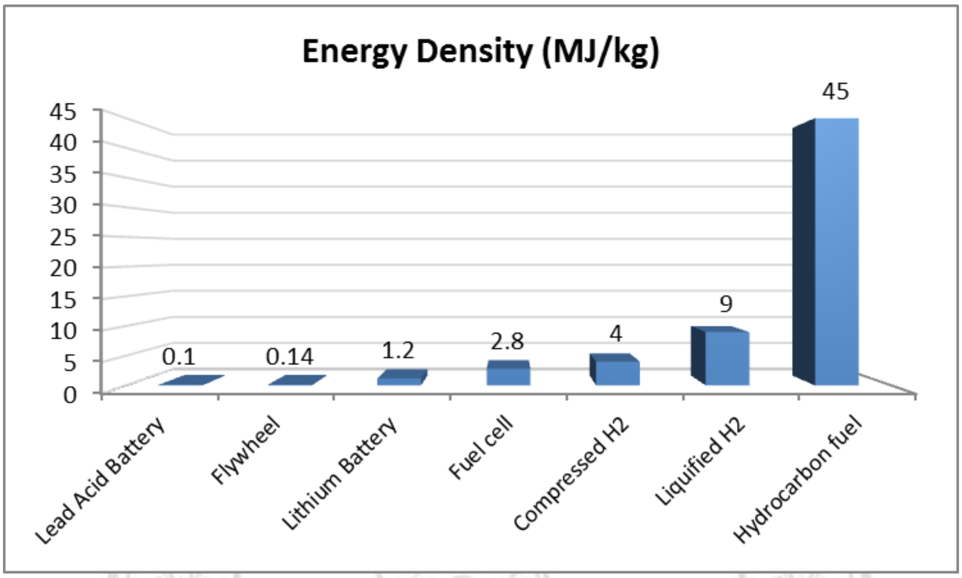
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

การพัฒนาเทคโนโลยีผลิตแหล่งพลังงาน เพื่อใช้เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนเครื่องมือกล อุปกรณ์เครื่องจักรอุตสาหกรรม อุปกรณ์เครื่องมือทางการเกษตร และอุปกรณ์ใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนที่อำนวยความสะดวกต่างๆ มีความก้าวหน้ามากขึ้น ทำให้มีข้อจำกัดรูปแบบของอุปกรณ์ใช้พลังงานสมัยใหม่เช่น ความซับซ้อนทางเทคโนโลยี ขนาดของอุปกรณ์ที่ถูกออกแบบให้สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก หรือเป็นอุปกรณ์แบบพกพา ทำให้ต้องการขนาดของแหล่งต้นกำลังที่เล็กลงเพื่อสอดรับกับอุปกรณ์ แต่กลับให้กำลังที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น แหล่งต้นกำลังในปัจจุบันสามารถแบ่งได้เป็นสองประเภทหลักคือ ต้นกำลังขนาดเล็กเช่น แบตเตอรี่ที่ให้กำลังไม่เกิน 100 วัตต์ และต้นกำลังขนาดใหญ่เช่น เครื่องยนต์ให้กำลังมากกว่า 1,000 วัตต์ สำหรับต้นกำลังขนาดกลางหรือต้นกำลังขนาดเมโส ที่ให้กำลังในช่วงระหว่าง 100 วัตต์ ถึง 1,000 วัตต์ ยังไม่มีการผลิตออกมามากนัก ซึ่งต้นกำลังขนาดเมโสนี้ครอบคลุมอุปกรณ์ใช้พลังงานโดยส่วนใหญ่ หากต้องการต้นกำลังช่วง 100 วัตต์ ถึง 1,000 วัตต์ การใช้แหล่งต้นกำลังรูปแบบเดิมจึงไม่มีความเหมาะสม เนื่องจากแบตเตอรี่มีข้อจำกัดที่มีค่าพลังงานต่อน้ำหนักน้อยและมีราคาแพง เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์แล้วจึงไม่เป็นที่นิยมสำหรับใช้เป็นแหล่งต้นกำลังขนาดใหญ่ ในขณะที่เครื่องยนต์ขนาดเล็กส่วนใหญ่มีกำลังในช่วงประมาณ 2,000 วัตต์ ถึง 10,000 วัตต์ ซึ่งการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ขนาดเล็กยังมีปัญหาอาทิเช่น การปล่อยมลพิษออกสู่บรรยากาศ ความต้องการสร้างต้นกำลังให้พลังงานขนาดเมโส ที่ให้ค่ากำลังต่อน้ำหนักเทียบเคียงกับกำลังต่อน้ำหนักที่ได้จากเครื่องยนต์ จำเป็นต้องพิจารณาแหล่งให้พลังงานที่สูง จากการศึกษาแหล่งพลังงานที่ใช้ในปัจจุบัน พบว่าแหล่งพลังงานจากเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอน ประเภทเชื้อเพลิงเหลวมีพลังงานต่อน้ำหนักสูงสุด (45 MJ/kg) เมื่อเทียบกับแหล่งพลังงานหลายรูปแบบในปัจจุบัน ขณะที่แหล่งพลังงานจากแบตเตอรี่(ลิเธียม แบตเตอรี่) ที่ให้พลังงานสูงที่สุดมีพลังงานต่อน้ำหนักเพียง 1.2 MJ/kg Fernandez-P. และ Carlos (2002) ดังนั้นแหล่งพลังงานจากเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอนประเภทเชื้อเพลิง

เหลว จึงเหมาะสมสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงของต้นกำลัง เนื่องจากพลังงานต่อน้ำหนักสูงทำให้สามารถสร้างต้นกำลังที่มีขนาดเล็กได้



รูปที่ 1.1 เปรียบเทียบพลังงานจากเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอนและแหล่งพลังงานรูปแบบต่างๆ

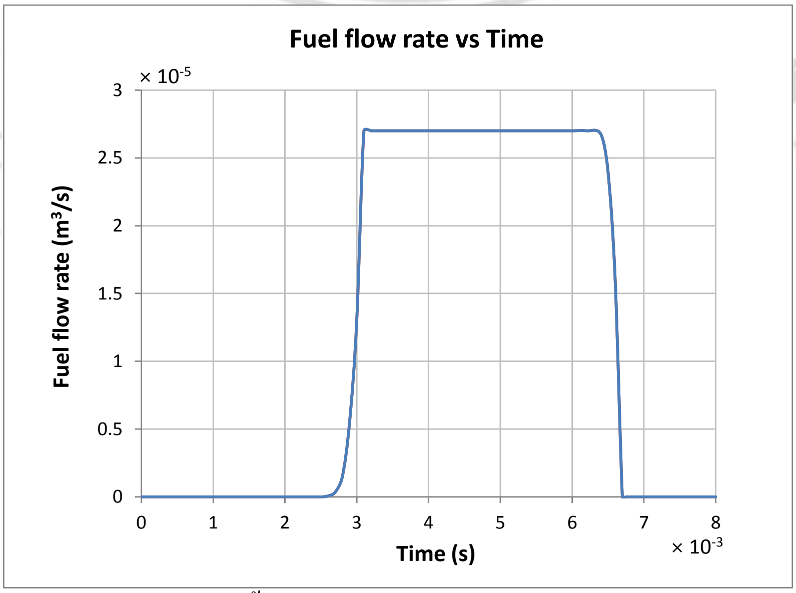
ที่มา: Fernandez-P. และ Carlos (2002)

หลักในการเผาไหม้เชื้อเพลิงเหลวให้มีประสิทธิภาพนั้น จำเป็นต้องทำให้เชื้อเพลิงเหลวแตกตัวเป็นละอองขนาดเล็ก เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวต่อปริมาตรให้สูงขึ้น ช่วยให้เกิดการถ่ายโอนความร้อนจากบรรยากาศร้อนโดยรอบสู่ผิวละออง ทำให้การระเหยเป็นไปอย่างรวดเร็ว มีการกระจายของไอเชื้อเพลิงอย่างสม่ำเสมอ และความเป็นเนื้อเดียวกันจากการผสมระหว่างไอเชื้อเพลิงกับออกซิไดเซอร์ ทำให้การเผาไหม้เป็นไปอย่างรวดเร็วและสมบูรณ์ สำเริง จักรใจ (2547) การเลือกใช้หัวฉีดของรถยนต์ ในการฉีดละอองเชื้อเพลิงยังไม่มีความเหมาะสม เนื่องจากใช้อัตราการไหลเชื้อเพลิงปริมาณมากประมาณ 1,600 ml/min และใช้ความดันสูงถึง 10 MPa Ian W. และคณะ (2013) ซึ่งเป็นปริมาณที่มากเกินไป ไม่สามารถนำมาใช้กับระบบต้นกำลังขนาดเล็กได้ จากการศึกษาการเผาไหม้เชื้อเพลิงเหลว โดยหลักการให้เชื้อเพลิงเหลวแตกตัวเป็นละอองขนาดเล็ก สามารถใช้อัตราการไหลต่ำและเป็นไปอย่างต่อเนื่อง Kyritsis และคณะ (2002) ได้ศึกษาวิธีการที่จะทำให้เชื้อเพลิงเหลวกระจายตัวออกเป็นละออง โดยการให้ประจุไฟฟ้าแรงดันสูง (Electrospray) ที่ท่อลำเลียงเชื้อเพลิงขนาดเล็ก จากนั้นละอองเชื้อเพลิงผสมกับอากาศเพื่อทำปฏิกิริยาเผาไหม้ แต่มีข้อจำกัดในการให้อัตราการไหลเชื้อเพลิงที่ต่ำเกินไป Gomez และคณะ(2007) ได้ศึกษาระบบการสร้างละอองเชื้อเพลิงแบบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Electrospray นี้และพัฒนาระบบเพื่อให้สามารถเพิ่มอัตราการไหลเชื้อเพลิงและปฏิกิริยาเผาไหม้ โดยการเพิ่มท่อลำเลียงเชื้อเพลิงและสามารถใช้ระบบเผาไหม้แบบ Electrospray ร่วมกับเครื่องจักรสเตอร์ลิง นอกจากนั้นมีการศึกษาการระเหยของเชื้อเพลิงเหลวในท่อความร้อนขนาดเล็ก ที่สร้างความร้อนจากการจ่ายกระแสไฟฟ้ายังไม่เหมาะสม ระบบสามารถทำให้เชื้อเพลิงระเหยเป็นละอองได้ในระยะเวลาอันสั้น เนื่องจากเกิดเขม่าอุดตันในท่อ ทำให้จ่ายเชื้อเพลิงไม่ต่อเนื่อง Moran และคณะ (2007) ไม่นานมานี้มีการศึกษาเทคนิคที่ทำให้เชื้อเพลิงแตกตัวเป็นละอองที่มีความละเอียดสูง จากหัวเผาขนาดเล็กรูปแบบใหม่มีการศึกษายังไม่มากนัก เรียกว่าหัวเผาแบบการไหลมัว (Flow-Blurring Nozzle) หัวเผานี้มีประสิทธิภาพสูง ในการทำให้เชื้อเพลิงกระจายตัวเป็นละอองขนาดเล็กอย่างละเอียด หัวเผาสามารถใช้อัตราการไหลเชื้อเพลิงต่ำ หลักการของหัวเผาคือใช้อากาศไหลเข้าผสมกับเชื้อเพลิงด้วยความเร็วสูงในลักษณะการไหลแบบปั่นป่วน ที่ก่อให้เกิดการแตกตัวแบบรุนแรงของเชื้อเพลิงและฉีดเชื้อเพลิงผสมออกหัวเผาจากแรงดันของอากาศที่เข้าผสมในลักษณะการไหลมัว Alfonso และ Ganan Calvo (2005) หัวฉีดแบบไหลมัวนี้ได้ทำการทดสอบกับของไหลที่เป็นน้ำและเอธานอล ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับเชื้อเพลิงเหลวและมีความเป็นไปได้ที่จะให้ผลการทดสอบใกล้เคียงกัน

ในงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาและออกแบบระบบเผาไหม้เชื้อเพลิง ที่ใช้หัวฉีดแบบการไหลมัว ให้ละอองเชื้อเพลิงขนาดเล็กมีประสิทธิภาพในการเผาไหม้สูง และให้พลังงานความร้อนในช่วงเมโสได้อย่างต่อเนื่อง สามารถนำไปใช้ร่วมกับอุปกรณ์แปลงพลังงานรูปแบบอื่นได้อาทิเช่น ให้พลังงานความร้อนกับเครื่องยนต์สันดาปภายนอกอย่างเครื่องยนต์สเตอร์ลิง



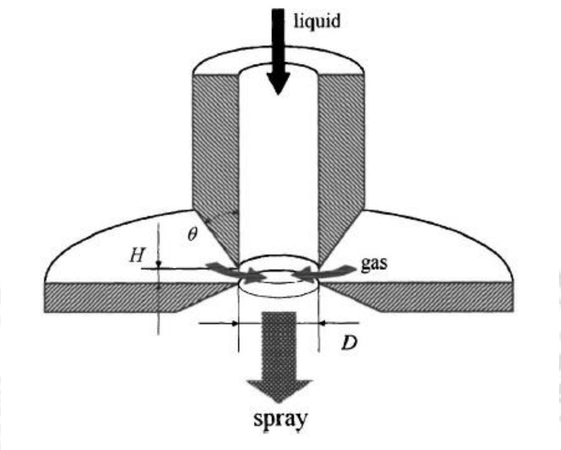
รูปที่ 1.2 อัตราการไหลของเชื้อเพลิงในหัวฉีดรถยนต์ ที่มา : Ian W. และคณะ (2013)

1.2 สาระสำคัญของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและทดสอบหัวเผาในระบบเผาไหม้ ที่ให้พลังงานความร้อนมีกำลังขนาดเมโสหรือเป็นพลังงานขนาดกลางช่วง 100 ถึง 1,000 W หัวเผาสำหรับระบบเผาไหม้ต้องการออกแบบให้ใช้เชื้อเพลิงในอัตราการไหลต่ำช่วง 2 – 8 ml/min และสามารถสร้างละอองเชื้อเพลิงที่มีความละเอียดสูงหรือการฉีดแบบไหลมัว จากการศึกษาการสร้างละอองเชื้อเพลิงจากหัวเผาขนาดเล็ก สำหรับใช้กับระบบเผาไหม้มีหลายรูปแบบแต่ก็ยังใช้หลักการที่คล้ายคลึงกัน ในปี 1998 ได้มีการศึกษาวิธีสร้างละออง โดยใช้น้ำและอากาศเป็นของไหลทดสอบ เพื่อหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของหยดละออง (MMD) ศึกษาโดย Nguyen และ Rhodes (1998) ทำการทดสอบหัวฉีด 2 รูปแบบ ได้แก่ แบบ Internal mixing คือวิธีการฉีดอากาศเข้าผสมกับน้ำที่ห้องผสมและฉีดออกหัวฉีดเป็นละออง และแบบ Prefilming คือวิธีการฉีดอากาศด้วยความเร็ว ผ่านแผ่นฟิล์มน้ำที่คลุมปลายหัวฉีดด้วยแรงตึงผิว หัวฉีดที่ใช้สำหรับทดสอบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.102 mm. ผลทดสอบทั้งสองแบบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของหยดละออง 10 μm ทดสอบได้ที่อัตราส่วนอากาศต่อน้ำช่วง 0.25 – 1.5 และอัตราการไหลของน้ำที่ ต่ำมากช่วง 0.6 – 2 ml/min จากการศึกษานี้สามารถเป็นแนวทางหรือประยุกต์นำไปใช้กับระบบเผาไหม้เชื้อเพลิงได้ ต่อมามีการศึกษาระบบเผาไหม้ต้นกำลังขนาดเมโส ใช้น้ำมัน JP-8 เป็นเชื้อเพลิง ศึกษาโดย Kyritsis และคณะ (2002) ระบบเผาไหม้นี้ใช้เทคนิคการจุดประจุไฟฟ้าแรงดันสูงหรือเรียกว่าวิธีไฟฟ้าสถิต เพื่อให้น้ำมันแตกตัวเป็นละอองออกจากท่อขนาดเล็ก 0.127 mm.จำนวน 7 ท่อ จากนั้นผสมอากาศเพื่อทำการเผาไหม้ ผลทดสอบระบบเผาไหม้แบบไฟฟ้าสถิตนี้ให้อัตราการไหลเชื้อเพลิงต่ำที่ 0.2 ml/min อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงทำการทดสอบได้ในช่วง 5 – 11 อุณหภูมิจากการเผาไหม้วัดได้ช่วง 627 – 1,027 °C และระบบเผาไหม้อย่างสะอาดไม่มีเขม่า ส่วนข้อจำกัดการให้อัตราการไหลเชื้อเพลิงต่ำต้องมีการพัฒนาต่อไป เพื่อให้สามารถเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาในการเผาไหม้ ในปี 2005 ได้มีการศึกษาหัวฉีดรูปแบบใหม่ที่ได้พัฒนาจากหลายการวิจัยที่ผ่านมา มีประสิทธิภาพในการสร้างละอองที่มีความละเอียดสูงหรือเรียกว่าหัวฉีดแบบการไหลมัว หัวฉีดชนิดนี้ได้ผลทดสอบการให้ละอองที่มีขนาดเล็กกว่าแบบ Air-blast และมีประสิทธิภาพสูงกว่าประมาณ 10 เท่า จากการศึกษาของ Alfonso และ Ganan Calvo (2005) รูปแบบหัวฉีดจากการศึกษานี้แสดงดังรูปที่ 1.3 หลักการทำงานหัวฉีดคือ ของไหลที่เป็นของเหลวไหลตามท่อ liquid ที่ภายนอกท่อ liquid จะมีอากาศไหลโดยรอบ บริเวณปลายท่อ liquid จะเกิดการผสมกัน

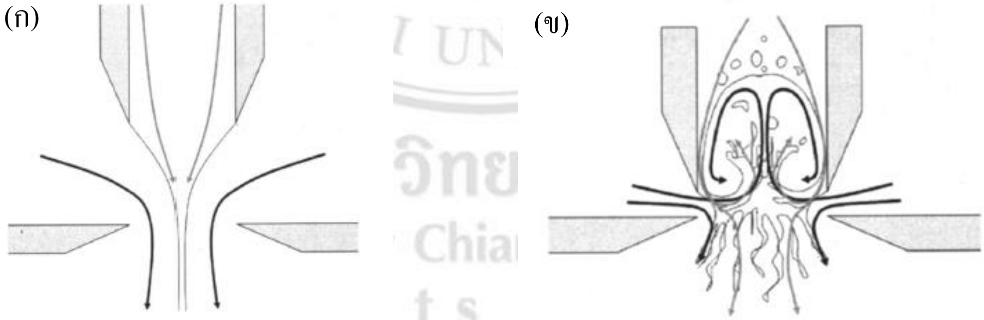
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระหว่างของไหลและอากาศ การเกิดละอองที่สมบูรณ์นั้น อากาศจะต้องไหลแบบม้วนตัวเข้าผสมของไหลภายในท่อ liquid แบบการไหลปั่นป่วนเพื่อแยกตัวของไหลให้มีขนาดเล็กลงและพ่นออกหัวฉีดแบบละอองละเอียด หรือเรียกว่าการฉีดแบบไหลมัว



รูปที่ 1.3 หัวฉีดแบบการไหลมัว ที่มา Alfonso และ Ganan-Calvo (2005)

ประสิทธิภาพการสร้างละอองของหัวฉีด ขึ้นอยู่กับ 2 ตัวคือ ตัวแปร H และ D หรือเขียนในรูปความสัมพันธ์อัตราส่วน $\psi = H/D$ ถ้า $\psi > 0.25$ การไหลจะเป็นในลักษณะหยดของไหลกระจายออกหัวฉีด ถ้า $\psi < 0.25$ จะได้ละอองเชื้อเพลิงออกจากหัวฉีดหรือการไหลแบบไหลมัว ดังรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.4 (ก) แสดงลักษณะการฉีดของหัวฉีด $\psi > 0.25$ และ (ข) ลักษณะการฉีดของหัวฉีด $\psi < 0.25$

หัวฉีดแบบไหลมัวนี้ได้ศึกษาทดสอบกับ น้ำ และเอธานอล ผลทดสอบให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของหยดของไหล 0.45 ถึง 87.5 μm และอัตราส่วนอากาศต่อของไหลช่วง 0.5 ถึง 90 เป็นหัวฉีดที่สามารถใช้ของไหลผสมแบบเบาบาง ให้ประสิทธิภาพการสร้างละอองสูง เหมาะอย่างยิ่งสำหรับนำหัวฉีดนี้ไปใช้ในระบบเผาไหม้ต้นกำลังที่ใช้เชื้อเพลิงเหลว เพื่อการเผาไหม้ที่สมบูรณ์และมี

ประสิทธิภาพในการส่งต่อพลังงานสูงสุด ต่อมา Gomez และคณะ (2007) ได้ออกแบบต้นกำลังขนาดเมโสที่ทำงานร่วมกับเครื่องจักรสเตอร์ลิง ใช้น้ำมัน JP-8 โดยต้นกำลังใช้ระบบเผาไหม้แบบไฟฟ้าสถิตจากงานวิจัยของ Kyritsis ซึ่งได้ทำการพัฒนาระบบสามารถเพิ่มอัตราการไหลเชื้อเพลิงได้มากขึ้นเพื่อเพิ่มปฏิกิริยาการเผาไหม้ เรียกระบบที่พัฒนานี้ว่า Multiplexing Electrospray ระบบที่ทำงานร่วมกันนี้ได้กำลังจากเครื่องจักรสเตอร์ลิง 42.5 W และมีประสิทธิภาพ 22% นอกจากการสร้างละอองเชื้อเพลิงแบบ Air-blast แบบไฟฟ้าสถิตและหัวฉีดแบบการไหลมัวแล้ว ยังมีการศึกษาการระเหยของเชื้อเพลิงที่ใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ในท่อความร้อนขนาดเล็ก ที่สร้างความร้อนให้กับท่อเชื้อเพลิงจากการจ่ายไฟฟ้ากระแสสูง ศึกษาโดย Moran และคณะ (2007) ระบบนี้ยังมีปัญหาเรื่องการควบคุมกระแสไฟและความดันอากาศขณะที่เชื้อเพลิงไหลในท่อ ถ้าให้กระแสมากเกินจะทำให้ท่อร้อนและหลอมเหลว หรือถ้ากระแสน้อยจะทำให้เชื้อเพลิงไม่ระเหยและออกจากท่อแบบของเหลว ระบบสามารถทำให้เชื้อเพลิงระเหยเป็นละอองได้ในระยะเวลาอันสั้น เนื่องจากเกิดเขม่าอุดตันภายในท่อทำให้จ่ายเชื้อเพลิงไม่ต่อเนื่อง ในปี 2009 ได้มีการศึกษาระบบเผาไหม้ที่นำหัวฉีดแบบการไหลมัวจากงานวิจัยของ Alfonso และ Ganan Calvo (2005) ใช้น้ำมันคีโซลินเป็นเชื้อเพลิง โดย Sadasivuni และ Ajay (2009) ระบบเผาไหม้ใช้หัวฉีดแบบไหลมัวร่วมกับส่วนห้องเผาไหม้ ที่เป็นช่องการไหลเชื้อเพลิงผสมผ่านวัสดุรูพรูน ระบบเผาไหม้ทดสอบได้ที่อัตราการไหลเชื้อเพลิงสูงสุด 0.3 ml/min อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง 16 – 21 ให้กำลังจากการเผาไหม้ 460 W และระบบเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์

สำหรับงานวิจัยนี้จะออกแบบหัวเผาที่ใช้เผาไหม้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 91 หัวเผาต้องสามารถเผาไหม้ได้อย่างต่อเนื่องโดยให้อัตราการไหลเชื้อเพลิงที่ต่ำ ซึ่งการเผาไหม้เชื้อเพลิงเหลวที่มีประสิทธิภาพนั้นจึงมีความต้องการให้เชื้อเพลิงแตกตัวเป็นละอองที่เล็กมากที่สุด เพื่อเพิ่มพื้นที่ให้เกิดการถ่ายโอนความร้อนจากบรรยากาศสู่ผิวละออง ทำให้การเผาไหม้เป็นไปอย่างรวดเร็วและสมบูรณ์ การออกแบบหัวเผาในงานวิจัยนี้จะใช้หลักการฉีดแบบการไหลมัว เป็นหัวเผาที่ให้ละอองเชื้อเพลิงมีความละเอียดสูง เหมาะสมกับการเผาไหม้เชื้อเพลิงเหลวที่มีการใช้เชื้อเพลิงอัตราการไหลต่ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.3 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาและทดสอบหัวเผาขนาดเมโสโดยการฉีดแบบไหลมัวที่ให้การเผาไหม้อย่างต่อเนื่องสำหรับการเผาไหม้ในระบบปิด

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1.4.1 ได้อุปกรณ์หัวเผาให้พลังงานความร้อนขนาดเมโส และสามารถนำไปใช้เป็นแหล่งต้นกำลังสำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้า หรืออุปกรณ์พกพาขนาดเล็ก

1.4.2 เข้าใจหลักการทำงานหัวเผา และตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับระบบเผาไหม้เพื่อให้เกิดการเผาไหม้ได้อย่างต่อเนื่องและการเผาไหม้ได้พลังงานสูงสุดของเชื้อเพลิง

1.4.3 เป็นแนวทางสำหรับพัฒนาหัวเผาและระบบการเผาไหม้ เพื่อสามารถออกแบบอุปกรณ์แปลงพลังงาน หรือกลไกส่งกำลังเพื่อส่งพลังงานต่ออุปกรณ์โดยตรง

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 สร้างอุปกรณ์ระบบเผาไหม้และหัวเผาที่มีการฉีดเชื้อเพลิงแบบไหลมัว ให้กำลังช่วง 1,000 วัตต์ ถึง 4,000 วัตต์ (อัตราการไหลของเชื้อเพลิงช่วง 2 ml/min ถึง 8 ml/min)

1.5.2 ใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 91

1.5.3 ออกแบบระบบเผาไหม้โดยใช้อากาศส่วนเกิน 20%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved