

## การดูเปลวไฟของการเผาไหม้เบนซินผสมเอทานอลด้วยวิธีชวรีเรน Visualization of Combustion Flame of Gasoline Blended with Ethanol by Schlieren Method

จินดา เจริญพรพาณิชย์ \* ประทาน ศรีชัย และ พงษ์ศักดิ์ คำมูล

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
เลขที่ 3 หมู่ 2 ถนน จลองกรุง แขวง ลำปลาทิว เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520  
\*อีเมลล์ kchchind@kmitl.ac.th

### **บทคัดย่อ**

ในงานวิจัยนี้ได้สร้างห้องเผาไหม้จำลองด้วยวัสดุใสมีปริมาตรภายใน  $320 \text{ cm}^3$  เพื่อจำลองการเผาไหม้ของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ ในช่วงการเผาไหม้แบบลาร์มินาร์ แล้วบันทึกภาพการลามของเปลวไฟด้วยเทคนิคชวรีเรนประกอบด้วยกล้องถ่ายภาพวิดีโอความเร็วสูงในการเปรียบเทียบ ช่วงเวลาในการเผาไหม้ ใช้เชื้อเพลิงเบนซิน (E0) เอทานอล (E100) และเบนซินผสมเอทานอลในอัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์ (E20) และ 85 เปอร์เซ็นต์ (E85) โดยมีการคำนวณควบคุมอัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 0.8 1 1.2 และ 1.4 ความดันเกจเริ่มต้นในการเผาไหม้ 0.98 บาร์ อุณหภูมิเริ่มต้นในการเผาไหม้ 450 องศาเซลเซียส จากผลการทดลองพบว่าการเผาไหม้ของเอทานอลมีผลของเส้นผ่านศูนย์กลาง เปลวไฟที่ช่วงเวลาหลังจากการเผาไหม้ 6 ms การเผาไหม้ ของเอทานอลเส้นผ่านศูนย์กลางของเปลวไฟมีมากกว่าเชื้อเพลิง E85 (0.1335 cm ) E20 (0.2147cm) E0 (0.5995cm) ตามลำดับ เมื่อปรับค่าอัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 0.8 ทำให้ช่วงเวลาในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงทั้งหมดล่าช้าที่สุด และเมื่อเพิ่มอัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 1 ทำให้ช่วงเวลาในการเผาไหม้เร็วที่สุด ต่อมาเมื่อเพิ่มอัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 1.2 และ 1.4 ทำให้ช่วงเวลาการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นจากการสังเกตพบว่าเอทานอลมีช่วงเวลาในการเผาไหม้ที่เร็วที่สุด ซึ่งผลการปรับค่าอัตราส่วนสมมูลดังกล่าวทำให้การเผาไหม้ของการใช้เชื้อเพลิงพลังงานทางเลือกกับเครื่องยนต์ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

**คำหลัก:** ห้องเผาไหม้, เทคนิคการถ่ายภาพแบบชวรีเรน, เปลวไฟ, เอทานอล, พลังงานทางเลือก

### **Abstract**

A constant volume combustion chamber with transparent quartz windows was used to simulate combustion in an SI engine. Images of flame propagation were recorded by high speed video camera. In order to visualize the flame propagation clearly, the schlieren technique was adopted. The flame speed of gasoline, E20, E85 and neat ethanol were examined. The effect of equivalence ratio of mixture was examined as well. Initial pressure and temperature of combustion was controlled. As the results, at

equivalence ratio 1, diameter of ethanol flame area is larger than that of E85 (0.1335 cm) , E20 (0.2147cm) E0 (0.5995cm) respect At equivalence ratio 0.8, the flame speed is slower. The combustion duration of mixture of equivalence ratio 1.0 is also shorter than that of equivalence ratio 1.2 and 1.4 .The greater flame speed of ethanol flame effects to shorter combustion duration and greater performance and efficiency. The consumer will get the maximum benefit of using ethanol as a renewable energy by optimizing the combustion.

**Key word** : Combustion chamber , Schlieren technique, Flame ,Ethanol , Renewable Energy .

## 1. บทนำ

ในการที่ประเทศไทยจะเริ่มใช้รถยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง ดังนั้นเครื่องยนต์จึงจำเป็นต้องสามารถใช้งานกับเชื้อเพลิงผสมระหว่างที่สัดส่วนเอทานอลและเบนซินต่างกันได้ ซึ่งความรู้ความเข้าใจในคุณลักษณะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงผสมระหว่าง เอทานอลและเบนซิน จะเป็นประโยชน์ต่อการดัดแปลงรถยนต์เก่า หรือพัฒนาปรับปรุงรถยนต์ให้เป็นใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง ให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น จึงเป็นจุดประสงค์ในการทำวิจัยนี้เพื่อเป็นการ ศึกษาการปรับค่าอัตราส่วนผสมเพื่อเปรียบเทียบ ภาพถ่ายการลามของเปลวไฟของเชื้อเพลิงเอทานอลเบนซินผสมเอทานอล และเอทานอล เพื่อเป็นข้อมูลปรับปรุงเครื่องยนต์เบนซินที่ใช้เอทานอลเป็นพลังงานทางเลือกต่อไป การสร้างห้องเผาไหม้ปริมาตรคงที่ขึ้นนี้เพื่อจำลองการเผาไหม้ของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน โดยจำลองขณะลูกสูบอยู่ตำแหน่งศูนย์ตายบน ซึ่งลักษณะของห้องเผาไหม้หน้าตัดทรงกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 80 มิลลิเมตรซึ่งเส้นผ่านศูนย์กลางคล้ายหน้าตัดห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์จริง มีปริมาตรภายใน 320 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากนั้นเพื่อให้เห็น การลามของเปลวไฟภายในห้องเผาไหม้จึงเลือกใช้วัสดุโปร่งใส และทนความดัน ได้แก่ ควอทซ์เพื่อทำการประกบปิดทั้งสองด้านของห้องเผาไหม้ ทำให้มองเห็นเปลวไฟ แล้วทำการบันทึกภาพการลามของเปลวไฟ ที่อัตราส่วนผสมและ อัตราส่วนผสมเบนซินกับเอทานอลต่างกัน จากการ สํารวจวิจัยที่ผ่านมาพบว่า

งานวิจัยของ [1] ได้มีการทดลองคุณลักษณะในการเผาไหม้ในช่วงสตาร์ทเย็นในห้องเผาไหม้ปริมาตรคงที่ เพื่อหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในเริ่มติดเครื่องยนต์ของเอทานอลเปรียบเทียบกับเบนซิน แต่ยังไม่ได้ทดสอบที่สภาวะอ้างอิงกับเครื่องยนต์จริง ซึ่งในงานวิจัยนี้มีข้อแตกต่างคือใช้ค่าอุณหภูมิอ้างอิงกับเครื่องยนต์จริง และใช้เชื้อเพลิงเบนซินผสมเอทานอลที่มีหลายอัตราส่วน เพราะการเผาไหม้เป็นกระบวนการเริ่มต้นในการทำงานของเครื่องยนต์ที่มีผลกับความดันสูงสุดในการเผาไหม้ ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนการเผาไหม้ซึ่งค่าดังกล่าวส่งผลต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ และค่ามลพิษ [2]

## 2. ทฤษฎีและการคำนวณ

ในการทดลองจำเป็นต้องมีการปรับค่าอัตราส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศโดยการคำนวณปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงก่อนที่จะตั้งช่วงเวลาการฉีดของเชื้อเพลิงที่จะป้อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้ ซึ่งใช้สมการก๊าซอุดมคติในการวัดมวลของอากาศเพื่อให้กำหนดค่ามวลของเชื้อเพลิง

### 2.1 การควบคุมอัตราส่วนระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศทางทฤษฎีก่อนทำการเผาไหม้

การควบคุมอัตราส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศให้เป็นไปตามทางทฤษฎีในการเผาไหม้นั้นจำเป็นต้องทราบมวลของอากาศเพื่อกำหนดค่าของมวลของเชื้อเพลิงอากาศตามค่าอัตราส่วนผสมก่อนที่ป้อนเข้าห้องเผาไหม้ โดยที่มวลของอากาศสามารถหาได้จาก สมการที่ (1)

$$m_a = \frac{PV}{R_g T_u} \quad (1)$$

โดยที่

$P$  คือ ความดันเริ่มต้นในการเผาไหม้

$V$  คือ ปริมาตรของห้องเผาไหม้

$R_g$  คือ ค่าจุความร้อนจำเพาะของอากาศ

$T_u$  คือ อุณหภูมิเริ่มต้นในการเผาไหม้

จากนั้นสามารถหาค่าอัตราส่วนสมมูล [3] ของเชื้อเพลิงกับอากาศได้จากสมการที่ (2)

$$\phi = \frac{(m_f / m_a)_{actual}}{(m_f / m_a)_{theory}} \quad (2)$$

โดยที่

$(m_f / m_a)_{actual}$  คือ ส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศจริง

$(m_f / m_a)_{theory}$  คือ ส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศตามทฤษฎี

### 3. อุปกรณ์การทดลองและวิธีการทดลอง

ในการทดลองวัดการลามของเปลวไฟนั้นได้มีการสร้างห้องเผาไหม้แล้วอุปกรณ์ดังรูปที่ 2 และการจัดอุปกรณ์ในการบันทึกภาพดังรูปที่ 3

#### 3.1 เชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของเอทานอลเปรียบเทียบกับ

คุณสมบัติ	เบนซิน (E0)	เอทานอล (E100)
สูตรทางเคมี	$C_{8.26}H_{15}$	$C_2H_5OH$
โมลโมเลกุล	114.8	46.07
เปอร์เซ็นต์ออกซิเจน (wt%)	-	3.48
ค่าความดันไอ (kPa)	55-103	16
ค่าพลังงานความร้อน (kJ/kg)	44,000	26,900
ค่าความร้อนแฝงการกลายเป็นไอ (kJ/kg)	305	840
อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงกับอากาศ	14.6	9

เบนซิน [6]

ในการทดลองนี้ใช้เชื้อเพลิงเอทานอลเปรียบเทียบกับเบนซิน ซึ่งคุณสมบัติของเอทานอลเปรียบเทียบกับเบนซินแสดงไว้ดังตารางที่ 1

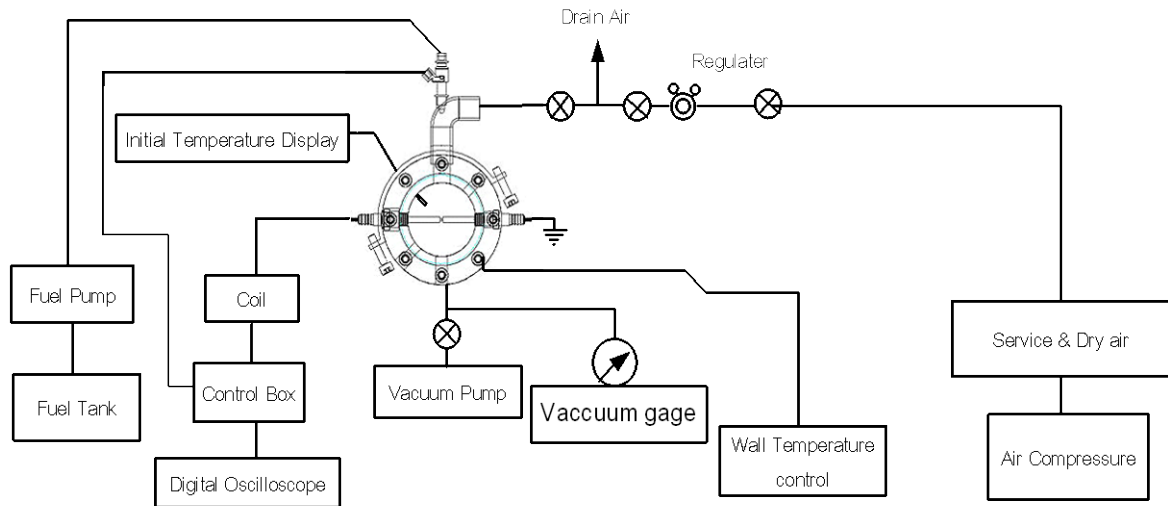
จากตารางที่ 1 เป็นการเปรียบเทียบคุณสมบัติของเชื้อเพลิง จะเห็นว่าเอทานอลจะมีค่าของออกซิเจนผสมอยู่ที่ 3.48 โดย wt% ซึ่งมากกว่าเบนซิน รวมไปถึง ค่าความร้อนแฝงการกลายเป็นไอซึ่งค่านี้จะมีผลต่อการดูดความร้อนภายในห้องเผาไหม้เป็นผลทำให้ปริมาตรดูดอากาศของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลมีมากกว่าเบนซิน ตลอดจน ค่าพลังงานความร้อน ของเอทานอลที่น้อยกว่าเบนซินซึ่งค่าดังกล่าวส่งผลต่อพลังงานที่ได้จากการเผาไหม้ ดังนั้นจึงต้องมีการเพิ่มค่าปริมาณการฉีดของเอทานอลให้มีความปริมาณมากกว่าเบนซิน เพื่อชดเชยค่าพลังงานความร้อนของเอทานอลที่มีค่าน้อยกว่า

#### 3.2 หลักการทำงานของอุปกรณ์การทดลอง

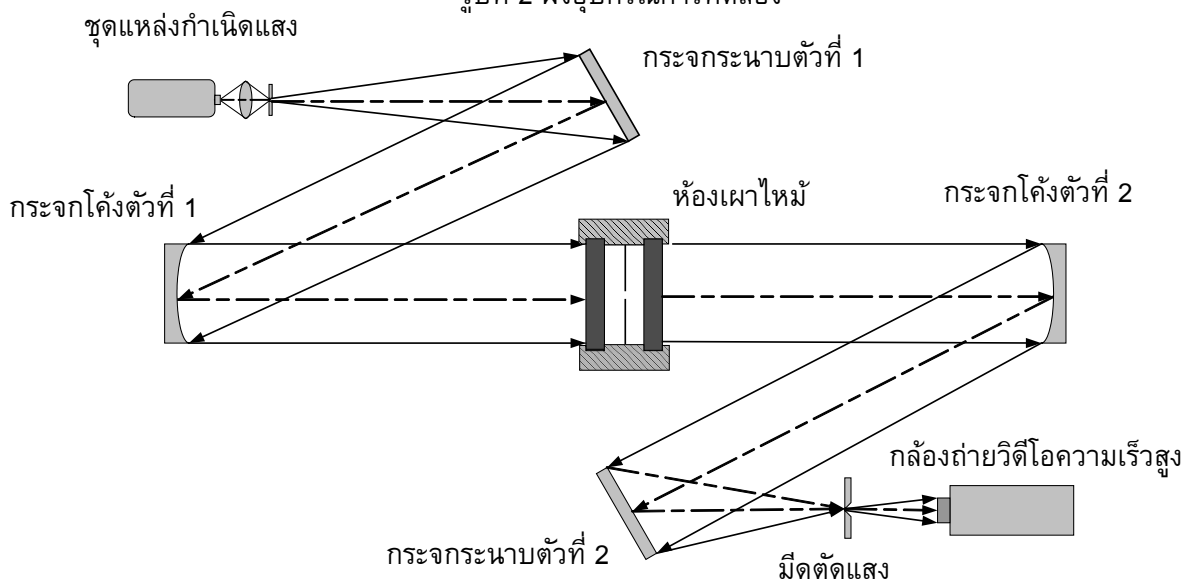
เริ่มจากตั้งเวลาการฉีดของเชื้อเพลิง ถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ (Controller Box) โดยการวัดช่วงเวลาในการฉีดด้วยออสซิลอสโคป จากนั้นไอดีถูกผสมแล้วป้อนเข้าห้องเผาไหม้โดยการอาศัยการดันของอากาศจากปั๊มลมผ่านเรกูเลเตอร์ (Regulator) เข้าสู่ห้องเผาไหม้เพื่อให้ความดันเกจตันในการเผาไหม้  $P_{int}$  เท่ากับ 0.98 บาร์ ส่วนการให้ความร้อน กับห้องเผาไหม้ด้วยฮีตเตอร์ขนาด 1300 วัตต์ เพื่อให้อุณหภูมิของผนังห้องเผาไหม้เท่ากับ 458 องศาเซลเซียส [5] และอุณหภูมิเริ่มต้นของอากาศในการเผาไหม้  $T_{int}$  เท่ากับ 450 องศาเซลเซียส จากนั้นส่วนผสมของไอดีจะถูกส่งเข้าห้องเผาไหม้ แล้วทำการปิดวาล์ว จ่ายเชื้อเพลิง ตัวบนและวาล์วตัวล่าง แล้วทำการจุดประกายไฟ โดยระยะห่างระหว่างแกนหัวเทียนเท่ากับ 1.5 มิลลิเมตรเพื่อให้เกิดการปฏิกิริยาการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง เพื่อให้เกิดการลามของเปลวไฟนั้นจึงได้ทำการบันทึกภาพด้วยกล้องถ่ายภาพล้องวิดีโอความเร็วสูงประกอบด้วยเทคนิคการถ่ายภาพแบบซูร์เรน ซึ่งเทคนิคนี้

สามารถเห็นความแตกต่างของความหนาแน่นของเปลวไฟและได้ตำแหน่งของที่เกิดปฏิกิริยาในการเผาไหม้ได้ถูกต้อง ซึ่งการถ่ายภาพโดยตรงจากทางด้านหน้าของห้องเผาไหม้ [4] ที่สามารถบันทึกรูปร่างและขนาดของเปลวไฟของ ในช่วง บริเวณที่สว่าง (luminous zone) เนื่องการแผ่รังสีจากอนุภาคร้อนหรือแก๊สร้อนเพื่อหาพื้นที่เปลวไฟจากบริเวณสว่างนั้นได้ พื้นที่เปลวไฟที่จำเป็นเพื่อหาค่าความเร็วของเปลวไฟที่แม่นยำถูกต้องคือพื้นที่เปลวไฟที่ต้องอยู่ใกล้มากอย่างไรก็ตามพื้นที่เปลวไฟจาก

บริเวณสว่างนี้มีค่ามากเกินไปส่วนสว่างของเปลวไฟ การถ่ายภาพเปลวไฟโดยตรงแม้ว่าค่าจะไม่แม่นยำมากนักแต่ก็เป็นวิธีที่ง่าย ที่เห็น เปลวไฟ (Post flame) ห่างจากส่วนผสมที่ไม่มากเกินไป ซึ่งขัดแย้งกับนิยามของค่าความเร็วของเปลวไฟที่ว่าเป็นค่าความเร็วสัมผัสของเปลวไฟเมื่อเทียบส่วนผสมที่ยังไม่เผาไหม้ ซึ่งวิธีซูริเรนนี้สามารถแก้ปัญหาส่วนสว่างนี้ได้ โดยหลักการถ่ายภาพถ่ายด้วยวิธีซูริเรนอาศัยหลักการของความหนาแน่นผ่านตัวกลางต่างสถานะกันจึงทำให้เห็นเปลวไฟในตำแหน่งที่ถูกต้อง



รูปที่ 2 ผังอุปกรณ์การทดลอง

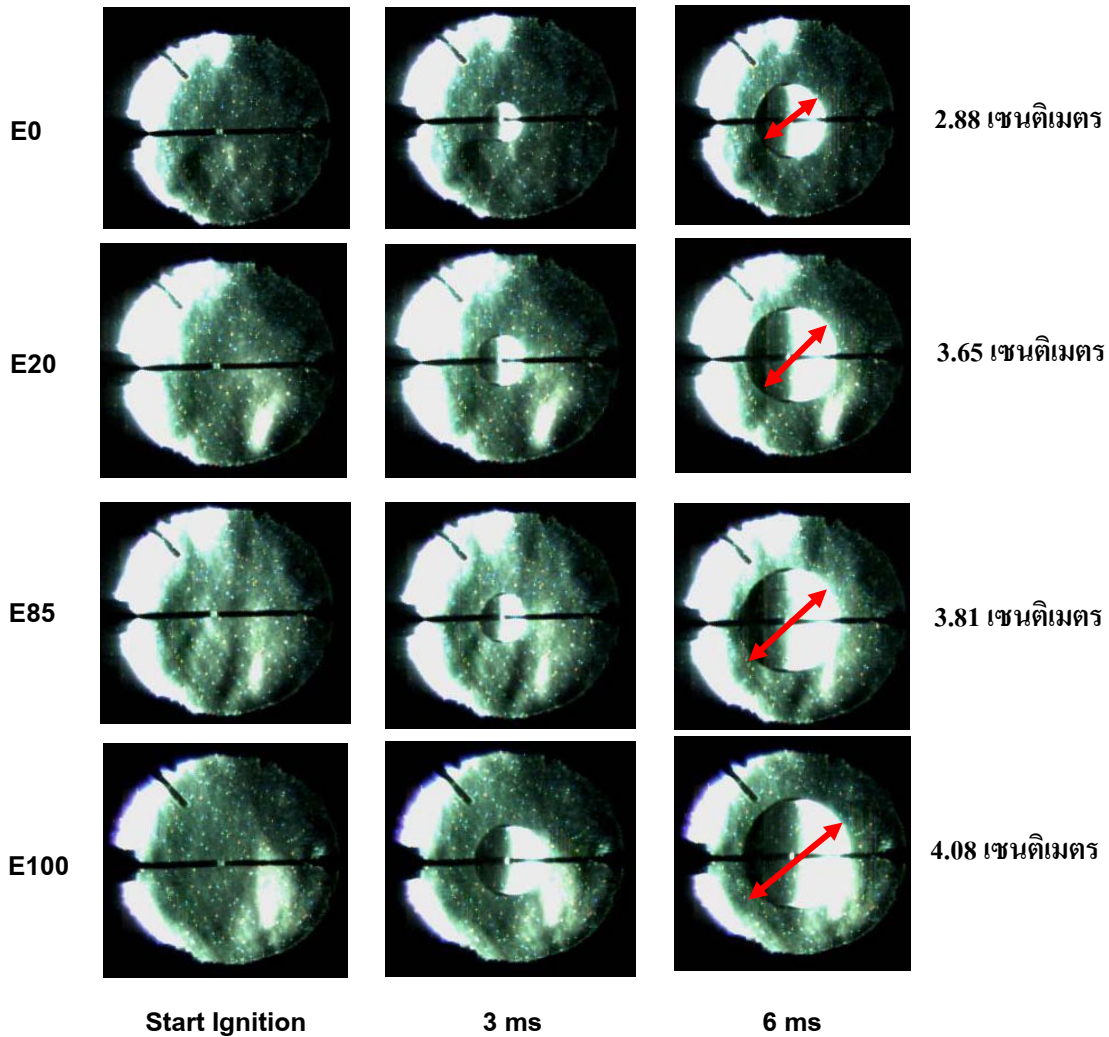


รูปที่ 3 ผังอุปกรณ์ถ่ายภาพแบบซูริเรน

จากรูปที่ 3 แสดงถึงการติดตั้งอุปกรณ์ในการทดลอง ซึ่งแหล่งกำเนิดแสงที่ใช้เป็นหลอดไฟซีนอนขนาด ความเข้มแสง 6000 K ถูกส่งเข้าหาชุดเลนส์ควบ แสงผ่านชุดตัดแสงจากนั้นลำแสงถูกส่งไปกระทบ กับกระจกหน้าตัวที่ 1 เพื่อเป็นการลดระยะของจุด โฟกัสทำให้แล้วสะท้อนแสงไปกระทบกับกระจกโค้ง

บานที่ 1 แล้วผ่านชุดทดสอบซึ่งเป็นห้องเผาไหม้ แล้วสะท้อนไปยังกระจกหน้าและกระจกโค้งตัวที่ 2 จากนั้นลำแสงจะถูกส่งไปตัดแสงส่วนเกินออกที่ ชุดไบมีดตัดแสงแล้วส่งไปบันทึกด้วยกล้องถ่ายภาพ ความเร็วสูง

**4.ผลการทดลอง**

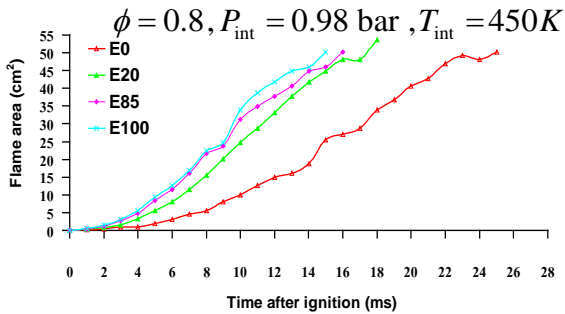


รูปที่ 4 ภาพลำดับการลามของเปลวไฟด้วยเทคนิคซูร์เร็นร่วมกับกล้องวิดีโอความเร็วสูง ใช้ความเร็วในการ ถ่าย 10,000 frame/sec ที่เงื่อนไขความดันเกจในการเริ่มต้น 0.98 บาร์ อุณหภูมิเริ่มต้นในสภาวะก่อนการ เผาไหม้ 450 องศาเซลเซียส อัตราส่วนผสมมูลเท่ากับ 1

จากภาพวิดีโอการลาม ของเปลวไฟ ในแต่ละ เชื้อเพลิง รูปที่ 4 ภาพการ ลามของเปลวไฟมี ลักษณะเป็นวงกลมจึงสามารถวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง เพื่อคำนวณหาพื้นที่การลามของเปลวไฟใน

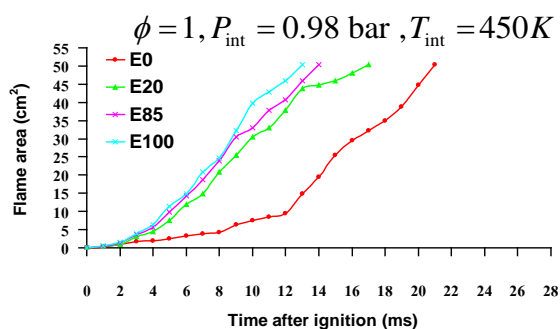
ห้องเผาไหม้ด้วย โปรแกรม Motic Plus ตัวอย่าง การวัดเส้นผ่านศูนย์กลางการลามของเปลวที่ 6 ms หลังจากการเผาไหม้ E 100 มีค่ามากที่สุดที่เส้นผ่าน ศูนย์กลาง 4.08 เซนติเมตร รองลงไปเป็น E85 เส้น ผ่านศูนย์กลาง 3.81 เซนติเมตร E20 เส้นผ่าน

ศูนย์กลาง 3.65 เซนติเมตร และ E0 เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.88 เซนติเมตร ตามลำดับ จากนั้นได้นำค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของเปลวไฟคำนวณหาพื้นที่การลามของเปลวไฟในแต่ละผลของอัตราส่วนสมมูล การปรับค่าอัตราส่วนสมมูลโดยการเพิ่มมวลของเชื้อเพลิงก่อนทำการป้อนเข้าห้องเผาไหม้นั้นมีผลต่อพื้นที่การลามของเปลวไฟ ดังนี้



รูปที่ 5 ผลของส่วนผสมเชื้อเพลิงต่อพื้นที่การลามของเปลวไฟที่เวลาในการเผาไหม้ ณ อัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 0.8

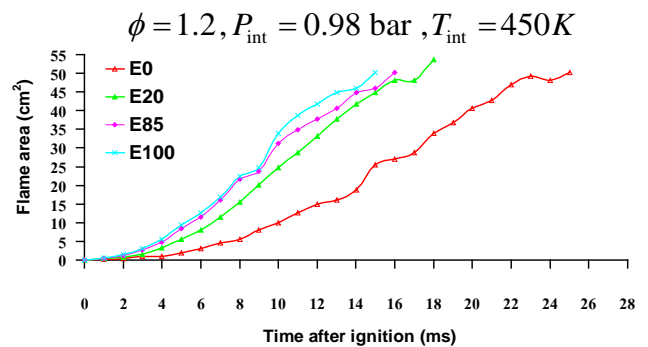
จากรูปที่ 5 พบว่าพื้นที่การลามของเอทานอล E100 มีเวลาในการเผาไหม้ที่ 15 ms และมีเชื้อเพลิงที่มีการเผาไหม้ที่ช้ากว่าดังนี้ E85 ช่วงเวลาในการเผาไหม้ช้ากว่า 1 ms และ E20 ช่วงเวลาในการเผาไหม้ช้ากว่า 3 ms และ E0 ช่วงเวลาในการเผาไหม้ช้ากว่า 10 ms ซึ่งจากการสังเกตว่าเอทานอลจะมีค่าพื้นที่ในการลาม ของเปลวไฟ ที่เวลาการเผาไหม้มากกว่าเชื้อเพลิงเบนซินผสมเอทานอลและเบนซิน



รูปที่ 6 ผลของส่วนผสมเชื้อเพลิงต่อพื้นที่การลามของเปลวไฟที่เวลาในการเผาไหม้ ณ อัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 1

จากรูปที่ 6 ผลของพื้นที่การลามของเปลวไฟ โดยปรับเงื่อนไขในการทดลองเริ่มต้นได้แก่ ค่า

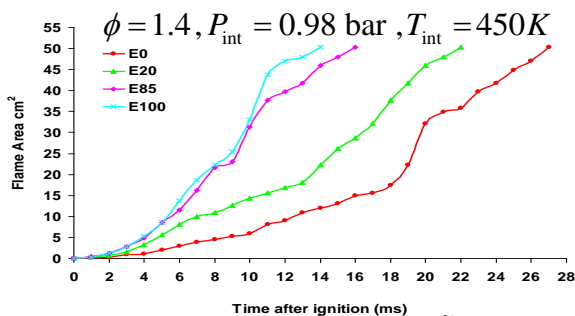
อัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 1 ส่วนค่าความดันในการเริ่มต้นการเผาไหม้และอุณหภูมิเริ่มต้นในสภาวะเผาไหม้เท่ากับกรณีอัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 0.8 พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนสมมูลขึ้นเป็นผลทำให้ค่าช่วงเวลาในการเผาไหม้โดยรวมของเชื้อเพลิงทั้งหมดลดลงนั้นแสดงว่าเวลาในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเร็วขึ้น แต่เมื่อสังเกตต่อไปพบว่าพื้นที่ในการลามของเปลวไฟของเอทานอล E100 มีช่วงเวลาในการเผาไหม้ที่เร็วที่สุดที่ 13 ms และเชื้อเพลิงอื่นมีช่วงเวลาในการเผาไหม้ที่ช้ากว่าดังนี้ E85 มีการเผาไหม้ที่ช้ากว่า 1 ms E20 มีการเผาไหม้ที่ช้ากว่า 4 ms และเบนซิน E0 มีการเผาไหม้ที่ช้ากว่า 8 ms จากการสังเกตพื้นที่การลามของเปลวไฟพบว่าพื้นที่ในการลามของเปลวไฟของเอทานอลมีช่วงเวลาในการเผาไหม้ที่เร็วกว่าเบนซินผสมเอทานอลและเบนซินตามลำดับ



รูปที่ 7 ผลของส่วนผสมเชื้อเพลิงต่อพื้นที่การลามของเปลวไฟที่เวลาในการเผาไหม้ ณ อัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 1.2

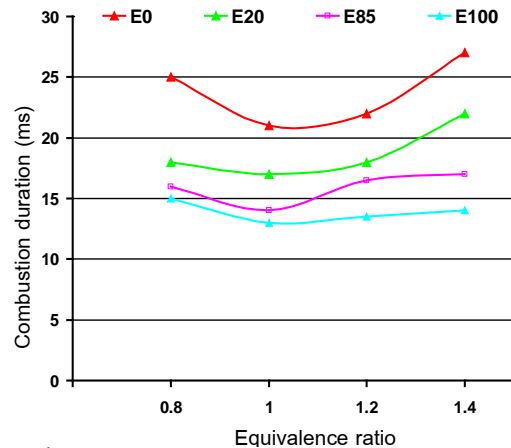
จากรูปที่ 7 ผลของพื้นที่การลามของเปลวไฟโดยปรับเงื่อนไขในการทดลองเริ่มต้นเท่ากับค่าอัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 0.8 และ 1 พบว่าช่วงเวลาในการลามของเปลวไฟมีค่ามากกว่ากรณีที่อัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 1 และ 0.8 ตามลำดับ ซึ่งช่วงเวลาในการลามของเปลวไฟของเอทานอล E100 เร็วที่สุด 13.5 ms และเชื้อเพลิงที่มีการเผาไหม้ที่ช้ากว่าดังนี้ E85 มีช่วงเวลาในการเผาไหม้ที่ช้ากว่า 2 ms และ E20 มีช่วงเวลาในการเผาไหม้ที่ช้ากว่า 4.5 ms ช่วงเวลาในการเผาไหม้ที่ช้าที่สุดคือ E0 มีช่วงเวลาในการเผาไหม้ที่ช้ากว่า 8.5 ms

สังเกตได้ว่าช่วงเวลาในการเผาไหม้ในแต่ละเชื้อเพลิงมีค่าช่วงเวลาในการเผาไหม้ที่ช้าลงกว่ากรณีค่าอัตราส่วนสมมูล 1 และ 0.8 ตามลำดับ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของมวลเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้นเป็นผลทำให้ค่าการลามของเปลวไฟที่ช้าลง และสังเกตต่อไปว่าเชื้อเพลิงเอทานอล E100 และ E85 จะมีพื้นที่ในการเผาไหม้ที่เท่าใกล้เคียงกันในช่วงเริ่มการเผาไหม้จนถึงเวลาที่ 5 ms แต่หลังจากช่วงเวลานี้แล้วพื้นที่ในการลามของเปลวไฟของ E100 มีพื้นที่ในการลามของเปลวไฟที่มากกว่า E 85 ตลอดจนการสิ้นสุดการเผาไหม้



รูปที่ 8 ผลของส่วนผสมเชื้อเพลิงต่อพื้นที่การลามของเปลวไฟที่เวลาในการเผาไหม้ ณ อัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 1.4

จากรูปที่ 8 ผลของพื้นที่การลามของเปลวไฟโดยปรับเงื่อนไขในการทดลองเริ่มต้นได้แก่ ค่าความดันเกจเริ่มต้นในการเผาไหม้ อุณหภูมิเริ่มต้นในก่อนสภาวะเผาไหม้ ที่อัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 0.8 1 และ 1.2 พบว่าแนวโน้มของช่วงเวลาในการเผาไหม้มีค่ามากกว่ากรณีค่าอัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 1.2 ทั้งนี้เพราะปริมาณในการจ่ายเชื้อเพลิงเพิ่มมากขึ้นเป็นการเผาไหม้อยู่ในช่วงหนา ทำให้เวลาในการเผาไหม้ของเปลวไฟที่ช้าลงและสังเกตต่อไปพบว่าพื้นที่ในการลามของเปลวไฟของเชื้อเพลิง E100 มีช่วงเวลาในการเผาไหม้เร็วที่ 14 ms และเชื้อเพลิงที่มีช่วงเวลาในการเผาไหม้รองลงมาได้แก่ E85 มีช่วงเวลาช้ากว่า 2 ms E20 มีช่วงเวลาในการเผาไหม้ที่ช้ากว่า 8 ms และเวลาในการเผาไหม้ของ E0 มีช่วงเวลาในการเผาไหม้ที่ช้ากว่า 13 ms



รูปที่ 9 เปรียบเทียบช่วงเวลาในการเผาไหม้กับอัตราส่วนสมมูลและเชื้อเพลิงต่างกัน

จากรูปที่ 9 ช่วงเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงทั้งหมดในการทดลองพบว่า ที่อัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 0.8 เบนซิน E100 มีช่วงเวลาในการเผาไหม้เร็วที่สุด รองลงมาเป็น E85 และ E20 และ E0 ตามลำดับ ซึ่งสังเกตได้ว่าเมื่ออัตราส่วนสมมูลของเชื้อเพลิงกับอากาศอยู่ในช่วงอัตราส่วนผสมบางนั้นช่วงเวลาในการเผาไหม้ของเอทานอลยังมีการเผาไหม้ที่รวดเร็วกว่าเชื้อเพลิงเบนซินและเบนซินผสมเอทานอล เมื่อเพิ่มอัตราส่วนสมมูลของเชื้อเพลิงกับอากาศมาเป็น 1 พบว่าเวลาในการเผาไหม้โดยรวมของเชื้อเพลิงมีช่วงเวลาในการเผาไหม้ที่ลดลงมากกว่ากรณีค่าอัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 0.8 และสามารถสังเกตได้ว่าเอทานอลนั้นช่วงเวลาในการเผาไหม้ที่เร็วที่สุด รองลงมาเป็น E85 E20 และ E0 ตามลำดับ เมื่อเพิ่มอัตราส่วนสมมูลเป็น 1.2 พบว่าช่วงเวลาในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงโดยรวมจะมีค่าสูงขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับค่าอัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 1 เอทานอล E100 ยังมีช่วงเวลาในการเผาไหม้ที่เร็วกว่า E85 E20 และเบนซิน E0 ตามลำดับ และเมื่อเพิ่มอัตราส่วนสมมูลขึ้นมาเป็น 1.4 เป็นช่วงที่มีการจ่ายของเชื้อเพลิงหนาขึ้นพบว่าช่วงเวลาในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงโดยรวมมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ช่วงเวลาในการเผาไหม้ของเอทานอล E100 มีค่าเร็วที่สุด รองลงมาเป็น E20 E85 และ E0 ตามลำดับ

## 5. สรุปผลการทดลอง

จากการวัดพื้นที่การลามของเปลวไฟและ  
ช่วงเวลาในการเผาไหม้ที่อัตราส่วนสมมูลต่างกัน 4  
อัตราส่วนสมมูลพบว่า ที่อัตราส่วนสมมูล 0.8 มี  
ช่วงเวลาในการเผาไหม้ที่นานที่สุด และเมื่อเพิ่ม  
อัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 1 พบว่า ช่วงเวลาในการเผา  
ไหม้ของเชื้อเพลิงทั้งหมดมีการเผาไหม้เร็วที่สุด  
จากนั้นเมื่อเพิ่มอัตราส่วนสมมูลมาเป็น 1.2 พบว่า  
ช่วงเวลาในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงมีค่าเวลาใน  
การเผาไหม้ที่ช้าลงกว่ากรณีอัตราส่วนสมมูลเท่ากับ  
1 และเมื่อเพิ่มอัตราส่วนสมมูลขึ้นมาเป็น 1.4 พบว่า  
การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงทั้งหมดมีช่วงเวลาในการ  
เผาไหม้ที่ช้ากว่า อัตราส่วนสมมูล 0.8 1.2 และ 1  
ตามลำดับการปรับอัตราส่วนสมมูลที่เหมาะสมนั้น  
ทำให้ช่วงเวลาในการเผาไหม้ลดลงทำให้การเผา  
ไหม้ที่เร็วขึ้น

จากการสังเกตในแต่ละเชื้อเพลิงพบว่าเชื้อเพลิง  
เอทานอล E100 มีช่วงเวลาในการเผาไหม้ที่เร็วที่สุด  
รองลงมาเป็น E85 E20 และ เบนซิน E0 ตามลำดับ  
ปัจจัยที่ทำให้เชื้อเพลิงเอทานอลมีการเผาไหม้ที่  
เร็วกว่าเบนซินผสมเอทานอลและเบนซินนั้นมาจาก  
ค่าเปอร์เซ็นต์ออกซิเจนที่ผสมอยู่ในตัวเชื้อเพลิงซึ่งจะ  
ช่วยให้มีการเผาไหม้ที่ดีกว่า ประกอบกับขนาดของ  
โมเลกุลของเอทานอลที่มีเปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนด์ที่  
ผสมอยู่น้อยกว่าทำการไหม้ติดไฟที่มีความเร็วใน  
การลามของเปลวไฟที่เร็วทำให้ค่าความดันสูงสุด  
ในการเผาไหม้สูงขึ้นเป็นผลทำให้สมรรถนะของ  
เครื่องยนต์สูงขึ้นและค่ามลพิษที่เกิดจากช่วงเวลา  
เผาไหม้ลดลง แต่อย่างไรก็ตามการที่จะทำ  
อัตราส่วนสมมูลของเชื้อเพลิงเอทานอลและเอ  
ทานอลผสมเบนซินนั้นจำเป็นที่จะต้องปรับปริมาณของ  
เชื้อเพลิงเอทานอลที่มากกว่าเบนซินและการปรับค่า  
อัตราส่วนสมมูลในเครื่องยนต์เบนซินแบบหัวฉีดนั้น  
จำเป็นที่ต้องขยายช่วงเวลากการฉีดและเครื่องยนต์ที่  
ใช้คาร์บูเรเตอร์นั้นจำเป็นที่ต้องเปลี่ยนขนาดของนม  
หนู (Main jet) ให้มีขนาดใหญ่อขึ้น เพื่อชดเชยค่า

พลังงานความร้อนของเอทานอลที่มีค่าน้อยกว่า  
เบนซิน

## กิตติกรรมประกาศ

ทางผู้จัดทำต้องขอขอบคุณทาง ขอขอบคุณทาง  
สถาบันหมวกนิรภัย คณะเภสัชกรรมศาสตร์ มหาลัย  
ศิลปกร วิทยาเขตสนามจันทร์ ที่อนุเคราะห์การเช่า  
กล้องถ่ายวิดีโอความเร็วสูง

รวมไปถึงคุณนเร็นศ ชัยธานี ตลอดจน เพื่อน  
น้อง ที่ยังไม่กล่าวนาม แห่งชมรมยานยนต์ สถาบัน  
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่  
ช่วยร่วมกันสร้างอุปกรณ์ชุดนี้ขึ้นมา

## เอกสารอ้างอิง

- [1] S. Y. Liao , Investigation of the Cold-Start  
Combustion Characteristics of Ethanol -  
Gasoline Blends in a Constant Volume  
Chamber, *Energy Fuels, American Chemical  
Society Energy & Fuels* (2005), Vol. 19,  
(pp- 813 - 819)
- [2] John B.Heywood,(1988),*Internal Combustion  
Engine Fundamentals*, McGraw-Hill INC.
- [3] Chang Sik Lee , Effect of residual Gas  
Fraction on the Combustion Characteristics of  
Butane-Air Mixture in the Constant – Volume  
Chamber, *Energy & Fuel* (2003) Vol. 17,  
pp-755-761.
- [4] Kenneth K.Kuo, (2005), *Principles of  
combustion*. John Willey and Sons ,INC ,
- [5] W.Pulkrabek, (2003) ,*Engineering of the  
Fundamental Internal Combustion Engine*  
Prentice Hall International, INC.
- [6] ธนวัฒน์ ศรีรักษา และ จินดา เจริญพรพาณิชย์ .  
จักรยานยนต์เชื้อเพลิงเอทานอล (2551) การประชุม  
วิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย  
ครั้งที่22 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต  
ปทุมธานี