

บทที่ 3

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 ขั้นตอนและวิธีวิจัย

3.1.1 ขั้นตอนการวิจัยคุณสมบัติน้ำมันพืชที่สามารถเป็นเชื้อเพลิงทดแทนดีเซล

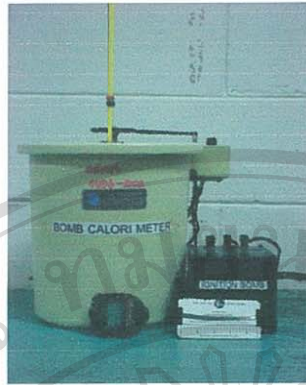
ได้ทำการทดสอบโดยใช้น้ำมัน 5 ชนิด ได้แก่ 1.น้ำมันมะพร้าวดิบ 2.ไขมันปาล์มบริสุทธิ์ 3.น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ 4.น้ำมันถั่วเหลือง 5.น้ำมันรำข้าว โดยเปรียบเทียบกับคุณสมบัติของน้ำมันดีเซลทดสอบหาค่าต่างๆดังนี้

3.1.1.1 ทดสอบค่าความร้อนเชื้อเพลิง

โดยใช้ Bomb calorimeter (รูปที่ 3.2 และ 3.3) เครื่องชั่งดิจิตอล และนาฬิกาจับเวลา โดยใช้เชื้อเพลิงที่ทดสอบใส่ในถ้วยประมาณ 0.75 – 1 กรัม ตัด Fuse wire ยาว 10 เซนติเมตร จุดระเบิดโดยใช้ Ignition unit อ่านอุณหภูมิหลังจุดระเบิด ทดสอบทั้งสิ้น 7 ครั้ง ครั้งละ 30 นาที และบันทึกผลหาค่าเฉลี่ย



รูปที่ 3.1 น้ำมันจากพืชที่ใช้ทดสอบ



รูปที่ 3.2 Bomb calorimeter ที่ใช้ทดสอบ



รูปที่ 3.3 Oxygen bomb ที่ใช้ทดสอบกับ Bomb calorimeter

3.1.1.2 ทดสอบค่าความหนืดโดยใช้ Saybolt Viscometer

โดยใช้เชื้อเพลิงที่ทดสอบใส่ในขวดปริมาตร 60 มิลลิลิตร จับเวลาในการไหลของน้ำมันผ่านรูมาตรฐานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.765 มิลลิลิตร จนถึงช่วงกำหนด 37.8 – 98.9 องศาเซลเซียส ทดสอบทั้งสิ้น 7 ครั้ง และบันทึกผลหาค่าเฉลี่ย



รูปที่ 3.4 Saybolt Viscometer ที่ใช้ทดสอบ

3.1.1.3 ทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ

โดยใช้ Hydrometer ขนาดสเกลค่าความถ่วงตาม API ที่ก้านหย่อนลงใน กระบอกน้ำมันทดสอบปริมาตร 500 ml ที่ผ่านการปรับอุณหภูมิที่เหมาะสมแล้วอ่านค่าความถ่วง API เมื่อ Hydrometer ลอยตัวคงที่ ทดสอบทั้งสิ้น 7 ครั้ง และบันทึกผลหาค่าเฉลี่ย

3.1.2 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างหัวฉีดเชื้อเพลิงแบบใช้อากาศช่วย

การออกแบบหัวฉีดเชื้อเพลิงแบบใช้อากาศช่วยจะพิจารณาสมการพลังงาน สมการสถานะ และสมการเบอร์นูลลี มาหาความเร็วและมวลของอากาศช่วยที่ผ่านออกรูหัวฉีด โดยการอนุมานว่า อากาศไหลผ่าน Venturi เป็นแบบอัดตัวไม่ได้ จะได้ดังสมการที่ 3.1 (สัมพันธ์ ไชยเทพ, 2524)

$$V_a = \sqrt{2c_p T \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]} \quad (3.1)$$

เมื่อทราบความหนาแน่นอากาศที่สามารถหาได้จากสมการสถานะ โดยต้องกำหนดสถานะที่จะออกแบบใช้งาน ได้แก่ ความดันขาเข้า อุณหภูมิ ความดันขาออก ดังนั้นจึงสามารถคำนวณหาขนาดของรูหัวฉีดได้

3.1.2.1 การคำนวณหัวฉีดเชื้อเพลิง

จะพิจารณาการทำงานของหัวฉีดในช่วงความดันใช้งานต่ำสุด 68.9 kPa (10 psi) จากการอนุมานว่า อากาศเป็นของไหลอัดตัวไม่ได้ เมื่อพิจารณาสมการสถานะจะได้สมบัติของอากาศที่ 28°C ดังนี้

$$\begin{aligned} \rho_a &= 1.97 \text{ kg/m}^3 \\ C_p &= 1004.5 \text{ J/kg.K} \\ k &= 1.4 \\ P_{2abS} &= 101.3 \text{ kPa} \\ T_1 &= 28 + 273.15 = 301.15 \text{ }^\circ\text{K} \end{aligned}$$

ความดันใช้งานต่ำสุดของหัวฉีด

$$\begin{aligned} P_{1abS} &= 10 \text{ psi} \\ &= 68.94 \text{ kPa} + 101.3 = 170.24 \text{ kPa} \end{aligned}$$

แทนค่าลงในสมการที่ 3.1

$$V_a = \sqrt{2 \times 1004.5 \times 301.15 \times \left[\left(\frac{101.3}{170.24} \right)^{\frac{2}{1.4}} - \left(\frac{101.3}{170.24} \right)^{\frac{2.4}{1.4}} \right]}$$

$$V_a = 199.31 \text{ m/s}$$

ความเร็วขาออกของหัวฉีดที่ความดัน 10 psi มีค่า 199.31 m/s

- การคำนวณหาอัตราการไหลอากาศของหัวฉีด

ใช้ค่าอัตราการไหลน้ำมันปาล์มจากการทดสอบจริงที่ตำแหน่งไซฟอน 0 เมตร มีค่า 0.00031754 kg/s จากค่า LHV ของน้ำมันปาล์มมีค่า LHV = 38,206 kJ/kg

$$\text{LHV} \times \dot{m}_{\text{fuel}} = \text{ค่าความร้อนที่ต้องการของหัวฉีด} \quad (3.2)$$

$$38,206 \text{ kJ/kg} \times 0.00031754 \text{ kg/s} = 12.13 \text{ kJ/S}$$

$$\text{ค่าความร้อนที่ต้องการของหัวฉีด} = 12.13 \text{ kJ/S}$$

จาก A/F ที่เผาไหม้สมบูรณ์มีค่า 14.7: 1

$$\text{A/F ratio} = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_f} \quad (3.3)$$

$$\begin{aligned} \text{หา } \dot{m}_a &= (\text{A/F}) \times \dot{m}_f \\ &= 14.7 \times 0.00031754 \end{aligned}$$

$$\dot{m}_a = 0.004667 \text{ kg/s}$$

ให้ 1% ของ (อากาศที่ใช้ในการเผาไหม้)

Airfuel ratio (A/F) เป็น $\dot{m}_a$

$$\dot{m}_a (\text{Atomization}) = \dot{m}_a \times 1\% \quad (3.4)$$

$$\therefore \dot{m}_a = 0.00004667 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

- การคำนวณหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูหัวฉีดในและนอก

กำหนดให้การทดลองใช้ความดันอากาศต่ำที่ $P_{\text{air}} = 10 \text{ Psi} = 68.948 \text{ kPa}$

กำหนดให้

$$P_{\text{air}} = P_{1(\text{gage})} = 68.94 \text{ kPa}$$

$$T_{\text{air}} \text{ } 25^{\circ}\text{C} = 25 + 273 = 298^{\circ}\text{K}$$

$$P_2 = P \text{ บรรยากาศ}$$

จาก

$$P_{1(\text{abs})} = P_a RT_1 \quad (3.5)$$

$$R = \frac{\bar{R}}{M_{\text{air}}} = \frac{8312}{29} = 287 \text{ J/kg } ^{\circ}\text{K}$$

$\therefore$ จากสมการที่ 3.5

$$(68.94 + 101.3) \times 10^3 = P_a \times 287 \times 298$$

$$P_a = 1.99 \text{ kg/m}^3$$

จากการที่คำนวณ m_a มีค่า 0.00004667 kg/s

จาก

$$k = \frac{C_p}{C_v}$$

$$1.4 = \frac{C_p}{C_v} \quad (3.6)$$

และ

$$C_p - C_v = R$$

$$C_p - C_v = 287 \quad (3.7)$$

แก้สมการ (3.6) และ (3.7) ได้

$$C_p = 1,004.5 \frac{\text{J}}{\text{kg } ^{\circ}\text{K}}$$

สรุปข้อมูล

$$\rho_a = 1.99 \text{ kg/m}^3$$

$$C_p = 1,004.5 \text{ J/kg}^\circ\text{K}$$

$$T_1 = 298^\circ\text{K}$$

$$K = 1.4$$

$$P_{2(\text{abs})} = P_{\text{gage}} + P_{\text{atm}} = 0 + 101.3 = 101.3 \text{ kPa}$$

$$P_{t(\text{abs})} = P_{\text{gage}} + P_{\text{atm}} = 68.94 + 101.3 = 170.24 \text{ kPa}$$

จากสมการที่ 3.8 สมการอัตราการใช้อากาศ (สัมพันธ์ ไชยเทพ, 2524)

ให้ V_a = Velocity of air flow at throat

$$V_a = \sqrt{2C_p T_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{2/K} - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{K+1}{K}} \right]} \quad (3.8)$$

$$= \sqrt{2 \times 1004.5 \times 298 \times \left[\left(\frac{101.3}{170.24} \right)^{\frac{2}{1.4}} - \left(\frac{101.3}{170.24} \right)^{\frac{2.4}{1.4}} \right]}$$

$$\therefore V_a = 198.27 \text{ m/s}$$

และจาก $m_a = \rho_a V_a A_t$ (3.9)

$$0.00004667 = 1.99 \times A_t \times 198.27$$

$$A_t = 1.1828 \times 10^{-7} \text{ m}^2$$

$$\text{จาก } A_t = \frac{\pi D^2}{4} \quad \text{จะได้เส้นผ่านศูนย์กลาง } D_{\text{นอก}} = \sqrt{\frac{4At}{\pi}} \quad (3.10)$$

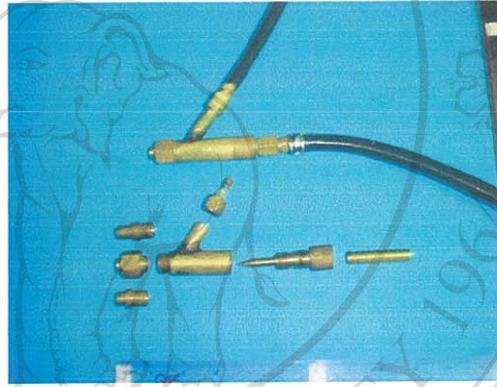
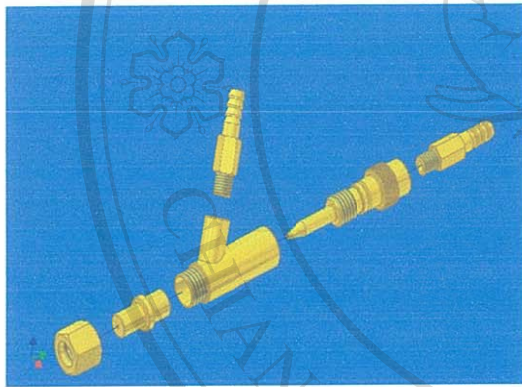
$$D_{\text{นอก}} = \sqrt{\frac{4 \times 1.1828 \times 10^{-7}}{3.14}}$$

$$= 0.3881 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$D_{\text{นอก}} = 0.3881 \text{ mm.}$$

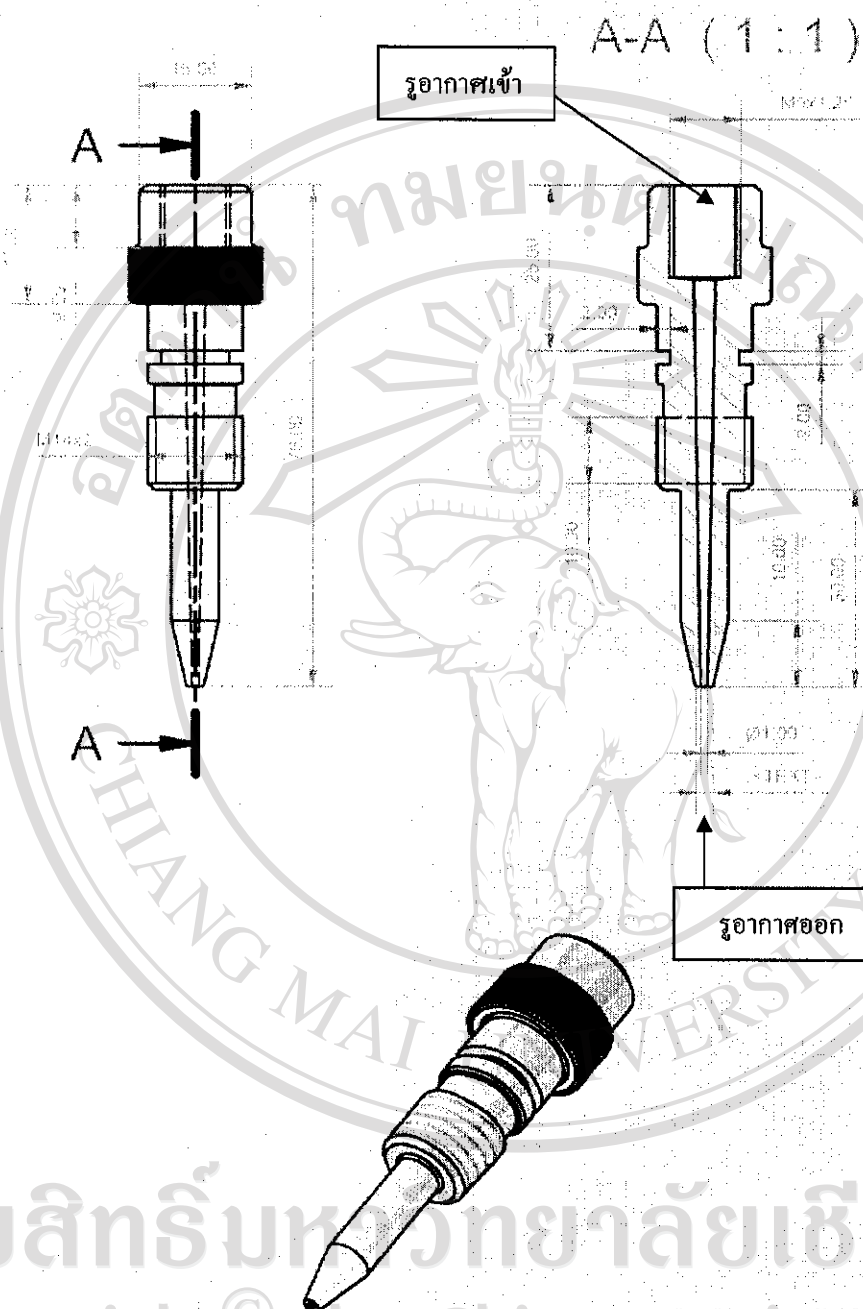
∴ ดอกสว่านที่ขายในท้องตลาดมีขนาด $\varnothing 0.3 \text{ mm.}$ กับ $\varnothing 0.4 \text{ mm}$

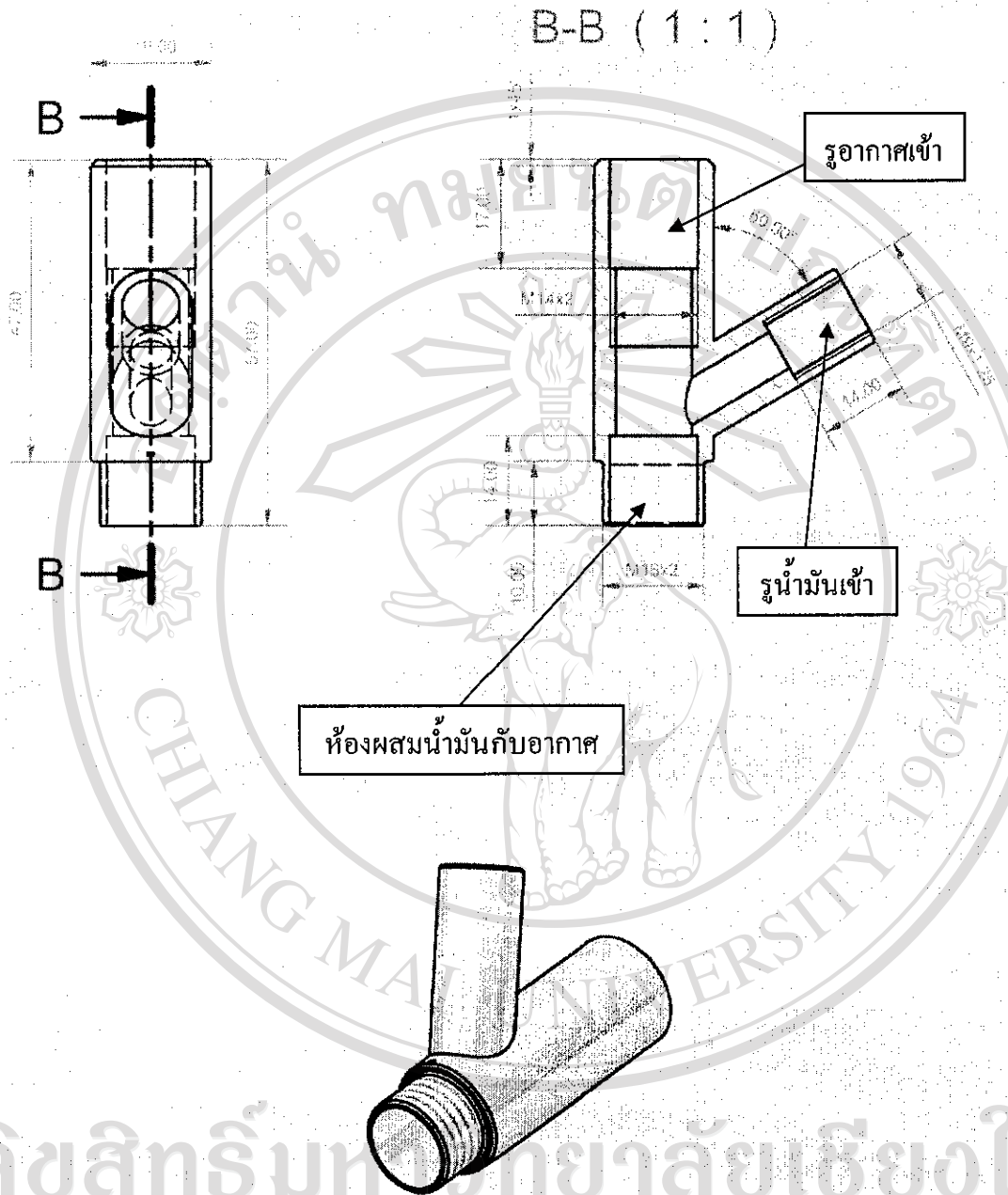
ดังนั้นจึงเลือกดอกสว่านขนาด $\varnothing 0.4 \text{ mm.}$ สำหรับการเจาะรูหัวฉีดนอกและใน



(ก) ภาพส่วนประกอบภายในจากการเขียนแบบ (ข) ภาพส่วนประกอบภายในจากการสร้างขึ้น

รูปที่ 3.5 หัวฉีดแบบใช้อากาศช่วยที่สร้างขึ้นจากทองเหลือง



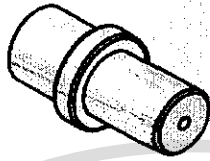


ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

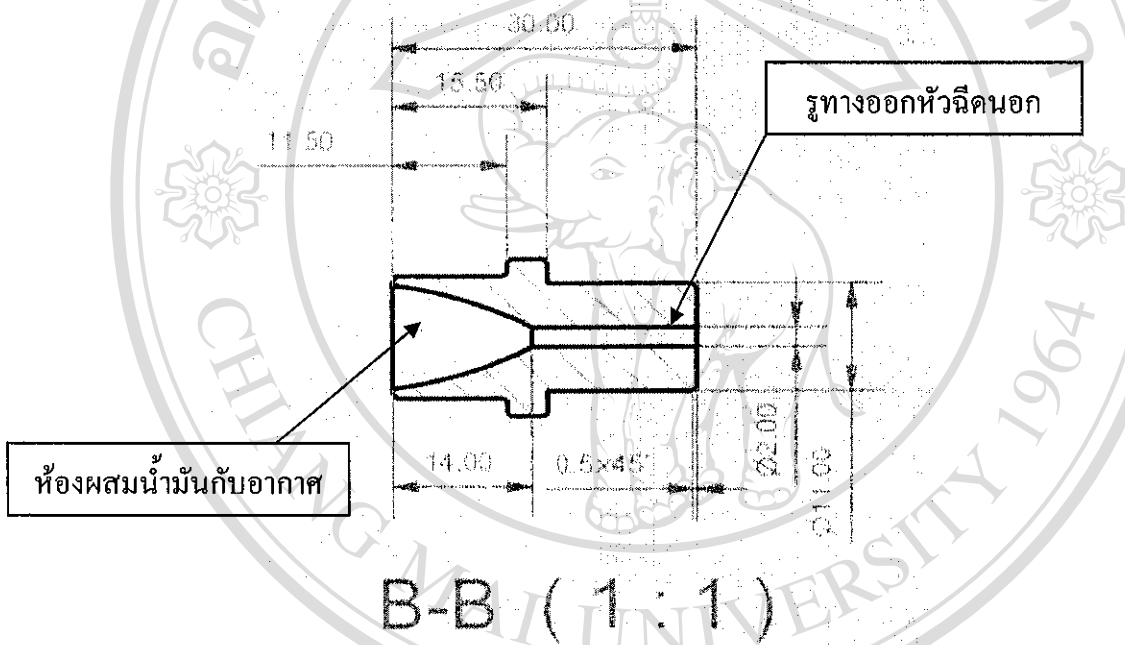
Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

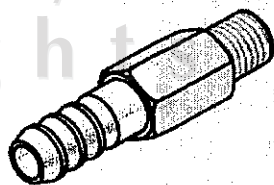
รูปที่ 3.7 โครงสร้างภายนอกและภาพตัดของเรือนหัวฉีด (หน่วยมิลลิเมตร)



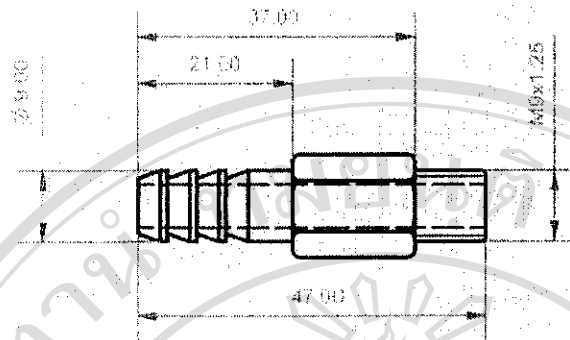
รูปที่ 3.8 โครงสร้างภายนอกของทางออกหัวฉีดนอก



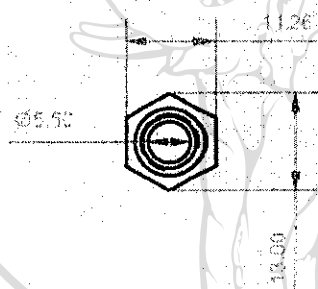
รูปที่ 3.9 ภาพตัดรูทางออกหัวฉีดนอก (หน่วยมิลลิเมตร)



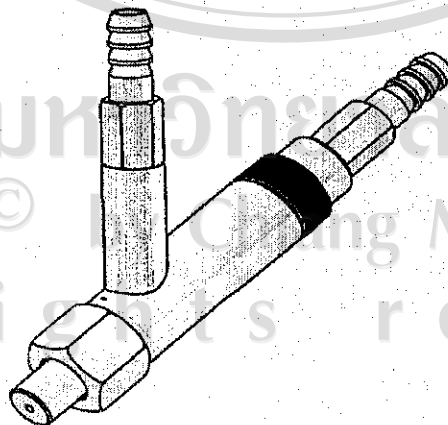
รูปที่ 3.10 ท่อส่งน้ำมันและลมเข้า



รูปที่ 3.11 ขนาดภายนอกของท่อส่งน้ำมันและท่อลมเข้า



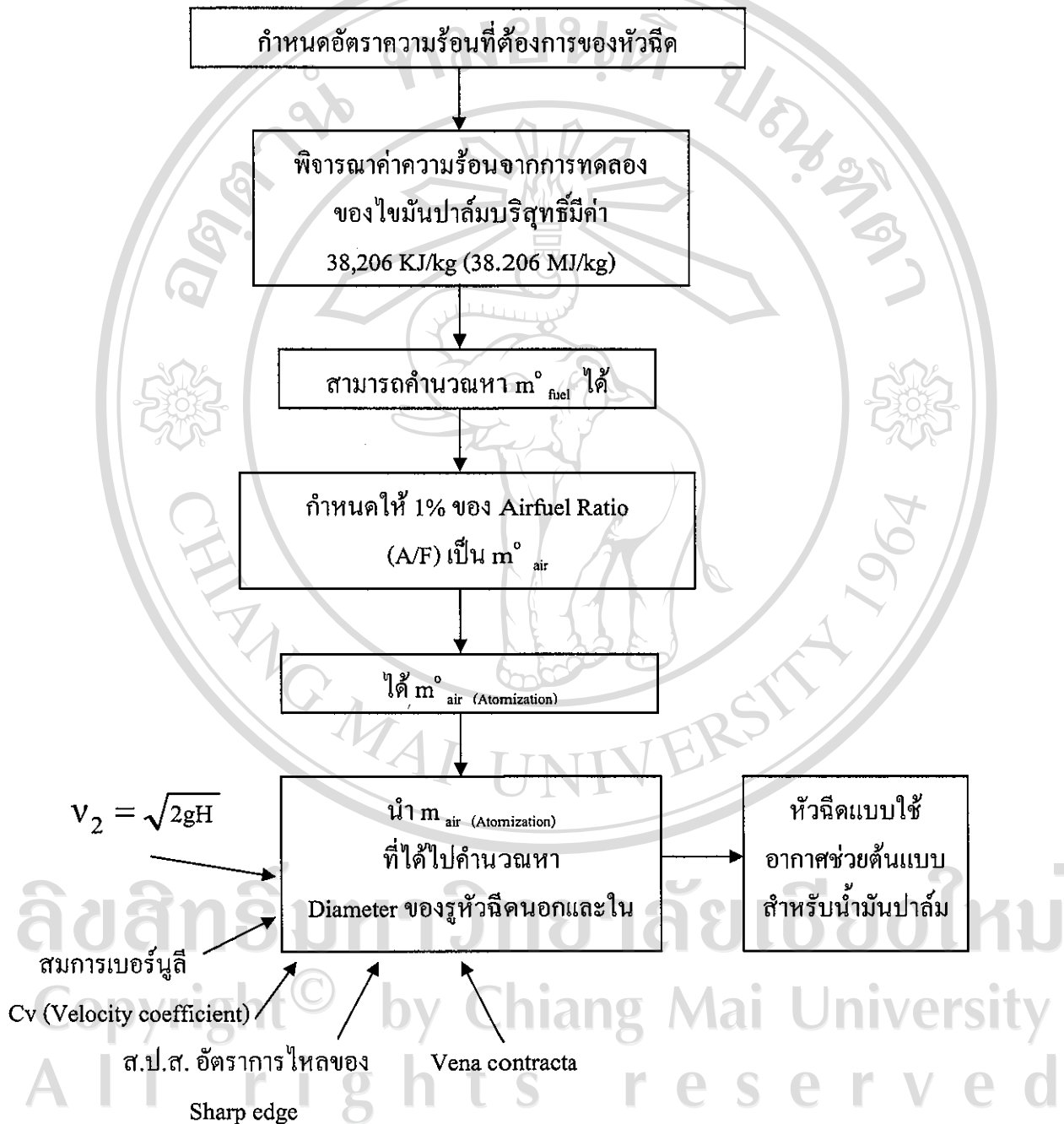
รูปที่ 3.12 ขนาดนัตถ์ของท่อส่งน้ำมันและลมเข้า (หน่วยมิลลิเมตร)



รูปที่ 3.13 โครงสร้างภายนอกหัวฉีด

3.1.3 ขั้นตอนการทดสอบและพัฒนาหัวฉีดเชื้อเพลิงแบบใช้อากาศช่วย

ในการทดสอบและพัฒนาหัวฉีดจะดำเนินการตามขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 ผังแสดงขั้นตอนที่ใช้ในการทดสอบและพัฒนาหัวฉีดเชื้อเพลิงแบบใช้อากาศช่วย

เนื่องจากหัวฉีดแบบใช้อากาศช่วยมีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการออกแบบห้องเผาไหม้แบบต่อเนื่อง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาอัตราการไหลเชื้อเพลิงกับความดันอากาศที่ใช้งานสำหรับหัวฉีดที่เหมาะสม จึงทดลองวัดอัตราการใช้น้ำกับความดันอากาศ วัดอัตราการใช้น้ำมันดีเซลกับความดันอากาศ และวัดอัตราการใช้น้ำมันปาล์มกับความดันอากาศ

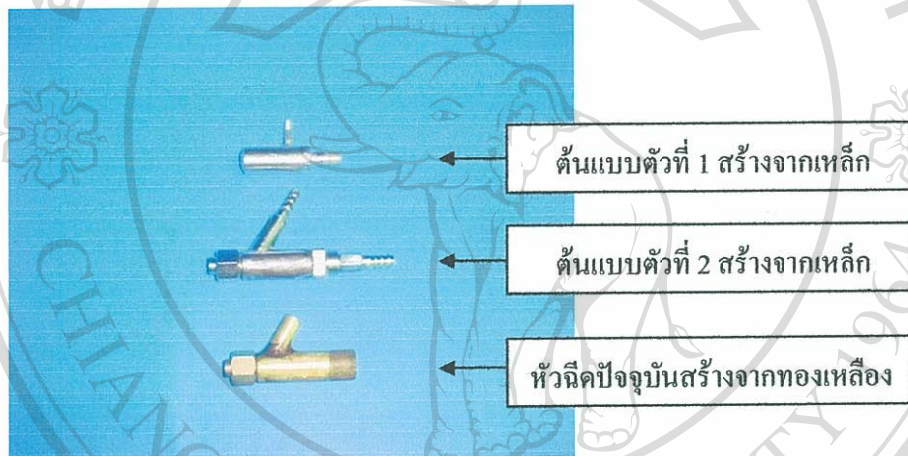


รูปที่ 3.15 ชุดทดสอบอัตราการไหลเชื้อเพลิงที่ระดับเฮค 0 เมตร, 1 เมตร และ 2 เมตร



รูปที่ 3.16 ลักษณะฟอยละอองน้ำเมื่อใช้ความดันอากาศ 137.8 KPa ที่ระดับเฮค 1 เมตร

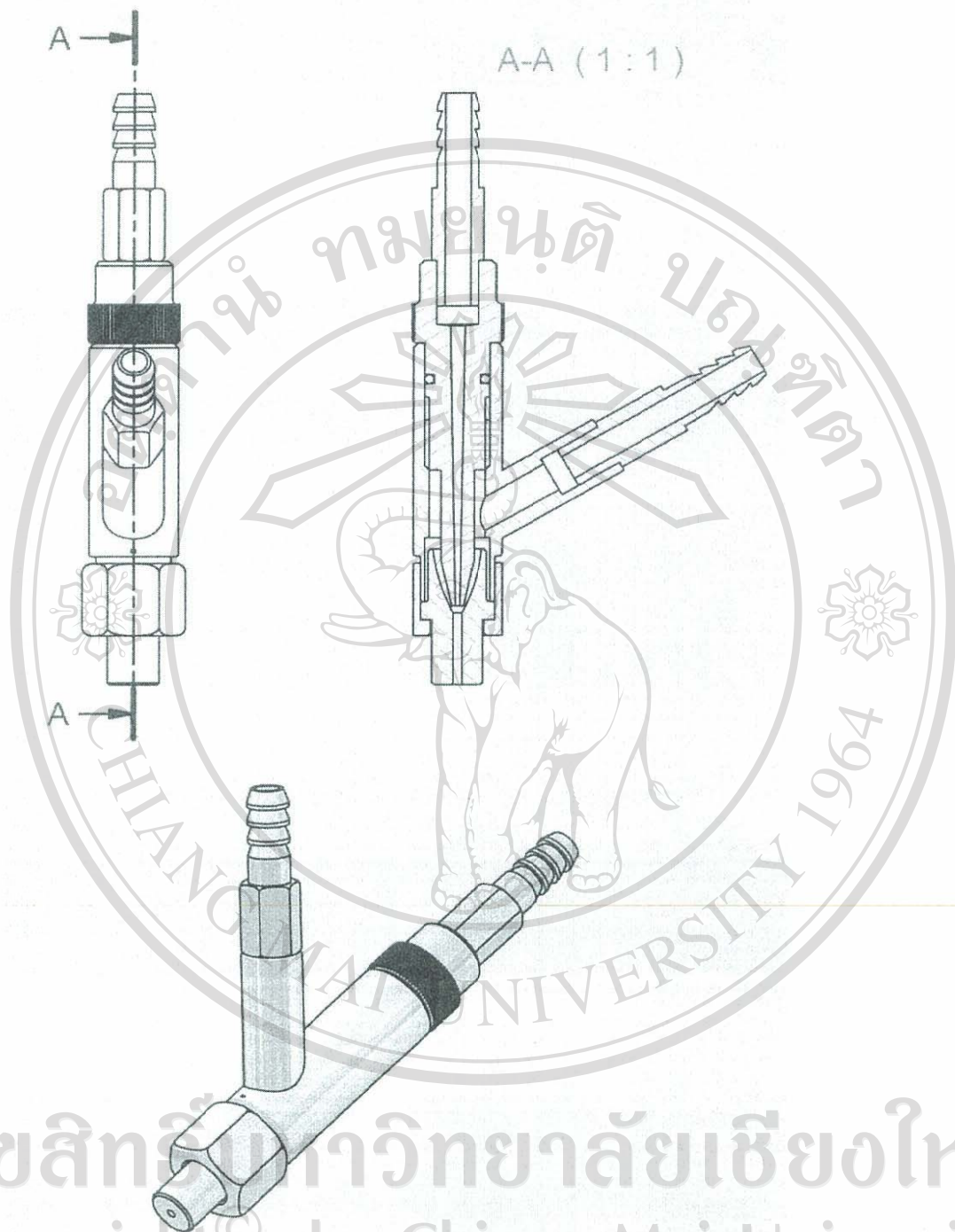
เนื่องจากในการสร้างหัวฉีดเชื้อเพลิงแบบใช้อากาศช่วยชนิดกัลกของเหลว นั้น มีงานวิจัยทางด้านนี้ค่อนข้างน้อยในประเทศไทย ทางคณะผู้วิจัยได้ปรับปรุงหัวฉีดเชื้อเพลิงแบบใช้อากาศช่วยชนิดสังเชื้อเพลิงด้วยแรงโน้มถ่วงของโลกมาปรับปรุงและพัฒนาต่อยอดจากงานวิจัยที่ทางคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สร้างไว้ (พัฒนามาจากแบบของ สราญศิริ, 2545) และเปลี่ยนวัสดุที่สร้างหัวฉีดจากเหล็กหล่อกลึงขึ้นรูปมาเป็นทองเหลืองกลึงขึ้นรูปแทน เนื่องจากการทดลองเบื้องต้นในการพ่นฝอยละอองและอัตราการไหลเบื้องต้นได้ใช้น้ำทดสอบแทนน้ำมันเชื้อเพลิง จึงป้องกันการเกิดสนิมภายในท่อส่งเชื้อเพลิงของหัวฉีด และดำเนินการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนได้หัวฉีดเชื้อเพลิงแบบใช้อากาศช่วยชนิดกัลกของเหลว ที่สามารถฉีดน้ำมันปาล์ม น้ำมันดีเซล ได้ตามวัตถุประสงค์



รูปที่ 3.17 การพัฒนาของหัวฉีดแบบใช้อากาศช่วย



รูปที่ 3.18 ชิ้นส่วนภายในหัวฉีดแบบใช้อากาศช่วยที่สร้างขึ้นจากทองเหลือง



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

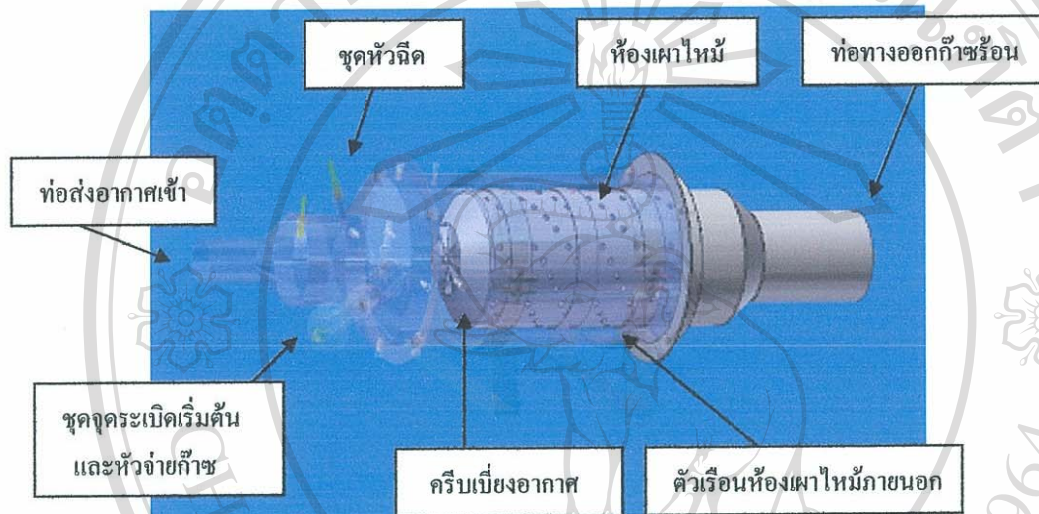
Copyright © by Chiang Mai University

All rights reserved

รูปที่ 3.19 ภาพตัดและโครงสร้างภายนอกหัวฉีด

3.14 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างห้องเผาไหม้แบบต่อเนื่อง

ในการออกแบบสร้างห้องเผาไหม้ต้องการความง่าย ไม่ยุ่งยาก และใช้วัสดุในประเทศ ดังนั้นวัสดุที่ใช้สร้างห้องเผาไหม้แบบต่อเนื่องนั้นจะใช้เหล็กแผ่นไร้สนิม (Stainless Steel) เบอร์ 304 ม้วนขึ้นรูป เพื่อป้องกันการออกซิเดชันของโลหะเมื่ออุณหภูมิในการเผาไหม้สูง และสามารถหาซื้อได้ตามร้านเหล็กทั่วไป ซึ่งห้องเผาไหม้แบบต่อเนื่องจะประกอบด้วยชิ้นส่วนภายใน ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 ชิ้นส่วนภายในของห้องเผาไหม้แบบต่อเนื่อง

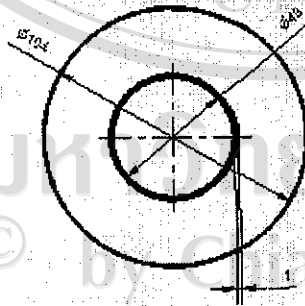
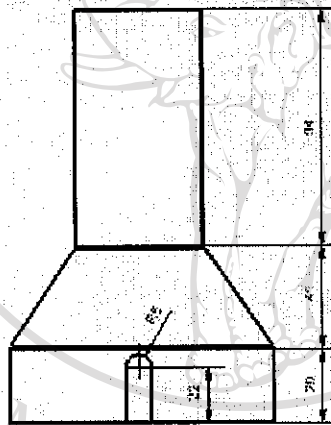


รูปที่ 3.21 โครงสร้างภายนอกของห้องเผาไหม้แบบต่อเนื่อง

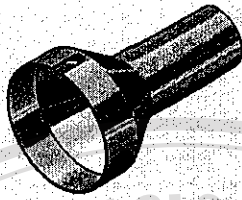
จากรูปที่ 3.21 และ 3.22 จะเห็นว่าห้องไหม้แบบต่อเนื่องจะประกอบด้วย

1. ท่อส่งอากาศเข้า
2. ชุดหัวฉีดและครีบบีบอากาศ
3. ห้องเผาไหม้
4. ตัวเรือนห้องเผาไหม้ภายนอก
5. ชุดจู่ระเบิดเริ่มต้นและหัวจ่ายก๊าซ

- ท่อส่งอากาศเข้าจะใช้เหล็กแผ่นไร้สนิมม้วนขึ้นรูปขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางปากทางออกจากเครื่องอัดอากาศ 48 มิลลิเมตร และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางปากทางเข้าชุดหัวฉีด 104 มิลลิเมตร สูง 164 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.23 และ รูปที่ 3.24

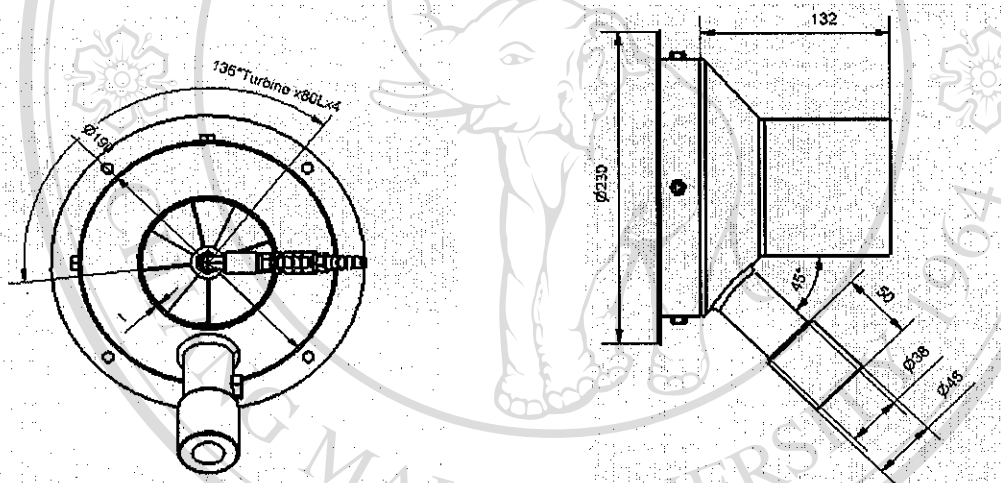


รูปที่ 3.22 ขนาดท่อส่งอากาศเข้า (หน่วยมิลลิเมตร)



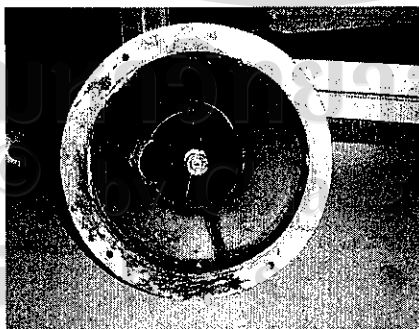
รูปที่ 3.23 โครงสร้างภายนอกท่อส่งอากาศเข้า

- ชุดหัวฉีดและครีบบี้องอากาศจะใช้เหล็กแผ่นไร้สนิมม้วนขึ้นรูปขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางปากทางทางเข้าห้องเผาไหม้ 230 มิลลิเมตร ยาว 132 มิลลิเมตร ข้างในจะเป็นจุดยึดของหัวฉีดแบบใช้อากาศช่วยกับครีบบี้องอากาศดังรูปที่ 3.24



ก. แสดงการติดตั้งหัวฉีดและครีบบี้องอากาศ

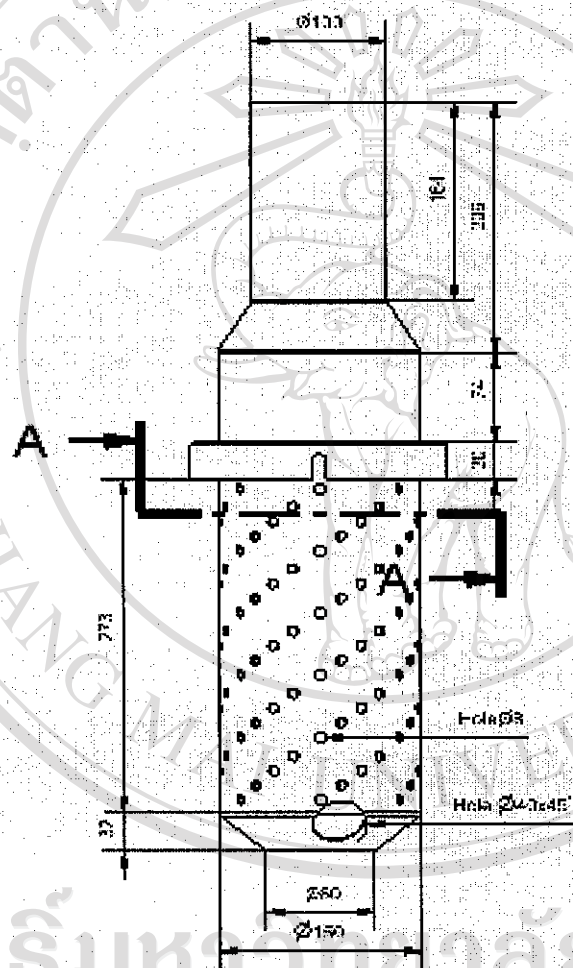
ข. แสดงขนาดภายนอกของหัวฉีด



ค. โครงสร้างภายนอกชุดหัวฉีด

รูปที่ 3.24 ชุดหัวฉีด (หน่วยมิลลิเมตร)

- ห้องเผาไหม้ วัสดุที่ใช้สร้างห้องเผาไหม้นั้น จะใช้เหล็กแผ่นไร้สนิม (Stainless Steel) เบอร์ 304 หนา 2 มิลลิเมตร มีวงจรรูป ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทางเข้าห้องเผาไหม้ 150 มิลลิเมตร ยาว 511 มิลลิเมตร และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทางออกห้องเผาไหม้ 100 มิลลิเมตร เจาะรูลักษณะเกลียวหมุนวนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร จำนวน 120 รู ระยะห่างระหว่างเกลียว 25 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 ขนาดห้องเผาไหม้ (หน่วยมิลลิเมตร)

การทดสอบ-แก้ไขห้องเผาไหม้ที่ได้ออกแบบสร้างขึ้นในขั้นต้น จะให้ทดสอบกับเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว เพราะได้ใช้เป็นเชื้อเพลิงในขั้นตอนการออกแบบขั้นต้นของทั้งหัวฉีดเชื้อเพลิงแบบใช้อากาศช่วย และห้องเผาไหม้ โดยในการทดสอบขั้นนี้ จะดูความเสถียรของการเผาไหม้และลักษณะของเปลวไฟ

- ผลการทดสอบน้ำมันดีเซลและปาล์ม ที่สภาวะคงตัว (Steady state)

ทดสอบขณะปรับวาล์วเชื้อเพลิงดีเซลเปิดเต็มที่และเปิดวาล์วอากาศเต็มที่ โดยใช้ก๊าซหุงต้มช่วยเผาไหม้ นั้น ปรากฏว่าเปลวไฟที่ได้มีสีส้มไม่เสถียรเปลวไฟไหลเลเยลยทางออกห้องเผาไหม้ และมีควันสีขาวจำนวนมากที่เกิดจากการเผาไหม้ เมื่อปิดวาล์วก๊าซหุงต้มช่วยเผาไหม้ แล้วปรากฏว่าเปลวไฟดับลง และน้ำมันปาล์มก็เช่นกัน

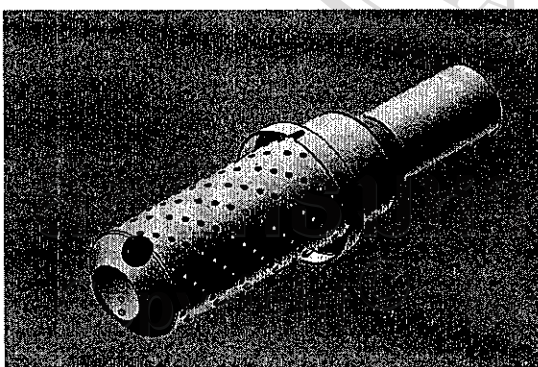
วิเคราะห์ผล – การจ่ายเชื้อเพลิงกับอากาศไม่เหมาะสมกัน ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยเกินไป

การแก้ไข – ตั้งสมมติฐานว่า จำนวนรอบในห้องเผาไหม้มีมากเกินไป จึงทำการลดจำนวนรอบลง เพื่อเพิ่มความรุนแรงให้แก่อากาศที่ผ่านเข้าสู่เขตการเผาไหม้ จะเกิดการปั่นป่วนที่รุนแรงมากยิ่งขึ้น โดยใช้ปลายแผ่นเหล็กบางมาปิดวงแหวนของรูนท่อในแบบส้อม โดยยึดสมมติฐานอีกข้อหนึ่งด้วยว่า ระยะห่างระหว่างตำแหน่งของวงแหวนแรกของรูนท่อในที่เปิดไว้กับปลายหัวฉีด มีผลต่อความเสถียรของการเผาไหม้กับทั้งคุณภาพของการผสมผสานและการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงกับอากาศ โดยเลือกปิดวงแหวนของรูดังรูปที่ ทั้งหมด 3 วง ดังนี้

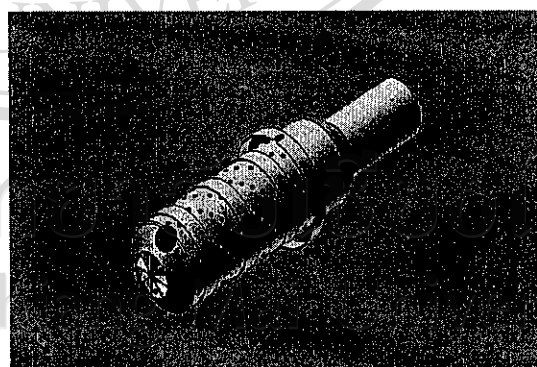
ปิดรูชุดแรก 1 วง ขนาดความกว้าง 30 มิลลิเมตร โดยเริ่มจากปากทางเข้าห้องเผาไหม้

ปิดรูชุดที่สอง 1 วง ขนาดความกว้าง 30 มิลลิเมตร โดยมีระยะห่างจากชุดแรก 30 มิลลิเมตร

ปิดรูชุดที่สาม 1 วง ขนาดความกว้าง 60 มิลลิเมตร โดยมีระยะห่างจากชุดสอง 40 มิลลิเมตร



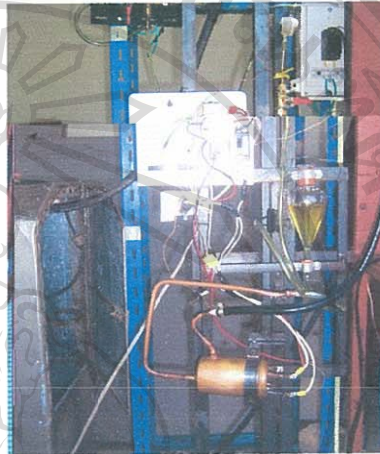
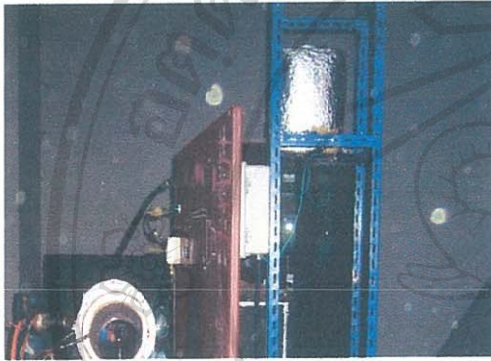
ก. แบบก่อนปรับปรุง



ข. แบบหลังปรับปรุง

รูปที่ 3.26 การแก้ไขโดยการปิดวงแหวนของรูนห้องเผาไหม้

เมื่อเปิดอากาศจากเครื่องอัดอากาศสูงสุด การเผาไหม้ดีขึ้น ไม่มีควันปรากฏออกมา นอกห้องเผาไหม้ให้เห็น ไม่ว่าจะปรับปริมาณเชื้อเพลิงกี่เซตเท่าใด แต่สำหรับปาล์มนั้นจำเป็นต้องใช้ก๊าซหุงต้มที่แรงดันคงที่ 6.8 kPa ช่วยเผาไหม้ตลอดเวลา จึงได้แบบห้องเผาไหม้ที่เหมาะสม สำหรับการจ่ายเชื้อเพลิงให้หัวฉีดแบบใช้อากาศช่วยชนิดกลักของเหลว และเพื่อเป็นการลดความหนืดของน้ำมันปาล์มจึงทำการติดตั้งฮีตเตอร์ที่ถังกักเก็บน้ำมันปาล์มซึ่งอยู่สูงจากระดับพื้น 2 เมตร และห้องประจุน้ำมันก่อนเข้าหัวฉีดซึ่งสามารถปรับลดระดับต่ำกว่าหัวฉีดได้ ดังรูปที่ 3.27



ก. แสดงการติดตั้งฮีตเตอร์ที่ถังกักเก็บน้ำมันปาล์ม ข. แสดงการติดตั้งฮีตเตอร์ที่ห้องประจุน้ำมัน

รูปที่ 3.27 การติดตั้งฮีตเตอร์ที่ถังกักเก็บน้ำมันปาล์มและที่ห้องประจุน้ำมัน

- ตัวเรือนห้องเผาไหม้ภายนอก

วัสดุที่ใช้สร้างห้องเผาไหม้นั้น จะใช้เหล็กแผ่นไร้สนิม (Stainless Steel) เบอร์ 304 หนา 2 มิลลิเมตรม้วนขึ้นรูป ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทางเข้าห้องเผาไหม้ 230 มิลลิเมตร ยาว 375 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.28



รูปที่ 3.28 ตัวเรือนห้องเผาไหม้ภายนอก

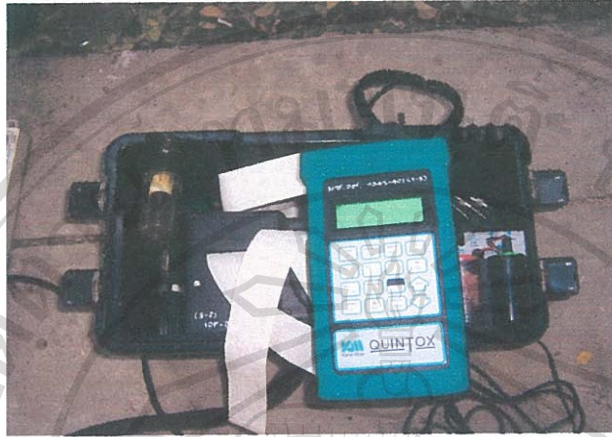
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ทำการวิจัย

1. ห้องเผาไหม้
2. เครื่องอัดอากาศแบบวงแหวน
3. หัวจ่ายก๊าซพร้อมสาย
4. ก๊าซหุงต้มขนาด 15 กิโลกรัม
5. อุปกรณ์ปรับความดันอากาศ
6. ปืนอัดอากาศพร้อมถัง
7. กระเปาะวัดปริมาตรเชื้อเพลิงขนาด 150 มิลลิลิตร
8. วาล์วปรับน้ำมันพร้อมสายน้ำมัน
9. หอดังน้ำมันสูง 2.50 เมตร
10. หลอดวัดความดันบาร์มิเตอร์
11. เครื่องวัดอุณหภูมิก๊าซร้อน
12. เครื่องวัดความเร็วอากาศ
13. นาฬิกาจับเวลา
14. เครื่องวัดความชื้นอากาศ
15. เครื่องวัดค่ามลพิษก๊าซร้อน
16. Bomb calorimeter
17. Saybolt Viscometer

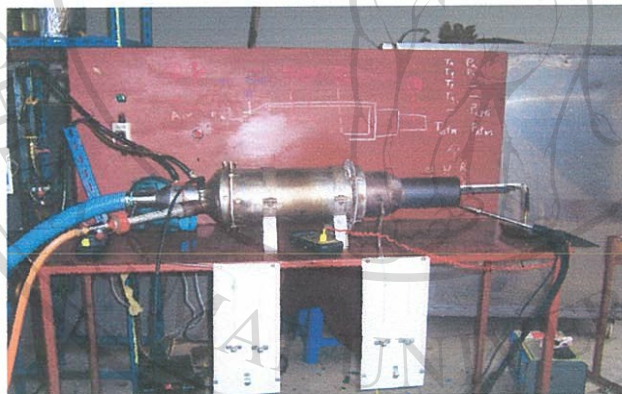


รูปที่ 3.31 เครื่องมือวัดที่ใช้ทดสอบ

จากรูปที่ 3.31 ประกอบด้วย เครื่องวัดความเร็วอากาศ เครื่องวัดความชื้นอากาศ นาฬิกาจับเวลา และเครื่องวัดอุณหภูมิก๊าซร้อน

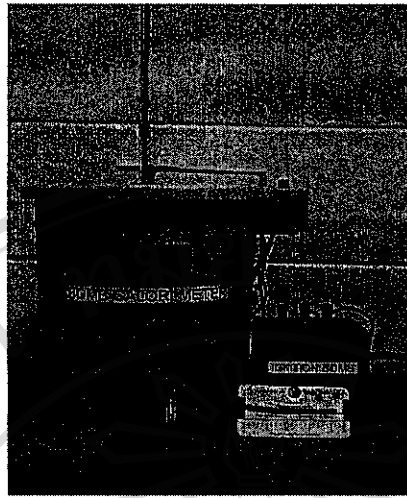


รูปที่ 3.32 เครื่องวัดค่ามลพิษก๊าซร้อน

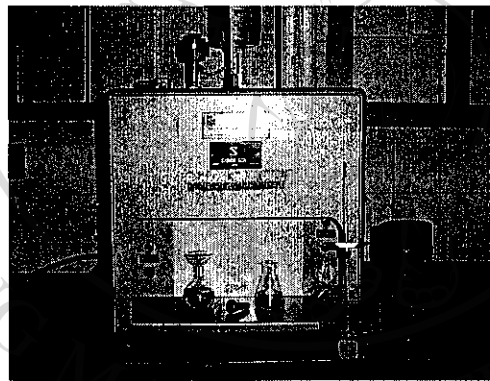


รูปที่ 3.33 ห้องเผาไหม้แบบต่อเนื่องที่ใช้ทดสอบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.34 Bomb calorimeter ที่ใช้ทดสอบ



รูปที่ 3.35 Say bolt Viscometer ที่ใช้ทดสอบ

3.3 สถานที่ใช้ทำการวิจัย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University

All rights reserved