

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การใช้เอทานอลในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนแบบฉีดตรง
USING ETHANOL FUEL IN DIRECT INJECTION GASOLINE ENGINE



โดย
นายนาถพันธ์ วุฑฒวิภาต
นายบัญชา รังสิรัตน์กุล
นางสาวเบญจพร เฟื่องผล
อาจารย์ที่ปรึกษา
ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2544

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... **45984**
วัน, เดือน, ปี **27 ก.พ. 2546**

.b.....
.i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2544

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การใช้เอทานอลในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนแบบฉีดตรง

USING ETHANOL FUEL IN DIRECT INJECTION GASOLINE ENGINE

ผู้จัดทำ

1. นาย นาคพันธ์ วุฒตวิภาต รหัสประจำตัว 41014647
2. นาย บัญชา รังสีรัตนากุล รหัสประจำตัว 41014654
3. นางสาวเบญจพร เฟื่องผล รหัสประจำตัว 41014659



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร. จินดา เจริญพรพาณิชย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้เอทานอลในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนแบบฉีดตรง

นายนาถพันธ์	วุฒวิภาต	41014647
นายบัญชา	รังสิรัตนากุล	41014654
นางสาวเบญจพร	เพ็งผล	41014659
ดร. จินดา เจริญพรพาณิชย์	อาจารย์ที่ปรึกษา	
	ปีการศึกษา	2544

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันได้มีการพยายามหาเชื้อเพลิงมาทดแทนเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน ซึ่งเอทานอลก็เป็นเชื้อเพลิงชนิดหนึ่งที่ได้มีการนำมาพิจารณาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทน เอทานอลนั้นสามารถผลิตได้จากผลผลิตทางการเกษตรซึ่งประเทศไทยก็มีแหล่งวัตถุดิบเพียงพอที่จะนำมาผลิตเอทานอลได้เป็นจำนวนมาก ซึ่งจะสามารถลดปริมาณการนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศได้ อย่างไรก็ตามรัฐบาลต้องมีนโยบายที่จะส่งเสริมให้มีการผลิตเอทานอลและนำมาใช้ในรถยนต์ทั่วไปอย่างแพร่หลายมากขึ้น จะสามารถลดการขาดดุลทางเศรษฐกิจเนื่องจากการนำเข้าน้ำมันได้เป็นอย่างดี

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเอทานอลมาใช้ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนแบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรง โดยทดสอบนำเอทานอลผสมกับแก๊สโซลีนในอัตราส่วนต่างๆ แล้วนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ ทำการทดสอบประสิทธิภาพ หาแรงบิด อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และมลพิษที่ได้จากการใช้เชื้อเพลิงผสมเอทานอล แล้วทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลที่ได้กับการใช้แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิง และในอีกส่วนหนึ่งจะทำการศึกษาลักษณะสเปรย์ของหัวฉีดโดยการถ่ายภาพแบบซูร์เลนซ์ โดยจะทำการถ่ายภาพสเปรย์หัวฉีดของเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนและเอทานอล และนำภาพที่ถ่ายได้ มาวิเคราะห์ลักษณะและความแตกต่างของสเปรย์ของหัวฉีดในแต่ละเชื้อเพลิง โดยผลที่ได้จะมีผลต่อการดัดแปลงเครื่องยนต์ให้เหมาะสมกับการใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง โดยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเสนอข้อมูลเพื่อเป็นทางเลือกในการนำเอทานอลมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนการใช้แก๊สโซลีนในอนาคต จะสามารถแก้ปัญหาการขาดดุลทางเศรษฐกิจจากการนำเข้าน้ำมัน เพื่อเศรษฐกิจที่และชีวิตความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น พร้อมทั้งจะมีอากาศที่สะอาดขึ้นไว้หายใจต่อไป

Using Ethanol Fuel in Direct Injection Gasoline Engine

Nakapun Wuttawipart

Bancha Rungsrirattanakul

Benjaporn Pengpol

Dr. Chinda Charoenphonphanich Advisor

ABSTRACT

Since today's world are running out of gasoline, it is essential to find other sources of energy to replace gasoline. Ethanol has brought to attention of many Thai researchers because of its sufficient supply in Thailand. If ethanol can be used instead of gasoline especially in car engine, it can help our country to strengthen balance of trade which has been substantially reduced by the gasoline import.

This thesis is the feasibility study of using ethanol in Direct Injection Gasoline engine. After combining ethanol with gasoline, we use the combination in Direct Injection Gasoline engine and testing for the efficiency, torque, specific fuel consumption and the pollution. Then compare the results with those using only gasoline. The other part of the research study about the injection by using shurilen photos.

We hope that this thesis will be useful to future development in car engine which will be developed for ethanol using.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และร่วมมือจากหลาย ๆ ฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จลงได้ก็คือ อาจารย์จินดา เจริญพรพาณิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือเสมอมา ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก นอกจากนี้ต้องขอขอบคุณพี่จรเขษฐุ นักศึกษาปริญญาโท ที่ให้คำปรึกษาแนะนำในเรื่องต่างๆ ลุยมณฑลที่ให้คำแนะนำ เพื่อนๆ ที่คอยเป็นห่วงและอีกหลายๆ คนที่ไม่ได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้พวกข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา ซึ่งได้เลี้ยงดูพวกข้าพเจ้ามาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมา ในทุกๆ ด้าน ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้



นาคพันธ์ วุฑฒวิภาต
บัญชา รังสีรัตนกุล
เบญจพร เฟื่องผล

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญภาพ	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 วิธีดำเนินงาน	2
บทที่ 2 หลักการของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ	3
2.1 โครงสร้างพื้นฐานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ	3
2.2 กระบวนการทำงานในแต่ละจังหวะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ	4
2.2.1 จังหวะดูด (Suction Stroke)	4
2.2.2 จังหวะอัด (Compression Stroke)	5
2.2.3 จังหวะงาน (Working Stroke)	6
2.2.4 จังหวะคาย (Exhaust Stroke)	6
2.3 คุณสมบัติทางกลเฉพาะของเครื่องยนต์สันดาปภายใน	7
2.3.1 ประสิทธิภาพการใช้งาน (Effective Efficiency)	7
2.3.2 กำลังอัด (Compression Ratio)	8
2.3.3 ประสิทธิภาพการบรรจุสูบ (Volumetric Efficiency)	8
บทที่ 3 หลักการของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนแบบฉีดตรง	9
3.1 หลักการของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนแบบฉีดตรง	10
3.1.1 ระบบการเผาไหม้สองแบบ	10
3.1.2 ระบบการควบคุมอัตราส่วนผสมของอากาศและเชื้อเพลิงที่แม่นยำ	10
3.1.2.1 ระบบส่วนผสมบางเป็นพิเศษ	11
3.1.2.2 ระบบส่วนผสมเป็นเนื้อเดียว	11
3.2 ประสิทธิภาพของเชื้อเพลิง	12

3.3 ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์	12
3.4 การลดมลพิษ	12
บทที่ 4 เชื้อเพลิงและการเผาไหม้	14
4.1 เชื้อเพลิงและการเผาไหม้	14
4.2 คุณสมบัติของเชื้อเพลิง	14
4.2.1 ค่าความร้อนเชื้อเพลิง (Heating Value)	14
4.2.2 ความสามารถในการระเหย (Volatility)	14
4.2.3 นัมเบอร์ออกเทน (Octane Number)	14
4.2.4 จุดวาบไฟ (Flash Point)	15
4.2.5 จุดติดไฟ (Fire Point)	15
4.2.6 ความถ่วงจำเพาะ	15
4.3 กระบวนการเผาไหม้	15
4.4 การเผาไหม้ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีน	16
4.4.1 อัตราส่วนอากาศและน้ำมัน	16
4.4.2 กระบวนการลามของเปลว	16
4.4.3 การแปรปรวนของวัฏจักรต่อวัฏจักร (Cyclic Variation)	17
4.5 เชื้อเพลิงเอทานอล	18
4.5.1 คุณสมบัติโดยทั่วไปของเอทานอล	18
4.5.1.1 ค่าความร้อนเชื้อเพลิง	18
4.5.1.2 ปริมาณของอากาศต่อเชื้อเพลิง	18
4.5.2 คุณสมบัติของส่วนผสมของแก๊สโซลีนและเอทานอล	19
4.5.2.1 ค่าความร้อนเชื้อเพลิง	19
4.5.2.2 ปริมาณของอากาศต่อเชื้อเพลิง	19
4.5.2.3 ค่าความถ่วงจำเพาะและค่าความหนืดของส่วนผสม	19
4.6 ความสามารถในการละลายได้ของเอทานอลในแก๊สโซลีน	20
บทที่ 5 มลพิษจากการเผาไหม้	21
5.1 มลพิษจากเครื่องยนต์แก๊สโซลีน	21
5.1.1 คาร์บอนมอนอกไซด์	22
5.1.2 ไฮโดรคาร์บอน	22
5.1.3 ไนโตรเจนออกไซด์ (NOx)	23
5.2 แพกเตอร์ที่มีผลต่อมลพิษจากเครื่องยนต์แก๊สโซลีน	25
5.2.1 อัตราส่วนส่วนผสม (อากาศต่อเชื้อเพลิง)	25

5.2.2 เวลาจุดระเบิด	25
5.2.3 สภาวะไอดี	25
5.2.4 ก๊าซค้าง	25
5.2.5 ความดันกลับจากไอเสีย	26
5.2.6 อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	26
5.2.7 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องยนต์	26
5.2.8 สภาพการใช้งาน	26
5.2.9 ชนิดของเชื้อเพลิง	26
บทที่ 6 ขั้นตอนและผลการทดลอง	27
6.1 ขั้นตอนการทดลอง	27
6.1.1 การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องยนต์	27
6.1.2 การสังเกตลักษณะการสเปรย์ของหัวฉีดแรงดันสูง	29
6.2 ผลการทดลอง	29
6.2.1 ผลการทดลองที่สภาวะเครื่องยนต์มีโหลด	29
6.2.2 ผลการทดลองที่สภาวะเครื่องยนต์ไม่มีโหลด	34
6.2.3 ผลการทดลองการสังเกตลักษณะการสเปรย์ของหัวฉีดแรงดันสูง	37
บทที่ 7 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง	38
7.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง	38
7.1.1 วิเคราะห์ผลการทดลองที่สภาวะเครื่องยนต์มีโหลด	38
7.1.1.1 วิเคราะห์กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานกับความเร็วรอบ	38
7.1.1.2 วิเคราะห์กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบ	39
7.1.1.3 วิเคราะห์กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิไอเสียกับความเร็วรอบ	39
7.1.1.4 วิเคราะห์กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซออกซิเจนที่เหลือกับความเร็วรอบ	39
7.1.1.5 วิเคราะห์กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับความเร็วรอบ	40
7.1.1.6 วิเคราะห์กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์กับความเร็วรอบ	40
7.1.1.7 วิเคราะห์กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงกับความเร็วรอบ	41
7.1.2 วิเคราะห์ผลการทดลองที่สภาวะเครื่องยนต์ไม่มีโหลด	41
7.1.2.1 วิเคราะห์กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิไอเสียกับความเร็วรอบ	42

7.1.2.2	วิเคราะห์กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซออกซิเจนที่เหลือกับความเร็วรอบ	42
7.1.2.3	วิเคราะห์กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับความเร็วรอบ	43
7.1.2.4	วิเคราะห์กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์กับความเร็วรอบ	43
7.1.2	วิเคราะห์ผลการทดลองการสังเกตลักษณะสเปิร์มของหัวฉีดแรงดันสูง	44
7.2	สรุปผลการทดลอง	44
7.3	แนวทางการพัฒนาต่อ	45
7.4	ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย	45
7.5	ข้อเสนอแนะ	45
ภาคผนวก ก		46
ภาคผนวก ข		50
บรรณานุกรม		54



สารบัญตาราง

	หน้าที่
ตารางที่ 1.1 แสดงมูลค่าและปริมาณการนำเข้าน้ำมันดิบในปีพุทธศักราช 2542 –2543	1
ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียดของเครื่องยนต์ 4G93 GDI	9
ตารางที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ ของเชื้อเพลิง	18
ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณของอากาศต่อเชื้อเพลิงที่ส่วนผสมต่างๆ	19
ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความถ่วงจำเพาะและค่าความหนืดของส่วนผสม	19
ตารางที่ 5.1 แสดงส่วนประกอบไอเสียเมื่อมีอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงพอดี	21
ตารางที่ 6.1 แสดงผลการทดลองที่สภาวะเครื่องยนต์มีโหลดของเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนและแก๊สโซฮอดล์	29
ตารางที่ 6.2 แสดงผลการทดลองที่สภาวะเครื่องยนต์ไม่มีโหลดของเชื้อเพลิงทั้ง 4 ชนิด	33

สารบัญภาพ

รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะพื้นฐานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ	3
รูปที่ 2.2 แสดงไดอะแกรมลิ้นของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ	4
รูปที่ 2.3 แสดงการทำงานในห้องเผาไหม้ของจังหวะคูค	5
รูปที่ 2.4 แสดงการทำงานในห้องเผาไหม้ของจังหวะอัด	5
รูปที่ 2.5 แสดงการทำงานในห้องเผาไหม้ของจังหวะงาน	6
รูปที่ 2.6 แสดงการทำงานในห้องเผาไหม้ของจังหวะคาย	7
รูปที่ 2.7 แสดงไดอะแกรมการไหลของความร้อนของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน	7
รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะรูปร่างของเครื่องยนต์มิตซูบิชิ จีดีไอ	9
รูปที่ 3.2 แสดงการแบ่งการทำงานของระบบจ่ายเชื้อเพลิง	10
รูปที่ 3.3 แสดงการไหลของเชื้อเพลิงในจังหวะอัด	11
รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะการฉีดเชื้อเพลิงในระบบส่วนผสมบางและส่วนผสมเนื้อเดียว	11
รูปที่ 5.1 แสดงความเข้มข้นของสารพิษที่อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงต่างๆ	22
รูปที่ 5.2 แสดงความเข้มข้นของไนโตรเจนมอนอกไซด์ที่ภาวะสมดุลเมื่อปริมาตรคงที่	23
รูปที่ 5.3 แสดงความสัมพันธ์ของอัตรามลพิษ สมรรถนะและส่วนผสม	24
รูปที่ 6.1 แสดงลักษณะการจัดอุปกรณ์ทดลองการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องยนต์	28
รูปที่ 6.2 แสดงการจัดชุดทดลองการถ่ายภาพแบบซูริเลนท์	29

รูปที่ 6.3	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานกับความเร็วรอบ	30
รูปที่ 6.4	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบ	31
รูปที่ 6.5	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิไอเสียกับความเร็วรอบ	31
รูปที่ 6.6	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณออกซิเจนที่เหลือกับความเร็วรอบ	32
รูปที่ 6.7	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์กับความเร็วรอบ	32
รูปที่ 6.8	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์กับความเร็วรอบ	33
รูปที่ 6.9	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงกับความเร็วรอบ	33
รูปที่ 6.10	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิไอเสียกับความเร็วรอบ(ไม่มีโหลด)	35
รูปที่ 6.11	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณออกซิเจนที่เหลือกับความเร็วรอบ (ไม่มีโหลด)	35
รูปที่ 6.12	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์กับความเร็วรอบ (ไม่มีโหลด)	36
รูปที่ 6.13	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์กับความเร็วรอบ (ไม่มีโหลด)	36
รูปที่ 6.14	แสดงภาพการสเปย์ของเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน (ซ้าย) และเอทานอล (ขวา)	37
รูปที่ ก.1	แสดงชุดการทดลองประสิทธิภาพเครื่องยนต์	46
รูปที่ ก.2	แสดงชุดการทดลองสังเกตลักษณะสเปย์ของหัวฉีดแรงดันสูง	48

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

น้ำมันที่ใช้ในเครื่องยนต์และยานยนต์ในประเทศไทยนั้น เกือบจะทั้งหมดเป็นการนำเข้ามาจากต่างประเทศ ในรูปแบบของน้ำมันดิบหรือน้ำมันสำเร็จรูป จะเห็นว่า ปัจจุบัน (พ.ศ. 2543) มีการใช้น้ำมันเบนซินประมาณ 8000 ล้านลิตร และดีเซลประมาณ 20,000 ล้านลิตร กำลังการผลิตในประเทศซึ่งต้องซื้อน้ำมันดิบมานั้นยังไม่พอกับความต้องการใช้ จึงมีการส่งน้ำมันสำเร็จรูปเข้ามาด้วย เรามีความต้องการใช้น้ำมันเพิ่มขึ้นทุกปีไม่ว่าจะเป็นน้ำมันเบนซินหรือดีเซล ซึ่งเป็นปัญหาใหญ่ของประเทศ โดยเฉพาะเมื่อกลุ่ม OPEC ลดการผลิตทำให้ราคาน้ำมันเพิ่มขึ้น เนื่องจากกลุ่มประเทศผู้ส่งออกน้ำมัน (OPEC) พบว่าน้ำมันสำรองในประเทศลดลงมาก จึงร่วมกันลดการผลิตลง ตั้งแต่ปี 2522 (1980) เป็นต้นมา โดยผลิตน้ำมันประมาณ 30-32 ล้านบาร์เรล (บาร์เรลละ 169 ลิตร) ซึ่งต่ำกว่าที่ตลาดโลกต้องการเล็กน้อย ซึ่งปัจจุบันกลุ่ม OPEC ก็พยายามลดการผลิตให้ต่ำกว่าความต้องการของตลาดโลกอยู่ ทำให้เกิดปัญหาน้ำมันขาดแคลนและราคาสูง วิธีหนึ่งที่จะแก้ไขปัญหาคขาดแคลนนี้ก็คือ หาพลังงานทดแทน ซึ่งหมายถึงการหาพลังงานอื่นที่นำมาใช้แทนน้ำมันนั่นเอง ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าน้ำมันดิบ

ตารางที่ 1.1 แสดงมูลค่าและปริมาณการนำเข้าน้ำมันดิบในปีพุทธศักราช 2542-2543

ปี	มูลค่าการนำเข้า (ล้านบาท)	ปริมาณการนำเข้า (ล้านลิตร)
ม.ค. - ธ.ค. 42	167,199	40,288,846
ม.ค. - ธ.ค. 43	281,180	38,465,103

พลังงานทดแทน (Alternative Energy) แบ่งได้เป็น 2 อย่าง คือ

1. พลังงานก่ินรูป หรือพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) เป็นพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป และสามารถจะหมุนเวียนมาใช้ได้อีก เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานไม้ ไบโอมแอส ไบโอแกส พลังงานลม
2. พลังงานสิ้นเปลือง (Non-renewable Energy) เป็นพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป เช่น ถ่านหิน หินน้ำมัน ลิกไนท์ แก๊สธรรมชาติ เป็นต้น

ได้มีการศึกษา วิจัย และพัฒนาพลังงานทดแทนทุกรูป เพื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทน แอลกอฮอล์ก็เป็นเชื้อเพลิงที่ได้มีการศึกษาวิจัยและพัฒนาเรื่อยๆ ซึ่งมีประวัติการวิจัยและใช้งานมาเป็นเวลากว่า 50 ปี มีการพัฒนาตลอดเพื่อที่จะนำมาใช้ทดแทนน้ำมันที่กำลังเป็นปัญหาอยู่ในปัจจุบัน ในการทำการวิจัยและพัฒนา

นั้น ไม่ว่าจะเป็นการนำเชื้อเพลิงชนิดใดมาทดแทน สิ่งสำคัญที่จะทำให้เกิดเป็นเชิงการค้าได้นั้นต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ ราคา ได้มลพิษตามมาตรฐานไอเสีย อนุรักษ์สิ่งแวดล้อม พร้อมทั้งมีความปลอดภัย และสะดวกกับการใช้งานด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 ศึกษาการนำเอทานอลมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนแบบฉีดตรง

1.2.2 ศึกษาและวิเคราะห์ข้อได้เปรียบและเสียเปรียบของการใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงผสมเอทานอล

1.2.3 ศึกษาลักษณะการสเปรย์ของหัวฉีดแรงดันสูง เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนและเอทานอล

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้จะศึกษาการใช้เอทานอลกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนแบบฉีดตรง ทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องยนต์เมื่อเปลี่ยนเชื้อเพลิงจากแก๊สโซลีนเป็นแก๊สโซฮอลล์ นอกจากนี้จะศึกษาลักษณะการสเปรย์ของหัวฉีดแรงดันสูง เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนและเอทานอล

1.4 วิธีการดำเนินงาน

งานวิจัยในโครงการนี้จะเริ่มด้วยการศึกษาทฤษฎีพื้นฐานต่างๆที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ซึ่งก็มีเรื่องหลัก ๆ อยู่ 3 เรื่องด้วยกัน คือ ทฤษฎีพื้นฐานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ หลักการของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนแบบฉีดตรง และคุณสมบัติของเชื้อเพลิง การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง ซึ่งมีรายละเอียดดังในบทที่ 2, 3, 4 และ 5

จากนั้นก็เริ่มเข้าสู่ขั้นตอนของการวิจัย ซึ่งงานวิจัยนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องยนต์โดยเปลี่ยนเชื้อเพลิงจากแก๊สโซลีนเป็นแก๊สโซฮอลล์ และ การดูลักษณะการสเปรย์ของหัวฉีดแรงดันสูง เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนกับเอทานอล

ในงานวิจัยส่วนแรกจะเริ่มจากการปรับปรุงเครื่องยนต์ที่ได้มาให้อยู่ในสภาพที่พร้อมจะใช้งาน เช่น ระบบไฟฟ้า ระบบการจ่ายเชื้อเพลิง ระบบการส่งกำลัง แท่นเครื่อง ท่อไอเสีย เป็นต้น จากนั้นจะทำการติดตั้งเครื่องยนต์เข้ากับโคนาโมที่ความเร็วรอบต่างๆ ของเครื่องยนต์ และงานวิจัยส่วนที่สองจะเป็นการจัดชุดทดลองเพื่อจะถ่ายภาพลักษณะการสเปรย์ของหัวฉีดแรงดันสูง โดยวิธีซูริเลนส์

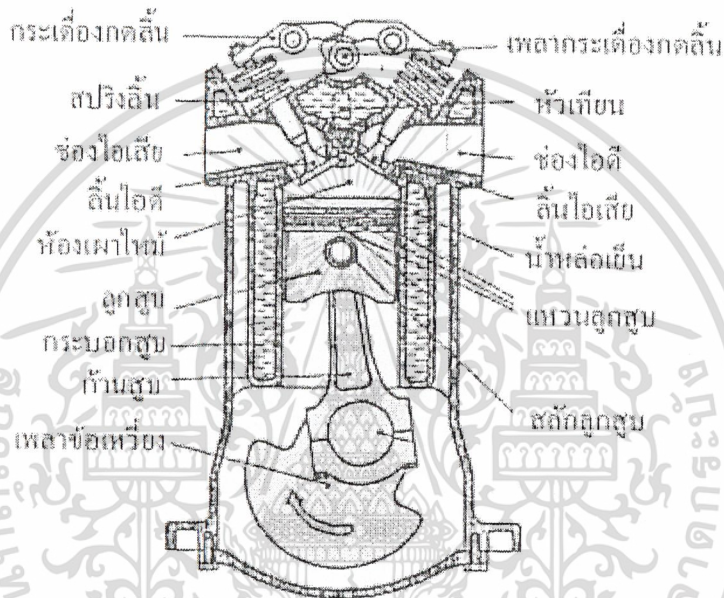
สำหรับบทที่ 6 ก็จะเป็นขั้นตอนการทดลอง ผลการทดลองทั้งหมด และบทที่ 7 ซึ่งเป็นบทสุดท้ายก็จะเป็นการวิเคราะห์และสรุปการทำงาน แนวทางในการพัฒนางานวิจัยนี้เพิ่มเติม และข้อเสนอแนะ

บทที่ 2

หลักการของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ

2.1 โครงสร้างพื้นฐานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ

การแบ่งกลุ่มชิ้นส่วนเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะสามารถจะจัดแบ่งกลุ่มชิ้นส่วนโครงสร้างที่เป็นพื้นฐานของเครื่องยนต์ดังต่อไปนี้

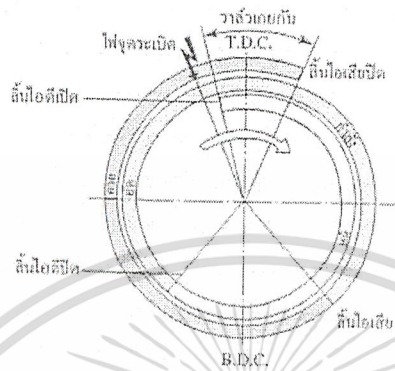


รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะพื้นฐานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ

1. เสื้อสูบกับครอบลูกสูบและห้องเฟลาข้อเหวี่ยง เป็นชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่เป็นโครงสร้างหลักสำหรับชิ้นส่วนอื่นๆของเครื่องยนต์
2. กลไกลูกสูบและข้อเหวี่ยง (Piston & Cranking Mechanism) ประกอบด้วยลูกสูบ ก้านสูบ เฟลาข้อเหวี่ยง และล้อช่วยแรง เป็นชิ้นส่วนเคลื่อนที่ของเครื่องยนต์ที่ได้รับความดันจากการเผาไหม้ให้ครอบลูกสูบแล้วเปลี่ยนเป็นแรงกระทำบนหัวลูกสูบ ส่งต่อผ่านก้านสูบไปกระทำที่ข้อก้านหมุนเฟลาข้อเหวี่ยงให้เฟลาข้อเหวี่ยงหมุนอย่างเรียบและจ่ายแรงบิดออกไปใช้งาน
3. ฝาสูบ เป็นฝาปิดครอบลูกสูบทำให้เกิดเป็นห้องเผาไหม้ขึ้นในเครื่องยนต์และทำแอ่งให้เป็นปริมาตรอัดเกิดขึ้นบนฝาสูบ
4. กลไกลิ้น (Valve Mechanism) หรือกลไกควบคุมการทำงานของเครื่องด้วย เฟลาลูกเบี้ยว ปลอกกระทุ้งลิ้น ก้านกระทุ้งลิ้น กระเบื้องกดลิ้น สปริงลิ้น และลิ้นยนต์ ประกอบขึ้น

2.2 กระบวนการทำงานในแต่ละจังหวะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ

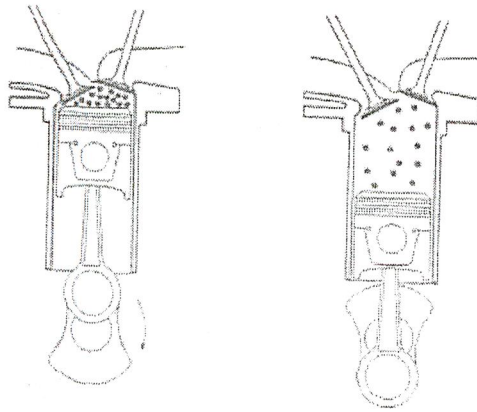
ในแต่ละกลวัฏจักรเครื่องยนต์ ขึ้นตอนตามลำดับตลอดกลวัฏจักรเครื่องยนต์คือการไต่ การอัด การใช้ งานและการคายค่าเนินไปกับการเล่นของลูกสูบทั้ง 4 ช่วงชักดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.2 แสดงไดอะแกรมลิ้นของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ

2.2.1 จังหวะดูด (Suction Stroke)

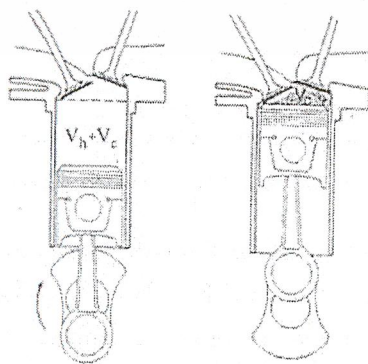
การดูดหรือการบรรจุเริ่มจากลิ้นไอดีเปิดก่อนที่ลูกสูบถึงศูนย์ตายบนเล็กน้อยจนกระทั่งลูกสูบเลื่อนลงแล้วผ่านเลยหลังศูนย์ตายล่าง กระบอกสูบจะได้รับการบรรจุหรือการไต่เชื้อผสมของเชื้อเพลิงกับอากาศตลอดเวลาระหว่างจังหวะดูด ในระหว่างที่ลูกสูบเลื่อนตัวเองไปหลังศูนย์ตายบนทำให้ปริมาตรกระบอกสูบโตขึ้นและนำไปสู่การลดลงของความดันเป็นความกดดันต่ำจนเหลือประมาณ 0.8 - 0.9 บาร์ก็จะมีอาการดูดเกิดขึ้นในห้องลูกสูบตามมาด้วยการเปิดของลิ้นไอดี เชื้อผสมของเบนซินและอากาศก็จะไหลเข้ามาในกระบอกสูบ จากอุณหภูมิทำงาน (Working Temperature) ของเครื่องยนต์ทำให้อุณหภูมิของแก๊สไอดีที่ไหลเข้ามาสูงถึง 100 องศาเซลเซียส ตลอดเวลาการดูดของลูกสูบ เชื้อผสมของอากาศและเบนซินจะเข้ากระบอกสูบอย่างรวดเร็วเนื่องจากการขยายของปริมาตร ในกระบอกสูบ เมื่อลูกสูบเลื่อนลงเป็นผลให้กระบอกสูบมีความกดดันต่ำ เกิดความแตกต่างและต่ำกว่าภายนอกกระบอกสูบมาก หมายถึงว่าด้วยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลิ้นไอดีที่โตเท่าที่จะทำได้ยอมให้ไอดีไหลผ่านเข้าไปในกระบอกสูบ ลิ้นไอดีเปิดก่อนศูนย์ตายบนถึงประมาณ 40 องศาเพลลาข้อเหวี่ยง แต่อย่างไรก็ตามไม่สามารถทำให้การบรรจุของไอดีเข้าไปทดแทนความดันที่ต่ำลงเป็นไปได้อย่างเต็มที่ 100 เปอร์เซ็นต์ และจากการที่กระแสการไหลของไอดียังมีพลังอยู่มากด้วยความเฉื่อยของมันในช่วงสั้นๆหลังศูนย์ตายล่าง เพื่อต้องการให้มีการบรรจุยาวนานขึ้นจึงยอมให้ลิ้นไอดีเปิดให้ไอดีไหลเข้ากระบอกสูบต่อไปอีกจนถึงหลังศูนย์ตายล่างประมาณ 70 องศาเพลลาข้อเหวี่ยงแล้วลิ้นไอดีจึงปิด การบรรจุไอดีเข้ากระสูบจึงสิ้นสุดลง



รูปที่ 2.3 แสดงการทำงานในห้องเผาไหม้ของจังหวะดูด

2.2.2 จังหวะอัด (Compression Stroke)

การอัดเชื้อเพลิงผสมของเชื้อเพลิงกับอากาศเกิดขึ้นขณะลูกสูบเคลื่อนขึ้นสู่ศูนย์ตายบนเมื่อลิ้นไอดีปิดแล้วทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นแต่การอัดนั้นยังไม่ทำให้อุณหภูมิสูงพอที่จะทำให้เชื้อเพลิงเกิดจุดติดไฟตัวเองหรือการชิงจุด (Self Ignition) ขึ้นได้ จากอุณหภูมิอัด (Compression Temperature) ที่สูงขึ้นทำให้เชื้อเพลิงกลายเป็นไอระเหย (Vapor) ที่ขึ้นกว่าเดิมและเกิดการคลุกเคล้ากับอากาศได้ดีขึ้นด้วยกลายเป็นเชื้อระเบิด (Vapoured Mixture) ในจังหวะอัดลูกสูบเคลื่อนตัวเองจากศูนย์ตายล่างขึ้นสู่ศูนย์ตายบน ลิ้นไอดียังเปิดอยู่จนกว่าถึงหลังศูนย์ตายบน 70 องศาเฟลาข้อเหวี่ยง ในช่วงเวลานี้ปริมาตรของกระบอกสูบจะเล็กลง ความดันและอุณหภูมิสูงขึ้นการวัดขนาดของการอัดที่ศูนย์ตายบนวัดเป็นอัตราอัด (Compression Ratio) การเลือกใช้อัตราอัดในเครื่องยนต์เบนซิน เมื่อลูกสูบอัดสุดหรือปลายจังหวะอัดจะต้องไม่เกิดการชิงจุด (Preignition) ของเชื้อเพลิงผสมของอากาศและเบนซินในกระบอกสูบขึ้น ได้อันหมายถึงถ้าเกิดการชิงจุดจะทำให้เครื่องยนต์เกิดอาการน็อกขึ้น จากการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงที่ต้านการน็อก (Anti Knock) และการออกแบบลักษณะห้องเผาไหม้ที่เหมาะสม จึงทำให้เครื่องยนต์นี้มีอัตราอัดสูงขึ้นได้ถึงประมาณ 8 : 1 ถึง 11 : 1 และอุณหภูมิอัดสูงสุดประมาณ 350 - 450 องศาเซลเซียสอันอุณหภูมิอัดเฉลี่ยที่มีค่าเป็นกลางๆ ส่วนอุณหภูมิที่เป็นจริงซึ่งสูงกว่านี้จะถูกหล่อเย็นหรือระบายออกไปทางผนังกระบอกสูบส่วนหนึ่งและทางชิ้นส่วนหล่อเย็นอื่นๆ

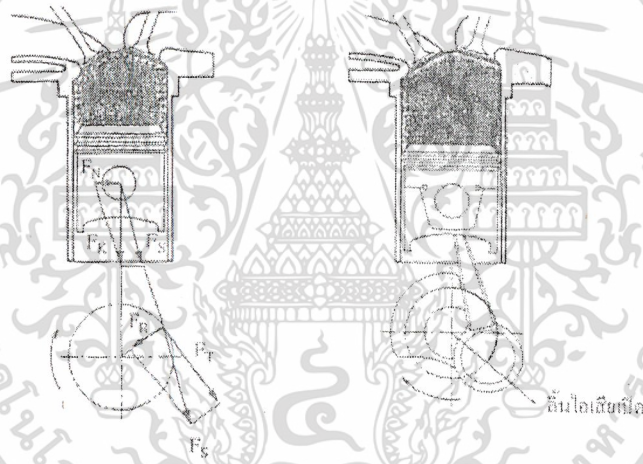


รูปที่ 2.4 แสดงการทำงานในห้องเผาไหม้ของจังหวะอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 จังหวะงาน (Working Stroke) หรือจังหวะกำลัง (Power Stroke)

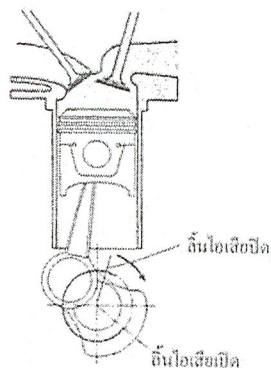
การใช้งานความดันจากการเผาไหม้เริ่มตั้งแต่การจุดระเบิดจากประกายไฟหัวเทียนก่อนศูนย์ตายบนและเชื้อเพลิงจะเผาไหม้สมบูรณ์ในช่วงจังหวะอัด แล้วดันหัวลูกสูบหลังจากเปลี่ยนการเคลื่อนที่จากขึ้นเป็นลงให้เลื่อนลงมาจากศูนย์ตายบนสู่ศูนย์ตายล่าง ที่ความดันสูงเกือบถึงจุดที่เชื้อผสมของอากาศและเบนซินจะติดไฟเองได้ ประกายไฟจุดระเบิด (Ignition Spark) จะปรากฏเกิดขึ้นเพื่อเป็นความร้อนที่จะจุดให้เบนซินติดไฟเผาไหม้ขึ้น ตำแหน่งที่เกิดประกายไฟจุดระเบิดจะอยู่ก่อนศูนย์ตายบนเล็กน้อยตอนปลายจังหวะอัด เมื่อเกิดการจุดระเบิดขึ้นเปลวไฟจะลุกลามเผาไหม้เชื้อผสมของเชื้อเพลิงกับอากาศจนกระทั่งเผาไหม้หมดต้องใช้เวลาประมาณ 1/1,000 วินาที จึงต้องทำการจุดประกายไฟเพื่อจุดระเบิดก่อนที่ลูกสูบจะถึงศูนย์ตายบน ตำแหน่งจุดติดไฟหรือองศาการจุดระเบิดขึ้นอยู่กับ โครงสร้างของเครื่องยนต์คือ ความเร็วรอบและภาระ จำนวนองศาเพลาค้อเหวี่ยงสูงสุดของเครื่องยนต์ประมาณ 40 องศาก่อนศูนย์ตายบน เมื่อเกิดการเผาไหม้เชื้อผสมที่บรรจุแล้วจะเกิดการขยายตัวของแก๊สเผาไหม้ที่มีความร้อนสูงและความดันที่เกิดขึ้นจะดันให้ลูกสูบเคลื่อนลงสู่ศูนย์ตายล่าง



รูปที่ 2.5 แสดงการทำงานในห้องเผาไหม้ของจังหวะงาน

2.2.4 จังหวะคาย (Exhaust Stroke)

การคายเริ่มจากก่อนศูนย์ตายล่างและไปเสร็จสิ้นหลังศูนย์ตายบน แก๊สเผาไหม้จะต้องถูกนำออกจากห้องเผาไหม้อย่างหมดจด ในระหว่างจังหวะงานประมาณ 40 – 60 องศาเพลาค้อเหวี่ยงก่อนศูนย์ตายล่างลิ้นไอเสียเริ่มเปิด จากความดันที่เกิดจากการระเบิดและขยายตัวแล้วลดลงเหลือประมาณ 3 – 5 บาร์ จะดันให้แก๊สเผาไหม้เริ่มไหลถ่ายเทออกทางช่องไอเสียด้วยความเร็วสูงพอสมควร และเพื่อต้องการให้แก๊สเผาไหม้จำนวนมากที่สุดเท่าที่จะมากได้ไหลออกด้วยกระแสไหลมากที่สุด ลิ้นไอเสียจึงจะปิดหลังจากศูนย์ตายบน 30 องศาเพลาค้อเหวี่ยง

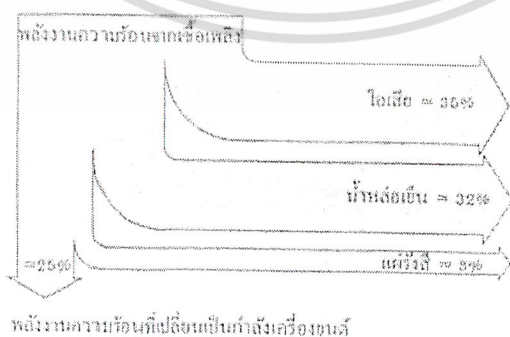


รูปที่ 2.6 แสดงการทำงานในห้องเผาไหม้ของจิวหะคาย

2.3 คุณสมบัติทางกลเฉพาะของเครื่องยนต์สันดาปภายใน

2.3.1 ประสิทธิภาพการใช้งาน (Effective Efficiency)

ประสิทธิภาพการใช้งานจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเป็นผลให้เครื่องยนต์ร้อนขึ้น จำนวนความร้อนที่เกิดขึ้นทั้งหมดรวมกันแล้วไม่สามารถนำไปใช้งานได้สมบูรณ์ทั้งสิ้น และจากการหล่อเย็นหรือระบายความร้อนตามที่จำเป็นออกไปส่วนหนึ่งจึงเหลือปริมาณความร้อนที่ใช้จริงจำนวนหนึ่งเท่านั้น ค่าความแตกต่างระหว่างปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นกับปริมาณความร้อนที่ระบายออกไปในแต่ละชั่วโมงเท่ากับ กำลังที่ใช้งาน หรือ กำลังเอฟเฟกทีฟ (Effective Power) ในแต่ละชั่วโมง ในเครื่องยนต์สันดาปภายใน กำลังที่นำออกมาใช้งานก็คือ ปริมาณความร้อนในแต่ละชั่วโมงซึ่งจะมีจำนวนน้อยหรือมาก ประสิทธิภาพใช้งานของเครื่องยนต์ออตโตมีประมาณ 15 – 32 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพการใช้งานนี้มีค่าแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (Specific Fuel Consumption) และค่าความร้อนของเชื้อเพลิงที่ใช้ ค่าประสิทธิภาพสูงสุดเกิดขึ้นได้เฉพาะเพียงแต่ขณะที่ภาระอยู่ในสถานะแน่นอนคือช่วงบริเวณที่มีภาระบางส่วนหรือภาระปานกลางเท่านั้น



รูปที่ 2.7 แสดงไดอะแกรมการไหลของความร้อนของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

2.3.2 อัตราอัด (Compression Ratio)

สิ่งสำคัญที่นำไปสู่การมีกำลังสูงขึ้นของเครื่องยนต์ ลูกสูบกลับไปกลับมาคืออัตราอัด อัตราอัดเป็นการเปรียบเทียบปริมาตรรวมของห้องเผาไหม้กับปริมาตรอัด ปริมาตรอัดอาจจะมีรูปทรงไม่เป็นทรงเรขาคณิตที่ง่ายนัก การหาขนาดความโตของปริมาตรอัดหรือห้องอัดต้องทำโดยการเติมน้ำมันเครื่องแล้ววัดปริมาตรน้ำมันเครื่องอีกทีหนึ่ง ขนาดปริมาตรอัดยิ่งเล็กลงกว่าห้องเผาไหม้มากเท่าใดยิ่งทำให้อัตราอัดมากขึ้นเท่านั้น

2.3.3 ประสิทธิภาพการบรรจุสูบ (Volumetric Efficiency)

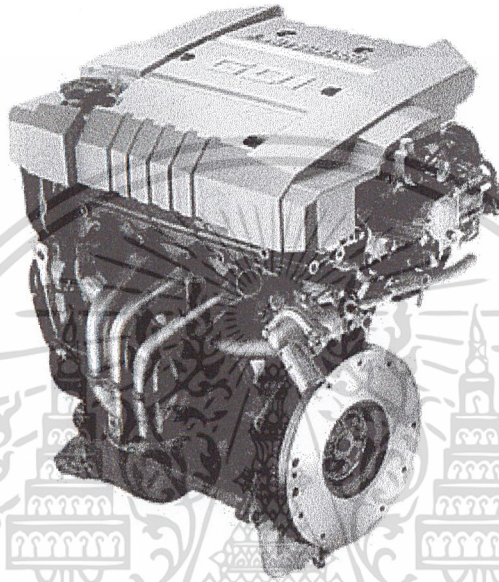
ประสิทธิภาพการบรรจุสูบ คือ การเปรียบเทียบมวลของไอดีที่ดูดเข้าห้องเผาไหม้จริงกับมวลของไอดีที่ดูดเข้าทางทฤษฎี โดยการเห็นได้จากกระบวนการถ่ายเทแก๊สบรรจุสูบ ขณะลิ้นไอเสียและลิ้นไอดีเปิดอยู่พร้อมกันที่จุดปลายสุดของจังหวะคายหรือตำแหน่งโอเวอร์แลป ด้านหน้าของลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียจะถูกปกคลุมหรือตันอยู่ด้วยความดันที่สูงกว่าที่หลังลิ้นไอเสียจากการเกิดแก๊สเผาไหม้ในห้องเผาไหม้แล้วจึงทำให้เกิดกระแสการไหลของแก๊สไอเสียเพิ่มขึ้น กระแสไหลออกของแก๊สไอเสียนี้มีความเร็วการไหลสูงกว่าช่วงการไหลเข้าของแก๊สไอดีบริสุทธิ์และนำไปสู่การไหลเข้าของไอดีทำให้การบรรจุสูบที่ดีขึ้นอีกด้วย เครื่องยนต์ 4 จังหวะจึงต้องมีตำแหน่งโอเวอร์แลปของลิ้นสำหรับเครื่องยนต์ที่ดูดไอดีเข้าเอง ประสิทธิภาพบรรจุสูบจะมีประมาณ 0.7 – 0.9 และประสิทธิภาพบรรจุสูบจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ความยาวและรูปทรงของท่อไอดี ความต้านทานการไหลในกรองอากาศ และช่วงเวลาการเปิดของลิ้น

(ที่มา : จากหนังสือ ทฤษฎีช่างเทคนิคยานยนต์ เครื่องยนต์เบนซิน)

บทที่ 3

หลักการของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนแบบฉีดตรง

เครื่องยนต์มิซูบิชิ จีดีไอ (Mitsubishi GDI) 4G93



รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะรูปร่างของเครื่องยนต์มิซูบิชิ จีดีไอ

ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียดของเครื่องยนต์ 4G93 GDI

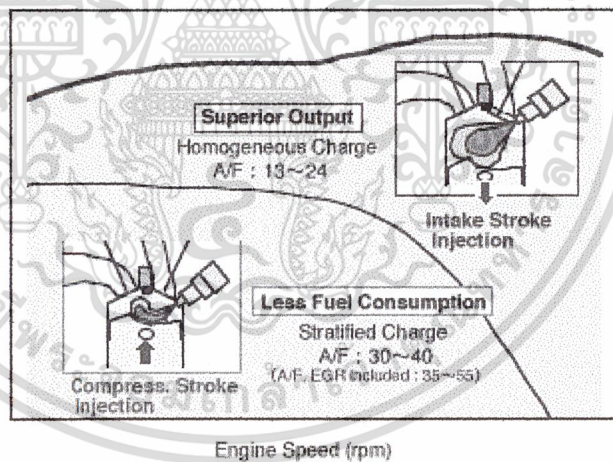
Item		4G93 GDI
Bore x Stroke (mm)		81.0 x 89.0
Displacement (cc)		1834
Number of Cylinder		IL – 4
Valve Train	Configuration	DOHC
	Number of Valve	Intake : 2, Exhaust : 2
Compression Ratio		12
Combustion Chamber		Curve – top Piston
Intake Port		Upright Straight
Fuel System		In – cylinder Direct Injection
Fuel Pressure (kg/cm ²)		50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 หลักการของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนแบบฉีดตรง

3.1.1 ระบบการเผาไหม้สองแบบ

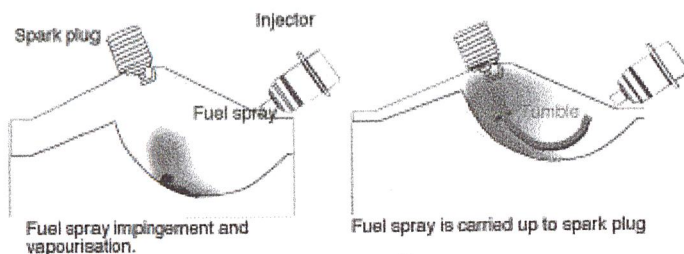
ในการขับขี้อยู่โดยทั่วไป เครื่องยนต์แบบเดิมจะปรับอัตราการฉีดจ่ายเชื้อเพลิงตามภาระที่เกิดขึ้นกับเครื่องยนต์ โดยใช้ระยะเวลาในการยกเข็มของหัวฉีดเป็นตัวแปรกำหนดปริมาณ ซึ่งจะมีอยู่เพียงระบบเดียว แต่ในเครื่องยนต์ จีดีไอ จะสามารถแบ่งการทำงานของระบบฉีดจ่ายเชื้อเพลิงออกได้เป็น 2 ระบบคือ ส่วนผสมบางเป็นพิเศษ (Stratified charge) และ ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียว (Homogenous charge) ในสภาวะการขับขี้อยู่โดยทั่วไปเมื่อความเร็วคงที่และไม่ต้องการเร่งอย่างฉับพลัน เครื่องยนต์ จีดีไอ จะปรับตัวเองเข้าสู่ระบบส่วนผสมบางเป็นพิเศษ เพื่อเป็นการประหยัดน้ำมัน โดยจะฉีดน้ำมันลงไปที่หัวลูกสูบ ในช่วงจังหวะอัด ผลที่ได้คือ เชื้อเพลิงและอากาศจะผสมกันเฉพาะบริเวณรอบๆ หัวเทียน โดยจะใช้เชื้อเพลิงแก่พอให้เครื่องยนต์สามารถดำรงภาระที่มีอยู่ได้ ระบบนี้จะทำให้ประหยัดเชื้อเพลิงและมีประสิทธิภาพสูงเทียบเท่าวัฏจักรของดีเซล เมื่อมีการเร่งเครื่องหรือมีภาระเพิ่มแบบทันทีทันใด เครื่องยนต์จะปรับเข้าสู่ระบบส่วนผสมเป็นเนื้อเดียว โดยเชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าสู่กระบอกสูบครั้งแรกในจังหวะประจุไอดี เป็นผลให้อากาศและเชื้อเพลิงผสมเป็นเนื้อเดียวกัน (คล้ายกับในเครื่องยนต์หัวฉีดแบบเก่า) เป็นผลให้ได้กำลังอย่างเต็มที่ และเนื่องจากเป็นการฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงจึงสามารถกำหนดปริมาณของเชื้อเพลิงที่เข้าได้แม่นยำกว่า เป็นผลให้ได้กำลังสูงกว่า



รูปที่ 3.2 แสดงการแบ่งการทำงานของระบบจ่ายเชื้อเพลิง

3.1.2 ระบบการควบคุมอัตราส่วนผสมของอากาศและเชื้อเพลิงที่แม่นยำ

ระบบการควบคุมของเครื่องยนต์ GDI สามารถควบคุมส่วนผสมได้แม่นยำ โดยอาศัยแนวคิด Wide Spacing โดยที่ละอองของเชื้อเพลิงและอากาศจะถูกควบคุมให้อยู่บริเวณหัวเทียนได้นานกว่าเครื่องยนต์แบบเดิม เป็นผลให้เชื้อเพลิงและอากาศมีเวลาผสมกันมากขึ้น จึงทำให้การผสมเป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้น



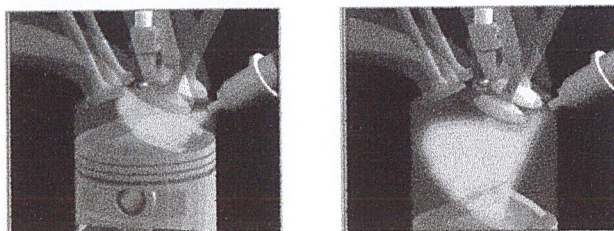
รูปที่ 3.3 แสดงการไหลของเชื้อเพลิงในจังหวะอัด

3.1.2.1 ระบบส่วนผสมบางเป็นพิเศษ

เชื้อเพลิงจะถูกฉีดลงไปตามส่วนโค้งของลูกสูบซึ่งออกแบบมาเป็นพิเศษมากกว่าฉีดโดยตรงไปที่หัวเทียนในระหว่างกระบวนการอัด การเคลื่อนที่ของละอองเชื้อเพลิงโดยส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นเพราะหัวลูกสูบจะเป็นตัวเปลี่ยนทิศทางของละอองเชื้อเพลิง ทำให้เชื้อเพลิงมีการระเหยตัว และเกิดการแพร่หลังจากนั้นแก๊สที่ถูกผสมแล้ว จะถูกลูกสูบดันตัวขึ้นไปในบริเวณใกล้หัวเทียนเพื่อเตรียมที่จะจุดระเบิด จุดที่เหนือกว่าระบบเดิมเป็นอย่างมากคือ ระบบนี้สามารถควบคุมอัตราส่วนผสมของอากาศและเชื้อเพลิง ณ บริเวณหัวเทียนได้อย่างแม่นยำกว่า อีกจุดที่มีการพัฒนาคือท่อไอดีถูกออกแบบมาให้เป็นที่ตรงและสามารถประจําอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ อากาศที่เข้าไอดีจะถูกดูดเข้าสู่กระบอกสูบอย่างเป็นระเบียบในทิศทางที่กำหนด โดยจะพุ่งตรงลงสู่หัวลูกสูบซึ่งจะมีผลทำให้เกิดการหมุนวนในแนวตั้งขึ้นอย่างรุนแรง ซึ่งจะเป็นตัวช่วยพาเชื้อเพลิงเข้าไปสู่หัวเทียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ การใช้หัวฉีดพิเศษซึ่งทำให้ละอองเชื้อเพลิงมีการหมุนควงและมีความเร็วของการหมุนสูง ทำให้สามารถแพร่เชื้อเพลิงออกไปได้กว้างและเร็วจึงไม่ทำให้เชื้อเพลิงพุ่งไปติดตามส่วนที่ไม่ต้องการ เช่น ผนังลูกสูบหรือหัวลูกสูบ

3.1.2.2 ระบบส่วนผสมเป็นเนื้อเดียว

เชื้อเพลิงจะถูกฉีดในช่วงประจําไอดีซึ่งลูกสูบกำลังเคลื่อนตัวลงสู่ศูนย์ตายล่าง เชื้อเพลิงจะเกิดการระเหยตัวไปพร้อมๆ กับอากาศที่ถูกลูกสูบดูดลง เป็นผลให้การผสมตัวเป็นไปอย่างสมบูรณ์ สิ่งสำคัญคือการเลือกจังหวะในการฉีดจ่ายเชื้อเพลิงให้สัมพันธ์กับสภาวะการไหลของอากาศในกระบอกสูบซึ่งจะไม่ทำให้เชื้อเพลิงไปสัมผัสกับชิ้นส่วนใดๆ ในการบอกลูกสูบเลย ซึ่งจะช่วยให้สามารถประจําไอดีได้มากขึ้น และเชื้อเพลิงจะมีการแพร่และผสมกับอากาศเป็นเนื้อเดียวได้อย่างสมบูรณ์



Ultra-lean Combustion Stoichiometric Combustion

รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะการฉีดเชื้อเพลิงในระบบส่วนผสมบางและส่วนผสมเนื้อเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่สามารถนำออกเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากทางมหาวิทยาลัยได้ หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูง

3.2 ประสิทธิภาพของเชื้อเพลิง

จากแนวคิดในข้อที่ 3.1.2 ทำให้การจุดระเบิดโดยใช้ส่วนผสมที่บางมากเป็นไปได้ เป็นผลให้เครื่องยนต์ จีดีไอ มีเสถียรภาพในการจุดระเบิดในสภาวะส่วนผสมบางมาก ซึ่งเป็นผลให้สามารถประหยัดเชื้อเพลิงลงได้ ผลจากแนวคิดในข้อที่ 2 อีกอย่างหนึ่งคือ เราสามารถเพิ่มอัตราส่วนกำลังอัดในห้องเผาไหม้ได้สูงขึ้นกว่าเดิม เนื่องจากการออกแบบห้องเผาไหม้ทั้งหมดไม่มีส่วนใดเอื้อให้เกิดการน็อค (Knock) ประกอบกับ การควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงอย่างแม่นยำ การน็อคจึงไม่เกิดขึ้นซึ่งแทบจะเป็นไปไม่ได้สำหรับเครื่องยนต์แบบเดิม ถ้าใช้กำลังอัดที่เท่ากัน (12:1) จากข้างต้นจึงทำให้เครื่องยนต์ จีดีไอ ประหยัดน้ำมันขึ้นถึง 33% จากการทดสอบการขับในญี่ปุ่น

3.3 ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์

ในช่วงที่เครื่องยนต์รับภาระสูง ระบบฉีดเชื้อเพลิงปรับเข้าสู่ระบบส่วนผสมเป็นเนื้อเดียว ทำให้เกิดส่วนผสมที่เป็นเนื้อเดียวทั่วทั้งห้องเผาไหม้ ซึ่งโดยผิวเผินแล้วจะคล้ายกับเครื่องยนต์แบบเดิม แต่ในความเป็นจริงมีความแตกต่างบางอย่างเกิดขึ้น ส่งผลให้กำลังที่ได้จากเครื่องยนต์ จีดีไอ มีค่าสูงกว่า เหตุผลหลักประการแรกคือ การที่เชื้อเพลิงถูกฉีดออกมาเป็นวงกว้างในทิศทางที่ถูกต้อง และพุ่งตรงเข้ากระบอกสูบทำให้เกิดการระเหยตัวเป็นไอ ในสภาวะนี้อากาศจะสูญเสียความร้อนบางส่วนเพื่อที่จะทำให้เชื้อเพลิงเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอทำให้ไอดีเอ็นตัวลง เพิ่มความสามารถในการประจุไอดีได้มากขึ้นและยังช่วยป้องกันการเกิดการน็อค ทำให้ได้กำลังมากขึ้น อีกเหตุผลหนึ่งคือ เครื่องยนต์ จีดีไอ เกิดการน็อคได้ยากกว่าเครื่องยนต์หัวฉีดแบบธรรมดา ในเครื่องแบบธรรมดาจะเกิดการน็อคอย่างรุนแรงระหว่างจังหวะการเร่ง สาเหตุเนื่องมาจากมีเชื้อเพลิงบางส่วนถูกฉีดไปติดอยู่กับท่อไอดี ส่วนของเชื้อเพลิงที่มีค่าออกเทนต่ำจะถูกดูดเข้าไปในกระบอกสูบอย่างทันทีทันใด เมื่อมันผสมกับอากาศจะเกิดการจุดระเบิดด้วยตัวเองจึงทำให้เกิดการน็อคอย่างรุนแรง แต่กับเครื่องยนต์ จีดีไอ เชื้อเพลิงจะถูกฉีดโดยตรงเข้าสู่กระบอกสูบและเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ด้วยประกายไฟจากหัวเทียน โดยไม่มีเชื้อเพลิงไปติดอยู่ตามผนังกระบอกสูบหรือหัวลูกสูบเลย จึงสามารถระงับการเกิดการน็อคได้อย่างสมบูรณ์ จึงทำให้ได้กำลังที่สูงกว่า

3.4 การลดมลพิษ

แต่ในสภาวะการรวมตัวเป็นเนื้อเดียวของเชื้อเพลิงอาจมีบางส่วนที่ผสมตัวอย่างไม่สมบูรณ์เต็มที่ อาจทำให้เกิดเขม่าขึ้นในกระบอกสูบ จึงได้มีการปรับปรุงเทคนิคใหม่ในการฉีดน้ำมัน โดยแบ่งการฉีดเป็น 2 ครั้ง ในการฉีดครั้งแรกจะฉีดด้วยปริมาตรหนึ่งในสี่ของปริมาตรเชื้อเพลิงรวม ซึ่งจะฉีดในจังหวะประจุไอดี ซึ่งมีมันจะทำให้เกิดส่วนผสมที่บางมากในห้องเผาไหม้และบางเกิน ไปที่จะจุดระเบิดในสภาวะปกติ เชื้อเพลิงส่วนที่เหลือจะถูกฉีดเข้าสู่กระบอกสูบในช่วงจังหวะอัด จึงทำให้เกิดส่วนผสม 2 ส่วน คือ ส่วนที่ส่วนผสมบางมากและส่วนที่มีส่วนผสมหนา การน็อคมักจะเกิดที่ส่วนผสมที่พอดี แต่ทว่าในกระบอกสูบขณะนี้มีแต่ส่วนผสมที่หนาเกิน ไปและบางเกิน ไปที่จะเกิดการน็อค และส่วนผสมที่หนาเกิน ไปนี้ก่อตัวเพียงช่วงระยะสั้นๆ ก่อนที่จะเกิดการจุดระเบิดเพียงเล็กน้อย ซึ่งช่วงเวลาเพียงเท่านั้นไม่เพียงพอที่เชื้อเพลิงจะเกิดปฏิกิริยาทางเคมี ซึ่งเป็นสาเหตุของการน็อค สาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดเขม่า เมื่อส่วนผสมของอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และน้ำมันก่อตัวขึ้นแค่เกิดส่วนผสมที่หนาเกินไปดังเช่นในเครื่องยนต์ซีเซลที่ยังเย็นอยู่ เขม่าจะก่อตัวขึ้น แต่กับระบบฉีดเชื้อเพลิงสองจังหวะ ส่วนผสมหนาจะเกิดขึ้นแค่บางส่วนในห้องเผาไหม้ ซึ่งเมื่อมันจุดระเบิดมันจะส่งผลให้บริเวณที่มีส่วนผสมบางมากซึ่งไม่สามารถจุดระเบิดได้ในสภาวะปกติสามารถจุดระเบิดได้ เมื่อบริเวณที่มีส่วนผสมบางจุดระเบิดจะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีดำเนินย้อนกลับ ไปสู่บริเวณที่มีส่วนผสมหนา ทำให้เกิดการจุดระเบิดอีกครั้งซึ่งจะเป็นได้ว่าจะข้ามกระบวนการการเกิดเขม่าไปได้ ส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่งคือ การลดมลพิษ โดยใช้การควบคุมการฉีดจ่ายเชื้อเพลิงอย่างแม่นยำ เราสามารถลดคาร์บอนมอนอกไซด์ลงได้ไม่ยาก ตอนนี้เราจึงมุ่งประเด็นสนใจไปยังการลดไฮโดรคาร์บอนและไนโตรเจนออกไซด์ โดยใช้ระบบวาล์วกรองไอเสียให้ถึงอุณหภูมิทำงานเร็วขึ้นโดยในช่วงที่เครื่องยนต์เพิ่งจะเริ่มทำงาน อุณหภูมิของตัวกรองไอเสียต่ำกว่า 250 องศาเซลเซียส จะมีการฉีดเชื้อเพลิงเพิ่มในจังหวะคายไอเสียเพื่อให้มีการเผาไหม้ร่วมกับไอเสีย เป็นผลให้อุณหภูมิไอเสียสูงขึ้น จึงทำให้อุณหภูมิของตัวกรองไอเสียถึงจุดที่จะทำงานได้เร็วขึ้นซึ่งเป็นไปได้เลยสำหรับเครื่องยนต์แบบเก่าร่วมด้วยการใช้ EGR Control Valve ที่มีประสิทธิภาพ จึงสามารถลดมลพิษที่เกิดขึ้นได้มากกว่าเครื่องยนต์แบบเก่า

(ที่มา : <http://www.mitsubishi-motors.co.jp/GDI2000>)



บทที่ 4

เชื้อเพลิงและการเผาไหม้

4.1 เชื้อเพลิงและการเผาไหม้

เชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์เผาไหม้ภายในเป็นสารผสมไฮโดรคาร์บอน ที่มีโมเลกุลและน้ำหนักต่างๆ กัน สารผสมไฮโดรคาร์บอนนี้ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบปิโตรเลียม ซึ่งสามารถแบ่งน้ำมันดิบเป็น 2 ชนิด คือ เป็น Paraffin base หรือ Naptha base ในกรการกลั่นแยกส่วนต่างๆ ออกจากกันนั้น อาศัยสารไฮโดรคาร์บอนที่มีจุดเดือดต่างกัน ส่วนเบาที่มีจุดเดือดต่ำกว่า เช่น C_4H_{10} (butane) C_3H_8 (propane) C_2H_6 (ethane) จะแยกออกมา ก่อน แล้วต่อมาก็จะเป็นแก๊สโซลีน แนปทา คีโรซีน ดีเซล น้ำมันหล่อลื่น และขี้ผึ้งหรือยางมะตอย

4.2 คุณสมบัติของเชื้อเพลิง

4.2.1 ค่าความร้อนเชื้อเพลิง (Heating Value)

คือ ปริมาณความร้อนที่เชื้อเพลิงให้หลังจากการเผาไหม้ต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักซึ่งอาจหาค่าได้โดยใช้แก๊สแคลอริมิเตอร์ หรือบอมบ์แคลอริมิเตอร์ก็ได้ ค่าความร้อนที่ทดลองได้จากแคลอริมิเตอร์จะเป็นค่าความร้อนสูงกว่า (Higher heating valve) สำหรับในการใช้งานมักจะใช้ค่าความร้อนต่ำกว่า (Lower heating valve) มาใช้ในการคำนวณ

ค่าความร้อนจากเชื้อเพลิงอาจคำนวณจากสูตรได้

$$GCV = (33800 \times C) + (144000 \times H) + (9300 \times S) \text{ kJ/kg}$$

GCV = Gross Calorific Value

$$1 \text{ kg C เผาเป็น } CO_2 \text{ หมดจะให้ความร้อน} = 33800 \text{ kJ}$$

$$1 \text{ kg C เผาเป็น } O_2 \text{ กลายเป็น } H_2O \text{ ให้ความร้อน} = 144000 \text{ kJ}$$

$$1 \text{ kg C เผาเป็น } O_2 \text{ กลายเป็น } SO_2 \text{ ให้ความร้อน} = 9300 \text{ kJ}$$

4.2.2 ความสามารถในการระเหย (Volatility)

คือ ความสามารถในการระเหยต่ออุณหภูมิของเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอน และคุณสมบัติของการระเหยต่ออุณหภูมินี้ มีความสำคัญต่อการใช้งาน คือ เชื้อเพลิงส่วนที่ระเหยเท่านั้นจึงจะเกิดการสันดาป อุณหภูมิในการใช้งานของเครื่องยนต์มีค่าต่างๆกัน จึงจำเป็นต้องเลือกเชื้อเพลิงที่เหมาะสมกับอุณหภูมินั้นๆ เพื่อให้เกิดการสันดาปที่สมบูรณ์

4.2.3 นัมเบอร์ออกเทน (Octane Number)

คือ ตัวเลขบอกความต้านทานต่ออุณหภูมิ และความดันในการติดไฟ ถ้าความดันและอุณหภูมิสูง เชื้อเพลิงยังไม่ติดไฟ ก็เรียกว่า เชื้อเพลิงนั้นมีนัมเบอร์ออกเทนสูงโดยเทียบกับเชื้อเพลิง Iso-octane

C_8H_{18} ซึ่งมีนัมเบอร์ออกเทนเท่ากับ 100 และเชื้อเพลิง Normal heptane C_7H_{16} ซึ่งมี นัมเบอร์ออกเทนเท่ากับ 0

ในการทำให้น้ำมันเบนซิน หรือที่เรียกว่า แก๊สโซลีน นั้นมีนัมเบอร์ออกเทนสูงขึ้น มักจะใช้สารตัวเติม $C_8H_{20}Pb$ Tetra-ethyl-lead ปริมาณที่เติมต้องไม่เกิน 4 cc/gallon เพราะหากไปจะไม่เพิ่มนัมเบอร์ออกเทนนอกจากนั้น ยังเกิดมลพิษเนื่องจากไอตะกั่ว หลังการเผาไหม้อีกด้วย

4.2.4 จุดวาบไฟ (Flash Point)

คือ อุณหภูมิที่เชื้อเพลิงสามารถจะให้ไอ และติดวาบไฟขึ้นได้

4.2.5 จุดติดไฟ (Fire Point)

คือ อุณหภูมิที่เชื้อเพลิงสามารถจะให้ไอ และติดไฟต่อไปได้เอง

4.2.6 ความถ่วงจำเพาะ

คือ น้ำหนักของน้ำมันต่อปริมาตรของน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน ธรรมดาทั่วไปนิยมใช้เป็น API Gravity (American Petroleum Institute) ซึ่งโดยทั่วไป ถ้า API Gravity สูง น้ำมันนั้นจะมีค่าซีเทนสูงด้วย

4.3 กระบวนการเผาไหม้

การเกิดการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง อาจเป็นเชื้อเพลิงแข็ง เหลว หรือก๊าซก็ได้ หลังจากการเผาไหม้แล้วก็จะให้พลังงานความร้อนออกมา ซึ่งจะนำไปแปลงเป็นพลังงานรูปอื่นตามต้องการได้ ในกระบวนการสันดาป ต้องหาวิธีที่ทำให้ง่าย และหลังสันดาปแล้วให้พลังงานมาก และสามารถจะควบคุมพลังงานนั้นได้ด้วย ในการเกิดการสันดาปนั้น เป็นการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีของสารขึ้น ซึ่งมี 2 แบบ คือ

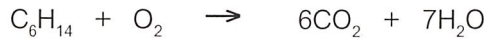
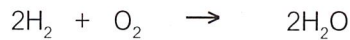
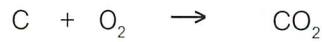
Exothermic Reaction คือ การเกิดปฏิกิริยาทางเคมีแล้วมีการคายหรือจ่ายพลังงานออกจากกระบวนการ

Endothermic Reaction คือ การเกิดปฏิกิริยาทางเคมีโดยมีการดูดพลังงานความร้อนเข้าไปเพื่อทำปฏิกิริยา

1. อากาศในการเกิดการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงนั้น จำเป็นต้องมีออกซิเจนเข้าช่วยในการทำปฏิกิริยา ออกซิเจนที่นำมาใช้ในกระบวนการก็มักจะเป็นออกซิเจนจากอากาศธรรมดา ในอากาศทั่วไปนั้นนอกจากจะมีออกซิเจนแล้วยังมีสารอื่นปนอยู่ด้วย คือ ไนโตรเจน อาร์กอน ฮีเลียม คริปทอน ซีนอน คาร์บอนไดออกไซด์ และไอน้ำ แต่ส่วนผสมส่วนใหญ่จะเป็น O_2 และ N_2 ส่วนสารอื่นๆ ดังกล่าวข้างต้นนั้นมีน้อยมาก

2. สมการของการเผาไหม้ การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงก็ใช้ปฏิกิริยาเคมีธรรมดา โดยเขียนสมการเคมีขึ้นแล้วก็ Balance สมการให้เกิดการสมดุลกัน เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



4.4 การเผาไหม้ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

การสันดาปในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนจะมีประสิทธิภาพดีและให้มลพิษที่เป็นพิษน้อยนั้น มีแฟกเตอร์ที่จะต้องควบคุมหลายตัว และบางตัวจะมีความสัมพันธ์หรือผลกระทบต่อกัน นอกจากนั้น รูปแบบห้องเผาไหม้ จังหวะการจุดระเบิด และตัวแปรต่างๆ ของเครื่องยนต์ยังมีผลกระทบต่อการสันดาปด้วย ซึ่งในทางปฏิบัติ จะต้องพิจารณาแต่ละค่าให้เหมาะสม (Optimum) เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีมลพิษที่อยู่ในขีดจำกัดด้วย

4.4.1 อัตราส่วนอากาศและน้ำมัน

การจุดระเบิดและการสันดาปที่ติดนั้น จะมีผลเนื่องมาจากอัตราส่วนของอากาศและเชื้อเพลิงมาก โดยเฉพาะต้องอยู่ในช่วงที่เหมาะสม ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อการลามของเปลวและอุณหภูมิของเปลว

การลามของเปลวในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่เหมาะสมนั้น จะต้องมีอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงในช่วง 10 - 17 อุณหภูมิเปลวสูงสุดนั้นจะเกิดเมื่อส่วนผสมหนาเล็กน้อย คืออยู่ในช่วงประมาณ 13.5 หรือ 14 (ส่วนผสมที่พอดี หรือ Stoichiometric ratio นั้น ประมาณ 14.6 ขึ้นอยู่กับกระบวนการกลั่นของน้ำมันจากโรงกลั่น) และอุณหภูมิเปลวจะลดลงเมื่อส่วนผสมหนาขึ้นหรือบางลง และอุณหภูมิจะต่ำสุดเมื่อถึงอัตราส่วนของสารผสมน้ำมันและอากาศที่เปลวไม่สามารถจะลามต่อไป

ความเร็วสูงสุดของเปลวจะเกิดที่อัตราส่วนของอากาศและเชื้อเพลิงต่ำกว่า อยู่ในช่วงประมาณ 12 หรือ 13 และจะลดลงไม่ว่าอัตราส่วนจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามแบบกราฟของอุณหภูมิ สำหรับกำลังจากเครื่องยนต์นั้นจะเพิ่มหรือลดตามกราฟของความเร็วของอุณหภูมิเปลว

อย่างไรก็ดี ประสิทธิภาพเชิงความร้อนจะมีค่าสูงสุดเมื่ออัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงมีค่า 16 ซึ่งเป็นค่าที่มีส่วนผสมบาง ดังนั้น อัตราการกินน้ำมันจำเพาะซึ่งเป็นส่วนกลับกับประสิทธิภาพเชิงความร้อนจึงมีค่าต่ำสุดที่อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง 16

สำหรับการเร่งเครื่องยนต์ในขณะที่มีภาระสูงนั้น จะต้องเพิ่มส่วนผสมให้หนาขึ้น ซึ่งนักขับรถทราบดีก็คือ เร่งความเร็วรถ โดยการเหยียบคันเร่ง ซึ่งจะเป็นผลให้เกิดคาร์บอนมอนอกไซด์ และไฮโดรคาร์บอน เนื่องจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์

4.4.2 กระบวนการลามของเปลว

การลามของเปลวในส่วนผสมต้องการเวลา ดังนั้นจึงต้องตั้งไฟให้จุดก่อนลูกสูบจะถึงจุดศูนย์กลางบน และต้องให้ไฟลามและสันดาปไปตามเวลาที่กำหนด เมื่อเริ่มจุดไฟที่หัวเทียน เปลวจะเริ่มลามออกจากปลายจุดที่หัวเทียนออกไปหาส่วนผสมดังคลื่นเคลื่อนออกไป เปลวไฟจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ส่วนผสมที่เผาแล้วก็จะอัดมาด้านหลังเปลว ดังนั้น ความดันจะเพิ่มขึ้นเป็นอัตราส่วน โดยตรงกับการลามของเปลวหรืออัตราความเร็วของเปลว ซึ่งถือเป็นแฟกเตอร์ที่สำคัญที่สุดในการสันดาปในเครื่องยนต์เบนซิน

ความเร็วของเปลวขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของส่วนผสมความดัน ปริมาณแก๊สข้างในกระบอกสูบและอัตราส่วนของส่วนผสมด้วย และที่มีผลกระทบมากคือ ความไม่แน่นอนของส่วนผสมซึ่งเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ดังนั้น จะเห็นว่า ความเร็วของการลามของเปลวจะเป็นอัตราส่วน โดยตรงกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ส่วนผสมต่างๆ กันนั้นจะถูกแจกจ่ายจากคาร์บูเรเตอร์เข้าไปตามสูบต่างๆ ของเครื่องยนต์ ซึ่งครอบคลุมความเร็วรอบตั้งแต่ 600 - 800 รอบต่อนาที ดังนั้นเพื่อให้ได้การเผาไหม้ที่มีประสิทธิภาพ ได้มีการปรับตั้งเวลาการจุดระเบิดเพื่อให้เหมาะสมกับการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของเครื่องยนต์ดังกล่าว การจุดระเบิดที่เร็วเกินไปหรือล่าเกินไปจะก่อให้เกิดความดันที่ไม่เหมาะสมในกระบอกสูบ ดังนั้น เวลาการจุดระเบิดที่ถูกต้องเท่านั้นที่จะให้กำลังสูงสุดจากเครื่องยนต์ การตั้งเวลาการจุดที่ถูกต้องนั้นค่อนข้างจะทำให้ยาก เพราะขึ้นอยู่กับแฟกเตอร์หลายตัวที่มีความสัมพันธ์ต่อกันด้วย คืออัตราส่วนอากาศต่อน้ำมัน งานที่ใช้ในการดูดไอดี ความเร็วรอบ และอื่นๆ ดังกล่าวมาแล้ว ที่สามารถตั้งเวลาการจุดในปัจจุบัน ทำเพียงตั้งค่าที่เหมาะสมที่สุดเท่านั้น

กำลังไฟจากหัวเทียนที่ใช้จุดระเบิดนั้น จะใช้น้อยที่สุดเมื่อส่วนผสมหนากว่าที่ควรจะเป็นเล็กน้อย และกำลังไฟจะใช้มากขึ้นหากส่วนผสมบางลง และอาจต้องขยายความห่างของขี้หวหัวเทียนด้วย

4.4.3 การแปรปรวนของวัฏจักรต่อวัฏจักร (Cyclic Variation)

เป็นการยากมากที่จะควบคุมให้ส่วนผสมที่เข้าลูกสูบทุกครั้งคงที่ตลอด เพราะส่วนผสมแต่ละครั้งที่ถูกอัดเข้านั้นขึ้นอยู่กับ การดูดของไอดี จังหวะการอัด การขยายของลูกสูบ การปล่อยไอเสีย ซึ่งควบคุมให้คงที่ไม่ได้ นอกจากนี้ ทั้งรูปแบบของเปลวและความเร็วในการสันดาปยังขึ้นอยู่กับปริมาณแก๊สข้างและเวลาของการผสมนั้น รวมทั้งหยดน้ำมันที่ไม่ระเหยในส่วนผสม เป็นเหตุให้ส่วนผสมไม่แน่นอน กระบวนการลามของเปลวจะเปลี่ยนแปลงไปหากแฟกเตอร์ต่างๆ ดังกล่าวเปลี่ยน ดังนั้นความดันในกระบอกสูบจึงแปรปรวนตลอดและในแต่ละวัฏจักรความดันก็จะเปลี่ยนแปลงและต่างกันไปด้วย

หากการเผาไหม้แปรปรวนไปมาก สมรรถนะของเครื่องยนต์ก็จะตกและเครื่องจะไม่เรียบ สภาพของการเผาไหม้ดังกล่าวควรจะให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด การเผาไหม้ที่แปรปรวนไปมากนี้ส่วนใหญ่จะเกิดเมื่อส่วนผสมบาง นี่ก็คือเหตุผลอีกข้อหนึ่งที่ทำให้เครื่องยนต์เบนซินทำงานได้ไม่ดีเท่าที่ควรขณะที่ส่วนผสมบาง

(ที่มา : จากหนังสือ ไอเสียจากเครื่องยนต์และการควบคุม)

4.5 เชื้อเพลิงเอทานอล

เอทานอลเป็นแอลกอฮอล์ชนิดหนึ่ง เป็นของเหลวใส ไม่มีสี มีกลิ่นเฉพาะตัว สามารถรวมตัวกับน้ำได้ เป็นอย่างดี จัดเป็นสาร Oxygenate ชนิดหนึ่งที่สามารถใช้ทดแทน MTBE ได้ แต่เอทานอลเป็นสารที่มีการระเหยตัวสูงและละลายน้ำได้ดี ดังนั้นเมื่อนำมาผสมในแก๊สโซลีนจะทำให้คุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่ได้เปลี่ยนแปลงไป

ตารางที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ ของเชื้อเพลิง

	Gasoline	Ethanol
Molecular Weight	111	46
Heating Value HHV (kJ/kg)	47300	29710
LHV (kJ/kg)	43000	26950
Stoichio metric (AF)s	14.6	9
(FA)s	0.069	0.111
Octane Number MON	80-90	89
RON	92-99	107
Heat of Vaporization	307	873
Density	0.70-0.78	0.794

4.5.1 คุณสมบัติโดยทั่วไปของเอทานอล

4.5.1.1 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่า ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงของแก๊สโซลีนมากเป็น 1.6 เท่าของเอทานอล ดังนั้นการที่จะให้เครื่องยนต์ซึ่งใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงแล้วได้กำลังเท่ากับเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนแล้ว จำเป็นต้องใช้ปริมาณเอทานอลเป็น 1.6 เท่าของแก๊สโซลีน

4.5.1.2 ปริมาณของอากาศต่อเชื้อเพลิง

ปริมาณของอากาศต่อเชื้อเพลิงที่จำเป็นต้องใช้ สำหรับการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ของเอทานอลคือ 9:1 และของแก๊สโซลีนเป็น 14.6:1 โดยน้ำหนัก ดังตารางที่ 4.1

4.5.2 คุณสมบัติของส่วนผสมของแก๊สโซลีนและเอทานอล

4.5.2.1 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

เมื่อเชื้อเพลิงมีเปอร์เซ็นต์ของเอทานอลเพิ่มขึ้น ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงนั้นจะลดลงตามลำดับ อันเนื่องมาจากค่าความร้อนของเอทานอลน้อยกว่าแก๊สโซลีนนั่นเอง

4.5.2.2 ปริมาณของอากาศต่อเชื้อเพลิง

เมื่อเชื้อเพลิงมีเปอร์เซ็นต์ของเอทานอลเพิ่มขึ้น ปริมาณของอากาศต่อเชื้อเพลิงจะลดน้อยลงตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณของอากาศต่อเชื้อเพลิงที่ส่วนผสมต่างๆ

Gasoline - Alcohol		AF Ratio
100	0	14.6:1
90	10	14.45:1
80	20	14.2:1
70	30	14.05:1
0	100	9:1

4.5.2.3 ค่าความถ่วงจำเพาะและค่าความหนืดของส่วนผสม

ค่าความถ่วงจำเพาะของส่วนผสมมีค่าต่ำกว่าที่คำนวณได้จากแต่ละชนิดนำมาผสมกัน ซึ่งแสดงว่า มีการขยายตัวเมื่อผสมกัน การขยายตัวนี้มีมากถึง 0.3 เปอร์เซ็นต์

ค่าความหนืดของเอทานอล มีค่ามากกว่าของแก๊สโซลีน แต่ความหนืดของส่วนผสมของเอทานอลและแก๊สโซลีน มีค่ามากกว่าของแก๊สโซลีนอย่างเดียว จนกระทั่งเมื่อเอทานอลมีมากถึง 5 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไปในส่วนผสม ค่าความหนืดของส่วนผสมก็จะเพิ่มมากขึ้น ตามปริมาณของเอทานอลที่มีในส่วนผสม ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความถ่วงจำเพาะและค่าความหนืดของส่วนผสม

Gasoline - Alcohol		Sp. Gr.	Abs. Viscosity
100	0	0.742	0.00525
90	10	0.746	0.00552
0	100	0.794	0.0173

4.6 ความสามารถในการละลายได้ของเอทานอลในแก๊สโซลีน

ความสามารถในการละลายได้ของเอทานอลในแก๊สโซลีน ขึ้นอยู่กับ

1. อุณหภูมิ
2. ปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในเอทานอล และปริมาณของเอทานอลในส่วนผสม
3. ชนิดของแก๊สโซลีนในส่วนผสม

อุณหภูมิของส่วนผสมมีอิทธิพลต่อการรวมกันของเอทานอลและแก๊สโซลีน ส่วนผสมจะคงสภาพได้ดีที่อุณหภูมิสูง ในขณะที่เดียวกัน ปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในเอทานอลก็เข้ามาบีบหนาทด้วย แก๊สโซลีนและเอทานอลสามารถละลายเข้ากันได้ในทุกสัดส่วนและทุกอุณหภูมิ แต่ถ้ามีน้ำอยู่ในส่วนผสมแล้ว ความสามารถในการละลายจะลดลง ดังนั้นการเพิ่มปริมาณของน้ำในส่วนผสม จะทำให้ส่วนผสมมีโอกาสแยกตัวออกจากกันได้ง่ายขึ้น โดยปกติแล้ว ในฤดูหนาวถ้ามีปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในเอทานอลเกิน 1 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป จะทำให้ส่วนผสมแยกตัวออกจากกัน แต่ในขณะที่ปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในเอทานอลไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผสมจะยังคงอยู่ได้ ในฤดูร้อน การเพิ่มปริมาณของเอทานอลในส่วนผสมจะช่วยให้ส่วนผสมคงตัวยิ่งขึ้น เพราะจะทำให้เปอร์เซ็นต์ของน้ำในเอทานอลลดลง นอกจากนี้ แก๊สโซลีนชนิด Unsaturated or Aromatic Hydrocarbons จะทำให้ส่วนผสมคงตัวดีกว่าพวก Saturated Aliphatic Hydrocarbons ในปริมาณของน้ำที่กล่าวถึงข้างต้น

(ที่มา : จากหนังสือ น้ำมันผสม Ethanol ใช้กับรถของท่านได้จริงหรือ?)

บทที่ 5

มลพิษจากการเผาไหม้

5.1 มลพิษจากเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

เชื้อเพลิงที่ใช้ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนจะเป็นเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนหรือก๊าซหุงต้มก็ได้ ซึ่งเชื้อเพลิงจะถูกดูดเข้าไปในคาร์บูเรเตอร์ผสมกับอากาศเป็นอย่างดีแล้วจึงแจกจ่ายต่อไปยังห้องเผาไหม้ ในกระบวนการเผาไหม้ คาร์บอนไดออกไซด์ และ น้ำ จะเกิดขึ้นแน่ แต่เนื่องจากในอากาศมีปริมาณไนโตรเจนอยู่ด้วยร้อยละ 79 ในสถานะที่อุณหภูมิสูงก็อาจทำให้เกิดไนโตรเจนออกไซด์ (Nox) ได้ (ส่วนใหญ่จะเป็น ไนโตรเจนมอนอกไซด์ และ ไนโตรเจนไดออกไซด์) คาร์บอนมอนอกไซด์ก็อาจเกิดได้เนื่องจากการสันดาปที่ไม่สมบูรณ์ แต่ถ้าได้ ออกซิเจน เพิ่มขึ้น ก็จะเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไป ในขณะเดียวกัน ไฮโดรคาร์บอน ก็อาจเกิดขึ้นได้หากการสันดาปไม่สมบูรณ์ และจะปล่อยออกมาในจังหวะคาย ดังนั้น ไอเสียจะมีส่วนประกอบต่างกัันขึ้นอยู่กับกระบวนการเผาไหม้และแฟกเตอร์อื่นๆ ที่สัมพันธ์กัน ส่วนประกอบของไอเสียในขณะที่มีอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงพอดี (Stoichiometric) และเผาไหม้ตามปกตินั้นอาจเป็นไปตามตารางข้างล่าง

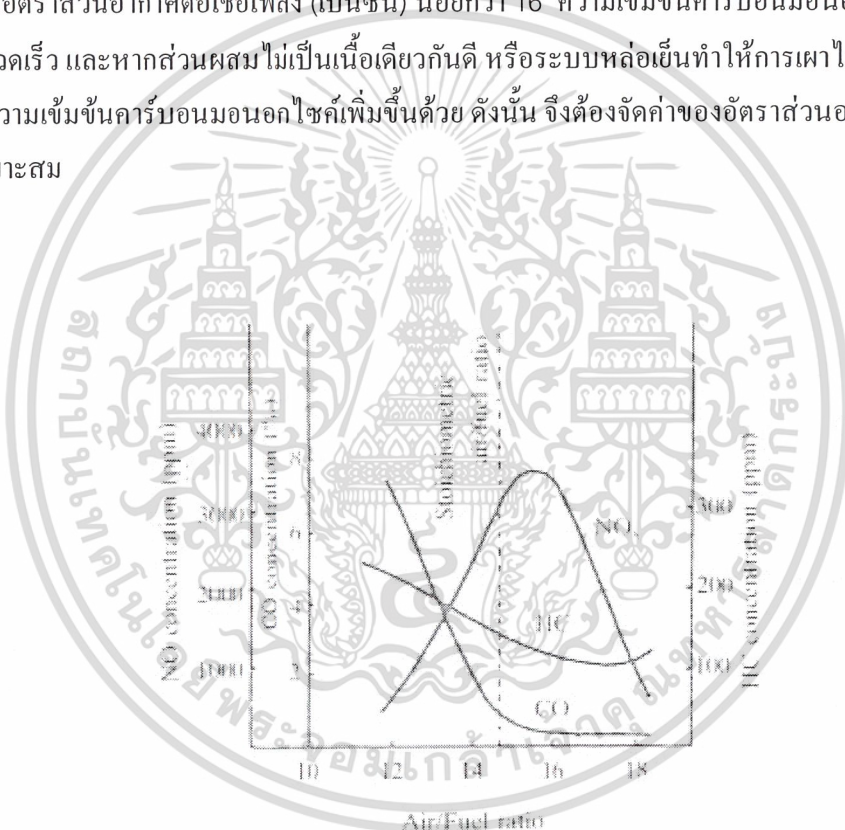
ตารางที่ 5.1 แสดงส่วนประกอบไอเสียเมื่อมีอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงพอดี

ส่วนประกอบ	ปริมาตร %
N ₂	83.5
O ₂ (รวม argon ด้วย)	2.22
CO ₂	13.0
H ₂	0.23
CO	0.97
HC	205 ppm
NO	2900 ppm
NO ₂	18 ppm

- หมายเหตุ
1. เชื้อเพลิงเบนซินที่มีอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง 14.7
 2. ค่าต่าง ๆ ไม่รวมความชื้นและน้ำ
 3. 1% = 10,000 ppm

5.1.1 คาร์บอนมอนอกไซด์

ความเข้มข้นของคาร์บอนมอนอกไซด์ในภาวะสมดุล (Equilibrium คือ อุณหภูมิและความดันคงที่ที่ขณะหนึ่ง) จะลดลงอย่างรวดเร็วหากเพิ่มอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง และอุณหภูมิของก๊าซที่เผาไหม้ก็จะลดลงด้วย และหากปฏิกิริยาทางเคมีสมดุลด้วย ความเข้มข้นของคาร์บอนมอนอกไซด์ที่อุณหภูมิไอเสียจะต่ำเมื่อส่วนผสมบางและจะมีปริมาณออกซิเจนเหลือเพื่อ แต่ความจริงแล้ว ความเข้มข้นของ คาร์บอนมอนอกไซด์ไม่เป็นไปตามภาวะสมดุล คาร์บอนมอนอกไซด์จะเข้มข้นกว่า ทำให้อุณหภูมิและความดันของไอเสียไม่เป็นไปตามอัตราส่วนอากาศและเชื้อเพลิง เนื่องจากความเร็วในการออกซิไดซ์ของ คาร์บอนมอนอกไซด์หยุดไปเฉย ๆ จึงทำให้เกิด คาร์บอนมอนอกไซด์เข้มข้นมากในจังหวะคายของ ลูกสูบ ความเข้มข้นของคาร์บอนมอนอกไซด์ในไอเสียเกือบจะเป็นผลโดยตรงจากอัตราส่วนอากาศและเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (เบนซิน) น้อยกว่า 16 ความเข้มข้นคาร์บอนมอนอกไซด์จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และหากส่วนผสมไม่เป็นเนื้อเดียวกันดี หรือระบบหล่อเย็นทำให้การเผาไหม้หยุดชะงัก จะทำให้ความเข้มข้นคาร์บอนมอนอกไซด์เพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้น จึงต้องจัดค่าของอัตราส่วนอากาศและเชื้อเพลิงที่เหมาะสม



รูปที่ 5.1 แสดงความเข้มข้นของสารพิษที่อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงต่างๆ

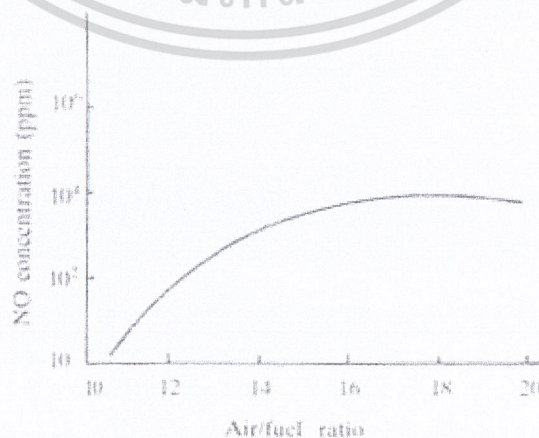
5.1.2 ไฮโดรคาร์บอน

ที่อุณหภูมิสูง ความเร็วในการออกซิไดซ์ของไฮโดรคาร์บอนจะเร็วมาก โดยทั่วไปเชื่อว่าไฮโดรคาร์บอนที่เกิดในไอเสียเนื่องจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ โดยเฉพาะส่วนผสมหนา สาเหตุของไฮโดรคาร์บอนที่ไม่เผาไหม้นั้น ค่อนข้างยุ่งยาก ธรรมดาผนังห้องเผาไหม้จะมีอุณหภูมิต่ำ และเปลวจะไม่

สูง และหากยังมีปริมาณออกซิเจนเหลือในกระบอกสูบมาก จะเห็นว่ายังเผาไหม้ได้ต่อไป และหากอุณหภูมิไอเสียสูง การเผาไหม้อาจเผาไปเรื่อยๆ จนวาล์วไอเสียเปิดแล้วยังเผาต่อไปในท่อไอเสีย อย่างไรก็ตาม ปริมาณไฮโดรคาร์บอนจะเพิ่ม หากอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงลดลงเพราะปริมาณออกซิเจนช่วยในการเผาไหม้ไม่พอ ความหนาของส่วนผสมที่ติดผนังห้องเผาไหม้ (Flame Extinguishing Bed) จะน้อยมากหากส่วนผสมหนาเล็กน้อย (มากกว่าที่ Stoichiometric) และความหนาจะเพิ่มขึ้นเมื่อส่วนผสมมากกว่าหรือบางกว่า ยิ่งกว่านั้น ความหนาของส่วนผสมที่ติดผนังยังเป็นอัตราส่วนกลับกับความดัน หากอัตราส่วนพื้นที่ต่อปริมาตร (S/V ratio) ของห้องเผาไหม้สูง อัตราการไหลของส่วนผสมเข้าผนังจะมากขึ้น และจะสูญเสียความร้อนไป เป็นผลให้อุณหภูมิของก๊าซที่เผาไหม้ลดลง ซึ่งจะทำให้ปริมาณไฮโดรคาร์บอนเพิ่มขึ้น การหยุดลามของเปลวตามช่วงที่ติดผนังห้องเผาไหม้ทั้งด้านข้างและด้านบนของลูกสูบเป็นสาเหตุของการไฮโดรคาร์บอนทั้งสิ้น ในกรณีของส่วนผสมบางมาก การลามของเปลวช้า การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์แม้ว่าวาล์วไอเสียจะเปิดแล้ว ดังนั้นการเดินเครื่องในขณะส่วนผสมบางมากๆ จะทำให้เกิดไฮโดรคาร์บอนมาก นอกจากนี้หากส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกันดีมากจะมีการเผาไหม้ที่ดีขึ้น ลดไฮโดรคาร์บอนลงไปได้บ้าง ปริมาณของก๊าซข้างสูง ทำให้ส่วนผสมปรวนแปร จะทำให้เปลวอาจจะไม่ลามต่อไป ในเครื่องยนต์ 2 จังหวะหรือเครื่องยนต์โรตารี ขณะความเร็วรอบต่ำในจังหวะคายจะมีปริมาณไฮโดรคาร์บอนมากในไอเสีย

5.1.3 ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x)

ไนโตรเจนออกไซด์จากเครื่องยนต์เบนซินส่วนใหญ่จะเป็นสารประกอบของไนโตรเจนมอนอกไซด์ และมี ไนโตรเจนไดออกไซด์ เล็กน้อย และหากไนโตรเจนมอนอกไซด์ ถูกปล่อยออกไปในอากาศ จะ ออกซิไดซ์ต่อไปทันทีเป็นไนโตรเจนไดออกไซด์ ความเข้มข้นของไนโตรเจนมอนอกไซด์ในไอเสียขึ้นตรงกับอุณหภูมิสูงสุดของการสันดาป และอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง ความเข้มข้นของไนโตรเจนมอนอกไซด์ที่ภาวะสมดุลระหว่างการเผาไหม้แบบปริมาตรคงที่นั้นจะสูงสุดที่อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง(เบนซิน) = 18 ไม่รวมการสูญเสียความร้อนไป

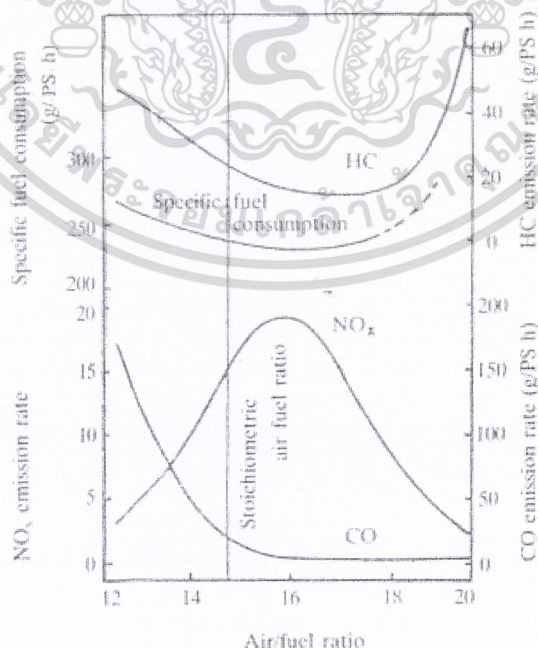


รูปที่ 5.2 แสดงความเข้มข้นของไนโตรเจนมอนอกไซด์ที่ภาวะสมดุลเมื่อปริมาตรคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากใช้ส่วนผสมหนาจะเห็นว่า ปริมาณไนโตรเจนมอนอกไซด์ลดลงเร็วมาก ความเข้มข้นของไนโตรเจนมอนอกไซด์ในไอเสียจากเครื่องยนต์จริงจะสูงกว่ามากไม่เป็นไปตามภาวะสมดุล เป็นผลกระทบต่ออุณหภูมิความดันระหว่างจังหวะคายด้วย ความเร็วของการออกซิไดซ์ของไนโตรเจนมอนอกไซด์จะช้ามาก การเกิดไนโตรเจนมอนอกไซด์ในเครื่องยนต์ เนื่องจากส่วนผสมบางส่วนอยู่ในภาวะอุณหภูมิสูงนานเกินไปไนโตรเจนมอนอกไซด์เกิดขึ้นเรื่อย ๆ ในก๊าซที่เผาไหม้แล้วจนถึงขีดสูงสุดของความเข้มข้นในภาวะสมดุล หลังจากนั้นไนโตรเจนมอนอกไซด์จะแตกตัวในจังหวะคาย ความเข้มข้นจะลดลงไปเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม การแตกตัวของไนโตรเจนมอนอกไซด์เกิดขึ้นช้ามาก ความเข้มข้นลดลงน้อยมากเทียบกับอุณหภูมิที่ลด ปริมาณไนโตรเจนมอนอกไซด์ที่ออกในไอเสียจึงสูง

ในกรณีของส่วนผสมบางจะเห็นว่า เมื่อปริมาณไนโตรเจนมอนอกไซด์ขึ้นสูงสุดแล้วจะไม่ลดอีกต่อไป ทั้งนี้เนื่องจากหลังจากเกิดไนโตรเจนมอนอกไซด์แล้ว ความเข้มข้นของไนโตรเจนมอนอกไซด์ไม่เป็นไปตามอุณหภูมิแล้ว และ ไนโตรเจนมอนอกไซด์แตกตัวช้ามาก แลยทำให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนมอนอกไซด์คงที่ตลอด สำหรับส่วนผสมบางส่วนที่เผาไหม้ที่หลังนั้น เนื่องจากอุณหภูมิของการดับลดลงแล้ว และเวลาของแก๊สที่อยู่ในห้องเผาไหม้ไม่นาน ปริมาณไนโตรเจนมอนอกไซด์จากแก๊สส่วนหลังจึงน้อยมาก กระบวนการเกิดไนโตรเจนมอนอกไซด์ในห้องเผาไหม้นั้น ยังต้องศึกษาทำการวิจัยอีกมาก กระบวนการเกิดไนโตรเจนมอนอกไซด์บางส่วนยังไม่สามารถอธิบายได้ ที่ทำมาแล้วจะพิสูจน์ได้คือความเข้มข้นของไนโตรเจนมอนอกไซด์ในภาวะสมดุลเท่านั้น ซึ่งทำการทดลองที่อุณหภูมิของเปลว ความเข้มข้นไนโตรเจนมอนอกไซด์จะสูงสุดเมื่อการเผาไหม้เกิดที่อัตราส่วนผสม = 16 และหากส่วนผสมหนาหรือบางกว่านี้ ปริมาณไนโตรเจนมอนอกไซด์ก็จะลดลงอย่างรวดเร็ว ในภาวะสมดุลยังแสดงให้เห็นผลกระทบของอุณหภูมิต่อความเข้มข้นของไนโตรเจนมอนอกไซด์ได้ชัดเจน



รูปที่ 5.3 แสดงความสัมพันธ์ของอัตราส่วนผสม สมรรถนะและส่วนผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 แפקเตอร์ที่มีผลต่อมลพิษจากเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

แפקเตอร์ที่มีผลต่อมลพิษทั้งปริมาณและอัตราส่วนนั้นส่วนใหญ่จะมีความสัมพันธ์กันทั้งสิ้น ในการพิจารณาจึงจะเน้นเฉพาะส่วนที่มีผลกระทบจริงๆ สำหรับความสัมพันธ์และผลกระทบของแפקเตอร์ต่างๆ ต่อกันนั้นจะสรุปพอเป็นสังเขป

5.2.1 อัตราส่วนส่วนผสม (อากาศต่อเชื้อเพลิง)

โดยทั่วไปความเข้มข้นของมลพิษจากไอเสียแปรตามส่วนส่วนผสมคาร์บอนมอนอกไซด์เกือบจะพูดได้ว่า แปรตามอัตราส่วนส่วนผสมโดยตรง แפקเตอร์อื่นมีผลน้อยมาก แต่ปริมาณไฮโดรคาร์บอนและอัตราเชื้อเพลิงจำเพาะจะเพิ่มถ้าส่วนผสมบางไปเนื่องจากการลามของเปลวไม่สมบูรณ์และการเผาไหม้ที่ผิดเวลา ปริมาณไนโตรเจนมอนอกไซด์จะสูงสุดที่ส่วนผสม 16 และจะลดลงอย่างรวดเร็วหากส่วนผสมหมดหรือบางกว่านี้

5.2.2 เวลาจุดระเบิด

เวลาจุดระเบิดต่ำ ความเข้มข้นของไนโตรเจนออกไซด์จะลดลงอย่างรวดเร็วจากค่าอัตราส่วนพอดี ในเครื่องยนต์ทั่วไปที่ไม่มีอุปกรณ์ควบคุมมลพิษ หากตั้งการจุดระเบิดล่าช้าไป 10°CA ความเข้มข้นของไนโตรเจนออกไซด์จะลดลงร้อยละ 30 - 40 และกำลังขาออกลดลงด้วย อัตราการเกิดไนโตรเจนออกไซด์จะลดลงร้อยละ 20 อัตราการเกิดไนโตรเจนออกไซด์เป็นผลจากอุณหภูมิของการสันดาปและการบำรุงรักษาระบบจุดระเบิด การเกิดไนโตรเจนออกไซด์จะลดลงเร็วกว่าทางด้านของส่วนผสมหนา

การจุดระเบิดล่าช้าจะลดปริมาณไฮโดรคาร์บอนด้วย เนื่องมาจากเผาไหม้ไม่ทัน ทำให้เผาต่อไปในจังหวะคาย และอาจเผาต่อไปในท่อไอเสีย อุณหภูมิไอเสียอาจเพิ่มขึ้น ดังนั้นหากส่วนผสมบาง ปริมาณไฮโดรคาร์บอนจะน้อยแม้ว่าจะจุดล่าช้าไป

5.2.3 สภาวะไอดี

อุณหภูมิไอดีสูงจะทำให้เพิ่มไนโตรเจนออกไซด์และทำให้อากาศเข้าห้องเผาไหม้บางลงทำให้กำลังตกด้วย สำหรับผลกระทบของอุณหภูมิไอดีต่อไฮโดรคาร์บอนนั้นน้อยมาก แต่ความดันไอดีต่ำจะลดปริมาณไนโตรเจนออกไซด์แต่เพิ่มไฮโดรคาร์บอนความชื้นในอากาศมากจะมีผลทำให้ไนโตรเจนออกไซด์ลดเนื่องจากทำให้อุณหภูมิเปลวต่ำลง จะเห็นได้ชัดขึ้นหากส่วนผสมบาง

5.2.4 ก๊าซค้าง

หากมีก๊าซค้างในกระบอกสูบมาก จะทำให้อุณหภูมิก๊าซที่เผาไหม้ต่ำลง ปริมาณไฮโดรคาร์บอนจะเพิ่ม และเกิดไนโตรเจนออกไซด์ด้วย ในเครื่องยนต์ 2 จังหวะจะเห็นว่าปริมาณไนโตรเจนออกไซด์น้อย เพราะการค้างจะมีมากในกระบอกสูบอยู่แล้ว

5.2.5 ความดันกลับจากไอเสีย

ความดันกลับจากไอเสียเนื่องจากไอเสียออกไม่สะดวกหรือออกไม่ทัน จะทำให้เกิดความดันกลับขึ้น ทำให้มีก๊าซค้างในกระบอกสูบมากขึ้น ลดปริมาณไนโตรเจนออกไซด์แต่มีผลต่อไฮโดรคาร์บอนน้อยมาก

5.2.6 อุณหภูมินำหล่อเย็น

อุณหภูมินำหล่อเย็นสูงขึ้นจะช่วยลดไฮโดรคาร์บอนได้เล็กน้อย แต่ขณะเดียวกันก็เพิ่มปริมาณไนโตรเจนออกไซด์

5.2.7 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องยนต์

โดยทั่วไป รูปแบบห้องเผาไหม้ที่มีอัตราส่วนพื้นที่ผิวของผนังต่อปริมาตรห้องเผาไหม้ (SV ratio) น้อย จะทำให้ปริมาณไฮโดรคาร์บอนน้อย ปริมาณไนโตรเจนออกไซด์มาก ทั้งนี้ขึ้นกับตำแหน่งของการวางหัวเทียนด้วย อัตราส่วนกำลังอัดสูง จะให้กำลังดี และประสิทธิภาพสูง บางกรณีอัตราส่วนกำลังสูง จะเพิ่มไฮโดรคาร์บอนและลดไนโตรเจนออกไซด์แต่หากใช้ส่วนผสมบาง ปริมาณไนโตรเจนออกไซด์จะเพิ่มขึ้น ปริมาตรช่องชักเพิ่มจะลดไฮโดรคาร์บอนและเพิ่มไนโตรเจนออกไซด์ทำนองเดียวกับอัตราส่วนช่องชักต่อเส้นผ่าศูนย์กลาง

5.2.8 สภาพการใช้งาน

ความเร็วรอบของเครื่องยนต์มีผลต่อคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน และไนโตรเจนออกไซด์น้อยมาก ภาระสูงจะให้ไนโตรเจนออกไซด์มาก ภาระต่ำ รอบต่ำจะให้ไฮโดรคาร์บอนและคาร์บอนมอนอกไซด์สูง ความเข้มข้นของไนโตรเจนออกไซด์ จะเปลี่ยนแปลงไปตามความเร็วรอบและกำลังเพลลา และแปรตามส่วนผสมและเวลาจุดระเบิดด้วย

5.2.9 ชนิดของเชื้อเพลิง

เครื่องยนต์เบนซินที่ใช้ LPG เป็นเชื้อเพลิง จะให้ไฮโดรคาร์บอนต่ำกว่าเครื่องที่ใช้เบนซินมาก และไนโตรเจนออกไซด์ก็จะสูงกว่ามาก ทั้งนี้เพราะ LPG สามารถผสมเป็นเนื้อเดียวกับอากาศได้ดี การลุกไหม้สมบูรณ์กว่า จึงไม่มีไฮโดรคาร์บอนเหลือมากนัก และการเผาไหม้ที่ดีก็จะเพิ่มอุณหภูมิก๊าซเผาไหม้ ทำให้ปริมาณไนโตรเจนออกไซด์เพิ่มขึ้น

(ที่มา : จากหนังสือ ไอเสียจากเครื่องยนต์และการควบคุม)

บทที่ 6

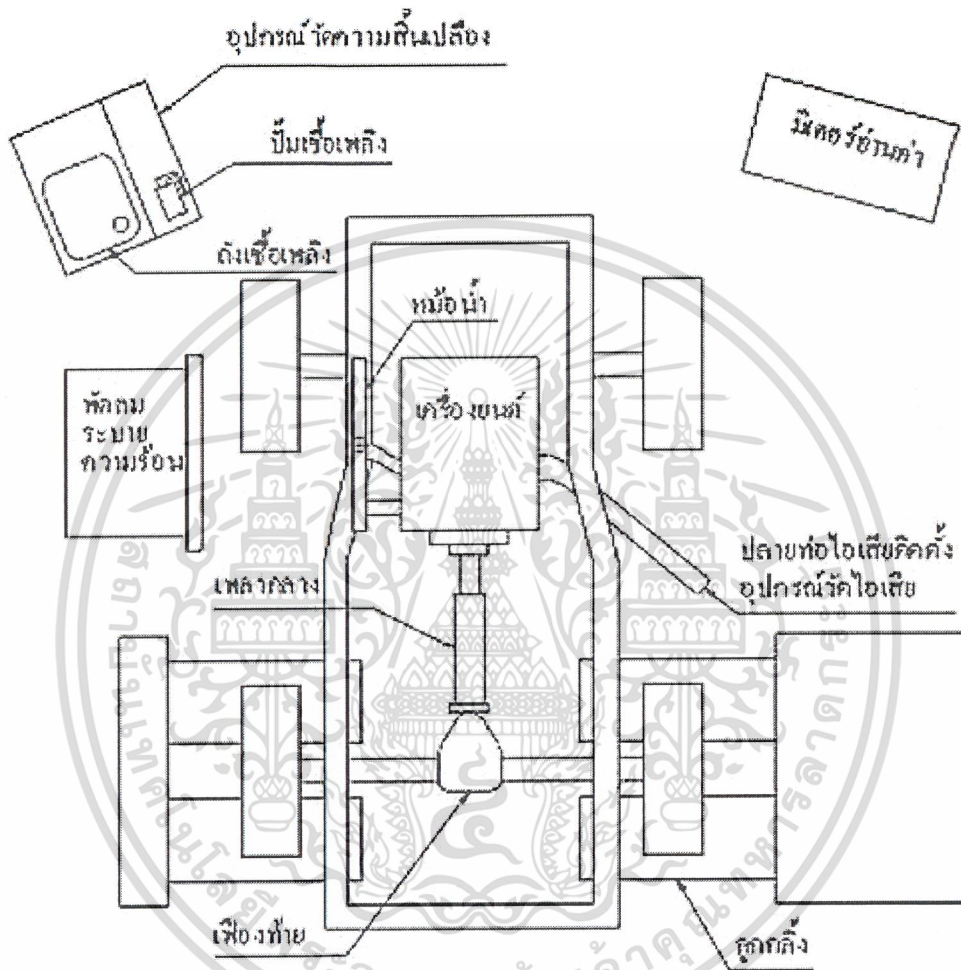
ขั้นตอนและผลการทดลอง

6.1 ขั้นตอนการทดลอง

งานวิจัยในครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนแบบฉีดตรงกับการใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนผสมกับเอทานอล ดังนั้นจึงเลือกใช้เครื่องยนต์ของบริษัทมิตซูบิชิ รหัสผู้ผลิต 4G 93 GDI ซึ่งเป็นเครื่องยนต์ที่ติดตั้งอยู่บนรถยนต์ของมิตซูบิชิรุ่น Charisma ซึ่งมีจำหน่ายทั้งในญี่ปุ่นและทั้งในยุโรป และมีแนวโน้มว่าจะนำมาติดตั้งในรถยนต์ขนาดกลางถึงเล็กที่จะนำมาจำหน่ายในประเทศไทยในอนาคต ซึ่งเป็นเครื่องยนต์ขนาด 1834 ซีซี. 4 สูบแถวเรียง 16 วาล์ว แรงม้าสุทธิ 130 แรงม้า เส้นผ่าศูนย์กลางกระบอกสูบ 81 มม. ระยะชัก 89 มม. โดยการทดลองนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ซึ่งแบ่งเป็นมีโหลดและไม่มีโหลด และอีกส่วนคือการสังเกตลักษณะการสเปรย์ของหัวฉีดแรงดันสูง

6.1.1 การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องยนต์

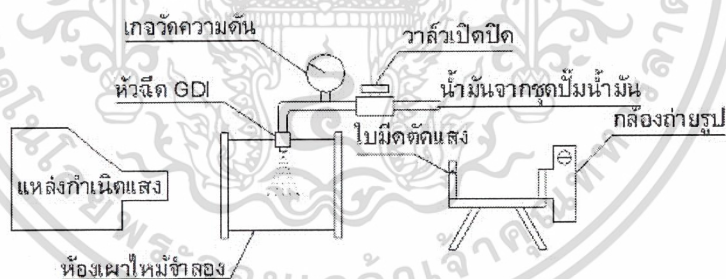
1. นำเครื่องยนต์ติดตั้งลงโครงรถ ทำแท่นเครื่องรองรับ ติดตั้งเพลากลางเพื่อส่งกำลัง สายคันเร่ง พร้อมทั้งเดินระบบไฟฟ้า ระบบจ่ายเชื้อเพลิง โดยติดตั้งอุปกรณ์วัดอัตราการสิ้นเปลืองด้วยเตรียมอุปกรณ์วัดไอเสียให้พร้อมใช้งาน
2. ติดเครื่องยนต์ในรอบเดินเบา แล้วใช้อุปกรณ์วัดความเร็วรอบเพื่อหาความสัมพันธ์ว่าความเร็วของล้อขณะนี้ เครื่องยนต์หมุนด้วยความเร็วรอบเท่าไร แล้วก็คำนวณหาความเร็วรอบที่ต้องการ (รอบต่อนาที) ให้สัมพันธ์กับความเร็วของล้อ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)
3. เริ่มการทดลอง ติดเครื่องยนต์ไว้ 15 นาที ในรอบเดินเบา จากนั้นปรับโหลดของไดนาโมมิเตอร์ไว้ที่ความเร็วที่ต้องการ แล้วค่อยๆ ดึงคันเร่งจนวาล์วปีกผีเสื้อเปิดจนสุด อ่านค่ากำลังงาน (กิโลวัตต์) วัดปริมาณไอเสีย และจับเวลาการใช้เชื้อเพลิง 25 ซี.ซี. เมื่อได้ข้อมูลครบแล้วจึงค่อยๆ ผ่อนคันเร่งลงกลับมาที่รอบเดินเบา
4. ก่อนที่จะเปลี่ยนความเร็วรอบของการทดลอง จาก 2000 รอบต่อนาที เป็น 2500, 3000, 3500, 4000 รอบต่อนาที ตามลำดับ จะปล่อยให้เครื่องยนต์เดินเบาไว้ 5 นาที เพื่อให้ความดันภายในเครื่องยนต์กลับสู่สภาวะปกติ จากนั้นทำการทดลองตามขั้นตอนที่ 3
5. หลังจากทำการทดลองจนครบแล้วจึงเปลี่ยนเชื้อเพลิงจากแก๊สโซลีนเป็นแก๊สโซฮอลล์ (มีแอลกอฮอล์ 10%) ทำตามขั้นตอนที่ 3 และ 4 บันทึกผลการทดลอง
6. นำข้อมูลที่ได้อ่านวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง



รูปที่ 6.1 แสดงลักษณะการจัดอุปกรณ์ทดลองการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องยนต์

6.1.2 การสังเกตลักษณะการสเปร์ยของหัวฉีดแรงดันสูง

1. ใช้วิธีการถ่ายภาพแบบซูริเลนท์ โดยจัดชุดทดลองดังรูปที่ 6.1
2. หลังจากจัดชุดทดลองแล้ว ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน ถ่ายภาพการสเปร์ยของหัวฉีด ในขั้นต้นจะใช้ปั้มน้ำมัน ซึ่งเป็นปั้มของเครื่องยนต์ดีเซลทำความดันภายในท่อให้ได้ 20 บาร์ แล้วปิดวาล์วเพื่อไม่ให้ความดันรั่วไหลออกมาได้ ต่อชุดควบคุมเข้ากับหัวฉีดและกล้องถ่ายรูป ซึ่งชุดควบคุมจะป้อนคำสั่งต่างๆลงไปได้ เช่น ช่วงเวลาที่สั่งให้หัวฉีดทำงาน (milisec), ช่วงเวลาดีเลย์ของกล้องถ่ายรูป(milisec) เป็นต้น
3. เริ่มทำการทดลอง ป้อนคำสั่งลงไปที่ชุดควบคุม จากนั้นก็สั่งให้ชุดควบคุมทำการสเปร์ยหัวฉีดหนึ่งครั้ง ครั้งต่อไปก็ป้อนคำสั่งให้ดีเลย์กล้องถ่ายรูปมากขึ้น เป็นการถ่ายภาพแบบหยุด เพื่อจะหาช่วงเวลาที่หัวฉีดเริ่มทำงาน ซึ่งในตอนแรกจะไม่ทราบว่า ต้องสั่งดีเลย์กล้องด้วยเวลาเท่าไร จากนั้นนำภาพถ่ายที่ได้มาสังเกต
4. เมื่อได้ช่วงเวลาที่หัวฉีดทำงานแล้ว จะมาถ่ายภาพซ้ำในครั้งนี้จะถ่ายโดยละเอียด โดยปรับดีเลย์กล้องทีละน้อย เพื่อให้เห็นภาพเชื้อเพลิงค่อยๆ ออกมาจากหัวฉีด ซึ่งในขั้นตอนนี้ต้องถ่ายภาพหลายๆ ครั้ง แล้วปรับดีเลย์ของกล้องไปเรื่อยๆ ตั้งแต่เชื้อเพลิงเริ่มออกจากหัวฉีด จนหัวฉีดหยุดทำงานเหลือเพียงแค่การกระจายตัวของเชื้อเพลิง
5. เปลี่ยนเชื้อเพลิงเป็นเอทานอล 99.5% แล้วทำการทดลองตามขั้นตอนที่ 4
6. นำภาพถ่ายที่ได้มาวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง



รูปที่ 6.2 แสดงการจัดชุดทดลองการถ่ายภาพแบบซูริเลนท์

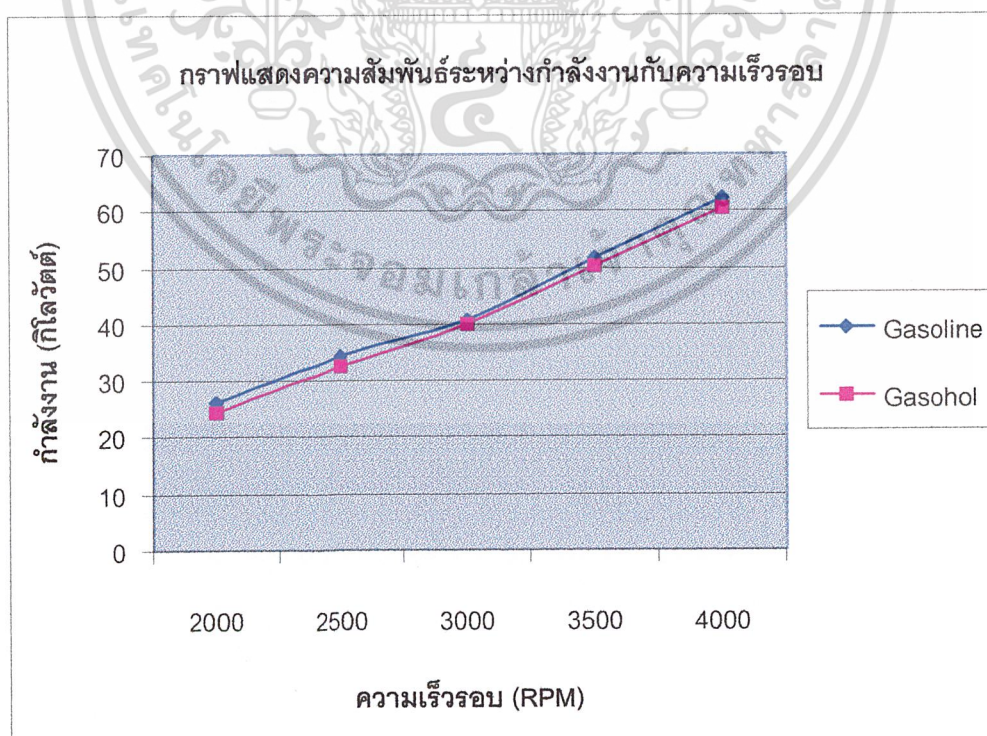
6.2 ผลการทดลอง

6.2.1 ผลการทดลองที่สถานะเครื่องยนต์มีโหลด

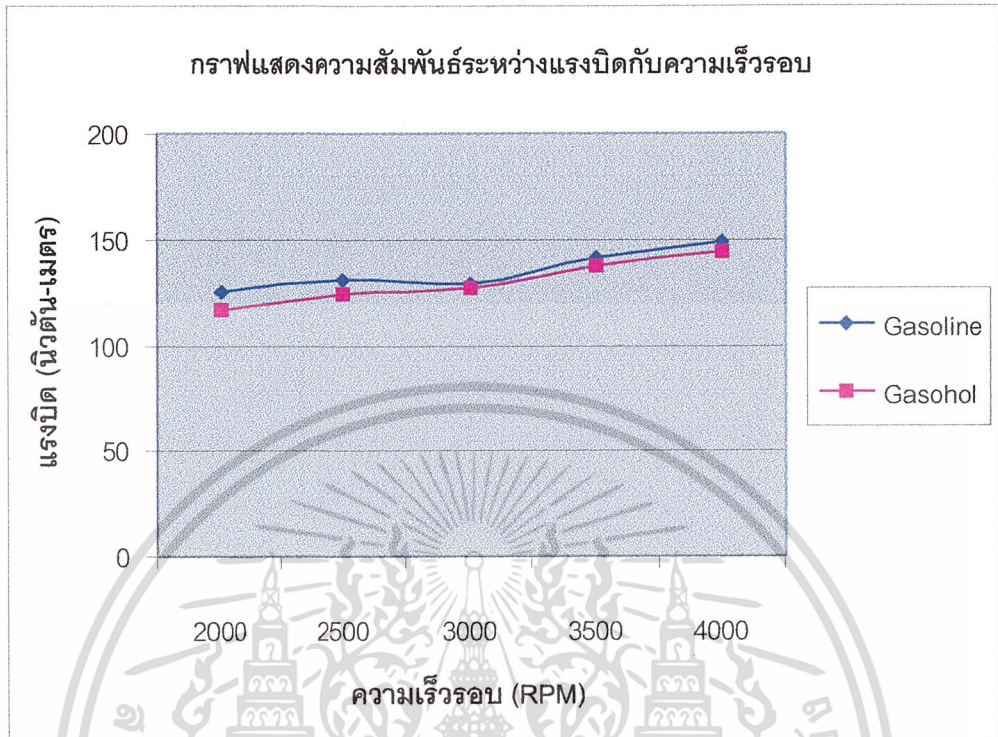
ขณะทำการทดลองมีความดันเฉลี่ย 1.010 bar อุณหภูมิกระเปาะเปียกเฉลี่ย 30.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิกระเปาะแห้งเฉลี่ย 33.0 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 32.5 องศาเซลเซียส ผลการทดลองดังตารางที่ 6.1 และรูปที่ 6.2 ถึงรูปที่ 6.8

ตารางที่ 6.1 แสดงผลการทดลองที่สภาวะมีโหลดของเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนและแก๊สโซฮอลล์

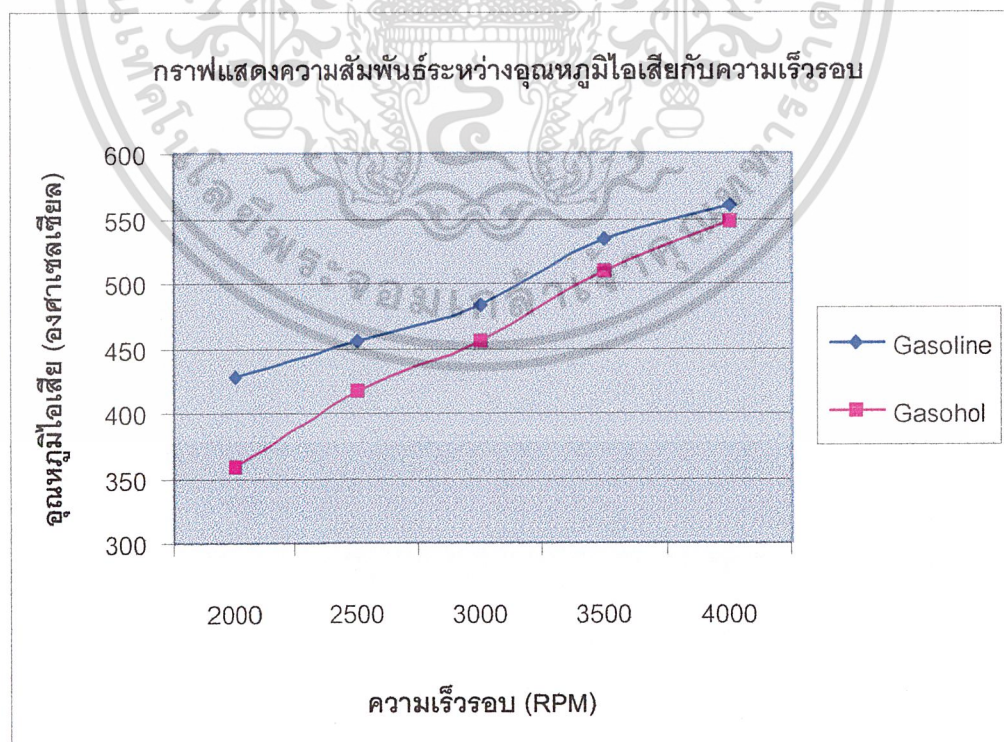
รายการ	เชื้อเพลิง	2000	2500	3000	3500	4000
กำลังงาน (กิโลวัตต์)	แก๊สโซลีน	26.2	34.3	40.5	51.6	62.2
	แก๊สโซฮอลล์	24.5	32.5	40.0	50.2	60.3
แรงบิด (นิวตัน-เมตร)	แก๊สโซลีน	125.2	131.1	129.0	140.9	148.6
	แก๊สโซฮอลล์	117.0	124.5	127.4	137.0	144.0
อุณหภูมิไอเสีย (องศาเซลเซียส)	แก๊สโซลีน	427.0	455.6	483.6	534.0	560.0
	แก๊สโซฮอลล์	358.3	416.6	454.8	508.8	547.1
ปริมาณออกซิเจน (% โดยปริมาตร)	แก๊สโซลีน	6.3	2.5	1.5	1.1	0.8
	แก๊สโซฮอลล์	8.1	3.7	2.2	1.4	1.0
ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (% โดยปริมาตร)	แก๊สโซลีน	10.4	13.0	14.0	14.1	14.2
	แก๊สโซฮอลล์	9.4	11.7	12.5	13.5	13.8
ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (ppm)	แก๊สโซลีน	2122	2741	4027	5557	7543
	แก๊สโซฮอลล์	1298	2246	3532	5171	7187
อัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (กรัมต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง)	แก๊สโซลีน	286.2	259.6	249.6	303.4	277.1
	แก๊สโซฮอลล์	289.2	274.8	257.1	325.2	315.0



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ 6.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานกับความเร็วรอบ โยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

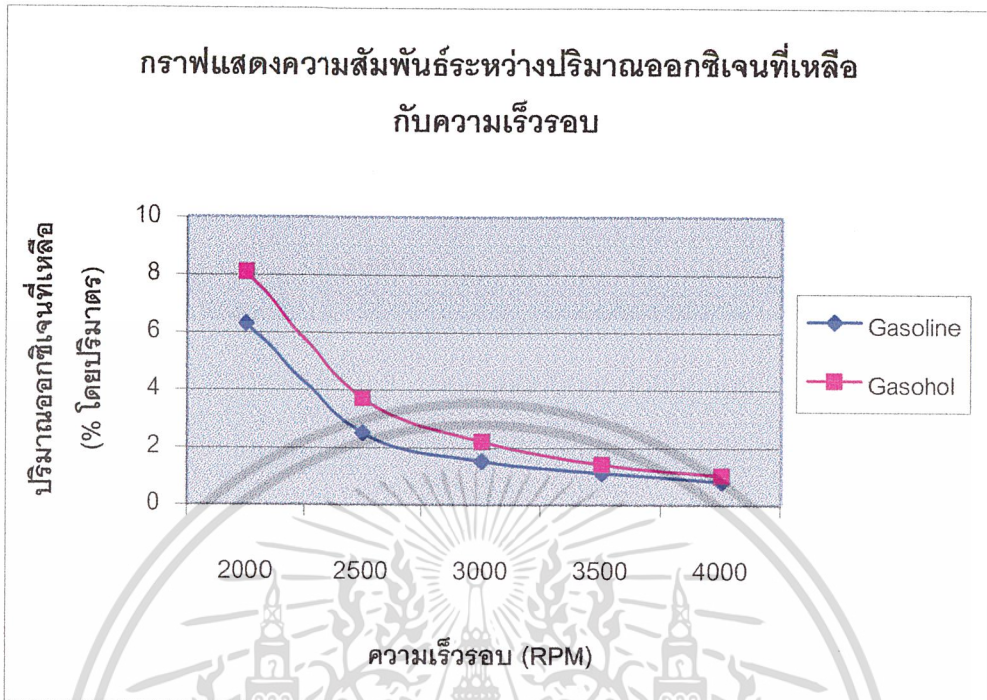


รูปที่ 6.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็รรอบ

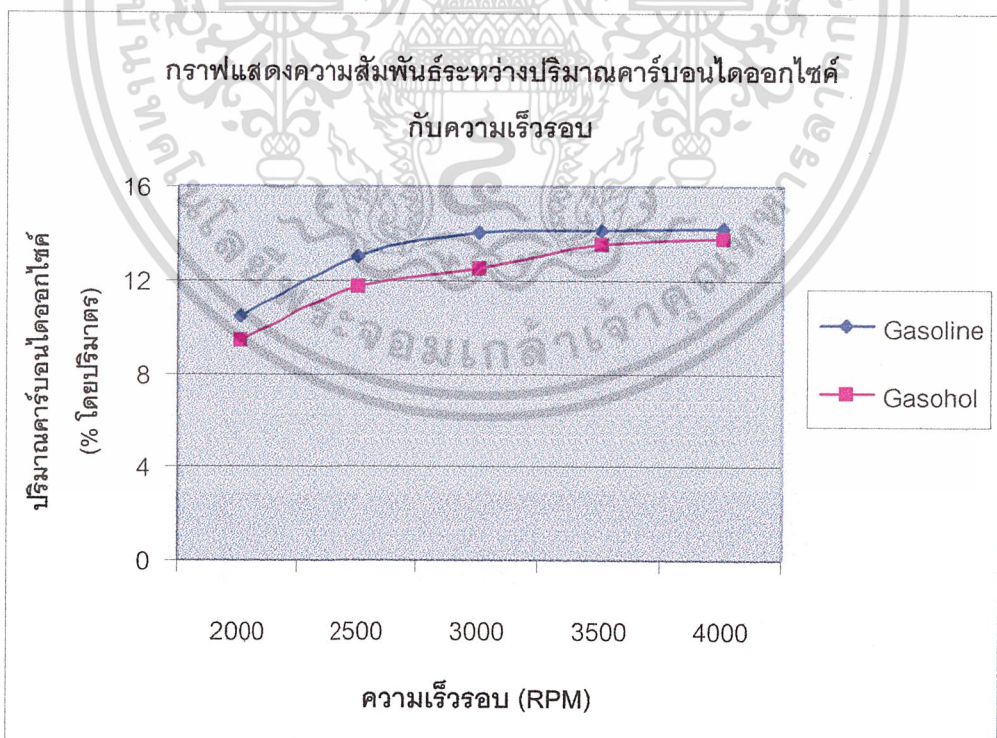


รูปที่ 6.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิไอเสียกับความเร็รรอบ

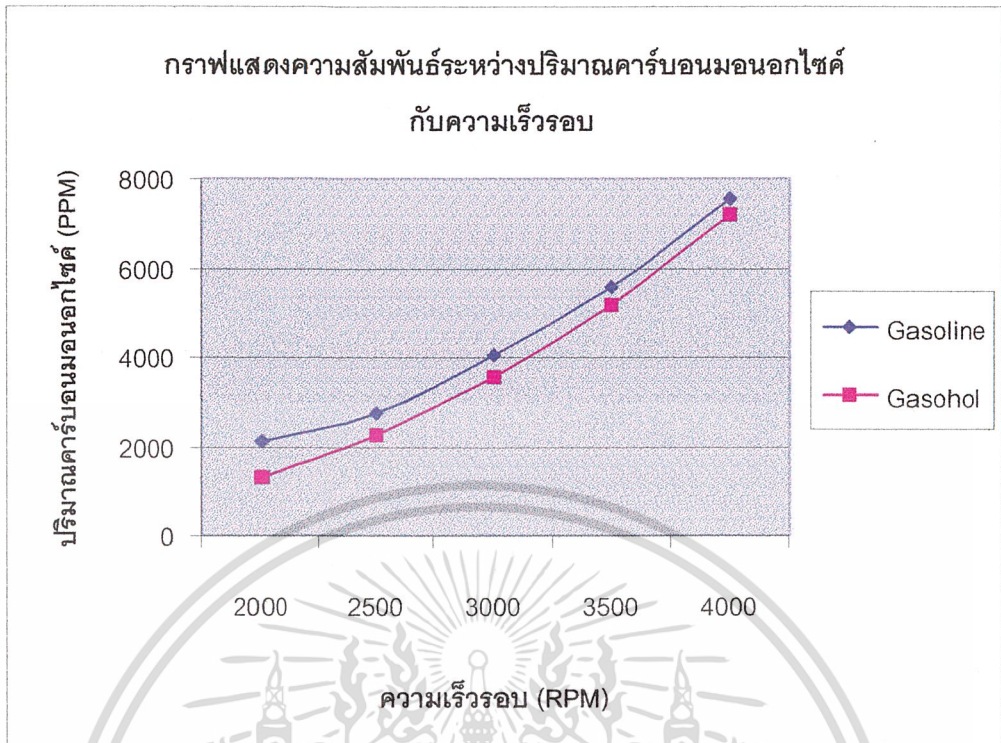
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



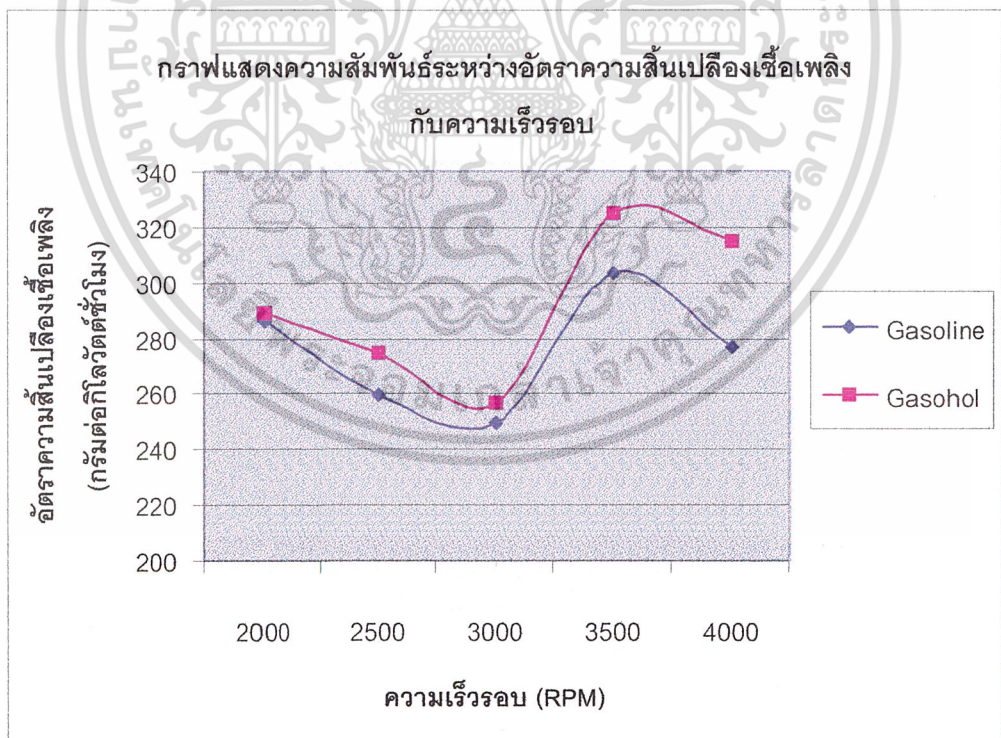
รูปที่ 6.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณออกซิเจนที่เหลือกับความเร็วรอบ



รูปที่ 6.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์กับความเร็วรอบ



รูปที่ 6.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์กับความเร็รรอบ



รูปที่ 6.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงกับความเร็รรอบ

6.2.2 ผลการทดลองที่สภาวะเครื่องยนต์ไม่มีโหลด

ในส่วนนี้ได้ทำการทดลองเชื้อเพลิงเพิ่มเติม ได้แก่ เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน 15% ผสมเอทานอล 85% โดยปริมาตร(E85) และเอทานอล 100% (E100) ขณะทำการทดลองมีความดันเฉลี่ย 1.010 bar อุณหภูมิกระเปาะเปียกเฉลี่ย 30.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิกระเปาะแห้งเฉลี่ย 33.0 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 32.5 องศาเซลเซียส ผลการทดลองดังตารางที่ 6.2 และรูปที่ 6.9 ถึง รูปที่ 6.12

ตารางที่ 6.2 แสดงผลการทดลองที่สภาวะไม่มีโหลดของเชื้อเพลิงทั้ง 4 ชนิด

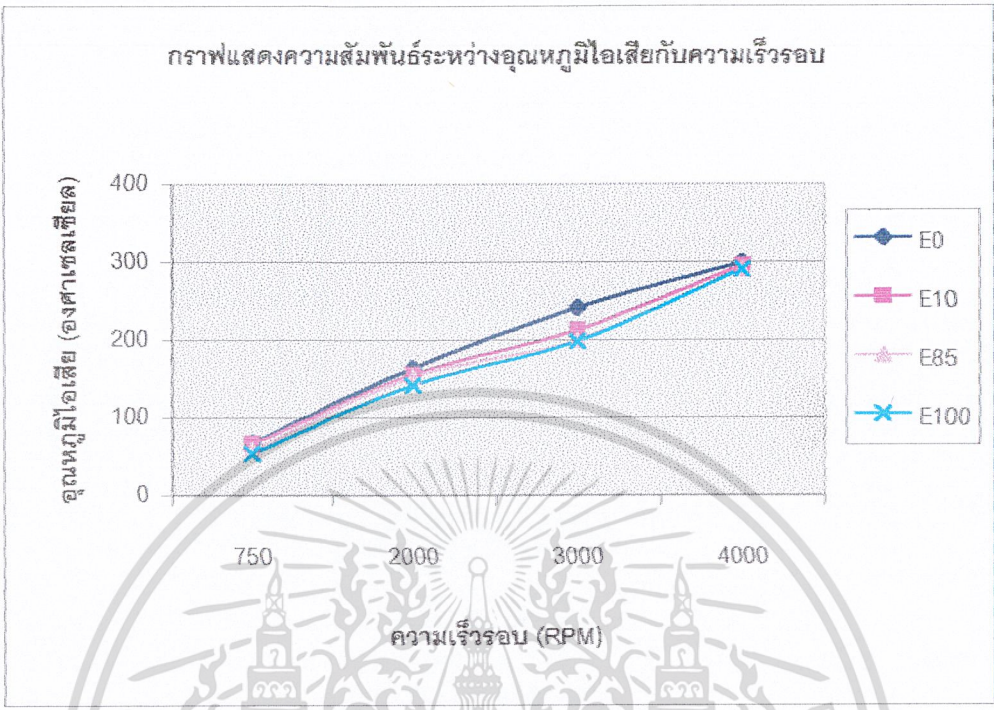
	เชื้อเพลิง	750	2000	3000	4000
อุณหภูมิไอเสีย (องศาเซลเซียส)	E0	67.5	163.5	240.7	298.8
	E10	66.3	155.2	212.3	295.3
	E85	58.3	152.4	199.0	290.3
	E100	53.5	141.1	197.5	290.0
ปริมาณออกซิเจน (% โดยปริมาตร)	E0	13.2	6.3	3.7	2.4
	E10	13.7	6.6	4.0	2.5
	E85	13.9	8.3	5.1	2.5
	E100	14.1	8.9	7.0	2.6
ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (% โดยปริมาตร)	E0	5.5	10.5	12.3	13.0
	E10	5.1	10.4	12.2	12.8
	E85	4.4	9.3	11.6	12.2
	E100	4.3	8.9	10.2	11.8
ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (ppm)	E0	3300	5713	6763	9899
	E10	2861	4073	5096	6358
	E85	1119	1477	1580	3238
	E100	519	1364	1426	1813

หมายเหตุ : E0 หมายถึง แก๊สโซลีน

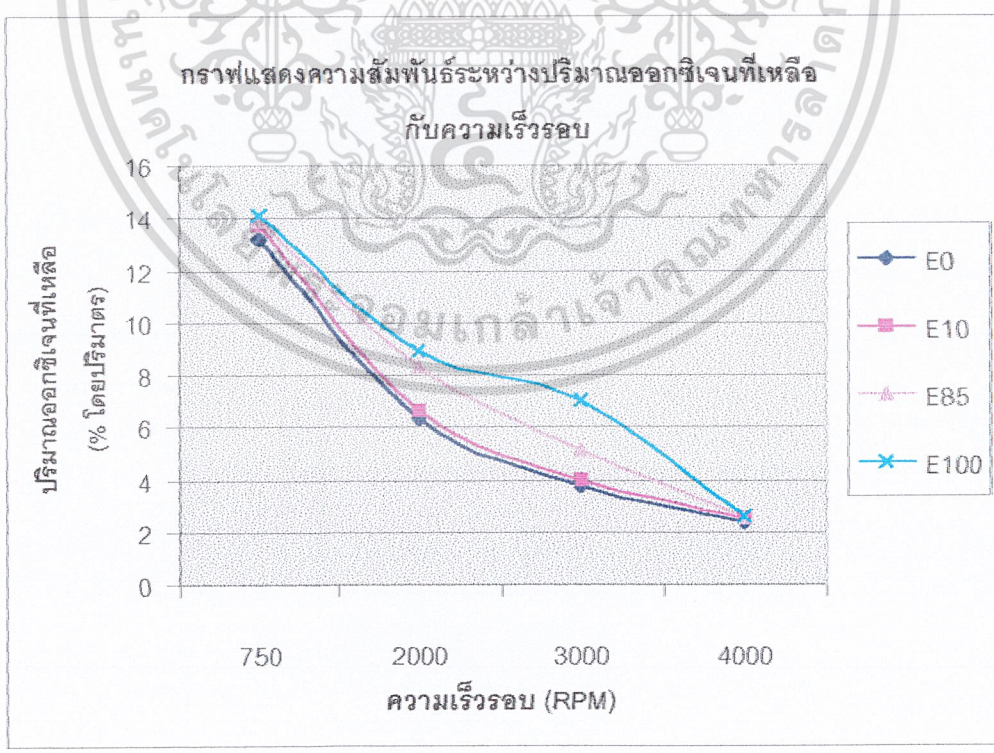
E10 หมายถึง แก๊สโซฮอล์ (แก๊สโซลีน + เอทานอล 10% โดยปริมาตร)

E85 หมายถึง แก๊สโซลีน 15% + เอทานอล 85% โดยปริมาตร

E100 หมายถึง เอทานอล 100% โดยปริมาตร

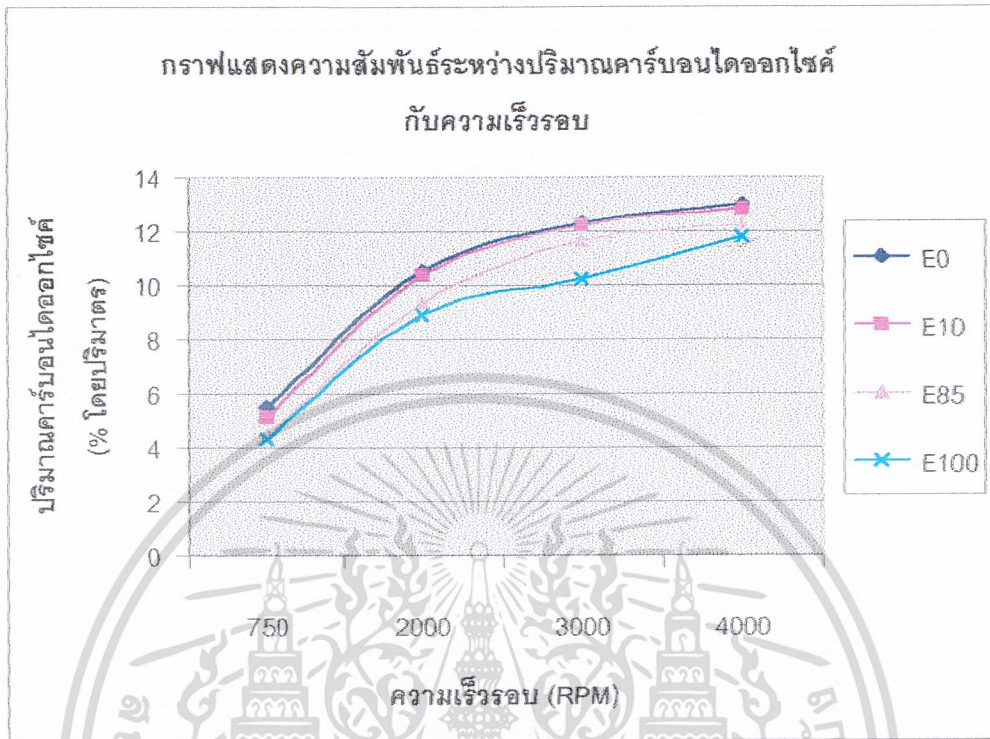


รูปที่ 6.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิไอเสียกับความเร็รรอบ (ไม่มีโหลด)

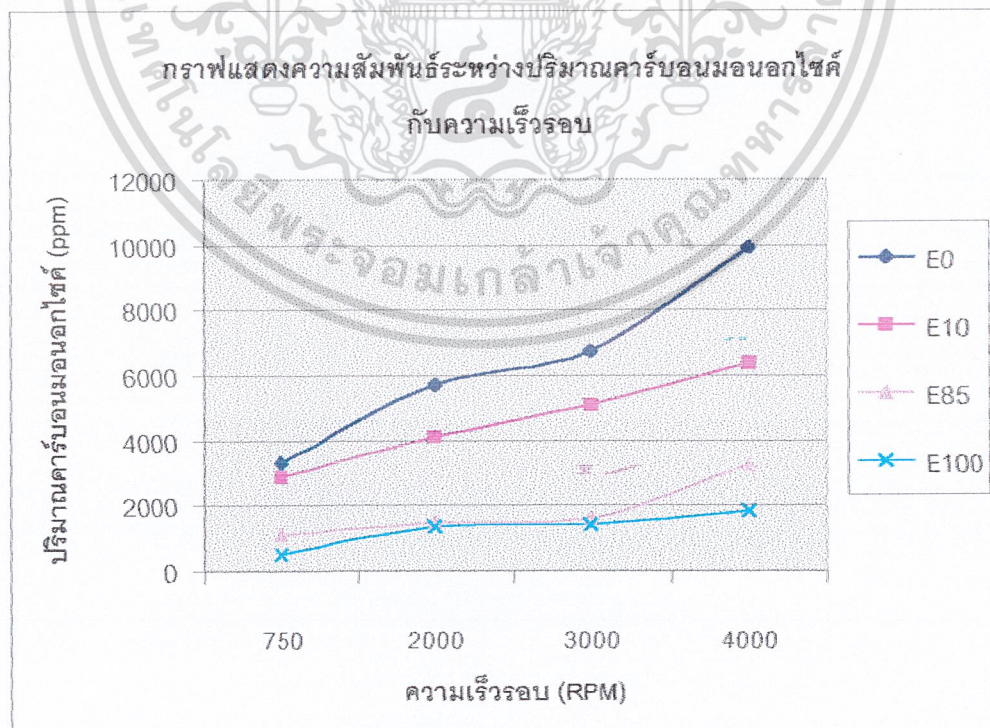


รูปที่ 6.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณออกซิเจนที่เหลือกับความเร็รรอบ (ไม่มีโหลด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์บอน ไดออกไซด์กับความเร็รรอบ (ไม่มีโหลด)

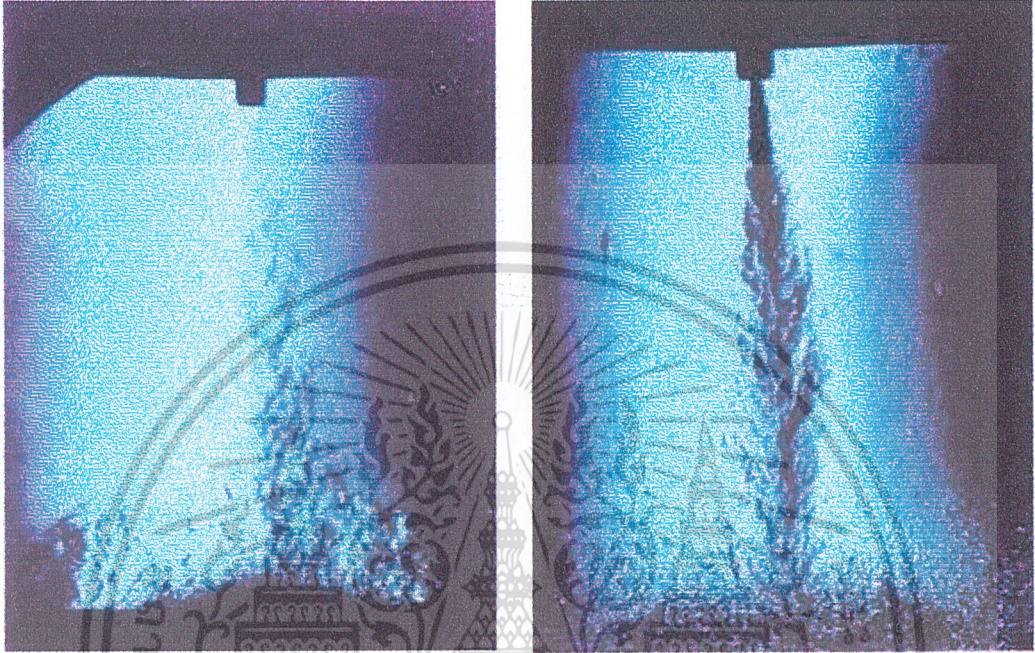


รูปที่ 6.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์กับความเร็รรอบ (ไม่มีโหลด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.3 ผลการทดลองการสังเกตลักษณะการสเปรย์ของหัวฉีดแรงดันสูง

การทดลองนี้จะถ่ายเชื้อเพลิงให้กับหัวฉีดแรงดันสูง ด้วยความดัน 20 บาร์ และฉีดนาน 10 มิลลิเซค (milisec)



รูปที่ 6.14 แสดงภาพการสเปรย์ของเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน (ซ้าย) และเอทานอล (ขวา)

บทที่ 7

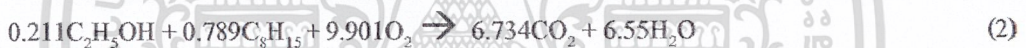
วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

7.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองจะสามารถแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน คือ การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ขณะที่มีโหลดกับไม่มีโหลด และส่วนที่สองเป็นการสังเกตลักษณะการสเปรย์ของหัวฉีดแรงดันสูง

7.1.1 วิเคราะห์ผลการทดลองที่สภาวะเครื่องยนต์มีโหลด

ใช้เชื้อเพลิงในการทดลอง 2 ชนิดคือแก๊สโซลีนและแก๊สโซฮอลล์ หลังเก็บข้อมูลจากการทดลองแล้ว ดังแสดงตารางข้อมูลที่ 6.1 ได้นำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่กำหนดไว้กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ โดยในการวิเคราะห์จะอ้างอิงข้อมูลเกี่ยวกับความร้อนจำเพาะของเครื่องยนต์ ดังแสดงในตารางข้อมูลที่ 4.1 และสมการการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงทั้งสองชนิด



สมการที่ (1) เป็นสมการการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน และสมการที่ (2) เป็นสมการการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอลล์

(ที่มา : จากหนังสือ Internal Combustion Engine Fundamentals)

7.1.1.1 วิเคราะห์กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานกับความเร็วรอบ

จากรูปที่ 6.2 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานจากเครื่องยนต์ที่สามารถวัดได้จากแรชเชิสไคโนไมมิเตอร์กับความเร็วรอบรอบของเครื่องยนต์ โดยได้นำข้อมูลกำลังของเครื่องยนต์ที่ทำการทดลองด้วยเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิดโดยสังเกตเห็นว่าเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นจะทำให้กำลังของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน และกำลังของเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนจะมีค่ามากกว่ากำลังของเครื่องยนต์เมื่อใช้แก๊สโซฮอลล์เป็นเชื้อเพลิง โดยเหตุผลที่ทำให้กำลังจากเครื่องยนต์ที่ได้จากเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนมีค่ามากกว่าเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอลล์อาจเนื่องมาจากค่าความร้อนจำเพาะของเชื้อเพลิงในการเผาไหม้เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ กำลังที่ออกมาจากเครื่องยนต์นั้นจะแปรผันโดยตรงกับค่าความร้อนจำเพาะของเชื้อเพลิง ซึ่งค่าความร้อนจำเพาะของเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนมีค่าสูงกว่าเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอลล์ แต่มีค่าไม่แตกต่างกันมาจึงทำให้กำลังของเครื่องยนต์ที่ได้มีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน เหตุผลที่ได้กล่าวมาข้างต้นสอดคล้อง

คล้อยกับผลการทดลองจึงมีความเป็นไปได้ว่าค่าความร้อนจำเพาะของเชื้อเพลิงน่าจะส่งผลถึงกำลังที่ได้ ออกมาจากเครื่องยนต์

7.1.1.2 วิเคราะห์กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบ

จากรูปที่ 6.3 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดของเครื่องยนต์ (Torque) กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ค่าแรงบิดสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\text{Power} = 2\pi NT \quad (3)$$

โดย

Power = กำลังงาน มีหน่วยเป็นวัตต์

N = จำนวนรอบเครื่องยนต์ มีหน่วยเป็น รอบต่อวินาที

T = แรงบิด มีหน่วยเป็นนิวตัน-เมตร

(ที่มา : จากหนังสือ Internal Combustion Engine Fundamentals)

พบว่าค่าแรงบิดของเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊ส โซลีนมีค่ามากกว่าแรงบิดเมื่อใช้แก๊ส โซลีนเป็นเชื้อเพลิงเล็กน้อย ซึ่งเหตุผลที่ทำให้กราฟความสัมพันธ์มีลักษณะดังกล่าวเป็นเหตุผลเดียวกับการวิเคราะห์ค่ากำลังของเครื่องยนต์เพราะได้ใช้ค่ากำลังของเครื่องยนต์มีค่านวนเป็นค่าแรงบิด จึงน่าจะสอดคล้องกับผลการทดลอง

7.1.1.3 วิเคราะห์กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิไอเสียกับความเร็วรอบ

จากรูปที่ 6.4 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิไอเสียกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ โดยได้นำข้อมูลจากการทดลองเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิดมาเปรียบเทียบโดยจะพบว่าอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์จะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น โดยค่าอุณหภูมิไอเสียของเชื้อเพลิงแก๊ส โซลีนมีค่าสูงกว่าของเชื้อเพลิงแก๊ส โซลีน ซึ่งเหตุผลที่ทำให้ค่าอุณหภูมิไอเสียของแก๊ส โซลีนมีค่าสูง อาจเนื่องมาจากค่าความร้อนจำเพาะของเชื้อเพลิง (Heating Value) ของแก๊ส โซลีนมีค่าสูงกว่าค่าความร้อนจำเพาะของแก๊ส โซลีน โดยค่าความร้อนจำเพาะของเชื้อเพลิงที่มีค่าสูงนั้นทำให้อุณหภูมิการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงภายในเครื่องยนต์สูงและส่งผลทำให้อุณหภูมิไอเสียที่ออกจากเครื่องยนต์สูงเช่นกัน ซึ่งเหตุผลดังกล่าวคล้ายกับสถานะที่ไม่มีมีโหลด ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองจึงมีความเป็นไปได้ว่าเหตุผลดังกล่าวทำให้อุณหภูมิไอเสียของเชื้อเพลิงแก๊ส โซลีนมีค่าสูงกว่าของเชื้อเพลิงแก๊ส โซลีน

7.1.1.4 วิเคราะห์กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซออกซิเจนที่เหลือกับความเร็วนรอบ

จากรูปที่ 6.5 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซออกซิเจนที่เหลือกับความเร็วนรอบ จากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ โดยทำการเก็บข้อมูลจากเชื้อเพลิงทั้ง 2 เภกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดนำมาเปรียบเทียบกันพบว่าปริมาณก๊าซออกซิเจนที่เหลือออกมาทางท่อไอเสียของเครื่องยนต์จะมีปริมาณลดลงเมื่อความเร็วรอบสูงขึ้นและปริมาณก๊าซออกซิเจนที่เหลือจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์จะเหลือออกมาในปริมาณมากที่มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณก๊าซออกซิเจนที่เหลือของเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน ซึ่งเหตุผลที่ทำให้ผลการทดลองมีลักษณะดังกล่าวอาจเนื่องมาจากเมื่อพิจารณาสมการการเผาไหม้พบว่าจำนวนโมลของการใช้ออกซิเจนในการเผาไหม้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอลล้นั้นมีจำนวนโมลน้อยกว่าในการเผาไหม้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน ดังสมการที่ (1) และ (2) จึงอาจเป็นสาเหตุทำให้ในการเผาไหม้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอลล้นั้นมีปริมาณก๊าซออกซิเจนเหลือออกมามากกว่าการเผาไหม้ที่ใช้แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองและมีลักษณะคล้ายกับในสถานะไม่มีโหลด ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าเหตุผลดังกล่าวจะสนับสนุนผลการทดลอง

7.1.1.5 วิเคราะห์กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับความเร็วยรอบ

จากรูปที่ 6.6 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์กับความเร็วยรอบของเครื่องยนต์ โดยทำการเก็บข้อมูลจากเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิดแล้วนำมาหาความสัมพันธ์และเปรียบเทียบกัน โดยพบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาที่ไอเสียของเครื่องยนต์จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบสูงขึ้นและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาที่ไอเสียจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนมีมากกว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ ซึ่งเหตุผลที่ทำให้ผลการทดลองมีลักษณะดังกล่าวอาจเนื่องมาจากเมื่อพิจารณาสมการการเผาไหม้พบว่าจำนวนโมลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนนั้นมีจำนวนโมลมากกว่าในการเผาไหม้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ ดังสมการที่ (1) และ (2) จึงอาจเป็นสาเหตุทำให้ในการเผาไหม้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนนั้นมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมากับไอเสียในปริมาณมากกว่าการเผาไหม้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองและมีลักษณะคล้ายกับในสถานะไม่มีโหลด ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าเหตุผลดังกล่าวจะสนับสนุนผลการทดลอง

7.1.1.6 วิเคราะห์กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์กับความเร็วยรอบ

จากรูปที่ 6.7 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์กับความเร็วยรอบของเครื่องยนต์ โดยได้นำข้อมูลจากการทดลองด้วยเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิด โดยพบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ปล่อยออกมาจากท่อไอเสียมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นและปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ออกมาพร้อมกับไอเสียในการเผาไหม้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนมีปริมาณมากกว่าที่ออกมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ ซึ่งเหตุผลที่ทำให้ในการเผาไหม้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอลล้นั้นมีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ปล่อยมากับไอเสียของเครื่องยนต์น้อยกว่าอาจเนื่องมาจากใน โมเลกุลของเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอลล้นั้นส่วนผสมของเอทานอลอยู่ 10% ซึ่งใน โมเลกุลของเอทานอลมี โมเลกุลของออกซิเจนซึ่งมีความจำเป็นต่อกระบวนการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงซึ่งปริมาณออกซิเจนที่เพียงพอจะทำให้เชื้อเพลิงสามารถเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์และเกิดก๊าซเอกซาร์เป็นเอกซาร์ที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

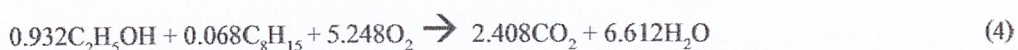
คาร์บอนมอนอกไซด์น้อยลง ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีค่าต่างกันเล็กน้อย เนื่องจากมีส่วนผสมของเอทานอลอยู่เพียง 10% ทำให้มีความแตกต่างของปริมาณโมเลกุลออกซิเจนในเชื้อเพลิงไม่มากนัก จึงส่งผลทำให้การใช้แก๊สโซฮอล์เป็นเชื้อเพลิงทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในปริมาณน้อยกว่าแก๊สโซลีน ซึ่งเหตุผลดังกล่าวสอดคล้องกับผลการทดลองและคล้ายคลึงกับการทดลองในสถานะไม่มีโหลดจึงน่าจะเป็นเหตุผลที่สามารถสนับสนุนผลการทดลองได้

7.1.1.7 วิเคราะห์กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงกับความเร็วรอบ

จากรูปที่ 6.8 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ โดยได้นำข้อมูลอัตราการใช้เชื้อเพลิงเทียบกับกำลังที่ได้ออกมาจากเครื่องยนต์ โดยเปรียบเทียบระหว่างเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิด พบว่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเมื่อใช้แก๊สโซฮอล์เป็นเชื้อเพลิงมีอัตราความสิ้นเปลืองสูงกว่าเมื่อใช้แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งเหตุผลที่ทำให้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์มีอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากกว่าแก๊สโซลีนอาจเนื่องมาจากค่าความร้อนจำเพาะของเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์มีค่าน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน โดยในการเผาไหม้เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์กำลังที่ได้ ออกมาจากเครื่องยนต์จะแปรผัน โดยตรงกับค่าความร้อนจำเพาะของเชื้อเพลิง เนื่องจากค่าพลังงานความร้อนในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจะเปลี่ยนเป็นพลังงานกลในการขับเคลื่อนเครื่องยนต์เพื่อให้ชนะแรงเสียดทานต่างๆ ภายในเครื่องยนต์และแรงเสียดทานที่ล้อ กำลังของเครื่องยนต์ที่เปลี่ยนมาจากค่าความร้อนจำเพาะของเชื้อเพลิงซึ่งในปริมาณที่เท่ากันนั้น ทำให้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์สามารถให้พลังงานความร้อนออกมาน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน ดังนั้นเมื่อต้องการให้ได้กำลังออกมาจากเครื่องยนต์มีค่าเท่ากัน การใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์จึงต้องใช้ในปริมาณที่มากกว่าเมื่อใช้แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิง จึงทำให้การใช้แก๊สโซฮอล์เป็นเชื้อเพลิงนั้น มีอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงกว่าเมื่อใช้แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิงซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลอง จึงมีความเป็นไปได้ว่าเหตุผลดังกล่าวจะสนับสนุนผลการทดลองว่าในการใช้แก๊สโซฮอล์เป็นเชื้อเพลิงมีความอัตราความสิ้นเปลืองมากกว่าการใช้แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์

7.1.2 วิเคราะห์ผลการทดลองสถานะที่เครื่องยนต์ไม่มีโหลด

ในสถานะเครื่องยนต์ไม่มีโหลดได้ทำการทดสอบกับเชื้อเพลิง 4 ชนิดคือ แก๊สโซลีน , แก๊สโซฮอล์ , E85 และ E100 ทำการเก็บข้อมูล ดังแสดงในตารางที่ 6.2 และนำมาเขียนกราฟหาความสัมพันธ์ของค่าต่างๆกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ สมการการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง E85 และ E100 เป็นดังนี้



สมการที่ (4) เป็นสมการการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง E85 และสมการที่ (5) เป็นสมการการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง E100

(ที่มา : จากหนังสือ Internal Combustion Engine Fundamentals)

7.1.2.1 วิเคราะห์กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิไอเสียกับความเร็รรอบ

จากรูปที่ 6.9 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิไอเสียกับความเร็รรอบ โดยได้นำข้อมูลจากการทดลองเชื้อเพลิงทั้ง 4 ชนิดมาเปรียบเทียบ โดยจะพบว่าอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์จะเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็รรอบของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นและเมื่อพิจารณาอุณหภูมิไอเสียของเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนจะสูงกว่าเชื้อเพลิงชนิดที่เหลือทั้ง 3 ชนิดค่อนข้างชัดเจนเมื่อความเร็รรอบสูงขึ้น โดยเส้นกราฟอุณหภูมิไอเสียของเชื้อเพลิงที่เหลือมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยกราฟอุณหภูมิไอเสียของเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนมีค่าสูงกว่า E85 และ E100 เล็กน้อย ส่วนกราฟอุณหภูมิไอเสียของเชื้อเพลิง E85 เกือบจะมีค่าเท่ากับกราฟอุณหภูมิไอเสียของเชื้อเพลิง E100 โดยค่าอุณหภูมิไอเสียของเชื้อเพลิง E85 จะสูงกว่าของ E100 ในบางช่วงของความเร็รรอบเท่านั้น ซึ่งเหตุผลที่ทำให้ค่าอุณหภูมิไอเสียของแก๊สโซลีนมีค่าสูงอาจเนื่องมาจากค่าความร้อนจำเพาะของเชื้อเพลิง (Heating Value) ของแก๊สโซลีนมีค่ามากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ (ดังแสดงในตารางข้อมูลที่ 4.1) โดยค่าความร้อนจำเพาะของเชื้อเพลิงที่มีค่าสูงนั้นทำให้อุณหภูมิการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงภายในเครื่องยนต์สูงและส่งผลทำให้อุณหภูมิไอเสียที่ออกจากเครื่องยนต์สูงเช่นกัน จากข้อมูลค่าความร้อนจำเพาะเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนมีค่าความร้อนจำเพาะสูงที่สุด ถ้าดับต่อมาคือเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน, E85 และ E100 มีค่าความร้อนจำเพาะน้อยที่สุด ซึ่งกราฟความสัมพันธ์ของอุณหภูมิไอเสียของเชื้อเพลิงทั้ง 4 ชนิดมีความสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้กล่าวมาแล้วจึงมีความเป็นไปได้ว่าเหตุผลดังกล่าวทำให้ค่าอุณหภูมิไอเสียของเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนมีค่าสูงที่สุดและ E100 มีค่าอุณหภูมิไอเสียต่ำที่สุดจากข้อมูลการทดลองที่นำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ของอุณหภูมิไอเสียกับความเร็รรอบของเครื่องยนต์

7.1.2.2 วิเคราะห์กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณออกซิเจนที่เหลือกับความเร็รรอบ

จากรูปที่ 6.10 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซออกซิเจนที่เหลือจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์กับความเร็รรอบของเครื่องยนต์ โดยทำการเก็บข้อมูลจากเชื้อเพลิงทั้ง 4 ชนิดนำมาเปรียบเทียบกันพบว่าปริมาณก๊าซออกซิเจนที่เหลือออกมาทางท่อไอเสียของเครื่องยนต์จะมีปริมาณลดลงเมื่อความเร็รรอบสูงขึ้นและปริมาณก๊าซออกซิเจนที่เหลือจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง E100 จะเหลือออกมาในปริมาณมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณก๊าซออกซิเจนที่เหลือของเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ โดยเชื้อเพลิง E85 มีปริมาณก๊าซออกซิเจนที่เหลือออกมาน้อยกว่า E100 แต่มีปริมาณมากกว่าแก๊สโซลีนและแก๊สโซลีน โดยค่าปริมาณก๊าซออกซิเจนที่เหลือของแก๊สโซลีนและแก๊สโซลีนมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันแต่แก๊สโซลีนมีค่าปริมาณก๊าซออกซิเจนที่เหลือออกมามากกว่าของแก๊สโซลีนเล็กน้อย ซึ่งเหตุผลที่ทำให้ E100 มีปริมาณก๊าซออกซิเจนเหลือออกมามากที่สุดอาจเนื่องมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง E 100 นั้นจากสมการการเผาไหม้ที่ยกมาในขั้นต้นพบว่าจำนวน โมลของออกซิเจนที่ใช้ในการเผาไหม้เชื้อเพลิง E 100 นั้นมีจำนวน โมลน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับการเผาไหม้เชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ ทำให้ปริมาณก๊าซออกซิเจนที่เหลือออกมาจากการเผาไหม้มีค่ามากที่สุด ลำดับต่อมาคือ E85 ,แก๊สโซลีน และแก๊สโซลีน ซึ่งแก๊สโซลีนจะใช้จำนวน โมลของก๊าซออกซิเจนในการเผาไหม้มากที่สุดทำให้เหลือปริมาณก๊าซออกซิเจนออกมาน้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองจึงมีความเป็นไปได้ว่าเหตุผลดังกล่าวส่งผลทำให้เชื้อเพลิง E100 มีปริมาณออกซิเจนเป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก๊าซออกซิเจนที่เหลือจากการเผาไหม้และถูกปล่อยออกมาทางท่อไอเสียมากที่สุดและเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนมีปริมาณก๊าซออกซิเจนที่เหลือออกมาน้อยที่สุด

7.1.2.3 วิเคราะห์กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับความเร็วยาน

จากรูปที่ 6.11 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์กับความเร็วยานของเครื่องยนต์ โดยทำการเก็บข้อมูลของเชื้อเพลิงทั้ง 4 ชนิดแล้วนำมาเปรียบเทียบกัน โดยพบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาทางท่อไอเสียของเครื่องยนต์จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบสูงขึ้นและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนนั้นจะมีปริมาณมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ออกมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ โดยการเผาไหม้เชื้อเพลิง E100 มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาน้อยที่สุดโดยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากไอเสียของเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนมีค่าใกล้เคียงกับเชื้อเพลิงแก๊สโซลด์แต่แก๊สโซลด์จะมีปริมาณต่ำกว่าเล็กน้อย ส่วนเชื้อเพลิง E85 จะมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาน้อยกว่าเชื้อเพลิงแก๊สโซลด์และแก๊สโซลีนแต่จะมีปริมาณมากกว่า E100 ซึ่งเหตุผลที่ทำให้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมากับไอเสียมากที่สุดอาจเนื่องมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนนั้นเมื่อพิจารณาสมการการเผาไหม้ที่ยกมาในขั้นต้นพบว่าจำนวนโมลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนนั้นมีจำนวนโมลมากที่สุดเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ ทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาจากการเผาไหม้มีค่ามากที่สุด ลำดับต่อมาคือแก๊สโซลด์, E85 และ E100 ซึ่งเชื้อเพลิง E100 จะมีจำนวนโมลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้น้อยที่สุด ทำให้มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาพร้อมกับไอเสียที่น้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองจึงมีความเป็นไปได้ว่าเหตุผลดังกล่าวจะสนับสนุนผลการทดลอง ซึ่งไอเสียจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาในปริมาณมากที่สุดและเชื้อเพลิง E100 มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาจากการเผาไหม้น้อยที่สุดตามเหตุผลที่ได้กล่าวมาแล้ว

7.1.2.4 วิเคราะห์กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์กับความเร็วยาน

จากรูปที่ 6.12 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์กับความเร็วยานของเครื่องยนต์ โดยได้นำข้อมูลจากการทดลองด้วยเชื้อเพลิงทั้ง 4 ชนิด โดยพบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาจากท่อไอเสียมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ซึ่งก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เกิดขึ้นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ไม่สมบูรณ์ของเครื่องยนต์ โดยปริมาณที่วัดค่าได้ยังคงอยู่ในมาตรฐานที่ถูกกำหนดไว้โดยข้อกำหนดทางกฎหมาย โดยปริมาณของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาในไอเสียจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนจะมีปริมาณมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ โดยเชื้อเพลิง E100 มีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ถูกปล่อย

ออกมาจากการเผาไหม้ที่น้อยที่สุด โดยปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากไอเสียของเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอลล์ มีค่าน้อยกว่าเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนแต่มีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากไอเสียมากกว่าเชื้อเพลิง E85 และ E100 ค่อนข้างมากซึ่งจะสามารถสังเกตได้อย่างชัดเจนจากกราฟความสัมพันธ์ ส่วนเชื้อเพลิง E85 และ E100 จะมีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ถูกปล่อยจากไอเสียมีค่าใกล้เคียงกันแต่เชื้อเพลิง E85 จะมีปริมาณมากกว่าเชื้อเพลิง E100 เล็กน้อย ซึ่งเหตุผลที่ทำให้เชื้อเพลิง E100 มีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ปล่อยมากกับไอเสียของเครื่องยนต์น้อยที่สุดอาจเนื่องมาจากในโมเลกุลของเชื้อเพลิง E100 นั้นมีโมเลกุลของออกซิเจนซึ่งมีความจำเป็นต่อกระบวนการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง ซึ่งปริมาณออกซิเจนที่เพียงพอจะทำให้เชื้อเพลิงสามารถเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์และเกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ขึ้นน้อยที่สุด ทำให้เชื้อเพลิง E100 มีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ถูกปล่อยมากกับไอเสียที่น้อยที่สุด รองลงมาคือ E85 ซึ่งมีจำนวนโมเลกุลของออกซิเจนในปริมาณน้อยกว่าเชื้อเพลิง E100 เล็กน้อยจึงทำให้กราฟมีค่าใกล้เคียงกัน แต่มีจำนวนโมเลกุลของออกซิเจนมากกว่าเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอลล์ค่อนข้างมากเมื่อเทียบในปริมาณเชื้อเพลิงที่เท่ากันทำให้กราฟมีค่าค่อนข้างต่างกันอย่างชัดเจน ในส่วนของเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนซึ่งไม่มีโมเลกุลของออกซิเจนอยู่ในโมเลกุลของเชื้อเพลิงจึงน่าจะเป็นเหตุผลทำให้มีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ถูกปล่อยออกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนมากที่สุดซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้ทำการทดลองเชื้อเพลิงทั้ง 4 ชนิด

7.1.2 วิเคราะห์ผลการทดลองการสังเกตลักษณะสเปกตรัมของหัวฉีดแรงดันสูง

จากรูปที่ 6.13 เป็นภาพการสเปกตรัมจากหัวฉีดแรงดันสูง โดยภาพทางซ้ายเป็นของแก๊สโซลีน และภาพทางขวาเป็นของเอทานอล จากภาพถ่าย การกระจายตัวของสเปกตรัมเมื่อใช้แก๊สโซลีนจะมีมากกว่า เนื่องจากไม่ค่อยมีส่วนที่ทึบแสง ซึ่งแตกต่างจากการสเปกตรัมเมื่อใช้เอทานอล จะมีส่วนที่ทึบแสงและรวมตัวกันอยู่เป็นลำดับทิศทางสเปกตรัม อาจจะมาจากการระเหยตัวของเชื้อเพลิง 2 ชนิดนี้ มีค่าแตกต่างกันมาก ดังแสดงในตารางข้อมูลที่ 4.1 เอทานอลมีค่าการระเหยตัวสูงกว่าแก๊สโซลีน 2.84 เท่า นั้นหมายถึงเอทานอลต้องการความร้อนเพื่อการระเหยตัวมากกว่าแก๊สโซลีน 2.84 เท่า ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าการที่ภาพถ่ายของเอทานอลมีส่วนที่ทึบแสง เกิดจากการที่เอทานอลระเหยตัวได้น้อย ทำให้ลำสเปกตรัมส่วนใหญ่ยังคงเป็นของเหลวอยู่

7.2 สรุปผลการทดลอง

เครื่องยนต์แก๊สโซลีนแบบฉีดตรงสามารถใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอลล์ได้ และให้ผลการทดลองไม่แตกต่างจากเครื่องยนต์แก๊สโซลีนปกติที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอลล์ คือ ปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ไอเสียเพิ่มขึ้น, ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง, อัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น, กำลังงานของเครื่องยนต์ลดลง, แรงบิดลดลง ซึ่งได้ผลตามที่ได้ตั้งเป้าหมายเอาไว้

7.3 แนวทางการพัฒนาต่อ

จากผลการทดลองที่ผ่านมา จะเห็นว่าการทำงานที่มีปริมาณเอทานอลในเชื้อเพลิงผสมสูงขึ้น ปริมาณกำขพิษในไอเสียมีค่าลดต่ำลง แต่ในทางตรงข้ามกำลังของเครื่องยนต์ย่อมลดต่ำลงเช่นกัน การที่จะเพิ่มกำลังของเครื่องยนต์ให้สูงขึ้นด้วยการเพิ่มปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงน่าจะเป็นวิธีที่สะดวกที่สุด ซึ่งก็มีด้วยกันหลายวิธีที่จะกระทำ เช่น การเพิ่มหัวฉีดที่ทางเข้าไอเสียเพื่อเพิ่มปริมาณเชื้อเพลิงให้กับทุกๆสูบ เป็นต้น

7.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

1. เครื่องยนต์แก๊สโซลีนแบบฉีดตรง สามารถใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนได้ โดยไม่ต้องปรับแต่งเครื่องยนต์แต่อย่างใด ทั้งยังให้มลพิษที่ต่ำกว่าการใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน แต่จะสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากกว่า
2. ได้ความรู้เกี่ยวกับเครื่องยนต์เพิ่มเติมมากขึ้น การติดตั้งเครื่องยนต์ ได้เรียนรู้ระบบการส่งกำลัง ระบบการเผาไหม้ ระบบการฉีดเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์มีตซูบิชิ 4G93
3. การแก้ปัญหาเฉพาะหน้า ซึ่งในการทำงานย่อมมีปัญหาไม่มากก็น้อย สามารถนำประสบการณ์ตรงนี้ไปประยุกต์ใช้ได้
4. การทำงานเป็นทีม

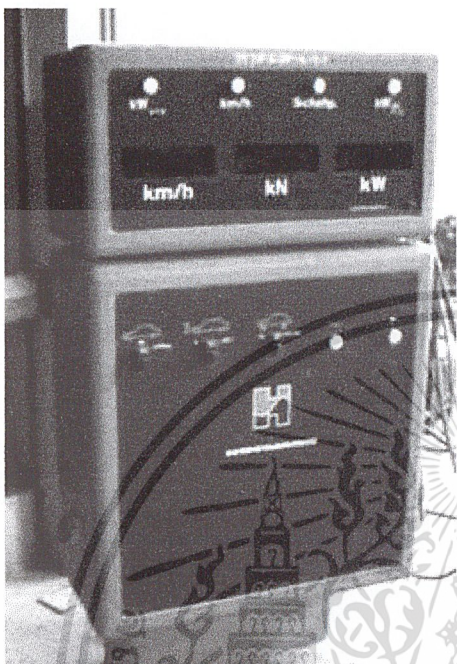
7.5 ข้อเสนอแนะ

เชื้อเพลิงผสมเอทานอลนี้ มีข้อควรระวังดังนี้

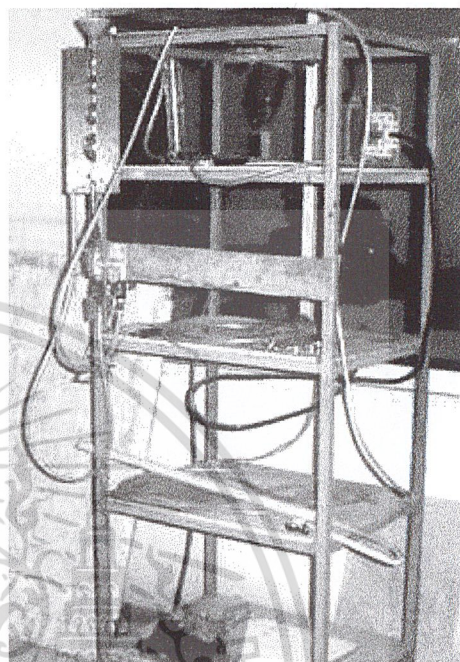
1. ความบริสุทธิ์ของแอลกอฮอล์ จะต้องใช้แอลกอฮอล์ที่บริสุทธิ์ถึง 98 % มิฉะนั้นแล้วแอลกอฮอล์จะไม่ผสมเข้ากับเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน
2. ถังเก็บเชื้อเพลิง ไม่ควรเป็นเหล็ก เพราะน้ำที่มีอยู่ในแอลกอฮอล์จะทำให้เหล็กผุกร่อน
3. ท่อนำเชื้อเพลิง ไม่ควรเป็นยาง เพราะแอลกอฮอล์จะทำให้ยางเปื่อยได้

ภาคผนวก ก

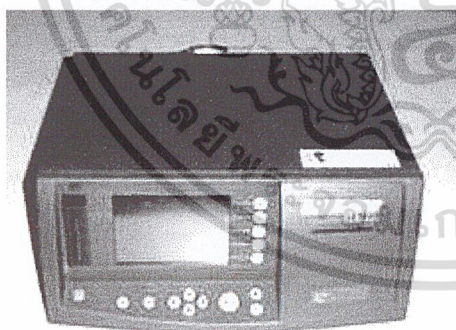
ก.1 ชุดทดลองประสิทธิภาพเครื่องยนต์



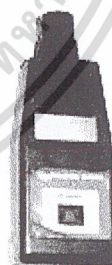
มิเตอร์ควบคุมโหลด



อุปกรณ์วัดอัตราการความสั่นเปลี่ยน

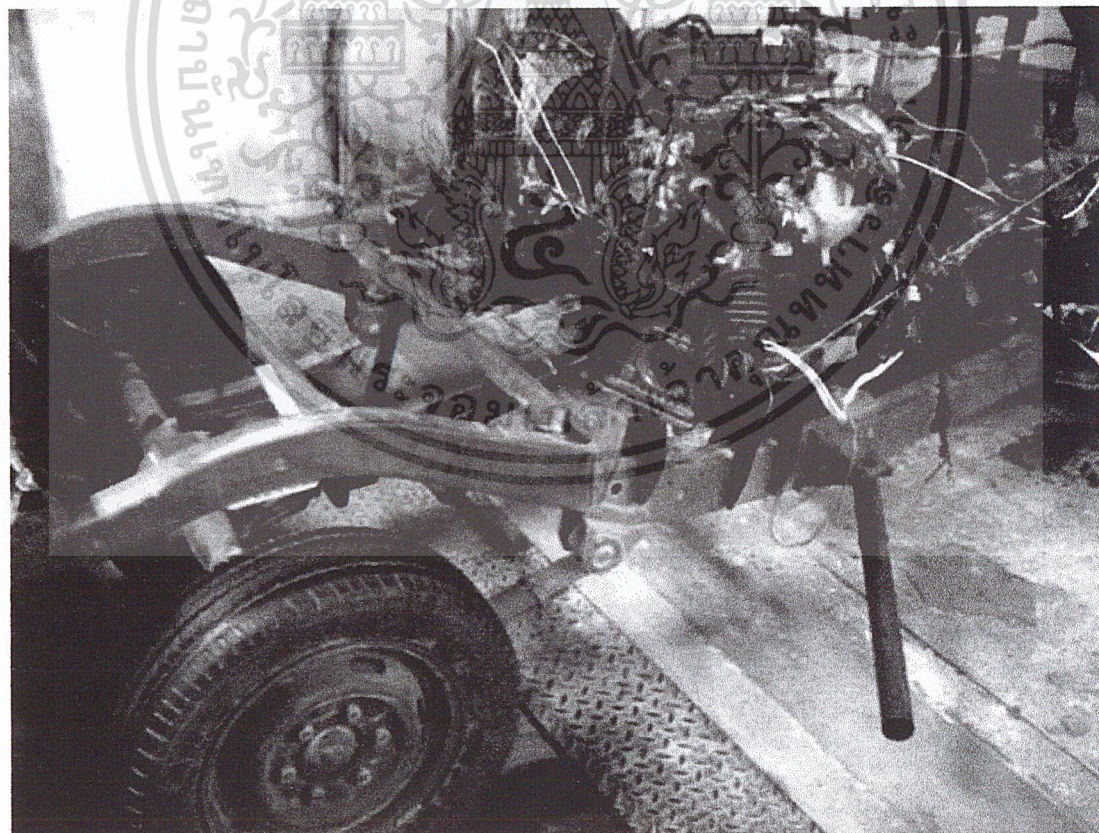
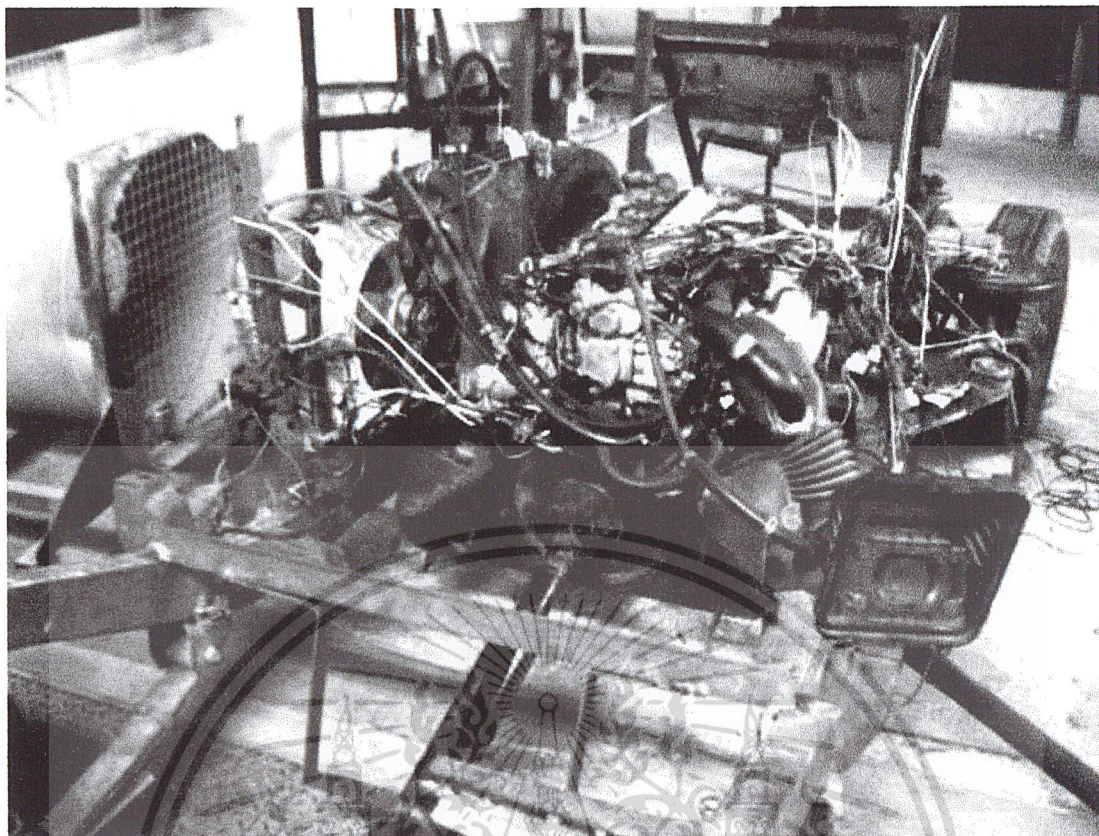


อุปกรณ์วัดมลพิษ



อุปกรณ์วัดรอบเครื่องยนต์

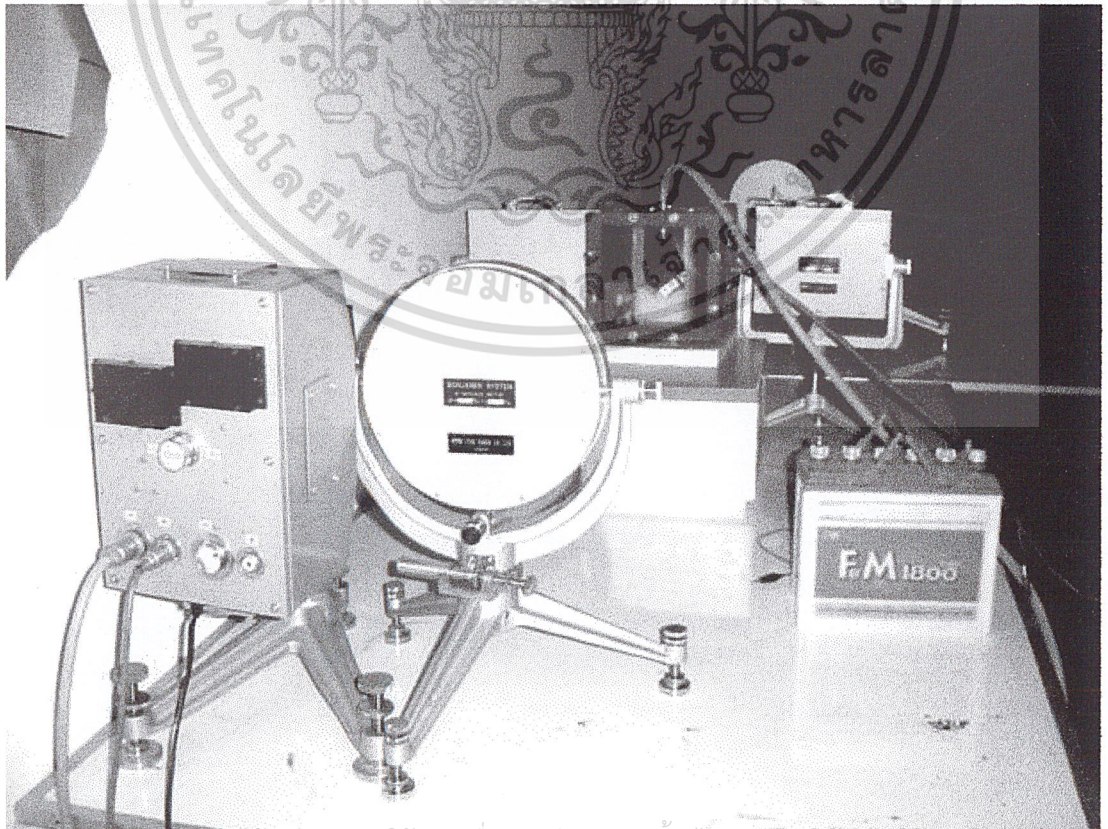
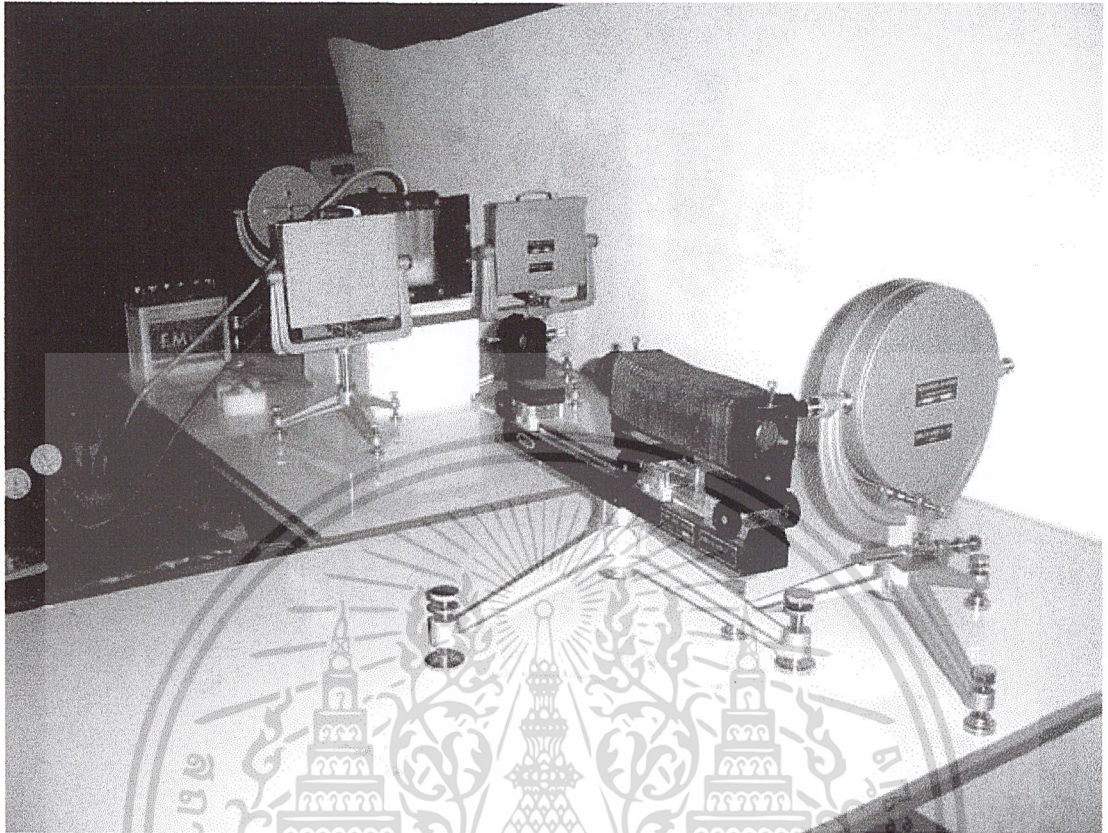
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



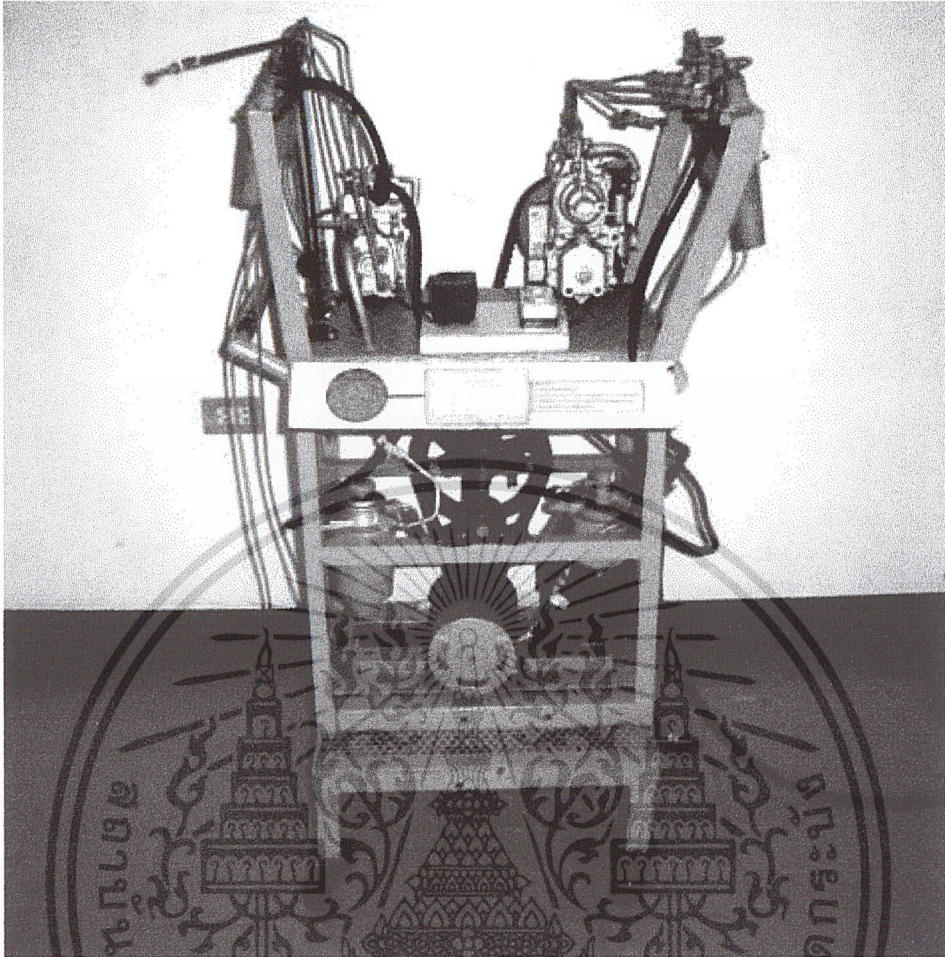
เครื่องยนต์มิตซูบิชิ 4G93 GDI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2 ชุดทดลองการสังเกตลักษณะสปรัยจากหัวฉีดแรงดันสูง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ป้อมทำความดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การผลิตเอทานอลจากผลผลิตทางการเกษตรเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม การสร้างขีดความสามารถในการนำผลผลิตทางการเกษตรมาแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าเป็นสิ่งจำเป็น การนำผลผลิตเกษตรมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงเอทานอลเป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยแก้ปัญหาภาคเกษตรและยังเสริมสร้างเศรษฐกิจโดยลดการนำเข้าเชื้อเพลิงโดยเฉพาะที่ใช้ในภาคขนส่ง การผลิตเชื้อเพลิงเอทานอลจากผลผลิตเกษตร เช่น มันสำปะหลัง อ้อย กากน้ำตาล ข้าวโพด ข้าวฟ่าง จึงเป็นทางเลือกที่สำคัญ อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องมีการพัฒนาเทคโนโลยีด้านการผลิตเอทานอลและการกำหนดส่วนผสมของเอทานอลและแก๊สโซลีนที่เหมาะสม เอทานอลที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงจะต้องเป็นเอทานอลไร้น้ำ มีความบริสุทธิ์สูงอย่างน้อย 99.5% สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยจึงได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตเอทานอลไร้น้ำ ได้รับการสนับสนุนจากประเทศญี่ปุ่น และในปัจจุบันได้ดำเนินการผลิตในระดับโรงงานต้นแบบเพื่อใช้ทดลองตลาดพร้อมทั้งดำเนินการพัฒนากระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะการเพิ่มผลผลิตซึ่งต้องอาศัยเทคโนโลยีชีวภาพเข้ามาช่วยในการพัฒนาอีสต ซึ่งในปัจจุบันสามารถทำให้ปฏิกิริยาการเกิดเอทานอลเร็วขึ้นและได้ผลผลิตเอทานอลมากขึ้น การประเมินทางด้านเศรษฐกิจของการผลิตเอทานอลเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนก็ให้ผลที่มีความเป็นไปได้สูง

วัตถุดิบ

เอทานอลคือแอลกอฮอล์ชนิดหนึ่ง จากรูปแบบที่ใช้กันและเป็นที่ยอมรับทั่วไปคือสุราที่ใช้ดื่ม สุราแต่ละชนิดรูปแบบเฉพาะขึ้นอยู่กับกลิ่น รส ปริมาณแอลกอฮอล์ และกระบวนการผลิต เอทานอลที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงก็มีคุณภาพเฉพาะเช่นเดียวกับสุราก็ต้องมีปริมาณน้ำไม่มากกว่า 0.5 หรือที่เรียกว่า แอลกอฮอล์ 99.5% หรือแอลกอฮอล์ไร้น้ำ

การผลิตเอทานอลเพื่อใช้เป็นสุราเป็นการผลิตโดยใช้วัตถุดิบการเกษตรอยู่แล้ว คือ กากน้ำตาล ข้าว ข้าวเหนียว ฯลฯ ดังนั้นการผลิตเอทานอลจากผลผลิตเกษตรจึงไม่ใช่เรื่องใหม่แต่เป็นการเพิ่มศักยภาพการใช้ผลผลิตเกษตรโดยขยายขอบเขตของวัตถุดิบที่ใช้ไปสู่ผลผลิตเกษตรอื่น คือ มันสำปะหลัง อ้อย ข้าวโพด ข้าวฟ่าง เพื่อให้เกิดประโยชน์และเพิ่มมูลค่าผลผลิตเกษตรมากขึ้น และที่สำคัญอีกหนึ่งคือเพิ่มปริมาณความต้องการใช้วัตถุดิบจากผลผลิตเกษตรให้มากขึ้นโดยการผลิตเป็นเชื้อเพลิง

วัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตเอทานอลเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ น้ำตาลและแป้ง วัตถุดิบประเภทน้ำตาลคือ อ้อย กากน้ำตาล ข้าวฟ่าง ส่วนวัตถุดิบประเภทแป้งคือ ข้าว มันสำปะหลัง ข้าวโพด มันเส้น แป้งมัน ในการเลือกวัตถุดิบมีข้อควรพิจารณาหลายประการ เช่น ปริมาณวัตถุดิบมีมากพอตลอดทั้งปี ราคา ผลผลิตเอทานอลต่อหน่วยวัตถุดิบ ผลได้เอทานอลต่อหน่วยพื้นที่เพาะปลูก และพลังงานสมดุลของระบบ ดังนั้นการผลิตเอทานอลจากผลผลิตเกษตรเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนควรมีแบบแผนการจัดสรรวัตถุดิบให้ชัดเจนสำหรับเทคโนโลยีที่ วม.ใช้ในโรงงานผลิตเอทานอลต้นแบบนั้น มีข้อดีที่สามารถเปลี่ยนวัตถุดิบที่ใช้หรือเรียกว่าระบบ Multifed จึงทำให้ไม่เกิดปัญหาวัตถุดิบขาดแคลนเนื่องจากฤดูกาล

กากน้ำตาลเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมน้ำตาล ในการผลิต 1 ตัน จะได้กากน้ำตาลประมาณ 585 กิโลกรัม ปัจจุบันกากน้ำตาลที่ผลิตได้มีจำนวนเพียงพอแก่ความต้องการใช้ภายในประเทศ และยังมีเหลือส่งออกต่างประเทศทุกปี การใช้ภายในประเทศเป็นการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอลถึงร้อยละ 90 ส่วนที่

เหลือใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมหลายชนิด ได้แก่ อุตสาหกรรมผงชูรส อาหารสัตว์ น้ำซีอิ๊ว และอื่นๆ กากน้ำตาลมีองค์ประกอบเป็นน้ำตาลประมาณ 50 – 55% ฉะนั้นกากน้ำตาลจำนวน 1 ตันจะสามารถผลิตเป็นเอทานอลชนิด 95% ได้ประมาณ 280 ลิตร กากน้ำตาลเป็นวัตถุดิบที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในการผลิตเอทานอล แต่กากน้ำตาลเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมน้ำตาล จึงไม่อาจเพิ่มปริมาณการผลิตได้อย่างอิสระตามต้องการ จำเป็นต้องขึ้นอยู่กับปริมาณอ้อย และปริมาณการผลิตน้ำตาลในแต่ละปี การผลิตมีเฉพาะในช่วงที่มีการหีบอ้อยเท่านั้น ซึ่งมีระยะเวลาประมาณ 4 – 6 เดือนต่อปีทำให้มีปัญหาในการกักเก็บน้ำตาลไว้ใช้ตลอดปี และหากมีการใช้กากน้ำตาลนอกฤดูหีบอ้อยเพื่อการผลิตเอทานอลก็จำเป็นต้องพึ่งพลังงานนอกระบบ นอกจากนี้ราคาของกากน้ำตาลยังไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับอุปทานของตลาดโลก

อ้อยเป็นพืชที่ต้องการดินที่อุดมสมบูรณ์และฝนตกชุก มีจำกัดเฉพาะฤดูกาล ซึ่งมีระยะเวลาประมาณ 4 – 6 เดือนเนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องระยะเวลา หากพิจารณานำอ้อยเป็นวัตถุดิบจะสามารถเดินเครื่องจักรโรงงานได้เฉพาะช่วงเวลาที่มีการหีบอ้อยเท่านั้น ถ้าพิจารณาด้านพลังงานที่ใช้ในระบบการผลิตเอทานอล อ้อยมีความเหมาะสมกว่าวัตถุดิบชนิดอื่นๆ เพราะพลังงานทั้งหมดจะได้จากการเผาอ้อย อ้อยเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตน้ำตาล แต่ใน บางครั้งปริมาณความต้องการน้ำตาลลดลง ส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมอ้อยของไทยด้วย ในสถานะที่ราคาน้ำตาลตกต่ำเช่นนี้จำนวนอ้อยซึ่งใช้ในการผลิตน้ำตาลส่วนเกินนั้นสามารถนำมาผลิตเป็นเอทานอลได้เป็นอย่างดี ซึ่งอ้อยจำนวน 1 ตันจะสามารถผลิตเอทานอล 95% ได้ประมาณ 60 ลิตร

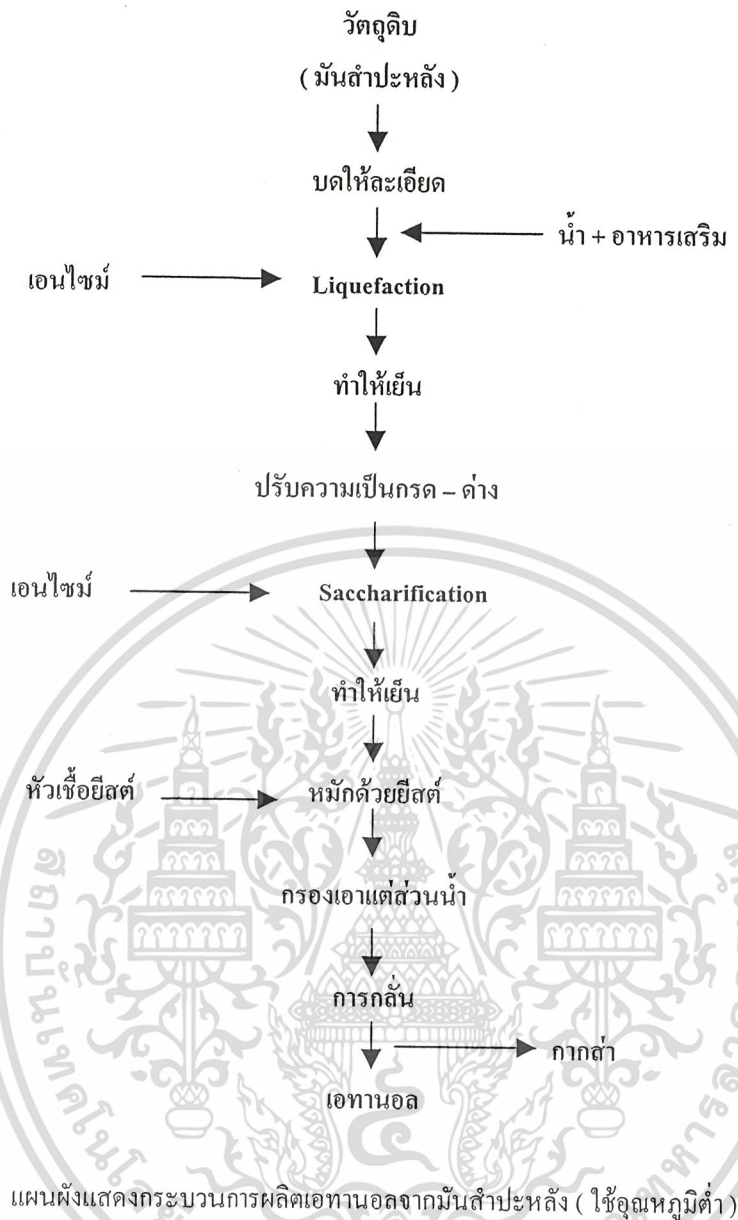
มันสำปะหลัง เป็นพืชที่ปลูกง่าย มีความทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศแห้งแล้งได้ดีสามารถขึ้นได้ในสภาพดินฟ้าอากาศทุกชนิด และเก็บเกี่ยวได้ตลอดปี หากมีราคาดีจะขูดขายได้ตั้งแต่อายุ 6 – 7 เดือนขึ้นไปและถ้าราคาไม่ดีก็สามารถขูดไว้ในดินได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย นอกจากนี้ยังให้ผลตอบแทนสูงกว่าการปลูกพืชหลายชนิดจึงเป็นที่นิยมปลูกกันมาก มีการขยายพื้นที่เพาะปลูกอย่างกว้างขวางทั่วประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มันสำปะหลังสดจำนวน 1 ตัน จะสามารถผลิตเอทานอล 95% ได้ประมาณ 180 ลิตร นอกเหนือจากการใช้หัวมันสำปะหลังสดแล้ว ยังสามารถแปรรูปเป็นมันแห้งเพื่อเก็บไว้ใช้ได้ตลอดปี อย่างไรก็ตามมันสำปะหลังมีข้อเสียเปรียบอ้อยอยู่ 2 ประการกล่าวคือ มันสำปะหลังต้องการพลังงานมากในระบบการผลิตเอทานอล เพราะจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงในมันสำปะหลังให้เป็นน้ำตาลเสียก่อน และพลังงานที่ใช้มาจากนอกทั้งหมด ยกเว้นจะพิจารณานำลำต้นมันสำปะหลังมาเป็นเชื้อเพลิง จากการศึกษาข้อมูลขั้นต้นเกี่ยวกับค่าความร้อนของลำต้นมันสำปะหลัง พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับฟืนไม้แสม คือเท่ากับ 4,350 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง

กระบวนการผลิต

ในการผลิตเอทานอลโดยเฉพาะการผลิตเอทานอลเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง สิ่งที่ต้องให้ความสำคัญอย่างมากก็คือต้นทุนการผลิต ปัจจัยหลักที่มีผลต่อต้นทุนการผลิตก็คือวัตถุดิบ ปริมาณผลผลิต ปริมาณพลังงานที่ใช้ และปริมาณของเสีย (Effluent)

ขั้นตอนการผลิตเอทานอลเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงจากมันสำปะหลัง แสดงดังรูป เมื่อพิจารณาขั้นตอนการผลิตเอทานอลจากผลิตผลเกษตรโดยรวมแล้วอาจแบ่งได้เป็น 2 ส่วนคือ

1. กระบวนการหมัก (Fermentation)
2. กระบวนการกลั่น (Distillation)



กระบวนการหมัก

ในส่วน of กระบวนการหมักเพื่อการผลิตเอทานอลนั้น โดยทั่วไปหมายถึงขั้นตอนการใช้ยีสต์เพื่อเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์หรือเอทานอล แต่ถ้าวัตถุดิบเริ่มต้นไม่ใช่น้ำตาลก็จำเป็นต้องมีขั้นตอนการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลเสียก่อน

ในกระบวนการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลนั้น แต่เดิมต้องมีขั้นตอนการต้มมันให้สุก ก่อนการใช้เอนไซม์ย่อยสลายแป้งให้เป็นน้ำตาล ซึ่งต้องใช้ความร้อนสูงแต่เทคนิคทั่วๆ ไปในปัจจุบันเป็นเทคโนโลยีที่ไม่ต้องมีขั้นตอนการต้มมันแต่เป็นการใช้เอนไซม์ย่อยสลายมันบดโดยตรง และใช้ความร้อนต่ำช่วยที่มีชื่อเรียกว่า non-cooking liquefaction and saccharification ซึ่งสามารถลดพลังงานในรูปไอน้ำได้ถึง 47%

ส่วนขั้นตอนการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นเอทานอลนั้น สิ่งที่เป็นปัจจัยที่สำคัญก็คือยีสต์ ยีสต์ที่ใช้ในกระบวนการนี้จำเป็นต้องมีการคัดเลือกชนิดของยีสต์และพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้ยีสต์ที่มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำตาลเป็นเอทานอลในปริมาณสูง และใช้เวลาน้อย เพื่อให้ได้ผลผลิตสูงและลดเวลาในการผลิตซึ่งจะส่งผลอย่างมากต่อการลดต้นทุนการผลิต ในปัจจุบันวท. ได้พัฒนาวิธีที่ซึ่งสามารถลดเวลาการหมักจาก 3 วันลงเหลือเพียง 2 วันเท่านั้น

กระบวนการกลั่น

การกลั่นเป็นขั้นตอนการเพิ่มความบริสุทธิ์ของเอทานอลที่ได้จากขั้นตอนการหมัก กระบวนการกลั่นเอทานอลเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงหรือเอทานอลไร้น้ำมัน มีความแตกต่างจากการผลิตเอทานอลเพื่อใช้ทำสุรา คือมีขั้นตอนการขจัดน้ำ (dehydrate) เพิ่มขึ้น เพื่อทำการขจัดน้ำจากเอทานอล 95 % ให้เป็นเอทานอล 99.5 % คือลดปริมาณน้ำให้เหลือไม่เกิน 0.5 % เพื่อให้ได้เอทานอลที่มีคุณภาพเหมาะสมไม่ส่งผลกระทบต่อเครื่องยนต์ ดังนั้นขั้นตอนการกลั่นจึงประกอบด้วย กระบวนการกลั่น 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนทำให้เอทานอลมีความเข้มข้นสูงเป็น 95.0 % ในหอกลั่นที่ 1 และขั้นตอนที่สองเป็นขั้นตอนทำให้เอทานอลบริสุทธิ์ขึ้น โดยการขจัดน้ำ (Dehydration) ในหอกลั่นที่ 2 ดังนี้คือ

- หอกลั่นที่ 1 จะทำหน้าที่กลั่นเอทานอลให้ได้เอทานอลมีความเข้มข้นถึง 95.0% โดยปริมาตร หอกลั่นที่ 1 ประกอบด้วยคอลัมน์ 2 ส่วน คือส่วนล่างและส่วนบนคอลัมน์ส่วนล่างเรียกว่า Mash column เป็นคอลัมน์ที่กลั่นเอทานอลจากน้ำหมักให้เอทานอลระเหยขึ้นไป คอลัมน์ส่วนบน แล้วปล่อยน้ำหมักที่ถูกกลั่นเอาเอทานอลไปแล้วที่เรียกว่าน้ำกากส่า ปล่อยออกสู่ด้านล่างของคอลัมน์หรือก้นหอกลั่น คอลัมน์ส่วนบนเรียกว่า Concentration column เป็นคอลัมน์ที่จะกลั่นเอทานอลให้มีความเข้มข้นสูงขึ้นถึง 95.0% โดยปริมาตร

- หอกลั่นที่ 2 เรียกว่า Dehydration column เป็นหอกลั่นที่ทำให้เอทานอลที่ได้จากการกลั่นหอกที่ 1 มีความบริสุทธิ์สูงขึ้นเป็น 99.5% โดยปริมาตรซึ่งเรียกว่า Absolute หรือ Anhydrous alcohol คือ เอทานอลบริสุทธิ์หรือเอทานอลไร้น้ำ

บรรณานุกรม

- [1] รศ. พูลพร แสงบางปลา, “น้ำมันผสม Ethanol ใช้กับรถของท่านได้จริงหรือ?”, เอกสารประกอบการประชุมสัมมนาวิชาการ สมาคมวิศวกรรมยานยนต์ไทย (TSAE), 2 เมษายน 2544
- [2] รศ. พูลพร แสงบางปลา, “ไอเสียจากเครื่องยนต์และการควบคุม”, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537
- [3] เขียวชัย บุญยะกุล, “ทฤษฎีช่าง เทคนิคยานยนต์ เครื่องยนต์เบนซิน” , สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2542
- [4] Mitsubishi GDI Technical Web Page, <http://www.mitsubishi-motors.co.jp/GDI2000>
- [6] John B. Heywood, “Internal Combustion Engine Fundamentals”, McGraw Hill Book Company.

