สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การใช้ LPG กับเครื่องยนต์จักรยานยนต์ 4 จังหวะ

LPG for 4-stroke engine motorcycle

T103123

กวิศ เจียมจูพาลักษณ์

ศุภนิตย์ กิตติกุลสวัสดิ์

อนล สารทพันธ์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 103123
วัน,เดือน,ปี 28 ส.ค. 2552

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การใช้ LPG กับเครื่องยนต์จักรยานยนต์ 4 จังหวะ

LPG for 4-stroke engine motorcycle

โดย

นายกวิศ เจียมจุฬาลักษณ์

นายศุภนิตย์ กิตติกุลสวัสดิ์

นายอนล สารทพันธ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. พงษ์ศักดิ์ คำมูล

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี.....

b 12099363
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2551

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การใช้ LPG กับเครื่องยนต์จักรยานยนต์ 4 จังหวะ

(LPG for 4- stroke engine motorcycle)

จัดทำโดย

นายกวิศ	เจียมจุฬาลักษณ์	48010032
นายศุภนิตย์	กิตติกุลสวัสดิ์	48010910
นายอนล	สารทพันธ์	48011048

----------อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. พงษ์ศักดิ์ คำมูล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LPG for 4-stroke engine motorcycle

Mr. Kawit Jiamjulalak

Mr. Supanit Kittikulsawat

Mr. Anon Santapan

Asst. Prof. Pongsak Kummool

(Adviser)

Abstract

The price of crude oil is risen that have never happened. The loss makes economic predicament of family to all country. This article present the compensated energy that consider LPG (Liquefied petroleum ras) into 4-stroke engine motorcycle. We study the properties of LPG that have propane and butane mixed in varied ratio, combustion properties, advantage/disadvantage of LPG, function of LPG in 4-stroke motorcycle and show the calculation of power, torque, energy consumption rate and engine efficiency.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการศึกษาวิจัยเรื่องการใช้LPGในเครื่องจักรยานยนต์สี่จังหวะนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจากอาจารย์พงษ์ศักดิ์ คำมูลอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ที่คอยดูแลเอาใจใส่ ให้คำปรึกษา และคำแนะนำตลอดจนการตรวจสอบแก้ไข ให้แก่ผู้ศึกษาตั้งแต่เริ่มดำเนินการศึกษาจนสำเร็จการศึกษา ผู้ศึกษาขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ และทุกคนในครอบครัวที่คอยให้กำลังใจ คำชี้แนะ และวิธีการแก้ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้น รวมทั้งคำอวยพร ที่เป็นกำลังใจให้แก่ผู้ศึกษาที่จะดำเนินการศึกษาวิจัยจนสำเร็จ

ขอขอบคุณพี่บี พี่เบิร์ด พี่เป้า ที่ให้ความช่วยเหลือให้ยืมเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ รวมทั้งคำแนะนำดีๆและความรู้

ขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคน ที่คอยดูแลเอาใจใส่ แบ่งปันข้อมูลงานวิจัย และให้ความรู้แลกเปลี่ยนทัศนคติต่องานวิจัยนี้อย่างมาก สำหรับทุกน้ำใจ และกำลังใจ ทำให้ผู้ศึกษาผ่านพ้นอุปสรรคต่างๆมาได้ด้วยดี

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II
กิตติกรรมประกาศ.....III
สารบัญ.....IV
สารบัญตาราง.....VII
สารบัญรูป.....VIII

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....2
1.2 ขอบเขตของงานวิจัย.....2

บทที่ 2 เชื้อเพลิงก๊าซ.....3
2.1 ประเภทของก๊าซ.....3
2.2 ก๊าซ LPG.....4
2.3 ข้อดีและข้อเสียของการใช้ก๊าซLPGกับเครื่องยนต์.....12
2.4 ระบบการทำงานของเครื่องยนต์LPGที่ใช้คาร์บูเรเตอร์.....14
2.5 ถังก๊าซและอุปกรณ์ประกอบ.....15
2.6 การเผาไหม้.....17

บทที่ 3 เครื่องยนต์.....20
3.1 เครื่องรถยนต์.....20
3.1.1 ประเภทของเครื่องยนต์.....20
3.1.2 การจุดระเบิดด้วยประกายไฟและการอัด.....21
3.1.3 ระบบเครื่องยนต์ขั้นพื้นฐาน.....22
3.1.4 ระบบอื่นๆของเครื่องยนต์.....24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การทำงานของเครื่องยนต์.....24
3.2.1 เครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน.....24
3.2.2 โครงสร้างของเครื่องยนต์แบบลูกสูบ.....25
3.2.3 ลูกสูบและแหวนลูกสูบ.....26
3.2.4 การเคลื่อนที่แบบกลับไปกลับมาและการเคลื่อนที่แบบหมุน.....26
3.2.5 วาล์วเครื่องยนต์.....27
3.2.6 การทำงานของเครื่องยนต์.....27
3.2.7 การทำงานของวาล์ว.....28
3.2.8 กลไกวาล์วแบบก้านกระทุ้ง.....29
3.2.9 วาล์วไทมิ่งไดอะแกรมเครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ.....30
3.2.9 เครื่องยนต์หลายสูบ.....31
3.2.10ล้อช่วยแรง.....32
3.3 การวัดค่าและสมรรถนะของเครื่องยนต์.....33

บทที่ 4 การทดลอง.....45
4.1 การหาขนาด MIXER ตามทฤษฎีของไหลอัดตัวได้.....45
4.2 การหาสมรรถนะของเครื่องยนต์สันดาปภายใน.....48

บทที่ 5 ผลการทดลอง.....54
5.1 แสดงค่ากำลังเปรียบเทียบกับความเร็ว.....54
5.2 แสดงค่าแรงบิดเปรียบเทียบกับความเร็ว.....55
5.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะกับความเร็วรอบ...56
5.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนเปรียบเทียบกับความเร็วรอบ.....57
5.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพเครื่องยนต์เปรียบเทียบกับความเร็ว.....57
5.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของกำลังเมื่อนำกำลังของ
ก๊าซ LPG มาเปรียบเทียบกับกำลังของน้ำมันเบนซิน ที่ความเร็วต่างๆ.....58
5.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไอเสียกับความเร็วรอบ.....59
5.8 แสดงระยะเวลาคุ้มทุนเมื่อทำการติดตั้งระบบ LPG เป็นเชื้อเพลิงที่ความเร็วต่างๆ.....71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....72
6.1 สรุปผลการทดลอง.....72
6.2 ปัญหาจากการทดลอง.....73
6.3 ข้อเสนอแนะ.....73

ภาคผนวก ก 75
บรรณานุกรม 76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับอัตราส่วนปริมาตรของก๊าซโพรเพนและนอร์มัลบิวเทน.....7
2.2ส่วนประกอบของก๊าซLPGที่แบ่งเป็นประเภทต่างๆ.....10
2.3ส่วนประกอบของออกซิเจนและไนโตรเจนในอากาศ.....18
5.1แสดงค่ากำลังเปรียบเทียบกับความเร็วของเบนซินกับLPG.....54
5.2แสดงค่าแรงบิดเปรียบเทียบกับความเร็วของเบนซินกับก๊าซLPG.....55
5.3แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะกับความเร็วรอบของ เบนซินกับก๊าซLPG.....56
5.4แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนเปรียบเทียบกับความเร็วรอบ.....57
5.5แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพเครื่องยนต์เปรียบเทียบกับความเร็ว.....57
5.6แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของกำลังเมื่อนำกำลังของก๊าซ LPG มา เปรียบเทียบกับกำลังของน้ำมันเบนซิน ที่ความเร็วต่าง.....58
5.7แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไอเสียกับความเร็วรอบของเบนซินกับ LPGที่ MIXER ขนาด 0.4 ซึ่งเป็นขนาดที่ให้กำลังมากที่สุด.....59
5.8 แสดงระยะเวลาคุ้มทุนเมื่อทำการติดตั้งระบบLPGเป็นเชื้อเพลิงที่ความเร็วต่างๆ.....71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 หลักการทำงานของเครื่องยนต์LPG....14
3.1 เครื่องยนต์ลูกสูบ....20
3.2 เครื่องยนต์โรตารี....21
3.3 ตำแหน่งศูนย์ตายบนและศูนย์ตายล่าง....25
3.4 จังหวะการทำงานของเครื่องยนต์4จังหวะ....27
3.5 การทำงานของกลไกวาล์วแบบเพลาลูกเบี้ยว....29
3.6 วาล์วแบบก้านกระทุ้ง....30
3.7 วาล์วไทมิ่งไดอะแกรม....31
3.8 ล้อช่วยแรง....32
4.1 ภาพตัด Venturi....45
4.2 Chassis Dynamometer....49
4.3 เครื่องวิเคราะห์ก๊าซไอเสีย....50
4.4 เครื่องวัดความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง....51
4.5 MIXER....52
4.6 ตำแหน่งการติด MIXER....53
5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังของเครื่องยนต์ต่อความเร็วระหว่างเบนซินกับก๊าซLPG ที่ขนาดต่างๆ....60
5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดของเครื่องยนต์ต่อความเร็วระหว่างเบนซินกับก๊าซLPG ที่ขนาดต่าง....61
5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะกับความเร็วรอบระหว่าง เบนซินกับก๊าซLPGที่ขนาดต่าง....62
5.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนเปรียบเทียบกับความเร็วรอบ ระหว่าง เบนซินกับ LPG ที่ขนาดต่างๆ....63
5.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพเครื่องยนต์เปรียบเทียบกับความเร็วรอบ ระหว่างเบนซินกับ LPG ที่ขนาดต่างๆ....64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของกำลังเมื่อนำกำลัง
ของก๊าซ LPG มา เปรียบเทียบกับกำลังของน้ำมันเบนซิน ที่ความเร็วต่างๆ.....65
5.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ CO ต่อความเร็วรอบ ระหว่างเบนซินกับ LPG
ที่ขนาด MIXER เท่ากับ0.4.....66
5.8: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ CO_2 ต่อความเร็วรอบ ระหว่างเบนซินกับ LPG
ที่ขนาด MIXER เท่ากับ 0.4.....67
5.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ HC ต่อความเร็วรอบ ระหว่างเบนซินกับ LPG
ที่ขนาด MIXER เท่ากับ 0.4.....68
5.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ NO ต่อความเร็วรอบ ระหว่างเบนซินกับ LPG
ที่ขนาด MIXER เท่ากับ 0.4.....69
5.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ O_2 ต่อความเร็วรอบ ระหว่างเบนซินกับ LPG
ที่ขนาด MIXER เท่ากับ 0.4.....70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

อย่างที่ทราบกันว่าก๊าซ LPG มีราคาถูกกว่าเบนซิน สะอาดกว่า มีประสิทธิภาพสูงกว่า มีค่าออกเทนสูงกว่า และก่อให้เกิดมลพิษต่ำ ทำให้ก๊าซ LPG มีคุณสมบัติต่างๆที่เหมาะสมกับการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง ก๊าซ LPG จึงเป็นที่จับตามองและระดับการใช้งานของก๊าซ LPG ในปัจจุบันก็สูงขึ้นเรื่อยๆ

การนำก๊าซ LPG มาใช้กับเครื่องยนต์ของรถยนต์เบนซินได้มีการพัฒนามามากกว่า 30 ปีแล้ว เนื่องจากในปัจจุบันราคาน้ำมันเบนซินมีราคาสูงและมีแนวโน้มว่าจะสูงขึ้นเรื่อยๆ จึงความนิยมในการใช้ก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันเบนซินมากขึ้นเพราะทำให้ประหยัดค่าเชื้อเพลิง อย่างที่ทราบกันว่าในประเทศไทย รถจักรยานยนต์เป็นยานพาหนะที่มีการใช้กันมาก เนื่องจากความสะดวกรวดเร็ว ความคล่องตัว และในแง่เศรษฐกิจ(ราคา) จึงได้มีการพัฒนาการนำก๊าซ LPG มาใช้กับเครื่องยนต์ของรถจักรยานยนต์ 4จังหวะ เพื่อให้ผู้ใช้งานได้มีทางเลือกในการใช้พลังงาน

ในการทดลอง จะพิจารณาถึงขนาด MIXER ที่ขนาดแตกต่างกัน ทำให้เกิดสภาวะความดันที่ต่างกัน ความสามารถในการดูดเชื้อเพลิงก็ต่างออกไปเช่นกัน นำผลการทดลองของเชื้อเพลิงน้ำมันเบนซิและ LPG มาเปรียบเทียบกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ

2. เพื่อศึกษาการใช้เชื้อเพลิงในรถจักรยานยนต์

3. เพื่อหาขนาด MIXER ที่เหมาะสมกันเครื่องยนต์ที่นำมาทดลอง

4. เปรียบเทียบผลของสมรรถนะของเครื่องยนต์ระหว่างการใช้ก๊าซ LPG กับน้ำมันเบนซิน

1.2 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์เบนซิน ในรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ 175 cc ระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ โดยติดตั้งชุดเซสซิสไดนาโมมิเตอร์ ชุดวัดอัตราการสิ้นเปลือง เครื่องวัดมลพิษ และทำการทดสอบเครื่องยนต์ที่สภาวะความเร็วที่แตกต่างกัน

2. ทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิง LPG โดยเริ่มต้นติดตั้งระบบจ่ายเชื้อเพลิง ทดสอบเครื่องยนต์ที่สภาวะความเร็วที่แตกต่างกัน โดยกำหนดให้เปลี่ยนขนาด MIXER ซึ่งมีอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางคอคอดต่อเส้นผ่านศูนย์กลางทางเข้าท่อไอดีดังนี้ 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7 หลังจากนั้นนำมาเปรียบเทียบกันดูว่าแบบใดเหมาะสมที่สุด

3. เปรียบเทียบผลของสมรรถนะการใช้ก๊าซ LPG กับน้ำมันเบนซิน

☐ 4. คำนวณหาค่าความคุ้มทุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เชื้อเพลิงก๊าซ

เชื้อเพลิงก๊าซ (gaseous fuel) หมายถึง ก๊าซทุกชนิดที่ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนแล้วเกิดการเผาไหม้ ทำให้ได้พลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ก๊าซที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงส่วนใหญ่จะเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

2.1 ประเภทของก๊าซ

ก๊าซที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงมีหลายชนิดและมีชื่อเรียกแตกต่างกันออกไป บางชนิดมีส่วนประกอบคล้ายกัน แต่มีชื่อแตกต่างกัน

1. ก๊าซมีมวล (bio mass) เป็นก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จากกระบวนการผลิตโดยการใช้ถ่านหินเป็นวัตถุดิบ

2. ก๊าซชีวภาพ (bio-gas) คือ ก๊าซที่เกิดจากการหมัก และการย่อยสลายของสารอินทรีย์ (organic substance) เช่น มูลสัตว์ประเภทต่าง ๆ ตลอดจนวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรม เช่น วัชพืชและเศษอาหาร

3. ก๊าซธรรมชาติ (natural gas) เป็นสาระประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดหนึ่ง โดยที่ธาตุคาร์บอนกับธาตุไฮโดรเจนจับตัวกันเป็นโมเลกุลเช่นเดียวกับน้ำมันแต่มีสถานะในรูปของแก๊ส แบ่งออกเป็นชนิดใหญ่ ๆ ได้ 2 ชนิด คือ ก๊าซธรรมชาติแห้ง (dry natural gas) และก๊าซธรรมชาติชื้นหรือเปียก (wet natural gas)

4. ก๊าซน้ำมัน (oil gas) เป็นก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จากกระบวนการผลิต โดยใช้น้ำมันหรือก๊าซจากการเผา โดยมีอากาศและไอน้ำเป็นตัวสำคัญในการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ก๊าซที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบ หรือที่เรียกย่อๆว่าก๊าซ LPG (liquefied petroleum gas) หรือก๊าซหุงต้ม

2.2 ก๊าซ LPG

ในปัจจุบันนี้เชื้อเพลิงก๊าซได้เข้ามามีบทบาททดแทนเชื้อเพลิงแข็งและเชื้อเพลิงเหลวมากขึ้น อันเนื่องมาจากได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีเกี่ยวกับอุปกรณ์และเครื่องควบคุมก๊าซ จึงทำให้ผู้ใช้มีความสะดวกและปลอดภัยมากขึ้น โดยเฉพาะ ก๊าซที่ได้จากการกลั่นน้ำมันปิโตเลียม ซึ่งจะประกอบไปด้วยก๊าซโพรเพนและก๊าซบิวเทน ก๊าซหุงต้มที่ใช้กันในปัจจุบันนี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบหรือที่เรียกว่า ก๊าซปิโตเลียมเหลว อันเป็นส่วนประกอบของ ก๊าซโพรเพนและก๊าซบิวเทน ในอัตราส่วน 30 : 70 ก๊าซทั้งสองชนิดดังกล่าวนี้ สามารถนำมาแยกเป็นก๊าซหุงต้มได้ โดยนำก๊าซธรรมชาติมาผ่านกระบวนการแยกก๊าซในโรงแยกก๊าซ

คำว่า LPG เป็นศัพท์ทางการที่ใช้ในการเรียกก๊าซปิโตรเลียมเหลว แต่ที่เรารู้จักกันทั่วไปคือก๊าซหุงต้ม ก๊าซชนิดนี้มีสถานะเป็นไอ (vapour) แต่ถ้าอยู่ภายใต้ความดันสูงก๊าซจะมีลักษณะเป็นของเหลว

กระบวนการผลิตก๊าซ LPG

ก๊าซ LPG มี 2 ชนิด คือ ชนิดก๊าซบ่อน้ำมัน ที่ได้จากการแยก และกลั่นก๊าซธรรมชาติกับชนิดก๊าซโรงกลั่นน้ำมัน ที่ได้จากการแยกก๊าซ ซึ่งเป็นผลพลอยได้ ที่เกิดจากการกลั่นน้ำมันดิบเนื่องจากก๊าซ LPG มีสภาพเป็นก๊าซที่อุณหภูมิสูงและความดันปกติ จึงต้องทำให้เป็นของเหลวอยู่เสมอ โดยการอัดความดันหรือแช่แข็ง และต้องขนส่งด้วยเรือที่ทำขึ้น เพื่อใช้บรรทุกก๊าซ LPG

คุณสมบัติของก๊าซ LPG

1. สี ก๊าซ LPG จะมีมีสี เมื่อก๊าซเกิดการรั่วจากถังเราจึงไม่สามารถที่จะมองเห็นก๊าซที่รั่วออกมาได้ นอกจากก๊าซจะรั่วออกมามาก เราจึงจะเห็นเป็นละอองขาว ซึ่งละอองขาวนี้ก็คือ ไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ ทำการกลั่นตัวเป็นละอองเมื่อได้รับความเย็นจัด จากการระเหยตัวของก๊าซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ความเป็นพิษ ก๊าซชนิดนี้จะไม่มีพิษ เมื่อนำไปเผาไหม้อย่างสมบูรณ์จะไม่ทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์หรือก๊าซพิษ เนื่องจากก๊าซนี้มีน้ำหนักมากกว่าอากาศ ดังนั้นเมื่อเกิดการรั่วภายในห้องแคบแล้ว มันจะเข้าไปแทนที่อากาศ ทำให้ออกซิเจนในบริเวณนั้นมีไม่เพียงพอ ผู้ที่สูดดมก๊าซเข้าไปอาจจะมีอาการวิงเวียนคลื่นเหียนและเป็นลมได้

3. กลิ่น เป็นก๊าซที่ไม่มีกลิ่น เนื่องจากก๊าซที่ผลิตได้นี้ไม่มีกลิ่น จึงมีความจำเป็นต้องใส่สารที่มีกลิ่นฉุนลงไปเพื่อเป็นการเตือนเมื่อเกิดก๊าซรั่ว สารที่เติมนั้นส่วนมากจะใช้ เอทิลเมอร์แคปแทน (C_2H_5SH)

4. น้ำหนัก เป็นก๊าซที่เบากว่าน้ำและหนักกว่าอากาศ เมื่อก๊าซอยู่ในสถานะที่เป็นของเหลว ก๊าซจะมีน้ำหนึ่งครึ่งหนึ่งของน้ำ ดังนั้น ก๊าซจะลอยอยู่เหนือน้ำ หากก๊าซรั่วลงในคูน้ำ ท่อน้ำ หรือแม่น้ำ มันอาจลอยไปติดไฟ ณ จุดที่ห่างออกไป แล้วลุกลามมายังจุดที่ก๊าซรั่วได้อย่างรวดเร็ว เมื่ออยู่ในสถานะที่เป็นไอ ไอก๊าซจะหนักเกือบประมาณ 2 เท่าของอากาศ ดังนั้น เมื่อก๊าซรั่ว ก๊าซจะเคลื่อนตัวไหลไปรวมตัวในที่ที่ต่ำกว่า

5. จุดเดือด จุดเดือดของก๊าซจะต่ำ มีจุดเดือดประมาณ 0 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิเฉลี่ยของบ้านเราประมาณ 20 องศาเซลเซียส ดังนั้น เมื่อก๊าซถูกปล่อยออกจากภาชนะบรรจุก็จะเดือด โดยเปลี่ยนสถานะจากของเหลว ที่ถูกกดดันอยู่กลายสภาพเป็นไอทันที การที่ก๊าซเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นไอ จำเป็นต้องดึงดูดความร้อนจากบริเวณใกล้เคียง ซึ่งจะทำให้บริเวณนั้นหรือบริเวณปลายท่อที่ปล่อยก๊าซออกจะมีน้ำแข็งเกาะจนทำให้ท่อเกิดการตัน

6. ความข้นใส ก๊าซ LPG มีความข้นใสต่ำ จึงทำให้ก๊าซรั่วได้ง่าย ดังนั้น อุปกรณ์ที่ใช้กับก๊าซจึงต้องออกแบบให้แข็งแรง ทนต่อความดันสูง ดังนั้น การใช้ภาชนะ เช่น ถังบรรจุก๊าซที่ไม่ได้มาตรฐานตามที่กำหนดอาจจะเกิดอุบัติเหตุร้านแรงขึ้นได้

7. อัตราการขยายตัว ก๊าซ LPG มีอัตราการขยายตัวสูง ดังนั้น การเติมก๊าซใส่ลงในภาชนะจึงไม่ควรเติมให้เต็ม ต้องมีช่องว่างสำหรับการขยายตัวของก๊าซ เมื่อได้รับความร้อน อัตราการขยายตัวจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก๊าซที่สถานะของเหลวกลายเป็นก๊าซที่สถานะไอ คือ ก๊าซเหลว 1 หน่วยปริมาณจะเปลี่ยนเป็นไอก๊าซได้ประมาณ 250 หน่วยปริมาณ ดังนั้น เมื่อก๊าซเหลวรั่วจะมีอันตรายมากกว่าไอก๊าซรั่ว

8. ส่วนผสมของก๊าซกับอากาศที่ทำให้ติดไฟได้ อัตราส่วนของก๊าซในอากาศที่ทำให้ติดไฟคือประมาณ 1.5-9 ส่วนในส่วนผสม 100 ส่วน จะเห็นได้ว่าหากมีอากาศน้อยหรือมากกว่าสัดส่วนดังกล่าว ก๊าซจะไม่ติดไฟ

9. ค่าอ๊อกเทนนัมเบอร์ (octane number) ก๊าซ LPG มีค่าอ๊อกเทนนัมเบอร์สูงเมื่อวัดโดยวิธีงานวิจัย จะได้ค่าอ๊อกเทนนัมเบอร์ของโพรเพนเท่ากับ 111.4 ไอโซบิวเทนเท่ากับ 102.4 และ นอร์มัลบิวเทนเท่ากับ 94.0 ซึ่งสูงกว่าของน้ำมันเบนซินโดยทั่วไปประมาณ 10-20 ฉะนั้น ก๊าซ LPG จึงเหมาะกับการใช้เป็นเชื้อเพลิงของรถยนต์มาก

10. คุณสมบัติทางปฏิกิริยาเคมี เนื่องจากก๊าซ LPG มีคุณสมบัติละลายสารจำพวกยางธรรมชาติได้ดี ฉะนั้นจึงควรใช้สารที่มีความทนต่อก๊าซ LPG อนึ่ง ถ้าเก็บก๊าซ LPG ซึ่งมีโพรพิลีนและบิวทิลีนผสมอยู่ไว้ในถัง อาจเกิดสารพวกยางหรือน้ำมันดิน (TAR) ขึ้นได้

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมกับอุณหภูมิ

ก๊าซ LPG ที่บรรจุอยู่ในถัง จะมีโมเลกุลของโพรเพนและบิวเทนเคลื่อนตัวอยู่ และจะต้องมีการเคลื่อนตัวไปชนกับผนังของถังด้วย ความแรงของการชนกิดเป็นกิโลกรัม / ตารางเซนติเมตร เรียกค่านี้ว่า ความดันไอของก๊าซ ซึ่งสามารถถือได้ว่า เป็นความดันของก๊าซ LPG ในถังนั่นเองและที่อุณหภูมิเดียวกัน ถ้าปริมาณของก๊าซโพรเพนเพิ่มขึ้น จะทำให้ความดันไอเพิ่มขึ้น เช่น ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ก๊าซผสมที่มีอัตราส่วนระหว่างโพรเพนกับบิวเทนเป็น 30 : 70 จะมีความดันไอประมาณ 2.8 กิโลกรัม / ตารางเซนติเมตร ถ้าเปลี่ยนอัตราส่วนเป็น 40 : 60 จะมีความดันไอประมาณ 4.3 กิโลกรัม / ตารางเซนติเมตร และถ้าอุณหภูมิของก๊าซเพิ่มขึ้น ก็จะมีผลให้ก๊าซผสมนั้นมีความดันไอสูงขึ้นด้วย ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับอัตราส่วนปริมาตรของก๊าซโพรเพนและบิวเทน (นอร์มัลบิวเทน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงไว้ดังตาราง ซึ่งเป็นอัตราส่วนปริมาตร เพื่อให้ปริมาตรของก๊าซ LPG เหลว ที่ 15 องศาเซลเซียส เป็น 100

ชื่อ อุณหภูมิ (°C)	-20	0	10	15	20	30	40	50	60
โพรเพน	91.4	96.2	98.7	100	101.7	104.9	109.1	113.8	119.3
นอร์มัลบิวเทน	94.3	97.4	99.0	100	101.1	103.0	105.2	107.5	109.8

ตาราง 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับอัตราส่วนปริมาตรของก๊าซโพรเพนและบิวเทน (นอร์มัลบิวเทน)

จากตารางสามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับอัตราส่วนปริมาตร ได้ดังนี้

1. เมื่ออุณหภูมิสูง ความดันก็สูงด้วย เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นการเคลื่อนที่ของโมเลกุลาจะเกิดขึ้น โมเลกุลจะชนกับฝาผนังของภาชนะแรงขึ้น ผลก็คือ ความดันจะสูงขึ้น อนึ่ง ในทางกลับกัน ถ้าอุณหภูมิต่ำลง การเคลื่อนที่จะช้าลงเรื่อย ๆ และเมื่อทำให้อุณหภูมิต่ำมากขึ้น การเคลื่อนที่จะช้าลง

2. ถ้ามีส่วนประกอบของโพรเพนมากความดันจะสูงขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของโพรเพนเคลื่อนที่ได้ดีกว่าโมเลกุลของบิวเทน ดังนั้นในกรณีที่อุณหภูมิเท่ากัน ก๊าซ LPG ที่มีส่วนประกอบของโพรเพน มากกว่าจะมีความดันสูงกว่า

3. ปริมาตรของของเหลวไม่มีความสัมพันธ์กับความดัน ไม่ว่าจะมีก๊าซ LPG อยู่เต็มถังหรือมีเหลืออยู่เพียงเล็กน้อยก็ตาม ถ้าอุณหภูมิและองค์ประกอบไม่เปลี่ยนแปลงแล้ว ความดันก็ไม่เปลี่ยน ดังนั้น สิ่งที่จะทำให้ความดันภายในถังเปลี่ยนไป จะมีแต่อุณหภูมิและอัตราส่วนของก๊าซผสมเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากโดยทั่วไป อุณหภูมิจะเป็นอุณหภูมิของบรรยากาศ ฉะนั้น สิ่งที่จะเปลี่ยนแปลงได้โดยฝีมือคน ก็คือ อัตราส่วนผสมเท่านั้น

การขยายตัวของก๊าซ เนื่องจากก๊าซ LPG มีอัตราการขยายตัวในสภาวะที่เป็นของเหลวสูงเมื่อเทียบกับน้ำ ดังนั้นการบรรจุใส่ภาชนะจำเป็นต้องทิ้งที่ว่างไว้ในระดับที่คงที่เผื่อการขยายตัว

ความถ่วงจำเพาะ ก๊าซ LPG มีค่าความถ่วงจำเพาะ 2 ชนิด คือ ในสถานะที่เป็นของเหลวและสถานะที่เป็นก๊าซ ความถ่วงจำเพาะในสถานะของเหลว จะเปรียบเทียบกับน้ำที่ 4 องศาเซลเซียส ซึ่งให้มีความถ่วงจำเพาะ 1.0 ส่วนความถ่วงจำเพาะในสถานะก๊าซ จะเปรียบเทียบกับอากาศที่ 0 องศาเซลเซียส และความดัน 1 บรรยากาศ ซึ่งให้มีความถ่วงจำเพาะเป็น 1.0

ความถ่วงจำเพาะในสภาวะที่เป็นของเหลว จะมีค่าเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ ถ้าสัมประสิทธ์ของการขยายตัวตามอุณหภูมิมีค่าสูงขึ้น ค่าความถ่วงจำเพาะก็จะยิ่งลดลง ที่อุณหภูมิปกติ (15 องศาเซลเซียส) โพรเพนเหลวมีความถ่วงจำเพาะเป็น 0.508 ส่วนบิวเทนเหลวมีความถ่วงจำเพาะเป็น 0.584 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของความถ่วงจำเพาะในสภาวะที่เป็นของเหลวตามอุณหภูมิ

ความถ่วงจำเพาะในสภาวะที่เป็นก๊าซหรือไอ ความถ่วงจำเพาะในสภาวะที่เป็นก๊าซของโพรเพนเป็น 1.55 และของบิวเทนเป็น 2.07 ซึ่งหนักเกือบเป็น 2 เท่าของอากาศ ก๊าซที่รั่วออกมาจะสะสมอยู่ในที่ต่ำ ฉะนั้นจำเป็นต้องระวังให้มาก ตัวอย่างเช่น ที่ความดันบรรยากาศ จะเกิดก๊าซโพรเพนประมาณ 0.5 ลูกบาศก์เมตร จากโพรเพนเหลว 1 กิโลกรัม และก๊าซบิวเทนประมาณ 0.4 ลูกบาศก์เซนติเมตรจากบิวเทนเหลว 1 กิโลกรัม นั่นคือ ในกรณีที่ของเหลว 1 ลิตรเกิดรั่วขึ้น ก็จะกลายเป็นก๊าซได้ ประมาณ 0.25 ลูกบาศก์เมตร ฉะนั้นต้องระวังเกี่ยวกับการรั่วไหลของของเหลวให้มาก

คุณสมบัติการสันดาป

1. ค่าความร้อน เป็นตัวเลขสำคัญที่บอกให้รู้ถึงคุณค่า และสมรรถนะของเชื้อเพลิง ค่าความร้อนของ ก๊าซ LPG มีประมาณ 12000 kcal / kg เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันเบนซินแล้ว จะมากกว่าอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณ 600-800 kcal / kg เพื่อให้เกิดพลังงานจำนวนเท่ากัน ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (ต่อหน่วย นน.) ของก๊าซ LPG จะน้อยกว่าของน้ำมันเบนซิน จะพูดได้ว่าประหยัดกว่า

2. ปริมาณอากาศที่ใช้ในการสันดาป ถ้าสันดาป ก๊าซ LPG อย่างสมบูรณ์ ทั้งหมดจะกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำ การเปลี่ยนแปลงนี้เขียนสมการเคมีได้ดังนี้

โพรเพน $C_3H_8 + 5\ O_2$ ---------- $3CO_2 + 4H_2O$

บิวเทน $C_4H_{10} + 6.5\ O_2$ ---------- $4CO_2 + 5H_2O$

ดังเห็นได้จากสมการเหล่านี้ ปริมาณออกซิเจนที่จำเป็นต่อการสันดาปอย่างสมบูรณ์จะเป็น 5 เท่า ในกรณีของโพรเพน และ 6.5 เท่าในกรณีของบิวเทน เนื่องจากปริมาณออกซิเจนในอากาศมีประมาณ 21% ฉะนั้น ในการสันดาปโพรเพนอย่างสมบูรณ์ จะต้องใช้อากาศ 24 m^3 ต่อ โพรเพน 1 m^3 และอากาศ 31 m^3 ดังนั้น เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันเบนซินแล้ว ก๊าซ LPG ต้องการปริมาณอากาศมากกว่าเล็กน้อย

3. ช่วงการลุกไหม้ ก๊าซที่สันดาปได้จะมีช่วงส่วนผสมกับอากาศเพียงช่วงเดียวที่จุดไฟแล้วลุกไหม้ได้ เพราะมีอากาศผสมอยู่ในปริมาณพอเหมาะ ช่วงการลุกไหม้ ได้จะแสดงค่าเป็นอัตราส่วนร้อยละ (%) ของปริมาตรก๊าซต่ออากาศ

4. จุดวาบไฟ (Flash Point), จุดติดไฟ (Ignition Point) ช่วงการลุกไหม้จะมีค่าคงที่สำหรับเชื้อเพลิงแต่ละชนิด เช่น ในกรณีของน้ำมันเบนซิน อุณหภูมิที่สูงพอที่ทำให้เกิดไอจากน้ำมันเบนซินไปผสมกับอากาศ กลายเป็นก๊าซผสมในช่วงการลุกไหม้ เรียกว่า จุดวาบไฟ แต่ถ้าไม่มีสาเหตุให้เกิดการติดไฟ เชื้อเพลิงที่จุดวาบไฟก็จะไม่เกิดการลุกไหม้หรือติดไฟขึ้น อาจกล่าวได้ว่าก๊าซ LPG ที่อุณหภูมิปกติอยู่เหนือจุดวาบไฟเสมอ

อนึ่งเมื่อค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิให้กับเชื้อเพลิงจนเลยอุณหภูมิหนึ่งแล้ว แม้จะไม่มีสาเหตุของการติดไฟ เชื้อเพลิงก็จะเริ่มลุกไหม้ตามธรรมชาติ อุณหภูมิต่ำสุดที่เกิดการลุกไหม้ตามธรรมชาตินี้เรียกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดติดไฟ เนื่องจากจุดติดไฟของโพรเพนคือ 490-550˚ C และของบิวเทน คือ 470-540˚ C ก๊าซ LPG จึงติดไฟได้ยากเมื่อเทียบกับน้ำมันเบนซิน ซึ่งมีจุดติดไฟ 360-380˚ C เมื่อคิดรวมเรื่องนี้กับช่วงการลุกไหม้แล้ว จึงพูดได้ว่าก๊าซ LPG มีความปลอดภัยค่อนข้างสูง

ส่วนประกอบของก๊าซ LPG

ถ้าทราบอุณหภูมิและความดัน ก็จะสามารถบอกส่วนประกอบของ ก๊าซ LPG ได้อย่างคร่าวๆ มาตรฐานอุตสาหกรรมของญี่ปุ่น ได้กำหนดมาตรฐานคุณภาพ ก๊าซ LPG ไว้ดังแสดงในตาราง

ประเภท	ลักษณะส่วนประกอบ	การใช้งานส่วนใหญ่
เบอร์ 1	โพรเพนเป็นองค์ประกอบหลัก	เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม
เบอร์ 2	โพรเพนและโพรพิลีนเป็นองค์ประกอบหลัก	เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม
เบอร์ 3	ปริมาณของโพเพนและโพรพิลีนมีมากกว่าของบิวเทนและบิวทิลีน	เชื้อเพลิงใช้ครัวเรือน, เชื้อเพลิงในสำนักงาน
เบอร์ 4	ปริมาณของโพเพนและโพรพิลีนมีมากกว่าของบิวเทนและบิวทิลีนมาก	เชื้อเพลิงใช้กับรถยนต์
เบอร์ 5	บิวเทนและบิวทิลีนเป็นองค์ประกอบหลัก	เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม , เชื้อเพลิงใช้กับรถยนต์
เบอร์ 6	บิวเทนเป็นองค์ประกอบหลัก	เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม , เชื้อเพลิงใช้กับรถยนต์ใช้เป็นสารช่วยสเปรย์

ตาราง 2.2 ส่วนประกอบของ ก๊าซ LPG ที่แบ่งเป็นประเภทต่างๆ

หากส่วนประกอบของก๊าซ LPG มีเพียงตัวเดียว ความดันไอของก๊าซ LPG ในภาชนะจะไม่เปลี่ยนแปลงไม่ว่าจะมีปริมาณของของเหลวในถังมากน้อยเท่าไรก็ตาม แต่โดยทั่วไปเนื่องจากก๊าซ LPG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นสารผสม การระเหยจะเริ่มจากสารที่ระเหยได้ง่าย ดังนั้นความดันไปของก๊าซ LPG ที่เหลือจะค่อย ๆ ลดลง อย่างไรก็ดี ในกรณีที่ของเหลวถูกทำให้กลายเป็นก๊าซดังเช่นในรถยนต์ องค์ประกอบของเหลวที่เหลือในภาชนะจะไม่เปลี่ยนแปลง

คุณสมบัติของก๊าซ LPG ที่ใช้กับเครื่องยนต์ในรถยนต์

การนำก๊าซ LPG มาใช้กับเครื่องยนต์เบนซินได้มีการพัฒนามานานกว่า 30 ปี เนื่องจากในปัจจุบัน ราคาน้ำมันเบนซินหรือแก๊สโซลีน มีราคาสูงขึ้นมาก จึงมีผู้หันมานิยมใช้ก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิงสำหรับรถยนต์มากขึ้น เพราะทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสำหรับเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ลดลง ต่อระยะทางที่รถวิ่งเท่ากัน ดังนั้น เพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้ จึงมีการออกกฎหมายควบคุม การติดตั้งอุปกรณ์การใช้ก๊าซกับรถยนต์ และควบคุมสถานีที่บริการการบรรจุก๊าซแก่ยานพาหนะ

ในการเลือกก๊าซ LPG เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์ คุณสมบัติต่าง ๆ ที่จำเป็นมีดังนี้

- มีค่าความดันไอที่เหมาะสมซึ่งอยู่ระหว่าง 1 – 10 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร
- มีคุณสมบัติที่ดีเยี่ยมในเรื่องป้องกันการเกิดอาการน็อก (antiknock)
- มีสารไฮโดรคาร์บอนจำพวกโอลิฟินน้อย
- มีปริมาณกำมะถันน้อย
- มีสารพวกน้ำมันดินเจือปนอยู่น้อย

ความดันไอที่เหมาะสมหมายถึง มีคุณสมบัติเกี่ยวกับการระเหยที่จำเป็นในการติดเครื่องและเดินเครื่องยนต์ รถยนต์ที่ใช้ก๊าซ LPG จะไม่มีปั๊มส่งเชื้อเพลิง แต่อาศัยความดันของก๊าซเองในการไหลออกจากถังเก็บไปยังหม้อต้ม เวลาที่อากาศหนาวจัด ความดันในถังเก็บจะลดลง ทำให้ไม่สามารถส่งเชื้อเพลิงออกมาได้ จึงไม่สามารถติดเครื่องได้ นั่นคือ ก๊าซ LPG ต้องมีความดันไอเพียงพอที่จะไม่เกิดอุปสรรคในการเดินเครื่องแม้แต่ในตอนเช้าของฤดูหนาว ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำสุด ส่วนในฤดูร้อน ก๊าซ LPG ที่ประกอบด้วย บิวเทน 100% ก็ยังมีความดันไอเพียงพอที่จะติดเครื่องยนต์ได้ แต่ในฤดูหนาว ก๊าซ LPG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งมีแต่บิวเทนจะมีความดันต่ำ ฉะนั้นจึงต้องผสมโพรเพนเข้าไปในก๊าซ LPG ด้วย เพื่อเพิ่มความดันไอให้สูง

อนึ่ง หากลดสารไฮโดรคาร์บอนจำพวกโอลิฟินในก๊าซ LPG ให้น้อยลง คุณสมบัติในการป้องกันการเกิดน็อกจะสูงขึ้น และการเกิดของสารจำพวกน้ำมันดินและยาง ก็จะน้อยลงด้วยสารไฮโดรคาร์บอน จำพวกโอลิฟิน เช่น โพรพิลีน บิวทิลีน มีคุณสมบัติในการเกิดปฏิกิริยาสูง จึงเกิดโพลิเมอไรเซชั่นได้ง่าย ทำให้เกิดสารจำพวกน้ำมันดินและยางซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้หม้อต้มก๊าซเกิดความเสียหายและมีฤทธิ์ในการกัดกร่อนสูง ทำให้ไดอะแฟรมเสียหาย ผลก็คืออายุการใช้งานของอุปกรณ์จะสั้นลง สิ่งเจอปนในก๊าซ LPG ได้แก่ ความชื้นและสารประกอบของกำมะถัน ซึ่งมีฤทธิ์กัดกร่อนอุปกรณ์หรือทำให้ไอเสีย มีก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ดังนั้นจึงเป็นสิ่งที่ไม่พึงปรารถนา การตรวจสอบคุณภาพของก๊าซ LPG อย่างง่ายๆ ทำได้โดย การดวงน้ำมันดินที่ไหล ออกมา เมื่อเปิดก๊อกระบาย (drain cock) ที่อยู่ด้านล่างของหม้อต้มน้ำ หรือเครื่องควบคุมก๊าซ (regulator) ในขณะที่หม้อต้มน้ำยังอุ่นอยู่ หลังจากที่เครื่องยนต์วิ่งมาเป็นระยะทางตามที่กำหนดไว้ถ้ามีน้ำมันดินอยู่น้อยเท่าใด ก็แสดงว่าเป็นก๊าซ LPG ที่มีคุณภาพดีเท่านั้น

2.3 ข้อดีและข้อเสียของการใช้ก๊าซ LPG กับเครื่องยนต์

ข้อดี

1. ก๊าซ LPG มีค่าออกเทนประมาณ 85 - 108 (ตามอัตราส่วนผสมของก๊าซโพรเพนและบิวเทน) จึงเหมาะที่จะใช้กับเครื่องยนต์เบนซินหรือเครื่องยนต์ก๊าซโซลีนในปัจจุบันที่มีอัตราส่วนการอัดประมาณ 8.5 – 9.2 ซึ่งมีผลทำให้เครื่องยนต์เดินเรียบและมีประสิทธิภาพในการใช้งานของเครื่องยนต์ได้ดี

2. ราคาของก๊าซ LPG ต่ำกว่าราคาของน้ำมันเบนซิน ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายได้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำให้เครื่องยนต์สะอาดกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซิน เช่น ที่คาร์บูเรเตอร์จะไม่มีคราบน้ำมันเบนซินเกาะอยู่ภายในเครื่องยนต์ โดยเฉพาะในห้องเผาไหม้จะสะอาดกว่าเนื่องจากก๊าซ LPG เมื่อถูกเผาไหม้แล้วจะมีคราบเขม่าน้อยกว่า

4. ทำให้หัวเทียนสะอาด มีเขม่าเกาะจับน้อยเป็นผลให้อายุการใช้งานของหัวเทียนนานขึ้น

5. การติดเครื่องยนต์ง่ายกว่า ถ้าอากาศเย็นเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซจะสตาร์ทได้ง่ายกว่า และจะไม่มีอาการเชื้อเพลิงท่วมคาร์บูเรเตอร์หรือลูกลอยน้ำมันค้าง

6. จะให้น้ำมันเครื่องของเครื่องยนต์สะอาดกว่าและใช้งานได้นานกว่า เพราะเขม่าเครื่องยนต์มีน้อยกว่า จึงทำให้น้ำมันเครื่องสกปรกช้า

7. ก๊าซ LPG ไม่มีสารตะกั่วเหมือนน้ำมันก๊าซโซลีนหรือเบนซิน ดังนั้นไอเสียจึงไม่มีสารตะกั่วที่จะทำให้เกิดมลภาวะหรืออากาศเป็นพิษ นอกจากนั้นก๊าซ LPG ยังเผาไหม้ได้สมบูรณ์กว่า ทำให้ไอเสียมีการก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่าเครื่องยนต์เบนซินมาก

ข้อเสีย

1. ไม่เหมะที่จะใช้กับเครื่องยนต์ที่มีอัตราส่วนการอัดค่อนข้างต่ำ แต่จะเหมาะสำหรับเครื่องยนต์ที่มีอัตราส่วนการอัดสูง

2. มีแนวโน้มที่จะทำให้ประสิทธิภาพทางปริมาตรต่ำ

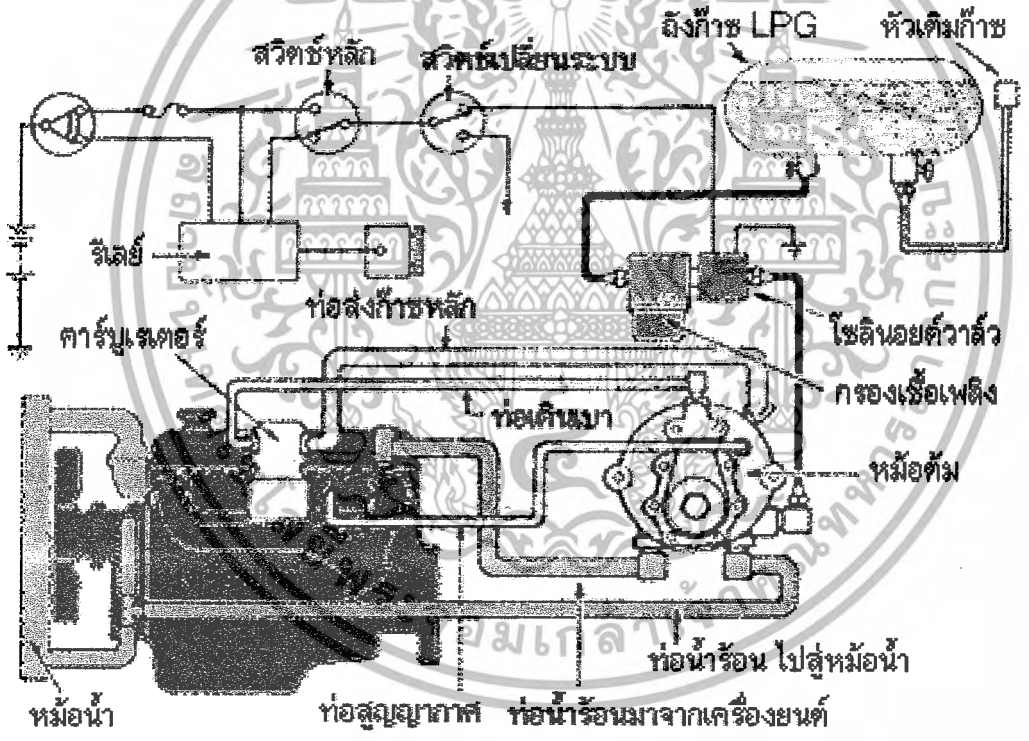
3. จะต้องบรรจุในภาชนะที่สามารถทนแรงดันได้สูงถึง 250 ปอนด์ / ตารางนิ้วเกจ (psig)

4. ถ้ามีการรั่วมาก ๆ ถึงแม้จะมีกลิ่นเตือนให้ทราบก็อาจทำให้ผู้ใช้หน้ามืดเป็นลมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ระบบการทำงานของเครื่องยนต์ LPG ที่ใช้คาร์บูเรเตอร์

LPG เหลวจากถังก๊าซไหลผ่านกรองเชื้อเพลิงและลิ้นโซลีนอยด์ (solenoid valve) เข้าสู่หม้อต้ม (regulator or vaporizer) ที่หม้อต้ม LPG เหลวจะเปลี่ยนสถานะเป็นก๊าซที่มีความดันต่ำ และจะไหลไปตามท่อหลัก (main passage) และท่อเดินเบา (slow passage) ไปเข้าสู่คาร์บูเรเตอร์หรืออะแดปเตอร์ของเครื่องยนต์ ดังรูปข้างล่าง คาร์บูเรเตอร์ทำหน้าที่ผสมก๊าซ LPG กับอากาศในอัตราส่วนที่เหมาะสมก่อนที่จะถูกดูดเข้ากระบอกสูบ ลิ้นโซลีนอยด์ทำหน้าที่ ควบคุมการไหลของ LPG เหลวระหว่างถังก๊าซกับหม้อต้มลิ้นโซลีนอยด์ จะปิดการไหลของ LPG เหลวทันทีที่ดับเครื่องยนต์



รูป 2.1 หลักการทำงานของเครื่องยนต์ LPG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ถังก๊าซและอุปกรณ์ประกอบ

1. ถังก๊าซ (LPG Cylinder) ถังก๊าซทำด้วยเหล็กกล้าผสมคาร์บอนต่ำซึ่งทนแรงดึงได้มากกว่า 41 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ถังก๊าซมีอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้แก่ ลิ้นบรรจุ อุปกรณ์ ป้องกันบรรจุเกิน ลิ้นจ่าย ลิ้นตัดการไหลเกิน (excess flow valve) หรือเรียกว่า EFV หัวเติมก๊าซ และช่องกระจกมองระดับก๊าซ ถังก๊าซถูกออกแบบมาให้ทนความดัน ทอดสอบได้ประมาณ 30 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

2. ลิ้นบรรจุ (Filling Valve) ลิ้นบรรจุใช้สำหรับการบรรจุก๊าซเข้าถัง ลิ้นบรรจุมีกลไกระบายความดันของก๊าซภายในถังออกไป เมื่อความดันสูงเกิน 24 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร กลไกนี้เรียกว่า ลิ้นนิรภัย (safety valve) แป้นหมุนลิ้นบรรจุมักจะทาด้วยสีเขียว (แป้นหมุนลิ้นจ่ายมักทาด้วยสีแดง)

3. อุปกรณ์ป้องกันบรรจุเกิน (Over – Charge Prevention Device) อุปกรณ์ป้องกันบรรจุเกินประกอบด้วยลูกลอย และลิ้น การปิดและเปิดลิ้น ควบคุมด้วยลูกลอย กล่าวคือ เมื่อ LPG เหลวในถังมีปริมาณน้อยลง ลูกลอยจะลดต่ำลง ลิ้นจะเปิดและยอมให้ LPG ผ่านเข้าถังได้ เมื่อ LPG เหลวในถังมีระดับเพิ่มขึ้นจนมีปริมาตรประมาณ 85% ของถัง ลูกลอยจะบังคับให้ลิ้นปิด ซึ่งไม่สามารถบรรจุ LPG เข้าถังได้อีก ความดันในการอัดก๊าซ LPG เข้าถัง จะต้องสูงกว่าความดันภายในถังประมาณ 3 – 4 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยทั่วไปความดันในถังมีประมาณ 3 – 5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ดังนั้น ความดันในการอัดก๊าซ LPG เข้าถัง (ที่ปั๊มเติมก๊าซ) มีประมาณ 6 – 8 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

4. ลิ้นจ่าย (Service Valve) ลิ้นที่กล่าวมาแล้วเป็นลิ้นบรรจุซึ่งมักมีแป้นหมุนสีเขียว ส่วนลิ้นจ่ายมักจะมีแป้นหมุนสีแดง ที่ส่วนล่างของลิ้นจ่ายจะมีลิ้นตัดการไหลเกิน (EFV) ติดอยู่

5. ลิ้นตัดการไหลเกิน (Excess Flow Valve) ลิ้นตัดการไหลติดตั้งอยู่ที่ปลายเกลียวของลิ้นจ่าย ลิ้นหรือวาล์วตัวนี้จะทำงานทันทีเมื่ออัตราการไหลของ LPG ออกจากถังมีมากเกินไป คือ ลิ้นจะปิดเมื่ออัตราการไหลของ LPG มีประมาณ 2 – 6 ลิตรต่อนาที ลิ้นตัดการไหลเกินนี้จึงมีประโยชน์มาก ในกรณีเกิดอุบัติเหตุท่อก๊าซขาดหรือหลุดโดยบังเอิญ คือ ในขณะที่ LPG ไหลออกเร็วเกินไป ความดันเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผ่นปิดจะลดต่ำกว่าความดันใต้แผ่นปิด แผ่นปิดจึงถูกดันให้เลื่อนเข้าปิดช่องการไหล แต่ LPG จะไหลออกได้เล็กน้อยทางช่องปรับความดันซึ่งเป็นร่องบนแผ่นปิดเท่ากัน สปริงจะดันให้แผ่นปิดเลื่อนต่ำลงและกลับคือสู่สภาพปกติ

ดังนั้น เมื่อปล่อยก๊าซทิ้งเพื่อซ่อมถัง บางครั้งปล่อยก๊าซออกได้เพียงครู่เดียว ก๊าซก็จะหยุดไหล เพราะว่าลิ้นตัดการไหลเกินทำงาน หรือในกรณีที่เราเปิดสวิตช์เครื่องยนต์ในตอนเช้า ต้องเปิดสวิตช์ทิ้งไว้ประมาณ 20 – 30 วินาที เพื่อให้ลิ้นตัดการไหลเกินภายในถังทำหน้าที่ปรับความดัน แล้วจึงสตาร์ตเครื่องยนต์

อุปกรณ์กรองก๊าซ

LPG เหลวที่ไหลจากถังไปยังหม้อต้มอาจมีสิ่งสกปรกเจือปนอยู่ ดังนั้นจะผ่าน LPG เหลวเข้าไปยังอุปกรณ์กรองก๊าซ สิ่งสกปรกที่มีขนาดโตกว่า 8 ไมครอน (1 ไมครอน = 1/1000 มิลลิเมตร) จะไม่สามารถผ่านไส้กรองไปได้ ที่แกนกลางของอุปกรณ์กรองก๊าซ มีแท่งแม่เหล็กถาวรติดตั้งอยู่ เพื่อป้องกันไม่ให้เศษผงเหล็กผ่านไปได้ การทำความสะอาดอุปกรณ์กรองก๊าซ ให้ปิดลิ้นจ่ายที่ถังก๊าซในขณะที่เครื่องยนต์ยังทำงานอยู่ เครื่องยนต์จะทำงานต่อไปอีกประมาณ 3 – 5 นาทีก็จะดับไปเอง เพราะก๊าซที่ค้างในท่อหมดไป จากนั้นใช้ประแจปากตายคลายข้อต่อท่อออก และถอดอุปกรณ์กรองก๊าซเป็นชิ้นย่อย ๆ เพื่อทำความสะอาด

ลิ้นโซลีนอยด์ก๊าซ

ลิ้นโซลีนอยด์ก๊าซเป็นลิ้นที่ทำงานด้วยระบบไฟฟ้า ทำหน้าที่ปิดและเปิดการไหลของ LPG เหลว จากถังไปยังหม้อต้ม ลิ้นโซลีนอยด์ก๊าซมักจะรวมเป็นชุดเดียวกันกับอุปกรณ์กรองก๊าซ หรือแยกจากกันเป็นสองชุดแต่อยู่ใกล้กัน

LPG เหลวจะไหลผ่านอุปกรณ์กรองก๊าซ แล้วเข้าสู่ลิ้นโซลีนอยด์ก๊าซ และไหลต่อไปยังหม้อต้ม ลิ้นโซลีนอยด์ก๊าซ มีสายไฟอยู่สองเส้น เส้นหนึ่งต่อลงสายดิน ส่วนอีกเส้นหนึ่งต่อไปยังสวิตช์เปลี่ยน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบ รายละเอียดการต่อสายไฟจะได้กล่าวในตอนต่อไป เมื่อโยกสวิตช์เปลี่ยนระบบไปยังตำแหน่งใช้ก๊าซ ลิ้นโซลีนอยด์ก๊าซจะเปิดออกและยอมให้ก๊าซเหลวไหลผ่านไปยังหม้อต้มได้

หม้อต้ม

หม้อต้มเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญมากในระบบก๊าซรถยนต์ทำหน้าที่ลดความดัน ปรับความดันและเพิ่มความร้อน ให้กับ LPG ทำให้ LPG เหลวเปลี่ยนสถานะจากของเหลว เป็นก๊าซก่อนเข้าสู่คาร์บูเรเตอร์ด้วยความดันที่เหมาะสม

คาร์บูเรเตอร์ก๊าซ

ถ้าใช้ก๊าซระบบเดียว การใช้คาร์บูเรเตอร์ก๊าซจะดีที่สุด เพราะคาร์บูเรเตอร์ก๊าซถูกออกแบบวงจรต่าง ๆ สำหรับใช้งานได้สมบูรณ์กว่า เช่น วงจรสตาร์ตและวงจรปั๊มเร่ง ซึ่ง 2 วงจรดังกล่าวนี้ในมิกเซอร์ทั่ว ๆ ไปไม่มีใช้

2.6 การเผาไหม้

การเผาไหม้ คือ การที่ออกซิเจนทำปฏิกิริยากับสารเชื้อเพลิง แล้วเกิดการเผาไหม้ขึ้นและให้ความร้อนออกมา ปริมาตรของออกซิเจนที่ต้องการเพื่อให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์นั้นสามารถหาได้จากสมการทางเคมี

สารเชื้อเพลิงที่สำคัญ ที่ใช้ในการเผาไหม้ก็คือ คาร์บอนและไฮโดรเจน และบางทีก็มีซัลเฟอร์ (กำมะถัน) เข้ามาร่วมด้วย ดังนั้น ในการหาปริมาณของอากาศ ที่จะมาใช้ในการเผาไหม้ เราก็คิดจากปริมาณออกซิเจน ที่จะมาทำปฏิกิริยากับคาร์บอน หรือไฮโดรเจน หรือซัลเฟอร์อย่างสมบูรณ์ แล้วก็นำปริมาณของออกซิเจนจำนวนนั้นไปหาปริมาณของอากาศที่ต้องการอีกทีหนึ่ง

น้ำหนักของอากาศที่ต้องการสำหรับการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ของน้ำมันเชื้อเพลิง และปริมาณของอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้เราดูจากปริมาณของออกซิเจนที่มีอยู่ในอากาศ ซึ่งปริมาณของออกซิเจนในอากาศโดยปริมาตรและน้ำหนัก จะมีอยู่เป็นจำนวนตามตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
103123

ส่วนประกอบ	สัญลักษณ์	น้ำหนักโมเลกุล	ส่วนประกอบ	
			โดยปริมาตร	โดยน้ำหนัก
ออกซิเจน	O_2	32	21%	23.3%
ไนโตรเจน	N_2	28	79%	76.7%
อากาศ	-	28.95	100%	100%

ตารางที่ 2.3 ส่วนประกอบของออกซิเจนและไนโตรเจนในอากาศ

จำนวนที่ต้องการของออกซิเจนหรืออากาศโดยน้ำหนักสำหรับการเผาไหม้ และ ส่วนประกอบที่ได้หลังจากการเผาไหม้ อาจจะคำนวณหาได้โดยใช้สมการเคมี ซึ่งเรียกว่า *สมการเผาไหม้* ดังนี้

$$C + O_2 = CO_2$$

อัตราส่วนโดยน้ำหนัก $12\ kg + 32kg = 44\ kg$

หรือ $1\ kg + 2\frac{2}{3}kg = 3\frac{2}{3}kg$

คาร์บอนรวมกับออกซิเจนได้คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และสมการการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ คือ สมการดังกล่าวนั่นเอง ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

คาร์บอนจำนวน 12 กิโลกรัมรวมกับ ออกซิเจนจำนวน 32 กิโลกรัม ได้คาร์บอนไดออกไซด์ จำนวน 44 กิโลกรัม หรืออาจกล่าวได้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 โมเลกุลของคาร์บอนรวมกับ 1 โมเลกุลของออกซิเจน ได้ 1 โมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์ หรือ 1 กิโลกรัมของคาร์บอนรวมกับออกซิเจน $2\frac{2}{3}$ กิโลกรัม ได้คาร์บอนไดออกไซด์จำนวน $3\frac{2}{3}$ กิโลกรัม ซึ่งเป็นการเผาไหม้ที่สมบูรณ์

ในทำนองเดียวกัน $2H_2 + O_2 = 2H_2O$

อัตราส่วนโดยน้ำหนัก $4\ kg + 32\ kg = 36\ kg$

หรือ $1\ kg + 8\ kg = 9\ kg$

ไฮโดรเจน 2 โมเลกุลรวมกับออกซิเจน 1 โมเลกุล ได้น้ำออกมาเป็นจำนวน 2 โมเลกุล และสมการที่สมบูรณ์คือ สมการดังกล่าวนั่นเอง

เมื่อคิดน้ำหนักโมเลกุลตามสมการการเผาไหม้ดังกล่าว จะได้ว่า 4 กิโลกรัมของไฮโดรเจนรวมกับ 32 กิโลกรัมของออกซิเจน จะได้น้ำ 36 กิโลกรัม โดยสมบูรณ์ หรือ 1 กิโลกรัมของไฮโดรเจน รวมกับออกซิเจน 8 กิโลกรัม จะได้น้ำ (H_2O) จำนวน 9 กิโลกรัม ซึ่งเป็นการเผาไหม้ที่สมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

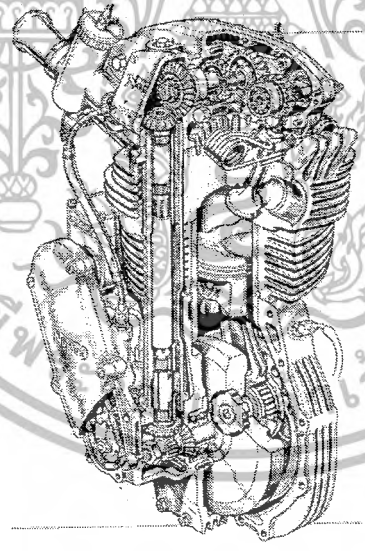
บทที่ 3
เครื่องยนต์

3.1 เครื่องรถยนต์

3.1.1 ประเภทของเครื่องยนต์

เครื่องยนต์ที่ใช้ในรถยนต์แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้

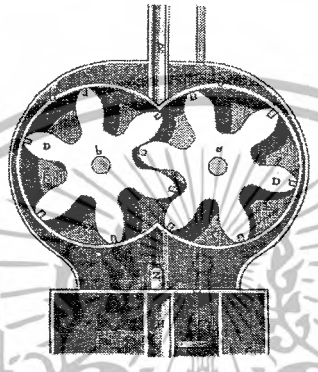
1. เครื่องยนต์ลูกสูบ (reciprocating engine) เครื่องยนต์แบบนี้มีลูกสูบเคลื่อนที่กลับไปกลับมา ภายในกระบอกสูบและในปัจจุบันนิยมใช้กันมาก



รูป 3.1 เครื่องยนต์ลูกสูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เครื่องยนต์โรตารี (rotary engine) หรือบางครั้งเรียกว่า เครื่องยนต์แวงเคิ้ล (Wankel engine) เครื่องยนต์แบบนี้มีโรเตอร์ (roter) หมุนอยู่ภายในเครื่องยนต์ รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ โรตารี เช่น มาสดา (Mazda)



รูป 3.2 เครื่องยนต์โรตารี

3.1.2 การจุดระเบิดด้วยประกายไฟและการอัด

เครื่องยนต์แบบลูกสูบ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. การจุดระเบิดด้วยประกายไฟ (spark ignition) เรียกสั้น ๆ ว่า SI หมายถึง การเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงในกระบอกสูบโดยอาศัยประกายไฟจากหัวเทียน เครื่องยนต์ประเภทนี้นิยมใช้กันมากในรถยนต์ทั่วไป

2. การจุดระเบิดด้วยการอัด (compression ignition) เรียกสั้น ๆ ว่า CI หมายถึง การเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงในกระบอกสูบ โดยอาศัยความร้อนจากการอัดตัวของอากาศ เช่น เครื่องยนต์ดีเซล อากาศในกระบอกสูบถูกอัดตัว จนกระทั่งมีอุณหภูมิสูงขึ้นถึง 538 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่านี้ เมื่อน้ำมันเชื้อเพลิงถูกฉีดเข้าไปในอากาศร้อนดังกล่าว ก็จะเริ่มจุดระเบิดเผาไหม้ รถยนต์บางประเภทใช้เครื่องยนต์ดีเซล แต่สำหรับรถยนต์บรรทุกหรือรถยนต์โดยสารมักนิยมใช้เครื่องยนต์ดีเซล นอกจากเครื่องยนต์ทั้ง 2 ประเภทที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ยังมีเครื่องยนต์ประเภทอื่น ๆ อีก ซึ่งในขณะนี้กำลังทำการทดลองอยู่และคาดว่าในอนาคตคงจะได้นำมาใช้กับรถยนต์อย่างแพร่หลาย เครื่องยนต์บางแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองทำกันแล้ว แต่ก็ยังไม่ประสบความสำเร็จอย่างเต็มที่ นักวิจัยก็จะทำการทดลองต่อไป เครื่องยนต์เหล่านี้ ได้แก่ เครื่องยนต์แก๊สเทอร์ไบน์ เครื่องยนต์ไอน้ำ เครื่องยนต์สเตอร์ลิง (stirling engine) และมอเตอร์ไฟฟ้า

3.1.3 ระบบเครื่องยนต์ขั้นพื้นฐาน

เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ (spark ignition engine หรือ SI engine) ต้องการระบบพื้นฐาน 4 ระบบในการทำงาน ส่วนเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด (compression ignition engine หรือ CI engine) ต้องการระบบพื้นฐานเพียง 3 ระบบ ระบบพื้นฐานเหล่านี้ ได้แก่

1. ระบบน้ำมันเชื้อเพลิง (fuel system) ระบบน้ำมันเชื้อเพลิงทำหน้าที่ป้อนน้ำมันเชื้อเพลิงให้กับเครื่องยนต์ น้ำมันเชื้อเพลิงผสมกับอากาศและจุดระเบิดเผาไหม้กำลังงานออกมาหมุนเพลาข้อเหวี่ยงเครื่องยนต์

น้ำมันเชื้อเพลิงจากถังจะถูกดูดและส่งไปยังคาร์บูเรเตอร์ จากนั้นคาร์บูเรเตอร์ก็จะทำหน้าที่ผสมอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าด้วยกัน แล้วส่งเข้ากระบอกสูบของเครื่องยนต์ ส่วนผสมจะถูก อัด และจะระเบิดเผาไหม้ด้วยประกายไฟจากหัวเทียน แล้วให้กำลังออกมาที่เพลาข้อเหวี่ยง ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบ ได้แก่

1. ถังน้ำมันเชื้อเพลิง (fuel tank) ถังน้ำมันเชื้อเพลิงจะทำจากแผ่นโลหะไฟเบอร์กลาสหรือพลาสติก ช่องเปิดบนถังน้ำมันมี 2 แห่ง คือ ช่องน้ำมันเข้าและช่องน้ำมันออก ถังน้ำมันเชื้อเพลิงส่วนมากติดตั้งอยู่ที่ด้านหลังของรถยนต์
2. ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง (fuel pump) ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง จะทำหน้าที่ดูดน้ำมันเชื้อเพลิงจากถังและส่งไปยังคาร์บูเรเตอร์ ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงมี 2 แบบ คือ แบบทางกลและแบบไฟฟ้า แบบทางกลจะทำงานด้วยการหมุนของเพลาลูกเบี้ยว ส่วนแบบไฟฟ้าจะทำงานด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า หรือโซลีนอยด์
3. คาร์บูเรเตอร์ (carburetor) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ผสมน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศ ก่อนที่จะไหลเข้ากระบอกสูบ เพื่อให้ได้สัดส่วนที่เหมาะสมกับการเผาไหม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ระบบหัวฉีด (fuel injection system) เครื่องยนต์แก๊สโซลีนบางแบบไม่มีคาร์บูเรเตอร์แต่ใช้ระบบหัวฉีดแทน ระบบจะประกอบด้วยหัวฉีดหนึ่งอันหรือมากกว่า ซึ่งทำหน้าที่ฉีดน้ำมันเข้าผสมกับอากาศ ก่อนที่จะไหลเข้ากระบอกสูบแล้วเผาไหม้

2. ระบบจุดระเบิด (ignition system) ระบบจุดระเบิดจะทำหน้าที่สร้างประกายไฟสำหรับจุดระเบิดน้ำมันเชื้อเพลิงในกระบอกสูบ ระบบจุดระเบิดจะนำแรงดันไฟฟ้าต่ำจากแบตเตอรี่ ซึ่งโดยทั่ว ๆ ไปมีค่าประมาณ 12 โวลต์ มาสร้างแรงดันไฟฟ้าสูง บางระบบอาจสร้างแรงดันไฟฟ้าได้สูงมากถึง 47,000 โวลต์ แรงดันไฟฟ้าสูงสามารถช่วยให้เกิดประกายไฟที่บริเวณเขี้ยวหัวเทียนได้ ซึ่งจะเป็นต้นกำเนิดของการจุดระเบิดเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิง

ในกรณีของเครื่องยนต์ดีเซลจะไม่มีระบบจุดระเบิด แต่จะอาศัยความร้อนของอากาศในช่วงจังหวะอัด เป็นตัวช่วยในการจุดระเบิดเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิง

3. ระบบหล่อลื่น (lubricating system) ระบบหล่อลื่นจะทำหน้าที่ป้อนน้ำมันหล่อลื่นไปยังส่วนต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ที่มีการเคลื่อนไหว เพื่อป้องกันการสึกหลอและระบายความร้อน ระบบหล่อลื่นจะมีอ่างน้ำมันอยู่ที่ส่วนล่างของเครื่องยนต์ ซึ่งทำหน้าที่เก็บน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ในระบบ ปั๊มน้ำมันหล่อลื่นซึ่งถูกขับเคลื่อนด้วยกำลังจากเครื่องยนต์ จะดูดน้ำมันจากอ่างแล้วส่งไปยังส่วนต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ หลังจากนั้นน้ำมันหล่อลื่นก็จะไหลกลับสู่อ่างน้ำมันตามเดิม และจะหมุนเวียนไปเช่นนี้ตลอดการทำงานของเครื่องยนต์

4. ระบบหล่อเย็น (cooling system) ระบบหล่อเย็นจะทำหน้าที่ระบายความร้อนส่วนเกินของเครื่องยนต์ออกสู่บรรยากาศภายนอก การเผาไหม้ไอดีในกระบอกสูบ ทำให้อุณหภูมิภายในกระบอกสูบอาจสูงถึง 2000 ^{o}C ซึ่งสูงกว่าจุดหลอมละลายของโลหะที่ใช้ทำเครื่องยนต์ ดังนั้นจึงควรระบายความร้อนออกไปอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ พลังงานความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ภายในกระบอกสูบ ส่วนหนึ่งเปลี่ยนไปเป็นพลังงานกลที่เพลาข้อเหวี่ยง ส่วนหนึ่งจะออกไปกับไอเสีย ส่วนหนึ่งถูกน้ำมันหล่อลื่นพาออกไป และส่วนที่เหลือออกไปด้วยระบบหล่อเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้ง 4 ระบบที่กล่าวมานี้มีความจำเป็นสำหรับเครื่องยนต์มาก ถ้าขาดระบบใดระบบหนึ่งแล้ว เครื่องยนต์จะไม่สามารถทำงานได้ (ถ้าเป็นเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดจะไม่มีระบบจุดระเบิด)

3.1.4 ระบบอื่น ๆ ของเครื่องยนต์

นอกจากระบบที่กล่าวมาแล้วทั้ง 4 ระบบ ซึ่งได้แก่ ระบบน้ำมันเชื้อเพลิง ระบบจุดระเบิด ระบบหล่อลื่น และระบบหล่อเย็น ยังมีระบบอื่น ๆ อีกที่ทำงานสัมพันธ์กันและมีความจำเป็น ได้แก่ ระบบไอเสีย ระบบควบคุมไอเสีย และระบบสตาร์ต

ระบบไอเสียจะช่วยลดเสียงดัง ในขณะที่ไอเสียออกจากกระบอกสูบ และพาไอเสียออกไปยังตำแหน่งที่ปลอดภัยแก่ผู้โดยสารในรถยนต์ ระบบควบคุมไอเสียทำหน้าที่ ควบคุมมลภาวะของอากาศเนื่องจากไอเสีย ส่วนระบบสตาร์ตจะช่วยในการสตาร์ตเครื่องยนต์

3.2 การทำงานของเครื่องยนต์

3.2.1 เครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน

เครื่องยนต์ที่ใช้กับรถยนต์เป็นประเภทเครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน คือ การเผาไหม้จะเกิดขึ้นภายในเครื่องยนต์ เครื่องยนต์เผาไหม้ภายในมี 2 ประเภท คือ เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ และเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด เครื่องยนต์ทั้ง 2 ประเภทมีข้อแตกต่างกันดังนี้

1. ชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้
2. วิธีที่น้ำมันเชื้อเพลิงเข้าสู่กระบอกสูบ
3. วิธีที่น้ำมันเชื้อเพลิงจุดระเบิด

เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่ระเหยกลายเป็นไอได้ง่าย เช่น แก๊สโซลีนหรือแก๊สโซฮอล์ (gasohol) น้ำมันเชื้อเพลิงผสมกับอากาศ ก่อนที่จะเข้ากระบอกสูบ ส่วนผสมหรือไอดีจะถูกอัดตัวในจังหวะอัด แล้วเกิดประกายไฟที่หัวเทียน เริ่มการจุดระเบิดเผาไหม้ไอดี สำหรับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด น้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าผสมกับอากาศ หลังจากที่อากาศไหลเข้ากระบอกสูบแล้ว จะมีอากาศเพียงอย่างเดียวเท่านั้นที่ถูกดูดเข้ากระบอกสูบ อากาศจะถูกอัดใน

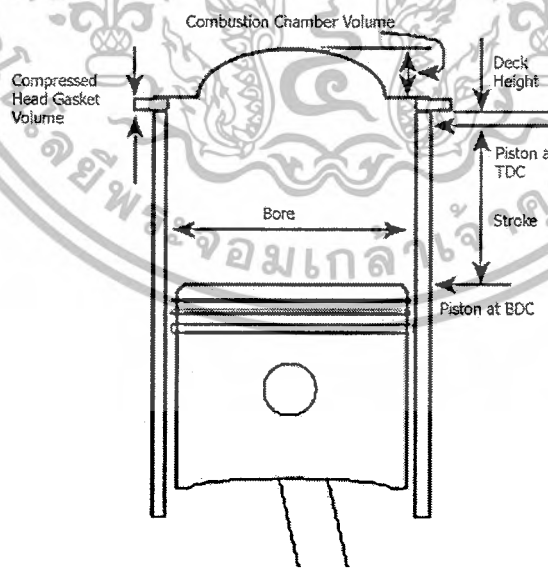
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จังหวะอัดจนมีอุณหภูมิสูงขึ้นถึง 538 °C (1000 °F) หรือสูงกว่านี้ หลังจากนั้นน้ำมันดีเซลซึ่งเป็นน้ำมันเบา จะถูกฉีดเข้ากระบอกสูบและสัมผัสกับอากาศร้อน และเริ่มการจุดระเบิดเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิง

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ จะใช้หัวเทียนในการจุดระเบิด และอาจเรียกว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ส่วนเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดจะใช้ความร้อนของอากาศที่เกิดจากการอัดช่วยในการจุดระเบิด และอาจเรียกว่าเครื่องยนต์ดีเซล

3.2.2 โครงสร้างของเครื่องยนต์แบบลูกสูบ

เครื่องยนต์ทั้งจุดระเบิดด้วยประกายไฟ และจุดระเบิดด้วยการอัดมีโครงสร้างพื้นฐานคล้ายกัน คือ มีลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นลงภายในกระบอกสูบ ตำแหน่งสูงสุดของลูกสูบเรียกว่า ศูนย์ตายบน (top dead center) ซึ่งเขียนย่อว่า TDC และตำแหน่งต่ำสุดของลูกสูบเรียกว่า ศูนย์ตายล่าง (bottom dead center) ซึ่งเขียนย่อว่า BDC ส่วนระยะชักลูกสูบ (piston stroke) จะเป็นระยะห่างระหว่าง TDC และ BDC



รูป 3.3 ตำแหน่งศูนย์ตายบน และศูนย์ตายล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 ลูกสูบและแหวนลูกสูบ

ลูกสูบมักจะทำจากอะลูมิเนียม (aluminium alloy) ซึ่งเป็นส่วนผสมระหว่างอะลูมิเนียมกับโลหะอื่น ๆ ลูกสูบมีขนาดเล็กกว่ากระบอกสูบเล็กน้อย และสามารถเลื่อนไปมาภายในกระบอกสูบได้

เนื่องจากลูกสูบเล็กกว่ากระบอกสูบเล็กน้อย ดังนั้นจึงมีระยะช่องว่างระหว่างลูกสูบกับผนังกระบอกสูบ ระยะช่องว่างนี้จะต้องมีการอุด มิฉะนั้นไอดีสามารถรั่วไหลออกมาได้ในจังหวะอัด หรือก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ในจังหวะกำลังรั่วไหลออกมาได้เช่นกัน การรั่วไหลดังกล่าวเรียกว่า โบลว์บาย (blowby) ซึ่งมีผลทำให้กำลังของเครื่องยนต์สูญเสียไป

เพื่อป้องกันการสูญเสียกำลังดังกล่าว จึงต้องใส่แหวนลูกสูบ (piston rings) เข้ากับลูกสูบ แหวนลูกสูบมีปลายแยกจากกันที่จุดจุดหนึ่ง จึงทำให้สามารถถ่างแหวนได้เล็กน้อย และสวมเข้ากับร่องแหวนบนลูกสูบได้สะดวกขึ้น แหวนลูกสูบแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ และทำหน้าที่ 2 อย่าง คือ

1. แหวนอัด (compression rings) ทำหน้าที่อุดระหว่างช่องว่างระหว่างลูกสูบกับผนังกระบอกลูกสูบ
2. แหวนน้ำมันหรือแหวนควบคุมน้ำมัน (oil rings หรือ oil control rings) ทำหน้าที่กวาดน้ำมันหล่อลื่นบนผนังกระบอกสูบให้ไหลกลับลงสู่อ่างน้ำมันตามเดิม (ระบบหล่อลื่นทำหน้าที่จ่ายน้ำมันหล่อลื่นเข้าเลี้ยงผนังกระบอกสูบ หล่อลื่นลูกสูบ และแหวนลูกสูบ)

3.2.4 การเคลื่อนที่แบบกลับไปกลับมาและการเคลื่อนที่แบบหมุน

ลูกสูบเคลื่อนที่กลับไปกลับมาเป็นเส้นตรงภายในกระบอกสูบ การเคลื่อนที่ดังกล่าวเรียกว่าการเคลื่อนที่แบบกลับไปกลับมา(reciprocating motion) ส่วนการเคลื่อนที่แบบหมุน(rotary motion) ของเพลาข้อเหวี่ยงอาศัยจากการเครื่อนที่ของลูกสูบ

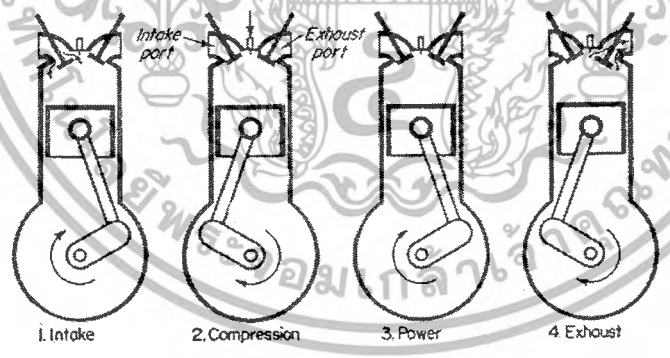
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5 วาล์วเครื่องยนต์

เครื่องยนต์ส่วนมากจะมีช่องเปิดจากภายนอกถึงกระบอกสูบ ได้แก่ ช่องไอดี (intake port) ซึ่งเป็นช่องสำหรับให้อากาศหรือไอดีจากภายนอกเข้าสู่กระบอกสูบ และอีกช่องหนึ่งคือ ช่องไอเสีย (exhaust port) ซึ่งเป็นช่องสำหรับให้ไอเสียไหลออกจากกระบอกสูบ วาล์วจะปิดช่องดังกล่าวก็ต่อเมื่อวาล์วเคลื่อนที่จนหน้าวาล์วสัมผัสกับบ่าวาล์ว และวาล์วจะเปิดออกเมื่อวาล์วเคลื่อนที่ห่างออกจากบ่าวาล์ว โดยทั่วไปแล้ววาล์วไอดีจะมีขนาดโตกว่าวาล์ว ไอเสีย

3.2.6 การทำงานของเครื่องยนต์

การทำงานของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟแบ่งออกเป็น 4 จังหวะ ซึ่งได้แก่ จังหวะดูด จังหวะอัด จังหวะกำลัง และจังหวะคาย เครื่องยนต์จะต้องหมุน 2 รอบจึงจะครบ วัฏจักร (cycle) การทำงานของเครื่องยนต์ เครื่องยนต์ที่ทำงาน 4 จังหวะดังกล่าวเรียกว่า เครื่องยนต์วัฏจักร 4 จังหวะ (four – stroke – cycle engine) หรือเรียกสั้น ๆ ว่า เครื่องยนต์ 4 จังหวะ



รูป 3.4 จังหวะการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ

1. จังหวะดูด (intake stroke) ในช่วงจังหวะดูด ลูกสูบจะเคลื่อนที่ลง วาล์วไอดีเปิดออกและไอดีถูกดูดให้ไหลเข้ากระบอกสูบ ทั้งนี้เพราะว่าในขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ลง จะเกิดสูญญากาศในกระบอกสูบ ทำให้เกิดแรงดูดไอดีเข้ากระบอกสูบ เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ถึงจุดต่ำสุด วาล์วไอดีจะปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. จังหวะอัด (compression stroke) หลังจากลูกสูบเคลื่อนที่ถึงจุดต่ำสุดแล้วก็จะเริ่มเคลื่อนที่ขึ้น วาล์วไอดีและวาล์วไอเสียปิด ไอดีภายในกระบอกสูบจะถูกอัดให้มีปริมาตรเล็กลงจึงเรียกว่า จังหวะอัด เช่น จากปริมาตร 8 ส่วน ถูกอัดจนเหลือเพียง 1 ส่วน อัตราส่วนระหว่างปริมาตรก่อนอัดกับปริมาตรหลังอัด เรียกว่า อัตราส่วนการอัด (compression ratio)

3. จังหวะกำลัง (power stroke) ในระหว่างจังหวะกำลัง วาล์วไอดีและไอเสียยังคงปิดอยู่ เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ใกล้ศูนย์ตายบนในจังหวะอัด จะเกิดประกายไฟที่หัวเทียน และเริ่มการจุดระเบิดเผาไหม้ไอดี ในขณะเดียวกันลูกสูบจะเคลื่อนที่ผ่านตำแหน่งศูนย์ตายบนและเริ่มเคลื่อนที่ลง

ในระหว่างการเผาไหม้ จะเกิดความดันสูงกระทำต่อลูกสูบให้เคลื่อนที่ลงและถ่ายทอดผ่านก้านสูบไปสู่เพลาข้อเหวี่ยง

4. จังหวะคาย (exhaust stroke) เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ใกล้ถึงศูนย์ตายล่าง วาล์วไอเสียจะเปิดออก หลังจากลูกสูบเคลื่อนที่ผ่านศูนย์ตายล่างแล้วก็จะเคลื่อนที่ขึ้น และไล่ไอเสียออกจากกระบอกสูบทางวาล์วไอเสีย จึงเรียกว่า จังหวะคาย

เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ผ่านศูนย์ตายบนแล้วก็จะเริ่มเคลื่อนที่ลง วาล์วไอเสียจะปิด และวาล์วไอดีจะเปิดออก เพื่อเริ่มต้นจังหวะดูดอีกครั้งหนึ่ง

3.2.7 การทำงานของวาล์ว

กลไกที่ทำหน้าที่เปิดและปิดวาล์วเรียกว่า กลไกวาล์ว (valve train) กลไกวาล์วอย่างง่ายประกอบด้วยเพลาลูกเบี้ยว ซึ่งติดตั้งที่ส่วนบนของเครื่องยนต์ (บนฝาสูบ) เพลาลูกเบี้ยวถูกขับเคลื่อนด้วยสายพาน เพลาลูกเบี้ยวมีลูกเบี้ยวหลายอันซึ่งขึ้นอยู่กับ จำนวนกระบอกสูบ โดยทั่วไปแล้วจะใช้ลูกเบี้ยว 2 อัน สำหรับหนึ่งกระบอกสูบ

ลูกเบี้ยวมีลักษณะเป็นปลอกกลมพร้อมด้วยส่วนนูน ลูกเบี้ยวนั้นจะอยู่เหนือก้านวาล์วและลูกกระทุ้งจะอยู่ส่วนบนของก้านวาล์ว

การปิดและเปิดวาล์วในขณะที่ลูกเบี้ยวหมุนอยู่บนลูกกระทุ้ง สปริงวาล์วจะดันให้วาล์วปิดเมื่อส่วนนูนของลูกเบี้ยวไม่สัมผัสกับลูกกระทุ้ง แต่เมื่อส่วนนูนของลูกเบี้ยวกดลงบนลูกกระทุ้ง สปริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วาล์วจะถูกกดให้ยุบตัวลง ในขณะที่วาล์วเลื่อนห่างจากบ่าวาล์ว ซึ่งเป็นการเปิดของวาล์ว กลไกวาล์วที่มีเพลาลูกเบี้ยวอยู่เหนือวาล์ว เครื่องยนต์ประเภทนี้เรียกว่า เครื่องยนต์โอเวอร์เฮดแคมชาฟต์ (overhead – camshaft engine) ซึ่งเขียนย่อว่า OHC

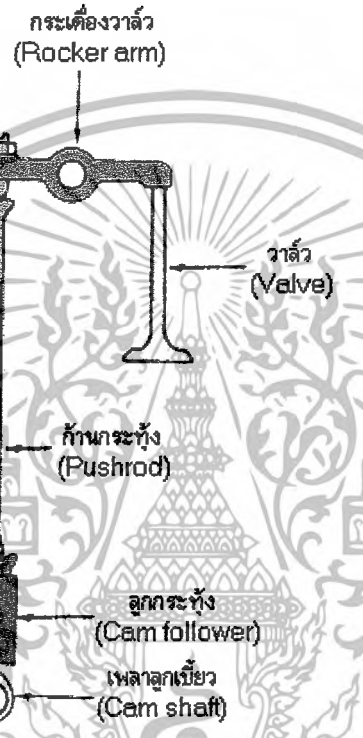
รูป 3.5 การทำงานของกลไกวาล์วแบบเพลาลูกเบี้ยว

3.2.8 กลไกวาล์วแบบก้านกระทุ้ง

นอกจากกลไกวาล์วที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ยังมีกลไกวาล์วแบบก้านกระทุ้ง (pushrod valve train) ซึ่งเป็นกลไกวาล์วที่นิยมใช้กันมากในอดีตและก็ยังคงใช้กันอยู่ในปัจจุบัน จะประกอบด้วยเพลาลูกเบี้ยวซึ่งติดตั้งอยู่ในเสื้อสูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของกลไกวาล์วแบบก้านกระทุ้ง เมื่อสันนูนของลูกเบี้ยวไม่สัมผัสกับลูกกระทุ้ง วาล์วจะอยู่ในตำแหน่งปิด แต่เมื่อสันนูนของลูกเบี้ยวดันลูกกระทุ้งให้เคลื่อนที่ขึ้น วาล์วจะถูกดันให้เปิดออก โดยถ่ายทอดการเคลื่อนที่ผ่านก้านกระทุ้งและกระเดื่องวาล์ว



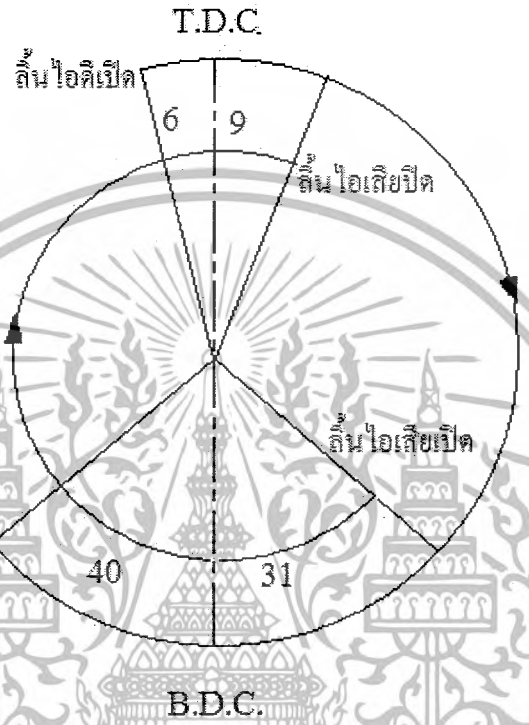
รูป 3.6 วาล์วแบบก้านกระทุ้ง

3.2.9 วาล์วไทมิ่งไดอะแกรมเครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ (Valve Timing Diagram)

จากหลักการทำงานของเครื่องยนต์เราไม่ทราบการปิด-เปิดของวาล์วไอดีและไอเสียที่แน่นอน ทราบเพียงคร่าว ๆ เท่านั้นแต่ถ้ามี Valve Timing Diagram โดยเฉพาะของเครื่องยนต์นั้นประกอบแล้วจะทำให้รู้องศาการปิด - เปิดของวาล์วไอดี-ไอเสียของเครื่องยนต์นั้น ๆ ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น และนำเอาไปใช้ในการปรับตั้งวาล์วไอดี -ไอเสียได้อย่างถูกต้อง องศาที่กำหนดใน Valve Timing Diagram จะวัดจากตำแหน่งของเพลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์ แต่ละเครื่องจะไม่เหมือนกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องยนต์นั้น ๆ แต่รูปร่างของ Valve Timing Diagram สำหรับเครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะแล้ว จะมีรูปร่างเหมือนกัน



รูป 3.7 Valve Timing Diagram

ลิ้นไอดีเปิดก่อนถึงศูนย์ตายบน 6 องศา และจะปิดหลังศูนย์ตายล่าง 40 องศา ดังนั้นระยะการเปิดของลิ้นไอดีในจังหวะดูดเท่ากับ 6+180+40 = 226 องศา

ลิ้นไอเสียเปิดให้ไอเสียที่เกิดขึ้นจากการสันดาปไหลออก 31 องศา ก่อนศูนย์ตายล่าง และปิดเลยศูนย์ตายบนไป 9 องศา ระยะเวลาการเปิดของลิ้นไอเสียในจังหวะคายเท่ากับ 31+180+9 = 220 องศา

ลิ้นไอดี และลิ้นไอเสียเปิดอยู่พร้อมๆกัน หรือเรียกว่า Valve Over Lab เพื่อต้องการให้ไอดีทำการขับไล่ไอเสียออกนอกกระบอกสูบให้หมดจดยิ่งขึ้น

3.2.10 เครื่องยนต์หลายสูบ

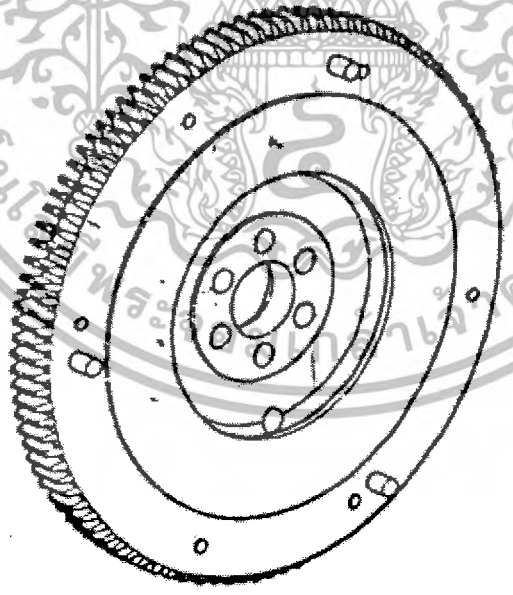
เพื่อให้กำลังของเครื่องยนต์ออกมาอย่างต่อเนื่องและไม่กระตุก จึงนิยมใช้เครื่องยนต์ที่มีจำนวนกระบอกสูบมากกว่าหนึ่งสูบขึ้นไป ที่นิยมกันมากคือ มีจำนวน 4 สูบ หรือมากกว่า ทั้งนี้เนื่องจากใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ละกระบอกสูบจะให้จังหวะกำลังทุก ๆ 2 รอบของการหมุนของเพลาข้อเหวี่ยง ดังนั้นถ้าเครื่องยนต์ 4 สูบ จะให้จังหวะกำลังสลับกันทุก ๆ ครึ่งรอบของการหมุนของเพลาข้อเหวี่ยง

3.2.11 ล้อช่วยแรง

ล้อช่วยแรง(flywheel)ทำด้วยเหล็กหล่อที่หนักยึดไว้ด้วยโบลท์เข้ากับปลายของเพลาข้อเหวี่ยง สำหรับรถที่ใช้ระบบส่งกำลังแบบธรรมดาในจังหวะจุดจุดระเบิดของเครื่องยนต์ ลูกสูบจะถ่ายทอดกำลังให้กับเพลาข้อเหวี่ยงเพียงจังหวะเดียวเท่านั้น เพราะว่านอกจากจังหวะนี้แล้วในจังหวะอื่น ๆ กำลังจะสูญเสียไปเนื่องจากแรงเฉื่อยกับความฝืดล้อช่วยแรงจะยังคงแรงการหมุน (แรงเฉื่อย)ในระหว่างจังหวะอื่น ๆไว้ นอกเหนือจากจังหวะจุดระเบิด เพื่อทำให้เพลาข้อเหวี่ยงหมุนไปอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังทำให้เครื่องยนต์ทำงานได้อย่างราบเรียบด้วยฟันเฟืองที่อยู่รอบขอบวงเกลมของล้อช่วยแรงจะขบกับฟันเฟืองขับของมอเตอร์สตาร์ท ในขณะที่เริ่มติดเครื่องยนต์



รูป 3.8 ล้อช่วยแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การวัดค่าและสมรรถนะเครื่องยนต์

1. งาน (work) คือ การเคลื่อนที่ของวัตถุต้านกับแรงตรงข้าม วัตถุสามารถเคลื่อนที่ได้โดยการดัน ดึง หรือยก เช่น เมื่อยกวัตถุขึ้น วัตถุจะเคลื่อนที่ขึ้นต้านการดึงดูดของแรงโน้มถ่วงของโลก

เมื่อวัตถุหนัก 5 ปอนด์ (lb) ถูกยกขึ้นสูงจากพื้นโลก 5 ฟุต (ft) งานที่ทำกับวัตถุนั้นเท่ากับ $5 \times 5 = 25$ ft – lb

หรือถ้ายกวัตถุซึ่งมีมวล 5 กิโลกรัม (kg) ขึ้นสูง 1 เมตร (m) ดังนั้นงานที่ทำกับวัตถุเท่ากับ $5(9.81) \times 1 = 49.05$ นิวตัน – เมตร (N.m) หรือ 49.05 จูล (J) ดังนั้น 1 ft – lb = 1.356 J

2. พลังงาน (energy) คือ ความสามารถในการทำงาน เมื่อเราเห็นคนคนหนึ่งสามารถทำงานได้จำนวนมาก เราจะกล่าวว่าคนนั้นมีพลังงานมาก น้ำมันแก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิงซึ่งให้พลังงานออกมาเมื่อเผาไหม้ พลังงานสามารถทำงานได้ จึงทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่

3. กำลัง (power) คือ อัตราการทำงาน เครื่องจักรที่สามารถทำงานได้จำนวนมากในเวลาสั้นเรียกว่า เครื่องจักรกำลังสูง

4. ทอร์ก (torque) คือ แรงบิดหรือแรงหมุน เช่น เราให้ทอร์กกับฝาขวดเพื่อคลายฝาเกลียวออก หรือเราให้ทอร์กกับพวงมาลัยรถยนต์เพื่อเลี้ยวรถยนต์ หรือเครื่องยนต์ถ่ายทอร์กไปยังล้อขับเคลื่อนเพื่อหมุนล้อ หรือเราให้ทอร์กกับข้อเหวี่ยงเพื่อยกน้ำหนัก

ทอร์กไม่เหมือนกับกำลัง เพราะทอร์กเป็นแรงบิดซึ่งอาจมีผลต่อการเคลื่อนที่หรือไม่ก็ได้ แต่กำลังต้องมีการเคลื่อนที่ หน่วยของทอร์กคือ N.m หรือ lb-ft

5. กำลังม้า (horsepower , hp) คือ กำลังของม้า 1 ตัว หรืออัตราการทำงานของ ม้า 1 ตัว เช่น เครื่องยนต์ 10 hp สามารถทำงานเท่ากับม้า 10 ตัว หนึ่งกำลังม้าคือ งาน 33,000 ฟุต – ปอนด์ต่อหนึ่งนาที (ft-lb / min) ม้าเดิน 165 ft ในเวลา 1 นาที และยกน้ำหนัก 200 lb ปริมาณงานที่ทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในเวลา 1 นาที คือ 33,000 ft-lb (165 ft x 200 lb) ถ้าเป็นระบบเมตริกจะมีค่าเท่ากับ 4500 kg.m

6. ความเฉื่อย (inertia) เป็นคุณสมบัติของวัตถุทั้งหมด วัตถุที่ไม่เคลื่อนที่ยังคงหยุดนิ่งจนกว่าจะมีแรงมากระทำต่อวัตถุนั้น วัตถุที่กำลังเคลื่อนที่จะยังคงเคลื่อนที่ติดไปด้วยอัตราเร็วคงที่ และทิศทางเดิมจนกว่าจะมีแรงมากระทำเพื่อเปลี่ยนอัตราเร็วและทิศทางการเคลื่อนที่ เมื่อรถยนต์จอดนิ่งไม่เคลื่อนที่ ความเฉื่อยของรถยนต์ต้องมากกว่าแรงที่กระทำต่อรถยนต์ เพื่อที่จะให้รถยนต์เคลื่อนที่ เมื่อรถยนต์กำลังเคลื่อนที่ จะต้องเพิ่มแรงกระทำกับรถยนต์มากขึ้น เพื่อให้รถยนต์เคลื่อนที่เร็วมากขึ้น และเมื่อต้องการชะลออัตราเร็วของรถยนต์ แรงเบรกจะต้องมากกว่าความเฉื่อยของรถยนต์

7. ความฝืด (friction) คือ ความต้านทานต่อการเคลื่อนที่ระหว่างวัตถุ 2 ชิ้นที่สัมผัสกัน ถ้าเราวางหนังสือบนโต๊ะและออกแรงดันหนังสือ เราจะต้องใช้แรงจำนวนหนึ่งเพื่อดันให้หนังสือเคลื่อนที่ไปได้ ถ้าเราวางหนังสืออีกเล่มหนึ่งซ้อนบนหนังสือเล่มแรก เราจะต้องใช้แรงมากกว่าเดิม เพื่อที่จะดันให้หนังสือทั้งสองเคลื่อนที่ไปได้พร้อมกัน สาเหตุก็เพราะว่าความฝืดต้านการเคลื่อนที่และความฝืดเพิ่มขึ้นเมื่อภาระ (load) เพิ่มขึ้น ดังนั้นภาระยิ่งมาก ความฝืดก็ยิ่งมากด้วย ความฝืดมี 3 ชนิด คือ

1. ความฝืดแห้ง

2. ความฝืดเปียก

3. ความฝืดหนืด

1. ความฝืดแห้ง (dry friction) เป็นความฝืดที่ต้านการเคลื่อนที่ระหว่างวัตถุแห้ง 2 ชิ้น เช่น ความฝืดระหว่างแผ่นไม้ที่ถูกลากไปบนพื้นแห้ง

2. ความฝืดเปียก (greasy friction) เป็นความฝืดที่ต้านการเคลื่อนที่ระหว่างวัตถุ 2 ชิ้นที่ทาด้วยน้ำมันหล่อลื่นหรือจาระบีเล็กน้อยที่ผิวของวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับเครื่องรถยนต์นั้น ความฝืดเปียกอาจเกิดขึ้นในเครื่องยนต์ขณะเริ่มสตาร์ตครั้งแรก ทั้งนี้เพราะว่าน้ำมันหล่อลื่นส่วนมากไหลออกจากผิวหน้าแบริ่ง ผนังกระบอกสูบ และแหวนลูกสูบ เหลือไว้เพียงชั้นน้ำมันหล่อลื่นบาง ๆ เคลือบบนผิวสัมผัส ลักษณะนี้จะเรียกความฝืดที่เกิดขึ้นว่า ความฝืดเปียก หลังจากสตาร์ตเครื่องยนต์ติดแล้ว น้ำมันหล่อลื่นจะถูกปั๊มมาหล่อเลี้ยงชิ้นส่วนเหล่านั้นทันที แต่ก่อนที่จะเกิดขึ้น ความฝืดจะเป็นเพียงความฝืดเปียกเท่านั้น และความฝืดเปียกนี้ไม่เพียงพอต่อการป้องกันการสึกหรอ ดังนั้นการสึกหรอจึงเกิดขึ้นเป็นส่วนมากในขณะเริ่มสตาร์ตและอุ่นเครื่องยนต์

3. ความฝืดหนืด (viscous friction) ความหนืด (viscosity) คือ เทอมที่แสดงแนวโน้มของของเหลวในการต้านการไหล เช่น น้ำมันหล่อลื่น น้ำมันหล่อลื่นหนักมีความหนืดมากกว่าน้ำมันหล่อลื่นเบา และไหลช้ากว่าหรือมีความต้านทานต่อการไหลมากกว่า ความฝืดหนืด คือ ความฝืดหรือความต้านทานต่อการเคลื่อนที่ระหว่างชั้นของของเหลว สำหรับแบริ่งเครื่องยนต์ ชั้นของน้ำมันหล่อลื่นจะเกาะติดกับผิวหน้าแบริ่งและผิวหน้าเพลา ชั้นของน้ำมันหล่อลื่นจะล้อมรอบเพลาในขณะที่เพลาหมุน น้ำมันหล่อลื่นรองรับภาระหรือน้ำหนักบนเพลา เพลาลอยตัวอยู่บนชั้นน้ำมันหล่อลื่นและไม่มีมีการสัมผัสกันระหว่างโลหะกับโลหะ

อย่างไรก็ตาม ชั้นน้ำมันหล่อลื่นหนึ่งต้องเคลื่อนที่ไปบนชั้นน้ำมันหล่อลื่นอื่น ๆ ซึ่งต้องใช้พลังงานจำนวนหนึ่ง ความต้านทานต่อการเคลื่อนที่ระหว่างชั้นของน้ำมันหล่อลื่น เรียกว่า ความฝืดหนืด

เครื่องยนต์มีน้ำมันหล่อลื่นเข้าไปหล่อเลี้ยงชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่เคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ของผิวหน้าบนชั้นน้ำมันหล่อลื่นต้องเอาชนะความฝืดหนืด ผิวหน้าของแบริ่งในเครื่องยนต์ที่มีน้ำมันหล่อลื่นเข้าไปหล่อเลี้ยง ซึ่งอยู่ในชนิดของความฝืดหนืด ได้แก่ เจอร์นัลแบริ่ง (journal bearing) ไกด์แบริ่ง (guide bearing) และทรัสต์แบริ่ง (thrust bearing) หรือแบริ่งกันรุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ขนาดกระบอกสูบและระยะชัก

ขนาดกระบอกสูบ (bore) คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบ ระยะชัก (stroke) คือ ระยะการเคลื่อนที่ของลูกสูบจากศูนย์ตายล่างถึงศูนย์ตายบน (จาก BDC ถึง TDC)

การกำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับกระบอกสูบนั้นนิยมกำหนดด้วยขนาดกระบอกสูบคูณด้วยระยะชัก เช่น เครื่องยนต์ 83 x 88 mm หมายถึง ขนาดกระบอกสูบเท่ากับ 83 mm และระยะชักเท่ากับ 88 mm

เครื่องยนต์ที่มีขนาดกระบอกสูบสั้นกว่าระยะชัก เรียกว่า อันเดอร์สแควร์ (undersquare) เครื่องยนต์ที่มีขนาดกระบอกสูบยาวกว่าระยะชัก เช่น เครื่องยนต์ 88 x 78 mm เรียกว่า โอเวอร์สแควร์ (oversquare) ส่วนเครื่องยนต์ที่มีขนาดกระบอกสูบเท่ากับระยะชัก เรียกว่า สแควร์ (square) เช่น เครื่องยนต์ 85 x 85 mm

เครื่องโอเวอร์สแควร์มีข้อดีหลายประการ ระยะชักสั้นลงทำให้แหวนลูกสูบเคลื่อนที่สั้นลง การสูญเสียพลังงานเนื่องจากความฝืดลดลง ภาระบนแบริ่งลดลง และความสูงของเครื่องยนต์ลดลง

อย่างไรก็ตามเครื่องยนต์ที่มีระยะชักสั้นเกินไปก็มีผลเสียเช่นกันคือ การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เครื่องยนต์บางเครื่องต้องเพิ่มระยะชักให้ยาวขึ้น เพื่อลดมลพิษที่ปล่อยออกมาทางท่อไอเสีย

9. ปริมาตรกระจัด (piston displacement) คือ ปริมาตรที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของลูกสูบจาก BDC ถึง TDC เช่น เครื่องยนต์ 83 x 88 mm 4 สูบ มีปริมาตรกระจัดดังนี้

สำหรับหนึ่งกระบอกสูบปริมาตรกระจัด คือ

$$\frac{\pi}{4}\left(D^2\right)L = \frac{\pi}{4}(83)^2(88) \quad \text{mm}^3$$

$$= 476{,}133.499 \quad \text{mm}^3$$

หรือ $= 476.13 \quad \text{cm}^3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาตรกระจัดรวม 4 สูบ = 476.13 x 4 cm^3

= 1905 cm^3

ดังนั้นเครื่องยนต์มีปริมาตรกระจัดเท่ากับ 1905 CC (CC ย่อมาจาก cubic centimeters หมายถึง ลูกบาศก์เซนติเมตร หรือ cm^3)

บางครั้งอาจพบว่าปริมาตรกระจัดมีหน่วยเป็นลิตร (L) เพราะว่า 1000 CC เท่ากับ 1 L ดังนั้นปริมาตรกระจัดดังกล่าวเท่ากับ 1.905 L

10. อัตราส่วนการอัด

อัตราส่วนการอัด (compression ratio) ของเครื่องยนต์ คือ การวัดปริมาณที่ไอดี (อากาศ) ถูกอัดตัวในกระบอกสูบในระหว่างจังหวะอัด การคำนวณทำได้โดยนำปริมาตรอากาศในหนึ่งกระบอกสูบเมื่อลูกสูบอยู่ที่ตำแหน่ง BDC หารด้วยปริมาตรอากาศเมื่อลูกสูบอยู่ที่ตำแหน่ง TDC

ปริมาตรอากาศในขณะที่ลูกสูบอยู่ที่ตำแหน่ง TDC เรียกว่า ปริมาตรช่องว่าง (clearance volume) ซึ่งก็คือ ปริมาตรห้องเผาไหม้นั่นเอง

ตัวอย่างเช่น เครื่องยนต์มีปริมาตร (หนึ่งกระบอกสูบ) ที่ตำแหน่ง BDC เท่ากับ 480 CC และปริมาตรช่องว่างเท่ากับ 52 CC ดังนั้นอัตราส่วนการอัดเท่ากับ 480 / 52 = 9.23

11. การเพิ่มอัตราส่วนการอัด

โดยเฉลี่ยแล้วอัตราส่วนการอัดของเครื่องยนต์ใหม่ ๆ เพิ่มขึ้นมาเรื่อย ๆ ในแต่ละปี ทั้งนี้เพราะว่าการเพิ่มอัตราส่วนการอัดจะช่วยทำให้กำลังเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น และประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงมากขึ้น โดยไม่ต้องเพิ่มขนาดหรือน้ำหนักเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องยนต์ที่มีอัตราส่วนการอัดสูงจะอัดไอดีมากขึ้น ทำให้ความดันในกระบอกสูบที่จุดเริ่มต้นของจังหวะกำลังสูงมากขึ้น เมื่อจุดระเบิดเผาไหม้ไอดีจะมีแรงกระทำกับลูกสูบมากขึ้น และเป็นผลทำให้ได้กำลังมากขึ้น

ในสมัยก่อนอัตราส่วนการอัดโดยเฉลี่ยประมาณ 8 : 1 ต่อมาเพิ่มขึ้น จนบางครั้งสูงถึง 9.5 : 1 เมื่อไม่นานมานี้ ความก้าวหน้าทางวิศวกรรมยานยนต์เกี่ยวกับการเผาไหม้ด้วยส่วนผสมบาง การเผาไหม้เร็วของไอดี การใช้ห้องเผาไหม้แบบหมุนวน และการควบคุมไอเสีย ช่วยให้สามารถใช้เครื่องยนต์อัตราส่วนการอัดสูงได้โดยไม่เกิดผลเสียต่อเครื่องยนต์และการเกิดมลพิษ

เนื่องจากอัตราส่วนการอัดสูงทำให้ความดันของไอดีสูงในระหว่างจังหวะอัด และอุณหภูมิของไอดีสูงขึ้นด้วยเช่นกัน อัตราส่วนการอัดยิ่งสูงจะยิ่งทำให้อุณหภูมิของไอดีเพิ่มขึ้น และอาจทำให้ไอดีสามารถจุดระเบิดตัวเองได้ ซึ่งก่อให้เกิดการเผาไหม้ผิดปกติหรือน็อก น้ำมันเชื้อเพลิงที่ผสมสารตะกั่ว (เตตราเอทิลเลด) สามารถควบคุมปัญหานี้ได้ แต่ถ้านำสารตะกั่วออกไป จะต้องลดเชื้อเพลิงด้วยกรรมวิธีใหม่เป็นน้ำมันไร้สารตะกั่ว และสามารถต้านการน็อกได้เช่นเดิม

ตะกอนคาร์บอนที่สะสมอยู่ในกระบอกสูบ มีส่วนทำให้อัตราส่วนการอัดของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น เพราะว่าตะกอนคาร์บอนเข้าไปแทนที่ปริมาตรช่องว่าง

ซึ่งทำให้อัตราส่วนการอัดเพิ่มขึ้นจาก 8.25 : 1 เป็น 10 :1 ตะกอนคาร์บอนในกระบอกสูบเกิดขึ้นจากการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงไม่สมบูรณ์ และการเผาไหม้น้ำมันหล่อลื่นในห้องเผาไหม้ นอกจากนี้ตะกอนคาร์บอนในกระบอกสูบยังมีส่วนทำให้เกิดมลพิษทางท่อไอเสียมากขึ้น ทั้งนี้เพราะว่าคาร์บอนดูดซับน้ำมันเชื้อเพลิงจากไอดีและจากก๊าซที่เผาไหม้ หลังจากที่ความดันลดลงในจังหวะคายคาร์บอนจะปล่อยไอระเหยของน้ำมันเชื้อเพลิงออกมาพร้อมกับก๊าซไอเสียทำให้ไอเสียมีไฮโดรคาร์บอน (HC) ซึ่งเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงที่ยังไม่ได้เผาไหม้เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. ประสิทธิภาพในเชิงปริมาตร

ปริมาตรอากาศหรือไอดี ที่ถูกดูดเข้ากระบอกสูบวัดเป็นประสิทธิภาพในเชิงปริมาตร (volumetric efficiency) ถ้าไอดีถูกดูดเข้ากระบอกสูบอย่างช้า ๆ ไอดีจะบรรจุเต็มกระบอกสูบพอดี แต่ในขณะที่เครื่องยนต์ทำงานตามปกตินั้นไอดีหรืออากาศจะถูกดูดเข้าไม่เต็มกระบอกสูบ ทั้งนี้เพราะว่าไอดีต้องผ่านช่องเปิดที่แคบ ผ่านท่อร่วมไอดีที่โค้งงอ และผ่านคาร์บูเรเตอร์หรือระบบหัวฉีดในเวลาอันสั้น นอกจากนี้ส่วนผสมหรือไอดียังได้รับความร้อนจากเครื่องยนต์ ทำให้ไอดีขยายตัวอีกด้วย การไหลอย่างรวดเร็วในเวลาอันสั้นและความร้อนทำให้ปริมาณไอดีที่ไหลเข้ากระบอกสูบลดลง

ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรเป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณไอดีที่ไหลเข้ากระบอกสูบจริงกับปริมาณไอดีที่สามารถไหลเข้าเต็มกระบอกสูบ ตัวอย่างเช่น กระบอกสูบของเครื่องยนต์สามารถบรรจุไอดีได้เต็มพอดีด้วยปริมาณ 0.5 กรัม แต่ถ้าเครื่องยนต์วิ่งด้วยอัตราเร็วสูง ไอดีจะไหลเข้ากระบอกสูบในจังหวะดูดได้เพียง 0.4 กรัม ดังนั้นประสิทธิภาพเชิงปริมาตรเท่ากับ 0.4 / 0.5 = 0.8 หรือ 80 เปอร์เซ็นต์

ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรเท่ากับ 80 เปอร์เซ็นต์ มีค่าค่อนข้างสูงสำหรับเครื่องยนต์ที่วิ่งด้วยอัตราเร็วสูง บางเครื่องยนต์ประสิทธิภาพลดลงเหลือเพียง 50 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าเครื่องยนต์ทำงานเพียงครึ่งกระบอกสูบที่อัตราเร็วสูง

สิ่งที่ทำให้อัตราเร็วและกำลังเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นอย่างมีขอบเขตจำกัด เพราะที่อัตราเร็วสูงมาก ๆ เครื่องยนต์ไม่สามารถหายใจหรือดูดไอดีเข้าได้ทัน ทำให้เครื่องยนต์ขาดไอดีและไม่สามารถผลิตกำลังได้เพิ่มขึ้นอีกต่อไป

การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงปริมาตร สามารถทำได้โดยการขยายวาล์วไอดีให้ใหญ่ขึ้น เพิ่มจำนวนวาล์วไอดีให้มากขึ้น หรือเพิ่มระยะเปิดของวาล์วไอดีให้กว้างขึ้นโดยการปรับส่วนนูนของลูกเบี้ยวให้สูงขึ้น นอกจากนี้อาจขยายท่อร่วมไอดีให้โตขึ้นและออกแบบให้ท่อเดินตรงและสั้นที่สุดเท่าที่จะทำได้ ท่อร่วมไอดีควรมีผิวหน้าภายในเรียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับวิธีอื่น ๆ ที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของเครื่องยนต์ให้มากขึ้น ได้แก่ การใช้คาร์บูเรเตอร์แบบ 2 ท่อ หรือแบบ 4 ท่อ และการใช้เทอร์โบชาร์จเจอร์อัดไอดีหรืออากาศเข้ากระบอกสูบ เครื่องยนต์ที่ใช้เทอร์โบชาร์จเจอร์อาจมีประสิทธิภาพเชิงปริมาตรเกิน 100 เปอร์เซ็นต์ก็ได้

13. กำลังม้าเบรก

กำลังเครื่องยนต์ที่ออกมาจากเพลาข้อเหวี่ยงวัดเป็นกำลังม้าเบรก (break horsepower หรือ bhp) ชื่อนี้มาจากการวัดกำลังม้าของเครื่องยนต์โดยใช้อุปกรณ์เบรก ซึ่งทำหน้าที่ยึดเพลาข้อเหวี่ยงให้หมุนช้าลง การหาเส้นกำลังม้าเบรก (break horsepower curve) ของเครื่องยนต์จะต้องทดสอบที่อัตราเร็วรอบเครื่องยนต์ต่าง ๆ กัน เช่น ที่อัตราเร็วรอบ 2000 rpm เครื่องยนต์ให้กำลังออกมา 80 hp (60 kW)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดกำลังม้าเบรกคือ ไดนาโมมิเตอร์ (dynamometer) อุปกรณ์นี้ทำหน้าที่ดูดซับกำลัง โดยใช้เบรกน้ำ เบรกความฝืด หรือเจเนอเรเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงภาระที่กระทำต่อเครื่องยนต์ได้ จากนั้นก็วัดกำลังเครื่องยนต์ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของอัตราเร็วรอบเครื่องยนต์ ไดนาโมมิเตอร์ที่ใช้ทดสอบเครื่องยนต์โดยจะต้องถอดเครื่องยนต์ออกจากรถยนต์ แล้วนำมาติดตั้งบนไดนาโมมิเตอร์ ไดนาโมมิเตอร์นี้เรียกว่า เอ็นจินไดนาโมมิเตอร์ (engine dynamometer)

ไดนาโมมิเตอร์อีกแบบหนึ่งที่ใช้ทดสอบเครื่องยนต์ โดยไม่ต้องถอดเครื่องยนต์ออกจากรถยนต์ การทดสอบทำได้โดยวางล้อขับเคลื่อนของรถยนต์ลงบนลูกกลิ้งของไดนาโมมิเตอร์ ลูกกลิ้งของไดนาโมมิเตอร์ถูกขับเคลื่อนโดยล้อขับเคลื่อนของรถยนต์ แล้วเปลี่ยนแปลงภาระบนลูกกลิ้ง ในขณะเดียวกันก็วัดกำลังเครื่องยนต์ที่อัตราเร็วต่าง ๆ ไดนาโมมิเตอร์แบบนี้เรียกว่า แชสซิสไดนาโมมิเตอร์ (chassis dynamometer) นอกจากจะใช้ตรวจสอบเครื่องยนต์แล้ว ยังสามารถใช้ในการตรวจสอบส่วนอื่น ๆ ของรถยนต์ด้วย เช่น คลัตช์ ห้องเกียร์ เพลาขับ และเบรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14. ผลของการทดสอบด้วยไดนาโมมิเตอร์

ผู้ผลิตเครื่องยนต์จะทดสอบกำลังเครื่องยนต์ 2 อย่างคือ กำลังรวม (gross power) และกำลังสุทธิ (net power) กำลังรวมทดสอบบนไดนาโมมิเตอร์โดยใช้เครื่องยนต์พื้นฐาน (basic engine) เครื่องยนต์พื้นฐานคือ เครื่องยนต์ที่ถอดชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่ไม่จำเป็นออกไป ยกเว้นชิ้นส่วนที่จำเป็นต่อการทำงานเท่านั้น ชิ้นส่วนที่จำเป็นได้แก่ ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง ปั๊มน้ำมันหล่อลื่น ปั๊มน้ำมันและอุปกรณ์กำจัดก๊าซพิษ ชิ้นส่วนเหล่านี้เป็นชิ้นส่วนที่สร้างขึ้นอยู่ภายในเครื่องยนต์

ผู้ผลิตในสมัยก่อนทดสอบกำลังเครื่องยนต์ด้วยกำลังรวม และใช้ตัวเลขนี้ในการโฆษณาทางการค้า ดังนั้นกำลังรวมจึงมักรู้จักกันในรูปของ กำลังม้าโฆษณา (advertised horsepower)

ปัจจุบันนี้เครื่องยนต์ส่วนมากกำหนดกำลังเป็นกำลังสุทธิ การทดสอบกระทำกับเครื่องยนต์ที่มีอุปกรณ์พร้อมตามการใช้งาน ซึ่งรวมถึงกรองอากาศ ระบบไอเสีย ระบบหล่อเย็น อัลเทอร์เนเตอร์ มอเตอร์สตาร์ต และอุปกรณ์ควบคุมไอเสีย โดยทั่วไปแล้ว กำลังสุทธิควรมีค่าเท่ากับกำลังเครื่องยนต์ที่ส่งเข้าห้องเกียร์เมื่อติดตั้งกับรถยนต์แล้ว

กำลังม้าอื่น ๆ ก็คือ กำลังม้าขับเคลื่อน (road horsepower) ซึ่งเป็นกำลังที่ล้อขับเคลื่อนกำลังม้าขับเคลื่อนมีค่าน้อยกว่ากำลังม้าสุทธิ ทั้งนี้เพราะว่ากำลังบางส่วนสูญเสียไปเนื่องจากความฝืดในห้องเกียร์ ข้อต่ออ่อน เฟืองท้าย และเพลาขับ นอกจากนี้เครื่องยนต์อาจใช้กำลังบางส่วนในการขับปั๊มพวงมาลัยเพาเวอร์และคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศ ดังนั้นทำให้กำลังม้าขับเคลื่อนลดลง

เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ความชื้น และความดันของอากาศมีผลต่อกำลังเครื่องยนต์ กำลังเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นเมื่อความดันบรรยากาศเพิ่มขึ้น และกำลังลดลงเมื่ออุณหภูมิของอากาศเพิ่มขึ้น อากาศที่มีความชื้นสูงช่วยให้ได้ส่วนผสมหนาขึ้นมากกว่าอากาศแห้ง ดังนั้นค่าที่อ่านได้จากไดนาโมมิเตอร์จะต้องคำนึงถึงตัวแปรต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยจะต้องปรับค่าที่อ่านได้ให้เหมาะสมกับสภาพในขณะนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15. กำลังม้าอินดิเคเตด

กำลังม้าอินดิเคเตด (indicated horsepower หรือ ihp) เป็นกำลังที่เครื่องยนต์ผลิตขึ้นภายในห้องเผาไหม้ ในระหว่างกระบวนการเผาไหม้ การวัดกำลังม้าอินดิเคเตดต้องใช้อุปกรณ์พิเศษ อุปกรณ์จะวัดความดันจริงในกระบอกสูบเครื่องยนต์ ความดันในกระบอกสูบระหว่างจังหวะต่าง ๆ ความดันเหล่านี้ใช้ในการหากำลังม้าอินดิเคเตด ซึ่งมีค่าสูงกว่ากำลังม้าเบรกเสมอ เพราะว่ากำลังบางส่วนสูญเสียไปเพื่อเอาชนะความฝืดในเครื่องยนต์

16. กำลังม้าความฝืด

กำลังม้าความฝืด (friction horsepower หรือ fhp) เป็นกำลังที่ใช้ไปในการที่จะเอาชนะความฝืดของชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ในเครื่องยนต์ การสูญเสียกำลังเนื่องจากความฝืดส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่บริเวณแหวนลูกสูบ ความฝืดของแหวนลูกสูบที่เคลื่อนที่ในกระบอกสูบมีค่าประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ของความฝืดทั้งหมดในเครื่องยนต์ภายใต้สภาพบางอย่าง ดังนั้นเครื่องยนต์ที่มีระยะชักสั้นกว่าจึงได้เปรียบเพราะว่าแหวนลูกสูบเคลื่อนที่ระยะสั้นกว่า ความฝืดจึงน้อยลง

17. ความสัมพันธ์ระหว่าง bhp , ihp และ fhp

bhp คือ กำลังที่เพลาข้อเหวี่ยงนำไปใช้งาน ส่วน ihp คือ กำลังที่เกิดขึ้นในกระบอกสูบ และ fhp คือ กำลังที่ใช้เพื่อเอาชนะความฝืดภายในเครื่องยนต์ ความสัมพันธ์ของกำลังทั้งสาม คือ

$$bhp = ihp - fhp$$

กำลังม้าเบรกที่เพลาข้อเหวี่ยงเครื่องยนต์มีค่าเท่ากับกำลังม้าอินดิเคเตดลบด้วยกำลังม้าความฝืด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18. ทอร์กเครื่องยนต์

ทอร์กเครื่องยนต์ คือ แรงบิดที่เกิดขึ้นบนเพลาข้อเหวี่ยงเครื่องยนต์ เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ลงในจังหวะกำลัง จะส่งแรงกระทำผ่านก้านสูบไปยังเพลาข้อเหวี่ยง ความดันการเผาไหม้ยิ่งสูง ยิ่งทำให้ทอร์กเพิ่มมากขึ้น ไดนาโมมิเตอร์สามารถใช้วัดทอร์กเครื่องยนต์พร้อมกับกำลังม้า

19. กำลังม้าเบรกเปรียบเทียบกับทอร์ก

ทอร์กเครื่องยนต์เปลี่ยนแปลงไปตามอัตราเร็วรอบเครื่องยนต์ ในระหว่างอัตราเร็วรอบปานกลาง ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรมีค่าสูง ไอดีไหลเข้ากระบอกสูบมากขึ้น ความดันการเผาไหม้จึงมีค่าสูง และมีผลทำให้ทอร์กเพิ่มขึ้น

แต่ที่อัตราเร็วรอบสูงขึ้น ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรจะเริ่มลดลง ไอดีไม่มีเวลาเพียงพอที่จะไหลเข้าเต็มกระบอกสูบ ไอดีจึงไหลเข้ากระบอกสูบน้อยลง และมีผลทำให้ทอร์กลดลง

ถึงแม้ว่าทอร์กจะลดลงเมื่ออัตราเร็วรอบสูงขึ้น แต่กำลังม้าเบรกยังคงเพิ่มขึ้นต่อไป แต่ในที่สุดเมื่ออัตราเร็วรอบสูงมาก ๆ กำลังม้าเบรกจะลดลง ทั้งนี้เพราะว่าประสิทธิภาพเชิงปริมาตรลดลง และกำลังม้าความฝืดเพิ่มขึ้น

20. ประสิทธิภาพเครื่องยนต์

ประสิทธิภาพเป็นเทอมที่แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง ความพยายามที่ใส่เข้าไปกับผลที่ได้รับ ในกรณีของเครื่องยนต์ ประสิทธิภาพ คือ ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังที่ได้รับออกมากับกำลังที่ควรจะได้รับเมื่อไม่มีการสูญเสียกำลัง ประสิทธิภาพเครื่องยนต์แสดงได้ 2 วิธี คือ ประสิทธิภาพเชิงกล และประสิทธิภาพเชิงความร้อน

1. ประสิทธิภาพเชิงกล (mechanical efficiency) คือ ความสัมพันธ์ระหว่าง bhp กับ ihp

$$\eta m = \frac{bhp}{ihp}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างเช่น ที่อัตราเร็วรอบที่กำหนด ค่า bhp ของเครื่องยนต์เท่ากับ 116 และค่า ihp เท่ากับ 135 ดังนั้นประสิทธิภาพเชิงกลมีค่าเท่ากับ 116 / 135 = 0.86 หรือ 86 เปอร์เซ็นต์ หมายถึง กำลังเครื่องยนต์ 86 เปอร์เซ็นต์ออกมาที่เพลาข้อเหวี่ยงเพื่อนำไปใช้งาน ส่วนกำลัง 14 เปอร์เซ็นต์ สูญเสียไปเนื่องจากความฝืด

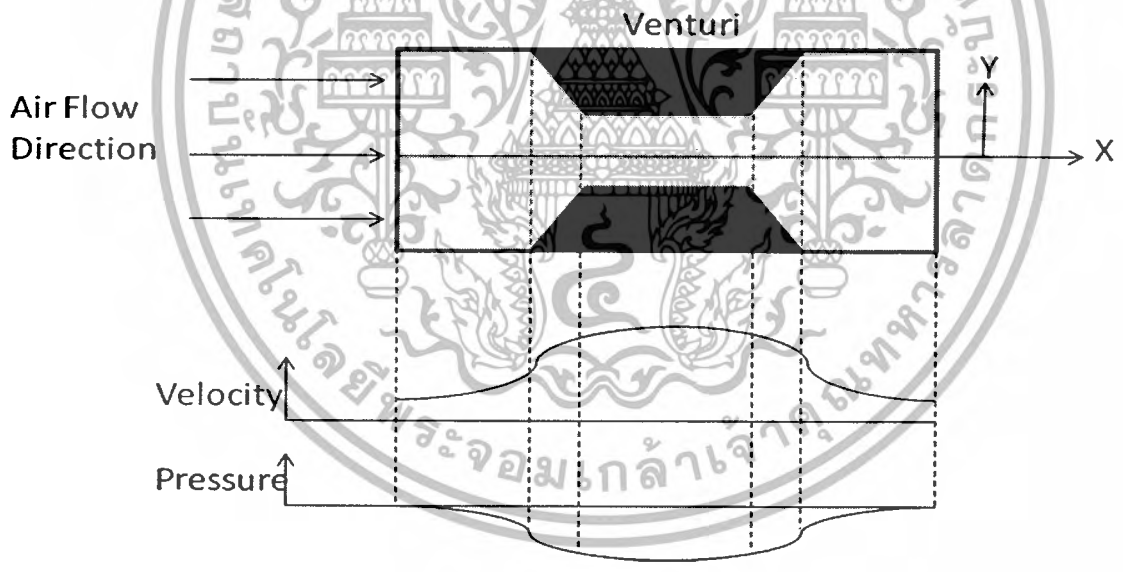
2. ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (thermal efficiency) คือ ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังที่ผลิตออกมากับพลังในน้ำมันเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ให้กำลังดังกล่าว ความร้อนบางส่วนที่เกิดจากการเผาไหม้ถูกนำออกไปด้วยระบบหล่อเย็นและระบบไอเสีย ความร้อนที่เหลือถูกนำไปใช้สร้างกำลังของเครื่องยนต์ ความร้อนที่สูญเสียในระหว่างการทำงานของเครื่องยนต์ค่อนข้างมาก โดยทั่วไปแล้วประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนมีค่าประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ หรืออาจน้อยกว่า เครื่องยนต์ดีเซลบางเครื่อง อาจมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์หรือสูงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลอง

4.1 การหาขนาด MIXER ตามทฤษฎีของไหลอัดตัวได้

เมื่อของไหลวิ่งผ่านคอคอดจะทำให้มีความเร็วเพิ่มขึ้น ส่วนความดันจะลดลง อากาศที่ผ่านเข้ามาในคอคอดจะสภาวะความแตกต่างของความดัน ก๊าซ LPG ที่เชื่อมต่ออยู่กับคอคอดจะถูกดูดเอาไป เพราะของไหลจะเคลื่อนที่จากความดันสูงไปที่ความดันต่ำ



รูป 4.1 ภาพตัด Venturi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการที่ใช้ในการคำนวณ

สำหรับ compressible flow

$$h_1 + \frac{1}{2}v_1^2 + gz_1 = h_2 + \frac{1}{2}v_2^2 + gz_2$$

เนื่องจากท่อวางในแนวระนาบ $Z_1 = Z_2$ และความเร็วของอากาศที่ปากทางเข้ามีค่าน้อยมาก นั่นคือ $V_1 = 0$

$$\frac{1}{2}v_2^2 = h_1 - h_2$$

สำหรับแก๊ส $h = C_pT$ ดังนั้น

$$v_2^2 = 2C_p(T_1 - T_2)$$

โดย $C_p = \frac{\gamma R}{(\gamma-1)}$ จะได้

$$v_2^2 = \frac{2\gamma R}{(\gamma-1)}(T_1 - T_2)$$

$RT = \frac{pV}{m} = \frac{p}{\rho}$ ดังนั้น

$$v_2^2 = \frac{2\gamma}{(\gamma-1)}\left(\frac{p_1}{\rho_1} - \frac{p_2}{\rho_2}\right)$$

$p_1V_1^\gamma = p_2V_2^\gamma$ ดังนั้น $\frac{p_1}{\rho_1^\gamma} = \frac{p_2}{\rho_2^\gamma}$

$$v_2^2 = \frac{2\gamma}{\gamma-1}\left(\frac{p_1}{\rho_1}\right)\left[1 - \frac{p_2\rho_1}{p_1\rho_2}\right]$$

$$v_2^2 = \frac{2\gamma}{\gamma-1}\left(\frac{p_1}{\rho_1}\right)\left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{1-\frac{1}{\gamma}}\right]$$

จาก $\frac{P_1}{\rho_1^\gamma} = \frac{P_2}{\rho_2^\gamma}$ และ $\dot{m} = \rho A v$ จะได้

$$\dot{m} = A_2\sqrt{\left(\frac{2\gamma}{\gamma-1}\right)\{[p_1\rho_1]\left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{2}{\gamma}} - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{1+\frac{1}{\gamma}}\right]\}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการข้างบนเป็นสมการอัตราการไหลทางทฤษฎี การที่จะทำให้ได้อัตราการไหลที่แท้จริงในสมการจะต้องคูณด้วย Co-efficient of discharge (C_d)

$$\dot{m} = A_2 C_d \sqrt{\left(\frac{2\gamma}{\gamma-1}\right)\{[p_1\rho_1]\left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{2}{\gamma}} - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{1+\frac{1}{\gamma}}\right]\}}$$

สามารถหาอัตราส่วนผสมอากาศกับเชื้อเพลิงได้

$$AF = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_f}$$

แรงบิด

$$T = \frac{p}{2\pi n} \times 60$$

อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

$$bsfc = \frac{\dot{m}_f}{p} \times 60$$

กำลังงาน

$$p = p_{out} + p_{loss} \times k$$

อัตราความร้อนจากการสันดาป

$$\dot{Q}_{in} = \dot{m}_f \times Q_{LV} \times 60$$

สัญลักษณ์

P_∞ ความดันบรรยากาศภายนอก	Pa	AF อัตราส่วนระหว่างอากาศ-เชื้อเพลิง	-
P_2 ความดันที่คอของคาร์บูเรเตอร์	Pa	A_f พื้นที่หน้าตัดบริเวณท่อcapillary	m^2
ρ_f ความหนาแน่นของก๊าซ LPG	kg/m^3	A_2 พื้นที่หน้าตัดบริเวณคอของคาร์บูเรเตอร์	m^2
ρ_∞ ความหนาแน่นของอากาศ	kg/m^3	d_f เส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณท่อcapillary	m
C_∞ ความเร็วเสียงในอากาศ	m/s	d_2 เส้นผ่าศูนย์กลางบริเวณคอของคาร์บูเรเตอร์	m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

m_f อัตราการไหลของเชื้อเพลิง	kg/s	m_a อัตราการไหลของอากาศ	kg/s

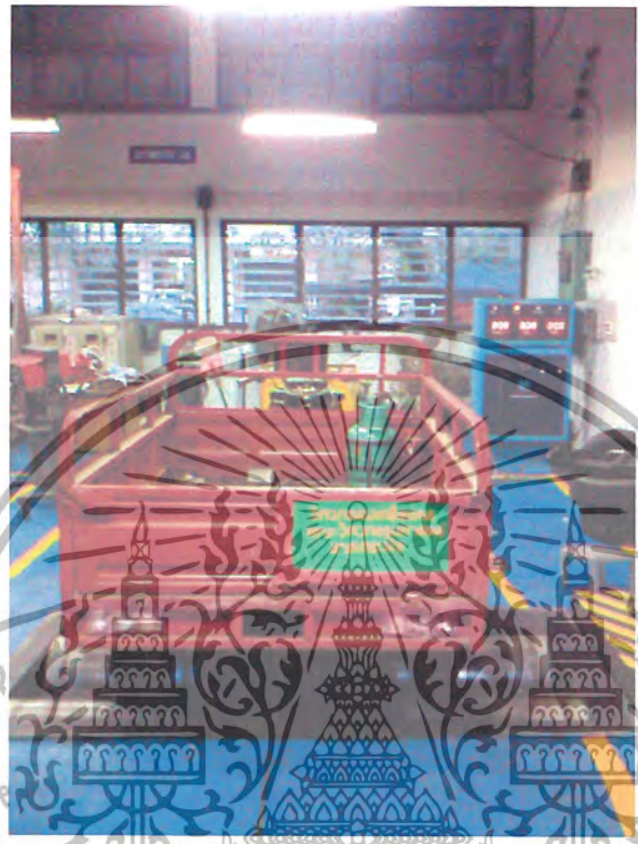
4.2 การหาสมรรถนะของเครื่องยนต์สันดาปภายใน

เพื่อหากำลังงานที่เกิด ณ จุดต่าง ๆ ภายในเครื่องยนต์ นอกจากนี้ยังสามารถทราบถึงความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ เมื่อนำผลที่ได้จากการทดลองไปสร้างความสัมพันธ์ จะทำให้ทราบผลที่เกิด ณ สภาพต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ดังกล่าว

ไดนาโมมิเตอร์ (Dynamometer) ชนิด Chassis Dynamometer

ไดนาโมมิเตอร์ทำงานโดยการหมุนลูกกลิ้งหรือ rollers ซึ่งประกอบด้วย stator , วงแหวน eddy current , excitation coils และหน้าปัดแสดง load เมื่อเกิดจากการไหลของ exciting current ผ่าน excitation coils จะเกิดการดูดของแม่เหล็ก (flux) เมื่อโรเตอร์ถูกหมุนในสภาพนี้ ความหนาแน่น flux ที่ช่องว่างอากาศ (air gap) มีลักษณะเต้นเป็นจังหวะ และแรงทางไฟฟ้าจะถูกผลักขึ้นภายในวงแหวน eddy current แรงนี้จะกระทำในทางตรงกันข้ามกับโรเตอร์และทำให้โรเตอร์หยุดหมุน ผลรวมของแรงทางไฟฟ้านี้กับแรงที่หมุน eddy current ระหว่างวงแหวน eddy current กับโรเตอร์ จะแสดงบนหน้าปัดแสดง load

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.2 Chassis Dynamometer

เครื่องวิเคราะห์ก๊าซไอเสีย

จุดประสงค์ของระบบควบคุมไอเสียก็เพื่อลดประมาณ CO , HC และ NO_x ในก๊าซไอเสีย การใช้เครื่องวิเคราะห์ให้สอดหัวปีกอัปเข้าไปในท่อไอเสีย หัวปีกอัปจะดูดก๊าซไอเสียบางส่วนเข้าสู่เครื่องวิเคราะห์ จะแสดงปริมาณ HC เป็นส่วนในล้านส่วน (PPM) มาตร CO แสดงปริมาณ CO เป็นเปอร์เซ็นต์ ปริมาณไนโตรเจนออกไซด์(NO) ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และออกซิเจน (O_2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 4.3 เครื่องวิเคราะห์ก๊าซไอเสีย

เครื่องวัดความสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิง

เพื่อหาความสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิงที่ความเร็วต่างๆ ได้หน่วยออกมาเป็น g/min

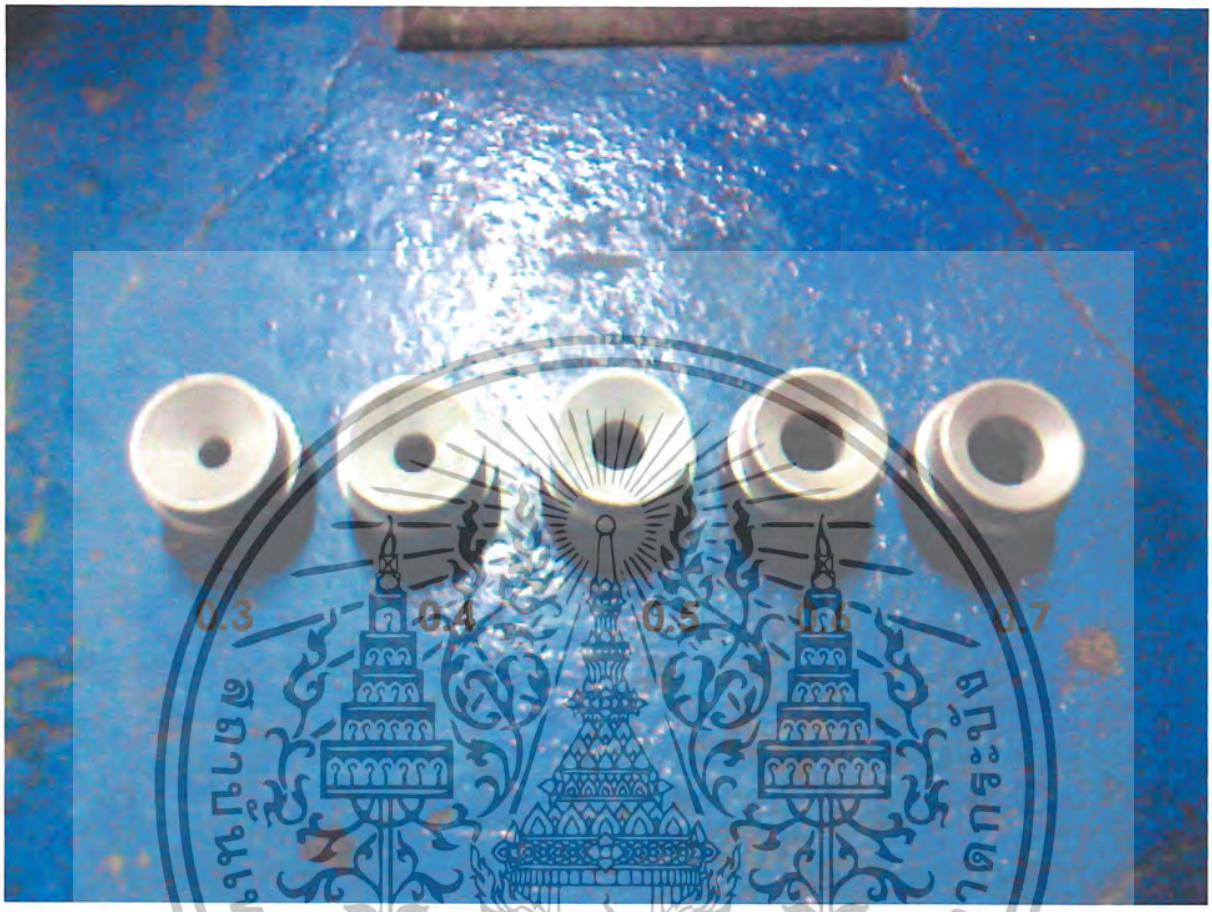
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 4.4 เครื่องวัดความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

อุปกรณ์สำหรับการทดลอง

1. ถังก๊าซ LPG
2. เครื่องยนต์เบนซิน 175 cc
3. เกจวัดความดัน
4. หม้อต้มก๊าซ
5. โซลีนอยด์วาล์ว
6. mixer ขนาดอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลาง d/D 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.5 MIXER

วิธีทำการทดลอง

1.หลังจากการตรวจสอบและเดินเครื่องยนต์ตามขั้นตอนของการควบคุมระบบน้ำมันแก๊สโซลีน พร้อมทั้งตรวจสอบข้อมูลเกี่ยวกับบรรยากาศ อันได้แก่ ความดันของบรรยากาศ อุณหภูมิ ความชื้น โดยลงมือทำการทดลองพร้อมทั้งจดข้อมูลลงในตารางบันทึกข้อมูลเพื่อที่จะได้นำค่าเหล่านี้ไปคำนวณและดำเนินการไปตามวัตถุประสงค์ต่อไป

2.ทำการเดินเครื่องยนต์โดยเป็นแบบเดินเบา จากนั้นวัดค่าก๊าซไอเสียทั้งหมด เมื่อได้ค่าดังกล่าวแล้วทำการวัดค่าเหมือนเดิมโดยเพิ่มรอบเครื่องยนต์โดยเพิ่มครั้งละ 500 rpm

3.ทำการเดินเครื่องยนต์ที่ความเร็วสูงสุด จากนั้นวัดค่ากำลัง(P) แล้วนำค่าที่ได้ไปหาค่าแรงบิด (T) เมื่อได้ค่าดังกล่าวแล้วทำการวัดค่าเหมือนเดิมโดยลดความเร็วเครื่องยนต์ครั้งละ 5 km/h

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.ทำการปิดลิ้นจ่ายน้ำมันจากถังและใช้น้ำมันจากหลอดแก้ว โดยวัดปริมาตรประกอบกับเวลาทำการทดลองในสภาพดังกล่าวครั้งละ 1 นาที โดยวัดที่ความเร็วสูงสุดแล้วลดความเร็วลงครั้งละ 5 km/h

จากนั้นนำค่าที่ได้และค่ากำลัง(P) หาค่าความสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิง

5.นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณ เพื่อจะได้ข้อมูลที่ต้องการนำไปเขียนกราฟแสดงสมรรถนะของเครื่องยนต์

6.ทำการติดตั้งระบบก๊าซ LPG โดยทดลองที่ mixer ขนาดอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลาง d/D 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7

7.ทำการปรับระบบก๊าซให้เครื่องยนต์เดินเครื่องยนต์ตามขั้นตอนของการควบคุม

8.ทำการทดลองซ้ำเช่นเดียวกับการทดลองระบบน้ำมันแก๊สโซลีน

รูป 4.6 ตำแหน่งการติด MIXER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการทดลอง

ตารางที่ 5.1: แสดงค่ากำลังเปรียบเทียบกับความเร็วของเบนซินกับ LPG

ความเร็ว (km/h)	BHP(kw)				
	เบนซิน	LPG ที่มีอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลาง Dthoat/Dinlet			
		0.4	0.5	0.6	0.7
55	2.00	1.20	0.20	0.20	0.10
50	3.80	2.20	0.40	0.50	0.12
45	4.70	2.80	2.00	1.60	1.00
40	5.00	3.50	3.00	2.30	1.30
35	4.80	4.00	3.80	3.00	1.70
30	4.20	3.70	3.50	2.80	2.30
25	3.50	3.20	3.00	2.60	2.00
20	2.30	2.00	2.00	2.00	1.80
15	1.20	1.20	1.20	1.20	1.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2: แสดงค่าแรงบิด เปรียบเทียบกับความเร็ว ของเบนซินกับ LPG

ความเร็ว (km/h)	Torque(N.m)				
	เบนซิน	LPG ที่มีอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลาง Dthoat/Dinlet			
		0.4	0.5	0.6	0.7
55	2.12	1.27	0.21	0.21	0.11
50	4.37	2.50	0.45	0.56	0.13
45	5.98	3.43	2.45	1.93	1.22
40	6.82	4.71	3.67	3.09	1.67
35	7.27	5.88	5.22	4.47	2.54
30	7.29	6.31	6.08	4.86	3.92
25	6.96	6.79	6.66	5.28	4.06
20	5.63	5.16	5.02	5.14	4.41
15	3.82	3.82	3.82	3.82	3.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะกับความเร็วรอบของเบนซินกับ LPG

rpm	ความเร็ว (km/h)	s.f.c.(g/kW.h)				
		เบนซิน	LPG ที่มีอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลาง Dthoat/Dinlet			
			0.4	0.5	0.6	0.7
9000	55	1400	1700	9300	0	0
8500	50	595	818	4050	0	0
7800	45	472	600	780	862	1320
7100	40	438	445	460	521	923
6400	35	446	360	347	320	670
5500	30	431	356	360	300	391
4700	25	442	375	380	276	360
3900	20	550	570	450	300	333
3000	15	765	850	650	450	540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.4: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนเปรียบเทียบกับความเร็วรอบ

rpm	ความเร็ว (km/h)	ค่าความร้อน(kcal/h)				
		เบนซิน	LPG ที่มีอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลาง Dthoat/Dinlet			
			0.4	0.5	0.6	0.7
7800	45	23128	19841	18424	16298	15589
7100	40	22754	18424	16298	14172	14172
6400	35	22255	17006	15589	11338	13463
5500	30	18827	15589	14881	9920	10629
4700	25	16084	14172	13463	8503	8503
3900	20	13154	13463	10629	7086	7086
3000	15	9538	12046	9212	6377	6377

ตารางที่ 5.5: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพเครื่องยนต์เปรียบเทียบกับความเร็ว

rpm	ความเร็ว (km/h)	ประสิทธิภาพเครื่องยนต์(%)				
		เบนซิน	LPG ที่มีอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลาง Dthoat/Dinlet			
			0.4	0.5	0.6	0.7
7800	45	17.47	12.13	9.33	8.44	5.52
7100	40	18.89	16.33	15.83	13.95	7.89
6400	35	18.54	20.22	20.96	22.75	10.86
5500	30	19.18	20.41	20.22	24.27	18.61
4700	25	18.71	19.41	19.16	26.29	20.22
3900	20	15.03	12.77	16.18	24.27	21.84
3000	15	10.82	8.57	11.20	16.18	13.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.6: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของกำลังเมื่อนำกำลังของก๊าซ LPG มาเปรียบเทียบกับกำลังของน้ำมันเบนซิน ที่ความเร็วต่างๆ

ความเร็ว (km/h)	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของกำลังเมื่อนำกำลังของก๊าซLPG มาเปรียบเทียบกับกำลังของน้ำมันเบนซิน			
	0.4	0.5	0.6	0.7
55	40	90	90	95
50	42	89	87	97
45	40	57	66	79
40	30	40	54	74
35	17	21	38	65
30	12	17	33	45
25	9	14	26	43
20	13	13	13	22
15	0	0	0	17

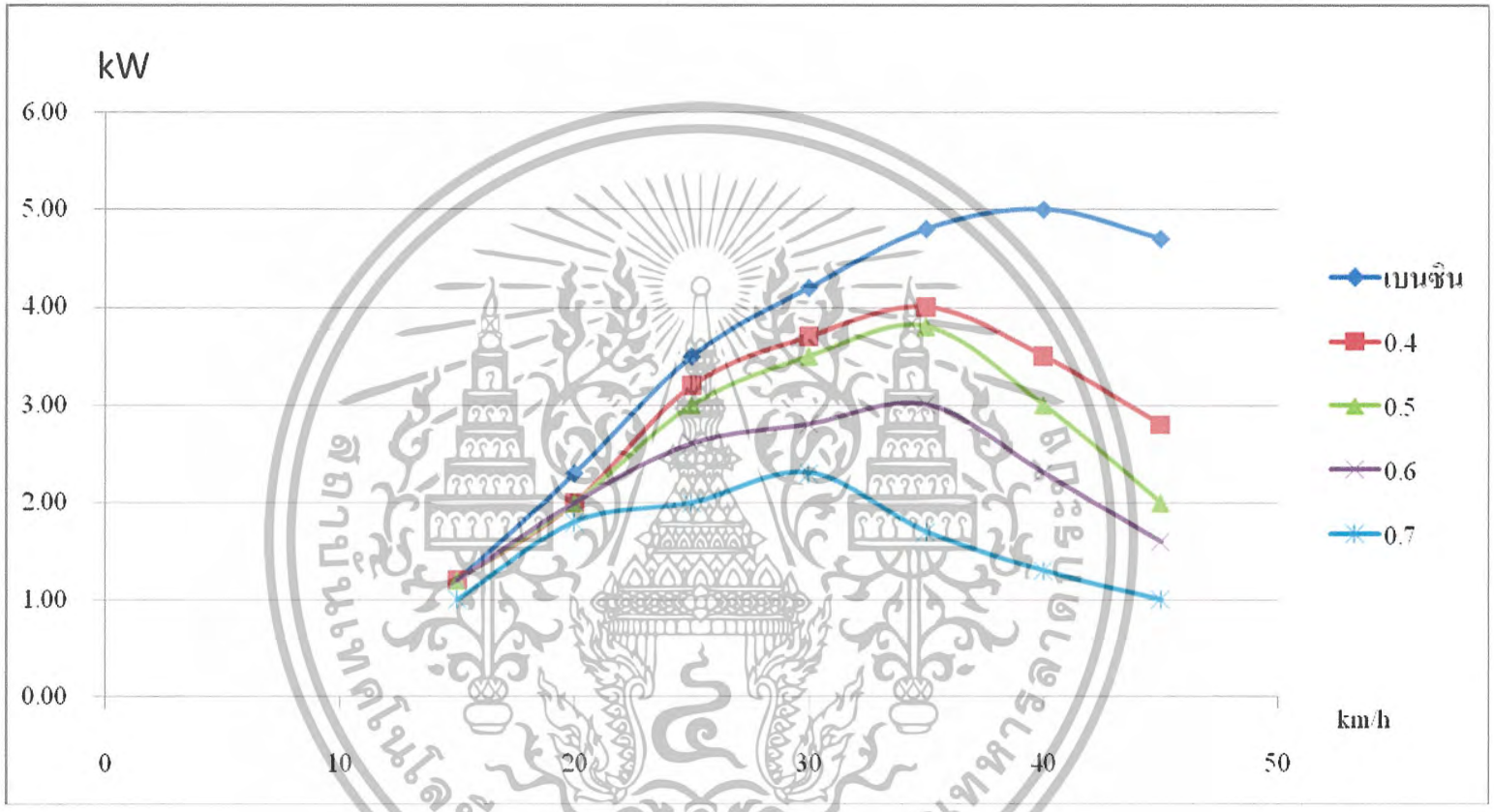
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.7: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไอเสียกับความเร็วรอบของเบนซินกับ LPGที่ MIXER ขนาด 0.4ซึ่งเป็นขนาดที่ให้กำลังมากที่สุด

rpm	CO(%)		CO2(%)		HC(ppm)		NO(ppm)		O2(%)	
	เบนซิน	LPG	เบนซิน	LPG	เบนซิน	LPG	เบนซิน	LPG	เบนซิน	LPG
2000	0.76	2.45	1.3	1.8	302	2580	12.0	3.76	19.0	16.3
2500	0.98	2.98	1.4	1.6	256	2067	13.0	2.93	19.0	15.6
3000	1.08	3.20	1.5	1.8	141	1560	14.8	2.87	18.9	14.5
3500	1.13	3.66	1.6	2	92	1180	18.7	2.77	18.9	13.4
4000	1.28	4.21	1.6	2.1	101	876	21.6	2.77	18.5	12.5
4500	1.47	4.97	1.63	2.4	235	911	25.8	2.81	18.3	11.1
5000	1.80	5.43	1.6	2.7	578	763	23.6	2.89	17.9	10.4
5500	2.45	5.65	1.8	2.9	893	820	20.1	2.80	17.7	9.8
6000	3.03	5.89	2	3.3	1258	658	18.2	2.97	17.0	9.0

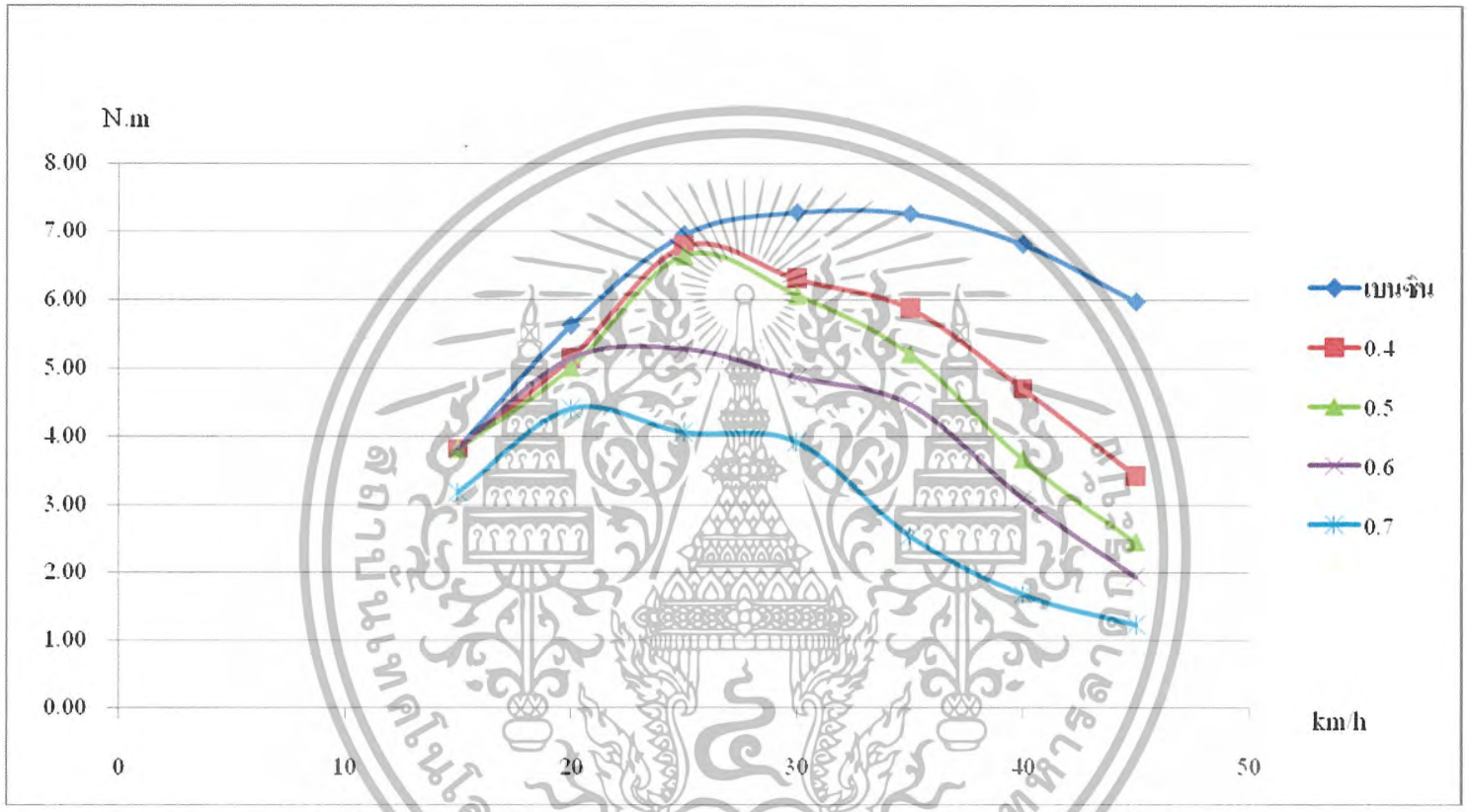
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 5.1 : แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานของเครื่องยนต์ต่อรอบความเร็ว ระหว่างเบนซินกับ LPG ที่ขนาดต่างๆ



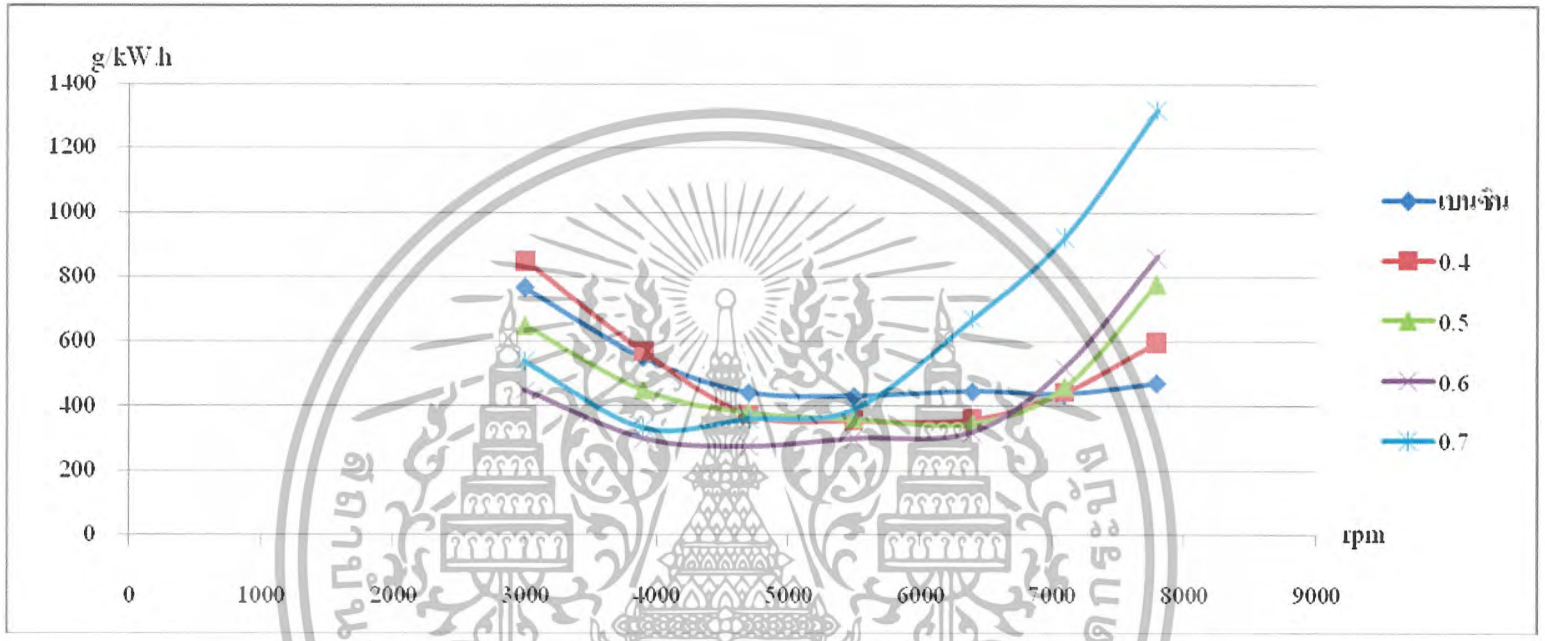
แสดงการเปรียบเทียบค่ากำลังของเครื่องยนต์ โดยเปรียบเทียบระหว่างเบนซินกับ LPG ที่MIXERขนาดต่างๆ จะพบว่า กำลังของเครื่องยนต์จะเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของMIXERมีขนาดลดลง แต่กำลังเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันเบนซินจะมีค่าสูงที่สุด

กราฟที่ 5.2 : แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดของเครื่องยนต์ต่อความเร็ว ระหว่างเบนซินกับ LPG ที่ขนาดต่างๆ



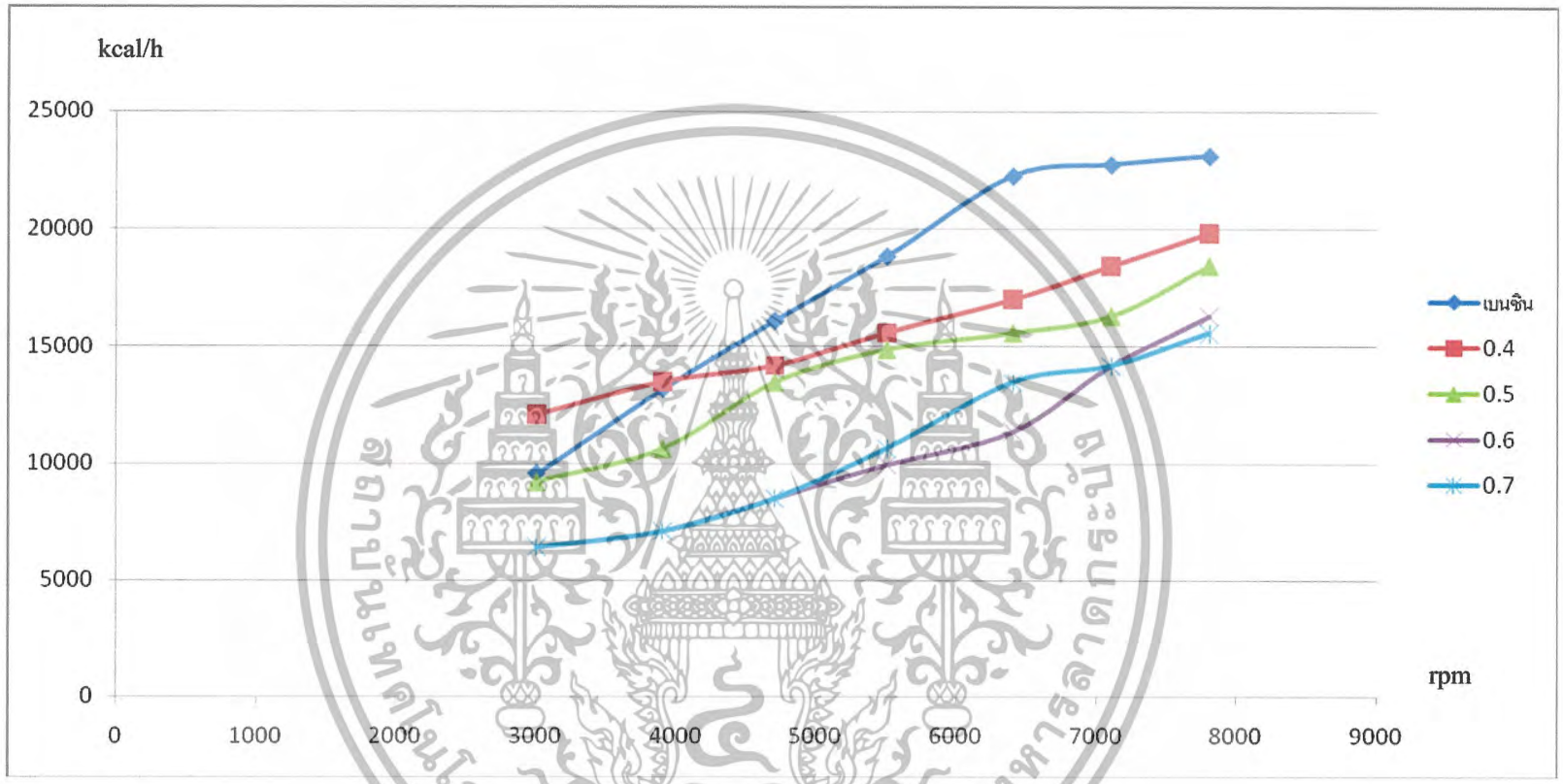
แสดงการเปรียบเทียบค่าแรงบิดของเครื่องยนต์ โดยเปรียบเทียบระหว่างเบนซินกับ LPG ที่MIXERขนาดต่างๆ จะพบว่า แรงบิดของเครื่องยนต์จะเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของMIXERมีขนาดลดลง แต่กำลังเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันเบนซินจะมีค่าสูงที่สุด

กราฟที่ 5.3: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะกับความเร็วรอบ ระหว่างเบนซินกับ LPG ที่ขนาดต่างๆ



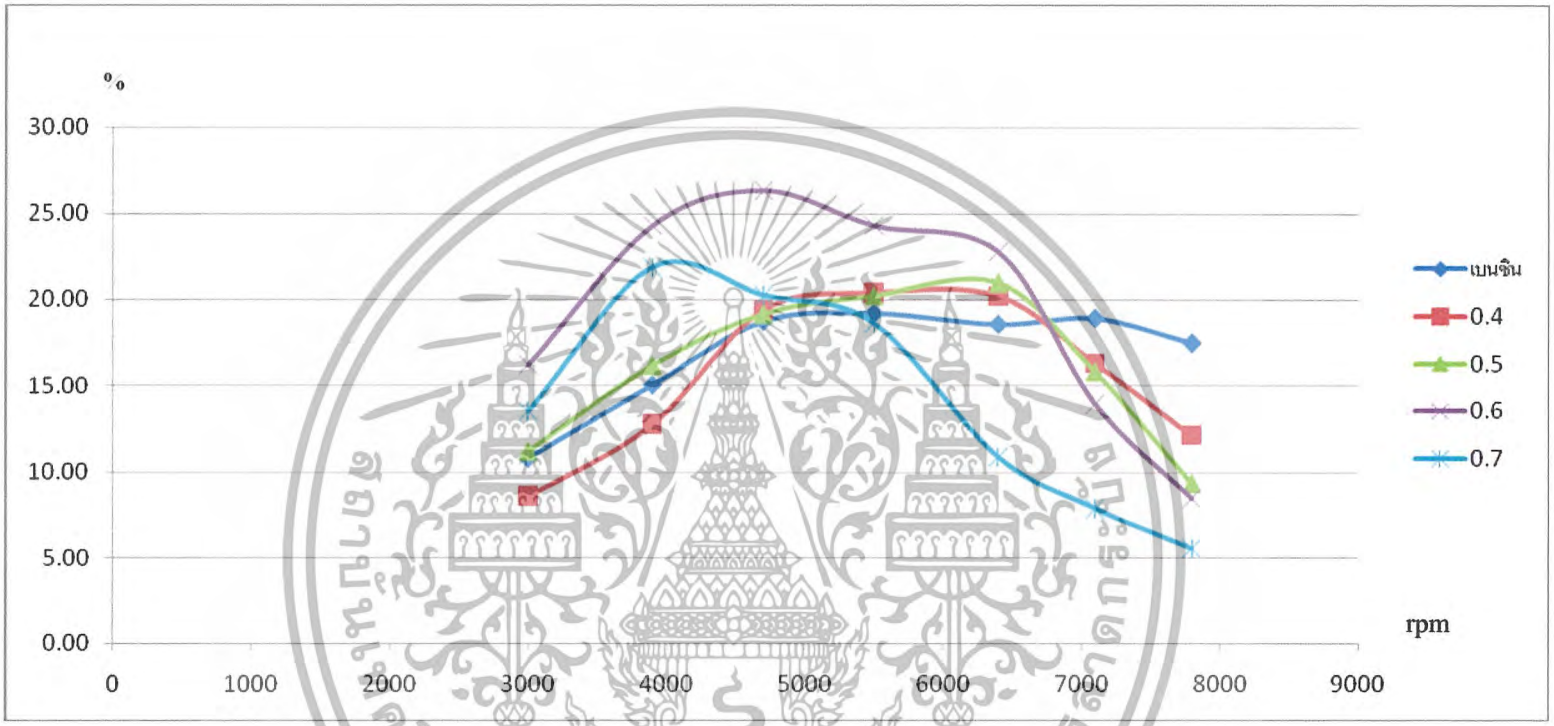
แสดงการเปรียบเทียบอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะกับความเร็วรอบ โดยเปรียบเทียบระหว่างเบนซินกับ LPG ที่MIXERขนาดต่างๆ จะพบว่า ที่ความเร็วรอบต่ำส่วนใหญ่ของMIXERขนาดต่างๆในระบบก๊าซ LPG จะมีอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่น้อยกว่าระบบน้ำมันเบนซินที่ความเร็วรอบใช้งานพบว่ามีอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ใกล้เคียงกันระหว่างระบบก๊าซLPGกับน้ำมันเบนซิน และที่ความเร็วรอบสูงจะพบได้ว่าระบบก๊าซLPGที่MIXERขนาดใหญ่จะมีอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่มากว่าMIXERขนาดเล็กและน้ำมันเบนซิน

กราฟที่ 5.4: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนเปรียบเทียบกับความเร็วรอบ ระหว่างเบนซินกับ LPG ที่ขนาดต่างๆ



แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าความร้อนกับความเร็วรอบ จะพบว่า น้ำมันเบนซินจะให้ค่าความร้อนที่สูงที่สุด ต่อมาคือ LPG ที่ขนาดอัตราส่วน MIXER มีค่า 0.4 จะให้ค่าความร้อนที่ใกล้เคียงกับน้ำมันเบนซินมากที่สุด ส่วน MIXER ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจะให้ค่าความร้อนที่ลดลงมาตามลำดับ

กราฟที่ 5.5: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพเครื่องยนต์เปรียบเทียบกับความเร็วรอบ ระหว่างเบนซินกับ LPG ที่ขนาดต่างๆ



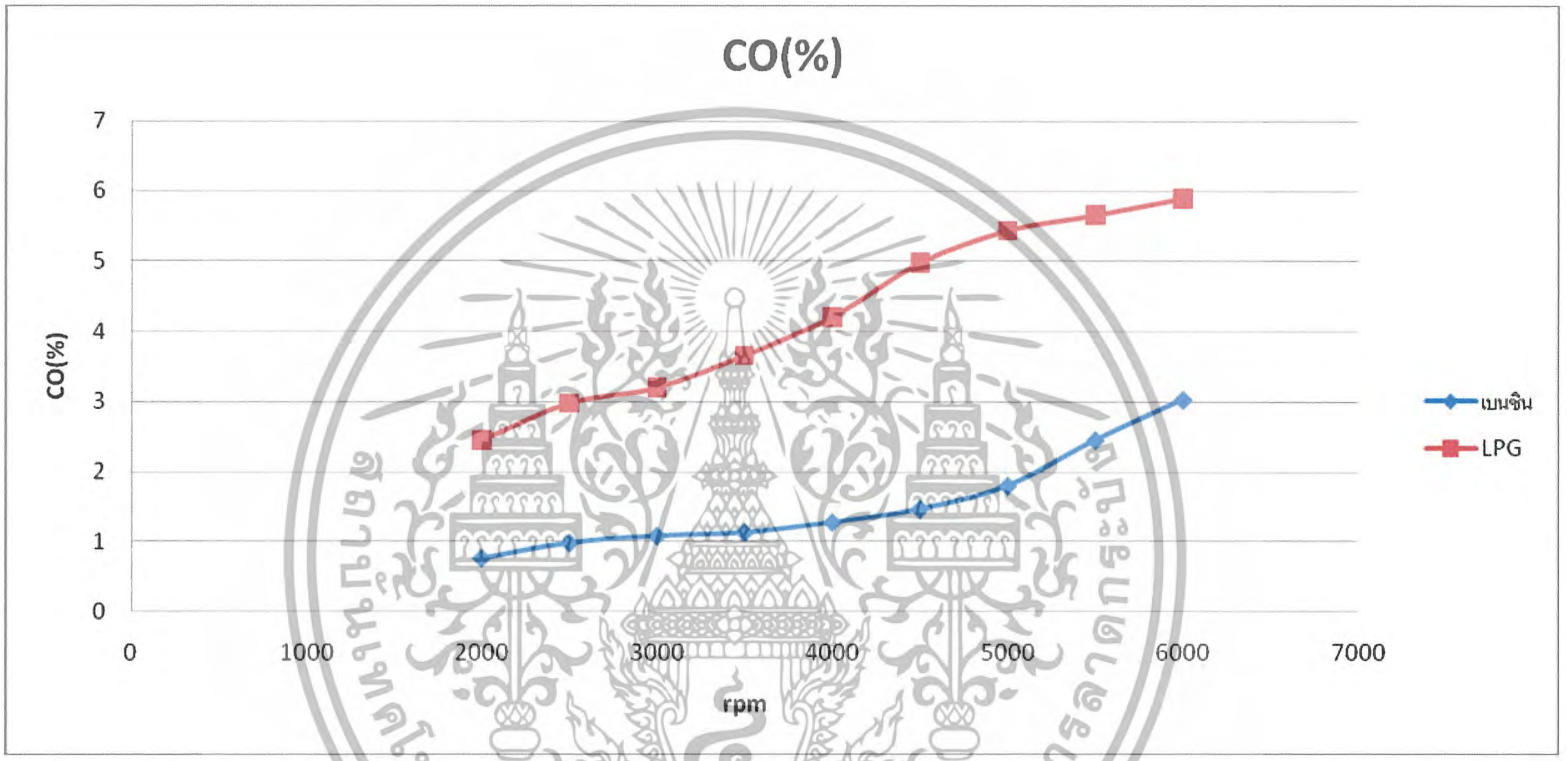
แสดงการเปรียบเทียบระหว่างประสิทธิภาพเครื่องยนต์กับความเร็วรอบ ก๊าซ LPG ที่ขนาด MIXER เท่ากับ 0.6 จะมีประสิทธิภาพที่สูงกว่าขนาดอื่น เพราะกินเชื้อเพลิงน้อย และสามารถใช้เชื้อเพลิงได้คุ้มค่ามากที่สุด ต่างจากขนาด 0.7 ที่กินเชื้อเพลิงน้อยที่สุด แต่ให้กำลังออกมาน้อยมากๆ ทำให้ประสิทธิภาพออกมาต่ำที่สุดในรอบการทำงานสูงๆ

กราฟที่ 5.6: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของกำลังเมื่อนำกำลังของก๊าซ LPG มาเปรียบเทียบกับกำลังของน้ำมันเบนซิน ที่ความเร็วต่างๆ

ขนาดของ MIXER ที่ 0.4 จะมีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของกำลังน้อยที่สุด หมายความว่าจะให้กำลังที่ใกล้เคียงกับน้ำมันเบนซินมากที่สุด

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

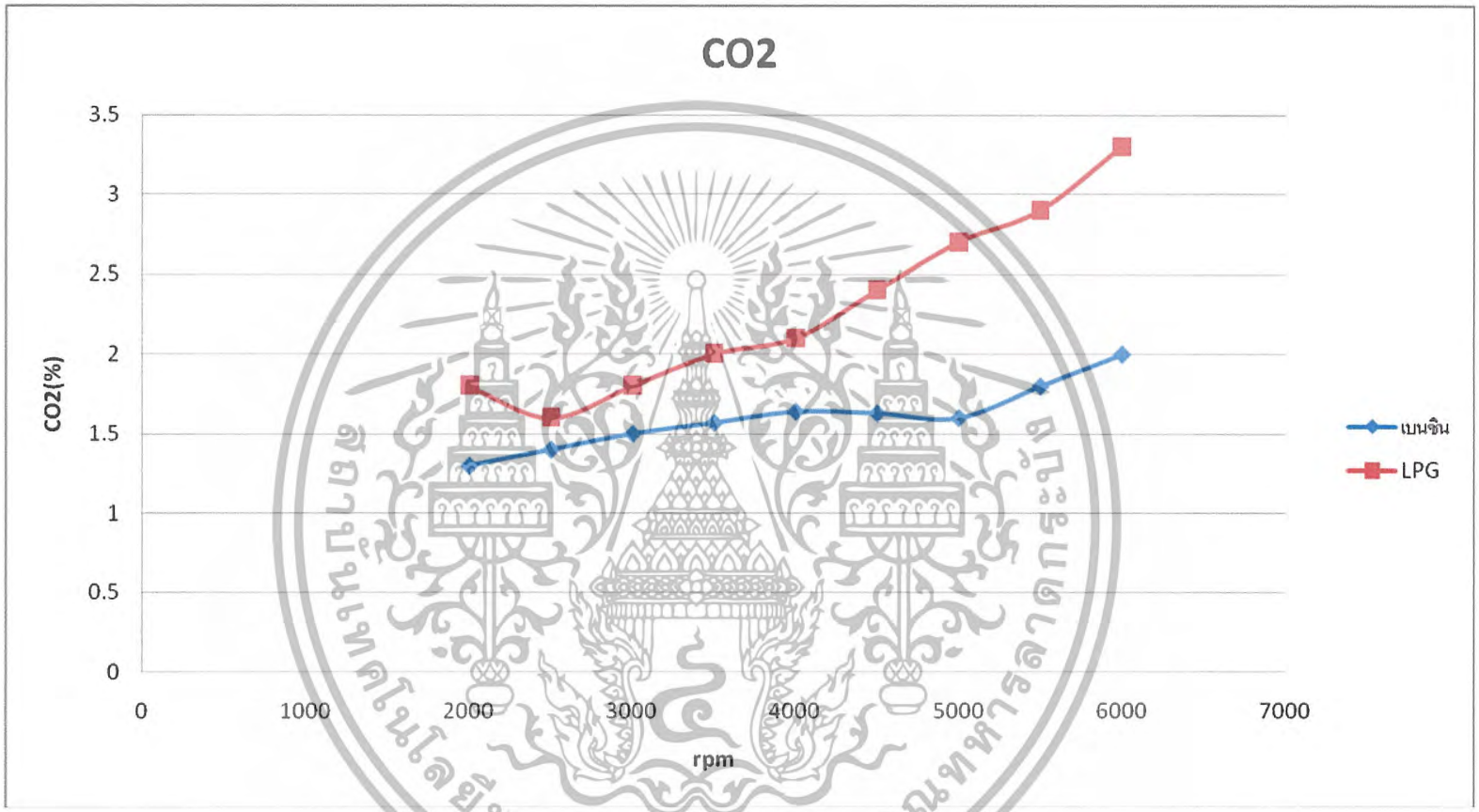
กราฟที่ 5.7: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ CO ต่อความเร็วรอบ ระหว่างเบนซินกับ LPG ที่ขนาด MIXER เท่ากับ 0.4



แสดงการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณ CO ต่อความเร็วรอบ ระหว่างเบนซินกับ LPG พบว่า ปริมาณ CO ของระบบก๊าซ LPG มีปริมาณมากว่าระบบน้ำมันเบนซิน

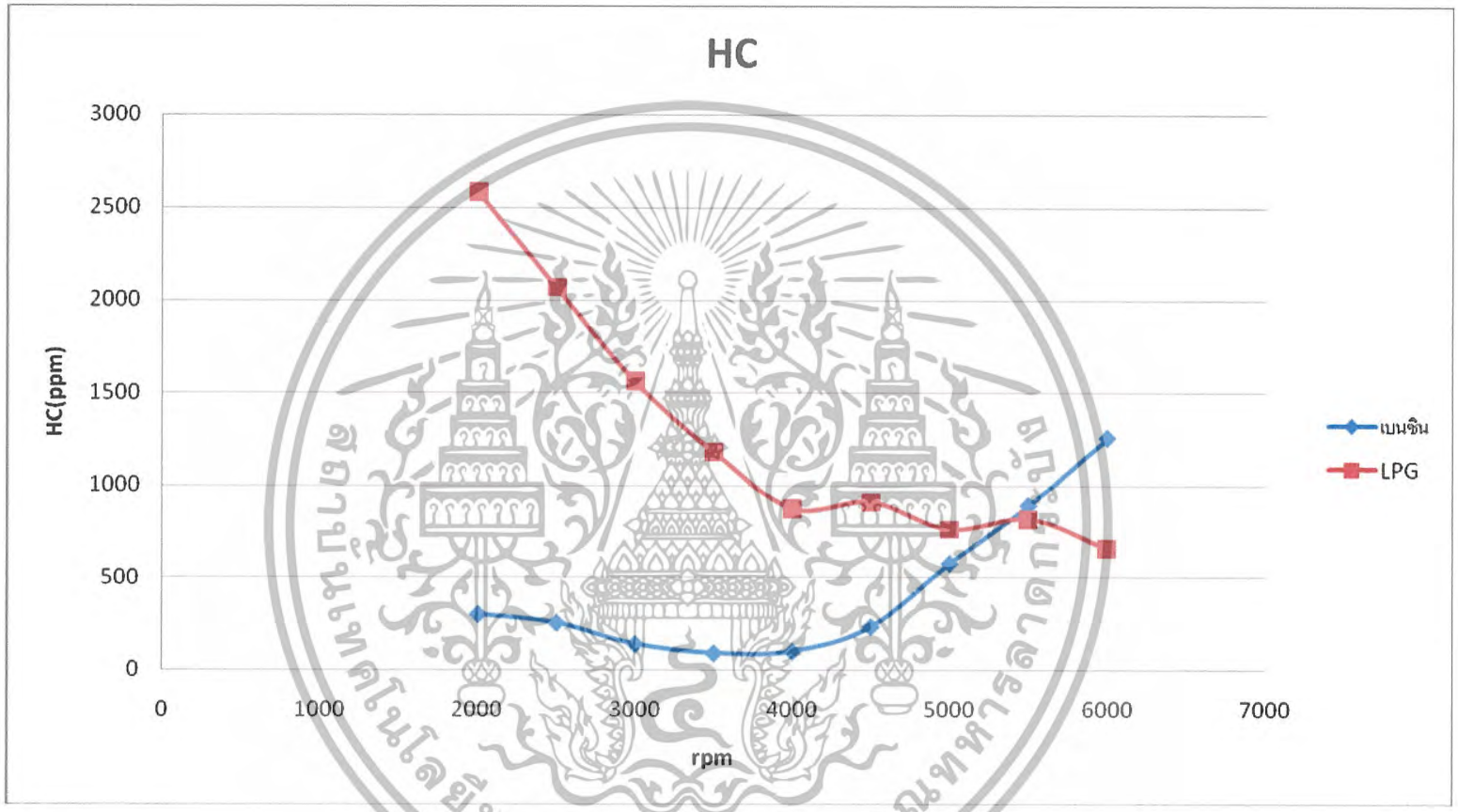
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กราฟที่ 5.8: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ CO_2 ต่อความเร็วรอบ ระหว่างเบนซินกับ LPG ที่ขนาด MIXER เท่ากับ 0.4



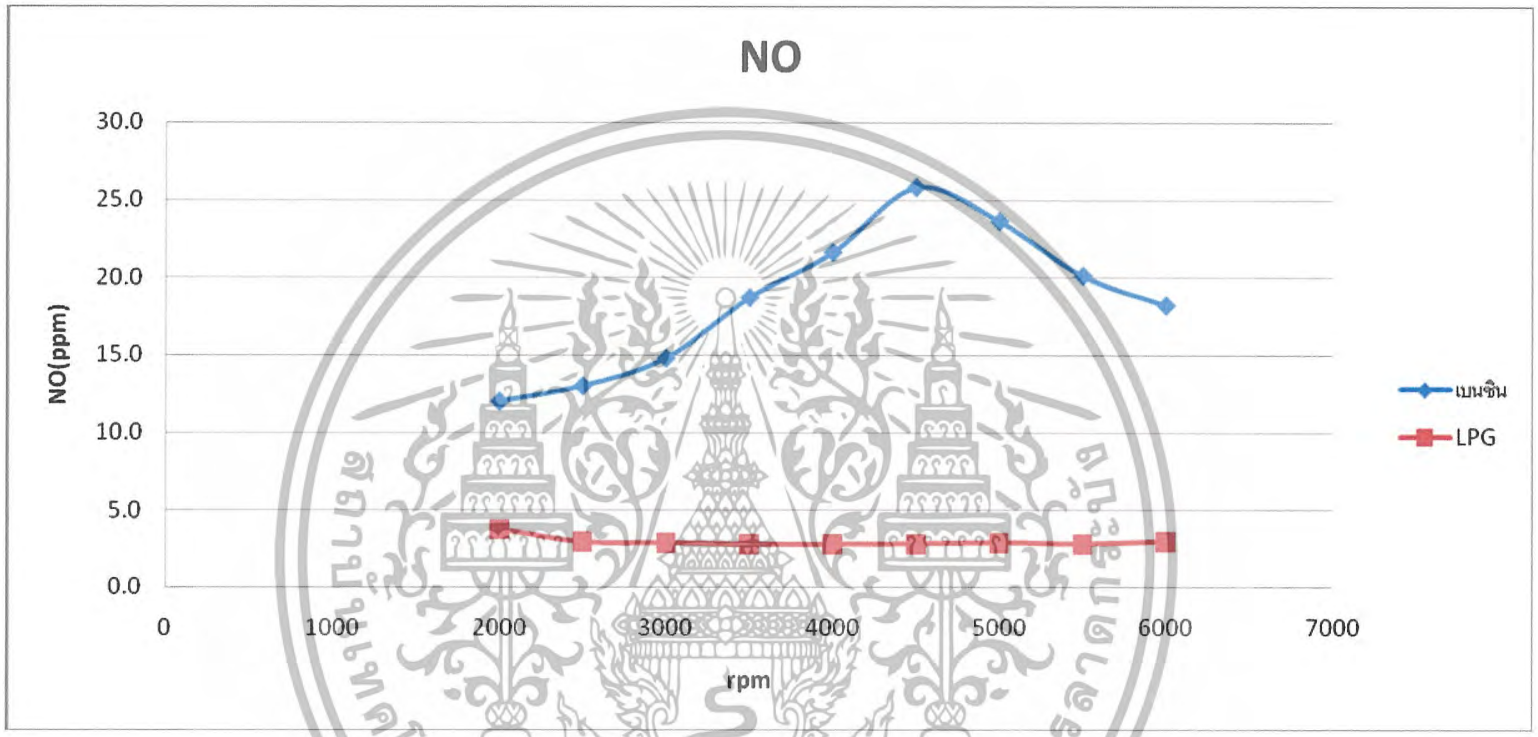
แสดงการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณ CO_2 ต่อความเร็วรอบ ระหว่างเบนซินกับ LPG พบว่า ปริมาณ CO_2ของระบบก๊าซ LPG มีปริมาณมากกว่าเบนซิน และมากยิ่งขึ้นในช่วงความเร็วรอบที่สูงๆ

กราฟที่ 5.9: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ HC ต่อความเร็วรอบ ระหว่างเบนซินกับ LPG ที่ขนาด MIXER เท่ากับ 0.4



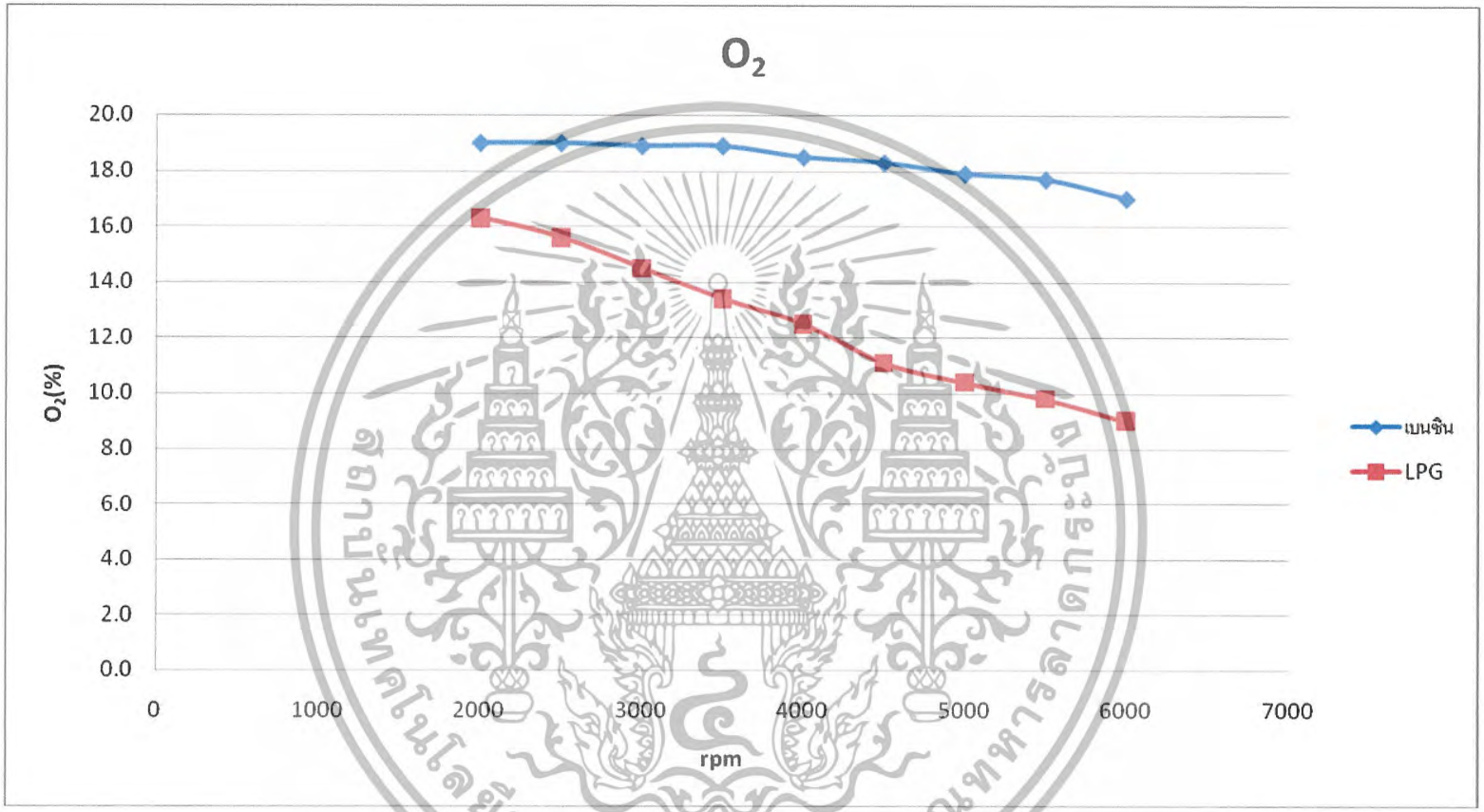
แสดงการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณ HC ต่อความเร็วรอบ ระหว่างเบนซินกับ LPG พบว่า ปริมาณ HC ของระบบก๊าซLPGมีปริมาณลดลงในความเร็วรอบที่สูงขึ้น แต่ปริมาณ HC ของระบบน้ำมันเบนซินมีปริมาณที่น้อยและเพิ่มขึ้นในความเร็วรอบที่สูงขึ้น

กราฟที่ 5.10: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ NO ต่อความเร็วรอบ ระหว่างเบนซินกับ LPG ที่ขนาด MIXER เท่ากับ 0.4



แสดงการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณ NO ต่อความเร็วรอบ ระหว่างเบนซินกับ LPG พบว่า ปริมาณ NO ของระบบน้ำมันเบนซินเพิ่มขึ้นจนถึงที่รอบ 4500 แล้วจะลดลง แต่ปริมาณ NO ของระบบก๊าซ LPG มีปริมาณที่น้อยและเป็นปริมาณที่ข้อนข้างคงที่

กราฟที่ 5.11: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ O_2 ต่อความเร็วรอบ ระหว่างเบนซินกับ LPG ที่ขนาด MIXER เท่ากับ 0.4



แสดงการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณ O_2 ต่อความเร็วรอบ ระหว่างเบนซินกับ LPG พบว่า ปริมาณ O_2 มีค่าลดลงที่ความเร็วรอบสูง และระบบก๊าซ LPGจะมีปริมาณ O_2 ที่ต่ำกว่าระบบน้ำมันเบนซิน

5.8 เปรียบเทียบความคุ้มทุน

ราคาอุปกรณ์การติดตั้งก๊าซ LPG โดยประมาณ

1. ถังก๊าซขนาดเล็ก 36 ลิตร 4000 บาท
2. หม้อต้มก๊าซ 1500 บาท
3. โซลินอยวาล์ว 500 บาท

1.

4. ท่อส่งก๊าซและอุปกรณ์เชื่อมต่อ 1500 บาท

รวม 7500 บาท

ราคาน้ำมันเบนซิน 91 ในปัจจุบัน ลิตรละ 28.84 บาท

ราคาก๊าซ LPG ในปัจจุบัน ลิตรละ 11.63 บาท ณ วันที่ 6 เมษายน 2552

ตารางที่ 5.8 แสดงระยะเวลาคุ้มทุนเมื่อทำการติดตั้งระบบLPGเป็นเชื้อเพลิงที่ความเร็วต่างๆ

ความเร็ว (km/h)	อัตราความสิ้นเปลือง(km/L)		อัตราความประหยัด (บาท/km)	ประหยัดเชื้อเพลิงต่อวัน	ระยะเวลาคุ้มทุน(วัน)
	น้ำมันเบนซิน	LPG			
45	14.7	13.9	1.12	33.6	223
40	13.3	13.3	1.29	38.7	194
35	11.9	12.6	1.50	45.0	167
30	12.1	11.8	1.39	41.8	180
25	11.8	10.8	1.37	41.1	183
20	11.5	9.1	1.23	36.9	204
15	11.9	7.6	0.90	27.0	278

จากการทดสอบโดยทำการวิ่งที่ความเร็วต่างๆ พบว่า ที่ความเร็วรอบใช้งาน 30 km/h โดยทำการวิ่งเป็นระยะทาง 30 กิเมตรต่อวัน การใช้ก๊าซLPGประหยัดกว่าการใช้น้ำมันเบนซิน 41.8 บาทต่อวัน ทำให้เมื่อพิจารณาระยะเวลาคุ้มทุนจะต้องใช้ 180 วัน

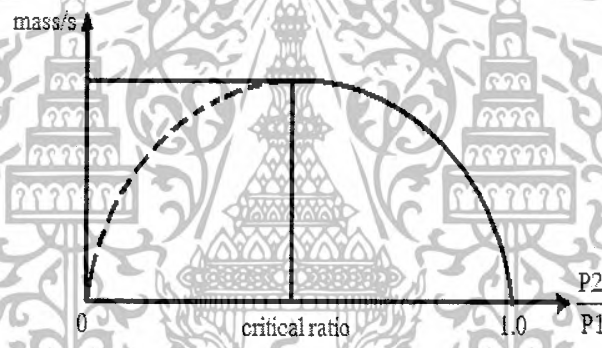
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

1. การใช้ MIXER ที่ขนาดอัตราส่วน d/D เท่ากับ 0.3 ไม่สามารถทำให้เครื่องยนต์สตาร์ทติดได้เนื่องจากมีความดันตกมากเกินไป ซึ่งเป็นไปตามกฎข้อที่สองของเทอร์โมไดนามิก อัตราการไหลของมวลจะไม่มีทางเกิดขึ้นได้ อ้างอิงจาก D.J.Dunn, Fluid Mechanics



2. สำหรับเครื่องยนต์รุ่นที่นำมาทดสอบ ขนาด MIXER ที่ให้กำลังใกล้เคียงกับน้ำมันมากที่สุด คือขนาดอัตราส่วนของ d/D เท่ากับ 0.4

3. MIXER ขนาด 0.6 มีความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะที่น้อยที่สุด ถ้าเป็นการใช้งานที่เบาๆ ไม่มีการขนส่งของหนัก ก็ถือว่าเป็นตัวเลือกที่น่าสนใจ

4. MIXER ขนาด 0.7 มีอัตราการกินเชื้อเพลิงน้อยกว่าขนาดอื่นๆ แต่กำลังที่ให้ออกมานั้นน้อยมาก จึงทำให้อัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะมีค่าสูงมากในช่วงรอบความเร็วที่เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ควรเลือกใช้ MIXER ที่มีขนาดอัตราส่วน d/D ที่เหมาะสมกับการใช้งานของแต่ระประเภท คอคอดยิ่งเล็กความดันตกจะมากทำให้ก๊าซLPG ผสมกับอากาศได้ดี แต่จะทำให้ศูนย์เสียความดัน

6. จากกราฟกำลังที่ความเร็วรอบสูงๆจะเห็นได้ว่า กำลังของก๊าซLPG ยังมีค่าที่ต่ำกว่าน้ำมันเบนซินอยู่ เมื่อเปรียบเทียบกับกราฟค่าความร้อนและกราฟs.f.c.จะพบว่า ค่าs.f.c.ของก๊าซLPGมีค่าที่สูงกว่าน้ำมันเบนซินแต่ค่าความร้อนนั้นมีค่าที่น้อยกว่าน้ำมันเบนซิน จึงเห็นได้ว่า ก๊าซLPGที่จ่ายเข้าไปมีการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ จึงทำให้กำลังของก๊าซLPGต่ำกว่าน้ำมันเบนซิน

ปัญหาจากการทดลอง

1. ไม่สามารถหาอะไหล่เครื่องยนต์ที่เหมาะสมได้ เนื่องจากรถรุ่นที่นำมาทดลองได้มีการยกเลิกการนำเข้ามาในประเทศไทย

2. หม้อต้มก๊าซไม่มีคุณภาพ มีรอยฉีกขาดที่แผ่นไดอะแฟรมในหม้อต้ม วาล์วปรับจูนก๊าซหัก ทำให้การทดลองล่าช้า

3. เนื่องจากรถที่นำมาทดลองจอดทิ้งมาเป็นเวลานาน จึงต้องมีการซ่อมแซมครั้งใหญ่เพื่อให้รถพร้อมที่จะนำมาทดลอง

ข้อเสนอแนะ

การทดลองนี้เป็นจุดเริ่มต้นของการศึกษาและพัฒนาเครื่องยนต์เบนซินเล็กให้สามารถใช้ก๊าซLPGได้ 100% โดยการทดลองนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาถึงแนวโน้มของกำลังของเครื่องยนต์ ประสิทธิภาพทางความร้อน และปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นจากเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงLPG 100% เพื่อเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช่เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซิน สำหรับการทดลองนี้เป็นการศึกษาในแนวทางกว้างๆเท่านั้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาและพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อให้ผลงานวิจัยนี้มีประสิทธิภาพมากที่สุด ผู้ทำการทดลองจึงมีข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนางานวิจัยนี้ต่อไป

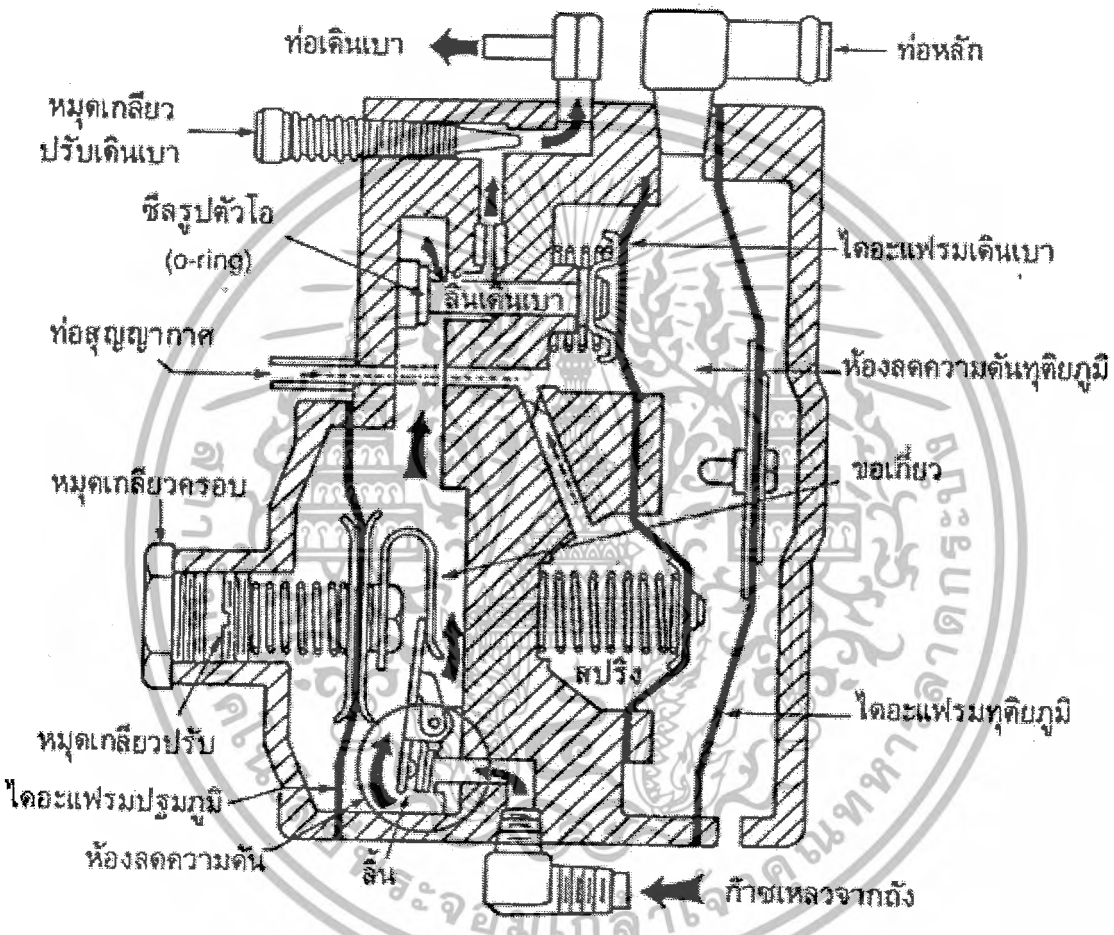
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ควรเลือกใช้เครื่องยนต์ที่ผ่านการใช้งานน้อย และทำการซ่อมแซมได้ง่าย เพื่อความแม่นยำของผลการทดลอง
2. ควรเลือกซื้ออุปกรณ์ที่ได้รับการยอมรับคุณภาพอย่างแพร่หลาย
3. ควรมีการศึกษาออกแบบหม้อต้มก๊าซใหม่เพื่อทำการเปรียบเทียบผลการทดลอง
4. ควรมีการศึกษาองศาตั้งไฟใหม่ และ เพิ่มอัตราส่วนของการอัด(compression ratio)
5. ควรมีการศึกษาการทำงานของ Valve timing diagram เพื่อทำการปรับการเปิด-ปิดของลิ้นไอดี และลิ้นไอเสีย
6. ควรตรวจสอบเครื่องยนต์ให้อยู่ในสภาพพร้อมก่อนการนำมาทดลองทุกครั้ง เพื่อความรวดเร็วในการทำงาน
7. ควรมีการศึกษาการสึกหรอของชิ้นส่วนเครื่องยนต์รวมทั้งอุปกรณ์การติดตั้งก๊าซที่มีผลจากการใช้ก๊าซ LPG
8. จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่าเครื่องยนต์ที่นำมาทดลองสามารถใช้ก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิงเพียงอย่างเดียวได้ ผู้ที่มีความสนใจทำการทดลองใหม่สามารถนำค่าที่ได้จากการทดลองมาเปรียบเทียบเพื่อปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ภาพตัดของหม้อต้ม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. V Ganesan(2004), Internal Combustion Engines, Indian Institute of Technology, Madars

2. John Wiley & Sons, Inc.(2001) Internal Combustion Engines Applied Thermosciences.

3. ปกรณ์ สรรพิทักษ์เสรี, การใช้ก๊าซ LPG ในเครื่องยนต์ระบบหัวฉีด, ปริญญานิพนธ์(วศ.บ(เครื่องกล)) สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2539

4. Willard W.Pulkrabek(1997), Engineering Fundamentals of the internal combustion engine

5. Anthony Esposito(2003), Fluid Power with Applicatio

6. D.J.Dunn, Fluid Mechanics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้