มิลลิเมตร ได้รับความร้อนจากเปลวไฟมากที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลแก๊สแอลพีจี วงขดท่อ Vaporizer ขนาดต่างๆจะได้รับความร้อนแตกต่างกันออกไป

4.2.3 กรณีเปิดน้ำมันหลังจากอุ่นวงขดท่อVaporizer แล้วที่ระยะเวลาต่างๆ (ไม่ติดตั้งฉนวนกันความร้อน)



รูปที่ 4.11 เวลาในการให้ความร้อนกับท่อ Vaporizer ที่ไม่มีน้ำมันหล่อเลี้ยงภายในเมื่อใช้อัตรา การไหลแก๊สแอลพีจี 1.4 L/min (ไม่ติดตั้งฉนวนกันความร้อน)

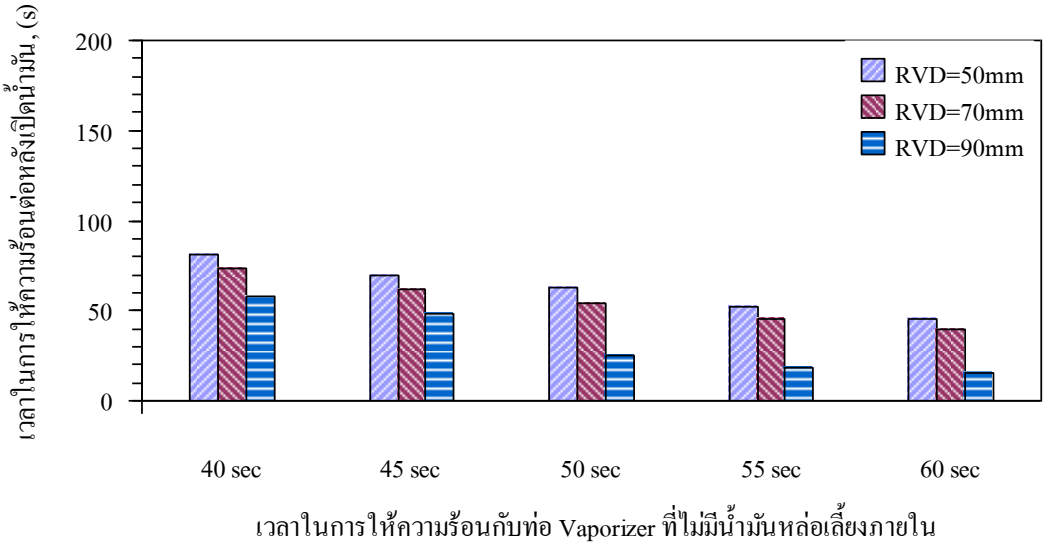
ก. RVD = 50 มิลลิเมตร ข. RVD = 70 มิลลิเมตร ค. RVD = 90 มิลลิเมตร

รูปที่ 4.12 ลักษณะของท่อทองแดงขนาดต่างๆที่ถูกให้ความร้อนด้วยเวลา 40 วินาที (ไม่ติดตั้งฉนวนกันความร้อน)

จากรูปที่ 4.11 และ รูปที่ 4.12 ทำการทดสอบโดยใช้อัตราการไหลของแก๊สแอลพีจีเท่ากับ 1.4 L/min และระยะห่างระหว่าง Flame Holder ถึงท่อ Vaporizer เท่ากับ 10 มิลลิเมตร โดยทำการให้ความร้อนกับวงขดท่อ Vaporizer ที่ระยะเวลาต่างๆ กรณีไม่ติดตั้งฉนวนกันความร้อน โดยทำการทดสอบที่ขนาดวงขดท่อ Vaporizer ทั้ง 3 ขนาด คือ 50 มิลลิเมตร(RVD = 50 mm) 70 มิลลิเมตร(RVD = 70 mm) และ 90 มิลลิเมตร(RVD = 90 mm) ตามลำดับ พบว่าที่ขนาดวงขดท่อ 90 มิลลิเมตร(RVD = 90 mm) เป็นวงขดท่อที่ได้รับความร้อนมากที่สุด เนื่องจากลักษณะของเปลวไฟที่บานออกมาสัมผัสกับวงขดท่อพอดีซึ่งสามารถสังเกตได้จากรูป เมื่อทำการเปิดน้ำมันและให้

ความร้อนต่อไปอีกเพียงเล็กน้อยก็จะสามารถทำให้น้ำมันระเหยกลายเป็นไอและสามารถติดไฟได้ในระยะเวลาที่น้อยกว่าวงขดท่อขนาดอื่นๆ

4.2.4 กรณีเปิดน้ำมันหลังจากอุ่นวงขดท่อ Vaporizer แล้วที่ระยะเวลาต่างๆ (ติดตั้งฉนวนกันความร้อน)

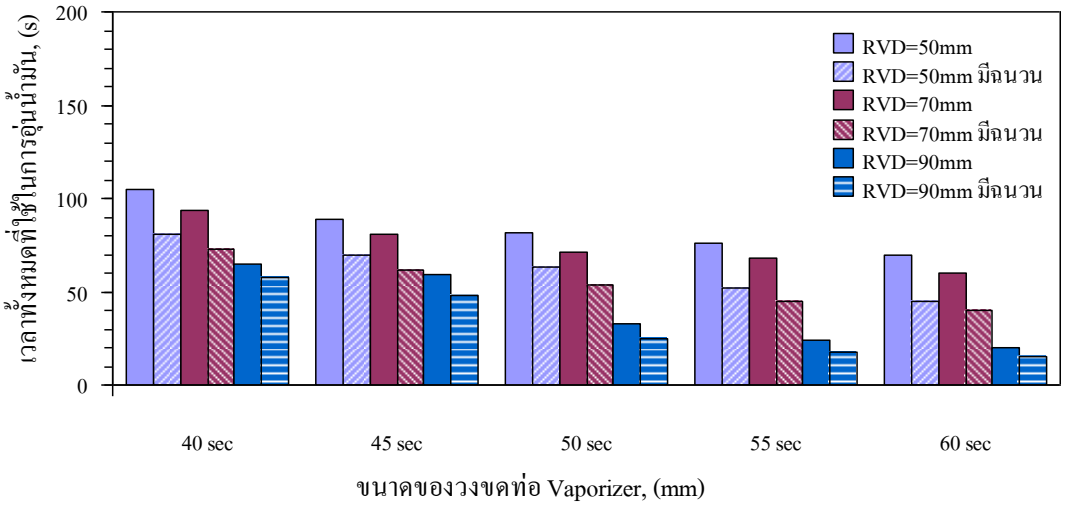


รูปที่ 4.13 เวลาในการให้ความร้อนกับท่อ Vaporizer ที่ไม่มีน้ำมันหล่อเลี้ยงภายในเมื่อใช้อัตราการไหลแก๊สแอลพีจี 1.4 L/min (ติดตั้งฉนวนกันความร้อน)

ก. RVD = 50 มิลลิเมตร ข. RVD = 70 มิลลิเมตร ค. RVD = 90 มิลลิเมตร

รูปที่ 4.14 ลักษณะของท่อทองแดงขนาดต่างๆที่ถูกให้ความร้อนด้วยเวลา 40 วินาที (ติดตั้งฉนวนกันความร้อน)

จากรูปที่ 4.13 และรูปที่ 4.14 ทำการทดสอบโดยใช้อัตราการไหลของแก๊สแอลพีจีเท่ากับ 1.4 L/min และระยะห่างระหว่าง Flame Holder ถึงท่อ Vaporizer เท่ากับ 10 มิลลิเมตร โดยทำการให้ความร้อนกับวงขดท่อ Vaporizer ที่ระยะเวลาต่างๆ กรณีติดตั้งฉนวนกันความร้อน ทำการทดสอบที่ขนาดวงขดท่อ Vaporizer ทั้ง 3 ขนาด คือ 50 มิลลิเมตร(RVD = 50 mm) 70 มิลลิเมตร(RVD = 70 mm) และ 90 มิลลิเมตร(RVD = 90 mm) ตามลำดับ พบว่าที่ขนาดวงขดท่อ 90 มิลลิเมตร(RVD = 90 mm) ยังเป็นวงขดท่อที่ได้รับความร้อนมากที่สุด เนื่องจากฉนวนกันความร้อนที่นำมาติดตั้งสามารถช่วยลดการสูญเสียความร้อนออกสู่บรรยากาศ เป็นผลให้ระยะเวลาในการให้ความร้อนต่อหลังจากเปิดน้ำมันลดลงกว่ากรณีที่ไม่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อน



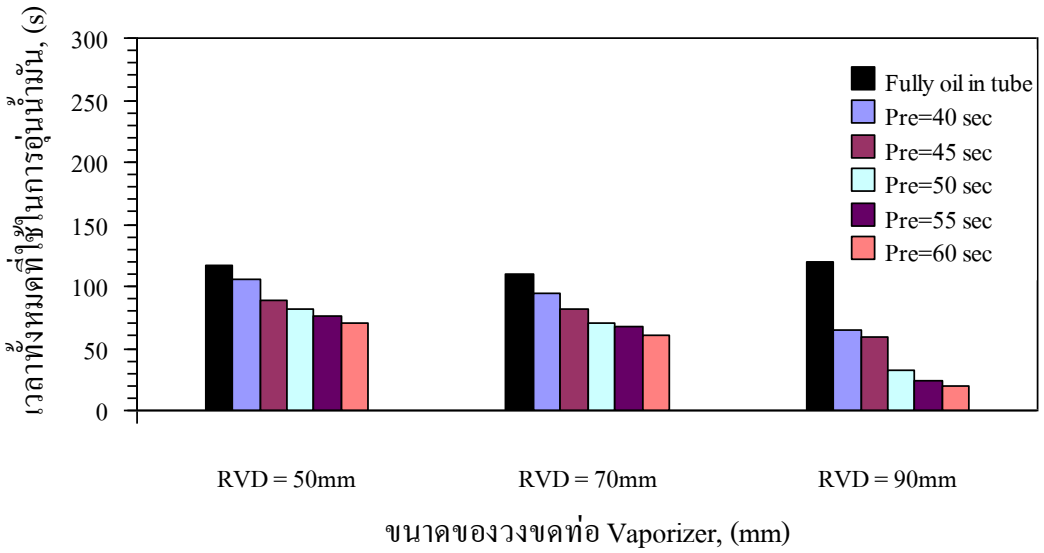
รูปที่ 4.15 แสดงการเปรียบเทียบเวลาในการให้ความร้อนกับท่อ Vaporizer ที่ไม่มีน้ำมันหล่อเลี้ยงภายใน กรณีที่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนและไม่ติดตั้งฉนวนกันความร้อน

จากรูปที่ 4.15 เป็นการเปรียบเทียบเวลาในการให้ความร้อนกับท่อ Vaporizer ที่ไม่มีน้ำมันหล่อเลี้ยงภายในกรณีที่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนและไม่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อน เมื่อใช้อัตราการไหลแก๊สแอลพีจีเท่ากับ 1.4 L/min สามารถเห็นได้จากระยะเวลาในการให้ความร้อนกับท่อ Vaporizer เป็นเวลา 40 วินาทีก่อนแล้วจึงเปิดน้ำมันเข้าไป พบว่าที่ขนาดวงขดท่อ Vaporizer เท่ากับ 50 มิลลิเมตร(RVD = 50 มิลลิเมตร), 70 มิลลิเมตร(RVD = 70 mm) และ 90 มิลลิเมตร(RVD = 90 mm) เมื่อมีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนพบว่าระยะเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงหลังจากที่มีการ

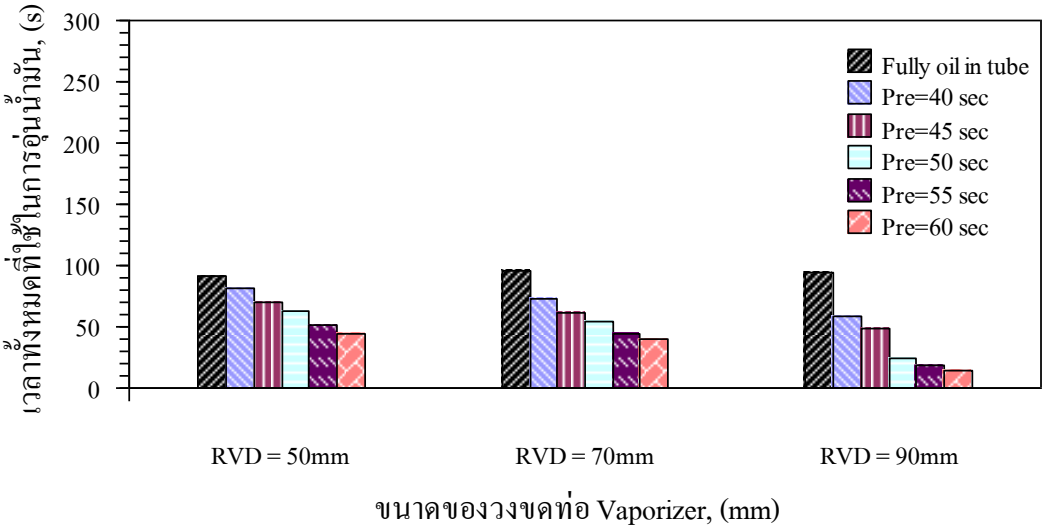
เปิดน้ำมันเข้าไปลดลงทุกขนาดของวงขดท่อ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ขนาดวงขดดท่อ Vaporizer เท่ากับ 70 มิลลิเมตร(RVD = 70 mm) กรณีที่ไม่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนใช้ระยะเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงเท่ากับ 1.50 นาทีและกรณีที่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนใช้ระยะเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงเท่ากับ 1.36 นาที เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันสามารถลดระยะเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงได้ประมาณ 9.33 % สำหรับที่ระยะเวลา 45 วินาที, 50 วินาที, 55 วินาทีและ 60 วินาที ในการให้ความร้อนกับท่อ Vaporizer ที่ไม่มีน้ำมันหล่อเลี้ยงภายในเมื่อนำมาเปรียบเทียบกันทั้งกรณี ที่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนและกรณีที่ไม่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนของแต่ละขนาดวงขดท่อ Vaporizer พบว่าสามารถลดระยะเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงได้เช่นกัน แต่ที่ขนาดวงขดท่อเท่ากับ 90 มิลลิเมตร (RVD = 90 mm) ที่ระยะเวลา 45 วินาทีขึ้นไปใช้เวลาอุ่นน้อยมาก เนื่องจากวงขดท่อดังกล่าวสัมผัสกับเปลวไฟโดยตรง ทำให้ได้รับความร้อนมาก เมื่อเปิดน้ำมันจึงส่งผลให้ น้ำมันระเหยกลายเป็นไอและสามารถติดไฟได้ทันที ซึ่งข้อดีของการอุ่นท่อ Vaporizer ก่อนเปิด น้ำมัน คือ น้ำมันที่มีสถานะเป็นของเหลวไม่ไหลออกมาในขณะที่ทำการอุ่นเชื้อเพลิง ข้อเสียสำหรับการทดสอบแบบนี้คือ ถ้าท่อทองแดงได้รับความร้อนมากเกินไปอาจเกิดความเสียหายกับท่อทองแดงได้

สวพ. มทร.สุวรรณภูมิ

4.3 ผลของการเปรียบเทียบระยะเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงกรณีที่เปิดน้ำมันเข้าไปจนเต็มท่อ Vaporizer ก่อน กับกรณีที่เปิดน้ำมันหลังการอุ่น



รูปที่ 4.16 การเปรียบเทียบระยะเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงในกรณีที่ไม่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อน



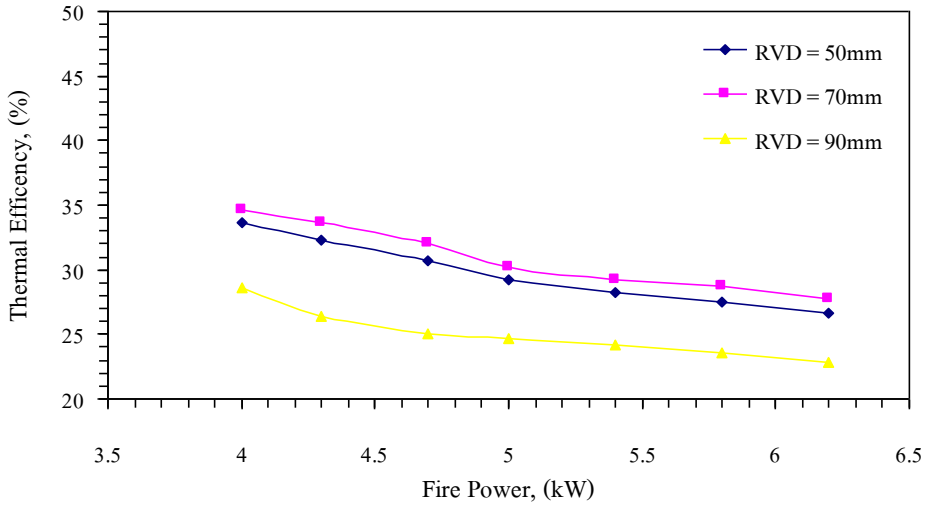
รูปที่ 4.17 การเปรียบเทียบระยะเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงในกรณีที่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อน

จากรูปที่ 4.16 และรูป 4.17 เป็นการเปรียบเทียบระยะเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงระหว่างวิธีที่เปิดน้ำมันเข้าไปจนเต็มท่อ Vaporizer แล้วจึงเริ่มอุ่นน้ำมันเทียบกับวิธีที่ทำการอุ่นชุด Vaporizer

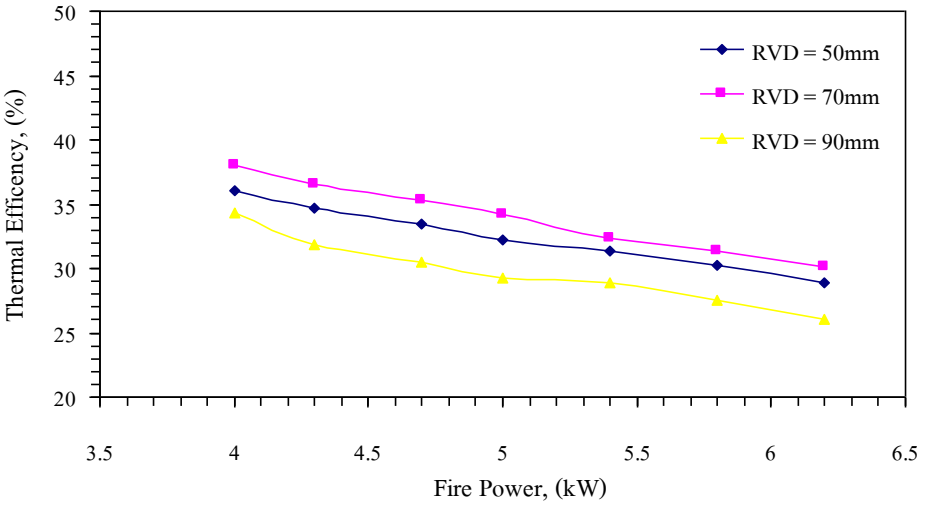
ก่อน แล้วค่อยเปิดน้ำมันเข้าไปในท่อทั้งในกรณีที่ไม่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนและกรณีที่มี การติดตั้งฉนวนกันความร้อน ซึ่งทั้งสองวิธีได้ทำการทดสอบโดยใช้อัตราการไหลแก๊สเท่ากับ 1.4 $\mathrm{L/min}$ พบว่ากรณีที่ทำการอุ่นชุด Vaporizer ก่อนแล้วจึงเปิดน้ำมันเข้าไปจะใช้เวลาน้อยกว่า วิธีที่เปิดน้ำมันเข้าจนเต็มท่อ Vaporizer แล้วจึงค่อยทำการอุ่นทั้งในกรณีที่ไม่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนและกรณีที่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่ขนาดวงขดท่อ Vaporizer เท่ากับ 50 มิลลิเมตร(RVD = 50 mm), 70 มิลลิเมตร(RVD = 70 mm) และ 90 มิลลิเมตร(RVD = 90 mm) สำหรับกรณีที่ไม่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนเมื่อทำการอุ่นชุด Vaporizer โดยที่ไม่มีน้ำมันหล่อ เลี้ยงภายในท่อเป็นเวลา 40 วินาที แล้วค่อยเปิดน้ำมันเข้าไปในท่อ Vaporizer หลังจากนั้นจึงให้ความร้อนในการอุ่นน้ำมันจนกระทั่งน้ำมันเปลี่ยนแปลงสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอและสามารถติดไฟได้ ใช้เวลาทั้งหมดเท่ากับ 1.45 นาที 1.34 นาทีและ 1.05 นาที ตามลำดับ เนื่องจากความร้อนที่สะสมอยู่ภายในท่อจากการอุ่นท่อก่อน 40 วินาทีสามารถทำให้น้ำมันที่เปิดออกจากถังสามารถระเหยกลายเป็นไอและติดไฟได้ตามเวลาที่กล่าวไว้ข้างต้น แต่ที่ขนาดวงขดท่อเท่ากับ 90 มิลลิเมตร (RVD = 90 mm) กรณีที่อุ่นท่อก่อนแล้วเปิดน้ำมันเข้าไปในท่อ Vaporizer ขดท่อจะได้รับความร้อนจากเชื้อเพลิงแก๊สแอลพีจีมาก เนื่องจากลักษณะของเปลวไฟที่บานออกนอก Flame Holder และกลายเป็นไอได้เร็วสังเกตเห็นได้จากระยะเวลาในการอุ่นที่มากกว่า 40 วินาที สำหรับกรณีที่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนจากการเปรียบเทียบจากรูปที่ 4.29 พบว่าระยะเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงลดลงเหมือนกัน แต่สำหรับกรณีดังกล่าวระยะเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงลดลงมากกว่ากรณีที่ไม่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนเมื่อเปรียบเทียบที่ขนาดวงขดท่อเดียวกันและระยะเวลาเดียวกันในการอุ่นท่อ Vaporizer ก่อนเปิดน้ำมัน พิจารณาจากขนาดของวงขดท่อ Vaporizer เท่ากับ 50 มิลลิเมตร(RVD = 50 mm) และระยะเวลาในการอุ่นชุด Vaporizer โดยที่ไม่มีน้ำมันหล่อเลี้ยงภายในท่อเท่ากับ 40 วินาที กรณีที่ไม่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนใช้ระยะเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงต่อไปจนกระทั่งน้ำมันเปลี่ยนแปลงสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอใช้เวลา 1.45 นาที และกรณีที่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนใช้เวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงเท่ากับ 1.21 นาที เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันพบว่าสามารถลดระยะเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงได้ถึง 24 วินาที หรือประมาณ 16.55 % โดยรวมแล้วระยะเวลาในการอุ่นน้ำมันที่อยู่ในสถานะที่เป็นของเหลวจนกระทั่งระเหยกลายเป็นไอและสามารถติดไฟได้ด้วยไอน้ำมันมีแนวโน้มลดลงเมื่อมีการติดตั้งฉนวนกันความร้อน โดยทำการทดสอบที่ระยะเวลาและขนาดวงขดท่อ Vaporizer เดียวกัน

สวพ. มทร.สุวรรณภูมิ

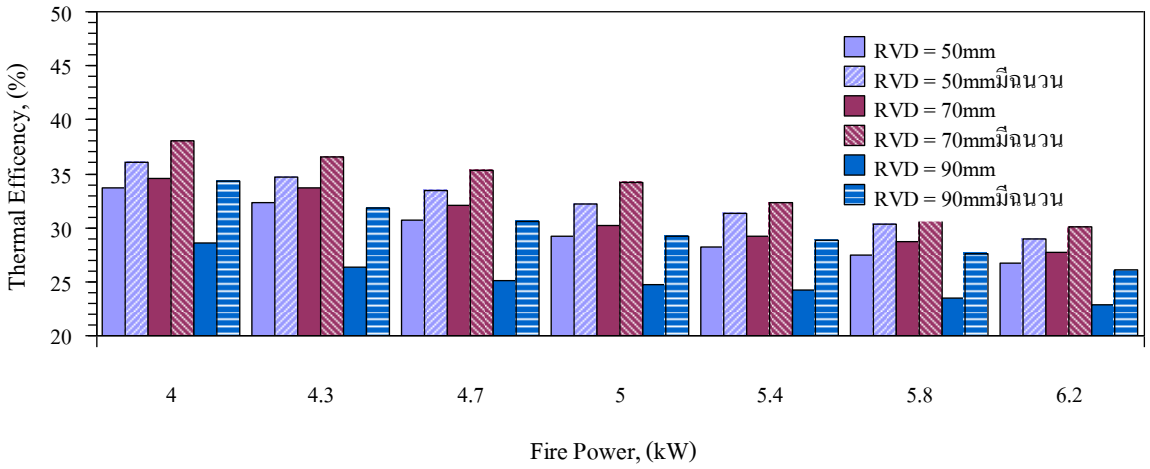
4.4 ผลของการศึกษาขนาดของวงขดท่อ Vaporizer ที่มีผลต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลน้ำมัน



รูปที่ 4.19 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหัวเผาแบบฉีดเชื้อเพลิงร่วมเมื่อใช้เชื้อเพลิงน้ำมันปาล์มในกรณีไม่ติดตั้งฉนวนกันความร้อน



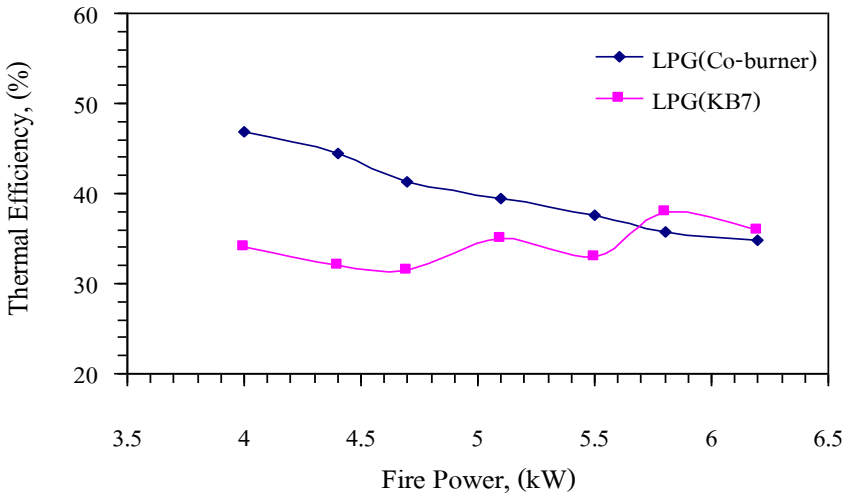
รูปที่ 4.20 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหัวเผาแบบฉีดเชื้อเพลิงร่วมเมื่อใช้เชื้อเพลิงน้ำมันปาล์มในกรณีติดตั้งฉนวนกันความร้อน



รูปที่ 4.21 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนระหว่างกรณีที่ไม่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนและกรณีที่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อน

จากรูปที่ 4.21 เมื่อพิจารณาผลการทดลองการทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนจากหัวเผาแบบฉีดเชื้อเพลิงร่วมที่ใช้น้ำมันปาล์มเป็นเชื้อเพลิงที่มีวงขด Vaporizer ที่แตกต่างกัน 3 ขนาด กรณีที่ไม่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนและกรณีที่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อน พบว่าหัวเผาน้ำมันพืชที่มีวงขดท่อขนาด 70 มิลลิเมตร(RVD = 70 mm) เป็นขนาดวงขดท่อที่เหมาะสมต่อการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างเปลวไฟกับขดท่อ Vaporizer และขดท่อยังอยู่ในบริเวณที่เหมาะสมต่อการรับความร้อนจากเปลวไฟ ฉนวนกันความร้อนที่นำมาติดตั้งยังช่วยเพิ่มปะสิทธิภาพเชิงความร้อนให้สูงขึ้นในทุกๆย่านของค่าความร้อนที่ป้อนเข้า จึงทำให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่ได้สูงสุดและรองลงมา คือ 50 มิลลิเมตร(RVD = 50 mm) 90 มิลลิเมตร(RVD = 90mm) ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มใกล้เคียงกันและไปในทิศทางเดียวกัน ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดจะอยู่ที่ค่าความร้อนที่ป้อนเข้าต่ำๆ เนื่องจากลักษณะของเปลวไฟที่บานออกน้อยจึงพุ่งขึ้นสัมผัสกับก้นภาชนะโดยตรงและประสิทธิภาพเชิงความร้อนจะลดลงเมื่อค่าความร้อนที่ป้อนเข้าสูงขึ้นค่าความร้อนที่ป้อนเข้าสูงขึ้นส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศก็จะเปลี่ยนไปกล่าวคือมีน้ำมันมากขึ้นและอากาศที่เข้าไปน้อยลงส่วนผสมที่ได้ก็จะบางลงทำให้อากาศร้อนส่วนหนึ่งเสียไปกับอากาศส่วนเกิน ลักษณะของเปลวไฟก็จะสูงขึ้นและบานออกด้านข้างสูญเสียความร้อนให้กับผนังด้านในของฉนวนกันความร้อนและไม่ได้พุ่งขึ้นสัมผัสกับก้นภาชนะอย่างเต็มที่ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่วัดได้จึงค่อนข้างต่ำลง

4.5 ผลของการศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหัวเผาแบบฉีดเชื้อเพลิงร่วม เมื่อใช้แก๊สแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงกับหัวเตาหุงต้มรุ่น KB7

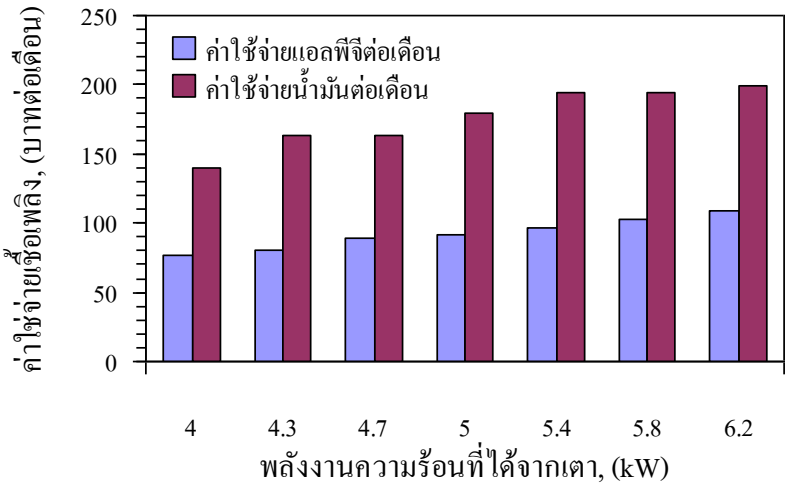


รูปที่ 4.22 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหัวเผาแบบฉีดเชื้อเพลิงร่วมกับหัวเตาหุงต้มรุ่น KB7 เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สแอลพีจี

จากรูปที่ 4.22 จากการทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหัวเผาแบบฉีดเชื้อเพลิงร่วมที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สแอลพีจีอย่างเดียวในการเผาไหม้เทียบกับหัวเตาที่ใช้ในการหุงต้มในครัวเรือนรุ่น KB7 ที่เงื่อนไขการทดสอบเดียวกันคือ กำหนดให้หัวเผาต้องห่างจากก้นภาชนะ 10 cm พบว่าหัวเผาแบบฉีดเชื้อเพลิงร่วมที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สแอลพีจีมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่สูงกว่าหัวเตาที่ใช้ในการหุงต้มในครัวเรือนรุ่น KB7(บุญส่ง เพชรน้อย,2549) เนื่องจากลักษณะโครงสร้างและขนาดของรูหัวฉีดที่มีขนาดเล็ก จึงทำให้มีความเร็วในการฉีดแก๊สแอลพีจีที่สามารถพุ่งออกไปได้ไกล ทำให้การชนของก๊าซร้อนที่วิ่งไปสัมผัสกับก้นภาชนะมากกว่าหัวเผา KB7 อัตราการถ่ายความร้อนระหว่างก้นภาชนะกับเปลวไฟมีมากกว่าหัวเผา KB7 ที่มีโครงสร้างของเปลวไฟสั้น จึงทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนที่สูงกว่า แต่ที่ Fire power 5.8 kW และ 6.2 kW ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหัวเผา KB7 มีค่าสูงกว่าเนื่องจากอัตราการไหลของแก๊สแอลพีจีที่เพิ่มขึ้น ลักษณะของเปลวไฟจึงพุ่งขึ้นไปสัมผัสกับก้นภาชนะพอดี ประสิทธิภาพที่วัดได้จึงสูงกว่าหัวเผาแบบฉีดเชื้อเพลิงร่วม

สวพ. มหาวิทยาลัยบูรพา

4.6 ผลการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายต่อเวลากับค่าความร้อนที่ป้อนเข้า



รูปที่ 4.23 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการใช้งานของหัวเผาแบบฉีดเชื้อเพลิงร่วมที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สแอลพีจีและเชื้อเพลิงน้ำมันปาล์ม

จากรูปที่ 4.23 แสดงถึงค่าใช้จ่ายของหัวเผาแบบฉีดเชื้อเพลิงร่วมที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊ส แอลพีจีและเชื้อเพลิงน้ำมันปาล์ม ทดสอบโดยการต้มน้ำให้เดือดที่ระดับพลังงานเดียวกันเป็นเวลา 30 วัน วันละ 2 ครั้ง โดยนำระยะเวลาในการต้มน้ำมาคำนวณหาค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิง พบว่าหัวเผาแบบฉีดเชื้อเพลิงร่วมที่ใช้น้ำมันปาล์มเป็นเชื้อเพลิง ใช้เวลานานกว่าหัวเผาแบบฉีดเชื้อเพลิงร่วมที่ใช้แก๊สแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงประมาณ 7-10 นาที จึงส่งผลให้ค่าใช้จ่ายต่อเดือนเมื่อใช้น้ำมันปาล์มเป็นเชื้อเพลิงสูงกว่าเมื่อใช้แก๊สแอพีจีเป็นเชื้อเพลิงในหัวเผาแบบฉีดเชื้อเพลิงร่วมและจากราคาน้ำมัน ปาล์มที่ปรับตัวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นผลให้ราคาต่อหน่วยพลังงานของเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดไม่แตกต่างกัน ทำให้ค่าใช้จ่ายต่อเดือนเมื่อใช้เชื้อเพลิงน้ำมันปาล์มจึงสูงกว่าค่าใช้จ่ายต่อเดือนของ แก๊สแอลพีจีเมื่อคิดที่ค่าพลังงานความร้อนเดียวกัน ในอนาคตหากรัฐบาลปรับลอยตัวแก๊สแอลพีจีตามราคาตลาดโลกก็จะส่งผลให้ราคาต่อหน่วยพลังงานของแก๊สแอลพีจีเพิ่มสูงขึ้นในขณะที่ราคาน้ำมันปาล์มอาจจะคงที่ก็จะส่งผลในทางกลับกัน ถ้าค่าใช้จ่ายต่อเดือนของแก๊สแอลพีจีก็จะสูงกว่าค่าใช้จ่ายต่อเดือนเมื่อใช้เชื้อเพลิงน้ำมันปาล์ม ซึ่งสามารถนำเชื้อเพลิงน้ำมันปาล์มกลับมาใช้เป็น พลังงานทางเลือกได้ ทั้งนี้ก็เพื่อลดปริมาณการใช้น้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้งานแล้ว

สวพ. มหาวิทยาลัยบูรพา

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการศึกษาและพัฒนาเพื่อลดระยะเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงของหัวเผาน้ำมันพืชที่ผ่านการใช้งานแล้ว โดยทำการติดตั้งฉนวนกันความร้อนเข้ากับชุดอุ่นน้ำมันก่อนการใช้งาน (Pre heater) และได้นำเอาหัวเผาไปทดสอบสมรรถนะด้านต่างๆ เพื่อทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการทำงานของหัวเผา เช่น ตำแหน่งในการติดตั้งชุด Vaporizer เพื่อให้สามารถแลกเปลี่ยนความร้อนจากเปลวไฟได้ดีที่สุด โดยทำการปรับเปลี่ยนเงื่อนไขการทดสอบต่างๆ ซึ่งอธิบายผลการทดลองไว้ในบทที่ 4 สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. ฉนวนกันความร้อนที่นำมาติดตั้งเข้ากับชุดอุ่นน้ำมันพืชก่อนการใช้งาน สามารถช่วยลดระยะเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงให้สั้นลงในทุกๆ ย่านอัตราการไหลของแก๊สแลพีจี โดยมีระยะเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงที่น้อยที่สุดเท่ากับ 50 วินาที ที่ขนาดวงขดท่อ Vaporizer เท่ากับ 90 มิลลิเมตร(RVD = 90 mm) ความยาวของท่อ Vaporizer เท่ากับ 1250 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการระเหยกลายเป็นไอของน้ำมันพืช ทำให้หัวเผาน้ำมันก๊าดสามารถใช้งานได้เมื่อใช้เชื้อเพลิงน้ำมันพืชที่ผ่านการใช้งานแล้ว ส่วนที่ขนาดวงขดท่อ Vaporizer เท่ากับ 70 มิลลิเมตร(RVD = 70 mm) และ 50 มิลลิเมตร(RVD = 50 mm) ใช้เวลาในการอุ่นเชื้อเพลิง 65 วินาทีและ 58 วินาที ตามลำดับ

2. ขนาดวงขดท่อ Vaporizer ที่แตกต่างกันนั้นส่งผลกระทบต่อสมรรถนะของหัวเผาโดยตรง เพราะขนาดวงขดท่อ Vaporizer ที่เล็กเกินไปทำให้ได้รับความร้อนไม่เพียงพอเนื่องจากลักษณะของเปลวไฟที่บานออกด้านนอก การระเหยกลายเป็นไอของน้ำมันจึงไม่ดีและฉีดพ่นของเหลวปะปนมากับไอน้ำมันพืช การเผาไหม้ที่เกิดขึ้นจึงไม่สมบูรณ์ เช่นเดียวกับขนาดวงขดท่อ Vaporizer ที่มีขนาดใหญ่จะได้รับความร้อนจากเปลวไฟมากเกินไปทำให้ไอน้ำมันภายในท่อได้รับความร้อนมากเกินไปจนทำให้ไอน้ำมันทำปฏิกิริยากับออกซิเจนที่มีอยู่ในน้ำมันเกิดเป็นผงถ่านสะสมนำมาซึ่งปัญหาการอุดตันของหัวฉีด ขนาดวงขดท่อ Vaporizer ที่ดีที่สุดของโครงงานนี้ คือ 70 มิลลิเมตร (RVD = 70 mm), 50 มิลลิเมตร(RVD = 50 mm), 90 มิลลิเมตร(RVD = 90 mm) ตามลำดับ

วิทยาลัยเทคนิคสุรินทร์

3. การอุ่นท่อ Vaporizer ก่อนเปิดน้ำมันจะใช้ระยะเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงที่น้อยกว่าวิธีที่เปิดน้ำมันจนเต็มท่อแล้วทำการอุ่น ทั้งกรณีที่ไม่ติดตั้งฉนวนกันความร้อนและติดตั้งฉนวนกันความร้อน เนื่องจากน้ำมันที่มีสถานะเป็นของเหลวสัมผัสความร้อนจากผิวท่อ Vaporizer ที่ทำการอุ่นโดยตรง แต่มีข้อเสียคือ วงขดท่อ Vaporizer อาจได้รับความร้อนมากเกินไปจนทำให้เกิดความเสียหายกับวงขดท่อได้

4. ตำแหน่งในการติดตั้งท่อ Vaporizer ที่มีผลต่อสมรรถนะการทำงานของหัวเผา ถ้าหากมีระยะห่างระหว่าง Flame Holder ถึงท่อ Vaporizer มากเกินไป ความร้อนที่ได้ก็จะไม่เพียงพอต่อการระเหยกลายเป็นไอของน้ำมันพืช โดยตำแหน่งที่เหมาะสมจะถูกติดตั้งอยู่เหนือ Flame Holder ประมาณ 10 มิลลิเมตร เนื่องจากระยะห่างดังกล่าวเป็นตำแหน่งที่ได้รับความร้อนจากเปลวไฟได้ดีที่สุดในทุกๆย่านอัตราการไหลของแก๊สแอลพีจีและระยะเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิงยังน้อยลงอีกด้วย

5. จากการทดสอบสมรรถนะด้านการใช้งานของหัวเผาแบบฉีดเชื้อเพลิงร่วมเมื่อใช้น้ำมันปาล์มเป็นเชื้อเพลิง ประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่วัดได้มีค่าน้อยกว่าหัวเผาแบบฉีดเชื้อเพลิงร่วมเมื่อใช้แก๊สแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง เนื่องจากฉนวนกันความร้อนที่นำมาติดตั้งเข้ากับชุดอุ่นน้ำมันก่อนการใช้งานสามารถช่วยลดระยะในการอุ่นเชื้อเพลิงได้และสามารถช่วยป้องกันความร้อนสูญเสียออกสู่ภายนอก ทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่างานวิจัยในอดีตประมาณ 10 % (บุญส่ง เพชรน้อย) ซึ่งค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่เพิ่มขึ้นค่อนข้างต่ำเนื่องจากเปลวไฟ ส่วนหนึ่งต้องนำไปให้ความร้อนกับชุดท่อ Vaporizer และลักษณะของเปลวไฟที่บานออกด้านข้างตามลักษณะโครงสร้างของฉนวนกันความร้อน ทำให้ความร้อนจากเปลวไฟไม่ไหลไปสัมผัสกับก้นภาชนะโดยตรง ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่วัดได้

6. จากการศึกษาและพัฒนาหัวเผาแบบฉีดเชื้อเพลิงร่วมที่สามารถใช้ได้ทั้งเชื้อเพลิงแก๊สแอลพีจีและเชื้อเพลิงน้ำมันปาล์มได้ภายในหัวเผาเดียวกัน ทำให้น้ำมันพืชที่ผ่านการใช้งานแล้วเป็นจำนวนมากสามารถนำกลับมาใช้เป็นพลังงานทางเลือกเพื่อทดแทนเชื้อเพลิงแก๊สแอลพีจีและยังเป็นการช่วยประหยัดค่าใช้จ่าย เนื่องจากราคาน้ำมันพืชที่ถูกกว่าราคาแก๊สแอลพีจีที่มีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง พบว่าน้ำมันพืชสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนเชื้อเพลิงหลักภายในประเทศ เช่น แก๊สแอลพีจี, น้ำมันดีเซล ได้เป็นอย่างดี โดยไม่ต้องผสมสาร

สกพ. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ใดๆเพียงแต่ต้องพัฒนาอุปกรณ์ให้รองรับการใช้งานได้กับน้ำมันพืช หากมีการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐกิจและการวางแผนระยะยาวนำเอาน้ำมันพืชที่เหลือใช้แต่ไม่สามารถบริโภคได้ โดยนำเอาน้ำมันพืชไปปรับปรุงคุณภาพหรือผ่านกระบวนการต่างๆเพื่อให้สามารถใช้ได้กับหัวเผา อาจเป็นพลังงานทางเลือกที่น่าสนใจและเป็นการส่งเสริมการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์ อีกทั้งยังเป็นการช่วยประหยัดแก๊สแอลพีจีที่มีแนวโน้มราคาสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งแยกประเด็นข้อเสนอแนะได้ดังนี้

1. ย่านการทำงานของหัวเผาแบบฉีดเชื้อเพลิงร่วม ยังมีย่านการทำงานที่แคบอยู่ทำให้สมรรถนะการทำงานของหัวเผามีข้อจำกัด ซึ่งสามารถขยายย่านการทำงานโดยการเพิ่มขนาดของรูหัวฉีดและยังเป็นการช่วยลดปัญหาการอุดตันของหัวฉีดได้อีกด้วย แต่ต้องคำนึงถึงความยาวของท่อ Vaporizer ที่เพิ่มขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากขนาดของรูหัวฉีดที่เพิ่มขึ้นก็จะทำให้อัตราการไหลของน้ำมันพืชก็จะเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย

2. บริเวณทางออกของท่อ Vaporizer มายังหัวฉีดเกิดการสูญเสียความร้อน ทำให้น้ำมันซึ่งมีสถานะเป็นไอแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศภายนอก ซึ่งเป็นผลมาจากความยาวท่อที่มากเกินไปและยังส่งผลต่อการฉีดพ่นของหัวฉีด ไอน้ำมันพืชที่ถูกฉีดออกมาจะไม่สมบูรณ์มีของเหลวปะปนมากับไอของน้ำมันพืช การเผาไหม้ที่เกิดขึ้นจึงไม่สมบูรณ์และยังส่งผลต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่ลดต่ำลงด้วย หากสามารถพัฒนาชุดท่อ Vaporizer ให้มีความยาวของท่อทางออกมายังหัวฉีดน้อยที่สุดก็จะสามารถช่วยลดการสูญเสียความร้อนได้

3. ควรออกแบบฝาครอบฉนวนกันความร้อนให้บังคับทิศทางของเปลวไฟให้ไปสัมผัสกับก้นภาชนะทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนที่ดีขึ้นและเลือกใช้วัสดุที่สามารถทนอุณหภูมิได้สูง เช่น เหล็กสแตนเลส เป็นต้น เนื่องจากในบริเวณดังกล่าวมีอุณหภูมิสูงและไม่ควรวางผนัง ด้านในของฝาครอบฉนวนติดกับ Flame Holder เพราะความร้อนที่ Flame Holder เมื่อมีการใช้งานเป็นระยะเวลานานๆ อาจส่งผลให้ฝาครอบฉนวนเกิดการชำรุดหรือเสียหายได้

4. เนื่องจากขณะนี้ราคาน้ำมันพืชที่ใช้แล้วมีราคาค่อนข้างสูงใกล้เคียงกับราคาแก๊ส แอลพีจี ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายต่อเดือนเมื่อใช้เชื้อเพลิงน้ำมันปาล์มมีราคาที่แพงกว่าค่าใช้จ่ายต่อเดือนของเชื้อเพลิงแก๊สแอลพีจี

เอกสารอ้างอิง

นพพร พลมาตย์. 2545. หัวเผาน้ำมันเชื้อเพลิงเหลวแบบวัสดุพรุนสมรรถนะสูง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สุรชัย จึงจตุพรชัย. 2546. การพัฒนาหัวเผาน้ำมันปาล์มใช้แล้ว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อรรณพ ผาบเพ็ง. 2547. การศึกษาเชิงทดลองของหัวเผาแบบพรุนเผาไหม้น้ำมันพืช. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุรพันธ์ ธงไชยะ. 2548. การศึกษาเชิงทดลองของหัวเผาแบบพรุนเผาไหม้น้ำมันปาล์มที่มีการป้อนอากาศแบบขั้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

บุญส่ง เพชรน้อย. 2549. การพัฒนาและประเมินสมรรถนะหัวเผาน้ำมันปาล์มใช้แล้วชนิดผสมอากาศก่อนเผาไหม้. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

กัณจนา บุญยเกียรติ. 2544. เชื้อเพลิงและการเผาไหม้. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประเสริฐ เทียนนิมิตร, ขวัญชัย สินทรัพย์สมบูรณ์, ปานเพชร ชินินธร. 2544. เชื้อเพลิงและสารหล่อลื่น. พิมพ์ที่ หจก. เม็ดทรายพริ้นติ้ง.

รศ.มนตรี พิรุณเกษตร. 2547. กลศาสตร์ของไหล. พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัทจูลพับลิชชิ่ง.

ผศ.ดร.ธนาคม สุนธรชัยนาคแสง. 2547. การถ่ายเทความร้อน. สำนักพิมพ์ท้อป.

สำนักวิทยบริการฯ

สำเริง จักรใจ. 2547. การเผาไหม้. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2546. รายงานการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ วัสดุตัวอย่าง ตามเลขรับ 6879. กรุงเทพมหานคร.

กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2546. รายงานการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ วัสดุตัวอย่าง ตามเลขรับ 7365. กรุงเทพมหานคร.

กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2546. รายงานการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ วัสดุตัวอย่าง ตามเลขรับ 7366. กรุงเทพมหานคร.

Yunus A. Cengel. Heat Transfer**.** Mc Graw- Hill, Second Edition In SI Unit.

สวพ.
มทร.สุวรรณภูมิ