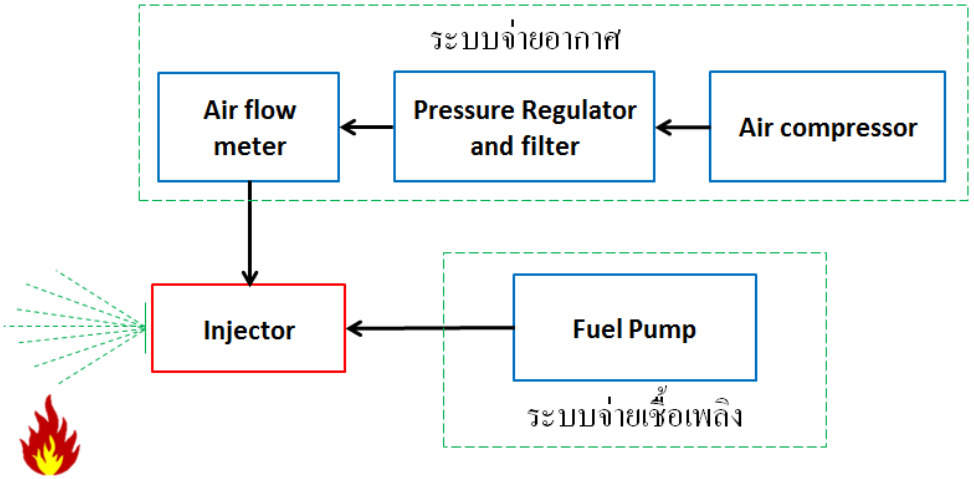
บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้จะทำการศึกษา ออกแบบและการทดสอบหัวเผา ที่ให้พลังงานในรูปแบบพลังงานความร้อน โดยการเผาไหม้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 91 ผสมกับอากาศ ให้กำลังช่วง 1,000 วัตต์ ถึง 4,000 วัตต์ วิธีดำเนินงานวิจัยนี้ประกอบด้วย การออกแบบระบบเผาไหม้ ซึ่งระบบเผาไหม้มีสามส่วนประกอบหลักคือ (1)ส่วนจ่ายอากาศ, (2)หัวเผา และ (3)ส่วนจ่ายเชื้อเพลิง หลังจากการออกแบบระบบเผาไหม้จะเป็นส่วนการทดสอบระบบเผาไหม้และการวิเคราะห์ผลทดสอบ

3.1 การออกแบบระบบเผาไหม้

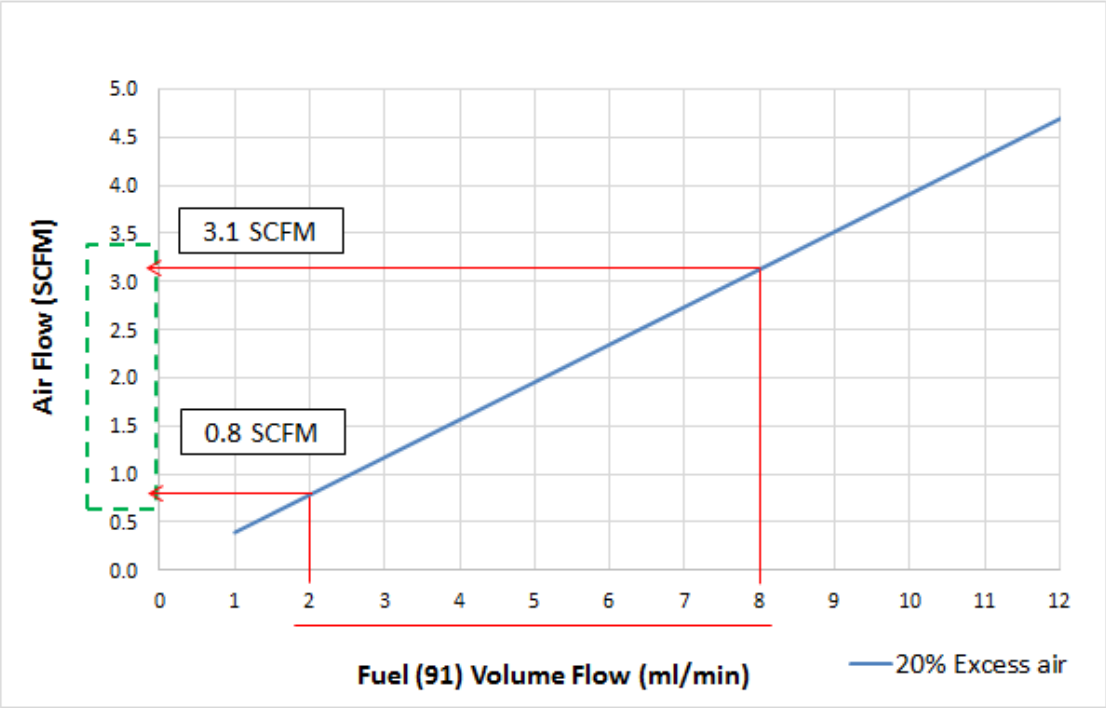
ระบบเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ให้กำลังขนาดเมโสดังรูปที่ 3.1 ระบบประกอบด้วยสามส่วนหลักคือ ส่วนจ่ายอากาศ, หัวเผา และส่วนจ่ายเชื้อเพลิง ระบบเผาไหม้เชื้อเพลิงนี้เป็นระบบเผาไหม้ที่ให้พลังงานรูปแบบพลังงานความร้อน เชื้อเพลิงที่ใช้คือน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 91 หลักการทำงานของระบบเผาไหม้เชื้อเพลิงคือ ทั้งสามส่วนทำงานร่วมกันโดยที่ส่วนจ่ายอากาศ และส่วนจ่ายเชื้อเพลิงจะไหลไปผสมกันที่ส่วนหัวเผา ในส่วนของหัวเผานี้จะทำให้เชื้อเพลิงผสมอากาศเป็นเนื้อเดียวกันและฉีดเชื้อเพลิงผสมออกมาในลักษณะละอองขนาดเล็ก จากนั้นทำการเผาไหม้โดยจุดติดไฟจากแหล่งภายนอกที่ทางออกของหัวเผา



รูปที่ 3.1 ระบบเผาไหม้เชื้อเพลิง

3.1.1 ส่วนจ่ายอากาศ

หัวเผาไหม้ในงานวิจัยนี้ต้องการออกแบบให้สามารถเผาไหม้ในระบบปิดได้ จึงออกแบบการเผาไหม้ที่ใช้ปริมาณอากาศที่เข้าผสมก่อนเผาไหม้มากกว่าในการเผาไหม้เชื้อเพลิงตามทฤษฎี เนื่องจากเป็นการเผาไหม้เชื้อเพลิงเหลวจึงออกแบบให้ใช้อากาศส่วนเกิน 20% ซึ่งมีค่าอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงในการทดสอบคือ 17.8 ดังนั้นอุปกรณ์ในการจ่ายอากาศจะต้องควบคุมอัตราการไหลอากาศช่วง 0.8 SCFM ถึง 3.1 SCFM ส่วนจ่ายอากาศของระบบเผาไหม้ออกแบบให้ควบคุมการจ่ายอากาศได้อย่างต่อเนื่อง และสามารถกำหนดอัตราการไหลได้



รูปที่ 3.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้เชื้อเพลิงและอากาศ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อุปกรณ์ของส่วนจ่ายอากาศประกอบด้วย

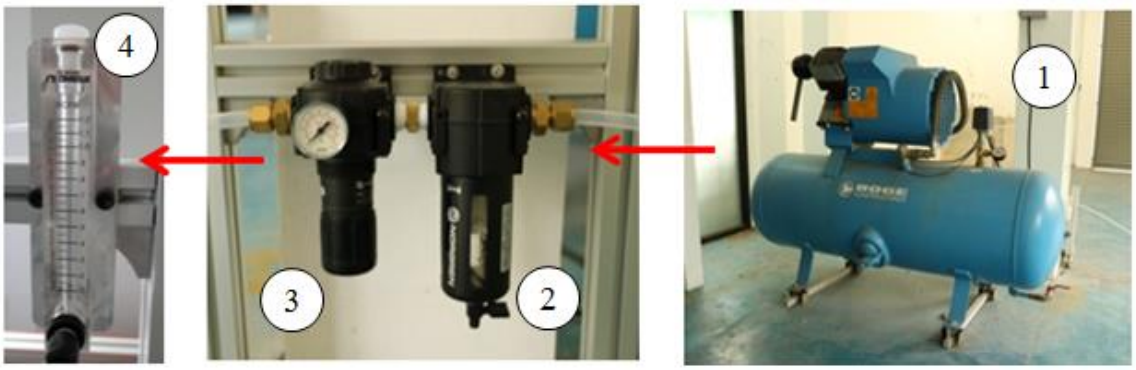
(1) ปั๊มอากาศยี่ห้อ BOGE ขนาดกำลัง 4 kW สามารถให้อัตราการไหลอากาศได้ 700 L/min ความดันปั๊มอากาศ 1 MPa

(2) กรองอากาศ (Filter) ยี่ห้อ Norgren ความละเอียดกรองขนาด 40 µm

(3) ตัวควบคุมความดัน (Pressure Regulator) ยี่ห้อ Norgren ควบคุมความดัน 1 MPa

(4) ตัวควบคุมอัตราการไหลอากาศแบบโรตามิเตอร์ (Rota Meter) ยี่ห้อ Omega กำหนดอัตราการไหลอากาศช่วง 0.1 SCFM ถึง 1.2 SCFM

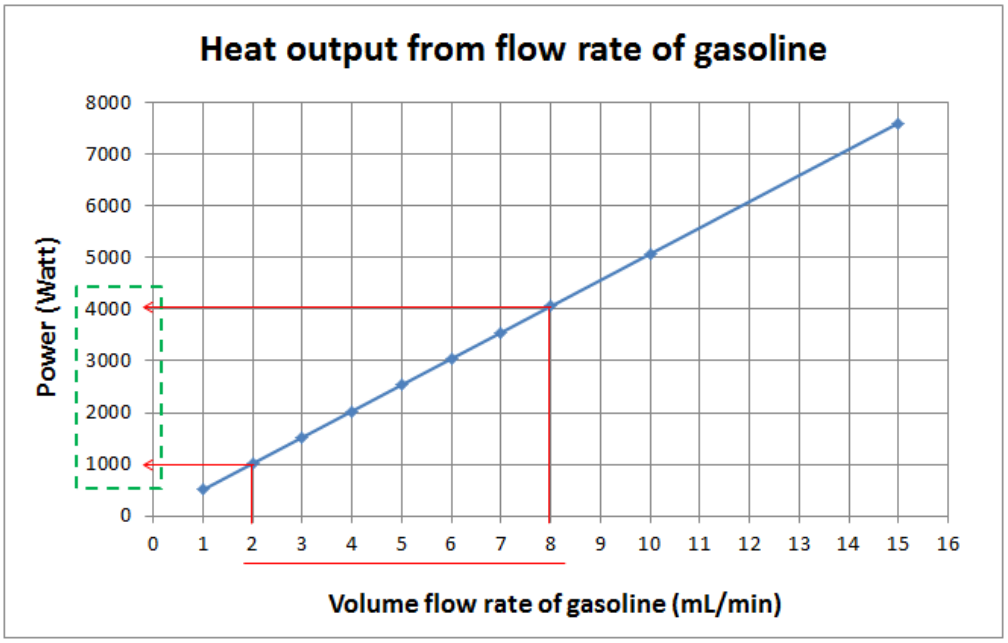
การทำงานของส่วนจ่ายอากาศ ปั๊มอัดอากาศจะส่งอากาศผ่านไปยังกรองอากาศและตัวควบคุมความดัน จากนั้นผ่านไปที่ตัวควบคุมอัตราการไหลอากาศแบบโรตามิเตอร์และไหลเข้าสู่ส่วนหัวเผา



รูปที่ 3.3 อุปกรณ์ระบบจ่ายอากาศ
(1) ปั๊มอากาศ, (2) กรองอากาศ, (3) ตัวควบคุมความดัน และ (4) โรตามิเตอร์

3.1.2 ส่วนจ่ายเชื้อเพลิง

ส่วนจ่ายเชื้อเพลิงเป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบให้สามารถกำหนดอัตราการไหลเชื้อเพลิงได้ในช่วง 2 mL/min ถึง 8 mL/min (ให้กำลังช่วง 1,000 วัตต์ ถึง 4,000 วัตต์) และจ่ายเชื้อเพลิงได้อย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังกับอัตราการไหลจากเชื้อเพลิง

ส่วนจ่ายเชื้อเพลิงที่ออกแบบในงานวิจัยนี้ ได้พัฒนาและทดสอบทั้งหมดสามรูปแบบได้แก่ (1) แบบปั๊มรีดยาง, (2) แบบปั๊มส่งน้ำมันรถยนต์ และ (3) แบบกระบอกฉีด ส่วนจ่ายเชื้อเพลิงทั้งสามแบบได้ดำเนินการออกแบบและทดสอบตามลำดับ ดังนี้

ส่วนจ่ายเชื้อเพลิงระบบ 1 : ส่วนจ่ายเชื้อเพลิงแบบปั๊มรีดยาง

เนื่องจากระบบการเผาไหม้ที่ออกแบบ ต้องการอัตราการไหลเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ต่ำที่ช่วง 2 mL/min ถึง 8 mL/min และจ่ายเชื้อเพลิงเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ในเบื้องต้นเลือกอุปกรณ์จ่ายเชื้อเพลิงแบบปั๊มรีดยางชนิดสองลูกกลิ้งยี่ห้อ Eldex รุ่น ND-9000B ดังรูปที่ 3.5 เป็นอุปกรณ์มาตรฐานสำหรับส่งจ่ายของเหลว ปั๊มที่เลือกสามารถกำหนดอัตราการไหลในช่วง 0.041 mL/min ถึง 900 mL/min ซึ่งครอบคลุมช่วงอัตราการไหลใช้งานจริงตามการออกแบบของระบบเผาไหม้

การทำงานของปั๊มรีดยางจะลำเลียงเชื้อเพลิงโดยการดูดเชื้อเพลิงจากภาชนะบรรจุ ด้วยสายยางที่มีคุณสมบัติการยืดหยุ่น เพื่อส่งเชื้อเพลิงไหลตามท่อยางเข้าสู่ภายในเรือนฝาครอบที่มีลูกกลิ้งหมุนสำหรับรีดสายยาง จากนั้นมอเตอร์ในตัวอุปกรณ์จะหมุนบังคับให้ลูกกลิ้งรีดส่งเชื้อเพลิงด้วยความเร็วตามการกำหนดอัตราการไหลเชื้อเพลิงและไหลเข้าสู่ส่วนหัวเผาโดยตรง

รูปที่ 3.5 ปั๊มแบบรีดยาง

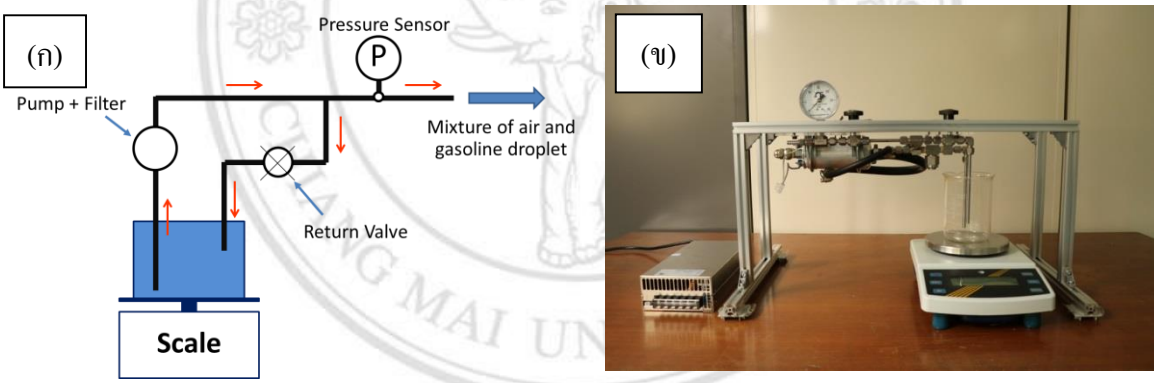
ผลทดสอบส่วนจ่ายเชื้อเพลิงแบบปั๊มรีดยาง

อุปกรณ์จ่ายเชื้อเพลิงแบบปั๊มรีดยางให้อัตราการไหลเชื้อเพลิงไม่คงที่ เนื่องจากหลักการทำงานโดยการรีดสายยางที่มีความยืดหยุ่นด้วยลูกกลิ้งที่หมุนตามมอเตอร์ จึงทำให้จ่ายเชื้อเพลิงในอัตราที่สูงและต่ำสลับกัน ข้อดีของส่วนจ่ายเชื้อเพลิงแบบปั๊มรีดยางคือสามารถเติมเชื้อเพลิงที่ภาชนะ

บรรจุและปั๊มทำงานเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นต้องทำการออกแบบระบบจ่ายเชื้อเพลิงสำหรับระบบเผาไหม้ เพื่อแก้ปัญหาอัตราการไหลไม่คงที่จากปั๊มแบบรีดยาง

ส่วนจ่ายเชื้อเพลิงระบบ 2 : ส่วนจ่ายเชื้อเพลิงแบบใช้ปั๊มส่งน้ำมันจากรถยนต์

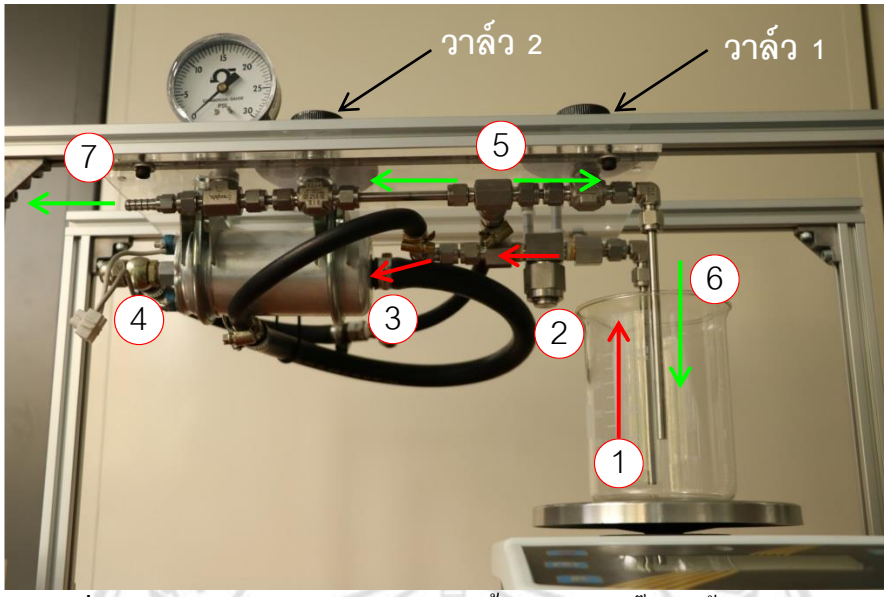
ส่วนจ่ายเชื้อเพลิงแบบปั๊มส่งน้ำมันจากรถยนต์ ออกแบบเพื่อแก้ปัญหาการจ่ายเชื้อเพลิงไม่คงที่ ระบบจ่ายเชื้อเพลิงที่ออกแบบได้ติดตั้งปั๊มส่งน้ำมันขนาดเล็ก เป็นปั๊มส่งน้ำมันในรถยนต์ สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง และจ่ายเชื้อเพลิงในปริมาณที่มากพอสำหรับระบบเผาไหม้ ระบบจ่ายเชื้อเพลิงกำหนดอัตราการไหลโดยใช้วาล์วควบคุม อัตราการไหลเชื้อเพลิงวัดจากน้ำหนักเชื้อเพลิงที่เปลี่ยนแปลงในภาชนะบรรจุวางบนตาชั่งแบบดิจิตอล และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับสัญญาณที่เชื่อมต่อกับตราชั่งดิจิตอล เพื่อแสดงผลอัตราการไหลเชื้อเพลิงจากคอมพิวเตอร์ ผังการทำงานระบบจ่ายเชื้อเพลิงดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 (ก) ออกแบบผังระบบการทำงานส่วนจ่ายเชื้อเพลิงแบบปั๊มส่งน้ำมันรถยนต์ และ (ข) ระบบส่วนจ่ายเชื้อเพลิงแบบปั๊มส่งน้ำมันรถยนต์

การทำงานของระบบส่วนจ่ายเชื้อเพลิงแบบปั๊มส่งน้ำมันรถยนต์จากรูปที่ 3.7 เมื่อปั๊มได้รับแรงดันไฟฟ้า ปั๊มทำงานจะดูดเชื้อเพลิงจากภาชนะบรรจุ ตามหมายเลข 1 ผ่านไปที่กรองน้ำมันหมายเลข 2 ไหลเข้าและออกจากปั๊มส่งน้ำมันรถยนต์ที่หมายเลข 3 และ 4 ตามลำดับ จากนั้นไหลเข้าสู่ท่อแยกสามทางที่หมายเลข 5 ตำแหน่งนี้จะแบ่งการไหลเชื้อเพลิงสองทาง คือกลับสู่ภาชนะบรรจุเชื้อเพลิงตามท่อหมายเลข 6 และเชื้อเพลิงอีกส่วนจะไหลไปสู่ส่วนหัวเผาตามท่อส่งหมายเลข 7 สำหรับการกำหนดอัตราการไหลเชื้อเพลิงนั้นจะติดตั้งวาล์ว(วาล์ว 1) ที่ท่อไหลกลับภาชนะบรรจุ ส่วนวาล์ว 2 นั้นจะเปิดสุดขณะที่ส่วนจ่ายเชื้อเพลิงทำงาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.7 การทำงานของระบบส่วนจ่ายเชื้อเพลิงแบบปั๊มส่งน้ำมันรถยนต์

ผลทดสอบส่วนจ่ายเชื้อเพลิงแบบปั๊มส่งน้ำมันจากรถยนต์

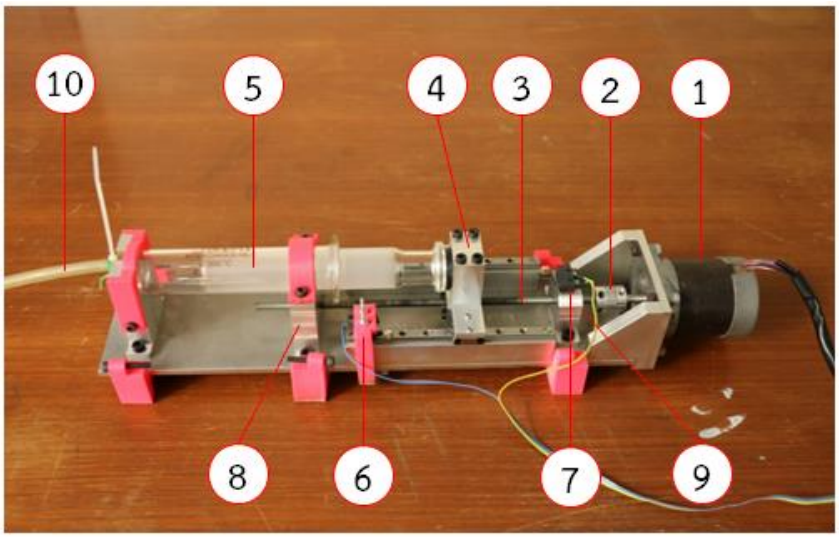
ส่วนจ่ายเชื้อเพลิงแบบปั๊มส่งน้ำมันรถยนต์ ยังไม่สามารถควบคุมอัตราการไหลเชื้อเพลิงในปริมาณที่ต้องการได้ เนื่องจากแรงดันที่ส่งเชื้อเพลิงจากปั๊มน้อยกว่าแรงดันอากาศที่เข้าผสมในส่วนหัวเผา ข้อดีของส่วนจ่ายเชื้อเพลิงแบบปั๊มส่งน้ำมันรถยนต์คือ เป็นระบบจ่ายเชื้อเพลิงที่ราคาไม่แพง สามารถเติมเชื้อเพลิงที่ภาชนะบรรจุและปั๊มทำงานได้ต่อเนื่อง ดังนั้นต้องออกแบบระบบจ่ายเชื้อเพลิงเพื่อสามารถควบคุมอัตราการไหลตามกำหนด และให้อัตราการไหลเชื้อเพลิงได้อย่างต่อเนื่อง

ส่วนจ่ายเชื้อเพลิงระบบ 3 : ส่วนจ่ายเชื้อเพลิงแบบกระบอกฉีด

ส่วนจ่ายเชื้อเพลิงแบบกระบอกฉีดดังรูปที่ 3.8 ออกแบบเพื่อแก้ปัญหาจากส่วนจ่ายเชื้อเพลิงระบบที่ 1 และ 2 สำหรับส่วนจ่ายเชื้อเพลิงระบบที่ 3 ออกแบบให้สามารถกำหนดอัตราการไหลเชื้อเพลิงได้อย่างคงที่ มีแรงดันเชื้อเพลิงไปสู่หัวเผาสูงและจ่ายเชื้อเพลิงให้เป็นไปอย่างต่อเนื่อง ระบบจ่ายเชื้อเพลิงระบบ 3 นี้เปลี่ยนรูปแบบการบรรจุเชื้อเพลิงในภาชนะเป็นแบบบรรจุในกระบอกเผา กลไกควบคุมการเผาเชื้อเพลิงนั้นเป็นแบบสองทิศทางคือ ดันก้านสูบของกระเผาไปข้างหน้าเพื่อส่งเชื้อเพลิงไปสู่หัวเผา และดึงก้านสูบกลับเพื่อบรรจุเชื้อเพลิง การเคลื่อนที่ของก้านสูบนั้นได้รับแรงขับจากการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ระบบความปลอดภัยมีการติดตั้งสวิทซ์ตัดวงจรที่ตำแหน่งก้านสูบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
All rights reserved

ของกระบอกเผาดันเข้าสุดและถอยกลับสุด ส่วนจ่ายเชื้อเพลิงออกแบบให้เผาเชื้อเพลิงและจัดวางตามแนวระดับ



รูปที่ 3.8 ส่วนจ่ายเชื้อเพลิงแบบกระบอกฉีด

ส่วนประกอบของส่วนจ่ายเชื้อเพลิงแบบกระบอกฉีดดังรูปที่ 3.8 ประกอบด้วย

1.สเต็ปปิ้งมอเตอร์ขนาด 12 V

2.คับปลิ้งสำหรับส่งต่อกำลังจากสเต็ปปิ้งมอเตอร์ไปยังเกลียว

3.เกลียวขนาด 6 mm. ระยะพิตช์เกลียว 1 mm.

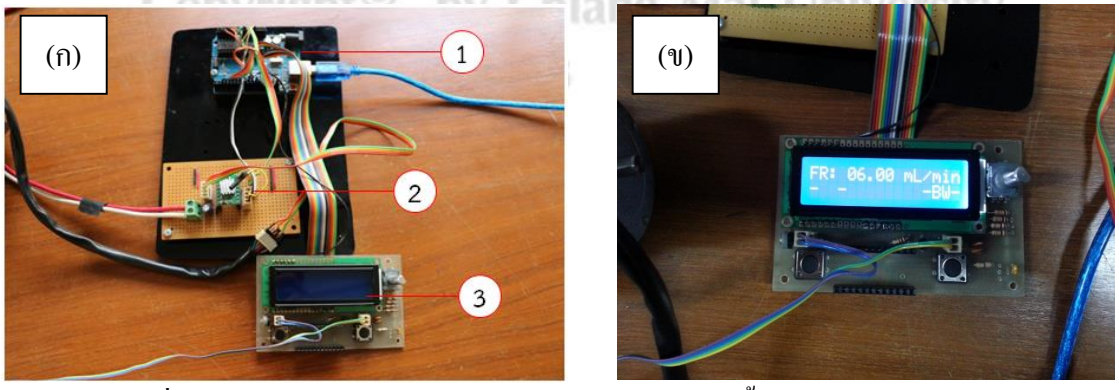
4.ชุดดันกระบอกเผาและ Linear guide 2 ชิ้น วางขนานกัน

5.กระบอกเผาขนาด 50 mL

6,7.สวิทซ์ตัดวงจรที่ตำแหน่งกระบอกเผาเลื่อนเข้าสุดและออกสุดตามลำดับ

8,9.ชุดแบริ่งประคองเกลียวส่วนหน้าและหลังตามลำดับ

10.สายยางลำเลียงเชื้อเพลิงจากกระบอกเผาไปสู่ส่วนหัวเผา



รูปที่ 3.9 (ก)แสดงอุปกรณ์ควบคุมการทำงานระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบกระบอกฉีด (ข) และแผงปุ่มควบคุมและจอแสดงผลแอล ซี ดี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University

การทำงานของระบบจ่ายเชื้อเพลิงควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ดังรูปที่ 3.9 อุปกรณ์ควบคุมการทำงานระบบจ่ายเชื้อเพลิงประกอบด้วย

1.ไมโครคอนโทรลเลอร์

2.ไดรฟ์สเต็ปปิ้งมอเตอร์ โมดูล A4988

3.แผงปุ่มควบคุมและจอแสดงผลแบบจอ แอล ซี ดี

การควบคุมการทำงานจะดำเนินการผ่านแผงปุ่มควบคุม ซึ่งประกอบไปด้วยสามปุ่มควบคุม คือปุ่มบังคับการดันก้านสูบส่งเชื้อเพลิง ปุ่มบังคับก้านสูบถอยกลับ และปุ่มหมุนปรับอัตราการไหลเชื้อเพลิงสามารถกำหนดอัตราการไหลในช่วง 1 mL/min ถึง 50 mL/min การควบคุมจะแสดงสถานะการทำงานทางจอแอล ซี ดี

ผลทดสอบส่วนจ่ายเชื้อเพลิงแบบกระบอกฉีด

ส่วนจ่ายเชื้อเพลิงแบบกระบอกฉีดสามารถจ่ายเชื้อเพลิงเป็นไปอย่างอย่างต่อเนื่อง ในอัตราการไหลที่กำหนด และอัตราการไหลมีความคงที่ แต่ข้อจำกัดของระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบกระบอกฉีดคือมีการบรรจุเชื้อเพลิงในปริมาณที่จำกัด ตามการเลือกใช้ขนาดของกระบอกเผา ในการวิจัยนี้ออกแบบการบรรจุเชื้อเพลิงในกระบอกฉีดขนาด 50 mL

สรุปการเลือกส่วนจ่ายเชื้อเพลิง

ส่วนจ่ายเชื้อเพลิงสำหรับระบบการเผาไหม้ได้มีการออกแบบและทดสอบทั้งหมดสามระบบ ได้แก่ ระบบ 1 ส่วนจ่ายเชื้อเพลิงแบบปั๊มรีดยาง, ระบบ 2 ส่วนจ่ายเชื้อเพลิงแบบปั๊มส่งน้ำมันรถยนต์ และ ระบบ 3 ส่วนจ่ายเชื้อเพลิงแบบกระบอกฉีด คุณสมบัติของส่วนจ่ายเชื้อเพลิงที่ออกแบบสำหรับระบบเผาไหม้จะต้องกำหนดอัตราการไหลได้ในช่วง 2 mL/min ถึง 8 mL/min การทำงานเป็นไปอย่างต่อเนื่องและอัตราการไหลเชื้อเพลิงคงที่ตลอด จากการทดสอบส่วนจ่ายเชื้อเพลิงทั้งสามระบบพบว่าส่วนจ่ายเชื้อเพลิงแบบกระบอกฉีดมีคุณสมบัติตามความต้องการจากการออกแบบ สามารถจ่ายเชื้อเพลิงในอัตราการไหลที่กำหนดได้ การทำงานเป็นไปอย่างต่อเนื่องและอัตราการไหลคงที่ตลอดการทำงาน ดังนั้นจึงใช้ส่วนจ่ายเชื้อเพลิงแบบกระบอกฉีดสำหรับจ่ายเชื้อเพลิงเข้าสู่หัวเผาของระบบเผาไหม้ในงานวิจัยนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

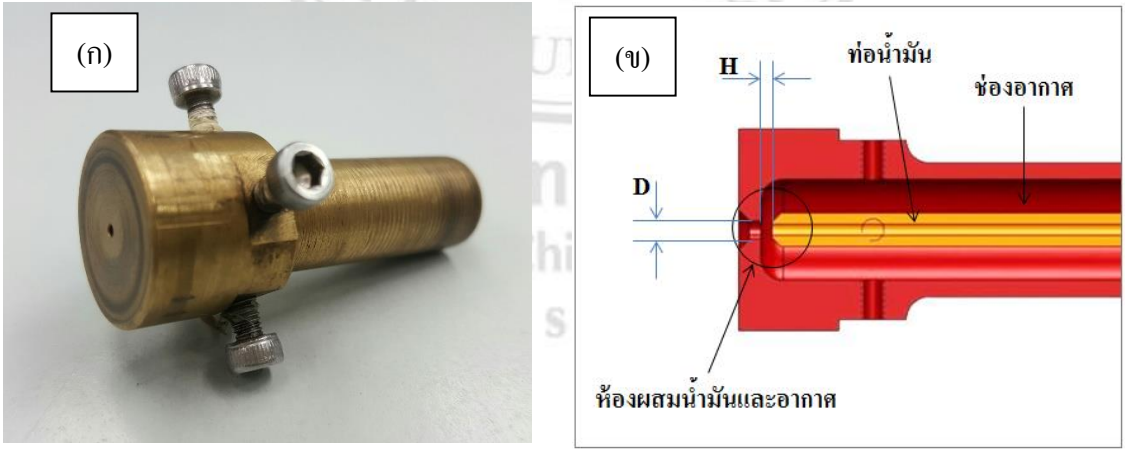
3.1.3 หัวฉีดเชื้อเพลิง

หัวฉีดเชื้อเพลิงในระบบเผาไหม้ ออกแบบโดยใช้หลักการฉีดเชื้อเพลิงในรูปแบบใหม่ สามารถพ่นละอองเชื้อเพลิงที่มีความละเอียดสูง เรียกว่าหัวฉีดที่มีการฉีดเชื้อเพลิงแบบไหลมัว หัวฉีดแสดงดังรูปที่ 3.10 หัวเผาประกอบด้วย

(1) หัวเผา ลักษณะทรงกระบอกกลวง มีพื้นที่ภายในสำหรับเป็นห้องอากาศและห้องผสมเชื้อเพลิงกับอากาศ มีรูฉีดเป็นทางออกของละอองเชื้อเพลิง

(2) ท่อเชื้อเพลิง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในมีขนาดเท่ากับรูฉีดของหัวเผา วางซ้อนอยู่ภายในตัวหัวเผา โดยที่เส้นศูนย์กลาง (Center line) ของท่อทั้งสองวางในระดับเดียวกัน

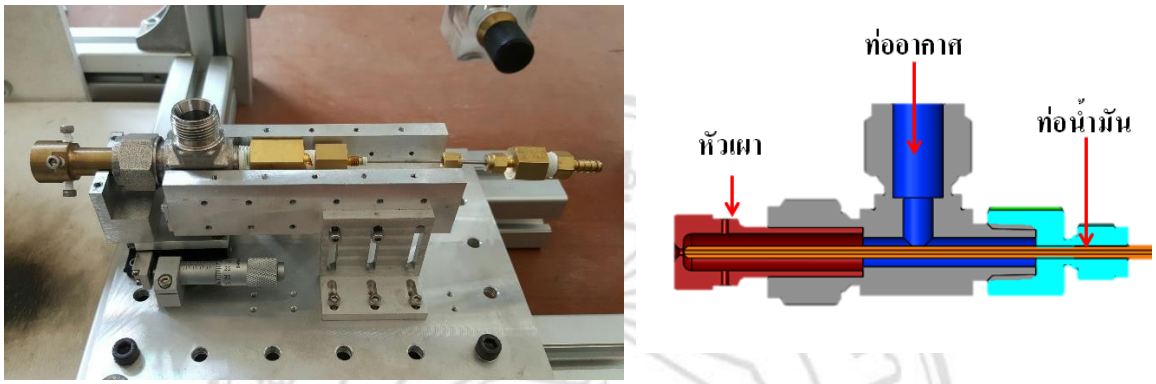
หัวเผาสามารถใช้อัตราการส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงที่สูง และมีประสิทธิภาพในการทำให้เชื้อเพลิงเป็นละอองที่มีความละเอียดสูง หัวเผาชนิดนี้ใช้การทำงานร่วมกันระหว่างอากาศและของไหลที่ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน โดยหลักการทำงานคืออากาศไหลด้วยความเร็วสูงและวกกลับเข้าสู่ท่อเชื้อเพลิงที่มีอัตราการไหลเชื้อเพลิงต่ำแบบการไหลปั่นป่วน และสร้างละอองเชื้อเพลิงขนาดเล็กจากการผสมอากาศกับเชื้อเพลิงซึ่งง่ายต่อการเผาไหม้ ประสิทธิภาพการสร้างละอองขนาดเล็กของเชื้อเพลิงขึ้นกับตัวแปร H และ D หรือในรูปอัตราส่วน $\psi = H/D$ จากการศึกษาของ Alfonso และ Ganan Calvo (2005)



รูปที่ 3.10 (ก)แสดงหัวเผาของระบบเผาไหม้เชื้อเพลิง
และ (ข) แสดงภาคตัดหัวเผาของระบบเผาไหม้

การปรับตั้งให้รูฉีดหัวเผาและท่อเชื้อเพลิงตรงกัน ออกแบบโดยใช้สกรูขนาด M2 จำนวน 4 ตัว ขันยึดติดบนหัวเผา ที่เจาะรูเป็นระยะห่างกัน 90 องศา สำหรับปรับตั้งรูท่อเชื้อเพลิงให้ตรงกับรูฉีด

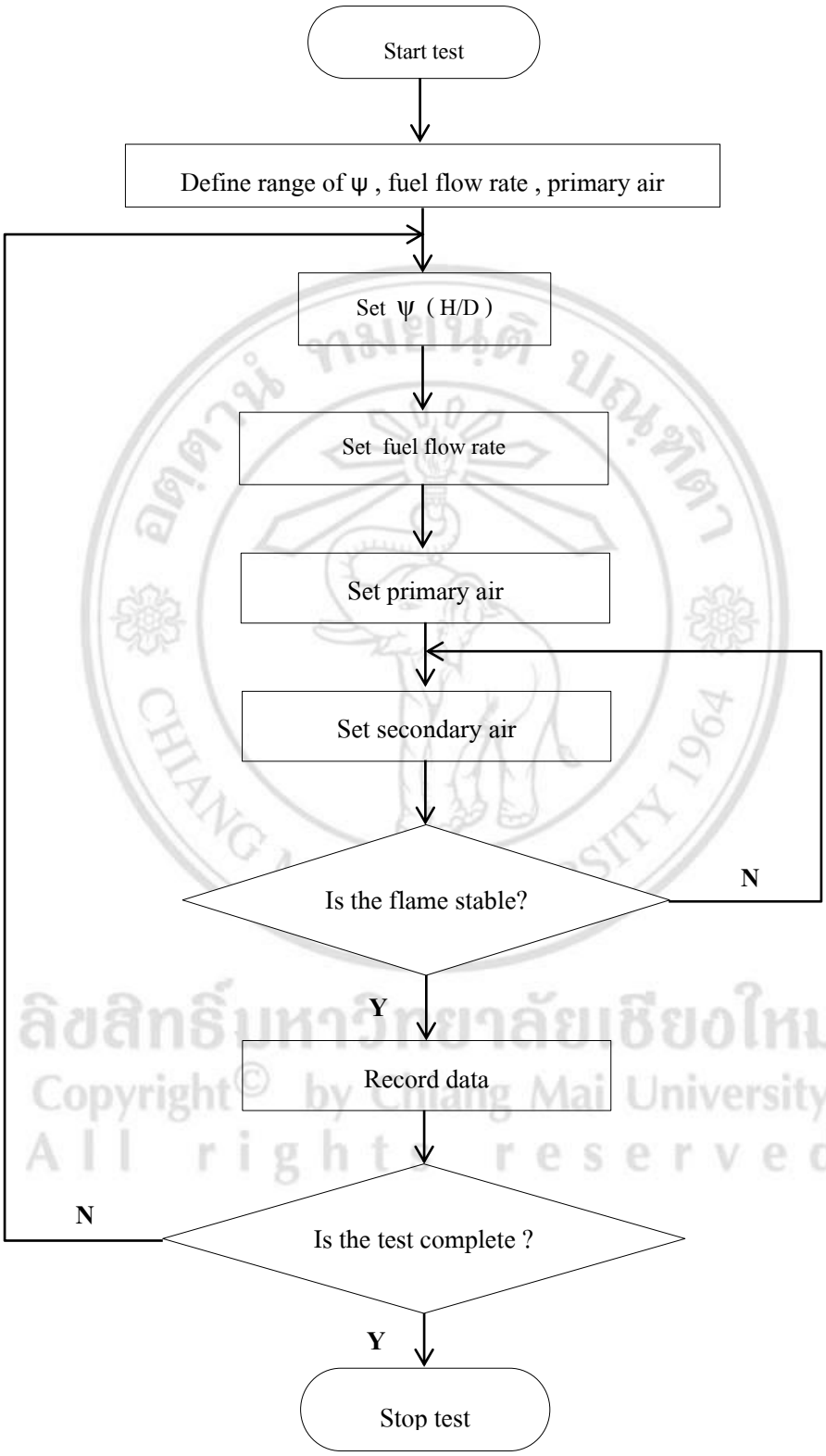
ของหัวเผา ตามรูปที่ 3.10 นอกจากนั้นต้องให้ส่วนหัวเผาเป็นชิ้นส่วนแยกอิสระ เนื่องจากหัวเผาต้องสามารถปรับระยะ H ได้ และหัวเผาเป็นส่วนที่รวมระบบส่วนจ่ายเชื้อเพลิงกับส่วนจ่ายอากาศเข้าด้วยกัน ดังนั้นต้องออกแบบฐานส่วนหัวเผา เพื่อรองรับการเชื่อมต่อทั้งสามส่วนเข้าด้วยกัน ส่วนที่ยึดหัวเผาสามารถปรับเลื่อนแบบสไลด์ได้โดยการติดตั้งไมโครมิเตอร์



รูปที่ 3.11 องค์ประกอบส่วนฐานหัวเผาที่รองรับอุปกรณ์หัวเผา ท่อส่งน้ำมันและท่อส่งอากาศ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2 แผนการทดสอบ



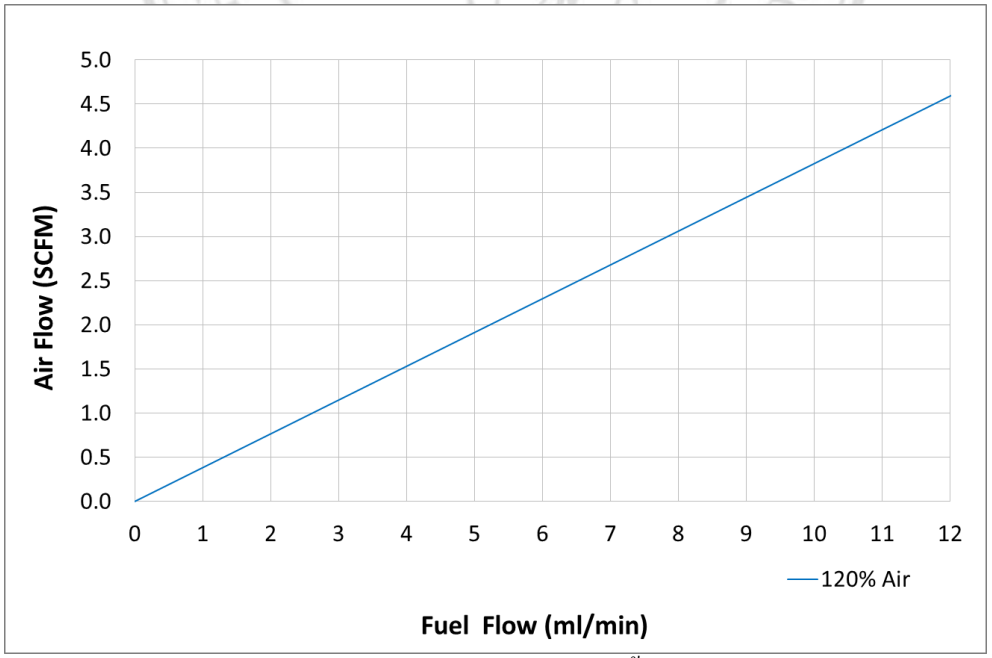
รูปที่ 3.12 แผนผังขั้นตอนในการทดสอบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แผนผังขั้นตอนในการทดสอบดังรูปที่ 3.12 แสดงขั้นตอนการทดสอบหัวเผาไหม้ เริ่มต้นการทดสอบจากการกำหนดช่วงตัวแปรที่ทดสอบได้แก่ ตัวแปร ψ , อัตราการไหลเชื้อเพลิง, อัตราการไหลอากาศปฐมภูมิและอากาศทุติยภูมิ ทำการปรับตั้งค่าตัวแปร ψ กำหนดอัตราการไหลเชื้อเพลิง อัตราการไหลอากาศปฐมภูมิและทุติภูมิตามลำดับเพื่อส่งไปยังหัวเผา จากนั้นทำการจุดติดไฟที่ทางออกหัวเผา หลังจากจุดติดไฟแล้วดูผลการทดสอบว่าหัวเผาสามารถเผาไหม้ได้ต่อเนื่องหรือไม่ กรณีที่หัวเผาไม่สามารถเผาไหม้ได้ ให้ทำการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลอากาศทุติยภูมิ ในกรณีที่หัวเผาให้การเผาไหม้ได้อย่างต่อเนื่องทำการบันทึกข้อมูลทดสอบ ถ้ายังมีช่วงตัวแปรทดสอบอื่นที่สามารถทำการเผาไหม้ได้ ให้เริ่มต้นทำการทดสอบใหม่อีกครั้งในช่วงตัวแปรที่ให้การเผาไหม้ได้ต่อเนื่อง ถ้าไม่มีช่วงที่สามารถทดสอบได้แล้วจึงจะหยุดทำการทดสอบ

3.3 การทดสอบ

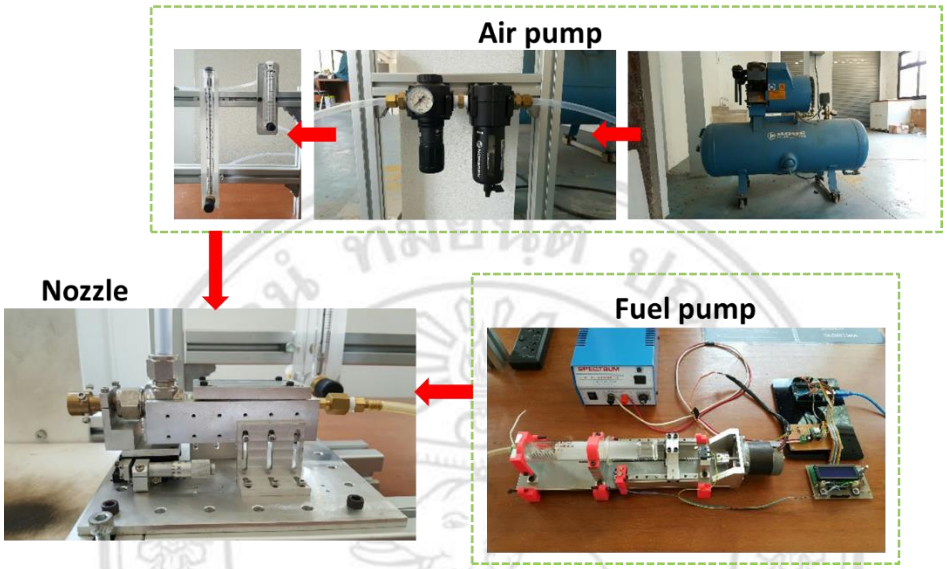
การทดสอบหัวเผาวัตถุประสงค์เพื่อให้หัวเผาที่ออกแบบสามารถทำการเผาไหม้เป็นไปอย่างต่อเนื่อง และเปลวไฟมีความเสถียร ภายใต้การออกแบบกำหนดใช้อากาศส่วนเกิน 20% เข้าผสมในการเผาไหม้ (อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงคือ 17.8) และอัตราการไหลน้ำมันในช่วง 2 mL/min ถึง 8 mL/min จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้เชื้อเพลิงและอากาศสำหรับการทดสอบดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 ความสัมพันธ์ของอัตราการใช้เชื้อเพลิงและอากาศ

ระบบเผาไหม้ที่ออกแบบมีลักษณะการจัดวางตามรูปที่ 3.14 ประกอบไปด้วยสามส่วนหลัก (1)ส่วนจ่ายอากาศ ที่ปั๊มอัดอากาศส่งอากาศไปยังส่วนกรองอากาศและไหลไปยังส่วนกำหนดอัตรา

การไหลอากาศแบบโรตามิเตอร์ เพื่อส่งอากาศเข้าสู่หัวเผา (2)ส่วนจ่ายเชื้อเพลิงแบบกระบอกฉีด ที่มีการกำหนดอัตราการไหลเชื้อเพลิงและส่งเข้าสู่หัวเผาโดยตรง และ (3)ส่วนหัวเผา เป็นชิ้นส่วนที่รวมท่อส่งเชื้อเพลิงกับอากาศเข้าด้วยกัน



รูปที่ 3.14 ลักษณะการจัดวางองค์ประกอบระบบเผาไหม้สำหรับทดสอบ

การทดสอบระบบเผาไหม้ต้องการหัวเผาที่สามารถให้การเผาไหม้ได้อย่างต่อเนื่อง เปลวไฟมีความเสถียรภาพ ในส่วนของระบบจ่ายเชื้อเพลิงและส่วนจ่ายอากาศต้องให้อัตราการไหลไปสู่หัวเผาเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ในการวิจัยนี้ได้ศึกษาออกแบบหัวเผาทั้งหมด 7 รูปแบบ ที่มีการทดสอบและพัฒนาตามลำดับการออกแบบเพื่อให้ได้หัวเผาที่สามารถเผาไหม้ได้ต่อเนื่อง ลำดับการทดสอบดังนี้

หัวเผาแบบที่ 1

รูปที่ 3.15 หัวเผาแบบที่ 1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หัวเผาแบบที่ 1 ตามรูปที่ 3.15 ออกแบบโดยใช้หลักการหัวฉีดจากการศึกษาของ Alfonso Ganan Calvo (2005) สำหรับการทดสอบหัวเผาแบบที่ 1 แสดงดังตารางทดสอบที่ 3.1 ซึ่งประกอบด้วย การปรับระยะ H, อัตราการไหลเชื้อเพลิงและอัตราการไหลอากาศ

ตารางที่ 3.1 ตารางทดสอบหัวเผา 1

H (μm.)	Fuel flow rate (ml/min)	Air flow rate (SCFM)
100 – 1,000	2, 4, 6, 8	0.15 - 4

ตารางที่ 3.2 ตารางทดสอบหัวเผา 2 ถึงหัวเผา 7

H (μm)	Fuel flow rate (mL/min)	Primary air (SCFM)	Secondary air (SCFM)
200 – 1,000	2, 4, 6, 8	0.15 - 0.3	0.17 - 4

สำหรับตารางที่ 3.2 คือตารางทดสอบหัวเผา 2 ถึงหัวเผา 7 เนื่องจากหัวเผาแบบที่ 2 ถึง 7 ได้ออกแบบให้สามารถเพิ่มอากาศเข้าผสมก่อนการเผาไหม้ หรือการเพิ่มอากาศทุติยภูมิ โดยออกแบบอุปกรณ์เพิ่มอากาศทุติยภูมิให้ต่อเติมกับหัวเผาเดิมได้ (หัวเผาแบบที่ 1) เพื่อให้สามารถเพิ่มอากาศได้เพียงพอต่อการเผาไหม้

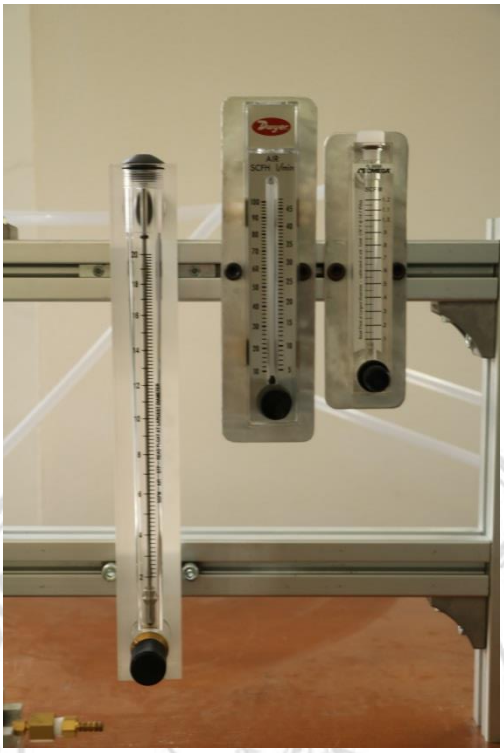
เนื่องจากในการทดสอบหัวเผาแบบที่ 2 ถึงแบบที่ 7 ออกแบบให้หัวเผาสามารถเพิ่มอากาศทุติยภูมิเข้าผสม ดังนั้นจะต้องเพิ่มอุปกรณ์ในการควบคุมและวัดอัตราการไหลอากาศทุติยภูมิสำหรับการทดสอบหัวเผาแบบที่ 2 ถึงแบบที่ 7 อุปกรณ์แสดงดังรูปที่ 3.16 ประกอบด้วยตัวควบคุมอัตราการไหลอากาศสามชิ้นคือ

(1)จากรูป 3.16 (ซ้าย) ตัวควบคุมอัตราการไหลอากาศทุติยภูมิ สามารถกำหนดอัตราการไหลช่วง 2 - 20 SCFM สำหรับอัตราการไหลเชื้อเพลิงที่ 6-8 ml/min

(2)จากรูป 3.16 (กลาง) ตัวควบคุมอัตราการไหลอากาศทุติยภูมิสามารถกำหนดอัตราการไหลช่วง 0.17 – 1.67 SCFM

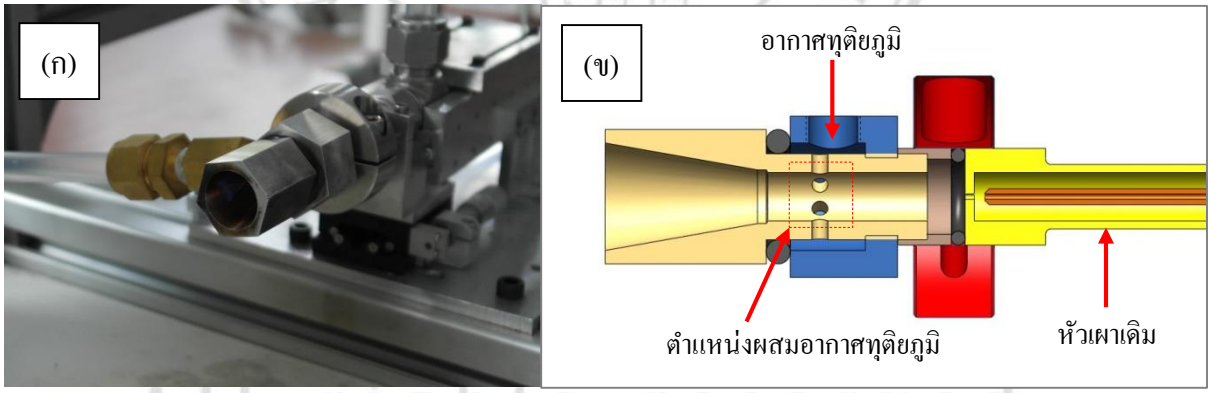
(3)จากรูป 3.16 (ขวา) ตัวควบคุมอัตราการไหลอากาศปฐมภูมิสามารถกำหนดอัตราการไหลช่วง 0.1 – 1.2 SCFM

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.16 แสดงเครื่องมือตัวควบคุมอัตราการไหลของอากาศสำหรับหัวเผาแบบที่ 2 ถึงแบบที่ 5

หัวเผาแบบที่ 2

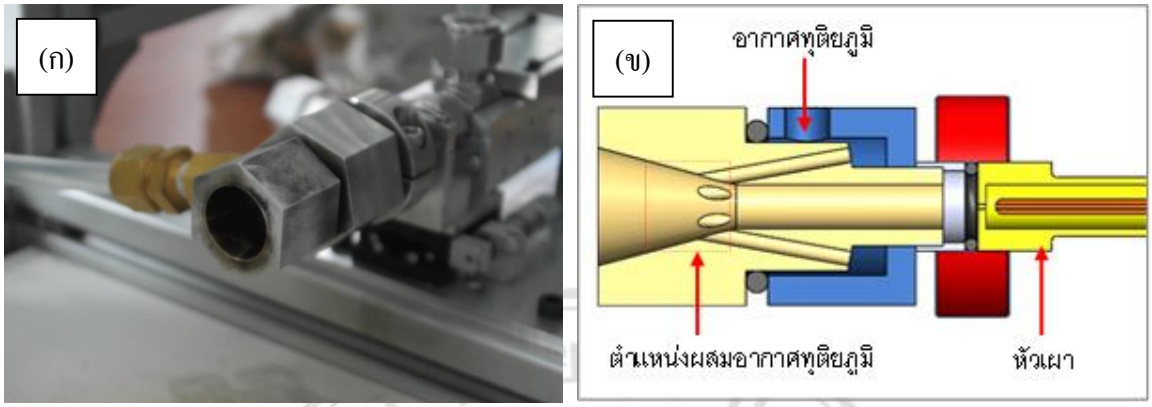


รูปที่ 3.17 (ก) แสดงหัวเผาแบบที่ 2 และ (ข) แสดงภาคตัดหัวเผาแบบที่ 2

หัวเผาแบบที่ 2 ออกแบบให้สามารถเพิ่มอากาศเข้าผสมอย่างเพียงพอสำหรับปฏิกิริยาเผาไหม้ และขยายส่วนทางออกของหัวเผาเพื่อให้ของไหลมีความเร็วที่ลดลง การทำงานของหัวเผาคือหลังจากที่อากาศปฐมภูมิผสมกับน้ำมัน และฉีดพ่นออกมาจากหัวผาเดิม จากนั้นเพิ่มอากาศทุติยภูมิเข้าผสมอีกครั้งที่ตำแหน่งผสมดังรูปที่ 3.17 การเข้าผสมของอากาศทุติยภูมินั้นจะฉีดเข้าในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางการไหลของหัวเผาเดิมผ่านรูขนาด 3 mm ตำแหน่งรอบผิวท่อจำนวน 6 รู

All rights reserved

หัวเผาแบบที่ 3



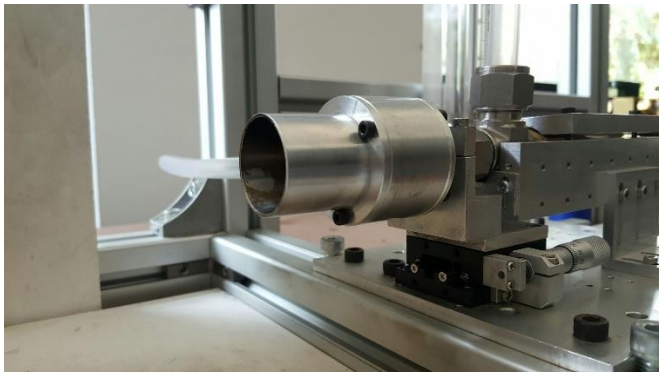
รูปที่ 3.18 (ก) แสดงหัวเผาแบบที่ 3 และ (ข) แสดงภาคตัดหัวเผาแบบที่ 3

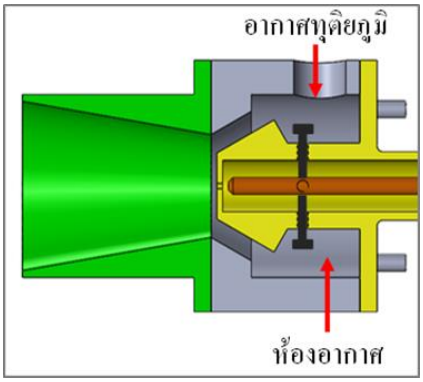
หัวเผาแบบที่ 3 ออกแบบให้สามารถเพิ่มอากาศและขยายส่วนทางออกของหัวเผาเพื่อให้ของไหลมีความเร็วที่ลดลงเหมือนหัวเผาแบบที่ 2 แต่มีลักษณะการให้อากาศทุติยภูมิที่แตกต่างจากหัวเผาแบบที่ 2 คือการฉีดอากาศทุติยภูมิผ่านรูขนาด 3 mm ตำแหน่งเจาะรอบท่อจำนวน 6 รู ที่เอียงทำมุม 10 องศากับแนวระดับ และฉีดอากาศทุติยภูมิเข้าผสมที่ตำแหน่งส่วนปลายของท่อดังรูปที่ 3.18

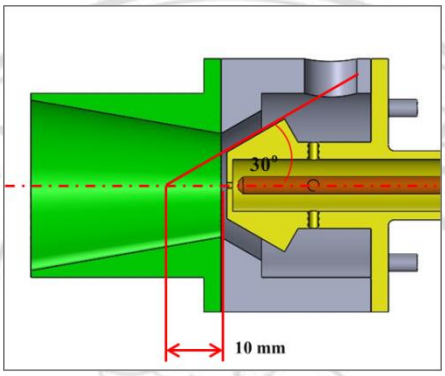
หัวเผาแบบที่ 4

หัวเผาแบบที่ 4 พัฒนาจากรูปแบบหัวเผาแบบที่ 2 และ 3 ในการออกแบบหัวเผาแบบที่ 4 นี้เพื่อต้องการลดความยาวของท่ออุปกรณ์เพิ่มอากาศทุติยภูมิ เนื่องจากละอองเชื้อเพลิงลอยสัมผัสผนังท่อเกิดการรวมตัวเป็นหยดเชื้อเพลิงและไหลออกมาทางปากกระบอกหัวเผา การออกแบบให้อากาศทุติยภูมิหัวเผา 4 นี้จะฉีดผสมทันทีที่ทางออกของหัวฉีดปฐมภูมิ ลักษณะการฉีดเป็นรูปวงแหวนโดยที่อากาศไหลมาจากทางด้านหลังทิศทางโดยรอบหัวฉีดปฐมภูมิ มุมในการฉีดอากาศทุติยภูมิคือ 30 องศา เพื่อให้ผสมกับละอองน้ำมันที่ออกมาจากหัวเผาในระยะที่เหมาะสม ที่ระยะ 10 mm. จากทางออกของอากาศปฐมภูมิ ลักษณะหัวเผาแบบที่ 4 ตามรูปที่ 3.19

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved





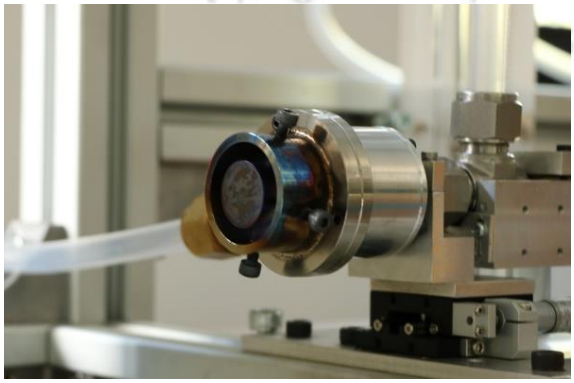


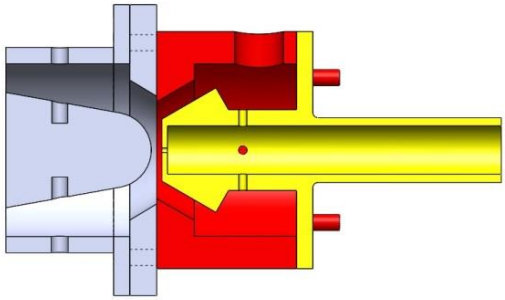
รูปที่ 3.19 หัวเผาแบบที่ 4

หัวเผาแบบที่ 5

หัวเผาแบบที่ 5 ปรับปรุงมาจากหัวเผาแบบที่ 4 ได้มีการออกแบบให้มีวัตถุกีดขวางที่ทางออกหัวเผารูปทรงกรวยปลายตัด เพื่อลดความเร็วการไหลของเชื้อเพลิงผสมให้ต่ำลง และมีการเปลี่ยนทิศทางความเร็วที่ทางออกกระบอกหัวเผาแบบการไหลหมุนเวียนย้อนกลับ ซึ่งจะทำให้เกิดความเสถียรของเปลวไฟได้ดี ส่วนการออกแบบท่อที่ต่อกับหัวฉีดปฐมภูมินั้นเป็นแบบการขยายช่องแบบขั้นบันได เพื่อให้ลดความเร็วที่จุดต่อท่อให้ช้าลง ทำให้เกิดการจุดติดเผาไหม้ต่อเนื่องเมื่อเชื้อเพลิงผสมไหลหมุนวนเจอกับก๊าซร้อนที่ถูกเผาไหม้แล้ว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University





รูปที่ 3.20 แสดงหัวเผาแบบที่ 5

หัวเผาแบบที่ 5.1

หัวเผาแบบที่ 5.1 ออกแบบโดยการดัดแปลงหัวเผาแบบที่ 5 เพื่อให้สามารถต่อท่อทรงกระบอก ที่มีความยาวช่วง 5 ถึง 35 cm ทำการปรับเพิ่มหรือลดความยาวท่อได้ โดยการออกแบบให้ท่อเป็นแบบแยกชิ้นประกอบ วัตถุประสงค์หลักของหัวเผาแบบที่ 5.1 นี้เพื่อชะลอความเร็วของของไหลลง ส่วนบริเวณทางออกของหัวเผายังติดตั้งวัตถุกีดขวางรูปทรงกรวยเหมือนหัวเผาแบบที่ 5 สำหรับให้การไหลที่ทางออกหัวเผาไหลในทิศทางวนกลับทำให้เชื้อเพลิงผสมมีเวลาที่มากพอในการจุดติดไฟและให้การเผาไม้อย่างต่อเนื่อง นอกจากนั้นหัวเผาแบบที่ 5.1 จะใช้สำหรับการทดสอบเพื่อวิเคราะห์หาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของหยดละอองน้ำมัน (Mass median diameter,MMD) และทดสอบการเผาไหม้ที่ระยะเหมาะสม ของระยะห่างระหว่างหัวฉีดกับวัตถุกีดขวาง ดังรูปที่ 3.24 โดยที่หัวเผาแบบที่ 5 ออกแบบให้มีระยะห่างระหว่างหัวฉีดกับวัตถุกีดขวางเท่ากับ 2 mm.

รูปที่ 3.21 แสดงหัวเผาแบบที่ 5.1

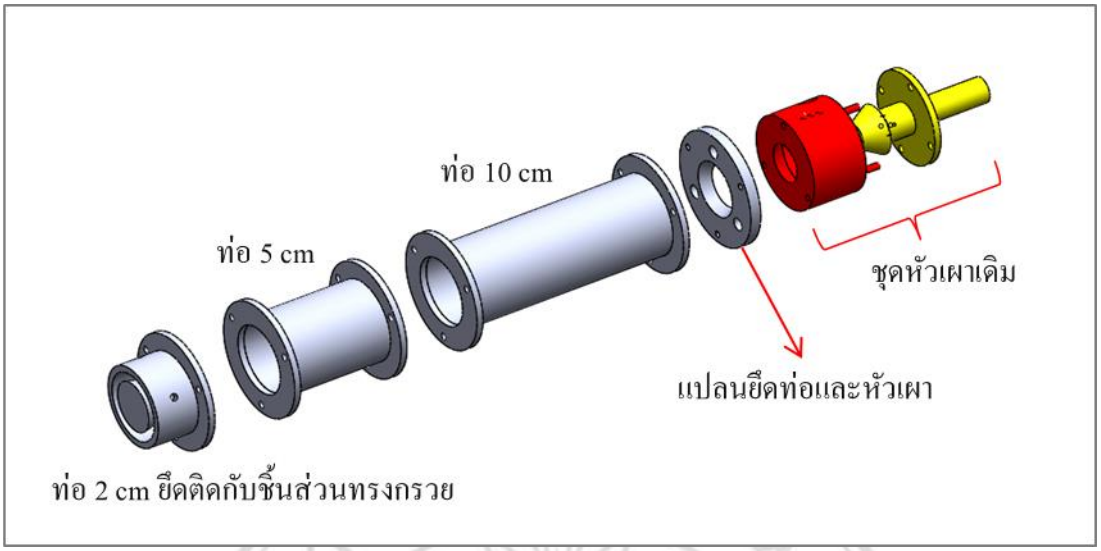
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากรูปที่ 3.21 แสดงหัวเผาแบบที่ 5.1 ซึ่งท่อทรงกระบอกยาวที่ออกแบบให้สามารถต่อเติมเข้ากับหัวเผาเดิมได้ ท่อจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

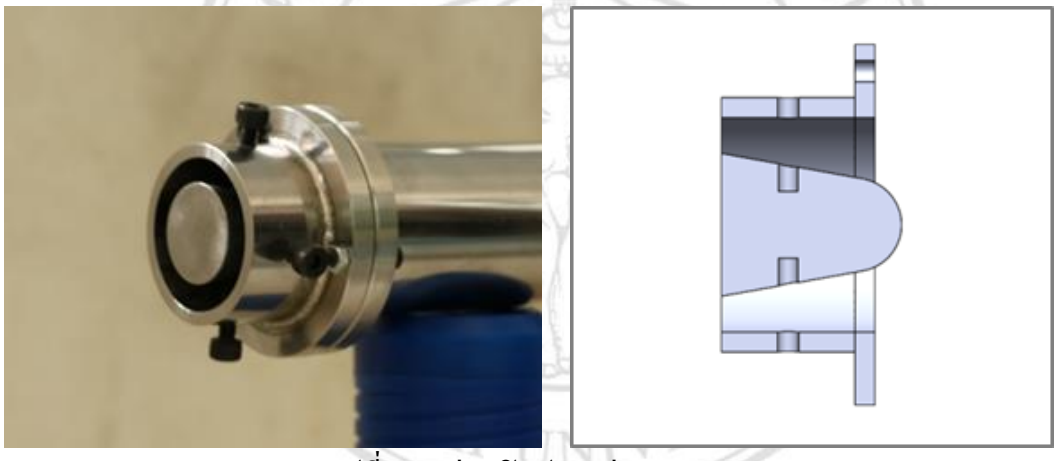
(1) ท่อความยาว 10 cm. จำนวน 3 ชิ้น

(2) ท่อความยาว 5 cm. จำนวน 1 ชิ้น

(3) ท่อความยาว 2 cm. จำนวน 1 ชิ้น (ยึดติดกับชิ้นส่วนวัตถุกีดขวางทรงกรวย 1 ชุด)



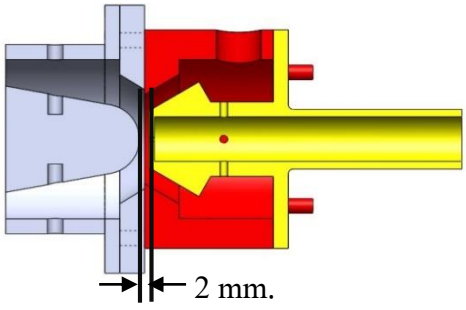
รูปที่ 3.22 ส่วนประกอบหัวเผาแบบที่ 5.1



รูปที่ 3.23 ส่วนปิดปลายท่อทรงกระบอก

ส่วนปิดปลายท่อทรงกระบอก จะประกอบไปด้วยชิ้นส่วนวัตถุกีดขวางทรงกรวยยึดติดกับท่อทรงกระบอกยาว 2 cm ซึ่งใช้ร่วมกันกับหัวเผาแบบที่ 5

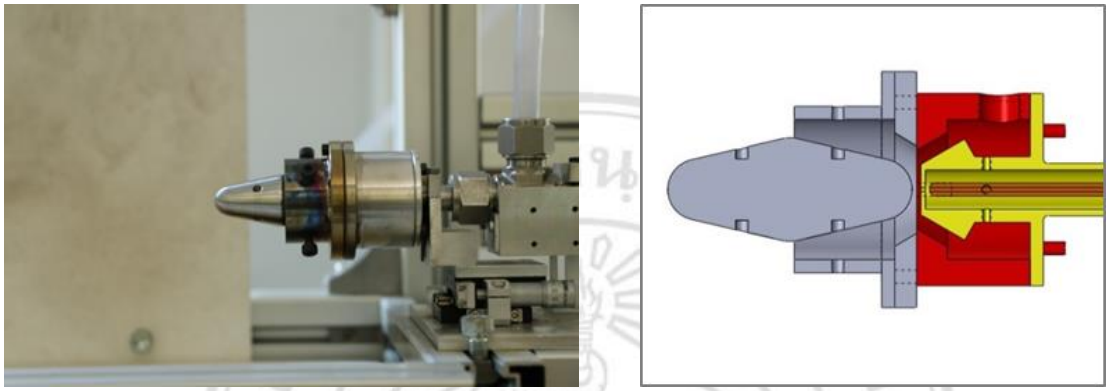
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.24 แสดงระยะระหว่างหัวฉีดและวัตถุกีดขวาง

หัวเผาแบบที่ 5.2

หัวเผาแบบที่ 5.2 จะใช้รูปแบบเดียวกับหัวเผาแบบที่ 5 แต่จะปรับเปลี่ยนชิ้นส่วนวัตถุกีดขวางเป็นรูปทรงกรวยแบบสมมาตร หัวเผาแบบที่ 5.2 ออกแบบเพื่อต้องการให้เปลวไฟมีลักษณะการไหลแบบพุ่งในทิศทางตรงรวมเป็นจุดเดียวและไหลตามพื้นผิวทรงกรวย หัวเผาแบบที่ 5.2 ตามรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.25 หัวเผาแบบที่ 5.2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved