ระบบเครื่องยนต์ก๊าซโปรดิวเซอร์จากชีวมวล

(Gas producer engine system from biomass)

ตอนที่ 1 : เตาผลิตก๊าซโปรดิวเซอร์ชนิดดาวน์ดราฟท์ (Downdraft gasifier)

นายศุภวิทย์ ลวณะสกล[1]

บทคัดย่อ:

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างระบบเครื่องยนต์ก๊าซโปรดิวเซอร์จากชีวมวล ขนาด 30 kW. โดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน ในตอนที่ 1 เป็นการสร้างเตาผลิตก๊าซโปรดิวเซอร์ชนิดดาวน์ดราฟท์ (Downdraft gasifier) และตอนที่ 2 จะเป็นการสร้างไซโคลน (Cyclone) , ตัวกรอง (Filter) , และคูลเลอร์ (Cooler) เพื่อผลิตก๊าซโปรดิวเซอร์ที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้กับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ขนาดความจุ 1,800 ซีซี.

เตาผลิตก๊าซโปรดิวเซอร์ชนิดดาวน์ดราฟท์ใช้ถ่านไม้เป็นเชื้อเพลิง ลักษณะของเตาเป็นถังทรงกระบอกแบบตั้งมีผนัง 2 ชั้น ผนังเตาชั้นนอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 cm ผนังเตาชั้นในมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 55 cm ความสูง 230 cm น้ำหนัก 330 kg ขนาดเฉลี่ยของถ่านที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงประมาณ 3 cm ถึง 5 cm ยาว 3 cm ถึง 5 cm. จากการทดสอบเผาถ่านไม้จำนวน 20 kg ที่อัตราการไหลของอากาศที่เข้าสู่ Combustion zone $7.66\times10^{-3}m^3/h$ ใช้เวลาในการเผาไหม้ 2 ชั่วโมง 15 นาที อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเฉลี่ยเท่ากับ 8.89 kg/h ผลจากการนำก๊าซโปรดิวเซอร์ที่ได้ไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบ ปรากฏว่าได้ CO 25.13 %, H_2 9.43 %, CH_4 0.08 %, N_2 58.85 % และ CO_2 4.43 % อุณหภูมิเฉลี่ย Reduction zone 410°C ได้กำลังงานความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 33.36 kW ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาผลิตก๊าซเท่ากับ 52.55 %

[1] อาจารย์ประจำสาขากลศาสตร์ของไหลและความร้อนประยุกต์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
โทร. 0 2549 3437 โทรสาร 0 25493432

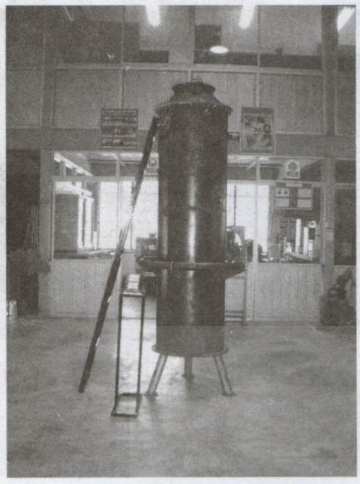
1. บทนำ

พลังงานมีบทบาทและมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำรงชีพของมนุษย์และการพัฒนา ยิ่งเทคโนโลยีที่มนุษย์คิดค้นพัฒนาขึ้นมาก้าวไกลไปเพียงใดจะทำให้เกิดความต้องการในการใช้พลังงานสูงเป็นเงาตามตัวไปด้วย ปัจจุบันปริมาณของถ่านหินน้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำมันเหลือน้อยลงตลอดจนปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมเช่น การสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศอันเป็นสาเหตุของสภาวะเรือนกระจก และทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น เป็นต้น ในขณะที่การใช้ชีวมวล เช่น ถ่าน ไม้ฟืน และวัสดุเหลือใช้จากภาคการเกษตรจะช่วยรักษาสมดุลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และเป็นแหล่งพลังงานที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก (Renewable) ชีวมวลสามารถนำไปใช้เป็นพลังงานโดยตรงและโดยการแปรรูป หากได้มีการพัฒนาการใช้ประโยชน์อย่างจริงจังและอย่างมีประสิทธิภาพก็จะเป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่มีความสำคัญมากที่สุดทางหนึ่ง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสภาวะแวดล้อม

2. องค์ประกอบของโซนในเตาผลิตก๊าซโปรดิวเซอร์ชนิดดาวน์ดราฟท์

กระบวนการในการเกิดก๊าซโปรดิวเซอร์ในเตาผลิตก๊าซสามารถแบ่งออกได้เป็นโซนต่าง ๆได้ 4 โซน ดังแสดงในรูปที่ 1 คือ

Drying zone
Pyrolysis or Distillation zone
Combustion or Hearth zone
Reduction zone



รูปที่ 1 แสดงเตาผลิตก๊าซชนิด downdraft

Downdraft gasifier ดังแสดงในรูปที่ 1 ออกแบบขึ้นมาเพื่อที่ขจัดน้ำมันดินในก๊าซโปรดิวเซอร์โดยเฉพาะ อากาศจะถูกดูดผ่านจากด้านบนลงสู่ด้านล่างโดยผ่านกลุ่มของหัวฉีด (Nozzle) บริเวณหัวฉีดจะเป็นบริเวณ Combustion zone (ในขณะที่ไหลลงสู่ด้านล่างจะไหลผ่านชั้นของคาร์บอนที่อยู่เหนือตะแกรงเล็กน้อย) ในขณะเดียวกันชั้นของชีวมวลที่อยู่ด้านบนของ Combustion zone เนื่องจากมีปริมาณของออกซิเจนน้อยมากจะเกิดการกลั่นสลาย ไอของน้ำมันดินที่เกิดจากการกลั่นสลายจะไหลผ่านชั้นของคาร์บอนที่ร้อน ทำให้น้ำมันดินเกิดการแตกตัวเป็นก๊าซ ปฏิกิริยาดูดความร้อนจะทำให้ก๊าซที่ได้มีอุณหภูมิสูงขึ้น ก๊าซที่ไหลผ่าน Combustion zone ใน Downdraft gasifier จะมีส่วนประกอบของน้ำมันดิน และน้ำมันลดลงจนเหลือน้อยกว่า 10% เมื่อเทียบกับกรณีของ Updraft gasifier และก๊าซที่ได้สะอาดกว่า ขณะเดียวกันมีปริมาณขี้เถ้าน้อยเหมาะสมกับที่จะนำไปใช้กับเครื่องยนต์สันดาปภายใน

3. หลักการออกแบบเตาผลิตก๊าซแบบ Downdraft Gasifier

กำหนดให้เครื่องยนต์ทำงานที่ความเร็วรอบ 1500 rpm อัตราการไหลของ Producer gas จะเปลี่ยนแปลงตามปริมาตรดูดของเครื่องยนต์ ดังนั้นปริมาตรดูดของเครื่องยนต์ขนาด 1800 ซี.ซี. ที่ความเร็วรอบ 1500 rpm จะอยู่ที่ประมาณ 0.022 m^3/s

พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเตาผลิตก๊าซประกอบด้วย เส้นผ่านศูนย์กลางของ throat เส้นผ่านศูนย์กลางของ fuel hopper ความสูงของ Combustion zone ความสูงของ Reduction zone ตำแหน่งของ nozzle พื้นที่หน้าตัดของ nozzle หรือความเร็วของอากาศเข้าเตา มีรายละเอียดดังนี้

1. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ throat , d_t = 10 cm ออกแบบเผื่อประมาณ 20 % = 12 cm
2. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง Fuel hopper

   กำหนดให้ d = 55 cm

   ความสูงของ Fuel hopper, h

   = 2×55 = 110 cm
3. ความสูงของ Combustion zone for small gasifier (<50 kW)

   = 3 × throat diameter

   = 3 × 12 cm = 36 cm
4. ความสูงของ Reduction zone for small gasifier (<50 kW)

ความสูงของ Reduction zone $\cong$ 3 × throat diameter

ดังนั้น ความสูงของ Reduction zone = 3 × 12 cm

= 36 cm

ออกแบบเผื่อไว้ประมาณ 4 cm เพื่อให้ CO_2 ส่วนที่ยังทำปฏิกิริยาไม่หมดได้มีช่วงเวลาในการทำปฏิกิริยาอีกเล็กน้อย เพื่อ Producer gas จะได้มีค่าความร้อนสูงขึ้น

เพราะฉะนั้น ความสูงของ Reduction zone = 40 cm

5. ระยะห่างของ nozzle กับ throat for small gasifier (<50 kW)

ระยะห่างของ nozzle กับ throat $\cong$ throat diameter

ดังนั้น ระยะห่างของ nozzle กับ throat = 12 cm

4. ประสิทธิภาพของเตาผลิตก๊าซโปรดิวเซอร์แบบ Downdraft

ประสิทธิภาพของเตาผลิตก๊าซโปรดิวเซอร์หาได้จากสมการดังนี้

$$\eta_{th} = \frac{H_g \times Q_g}{H_s \times M_s} \times 100$$

เมื่อ

η_{th} แทน ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาผลิตก๊าซ (Thermal efficiency), %

H_g แทน Heating value of gas, kJ/m^3

H_s แทน Lower heating of gasifier fuel, kJ/kg

Q_g แทน Volume flow of gas, m^3/s

M_s แทน Gasifier solid fuel consumption, kg/s

$$\eta_{th} = \frac{H_g \times Q_g}{H_s \times M_s} \times 100 = \frac{3{,}610 \times 9.24 \times 10^{-3}}{25{,}695 \times 2.47 \times 10^{-3}} \times 100 = 52.55\%$$

5. ขั้นตอนการทดสอบ

1. ใส่ถ่านไม้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3-5 cm และยาว 3-5 cm ใน Reduction zone จนเต็มถึงตำแหน่ง nozzle

2. ใช้ผ้าชุบน้ำมันดีเซลจุดไฟแล้วหย่อนลงไปทางช่องเติมเชื้อเพลิง จากนั้นปิดฝาช่องเติมเชื้อเพลิงให้แน่นแล้วปรับวาล์วให้อากาศไหลเข้า ทิ้งไว้ประมาณ 3 นาที แล้วปรับอัตราการไหลของอากาศที่ไหลเข้าให้ลดลงจนวาล์วเกือบปิดแล้วเปิดช่องเติมเชื้อเพลิงอีกครั้ง

3. ใส่ถ่านไม้ที่จัดเตรียมไว้ทางช่องป้อนเชื้อเพลิงจนเต็ม Fuel hopper ปรับวาล์วให้อากาศไหลเข้าเพิ่มจนถ่านเริ่มติดไฟโดยสังเกตจากระดับอุณหภูมิใน Combustion zone จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จากนั้นปิดฝาช่องป้อนเชื้อเพลิงจนแน่น ปรับการไหลอากาศอีกครั้งตามปริมาณที่กำหนด (7.662×10^{-3} m^3/s)

4. สังเกตการเพิ่มอุณหภูมิของ Combustion zone และ Reduction zone เมื่อการเพิ่มช้าลงหรือเริ่มจะคงที่หลังจากเวลาผ่านไปประมาณ 10 นาที ทดลองจุดไฟกับก๊าซที่ผลิตได้จากท่อปล่อยก๊าซ

5. บันทึกอุณหภูมิทุก ๆ 15 นาที พร้อมทั้งเก็บก๊าซตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบ

6. ทดลองเดินเครื่องผลิตก๊าซที่ระดับการไหลของอากาศตามข้อ 3 ระยะเวลาการทดลอง 135 นาที จึงยุติการบันทึกข้อมูลและหยุดการเดินเครื่องโดยปิดวาล์วเพื่อป้องกันอากาศเข้าเตาผลิตก๊าซ

6. ผลการทดสอบเตาผลิตก๊าซชีวมวลโดยใช้ถ่านเป็นเชื้อเพลิง

1. อุณหภูมิสูงสุดใน Combustion zone ได้เท่ากับ 330°C และอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 246°C อุณหภูมิสูงสุดใน Reduction zone เท่ากับ 480°C และค่าเฉลี่ยตลอดตลอดระยะเวลาการทดลองเท่ากับ 410°C ดูรูปที่ 2

2. อุณหภูมิใน Reduction zone จะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิใน Combustion zone ซึ่งค่อนข้างจะสวนทางกับทฤษฎี เพราะใน ทางทฤษฎีการเผาไหม้จะเกิดบริเวณรอบ ๆ หัวฉีดอากาศใน Combustion zone ความร้อนจากการเผาไหม้ทำให้มีอุณหภูมิสูงและอุณหภูมิค่อย ๆ ลดลงไปที่ Reduction zone และ Drying zone แต่เมื่อดูปริมาณของ Combustible gas ที่ออกมาผลเป็นที่น่าพอใจเนื่องจากมีปริมาณของ CO และ H_2 ในปริมาณที่ค่อนข้างสูงและคงที่ตั้งแต่ช่วงเริ่มต้นการทดลอง ดูรูปที่ 3 ส่วนค่า Higher heating value ของ Producer gas เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4 จะสังเกตเห็นว่าหลังจากการทดลองผ่านไป 30 min ค่า ณ ช่วงเวลาใด ๆ กับค่าเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่เคยทำมาก่อนก็อยู่ในเกณฑ์ที่ดีระดับหนึ่ง

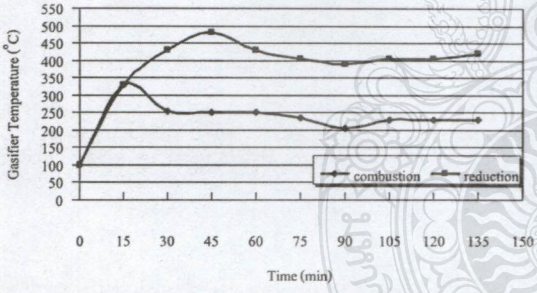
3. จากผลการทดสอบพบว่าถึงแม้อุณหภูมิใน Combustion zone ไม่สูงตามทฤษฎีแต่ปริมาณของ CO และ H_2 ที่เกิดขึ้นมีปริมาณค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณทางทฤษฎี อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แต่ว่าหากอุณหภูมิใน Combustion zone และ Reduction zone สูงขึ้นก็ยังมีโอกาสที่จะได้ CO มากกว่านี้อีก ส่วน CH_4 ปกติถ้าใช้ถ่านไม้เป็นเชื้อเพลิงจะมีค่าน้อยมากถือว่าเป็นศูนย์และจากการทดลองมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.061 % ซึ่งถือเป็นเรื่องที่ดีเพราะปกติแล้ว CH_4 จะเกิดที่สภาวะความดันสูงและอุณหภูมิต่ำ แต่ความดันในเตาผลิตก๊าซสูงกว่าบรรยากาศไม่มาก เมื่อพิจารณา

ประสิทธิภาพทางความร้อนของเตาผลิตก๊าซจะพบว่าสามารถเปลี่ยนพลังงานในเชื้อเพลิงแข็งให้เป็นเชื้อเพลิงก๊าซได้เท่ากับ 52.55 % และเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยในลักษณะเดียวกันถือว่าได้ผลอยู่ในเกณฑ์ที่ดีทีเดียว

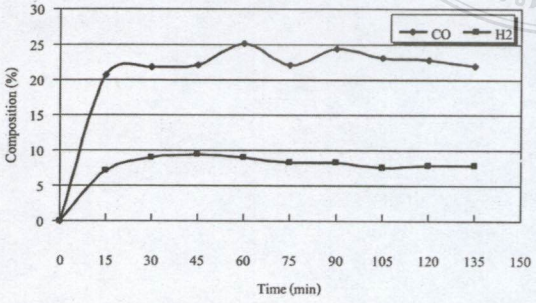
7. บทสรุป

ก๊าซโปรดิวเซอร์ที่ได้จากการทดสอบมีคุณสมบัติเพียงพอที่จะนำไปใช้กับเครื่องยนต์สันดาปภายในได้ทั้งนี้จะต้องนำก๊าซที่ได้ไปผ่านกระบวนการปรับปรุงเพื่อให้สะอาดและมีอุณหภูมิที่เหมาะสม ในตอนที่ 2 จะเป็นการสร้างชุดทำความสะอาดจะมีทั้งไซโคลน ฟิลเตอร์ และคูลเลอร์ เพื่อทำให้ก๊าซโปรดิวเซอร์ที่ได้มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้กับเครื่องยนต์สันดาปภายในยิ่งขึ้น พร้อมทั้งจะได้มีการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เพื่อหาข้อสรุปต่อการนำไปใช้ในอนาคตต่อไป

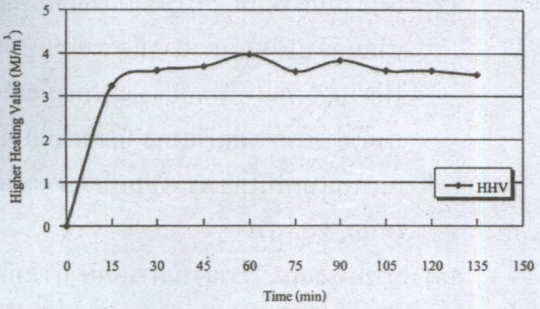
8. กราฟแสดงผลการทดสอบ



รูปที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาที่ทดสอบกับอุณหภูมิใน Combustion zone และ Reduction zone

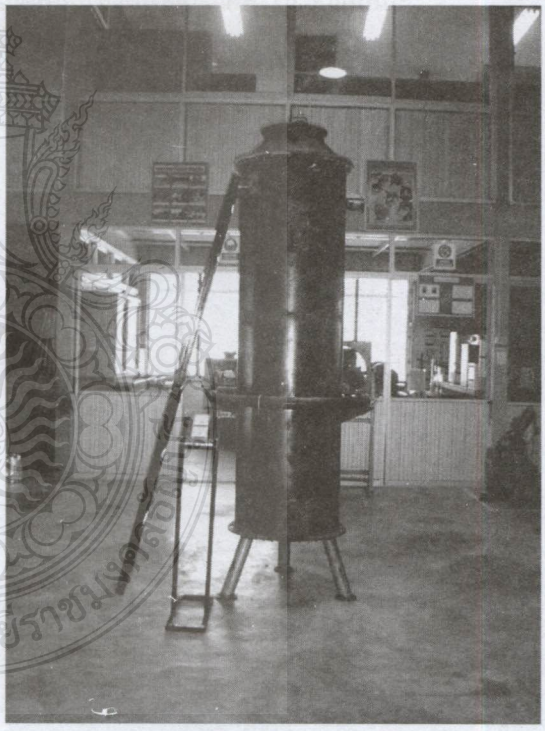


รูปที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาที่ทดสอบกับปริมาณของ CO และ H_2



รูปที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาที่ทดสอบกับ Higher heating value ของก๊าซโปรดิวเซอร์

เตาผลิตก๊าซโปรดิวเซอร์แบบดาวน์ดราฟท์ที่ใช้ในการทดสอบ



หนังสืออ้างอิง

[1] กลุ่มสร้างประกอบต้นแบบ, "ผลการทดสอบผลิตแก๊สชีวมวลจากถ่านแกลบอัดแท่ง," ปทุมธานี : ศูนย์ทดลองวิชาการด้านพลังงานธรรมชาติและเชื้อเพลิงพลังงาน, ม.ป.ป.

[2] เดโช จันทร์หอม, "การผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากแกลบโดยใช้เตาดาวน์ดราฟท์แบบมีใบกวน," วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2536

[3] ทวีป พลเสน, "รายงานการศึกษาการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากมันสำปะหลังเพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้า" กรุงเทพฯ : ส่วนค้นคว้าและพัฒนาด้านพลังงาน สำนักศึกษาค้นคว้าและพัฒนาพลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, ม.ป.ป.

[4] โครงการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อชนบทและการพัฒนาที่ยั่งยืน สำนักพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, ระบบเครื่องยนต์ก๊าซโปรดิวเซอร์จากชีวมวล, กรุงเทพฯ , 2544

ประวัติผู้เขียนบทความ

นายศุภวิทย์ ลวณะสกล

ตำแหน่ง อาจารย์ 2 ระดับ 7

การศึกษา ปี 2525 ปริญญาตรี วศ.บ. เครื่องกล , สจพ.

ปี 2540 ปริญญาโท คอ.ม. เครื่องกล , สจพ.

ฝึกอบรม ปี 2535 หลักสูตร Automated Manufacturing System ระยะเวลา 8 เดือน ที่ Oklahoma State University - Okmulgee , USA.

งานวิจัยที่สนใจ - Solar Radiation Measurement
- Solar Energy
- Appropriate Technology