

หัวฉีดเชื้อเพลิงแบบกาลักของเหลวใช้อากาศช่วย Liquid Siphon - Air Assisted Fuel Atomizer

สัมพันธุ์ ไชยเทพ และ พิพัฒน์พงศ์ วัฒนวันยู
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200
โทร 0-5394-2004, โทรสาร 0-5394-1352, Email : sumpun@eng.cmu.ac.th

Sumpun Chaitep and Pipatpong Watanawanyoo
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University 50200, Thailand
Tel. 0-5394-2004, Fax. 0-5394-1352, Email : sumpun@eng.cmu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ให้ความสนใจเกี่ยวกับระบบฉีดเชื้อเพลิงที่ใช้กับห้องเผาไหม้แบบต่อเนื่อง เพื่อที่จะสร้างหัวฉีดเชื้อเพลิงโดยใช้ความดันต่ำในการป้อนเชื้อเพลิงที่ใช้เป็นไขมันปาล์มบริสุทธิ์ และน้ำมันดีเซล จะทำการออกแบบหัวฉีดเป็นชนิดใช้อากาศช่วย โดยออกแบบให้อากาศไหลผ่านช่องแคบเล็กๆ ซึ่งจะทำให้ความดันของอากาศลดลงจนสามารถดูดเชื้อเพลิงจากถังเชื้อเพลิงในระดับต่ำกว่าได้ แล้วพ่นออกเป็นฝอยละอองไปพร้อมกับอากาศ จึงไม่ต้องใช้ปั๊มเชื้อเพลิงแรงดันสูง หัวฉีดที่ออกแบบสร้างสามารถผลิตความร้อนในอัตรา 60 kJ/s ต่อหัว และอัตราการไหลของน้ำมันปาล์มที่ 0.0021 kg/s เหนือจุดสูงสุด 2 เมตร ที่ความดันอากาศป้อน 344.7 kPa และสามารถปรับอัตราการไหลเชื้อเพลิงได้ นอกจากนี้ละอองที่ได้ยังมีความละเอียดสูง น้ำมันที่พ่นออกมาไม่เป็นหยด ซึ่งเหมาะสมกับห้องเผาไหม้แบบต่อเนื่องสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก และมีอุปกรณ์ช่วยไม่มากนัก รวมทั้งราคาไม่สูงเกินไป

Abstract

This research is concerned about the study of a fuel injection system in a continuous furnace chamber. The purpose was to construct a low pressure in supplying of fuel. Palm oil stearin and diesel were used on the experiments for the system of atomization. The atomizer was designed in a manner that air could flow through the small nozzle. Consequently, the low pressure air flow could induce fuel by siphoning and break oil into small fine droplets that were delivered through the outlet. The resulted atomizer had a capability to inject the fuel at the rate of 0.0021 kg/s, providing a heat rate of 60 kJ/s per head, with the use of air pressure supplied at 344.7 kPa and the rate of fuel consumption can be varied. In addition, the ability to inject small fine fuel droplets

from the atomizer could suitably be applied to different types of combustion, e.g. furnaces in small sized industries that require fewer accessories and lower budget.

1. บทนำ

ในปัจจุบันระบบการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าในห้องเผาไหม้แบบต่อเนื่องสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก เช่น เตาเผาขยะ โดยส่วนมากนิยมใช้หัวฉีดน้ำมันแรงดันสูง ซึ่งหัวฉีดแบบนี้จะต้องอาศัยเครื่องอัดน้ำมันให้มีความดันสูง ทั้งมีความยุ่งยากในการใช้งาน ราคาในการผลิตค่อนข้างสูง และมีอุปกรณ์ช่วยต่างๆ มาก ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จึงทำการศึกษารูปแบบหัวฉีดเชื้อเพลิงแบบใช้อากาศช่วยชนิดกาลักของเหลว โดยจะใช้อากาศที่ความดันต่ำเป็นตัวเหนี่ยวนำให้น้ำมันที่ถูกฉีดออกมาเป็นฝอยละออง เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการเผาไหม้เพื่อนำไปแก้ไขจุดบกพร่องของหัวฉีดแบบเดิม และเชื้อเพลิงที่ใช้เป็นน้ำมันปาล์มที่ผ่านการละลายแล้วจากไขมันปาล์มบริสุทธิ์ และใช้น้ำมันดีเซลทดลองประกอบเพื่อเปรียบเทียบ

2. ทฤษฎี

2.1 หน้าที่และหลักการทำงานของหัวฉีดที่สำคัญดังนี้ [1]

2.1.1. ฉีดน้ำมันให้เป็นละอองหรืออนุเล็กๆ (Fine atomization)

2.1.2. ต้องฉีดให้ได้รูปทรงของลำละออง (Spray pattern) ที่สอดคล้องกับการใช้งาน

2.1.3. ระยะเคลื่อนที่ของละออง (Penetration) ต้องพอเหมาะ เพราะถ้าไกลเกินไปจะกระทบกับผนังของห้อง สันดาปจะกลายเป็นหยดน้ำมันทำให้เครื่องติดยาก หรือการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์

2.1.4. ต้องเริ่มฉีดและหยุดฉีดได้อย่างฉับพลันโดยไม่มีการหยด (No dripping)

หัวฉีดเชื้อเพลิง (Fuel injector) สำหรับการฉีดเชื้อเพลิงเหลวซึ่งมีไขมันในห้องเผาไหม้ได้แก่แก๊สน้ำมันก๊าด (Kerosene) และน้ำ

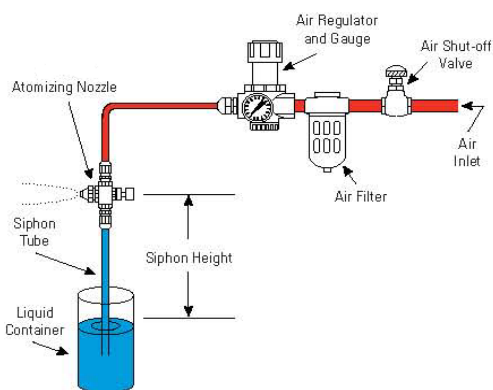
มันดีเซล หัวฉีดที่เหมาะสมและที่ชักกันอยู่จะเป็นชนิดความดันไหลวน (Pressure-swirl) หรือชนิดอากาศช่วยเป่า (Air-blast) เพื่อให้การแตกตัวของละอองเชื้อเพลิงและการผสมกับอากาศเร็วขึ้น มีผลดีต่อการเผาไหม้ที่สมบูรณ์โดยขนาดของละอองเชื้อเพลิงที่เหมาะสมโดยเฉลี่ยประมาณ 30-60 ไมครอน ซึ่งขึ้นกับความหนืดของเชื้อเพลิงและความดันในการฉีดเชื้อเพลิง ถ้าหัวฉีดเชื้อเพลิงทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพก็จะทำให้ระบบการเผาไหม้ทำงานได้ไม่เต็มที่เมื่อใช้งานกับห้องเผาไหม้แบบต่อเนื่อง ดังนั้นจึงต้องให้ความสำคัญในการออกแบบและพัฒนาอย่างเป็นพิเศษสำหรับหัวฉีดเชื้อเพลิงแบบใช้อากาศช่วย (Air Assisted Fuel Atomizer)

2.2 การเกิดเป็นฝอยละอองจากการฉีดน้ำมันแบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้ [2]

2.2.1 การฉีดน้ำมันที่ความดันสูง (High Pressure Atomization) จะใช้กับหัวฉีดความดันสูง หรือที่เรียกว่าหัวฉีดแบบของไหลเดี่ยว (Single Fluid Atomizer) โดยน้ำมันที่ออกจากปั๊มความดันมากกว่า 690 kPa ความดันที่แตกต่างกันมากของน้ำมันก่อนและหลังออกจากหัวฉีดจะทำให้ น้ำมันออกจากหัวฉีดด้วยความเร็วสูงเกิดการแตกตัวเป็นละอองเล็กๆ แล้วรวมตัวกับอากาศที่ส่งเข้ามายังห้องเผาไหม้ ทำให้เกิดสภาพที่เหมาะสมในการเผาไหม้

2.2.2 การฉีดน้ำมันที่ความดันต่ำ (Low Pressure Atomization) จะใช้กับหัวฉีดความดันต่ำหรือที่เรียกว่าหัวฉีดแบบของไหลสองชนิด (Two Fluids Atomizer) โดยน้ำมันและอากาศจะถูกส่งผ่านหัวฉีดที่มีความดันระหว่าง 6.9 – 103.4 kPa อากาศจะถูกผสมกันก่อนที่จะออกจากหัวฉีด โดยอากาศจะเป็นตัวทำให้น้ำมันมีอนุภาคที่ละเอียด อากาศที่ผสมกับน้ำมันก่อนออกจากหัวฉีดนี้เรียกว่า อากาศปฐมภูมิ (Primary air) เนื่องจากหัวฉีดชนิดนี้สร้างง่าย และไม่จำเป็นต้องใช้ปั๊มความดันสูง

2.3 หลักการทำงานของหัวฉีดเชื้อเพลิงแบบใช้อากาศช่วย (Air Assisted Fuel Atomizer)



รูปที่ 1 แสดงหลักการทำงานของหัวฉีดเชื้อเพลิงแบบใช้อากาศช่วย

(Air Assisted Fuel Atomizer) [6]

จากรูปที่ 1 แสดงหลักการทำงานของหัวฉีดเชื้อเพลิงแบบใช้อากาศช่วยเป็นหัวฉีดชนิดใช้ความดันต่ำซึ่งประกอบด้วยหัวฉีด สอง

ชุดร่วมศูนย์กลางซ้อนกัน หัวฉีดชุดแรกจะอยู่ภายในทำหน้าที่บังคับทิศทางการไหลของอากาศ และเพิ่มพลังงานจลน์ให้กับอากาศ ส่วนหัวฉีดชุดที่สองจะอยู่ภายนอกทำหน้าที่ลำเลียงเชื้อเพลิง โดยเชื้อเพลิงจะไหลเข้ามาเป็นฟิล์มบางๆ ขวางการไหลของอากาศ และอากาศที่มีความเร็วสูงนี้จะไหลปะทะฟิล์มเชื้อเพลิง ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำให้น้ำมันเป็นฝอยละออง การแตกตัวของละอองจะขึ้นอยู่กับค่าความตึงผิว (Surface tension) ของเชื้อเพลิง และถ้าออกแบบให้เกิดการเหนี่ยวนำที่ดีจะสามารถดูดเชื้อเพลิงจากระดับที่ต่ำมายังระดับที่สูงกว่า หรือที่เรียกว่า กาลักน้ำ (Siphon) ทำให้ไม่ต้องใช้ปั๊มส่งแรงดันเชื้อเพลิง ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบของหัวฉีดเชื้อเพลิงแบบใช้อากาศช่วย

2.4 สมการที่ใช้ในการออกแบบหัวฉีด [3]

การออกแบบหัวฉีดเชื้อเพลิงแบบใช้อากาศช่วยจะพิจารณาจากสมการพลังงาน สมการสถานะ และสมการเบอร์นูลลี มาใช้ร่วมกันหาความเร็วและมวลของอากาศช่วยที่ผ่านออกรูหัวฉีด โดยการอนุมานว่า อากาศไหลผ่าน Venturi เป็นแบบอัดตัวไม่ได้ จะได้ว่า

$$V_a = \sqrt{2c_p T \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]} \dots\dots\dots(1)$$

เมื่อทราบความหนาแน่นอากาศ ที่สามารถหาได้จาก สมการสถานะ โดยต้องกำหนดสภาวะที่จะออกแบบใช้งานได้แก่ ความดันขาเข้า, อุณหภูมิ, ความดันขาออก ดังนั้นจึงสามารถคำนวณหาขนาดของรูหัวฉีดได้

2.5 คุณสมบัติของไขมันและน้ำมันพืช [4]

ไขมันและน้ำมัน เรียกรวมกันว่า ลิพิด (Lipid) เป็นเอสเทอร์ที่มีอยู่ในธรรมชาติ เกิดจากการรวมระหว่าง กลีเซอรอลกับกรดไขมัน ไขมันและน้ำมันแต่ละโมเลกุลประกอบด้วยกลีเซอรอล 1 โมเลกุล และกรดไขมัน 3 โมเลกุล ถ้าลิพิดนี้เป็นของแข็งจะเรียกว่าไขมัน และถ้าเป็นของเหลวจะเรียกว่าน้ำมัน

ส่วนไขมันจากสัตว์จะมีกรดไขมันที่อิ่มตัวอยู่มากและมักเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง เช่น น้ำมันหมู ไขวัว เป็นต้น ส่วนน้ำมันพืชจะมีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวอยู่มากและมักเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง เช่น น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันมะกอก น้ำมันดอกคำฝอย ยกเว้น น้ำมันมะพร้าว และน้ำมันปาล์ม เป็นต้น ไขมันและน้ำมันเป็นโมเลกุลที่ไม่มีขั้วจึงไม่ละลายน้ำ

2.5.1 กรดไขมันอิ่มตัว (Fatty Acid) กรดไขมัน คือ กรดอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่มีหมู่คาร์บอกซิลเป็นหมู่ฟังก์ชัน จำนวน C อะตอมเป็นเลขคู่ กรดไขมันส่วนมากมีจำนวน C อะตอม C₁₂ - C₁₈ ชนิดที่มีจำนวน C อะตอมน้อยกว่า 12 ได้แก่ กรดบิวทาโนอิก C₃C₇COOH ที่พบในเนย กรดไขมันไม่ละลายน้ำ กรดไขมันจะมีจุดเดือดและจุด หลอมเหลวสูงขึ้นตามจำนวนคาร์บอนอะตอมที่เพิ่มขึ้น และกรดไขมันอิ่มตัวมีจุดเดือดสูงกว่า กรดไขมันไม่อิ่มตัว ที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน

สำหรับไขมันปาล์มบริสุทธิ์จะพบกรดไขมันอิ่มตัวชนิดสเตียริก (Stearic) ซึ่งมีสูตรโครงสร้างดังนี้ $\text{CH}_3(\text{C H}_2)_{16} \text{COOH}$

2.5.2 ค่าความร้อนของน้ำมันพืชชนิดต่างๆ

ตารางที่ 1. ค่าความร้อน (LHV) ของน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ [5]

เชื้อเพลิง	ค่าความร้อน (kJ/kg)
1. น้ำมันดีเซล	45,906
2. น้ำมันมะพร้าวดิบ	38,191
3. ไขมันปาล์มบริสุทธิ์	38,206
4. น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์	37,530
5. น้ำมันถั่วเหลือง	36,770
6. น้ำมันรำข้าว	34,360

ตารางที่ 2. แสดงค่าความหนืดของน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ [5]

เชื้อเพลิง	ค่าความหนืดที่ 37.8 °C (cSt)	ค่าความหนืดที่ 98.9 °C (cSt)
1. น้ำมันดีเซล	3.34	1.82
2. น้ำมันมะพร้าวดิบ	26.0	6.73
3. ไขมันปาล์มบริสุทธิ์	56.0	7.29
4. น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์	28.31	7.10
5. น้ำมันถั่วเหลือง	46.0	7.18
6. น้ำมันรำข้าว	49.83	7.24

เนื่องจากคุณสมบัติของไขมันและน้ำมันพืช เป็นองค์ประกอบที่ใช้เพื่อออกแบบระบบการจ่ายเชื้อเพลิง จึงทำการวิจัยเพิ่มเติมในส่วนของ จุดวาบไฟ จุดไหลเท ปริมาณน้ำ และ กำมะถัน โดยเปรียบเทียบน้ำมันดีเซลมีค่าดังนี้

1 จุดวาบไฟของไขมันปาล์มบริสุทธิ์อยู่ที่ 110°C ในขณะที่น้ำมันดีเซลซึ่งมีค่า 59°C

2 จุดไหลเทของไขมันปาล์มบริสุทธิ์มีอยู่ที่ 18.5°C ในขณะที่น้ำมันดีเซลซึ่งมีค่า -16°C

3 ปริมาณน้ำของไขมันปาล์มบริสุทธิ์มีค่าร้อยละ 0.025 โดยปริมาตร ในขณะที่น้ำมันดีเซลมีค่า ร้อยละ 0.01โดยปริมาตร

4 ปริมาณกำมะถัน ของไขมันปาล์มบริสุทธิ์มีค่าร้อยละ 0 โดยน้ำหนัก ในขณะที่น้ำมันดีเซลซึ่งมีค่าร้อยละ 0.03 โดยน้ำหนัก

5 ค่าความถ่วงจำเพาะของไขมันปาล์มบริสุทธิ์มีค่า 0.914 ที่ 15°C ในขณะที่น้ำมันดีเซลมีค่า 0.83 ที่ 15°C

ไขมันปาล์มบริสุทธิ์จึงสามารถทดแทนเชื้อเพลิงดีเซลได้เนื่องจากค่าความร้อนใกล้เคียง และประการสำคัญปริมาณกำมะถันของไขมันปาล์มไม่มี ในขณะที่น้ำมันดีเซลมีอยู่ถึง 0.03 โดยน้ำหนัก

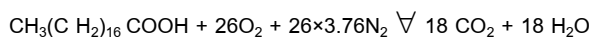
3.การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง

การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเป็นปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นเมื่อเชื้อเพลิงถูกออกซิไดซ์ด้วยออกซิเจน ทำให้จุดติดไฟอย่างต่อเนื่องและปลดปล่อยพลังงานความร้อนออกมาอย่างมหาศาล องค์ประกอบของอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้กับเชื้อเพลิงแสดงไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 องค์ประกอบอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้กับ เชื้อเพลิง [5]

องค์ประกอบ	เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบ	
	โดยปริมาตร	โดยมวล
ออกซิเจน (O ₂)	21	23
ไนโตรเจน (N ₂)	79	77
อัตราส่วนของ ปริมาณ O ₂ : N ₂	1 : 3.76	1 : 3.35

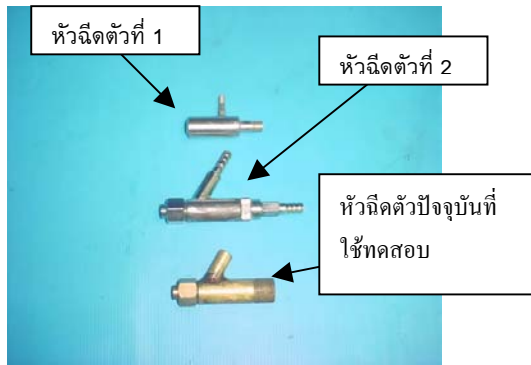
สมดุลสมการของการเผาไหม้ระหว่างไขมันปาล์มกับอากาศจะได้ว่า



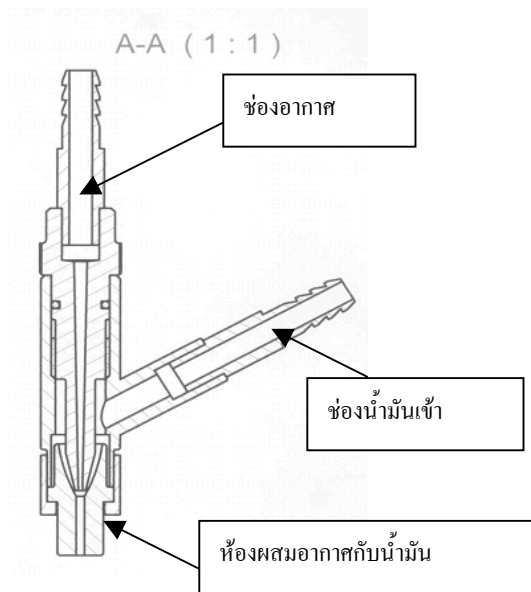
ทั้งนี้สมมติเงื่อนไขการเผาไหม้สมบูรณ์ ซึ่ง N₂ ของอากาศไม่มีการทำปฏิกิริยาเคมี

4. ผลการทดลองและการวิเคราะห์

กำหนดให้ใช้ความร้อนหัวฉีด 60 kJ/s จากค่า LHV ของน้ำมันปาล์มมีค่าความร้อน LHV = 38,206 kJ/kg จะได้อัตราการไหลเชื้อเพลิง $\dot{m}_f = 0.00157 \text{ kg/s}$ และเงื่อนไขการใช้แรงดันอากาศช่วยสำหรับหัวฉีดอยู่ในช่วง 68.9 – 689.4 kPa (10 – 100 psi) รวมทั้งได้มีการสร้างและพัฒนาหัวฉีดแสดงในรูปที่ 2 และภาพตัดโครงสร้างภายในหัวฉีดแสดงในรูปที่3



รูปที่ 2 แสดงการพัฒนาหัวฉีดแบบต่อเนื่อง

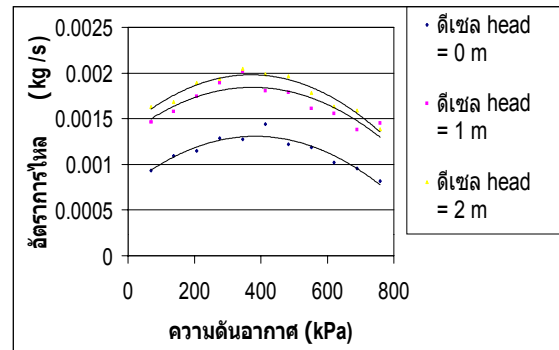


รูปที่ 3 แสดงภาพตัดโครงสร้างภายในหัวฉีด

4.1 ผลการทดลองวัดอัตราการใช้น้ำมันดีเซลกับความดันอากาศที่ใช้
งานสำหรับหัวฉีดแบบใช้อากาศช่วย

4.1.1 ทำการทดลองที่ระดับเฮด 0 เมตร 1 เมตร และ 2 เมตร ทำ
การทดลองวัดอัตราการใช้น้ำมันดีเซลกับความดันอากาศ โดยเริ่มใส่น้ำมันดีเซลเข้าไปในกระบอกตวง ที่มีสเกลวัดปริมาตร 500 cm³ เปิดวาล์วแล้วปรับความดันอากาศไปที่ 68.95 kPa แล้วกำหนดให้ความดันคงที่ จากนั้นปล่อยลมออกจากระบบให้หมดเพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อน เมื่อหัวฉีดฉีดน้ำมันออกมาอย่างต่อเนื่อง (Steady state) สังเกตระดับน้ำมันในกระบอกตวง พอถึงระดับ 100 cm³ ทำการจับเวลาเริ่มต้น เมื่อระดับลงมาเหลือ 0 cm³ จึงทำการบันทึกเวลา จากนั้นนำค่าที่ได้ไปคำนวณเปลี่ยนหน่วยให้เป็น kg/s

จากนั้นทำการเปลี่ยนระดับความดันอากาศเป็น 137.89 206.84 275.79 344.74 413.68 482.64 551.58 620.53 689.48 และ 753.43 kPa แล้วบันทึกผลเวลาในแต่ละระดับความดันที่ใช้งานและความสูงเฮด หลังจากนั้นทำการทดลองซ้ำ 5 ครั้งจะได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4



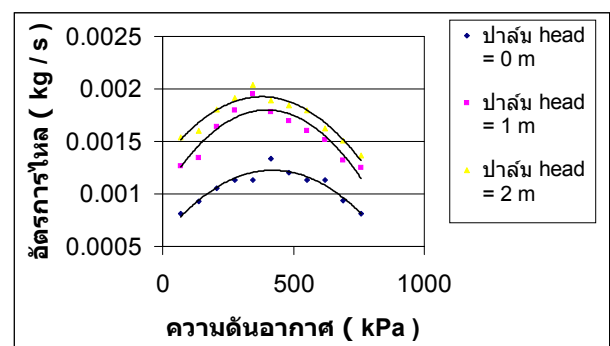
รูปที่ 4 เปรียบเทียบอัตราการไหลของน้ำมันดีเซลที่เฮด ต่างๆ

จากรูปที่ 4 อัตราการไหลของน้ำมันดีเซลที่เฮด 2 เมตร มีค่าสูงสุด 0.0019 kg/s ที่ความดันอากาศ 344.7 kPa ส่วนอัตราการไหลของน้ำมันดีเซลที่เฮด 1 เมตร มีค่าสูงสุด 0.0017 kg/s ที่ความดันอากาศ 413.6 kPa และอัตราการไหลของน้ำมันดีเซลที่เฮด 0 เมตร มีค่าสูงสุด 0.0014 kg/s ที่ความดันอากาศ 413.6 kPa

4.2 ผลการทดลองวัดอัตราการใช้น้ำมันปาล์มกับความดันอากาศ
ที่ใช้งานสำหรับหัวฉีดแบบใช้อากาศช่วย

4.2.1 ทำการทดลองที่ระดับเฮด 0 เมตร 1 เมตร และ 2 เมตร
การทดลองวัดอัตราการใช้น้ำมันปาล์มกับความดันอากาศ โดยเริ่มใส่น้ำมันปาล์มเข้าไปในกระบอกตวง ที่มีสเกลวัดปริมาตร 500 cm³ เปิดวาล์วแล้วปรับความดันอากาศไปที่ 68.95 kPa แล้วกำหนดให้ความดันคงที่ จากนั้นปล่อยลมออกจากระบบให้หมดเพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อน เมื่อหัวฉีดฉีดน้ำมันออกมาอย่างต่อเนื่อง (Steady state) สังเกตระดับน้ำมันในกระบอกตวง พอถึงระดับ 100 cm³ ทำการจับเวลาเริ่มต้น เมื่อระดับลงมาเหลือ 0 cm³ จึงทำการบันทึกเวลา จากนั้นนำค่าที่ได้ไปคำนวณเปลี่ยนหน่วยให้เป็น kg/s

จากนั้นทำการเปลี่ยนระดับความดันอากาศเป็น 137.89 206.84 275.79 344.74 413.68 482.64 551.58 620.53 689.48 และ 753.43 kPa แล้วบันทึกผลเวลาในแต่ละระดับความดันที่ใช้งานและความสูงเฮด หลังจากนั้นทำการทดลองซ้ำ 5 ครั้งจะได้ผลการทดลองดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 เปรียบเทียบอัตราการไหลของน้ำมันปาล์มที่เฮด ต่างๆ

จากรูปที่ 5 อัตราการไหลของน้ำมันปาล์มที่เฮด 2 เมตร มีค่าสูงสุด 0.0021 kg/s ที่ความดันอากาศ 344.7 kPa ส่วนอัตราการไหลของน้ำมันปาล์มที่เฮด 1 เมตร มีค่าสูงสุด 0.0017 kg/s ที่ความดันอากาศ 413.6 kPa และอัตราการไหลของน้ำมันปาล์มที่เฮด 0 เมตร มีค่าสูงสุด 0.0013 kg/s ที่ความดันอากาศ 413.6 kPa

5.สรุป

อัตราการไหลของเชื้อเพลิงเปลี่ยนแปลงตามความดันอากาศที่ใช้ เนื่องจากการที่อากาศไหลผ่านหัวฉีด จะทำให้เกิดการลดความดันแล้วจึงเกิดแรงดูดเชื้อเพลิงขึ้น จากทฤษฎีของหัวฉีดแบบใช้อากาศช่วยซึ่งเป็นการไหลของของไหล 2 ชนิด คือ เชื้อเพลิงกับอากาศ การทำงานของหัวฉีดจะเกิดจากการทำให้เชื้อเพลิงเป็นฟิล์มบางๆ ด้านปลายหัวฉีด แล้วทำให้เกิดการแตกตัวเป็นฝอยละออง ดังนั้นอัตราการใช้เชื้อเพลิงและรูปแบบของละอองจึงขึ้นอยู่กับค่าความดันผิวของเชื้อเพลิง จากการทดลองวัดอัตราการใช้เชื้อเพลิง ซึ่งตอนแรกใช้น้ำมันดีเซลทดลอง แล้วเปลี่ยนมาใช้น้ำมันปาล์ม จะเห็นได้ว่าที่ความดันอากาศเดียวกัน กราฟของน้ำมันดีเซลจะมีค่าสูงกว่าน้ำมันปาล์ม เนื่องจากน้ำมันดีเซลมีแรงตึงผิวน้อยกว่า

6.รายการสัญลักษณ์

- ρ_a = ความหนาแน่นของอากาศ kg/m³
 c_p = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ J/kg.K
 k = ค่าคงที่ของอากาศ 1.4
 P_1 = ค่าความดันอากาศช่วยเข้าหัวฉีด kPa
 P_2 = ค่าความดันอากาศขาออกหัวฉีดหัวฉีด (ความดันบรรยากาศ) kPa
 T = อุณหภูมิอากาศที่ทดสอบ °K
 V_a = ความเร็วขาออกของหัวฉีด m/s

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) ที่สนับสนุนทุนวิจัย และภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการวิจัย

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] ขจร ธนวัฒน์โกวิท ชัยณรงค์ โปร่งจิต และ ณัฐพงษ์ เพชรนิล (2535) "การออกแบบหัวเผาโดยใช้น้ำมันพืช" ปรินทิพนิพนธ์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
[2] จักราช อินทสิทธิ์ และ ธนาวิทย์ อนันตพฤต (2542) "หัวฉีดเชื้อเพลิงแบบใช้อากาศช่วย" ปรินทิพนิพนธ์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่.
[3] สัมพันธ์ ไชยเทพ (2524) "เอกสารประกอบการสอนวิชาอากาศพลศาสตร์เบื้องต้น" คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[4] พิศมัย เจนวนิชปัญญกุล (2544) "ไบโอดีเซล : พลังงานทางเลือก?" วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 16,ฉบับที่ 3, กรุงเทพฯ

[5] พิพัฒน์พงศ์ วัฒนวันยู และสัมพันธ์ ไชยเทพ (2547) "คุณสมบัติทางกายภาพของเชื้อเพลิงจากไขมันปาล์มบริสุทธิ์" เอกสารประกอบการสัมมนาการประชุมสัมมนาวิชาการเกษตรครั้งที่ 13 มหาวิทยาลัยแม่โจ้

[6] www.spraysystem.com/ air blaster