



การใ้กาขLPGในเครื่องยนตรระบบหัวฉีด



โดย

นายปกรณ์ สรรพพิทักษ์เสรี

นายพดุงศักดิ์ สุระรัมย์

วัน เดือน ปี.....22 ก.ย. 2541

เลขทะเบียน.....038100

เลขเรียกหนังสือ.....T.39120.2116 ก.

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. ธวัชชัย นาคพิพัฒน์

อ. พงษ์ศักดิ์ คำมูล

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2539

038100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2539

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่องการใช้ก๊าซLPGในเครื่องยนต์ระบบหัวฉีด

จัดทำโดย

นายปกรณ์ สรรพพิทักษ์เสรี

นายผดุงศักดิ์ สุระรัมย์



.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. ธวัชชัย นาคพิพัฒน์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. พงษ์ศักดิ์ คำมูล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ก๊าซLPGในเครื่องยนต์ระบบหัวฉีด

จัดทำโดย

นายปรกรณ์ ธรรมพิทักษ์เสรี

นายผดุงศักดิ์ สุระรัมย์

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. ธวัชชัย นาคพิพัฒน์

อ. พงษ์ศักดิ์ คำมูล

ปีการศึกษา 2539

บทคัดย่อ

การนำก๊าซ LPG มาใช้กับเครื่องยนต์ของรถยนต์เบนซิน ได้มีการพัฒนามานานกว่า 30 ปีแล้ว เนื่องจากในปัจจุบันราคาน้ำมันเบนซินมีราคาสูง จึงมีผู้หันมานิยมใช้ก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิงสำหรับรถยนต์มากขึ้น ซึ่งในประเทศไทยจะมีใช้ในรถแท็กซี่กันมาก เพราะทำให้ประหยัดค่าเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ เนื่องจากในปัจจุบันการใช้ก๊าซ LPG ในรถยนต์จะเป็นลักษณะการใช้คาร์บูเรชันเป็นตัวป้อนก๊าซ LPG เข้าสู่เครื่องยนต์ ทำให้สมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ได้ ต่ำกว่าการใช้น้ำมันเบนซินมาก สาเหตุจากการควบคุมปริมาณของก๊าซ LPG ที่ป้อนเข้าเครื่องยนต์ ยังทำได้ไม่ดีนัก ทำให้ไม่สามารถตอบสนอง ต่อความต้องการของเครื่องยนต์ ที่ทำงานในสภาวะต่าง ๆ ได้ อย่างเหมาะสมเพียงพอ และขณะที่เครื่องยนต์เดินเบายังสิ้นเปลืองปริมาณเชื้อเพลิงก๊าซ LPG มาก การนำเชื้อเพลิง LPG มาใช้กับ ระบบหัวฉีดเชื้อเพลิง และควบคุมด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ จะทำให้สามารถควบคุมปริมาณ การป้อนเชื้อเพลิง LPG เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของเครื่องยนต์ที่สภาวะต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสมที่สุด ทำให้ได้สมรรถนะของเครื่องยนต์สูงขึ้น มีก๊าซพิษน้อยมาก และประหยัดมากกว่าเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDYING ON LPG IN SPARK IGNITION ENGINE

By

Pakorn Sunpituksaree

Padungsak Suraram

Adviser

Tawatchai Nakpipat

Pongsak Kumool

Academic Year 1996

ABSTRACT

The use of LPG in gasoline engine has been developed for at least 30 years ago. Because of now , gasoline fuel has higher price than LPG then some people turn to use LPG. In Thailand, LPG are popular in the groups of taxi cars for economic expense. Presently, LPG engine is worked by caburation method, Air is sucked pass the caburator and mix with LPG. The engine performance of this method is lower than the engine that use gasoline because we can not control the quantity of LPG (in gas status) for the optimum A/F ratio in wide range , normally rich mixture is obtain at idle speed. Fuel injection system with electronics control for LPG can control the quantity of LPG for the best efficiency. The performance of the LPG engine will increase , we have the lower pollution and more economic.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 เชื้อเพลิงก๊าซ	2
บทที่ 3 เครื่องยนต์และระบบจ่ายเชื้อเพลิง	18
บทที่ 4 วิธีการทดลองและการคำนวณ	71
บทที่ 5 ผลการทดลอง	84
บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและวิจารณ์	103



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันนี้ประเทศไทยสามารถผลิตก๊าซ LPG ออกมาในปริมาณที่มากเกินความต้องการ ประกอบกับน้ำมันมีราคาสูงขึ้นมาก จึงได้ทำการทดลองโดยนำก๊าซ LPG มาใช้ในเครื่องยนต์ระบบ หัวฉีดควบคุมด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ ก๊าซ LPG มีคุณสมบัติต่างๆที่เหมาะสมกับการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง เช่นมีค่าความร้อนของเชื้อเพลิงต่อหน่วยสูง มีค่าออกเทนนับเบอร์สูง และเป็นก๊าซที่ก่อให้เกิดมลพิษต่ำ

ในการทดลอง จะลองใช้ก๊าซ LPG ฉีดผ่านหัวฉีดเพื่อดูลักษณะการสเปรย์ของ LPG เพลว สังกะสีสถานะและความหนาแน่นของ LPG ที่ความดันและระยะเวลาการฉีดต่างๆเพื่อจะนำไปเป็นข้อมูลเบื้องต้นก่อนการทดลอง และก่อนที่จะทดลองใช้ก๊าซ LPG กับเครื่องยนต์จะต้องทำการเก็บข้อมูลต่างๆของเครื่องยนต์เมื่อใช้แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิง โดยจะนำผลการทดลองของเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิดมาเปรียบเทียบกัน

บทที่ 2

เชื้อเพลิงก๊าซ

เชื้อเพลิงก๊าซ (gaseous fuel) หมายถึง ก๊าซทุกชนิดที่ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนแล้วเกิดการเผาไหม้ ทำให้ได้พลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ก๊าซที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงส่วนใหญ่จะเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

2.1 ประเภทของก๊าซ

ก๊าซที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงมีหลายชนิดและมีชื่อเรียกแตกต่างกันออกไป บางชนิดมีส่วนประกอบคล้ายกัน แต่มีชื่อแตกต่างกัน

1. ก๊าซชีวมวล(bio mass)เป็นก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จากกระบวนการผลิตโดยใช้ถ่านหินเป็นวัตถุดิบ
2. ก๊าซชีวภาพ (bio-gas) คือ ก๊าซที่เกิดจากการหมัก และการย่อยสลายของสารอินทรีย์ (organic substance) เช่น มูลสัตว์ประเภทต่าง ๆ ตลอดจนวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรม เช่น วัชพืชและเศษอาหาร
3. ก๊าซธรรมชาติ (natural gas) เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดหนึ่ง โดยที่ธาตุคาร์บอนกับธาตุไฮโดรเจนจับตัวกันเป็นโมเลกุลเช่นเดียวกับน้ำมันแต่มีสถานะในรูปของแก๊ส แบ่งออกเป็นชนิดใหญ่ ๆ ได้ 2 ชนิด คือ ก๊าซธรรมชาติแห้ง (dry natural gas) และ ก๊าซธรรมชาติชื้นหรือเปียก (wet naturul gas)
4. ก๊าซน้ำมัน (oil gas) เป็นก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จากกระบวนการผลิต โดยใช้ น้ำมันหรือ ก๊าซจากการเผา โดยมีอากาศและไอน้ำเป็นตัวสำคัญในการผลิต
5. ก๊าซที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบ หรือที่เรียกย่อ ๆ ว่า ก๊าซ LPG (liquefied petroleum gas) หรือ ก๊าซหุงต้ม

๒.๒ ก๊าซ LPG

ปัจจุบันนี้เชื้อเพลิงก๊าซได้เข้ามามีบทบาททดแทนเชื้อเพลิงแข็งและเชื้อเพลิงเหลวมากขึ้น อันเนื่องมาจากได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีเกี่ยวกับอุปกรณ์และเครื่องควบคุมก๊าซ จึงทำให้ผู้ใช้มีความสะดวกและปลอดภัยมากขึ้น โดยเฉพาะ ก๊าซที่ได้จากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม ซึ่งจะประกอบไปด้วย ก๊าซโพรเพนและก๊าซบิวเทน ก๊าซหุงต้มที่ใช้กันในปัจจุบันนี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบหรือที่เรียกว่า ก๊าซปิโตรเลียมเหลว อันเป็นส่วนประกอบของ ก๊าซโพรเพนและก๊าซบิวเทน ในอัตราส่วน 30 : 70 ก๊าซทั้งสองชนิดดังกล่าวนี้ สามารถนำมาแยกเป็นก๊าซหุงต้มได้ โดยนำก๊าซธรรมชาติมาผ่านกระบวนการแยกก๊าซในโรงแยกก๊าซ

คำว่า LPG เป็นศัพท์ทางการที่ใช้ในการเรียกก๊าซปิโตรเลียมเหลว แต่ที่เรารู้จักกันทั่วไปคือก๊าซหุงต้ม ก๊าซชนิดนี้จะมีสถานะเป็นไอ (vapour) แต่ถ้อยู่ภายใต้ความดันสูงก๊าซจะมีลักษณะเป็นของเหลว

๒.๒.๑ กระบวนการผลิตก๊าซ LPG

ก๊าซ LPG มี 2 ชนิด คือ ชนิดก๊าซบ่อน้ำมัน ที่ได้จากการแยก และกลั่นก๊าซธรรมชาติกับชนิดก๊าซโรงกลั่นน้ำมัน ที่ได้จากการแยกก๊าซ ซึ่งเป็นผลพลอยได้ ที่เกิดจากการกลั่นน้ำมันดิบ เนื่องจากก๊าซ LPG มีสภาพเป็นก๊าซที่อุณหภูมิสูงและความดันปกติ จึงต้องทำให้เป็นของเหลวอยู่เสมอ โดยการอัดความดันหรือแช่แข็ง และต้องขนส่งด้วยเรือที่สร้างขึ้น เพื่อใช้บรรทุก๊าซ LPG

๒.๒.๒ คุณสมบัติของก๊าซ LPG

1. สี ก๊าซ LPG จะไม่มีสี เมื่อก๊าซเกิดการรั่วจากถังเราจึงไม่สามารถที่จะมองเห็นก๊าซที่รั่วออกมาได้ นอกจากก๊าซจะรั่วออกมามาก เราจึงจะเห็นเป็นละอองขาว ซึ่งละอองขาวนี้ก็คือไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ ทำการกลั่นตัวเป็นละอองเมื่อได้รับความเย็นจัด จากการระเหยตัวของก๊าซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ความเป็นพิษ ก๊าซชนิดนี้จะไม่พิษ เมื่อนำไปเผาไหม้อย่างสมบูรณ์จะไม่ทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์หรือก๊าซพิษ เนื่องจากก๊าซนี้มีน้ำหนักมากกว่าอากาศ ดังนั้นเมื่อเกิดการรั่วภายในห้องแคบแล้ว มันจะเข้าไปแทนที่อากาศ ทำให้ออกซิเจนในบริเวณนั้นมีไม่เพียงพอ ผู้ที่สูดดมก๊าซเข้าไปอาจจะมีอาการเวียนศีรษะและเป็นลมได้

3. กลิ่น เป็นก๊าซที่ไม่มีกลิ่น เนื่องจากก๊าซที่ผลิตได้นี้ไม่มีกลิ่น จึงมีความจำเป็นต้องใส่สารที่มีกลิ่นฉุนลงไปเพื่อเป็นการเตือนเมื่อเกิดก๊าซรั่ว สารที่เติมในส่วนมากจะใช้ เอทิลเมอร์แคปแทน (C_2H_5SH)

4. น้ำหนัก เป็นก๊าซที่เบากว่าน้ำและหนักกว่าอากาศ — เมื่อก๊าซอยู่ในสถานะที่เป็นของเหลว ก๊าซจะมีน้ำหนักครึ่งหนึ่งของน้ำ ดังนั้น ก๊าซเหลวจะลอยอยู่บนน้ำ 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 ที่ถูกกักดันอยู่กลายเป็นไอทันที การที่ก๊าซเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นไอ จำเป็นต้องดึงดูความร้อนจากบริเวณใกล้เคียง ซึ่งจะทำให้บริเวณนั้นหรือบริเวณปลายท่อที่ปล่อยไอก๊าซออกจะมีน้ำแข็งเกาะจนทำให้ท่อเกิดการตัน

6. ความชันใส ก๊าซ LPG มีความชันใสต่ำ จึงทำให้ก๊าซรั่วได้ง่าย ดังนั้น อุปกรณ์ที่ใช้กับก๊าซจึงต้องออกแบบให้แข็งแรง ทนต่อความดันสูง ดังนั้น การใช้ภาชนะ เช่น ถังบรรจุก๊าซที่ไม่ได้มาตรฐานตามที่กำหนดอาจจะเกิดอุบัติเหตุร้ายแรงขึ้นได้

7. อัตราการขยายตัว ก๊าซ LPG มีอัตราการขยายตัวสูง ดังนั้น การเติมก๊าซใส่ลงในภาชนะจึงไม่ควรเติมให้เต็ม ต้องมีช่องว่างสำหรับการขยายตัวของก๊าซ เมื่อได้รับความร้อน อัตราการขยายตัวจากก๊าซที่สถานะของเหลวกลายเป็นก๊าซที่สถานะไอ คือ ก๊าซเหลว 1 หน่วยปริมาณจะเปลี่ยนเป็นไอก๊าซได้ประมาณ 250 หน่วยปริมาณ ดังนั้น เมื่อก๊าซเหลวรั่วจะมีอันตรายมากกว่าไอก๊าซรั่ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ส่วนผสมของก๊าซกับอากาศที่ทำให้ติดไฟได้ อัตราส่วนของก๊าซในอากาศที่ทำให้ติดไฟคือประมาณ 1.5 - 9 ส่วนในส่วนผสม 100 ส่วน จะเห็นได้ว่าหากมีอากาศน้อยหรือมากกว่าสัดส่วนดังกล่าวก๊าซจะไม่ติดไฟ

9. ค่าออกเทนัมเบอร์ (octane number) ก๊าซ LPG มีค่าออกเทนัมเบอร์สูงเมื่อวัดโดยวิธีงานจัย จะได้ค่าออกเทนัมเบอร์ของโพรเพนเท่ากับ 111.4 ไอโซบิวเทนเท่ากับ 102.4 และนอร์มัลบิวเทนเท่ากับ 94.0 ซึ่งสูงกว่าของน้ำมันเบนซินโดยทั่วไปประมาณ 10 - 20 ฉะนั้น ก๊าซ LPG จึงเหมาะกับการใช้เป็นเชื้อเพลิงของรถยนต์มาก

10. คุณสมบัติทางปฏิกิริยาเคมี เนื่องจากก๊าซ LPG มีคุณสมบัติละลายสารจำพวกยาธรรมชาติได้ดี ฉะนั้นจึงควรใช้สารที่มีความทนต่อก๊าซ LPG หนึ่ง ถ้าเก็บก๊าซ LPG ซึ่งมีโพรพิลีนและบิวทิลีนผสมอยู่ไว้นาน อาจเกิดสารพวกยางหรือน้ำมันดิน (TAR) ขึ้นได้

2.2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมกับอุณหภูมิและความดันไอ

ก๊าซ LPG ที่บรรจุอยู่ในถัง จะมีโมเลกุลของโพรเพนและบิวเทนเคลื่อนตัวอยู่ และจะต้องมีการเคลื่อนตัวไปชนกับผนังของถังด้วย ความแรงของการชนคิดเป็นกิโลกรัม / ตารางเซนติเมตร เรียกค่านี้ว่า ความดันไอของก๊าซ ซึ่งสามารถถือได้ว่าเป็นความดันของก๊าซ LPG ในถังนั่นเอง และที่อุณหภูมิเดียวกัน ถ้าปริมาณของก๊าซโพรเพนเพิ่มขึ้น จะทำให้ความดันไอเพิ่มขึ้น เช่น ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ก๊าซผสมที่มีอัตราส่วนระหว่างโพรเพนกับบิวเทนเป็น 30 : 70 จะมีความดันไอประมาณ 3.8 กิโลกรัม / ตารางเซนติเมตร ถ้าเปลี่ยนอัตราส่วนเป็น 40 : 60 จะมีความดันไอประมาณ 4.3 กิโลกรัม / ตารางเซนติเมตร และถ้าอุณหภูมิของก๊าซเพิ่มขึ้น ก็จะมีผลให้ก๊าซผสมนั้นมีความดันไอสูงขึ้นด้วย ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับอัตราส่วนปริมาตรของก๊าซโพรเพนและบิวเทน (นอร์มัลบิวเทน) แสดงได้ดังตาราง ซึ่งเป็นอัตราส่วนปริมาตร เมื่อให้ปริมาตรของก๊าซ 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำมาใช้

จากตารางสามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับอัตราส่วนปริมาตร ได้ดังนี้

1. เมื่ออุณหภูมิสูง ความดันก็สูงด้วย เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นการเคลื่อนที่ของโมเลกุลจะเกิดขึ้น โมเลกุลจะชนกับฝาผนังของภาชนะแรงขึ้น ผลก็คือ ความดันจะสูงขึ้น อนึ่ง ในทางกลับกัน ถ้าอุณหภูมิต่ำลง การเคลื่อนที่ที่จะช้าลงเรื่อยๆและเมื่อทำให้อุณหภูมิต่ำมากขึ้น การเคลื่อนที่ที่จะช้าลง

2. ถ้ามีส่วนประกอบของโพรเพนมากความดันจะสูงขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของโพรเพนเคลื่อนที่ได้ดีกว่าโมเลกุลของบิวเทน ดังนั้นในกรณีที่อุณหภูมิเท่ากัน ก๊าซ LPG ที่มีส่วนประกอบของโพรเพนมากกว่าจะมีความดันสูงกว่า

3. ปริมาตรของของเหลวไม่มีความสัมพันธ์กับความดัน ไม่ว่าจะมิก๊าซ LPG อยู่เต็มถังหรือมีเหลืออยู่เพียงเล็กน้อยก็ตาม ถ้าอุณหภูมิและองค์ประกอบไม่เปลี่ยนแปลงแล้ว ความดันก็ไม่เปลี่ยน ดังนั้น สิ่งที่จะทำให้ความดันภายในถังเปลี่ยนไป จะมีแต่อุณหภูมิและอัตราส่วนของก๊าซผสมเท่านั้น เนื่องจากโดยทั่วไป อุณหภูมิจะเป็นอุณหภูมิของบรรยากาศ ฉะนั้น สิ่งที่จะเปลี่ยนแปลงได้โดยฝีมือคนก็คือ อัตราส่วนผสมเท่านั้น

การขยายตัวของก๊าซ เนื่องจากก๊าซ LPG มีอัตราการขยายตัวในสถานะที่เป็นของเหลวสูงเมื่อเทียบกับน้ำ ดังนั้นการบรรจุใส่ภาชนะจำเป็นต้องทิ้งที่ว่างไว้ในระดับที่ทิ้งเพื่อการขยายตัว

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

ความถ่วงจำเพาะในสถานะที่เป็นของเหลว จะมีค่าเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ ถ้าสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวตามอุณหภูมิมิมีค่าสูงขึ้น ค่าความถ่วงจำเพาะก็จะยิ่งลดลง ที่อุณหภูมิปกติ (15 องศาเซลเซียส) โพรเพนเหลวมีความถ่วงจำเพาะเป็น 0.508 ส่วนบิวเทนเหลวมีความถ่วงจำเพาะเป็น 0.584 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของความถ่วงจำเพาะในสถานะที่เป็นของเหลวตามอุณหภูมิ

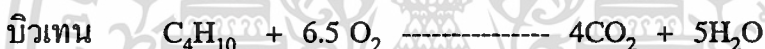
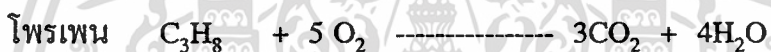
ความถ่วงจำเพาะในสถานะที่เป็นก๊าซหรือไอ ความถ่วงจำเพาะในสถานะที่เป็นก๊าซของโพรเพนเป็น 1.55 และของบิวเทนเป็น 2.07 ซึ่งหนักเกือบเป็น 2 เท่าของอากาศ ก๊าซที่รั่วออกมาจะสะสมอยู่ในที่ต่ำ ฉะนั้นจำเป็นต้องระวังให้มาก ตัวอย่างเช่น ที่ความดันบรรยากาศ จะเกิดก๊าซโพรเพนประมาณ 0.5 ลูกบาศก์เมตร จากโพรเพนเหลว 1 กิโลกรัม และก๊าซบิวเทนประมาณ 0.4 ลูกบาศก์เมตรจากบิวเทนเหลว 1 กิโลกรัม นั่นคือ ในกรณีที่ของเหลว 1 ลิตรเกิดรั่วขึ้น ก็จะเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลายเป็นก๊าซได้ ประมาณ 0.25 ลูกบาศก์เมตร ฉะนั้นต้องระวังเกี่ยวกับการรั่วไหลของของเหลวให้มาก

2.2.4 คุณสมบัติการสันดาป

1. ค่าความร้อน เป็นตัวเลขสำคัญที่บอกให้รู้ถึงคุณค่า และสมรรถนะของเชื้อเพลิง ค่าความร้อนของ ก๊าซ LPG มีประมาณ 12000 kcal / kg เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันเบนซินแล้ว จะมากกว่าอยู่ประมาณ 600 - 800 kcal / kg เพื่อให้เกิดพลังงานจำนวนเท่ากัน ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (ต่อหน่วย นน.) ของก๊าซ LPG จะน้อยกว่าของน้ำมันเบนซิน จึงพูดได้ว่าประหยัดกว่า

2. ปริมาณอากาศที่ใช้ในการสันดาป ถ้าสันดาป ก๊าซ LPG อย่างสมบูรณ์ ทั้งหมดจะกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำ การเปลี่ยนแปลงนี้เขียนเป็นสมการเคมีได้ดังนี้



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 ต่อบิวเทน 1 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 อาจกล่าวได้ว่า ก๊าซ LPG ที่อุณหภูมิปกติอยู่เหนือจุดวาบไฟเสมอ

อนึ่งเมื่อค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิให้กับเชื้อเพลิงจนเลยอุณหภูมิค่าหนึ่งแล้ว แม้จะไม่มีสาเหตุของการติดไฟ เชื้อเพลิงก็จะเริ่มลุกไหม้ตามธรรมชาติ อุณหภูมิต่ำสุดที่เริ่มเกิดการลุกไหม้ตามเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ญาติเห็นว่าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธรรมชาตินี้เรียกว่า จุดติดไฟ เนื่องจากจุดติดไฟของโพรเพนคือ $490 - 550^{\circ}\text{C}$ และของบิวเทนคือ $470 - 540^{\circ}\text{C}$ ก๊าซ LPG จึงติดไฟได้ยากเมื่อเทียบกับน้ำมันเบนซิน ซึ่งมีจุดติดไฟ $360 - 380^{\circ}\text{C}$ เมื่อคิดรวมเรื่องนี้กับช่วงการลุกไหม้แล้ว จึงพูดได้ว่าก๊าซ LPG มีความปลอดภัยค่อนข้างสูง

2.2.5 ส่วนประกอบของก๊าซ LPG

ถ้าทราบอุณหภูมิและความดัน ก็จะสามารถบอกส่วนประกอบของ ก๊าซ LPG ได้อย่างคร่าวๆ หนึ่ง เพื่อให้ส่วนประกอบของก๊าซ LPG เป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน มาตรฐานอุตสาหกรรมของญี่ปุ่น ได้กำหนดมาตรฐานคุณภาพของ ก๊าซ LPG ไว้ดังแสดงในตาราง

ประเภท	ลักษณะส่วนประกอบ	การใช้งานส่วนใหญ่
เบอร์ 1	โพรเพนเป็นองค์ประกอบหลัก	เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม
เบอร์ 2	โพรเพนและโพรพิลีนเป็นองค์ประกอบหลัก	เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม
เบอร์ 3	ปริมาณของโพรเพนและโพรพิลีนมีมากกว่าของบิวเทนและบิวทิลีน	เชื้อเพลิงในครัวเรือน , เชื้อเพลิงในสำนักงาน
เบอร์ 4	ปริมาณของโพรเพนและโพรพิลีนมีมากกว่าของบิวเทนและบิวทิลีนมาก	เชื้อเพลิงใช้กับรถยนต์
เบอร์ 5	บิวเทนและบิวทิลีนเป็นองค์ประกอบหลัก	เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม , เชื้อเพลิงใช้กับรถยนต์
เบอร์ 6	บิวเทนเป็นองค์ประกอบหลัก	เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม , เชื้อเพลิงใช้กับรถยนต์ใช้เป็นสารช่วยสเปรย์

หากส่วนประกอบของก๊าซ LPG มีเพียงตัวเดียว ความดันไอของก๊าซ LPG ในภาชนะจะไม่เปลี่ยนแปลงไม่ว่าจะมีปริมาณของของเหลวในถังมากน้อยเท่าไรก็ตาม แต่โดยทั่วไปเนื่องจากก๊าซ LPG เป็นสารผสม การระเหยจะเริ่มจากสารที่ระเหยได้ง่าย ดังนั้นความดันไอของก๊าซ LPG ที่เหลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะค่อยๆ ลดลง อย่างไรก็ดี ในกรณีที่ของเหลวถูกทำให้กลายเป็นก๊าซดังเช่นในรถยนต์ องค์กรประกอบของเหลวที่เหลือในภาชนะจะไม่เปลี่ยนแปลง

2.2.6 คุณสมบัติของก๊าซ LPG ที่ใช้กับเครื่องยนต์ในรถยนต์

การนำก๊าซ LPG มาใช้กับเครื่องยนต์ของรถยนต์เบนซินได้มีการพัฒนามานานกว่า 30 ปี เนื่องจากในปัจจุบัน ราคาน้ำมันเบนซินหรือแก๊สโซลีน มีราคาสูงขึ้นมาก จึงมีผู้หันมานิยมใช้ก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิงสำหรับรถยนต์มากขึ้น เพราะทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย สำหรับเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ลดลง ต่อระยะทางที่รุดวิ่งเท่ากัน ดังนั้น เพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้ จึงมีการออกกฎหมายควบคุม การติดตั้งอุปกรณ์การใช้ก๊าซกับรถยนต์ และควบคุมสถานที่ให้บริการการบรรจุก๊าซแก่ยานพาหนะ

ในการเลือกก๊าซ LPG เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์ คุณสมบัติต่างๆที่จำเป็นมีดังนี้

- มีความดันไอที่เหมาะสมซึ่งอยู่ระหว่าง 1 - 10 กิโลกรัม / ตารางเซนติเมตร
- มีคุณสมบัติที่เชื่อมโยงในเรื่องป้องกันการเกิดอาการน็อก (antiknock)
- มีสารไฮโดรคาร์บอนจำพวกโพลิฟินน้อย
- มีปริมาณกำมะถันน้อย
- มีสารพวกน้ำมันดินเจือปนอยู่น้อย

ความดันไอที่เหมาะสมหมายถึง มีคุณสมบัติเกี่ยวกับการระเหยที่จำเป็นในการติดเครื่องและเดินเครื่องยนต์ รถยนต์ที่ใช้ก๊าซ LPG จะไม่มีปั๊มส่งเชื้อเพลิง แต่อาศัยความดันของก๊าซเองในการไหลออกจากถังเก็บไปยังหม้อต้ม ในเวลาที่อากาศหนาวจัด ความดันในถังเก็บจะลดลง ทำให้ไม่สามารถส่งเชื้อเพลิงออกมาได้ จึงไม่สามารถติดเครื่องได้ นั่นคือ ก๊าซ LPG ต้องมีความดันไอเพียงพอที่จะไม่เกิดอุปสรรคในการเดินเครื่องแม้แต่ในตอนเช้าของฤดูหนาว ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำสุด ส่วนในฤดูร้อน ก๊าซ LPG ที่ประกอบด้วย บิวเทน 100% ก็ยังมีความดันไอเพียงพอที่จะติดเครื่องยนต์ได้ แต่ในฤดูหนาว ก๊าซ LPG ซึ่งมีแต่บิวเทนจะมีความดันต่ำ ฉะนั้นจึงต้องผสมโพรเพนเข้าไปในก๊าซ LPG ด้วย เพื่อเพิ่มความดันไอให้สูงขึ้น

อนึ่ง หากลดสารไฮโดรคาร์บอนจำพวกโพลิฟินในก๊าซ LPG ให้น้อยลง คุณสมบัติในการป้องกันการเกิดอาการน็อกจะสูงขึ้น และการเกิดของสารจำพวกน้ำมันดินและยาง ก็จะน้อยลงด้วย สารไฮโดรคาร์บอน จำพวกโพลิฟิน เช่น โพรพิลีน บิวทิลีน มีคุณสมบัติในการเกิดปฏิกิริยาสูง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงเกิดโพลีเมอร์ชั้นไคง่าย ทำให้เกิดสารจำพวกน้ำมันดินและยางซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้หม้อต้ม ก๊าซเกิดความเสียหายและมีฤทธิ์ในการกัดกร่อนสูง ทำให้ไดอะแฟรมเสียหาย ผลก็คืออายุการใช้งานของอุปกรณ์จะสั้นลง สิ่งเจือปนในก๊าซ LPG ได้แก่ ความชื้นและสารประกอบของกำมะถัน ซึ่งมีฤทธิ์กัดกร่อนอุปกรณ์หรือทำให้ไอเสีย มีก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ดังนั้นจึงเป็นสิ่งที่ไม่พึงปรารถนา การตรวจสอบคุณภาพของก๊าซ LPG อย่างง่ายๆ ทำได้โดย การตวงน้ำมันดินที่ไหลออกมา เมื่อเปิดก๊อกระบาย (drain cock) ที่อยู่ด้านล่างของหม้อต้ม หรือเครื่องควบคุมก๊าซ (regulator) ในขณะที่หม้อต้มยังอุ่นอยู่ หลังจากเครื่องย่นดว้างมาเป็นระยะทางตามที่กำหนดไว้ถ้าน้ำมันดินอยู่น้อยเท่าใด ก็แสดงว่าเป็นก๊าซ LPG ที่มีคุณภาพดีเท่านั้น

2.3 ข้อดีและข้อเสียของการใช้ก๊าซ LPG กับเครื่องยนต์

ข้อดี

1. ก๊าซ LPG มีค่าออกเทนประมาณ 85 - 108 (ตามอัตราส่วนผสมของก๊าซโพรเพน และบิวเทน) จึงเหมาะที่จะใช้กับเครื่องยนต์เบนซินหรือเครื่องยนต์แก๊ซโซลีนในปัจจุบัน ที่มีอัตราส่วนการอัดประมาณ 8.5 - 9.2 ซึ่งมีผลทำให้เครื่องยนต์เดินเรียบและมีประสิทธิภาพในการใช้งานของเครื่องยนต์ได้ดี
2. ราคาของก๊าซ LPG ต่ำกว่าราคาของน้ำมันเบนซิน ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายได้มาก
3. ทำให้เครื่องยนต์สะอาดกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซิน เช่น ที่คาร์บูเรเตอร์จะไม่มีคราบน้ำมันเบนซินเกาะอยู่ภายในเครื่องยนต์ โดยเฉพาะในห้องเผาไหม้จะสะอาดกว่า เนื่องจากก๊าซ LPG เมื่อถูกเผาไหม้แล้วจะมีคราบเขม่าน้อยกว่า
4. ทำให้หัวเทียนสะอาด มีเขม่าเกาะจับน้อยเป็นผลให้อายุการใช้งานของหัวเทียนนานขึ้น
5. การติดเครื่องยนต์ง่ายกว่า ถ้าอากาศเย็นเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซจะสตาร์ทได้ง่ายกว่า และ จะไม่มีอาการเชื้อเพลิงท่วมคาร์บูเรเตอร์หรือลุดลายน้ำมันค้าง
6. ทำให้น้ำมันเครื่องของเครื่องยนต์สะอาดกว่าและใช้งานได้นานกว่า เพราะเขม่าเครื่องยนต์มีน้อยกว่า จึงทำให้น้ำมันเครื่องสกปรกช้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

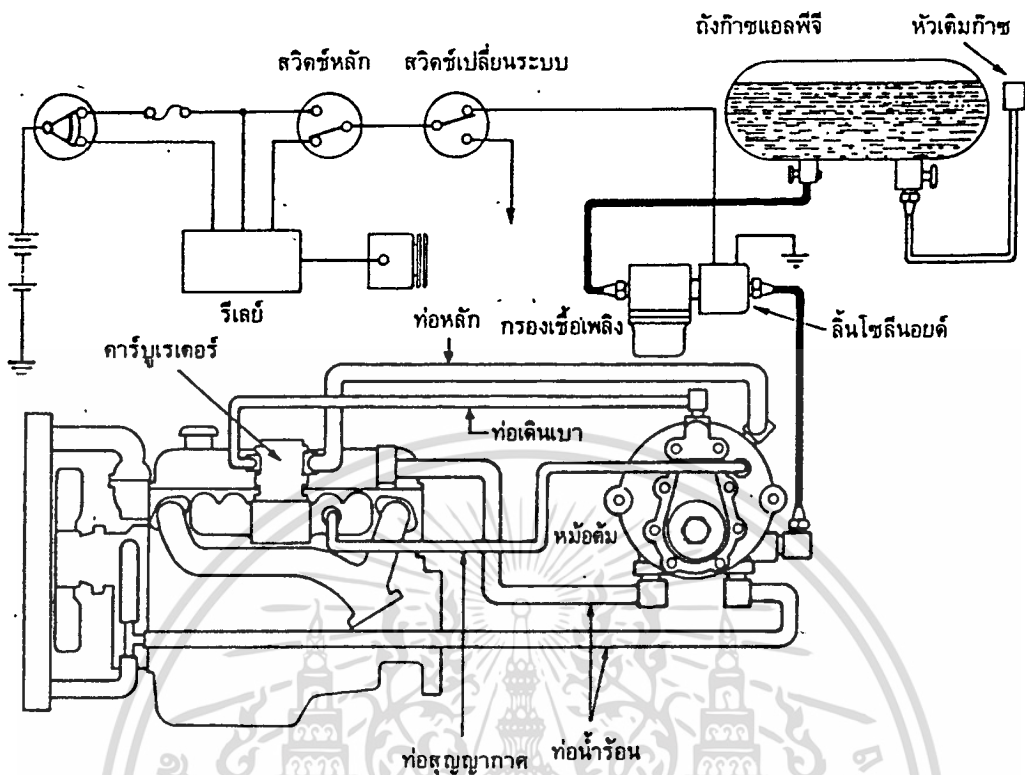
7. ก๊าซ LPG ไม่มีสารตะกั่วเหมือนน้ำมันแก๊สโซลีนหรือเบนซิน ดังนั้นไอเสียจึงไม่มีสารตะกั่วที่จะทำให้เกิดมลภาวะหรืออากาศเป็นพิษ นอกจากนี้ก๊าซ LPG ยังเผาไหม้ได้สมบูรณ์กว่า ทำให้ไอเสียมีก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่าเครื่องยนต์เบนซินมาก

ข้อเสีย

1. ไม่เหมาะที่จะใช้กับเครื่องยนต์ที่มีอัตราส่วนการอัดค่อนข้างต่ำ แต่จะเหมาะสำหรับเครื่องยนต์ที่มีอัตราส่วนของการอัดสูง
2. มีแนวโน้มที่จะทำให้ประสิทธิภาพทางปริมาตรต่ำ
3. จะต้องบรรจุในภาชนะที่สามารถทนแรงดันได้สูงถึง 250 ปอนด์ / ตารางนิ้วเกจ (psig)
4. ถ้ามีการรั่วมากๆ ถึงแม้จะมีกลิ่นเตือนให้ทราบก็อาจทำให้ผู้ใช้หน้ามืดเป็นลมได้

2.4 ระบบการทำงานของเครื่องยนต์ LPG ที่ใช้คาร์บูเรเตอร์ก๊าซ

LPG เหลวจากถังก๊าซไหลผ่านกรองเชื้อเพลิงและลิ้นโซลินอยด์ (solenoid valve) เข้าสู่หม้อต้ม (regulator or vaporizer) ที่หม้อต้ม LPG เหลวจะเปลี่ยนสถานะเป็นก๊าซที่มีความดันต่ำ และจะไหลไปตามท่อหลัก (main passage) และท่อเดินเบา (slow passage) ไปเข้าสู่คาร์บูเรเตอร์หรืออะแดปเตอร์ของเครื่องยนต์ ดังรูปข้างล่าง คาร์บูเรเตอร์ทำหน้าที่ผสมก๊าซ LPG กับอากาศในอัตราส่วนที่เหมาะสม ก่อนที่จะถูกดูดเข้ากระบอกสูบ ลิ้นโซลินอยด์ทำหน้าที่ ควบคุมการไหลของ LPG เหลวระหว่างถังก๊าซกับหม้อต้มลิ้นโซลินอยด์ จะปิดการไหลของ LPG เหลวทันทีที่ดับเครื่องยนต์



รูปที่ 2.1 หลักการทำงานของเครื่องยนต์ LPG

2.5 ถังก๊าซและอุปกรณ์ประกอบ

2.5.1 ถังก๊าซ (LPG Cylinder) ถังก๊าซทำด้วยเหล็กกล้าผสมคาร์บอนต่ำซึ่งทนแรงดึงได้มากกว่า 41 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ถังก๊าซมีอุปกรณ์ต่างๆ ได้แก่ ลิ้นบรรจุ อุปกรณ์ป้องกันบรรจุเกิน ลิ้นจ่าย ลิ้นตัดการไหลเกิน (excess flow valve) หรือเรียกว่า EFV หัวเติมก๊าซ และช่องกระจกมองระดับก๊าซ ถังก๊าซถูกออกแบบมาให้ทนความดัน ทดสอบได้ประมาณ 30 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

2.5.2 ลิ้นบรรจุ (Filling Valve) ลิ้นบรรจุใช้สำหรับการบรรจุก๊าซเข้าถัง ลิ้นบรรจุมีกลไกระบายความดันของก๊าซภายในถังออกไป เมื่อความดันสูงเกิน 24 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร กลไกนี้เรียกว่า ลิ้นนิรภัย (safety valve) เป็นหมุนลิ้นบรรจุก็จะท้าวด้วยสีเขียว (เป็นหมุนลิ้นจ่ายมักท้าวด้วยสีแดง)

2.5.3 อุปกรณ์ป้องกันบรรจุเกิน (Over - Charge Prevention Device) อุปกรณ์ป้องกันบรรจุเกิน ประกอบด้วยลูกกลอย และลิ้น การปิดและเปิดลิ้น ควบคุมด้วยลูกกลอย กล่าวคือ เมื่อ LPG เหลวในถังมีปริมาณน้อยลง ลูกกลอยจะลดต่ำลง ลิ้นจะเปิดและยอมให้ LPG ผ่านเข้าถังได้ เมื่อ LPG เหลวในถังมีระดับเพิ่มขึ้นจนมีปริมาตรประมาณ 85% ของถัง ลูกกลอยจะบังคับให้ลิ้นปิด ซึ่งไม่สามารถบรรจุ LPG เข้าถังได้อีก ความดันในการอัดก๊าซ LPG เข้าถัง จะต้องสูงกว่าความดันภายในถังประมาณ 3 - 4 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยทั่วไปความดันในถังมีประมาณ 3 - 5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ดังนั้น ความดันในการอัดก๊าซ LPG เข้าถัง (ที่ปั๊มเติมก๊าซ) มีประมาณ 6 - 8 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

2.5.4 ลิ้นจ่าย (Service Valve) ลิ้นที่กล่าวมาแล้วเป็นลิ้นบรรจุซึ่งมักมีเป็นหมุนตีเขียว ส่วนลิ้นจ่ายมักจะมีเป็นหมุนตีแดง ที่ส่วนล่างของลิ้นจ่ายจะมีลิ้นตัดการไหลเกิน (EFV) ติดอยู่

2.5.5 ลิ้นตัดการไหลเกิน (Excess Flow Valve) ลิ้นตัดการไหลติดตั้งอยู่ที่ปลายเกลียวของลิ้นจ่าย ลิ้นหรือวาล์วตัวนี้จะทำงานทันทีเมื่ออัตราการไหลของ LPG ออกจากถังมีมากเกินไป คือ ลิ้นจะปิดเมื่ออัตราการไหลของ LPG มีประมาณ 2 - 6 ลิตรต่อนาที ลิ้นตัดการไหลเกินนี้จึงมีประโยชน์มาก ในกรณีเกิดอุบัติเหตุท่อก๊าซขาดหรือหลุดโดยบังเอิญ คือ ในขณะที่ LPG ไหลออกเร็วเกินไป ความดันเหนือแผ่นปิดจะลดต่ำกว่าความดันใต้แผ่นปิด แผ่นปิดจึงถูกดันให้เลื่อนเข้าปิดช่องการไหล แต่ LPG จะไหลออกได้เล็กน้อยทางช่องปรับความดันซึ่งเป็นร่องบนแผ่นปิดเท่านั้น สปริงจะดันให้แผ่นปิดเลื่อนต่ำลงและกลับคืนสู่สภาพปกติ

ดังนั้น เมื่อปล่อยก๊าซทิ้งเพื่อซ่อมถัง บางครั้งปล่อยก๊าซออกได้เพียงครู่เดียว ก๊าซก็จะหยุดไหล เพราะว่าลิ้นตัดการไหลเกินทำงาน หรือในกรณีที่เราเปิดสวิตช์เครื่องยนต์ในตอนเช้า ต้องเปิดสวิตช์ทิ้งไว้ประมาณ 20 - 30 วินาที เพื่อให้ลิ้นตัดการไหลเกินภายในถังทำหน้าที่ปรับความดัน แล้วจึงสตาร์ทเครื่องยนต์

อุปกรณ์กรองก๊าซ

LPG เหลวที่ไหลจากถังไปยังหม้อต้มอาจมีสิ่งสกปรกเจือปนอยู่ ดังนั้นจะผ่าน LPG เหลวเข้าไปยังอุปกรณ์กรองก๊าซ สิ่งสกปรกที่มีขนาดโตกว่า 8 ไมครอน (1 ไมครอน = 1/1000 มิลลิเมตร) จะไม่สามารถผ่านไส้กรองไปได้ ที่แกนกลางของอุปกรณ์กรองก๊าซ มีแท่งแม่เหล็กถาวรติดตั้งอยู่เพื่อป้องกันไม่ให้เศษผงเหล็กผ่านไปได้ การทำความสะอาดอุปกรณ์กรองก๊าซ ให้ปิดลิ้นจ่ายที่ถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับผูกพันไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก๊าซในขณะที่เครื่องยนต์ยังทำงานอยู่ เครื่องยนต์จะทำงานต่อไปอีกประมาณ 3 - 5 นาทีก็จะดับไปเอง เพราะก๊าซที่ค้างในท่อหมดไป จากนั้นใช้ประแจปากตายคลายข้อต่อท่อออก และถอดอุปกรณ์กรองก๊าซเป็นชั้นย่อยๆ เพื่อทำความสะอาด

ลิ้นโซลินอยด์ก๊าซ

ลิ้นโซลินอยด์ก๊าซเป็นลิ้นที่ทำงานด้วยระบบไฟฟ้า ทำหน้าที่ปิดและเปิดการไหลของ LPG เหลว จากถังไปยังหม้อต้ม ลิ้นโซลินอยด์ก๊าซมักจะรวมเป็นชุดเดียวกันกับอุปกรณ์กรองก๊าซ หรือแยกจากกันเป็นสองชุดแต่อยู่ใกล้กัน

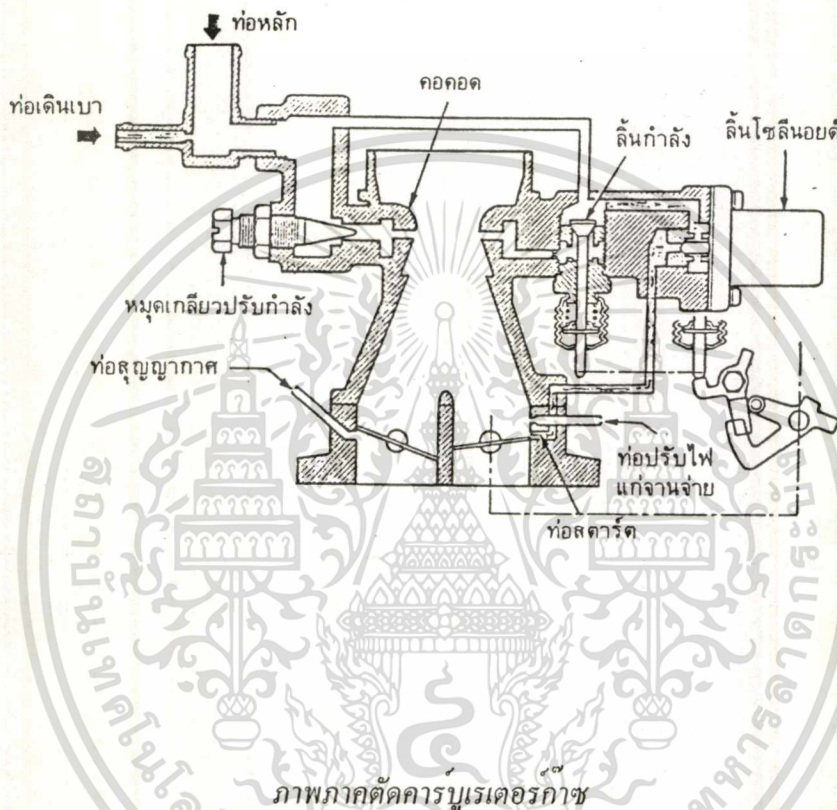
LPG เหลวจะไหลผ่านอุปกรณ์กรองก๊าซ แล้วเข้าสู่ลิ้นโซลินอยด์ก๊าซ และไหลต่อไปยังหม้อต้มลิ้นโซลินอยด์ก๊าซ มีสายไฟอยู่สองเส้น เส้นหนึ่งต่อลงสายดิน ส่วนอีกเส้นหนึ่งต่อไปยังสวิตช์เปลี่ยนระบบ รายละเอียดการต่อสายไฟจะได้กล่าวในตอนต่อไป เมื่อโยกสวิตช์เปลี่ยนระบบไปยังตำแหน่งใช้ก๊าซ ลิ้นโซลินอยด์ก๊าซจะเปิดออกและยอมให้ก๊าซเหลวไหลผ่านไปยังหม้อต้มได้

หม้อต้ม

หม้อต้มเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญมากในระบบก๊าซรถยนต์ทำหน้าที่ลดความดัน ปรับความดัน และเพิ่มความร้อน ให้กับ LPG ทำให้ LPG เหลวเปลี่ยนสถานะจากของเหลว เป็นก๊าซก่อนเข้าสู่คาร์บูเรเตอร์ด้วยความดันที่เหมาะสม

คาร์บูเรเตอร์ก๊าซ

ถ้าใช้ก๊าซระบบเดียว การใช้คาร์บูเรเตอร์ก๊าซจะดีที่สุด เพราะคาร์บูเรเตอร์ก๊าซถูกออกแบบวงจรต่างๆ สำหรับใช้งานได้สมบูรณ์กว่า เช่น วงจรสตาร์ทและวงจรปัมแรง ซึ่ง 2 วงจรดังกล่าวนี้ในมิคเซอร์ต่างๆ ไปไม่มีใช้



2.6 การเผาไหม้

การเผาไหม้ คือ การที่ออกซิเจนทำปฏิกิริยากับสารเชื้อเพลิง แล้วเกิดการเผาไหม้ขึ้นและให้ความร้อนออกมา ปริมาตรของออกซิเจนที่ต้องการเพื่อให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์นั้นสามารถหาได้จากสมการทางเคมี

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

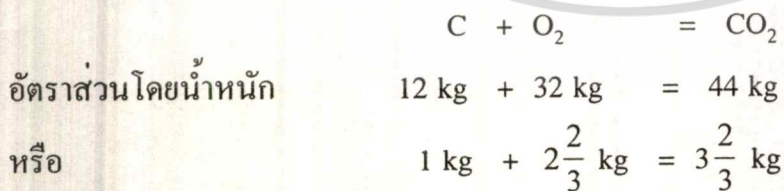
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักของอากาศที่ต้องการสำหรับการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ของน้ำมันเชื้อเพลิง และปริมาณของอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้เราดูจากปริมาณของออกซิเจนที่มีอยู่ในอากาศ ซึ่งปริมาณของออกซิเจนในอากาศโดยปริมาตรและน้ำหนัก จะมีอยู่เป็นจำนวนตามตาราง

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%

ส่วนประกอบของออกซิเจนและไนโตรเจนในอากาศ

จำนวนที่ต้องการของออกซิเจนหรืออากาศโดยน้ำหนักสำหรับการเผาไหม้ และ ส่วนประกอบที่ได้หลังจากการเผาไหม้ อาจจะสามารถหาได้โดยใช้สมการเคมี ซึ่งเรียกว่า สมการเผาไหม้ ดังนี้



คาร์บอนรวมกับออกซิเจนได้คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และสมการการเผาไหม้ที่สมบูรณ์คือสมการดังกล่าวนั่นเอง ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

คาร์บอนจำนวน 12 กิโลกรัมรวมกับ ออกซิเจนจำนวน 32 กิโลกรัม ได้คาร์บอนไดออกไซด์จำนวน 44 กิโลกรัม หรืออาจกล่าวได้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

ในทำนองเดียวกัน	$2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$
อัตราส่วนโดยน้ำหนัก	$4 \text{ kg} + 32 \text{ kg} = 36 \text{ kg}$
หรือ	$1 \text{ kg} + 8 \text{ kg} = 9 \text{ kg}$

ไฮโดรเจน 2 โมเลกุลรวมกับออกซิเจน 1 โมเลกุล ได้น้ำออกมาเป็นจำนวน 2 โมเลกุล และสมการที่สมบูรณ์คือ สมการดังกล่าวนั่นเอง

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

บทที่ 3

เครื่องยนต์และระบบจ่ายเชื้อเพลิง

3.1 เครื่องยนต์

3.1.1 ประเภทของเครื่องยนต์

เครื่องยนต์ที่ใช้ในรถยนต์แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ดังนี้

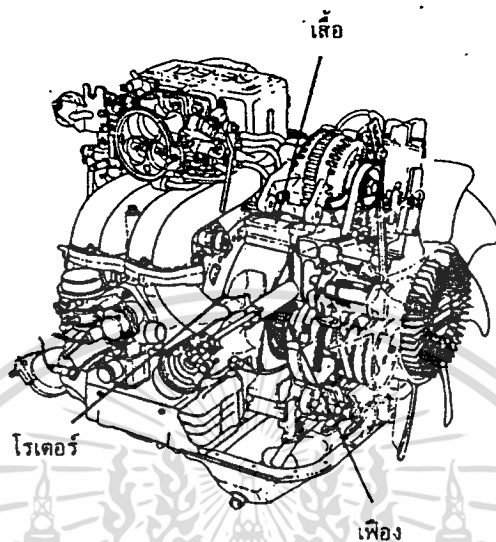
1. เครื่องยนต์ลูกสูบ (reciprocating engine) เครื่องยนต์แบบนี้มีลูกสูบเคลื่อนที่กลับไปกลับมา ภายในกระบอกสูบและในปัจจุบันนิยมใช้กันมาก ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นลงในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ลูกสูบ

2. เครื่องยนต์โรตารี (rotary engine) หรือบางครั้งเรียกว่า เครื่องยนต์วงเคิล (Wankel engine) เครื่องยนต์แบบนี้มีโรเตอร์ (roter) หมุนอยู่ภายในเครื่องยนต์ รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์โรตารี เช่น มาสดา (Mazda) ดังรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 เครื่องยนต์โรตารีของมาสดา

3.1.2 การจุดระเบิดด้วยประกายไฟและการอัด

เครื่องยนต์แบบลูกสูบ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

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

2. การจุดระเบิดด้วยการอัด (compression ignition) เรียกสั้นๆ ว่า CI หมายถึง การเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงในกระบอกสูบ โดยอาศัยความร้อนจากการอัดตัวของอากาศ เช่น เครื่องยนต์ดีเซล อากาศในกระบอกสูบถูกอัดตัว จนกระทั่งมีอุณหภูมิสูงขึ้นถึง 538 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่านี้ เมื่อน้ำมันเชื้อเพลิงถูกฉีดเข้าไปในอากาศร้อนดังกล่าว ก็จะเริ่มจุดระเบิดเผาไหม้ รถยนต์บางประเภทใช้เครื่องยนต์ดีเซล แต่สำหรับรถยนต์บรรทุกหรือรถยนต์โดยสารมักนิยมใช้เครื่องยนต์ดีเซล นอกจากนี้เครื่องยนต์ทั้ง 2 ประเภทที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ยังมีเครื่องยนต์ประเภท

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตให้เสียค่าใช้จ่าย

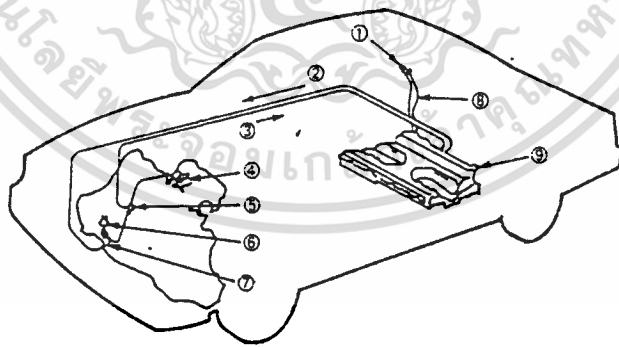
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อื่นๆ อีก ซึ่งในขณะนี้กำลังทำการทดลองอยู่และคาดว่าในอนาคตคงจะได้นำมาใช้กับรถยนต์อย่างแพร่หลาย เครื่องยนต์บางแบบทดลองทำกันแล้ว แต่ก็ยังไม่ประสบความสำเร็จอย่างที่ 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 น้ำมันเชื้อเพลิงผสมกับอากาศและจุดระเบิดเผาไหม้กำลังงานออกมาหมุนเพลลาข้อเหวี่ยงเครื่องยนต์ ดังรูปที่ 3.3 จะแสดงระบบน้ำมันเชื้อเพลิง แบบหนึ่งของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ



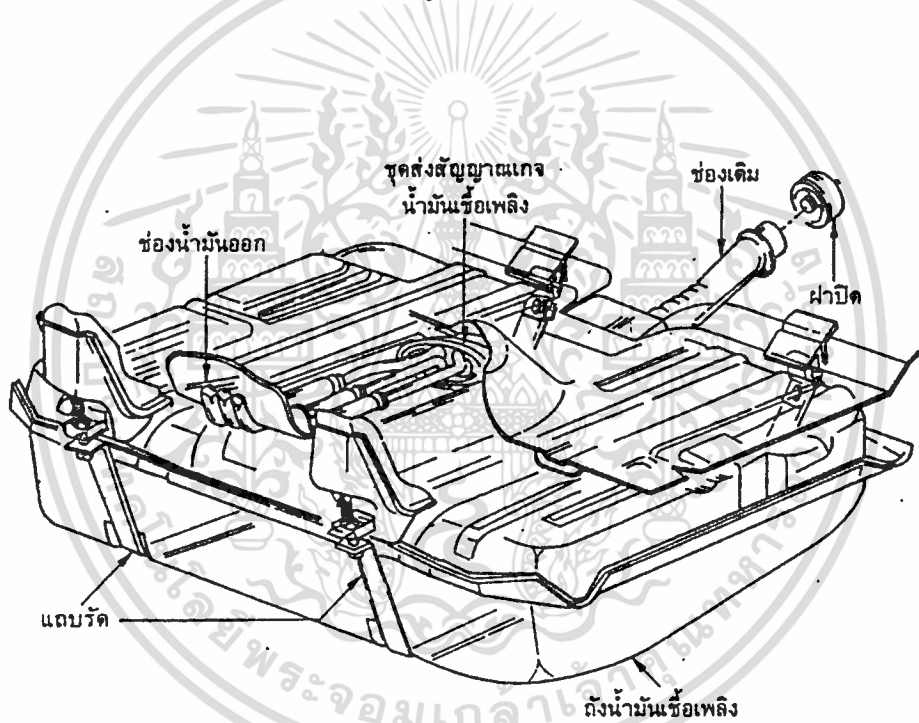
- | | |
|---------------------------|-------------|
| ① ฝาปิด | ⑤ บีม้ำมัน |
| ② ท่อป้อนน้ำมัน | ⑥ ท่ออ่อน |
| ③ ท่อไอกลับ | ⑦ ช่องเติม |
| ④ คาร์บูเรเตอร์ | ⑧ ถังน้ำมัน |
| ⑤ ตัวแยกไอพร้อมกรองน้ำมัน | |

รูปที่ 3.3 ระบบน้ำมันเชื้อเพลิงขั้นพื้นฐานที่ใช้คาร์บูเรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันเชื้อเพลิงจากถังจะถูกดูดและส่งไปยังคาร์บูเรเตอร์ จากนั้นคาร์บูเรเตอร์ก็จะทำหน้าที่ผสมอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าด้วยกัน แล้วส่งเข้ากระบอกสูบของเครื่องยนต์ ส่วนผสมจะถูกอัดและจะระเบิดเผาไหม้ด้วยประกายไฟจากหัวเทียน แล้วให้กำลังออกมาที่เพลาข้อเหวี่ยง ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบ ได้แก่

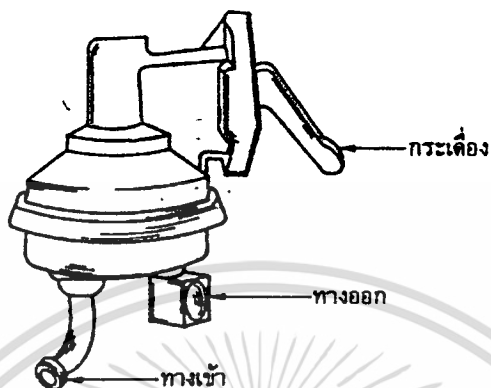
1. ถังน้ำมันเชื้อเพลิง (fuel tank) ถังน้ำมันเชื้อเพลิงจะทำจากแผ่นโลหะ ไฟเบอร์กลาส หรือพลาสติก ช่องเปิดบนถังน้ำมันมี 2 แห่งคือ ช่องน้ำมันเข้าและช่องน้ำมันออก ถังน้ำมันเชื้อเพลิงส่วนมากติดตั้งอยู่ที่ด้านหลังของรถยนต์ ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ถังน้ำมันเชื้อเพลิง

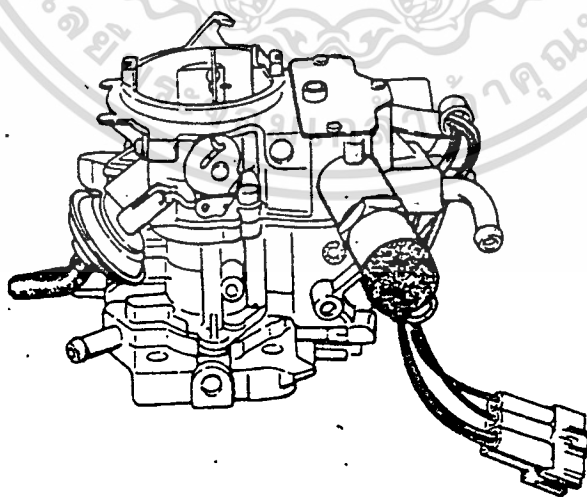
2. ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง (fuel pump) ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง จะทำหน้าที่ดูดน้ำมันเชื้อเพลิงจากถังและส่งไปยังคาร์บูเรเตอร์ ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงมี 2 แบบคือ แบบทางกลและแบบไฟฟ้า แบบทางกลจะทำงานด้วยการหมุนของเพลาลูกเบี้ยว ส่วนแบบไฟฟ้าจะทำงานด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า หรือโซลินอยด์ สำหรับปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงทางกลจะแสดง ดังรูปที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 ป้อน้ำมันเชื้อเพลิงทางกล

3. คาร์บูเรเตอร์ (carburetor) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ผสมน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศ ก่อนที่จะไหลเข้ากระบอกสูบ เพื่อให้ได้สัดส่วนที่เหมาะสมกับการเผาไหม้ ดังแสดงในรูปที่ 3.6

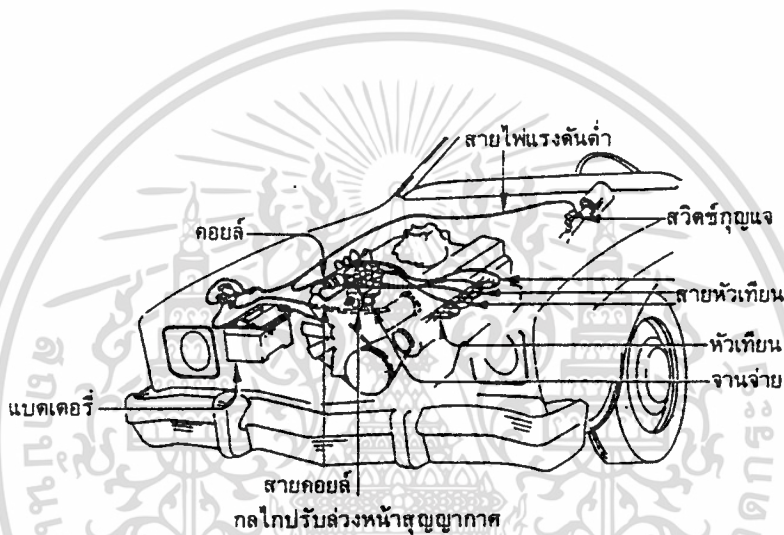


รูปที่ 3.6 คาร์บูเรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ระบบหัวฉีด (fuel injection system) เครื่องยนต์แก๊สโซลีนบางแบบไม่มีคาร์บูเรเตอร์ แต่ใช้ระบบหัวฉีดแทน ระบบจะประกอบด้วยหัวฉีดหนึ่งอันหรือมากกว่า ซึ่งทำหน้าที่ฉีดน้ำมันเข้าผสมกับอากาศ ก่อนที่จะไหลเข้ากระบอกสูบแล้วเผาไหม้

2. ระบบจุดระเบิด (ignition system) ระบบจุดระเบิดจะทำหน้าที่สร้างประกายไฟสำหรับจุดระเบิดน้ำมันเชื้อเพลิงในกระบอกสูบ ระบบจุดระเบิดจะนำแรงดันไฟฟ้าต่ำจากแบตเตอรี่

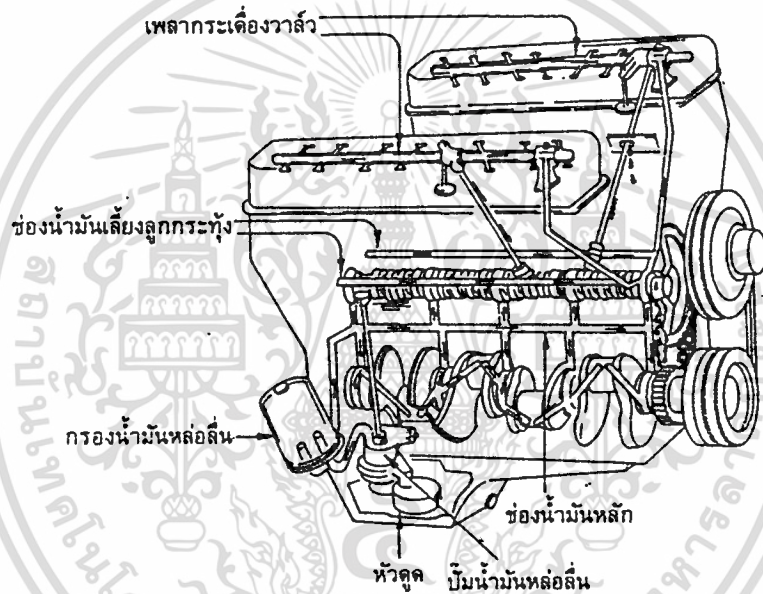


รูปที่ 3.7 ระบบจุดระเบิดแบบทั่วๆ ไป

ซึ่งโดยทั่วๆ ไปมีค่าประมาณ 12 โวลต์ มาสร้างแรงดันไฟฟ้าสูง บางระบบอาจสร้างแรงดันไฟฟ้าได้สูงมากถึง 47,000 โวลต์ แรงดันไฟฟ้าสูงสามารถช่วยให้เกิดประกายไฟที่บริเวณหัวเทียนได้ ซึ่งจะเป็นต้นกำเนิดของการจุดระเบิดเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิง ดังแสดงในรูปที่ 3.7

ในกรณีของเครื่องยนต์ดีเซลจะไม่มีระบบจุดระเบิด แต่จะอาศัยความร้อนของอากาศในช่วงจังหวะอัด เป็นตัวช่วยในการจุดระเบิดเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิง

3. ระบบหล่อลื่น (lubricating system) ระบบหล่อลื่นจะทำหน้าที่ป้อนน้ำมันหล่อลื่นไปยังส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ที่มีการเคลื่อนไหว เพื่อป้องกันการสึกหรอและระบายความร้อน ระบบหล่อลื่นจะมีอ่างน้ำมันอยู่ที่ส่วนล่างของเครื่องยนต์ ซึ่งทำหน้าที่เก็บน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ในระบบ ปั๊มน้ำมันหล่อลื่นซึ่งถูกขับเคลื่อนด้วยกำลังจากเครื่องยนต์ จะดูดน้ำมันจากอ่างแล้วส่งไปยังส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ หลังจากนั้นน้ำมันหล่อลื่นก็จะไหลกลับสู่อ่างน้ำมันตามเดิม และจะหมุนเวียนไปเช่นนี้ตลอดการทำงานของเครื่องยนต์ ดังแสดงในรูปที่ 3.8

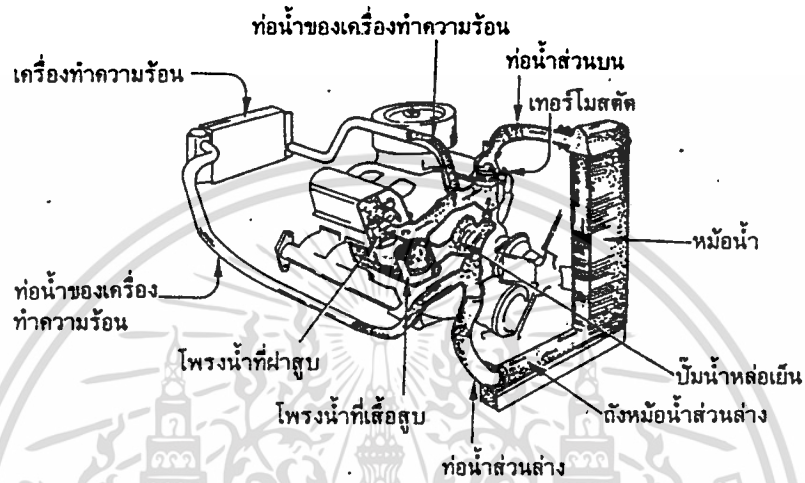


รูปที่ 3.8 ระบบหล่อลื่นแบบทั่วๆ ไป

4. ระบบหล่อเย็น (cooling system) ระบบหล่อเย็นจะทำหน้าที่ระบายความร้อนส่วนเกินของเครื่องยนต์ออกสู่บรรยากาศภายนอก การเผาไหม้ไอดีในกระบอกสูบ ทำให้อุณหภูมิภายในกระบอกสูบอาจสูงถึง 2000°C ซึ่งสูงกว่าจุดหลอมละลายของโลหะที่ใช้ทำเครื่องยนต์ ดังนั้นจึงควรระบายความร้อนออกไปอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ พลังงานความร้อนที่เกิดจากการเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใหม่ภายในกระบอกสูบ ส่วนหนึ่งเปลี่ยนไปเป็นพลังงานกลที่เพลาค้อเหวี่ยง ส่วนหนึ่งจะออกไปกับไอเสีย ส่วนหนึ่งถูกน้ำมันหล่อลื่นพาออกไป และส่วนที่เหลือออกไปด้วยระบบหล่อเย็น



รูปที่ 3.9 ระบบหล่อเย็น

จากรูปที่ 3.9 จะแสดงระบบหล่อเย็นขั้นพื้นฐานซึ่งระบายความร้อนด้วยน้ำ รอบๆ กระบอกสูบมีไพร่งน้ำสำหรับการไหลเวียนของน้ำ น้ำจะพาความร้อนออกจากเครื่องยนต์และไหลเข้าสู่หม้อน้ำ เพื่อระบายความร้อนสู่บรรยากาศอีกครั้งหนึ่ง

ทั้ง 4 ระบบที่กล่าวมานี้มีความจำเป็นสำหรับเครื่องยนต์มาก ถ้าขาดระบบใดระบบหนึ่งแล้วเครื่องยนต์จะไม่สามารถทำงานได้ (ถ้าเป็นเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดจะไม่มีระบบจุดระเบิด)

3.1.4 ระบบอื่นๆ ของเครื่องยนต์

นอกจากระบบที่กล่าวมาแล้วทั้ง 4 ระบบซึ่งได้แก่ ระบบน้ำมันเชื้อเพลิง ระบบจุดระเบิด ระบบหล่อลื่น และระบบหล่อเย็น ยังมีระบบอื่นๆ อีกที่ทำงานสัมพันธ์กันและมีความจำเป็น ได้แก่ ระบบไอเสีย ระบบควบคุมไอเสีย และระบบสตาร์ท

ระบบไอเสียจะช่วยลดเสียงดัง ในขณะที่ไอเสียออกจากกระบอกสูบ และพาไอเสียออกไปยังตำแหน่งที่ปลอดภัยแก่ผู้โดยสารในรถยนต์ ระบบควบคุมไอเสียทำหน้าที่ ควบคุมมลภาวะของอากาศเนื่องจากไอเสีย ส่วนระบบสตาร์ทจะช่วยในการสตาร์ทเครื่องยนต์

3.2 การทำงานของเครื่องยนต์

3.2.1 เครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน

เครื่องยนต์ที่ใช้กับรถยนต์เป็นประเภทเครื่องยนต์เผาไหม้ภายในคือ การเผาไหม้จะเกิดขึ้นภายในเครื่องยนต์ เครื่องยนต์เผาไหม้ภายในมี 2 ประเภทคือ เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ และเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด เครื่องยนต์ทั้ง 2 ประเภทมีข้อแตกต่างกันดังนี้

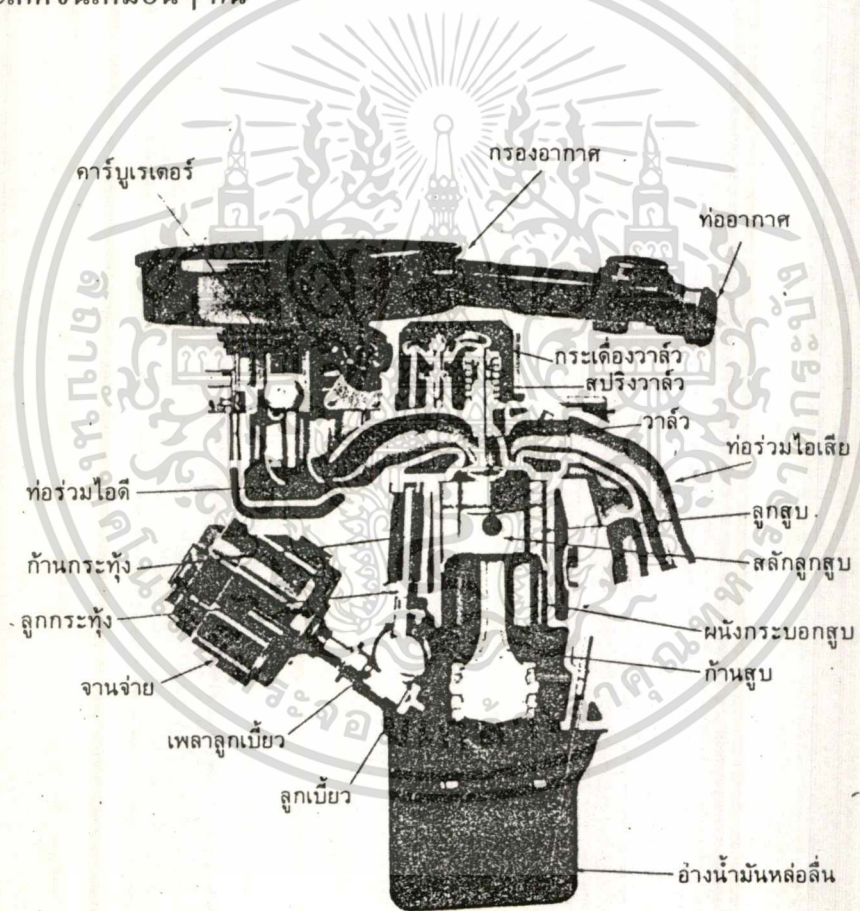
1. ชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้
2. วิธีที่น้ำมันเชื้อเพลิงเข้าสู่กระบอกสูบ
3. วิธีที่น้ำมันเชื้อเพลิงจุดระเบิด

เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่ระเหยกลายเป็นไอได้ง่าย เช่น แก๊สโซลีนหรือแก๊สโซฮอล (gasohol) น้ำมันเชื้อเพลิงผสมกับอากาศ ก่อนที่จะเข้ากระบอกสูบ ส่วนผสมหรือไอดีจะถูกอัดตัวในจังหวะอัด แล้วเกิดประกายไฟที่หัวเทียน เริ่มการจุดระเบิดเผาไหม้ไอดี สำหรับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด น้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าผสมกับอากาศ หลังจาก que อากาศไหลเข้ากระบอกสูบแล้ว จะมีอากาศเพียงอย่างเดียวเท่านั้นที่ถูกดูดเข้ากระบอกสูบ อากาศจะถูกอัดในจังหวะอัดจนมีอุณหภูมิสูงขึ้นถึง 538°C (1000°F) หรือสูงกว่านี้ หลังจากนั้นน้ำมันดีเซลซึ่งเป็นน้ำมันเบา จะถูกฉีดเข้ากระบอกสูบและสัมผัสกับอากาศร้อน และเริ่มการจุดระเบิดเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิง

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ จะใช้หัวเทียนในการจุดระเบิด และอาจเรียกว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ส่วนเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดจะใช้ความร้อนของอากาศ ที่เกิดจากการอัดช่วยในการจุดระเบิด และอาจเรียกว่าเครื่องยนต์ดีเซล

3.2.2 โครงสร้างของเครื่องยนต์แบบลูกสูบ

เครื่องยนต์ทั้งจุดระเบิดด้วยประกายไฟและจุดระเบิดด้วยการอัดมีโครงสร้างพื้นฐานคล้ายกัน คือ มีลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นลงในกระบอกสูบ เครื่องยนต์สำหรับรถยนต์อาจมีจำนวนกระบอกสูบตั้งแต่ 3, 4, 5, 6 หรือ 8 กระบอกสูบ ถ้าไม่คำนึงถึงจำนวนกระบอกสูบแล้ว การทำงานของแต่ละกระบอกสูบจะเกิดขึ้นเหมือนๆ กัน



รูปที่ 3.10 ภาพตัดของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟแบบกระบอกสูบเรียง

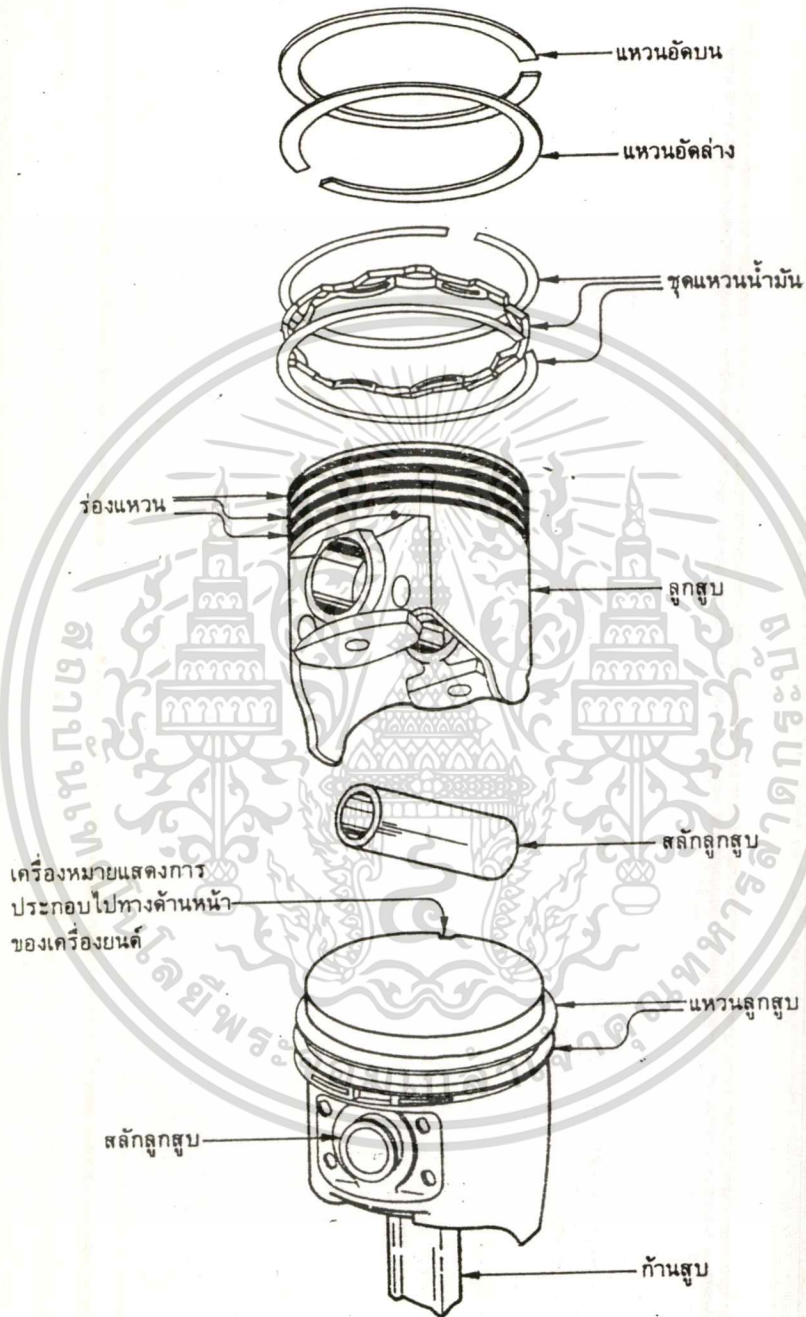
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.10 จะแสดงภาพตัดของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ ลูกสูบจะอยู่ภายในกระบอกสูบ แต่ละกระบอกสูบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 102 มิลลิเมตร (millimetre) ลูกสูบทำด้วยโลหะและเคลื่อนที่ไปมาในกระบอกสูบ ลักษณะและส่วนประกอบของลูกสูบ ดังแสดงในรูปที่ 3.11 และรูปที่ 3.12 ต่อไปนี้



รูปที่3.11 ลูกสูบพร้อมแหวนลูกสูบและก้านสูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 ลูกสูบและแหวนลูกสูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

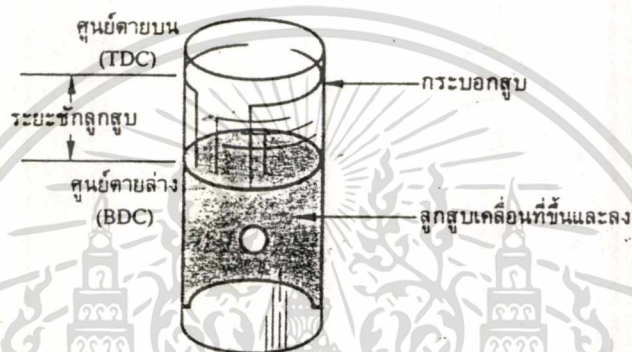
ส่วนในรูปที่ 3.13 จะแสดงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นภายในกระบอกสูบซึ่งมีลำดับดังนี้ ลูกสูบเคลื่อนที่ลงจนถึงตำแหน่งต่ำสุด เนื้อที่บริเวณเหนือลูกสูบเต็มไปด้วยส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศ ซึ่งมีกนิยมเรียกว่าไอดี ดังแสดงในรูปที่ 3.13 (ก) หลังจากนั้นลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นจนถึงตำแหน่งสูงสุด ดังรูปที่ 3.13 (ข) ไอดีภายในกระบอกสูบจะถูกอัดจนมีปริมาตรเล็กลง ประกายไฟจากหัวเทียนจะช่วยจุดระเบิดเผาไหม้ไอดี ความดันสูงที่เกิดขึ้นภายในกระบอกสูบจะดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่ลง ดังรูปที่ 3.13 (ค) ซึ่งจะทำให้กำลังเครื่องยนต์ออกมา ลูกสูบจะเคลื่อนที่ขึ้นและลงต่อไปตลอดการทำงานของเครื่องยนต์



รูปที่ 3.13 เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นภายในกระบอกสูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งสูงสุดของลูกสูบเรียกว่า ศูนย์ตายบน (top dead center) ซึ่งเขียนย่อว่า TDC และตำแหน่งต่ำสุดของลูกสูบเรียกว่า ศูนย์ตายล่าง (bottom dead center) ซึ่งเขียนย่อว่า BDC ส่วนระยะชักลูกสูบ (piston stroke) จะเป็นระยะห่างระหว่าง TDC และ BDC ดังแสดงในรูปที่ 3.14

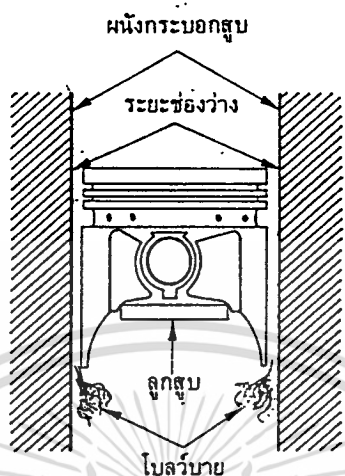


รูปที่ 3.14 ตำแหน่งศูนย์ตายบนและศูนย์ตายล่าง

3.2.3 ลูกสูบและแหวนลูกสูบ

ลูกสูบดังแสดงในรูปที่ 3.11 และรูปที่ 3.12 มักทำจากอะลูมิเนียมผสม (aluminium alloy) ซึ่งเป็นส่วนผสมระหว่างอะลูมิเนียมกับโลหะอื่นๆ ลูกสูบลูกสูบมีขนาดเล็กกว่ากระบอกสูบเล็กน้อย และสามารถเลื่อนไปมาภายในกระบอกสูบได้

เนื่องจากลูกสูบลูกสูบมีขนาดเล็กกว่ากระบอกสูบเล็กน้อย ดังนั้นจึงมีระยะช่องว่างระหว่างลูกสูบกับผนังกระบอกสูบดังรูปที่ 3.15 ระยะช่องว่างนี้จะต้องมีการอุด มิฉะนั้นไอดีสามารถรั่วไหลออกมาได้ในจังหวะอัด หรือก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ในจังหวะกำลังรั่วไหลออกมาได้เช่นกัน การรั่วไหลดังกล่าวเรียกว่า โบลวบาย (blowby) ซึ่งมีผลทำให้กำลังของเครื่องยนต์สูญเสียไป



รูปที่ 3.15 ระยะช่องว่างระหว่างลูกสูบกับผนังกระบอกสูบ

เพื่อป้องกันการสูญเสียกำลังดังกล่าว จึงต้องใส่แหวนลูกสูบ (piston rings) เข้ากับลูกสูบ (จากรูปที่ 3.11 และรูปที่ 3.12) แหวนลูกสูบมีปลายแยกจากกันที่จุดจุดหนึ่ง จึงทำให้สามารถถ่างแหวนได้เล็กน้อย และสวมเข้ากับร่องแหวนบนลูกสูบได้สะดวกขึ้น แหวนลูกสูบแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ และทำหน้าที่ 2 อย่างคือ

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

3.2.4. การเคลื่อนที่แบบกลับไปกลับมาและการเคลื่อนที่แบบหมุน

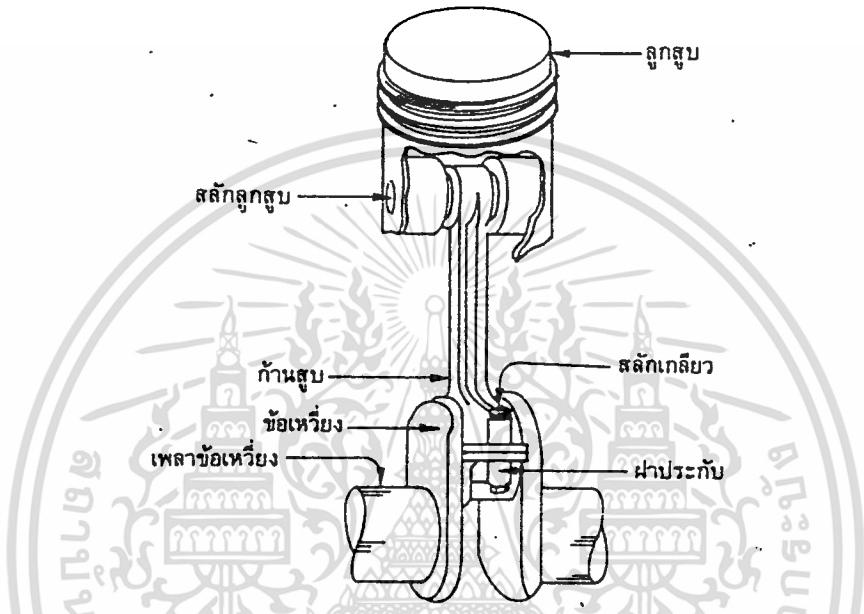
ลูกสูบเคลื่อนที่กลับไปกลับมาเป็นเส้นตรงภายในกระบอกสูบ การเคลื่อนที่ดังกล่าวเรียกว่า การเคลื่อนที่แบบกลับไปกลับมา (reciprocating motion) ดังรูปที่ 3.16 ก. การเคลื่อนที่แบบกลับไปกลับมาของลูกสูบเปลี่ยนมาเป็นการเคลื่อนที่แบบหมุน (rotary motion) ของเพลาค้อเหวี่ยงโดย อาศัยก้านสูบและสลักข้อเหวี่ยงบนเพลาค้อเหวี่ยง สลักข้อเหวี่ยงจะส่ายเป็นวงกลมในขณะที่เพลาค้อเหวี่ยงหมุน ดังรูปที่ 3.16 ข.



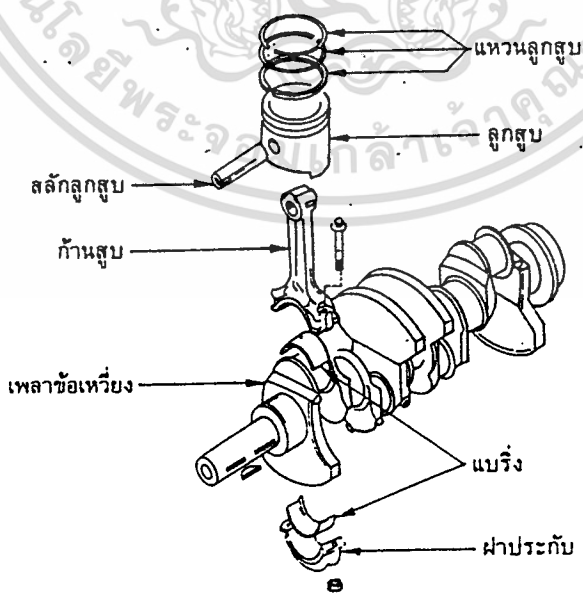
รูปที่ 3.16 ข สลักข้อเหวี่ยงส่ายเป็นวงกลมในขณะที่เพลาค้อเหวี่ยงหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก้านสูบต่อระหว่างลูกสูบกับสลักข้อเหวี่ยง ปลายด้านเล็ก (small end) ของก้านสูบยึดกับลูกสูบด้วยสลักลูกสูบ (piston pin) ซึ่งมีลักษณะเป็นแท่งทรงกระบอกกลวงทำด้วยเหล็กกล้า ปลายด้านโต (big end) ของก้านสูบยึดกับสลักข้อเหวี่ยงด้วยฝาประกบและสลักเกลียวดังแสดงในรูปที่ 3.17 และรูปที่ 3.18 โดยมีแบริ่งแทรกอยู่ระหว่างกลาง ทำให้สลักข้อเหวี่ยงหมุนอยู่ได้ภายในก้านสูบ



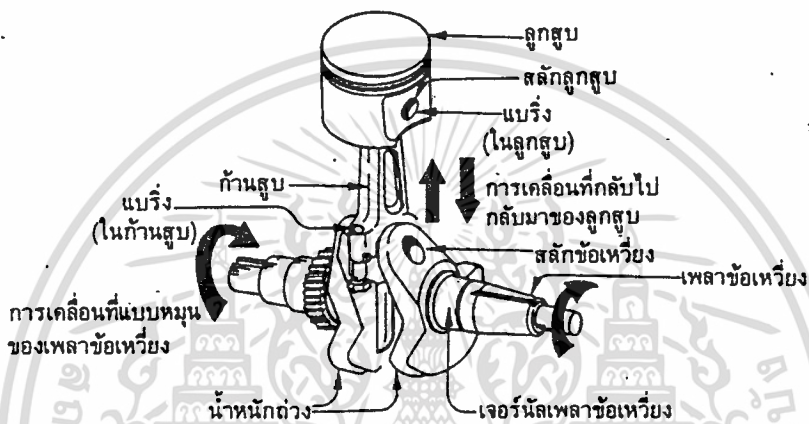
รูปที่ 3.17 การยึดก้านสูบกับลูกสูบและสลักข้อเหวี่ยง



รูปที่ 3.18 การประกอบลูกสูบ ก้านสูบ และเพลาข้อเหวี่ยงเข้าด้วยกัน

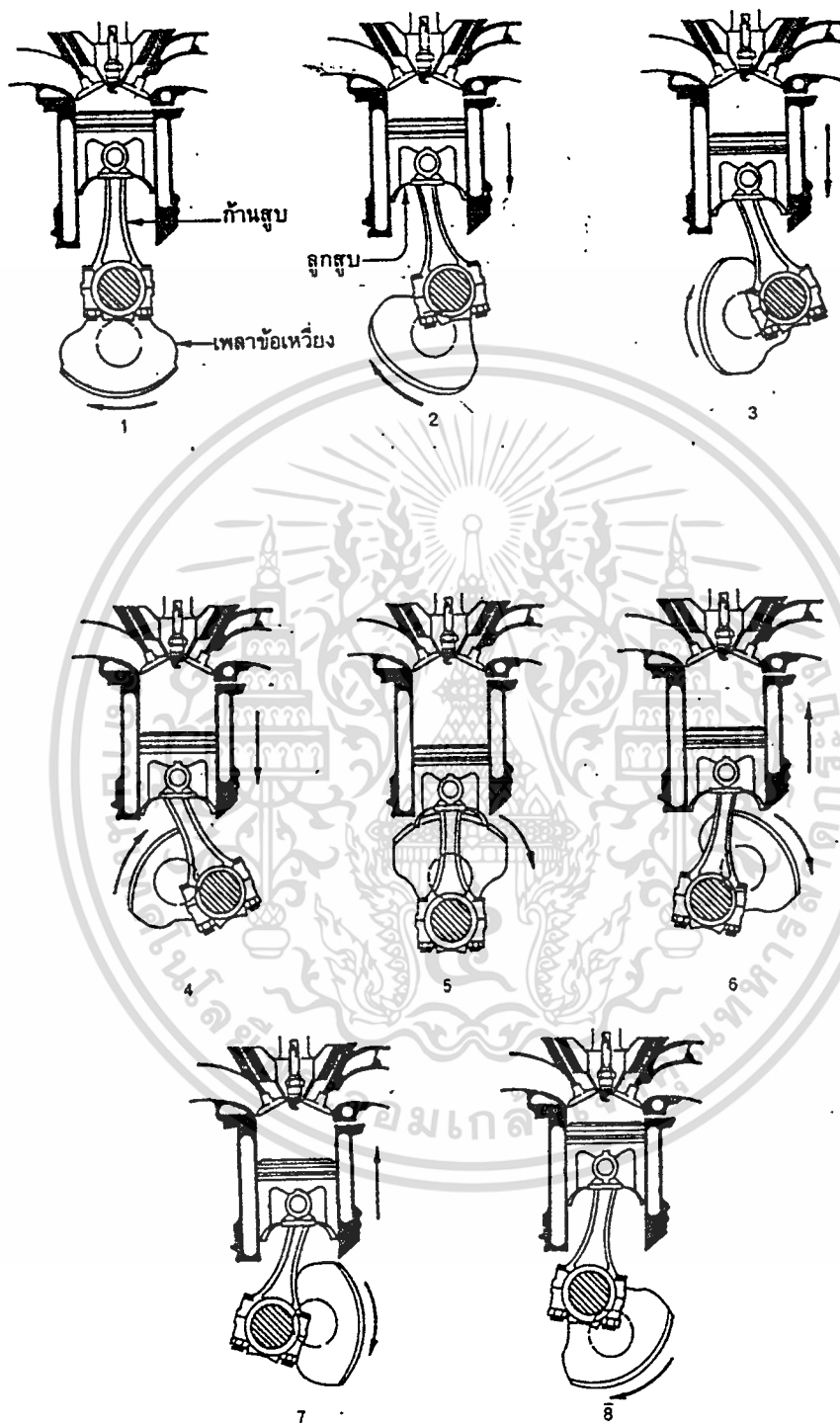
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นลง สลักข้อเหวี่ยงของเพลาช้อเหวี่ยงเคลื่อนที่เป็นวงกลมดังแสดงในรูปที่ 3.19 เมื่อลูกสูบเริ่มเคลื่อนที่ลง ก้านสูบจะเอียงไปข้างหนึ่ง ซึ่งทำให้ปลายด้านล่างของก้านสูบเคลื่อนที่เป็นวงกลมตามการเคลื่อนที่ของสลักข้อเหวี่ยง เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้น ก้านสูบก็จะเอียงไปอีกด้านหนึ่งเช่นกัน



รูปที่ 3.19 สลักข้อเหวี่ยงเคลื่อนที่เป็นวงกลมรอบเพลาช้อเหวี่ยง ในขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นและลง

ส่วนในรูปที่ 3.20 แสดงลำดับการเคลื่อนที่ของเพลาช้อเหวี่ยง ซึ่งแสดงการเอียงของก้านสูบในขณะที่ปลายด้านล่างของก้านสูบเคลื่อนที่เป็นวงกลมไปพร้อมกับเพลาช้อเหวี่ยง ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นและลงในขณะที่ก้านสูบส่ายเอียงไปมา ดังนั้นการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาของลูกสูบก็จะถูกเปลี่ยนไปเป็นการเคลื่อนที่แบบหมุนของเพลาช้อเหวี่ยง



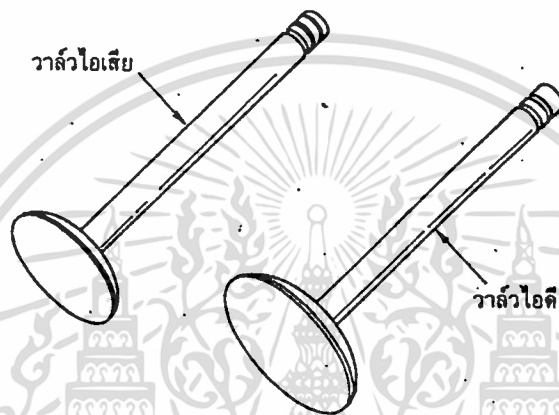
รูปที่ 3.20 ลำดับการเคลื่อนที่ครบหนึ่งรอบของเพลาค้อเหวี่ยง เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่จากจุดสูงสุดแล้วกลับ

มาจุดสูงสุดอีกครั้งหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

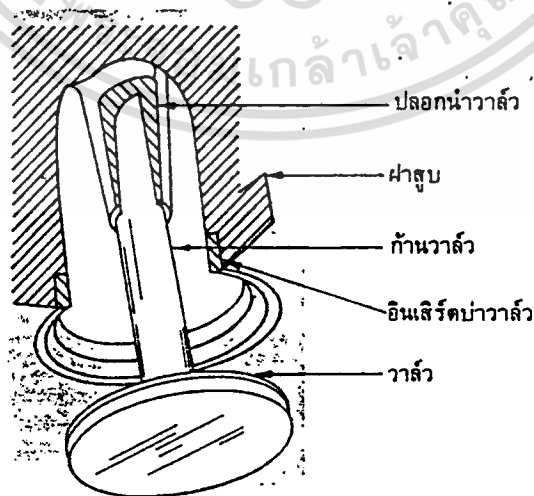
3.2.5 วาล์วเครื่องยนต์

เครื่องยนต์ส่วนมากจะมีช่องเปิดจากภายนอกถึงกระบอกสูบ ได้แก่ ช่องไอดี (intake port) ซึ่งเป็นช่องสำหรับให้อากาศหรือไอดีจากภายนอกเข้าสู่กระบอกสูบ และอีกช่องหนึ่งคือ ช่องไอเสีย (exhaust port) ซึ่งเป็นช่องสำหรับให้ไอเสียไหลออกจากกระบอกสูบ



รูปที่ 3.21 วาล์วไอดีและวาล์วไอเสีย

วาล์วจะปิดช่องดังกล่าวก็ต่อเมื่อวาล์วเคลื่อนที่จนหน้าวาล์วสัมผัสกับบ่าวาล์ว และวาล์วจะเปิดออกเมื่อวาล์วเคลื่อนที่ห่างออกจากบ่าวาล์ว โดยทั่วไปแล้ววาล์วไอดีจะมีขนาดโตกว่าวาล์วไอเสีย ดังรูป 3.22

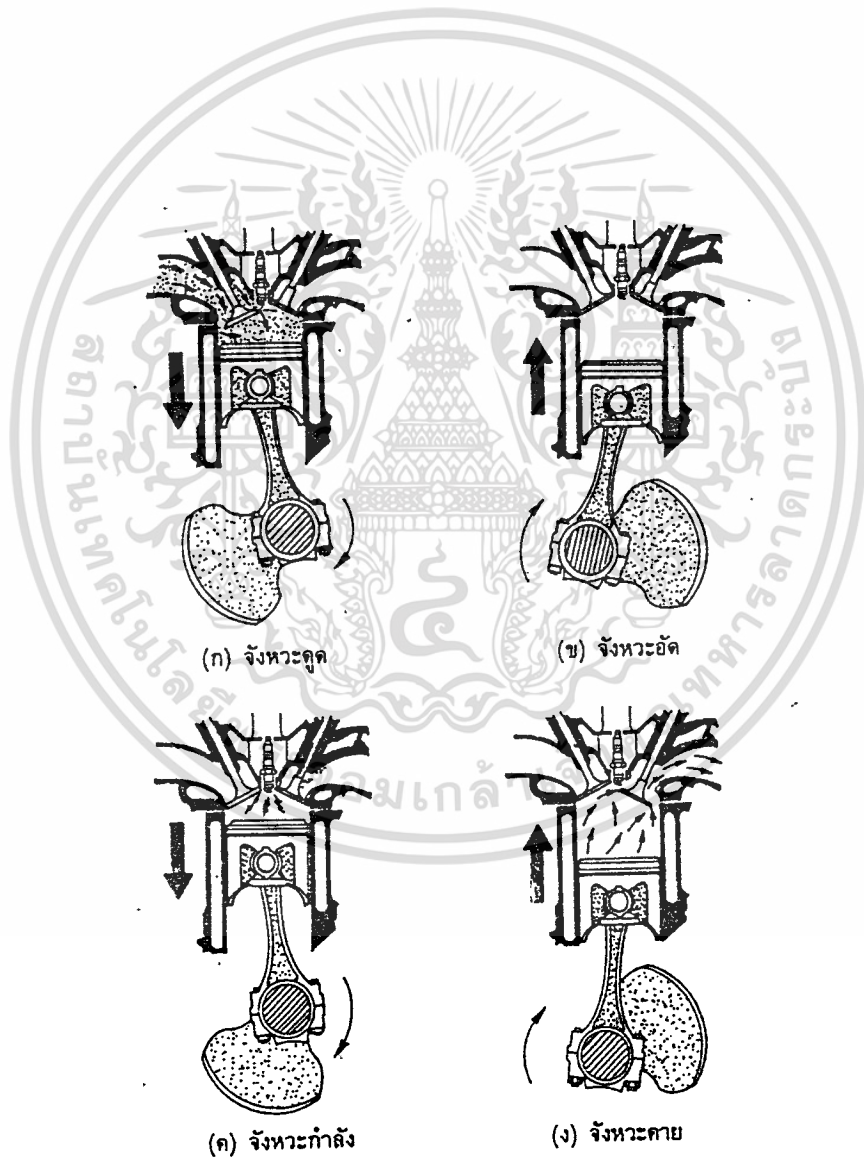


รูปที่ 3.22 วาล์วและบ่าวาล์วในฝาสูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6 การทำงานของเครื่องยนต์

การทำงานของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟแบ่งออกเป็น 4 จังหวะ ซึ่งได้แก่ จังหวะดูด จังหวะอัด จังหวะกำลัง และจังหวะคาย เครื่องยนต์จะต้องหมุน 2 รอบจึงจะครบวัฏจักร (cycle) การทำงานของเครื่องยนต์ เครื่องยนต์ที่ทำงาน 4 จังหวะดังกล่าวเรียกว่า เครื่องยนต์วัฏจักร 4, จังหวะ (four - stroke-cycle engine) หรือเรียกสั้นๆ ว่า เครื่องยนต์ 4 จังหวะ ดังรูปที่ 3.23

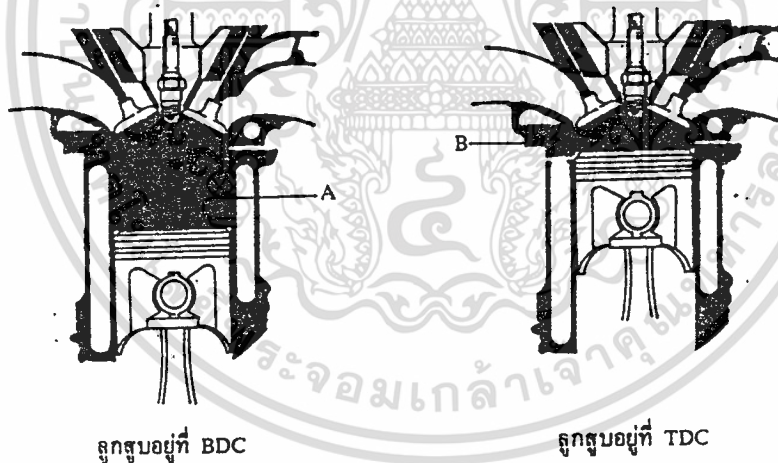


รูปที่ 3.23 จังหวะการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. จังหวะดูด (intake stroke) ในช่วงจังหวะดูด ลูกสูบจะเคลื่อนที่ลง วาล์วไอดีเปิดออก และไอดีถูกดูดให้ไหลเข้ากระบอกสูบ ทั้งนี้เพราะว่าในขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ลง จะเกิดสุญญากาศในกระบอกสูบทำให้เกิดแรงดูดไอดีเข้ากระบอกสูบ เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ถึงจุดต่ำสุด วาล์วไอดีจะปิด

2. จังหวะอัด (compression stroke) หลังจากลูกสูบเคลื่อนที่ถึงจุดต่ำสุดแล้วก็จะเริ่มเคลื่อนที่ขึ้น วาล์วไอดีและวาล์วไอเสียปิด ไอดีภายในกระบอกสูบจะถูกอัดให้มีปริมาตรเล็กลงจึงเรียกว่า จังหวะอัด เช่น จากปริมาตร 8 ส่วน ถูกอัดจนเหลือเพียง 1 ส่วน อัตราส่วนระหว่างปริมาตรก่อนอัดกับปริมาตรหลังอัดเรียกว่า อัตราส่วนการอัด (compression ratio) ในรูปจะแสดงอัตราส่วนการอัดในขณะที่ลูกสูบอยู่ที่ตำแหน่งต่ำสุดและสูงสุด อัตราส่วนการอัดคือ ปริมาตร Aหารด้วยปริมาตร B



รูปที่ 3.24 อัตราส่วนการอัดคือ ปริมาตร A หารด้วยปริมาตร B

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

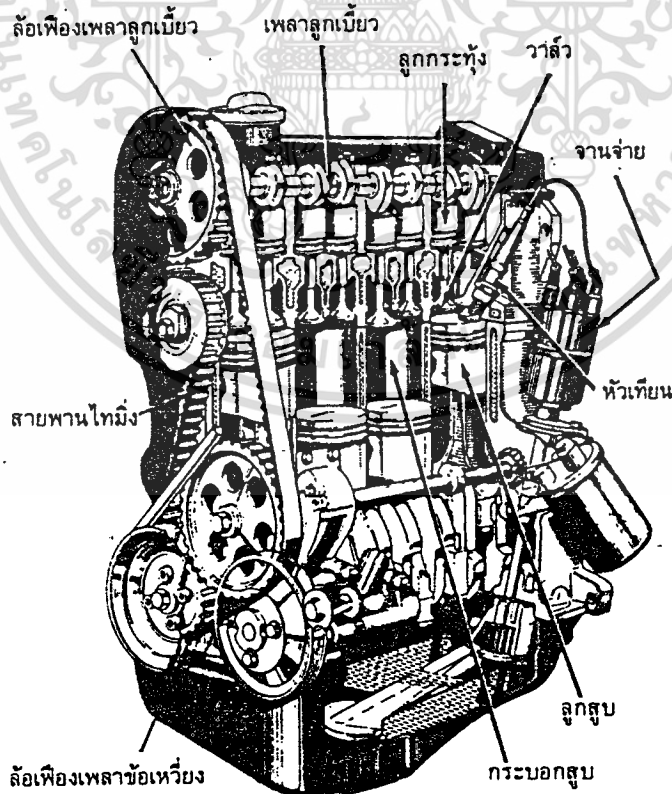
ในระหว่างการเผาไหม้ จะเกิดความดันสูงกระทำต่อลูกสูบให้เคลื่อนที่ลงและถ่ายทอดผ่าน ก้านสูบไปสู่เพลาช้อเหวี่ยง

4. จังหวะคาย (exhaust stroke) เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ใกล้ถึงศูนย์ตายล่าง วาล์วไอเสียจะเปิด ออก หลังจากลูกสูบเคลื่อนที่ผ่านศูนย์ตายล่างแล้วก็จะเคลื่อนที่ขึ้น และไล่ไอเสียออกจากกระบอก สูบทางวาล์วไอเสีย จึงเรียกว่า จังหวะคาย

เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ผ่านศูนย์ตายบนแล้วก็จะเริ่มเคลื่อนที่ลง วาล์วไอเสียจะปิด และวาล์วไอดีจะเปิดออก เพื่อเริ่มต้นจังหวะดูดอีกครั้งหนึ่ง

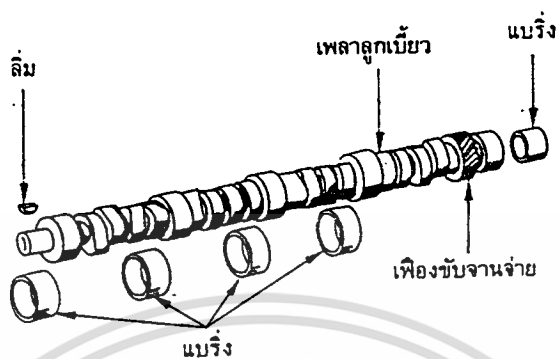
3.2.7 การทำงานของวาล์ว

กลไกที่ทำหน้าที่เปิดและปิดวาล์วเรียกว่า กลไกวาล์ว (valve train) กลไกวาล์วอย่างง่าย แสดงดังในรูปที่ 3.25 ประกอบด้วยเพลาลูกเบี้ยว ซึ่งติดตั้งที่ส่วนบนของเครื่องยนต์ (บนฝาสูบ) เพลาลูกเบี้ยวถูกขับเคลื่อนด้วยสายพาน เพลาลูกเบี้ยวมีลูกเบี้ยวหลายอันซึ่งขึ้นอยู่กับ จำนวน กระบอกสูบ โดยทั่วไปแล้วจะใช้ลูกเบี้ยว 2 อัน สำหรับหนึ่งกระบอกสูบ



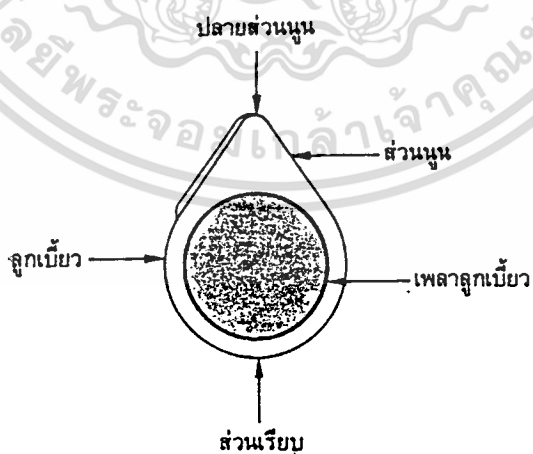
รูปที่ 3.25 เครื่องยนต์โอเวอร์เฮดแคมชาฟต์แบบ 4 สูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.26 เพลาลูกเบี้ยวและแบริ่งของเครื่องยนต์กระบอกสูบวีแบบ 8 สูบ

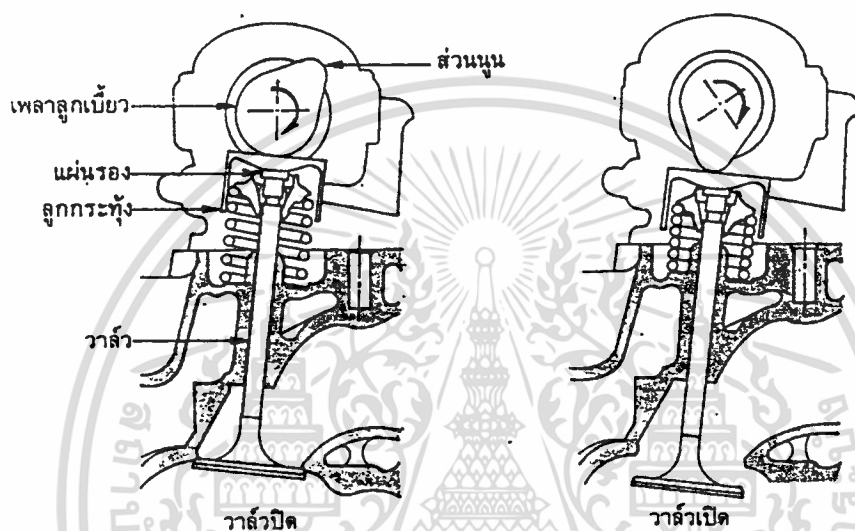
ลูกเบี้ยวมีลักษณะเป็นปลอกกลมพร้อมด้วยส่วนนูนดังแสดงในรูปที่ 3.27 ลูกเบี้ยวนั้นจะอยู่เหนือก้านวาล์วและลูกกระทันจะอยู่ส่วนบนของก้านวาล์ว



รูปที่ 3.27 ลูกเบี้ยวบนเพลาลูกเบี้ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปิดและเปิดวาล์วในขณะที่ลูกเบี้ยวหมุนอยู่บนลูกกระตุ่ง สปริงวาล์วจะดันให้วาล์วปิด เมื่อส่วนนูนของลูกเบี้ยวไม่สัมผัสกับลูกกระตุ่ง แต่เมื่อส่วนนูนของลูกเบี้ยวกดลงบนลูกกระตุ่ง สปริงวาล์วจะถูกกดให้ยุบตัวลง ในขณะที่วาล์วเลื่อนห่างจากบ่าวาล์ว ซึ่งเป็นการเปิดของวาล์ว ดังแสดงในรูปที่ 3.28

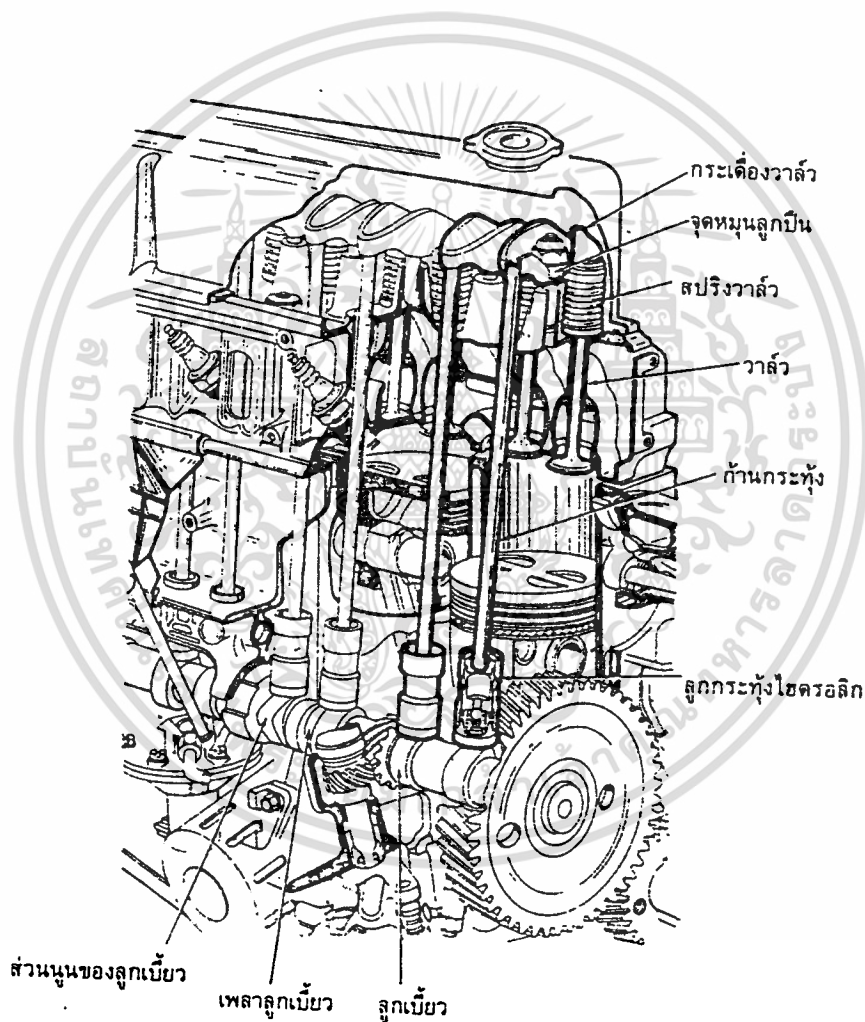


รูปที่ 3.28 การทำงานของกลไกวาล์วสำหรับเครื่องยนต์โอเวอร์เฮดแคมชาฟต์

กลไกวาล์วดังรูปที่ 3.28 จะมีเหล็กลูกเบี้ยวอยู่บนหัววาล์ว เครื่องยนต์ประเภทนี้เรียกว่า เครื่องยนต์โอเวอร์เฮดแคมชาฟต์ (overhead - camshaft engine) ซึ่งเขียนย่อว่า OHC

3.2.8 กลไกวาล์วแบบก้านกระทุ้ง

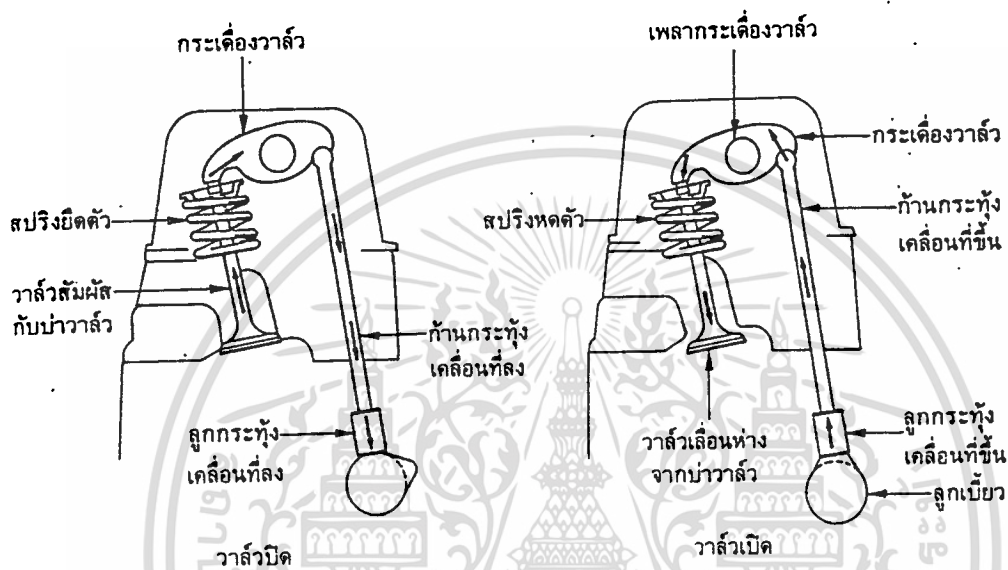
นอกจากกลไกวาล์วที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ยังมีกลไกวาล์วแบบก้านกระทุ้ง (pushrod valve train) ซึ่งเป็นกลไกวาล์วที่นิยมใช้กันมากในอดีตและก็ยังคงใช้กันอยู่ในปัจจุบัน จะประกอบด้วย เพลาลูกเบี้ยวซึ่งติดตั้งอยู่ในเสื้อสูบ ดังแสดงในรูปที่ 3.29 เป็นการถ่ายทอดการเคลื่อนที่จากลูกเบี้ยวไปยังวาล์วใช้ก้านกระทุ้งช่วย



รูปที่ 3.29 กลไกวาล์วแบบก้านกระทุ้งซึ่งใช้เฟืองขับเคลื่อนเพลาลูกเบี้ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของกลไกวาล์วแบบก้านกระทุ้ง เมื่อสันนูนของลูกเบี้ยวไม่สัมผัสกับลูกกระทุ้ง วาล์วจะอยู่ในตำแหน่งปิด แต่เมื่อสันนูนของลูกเบี้ยวดันลูกกระทุ้งให้เคลื่อนที่ขึ้น วาล์วจะถูกดันให้เปิดออก โดยถ่ายทอดการเคลื่อนที่ผ่านก้านกระทุ้งและกระเดื่องวาล์ว ดังแสดงในรูป 3.30



รูปที่ 3.30 การทำงานของกลไกวาล์วแบบก้านกระทุ้ง

3.2.9 เครื่องยนต์หลายสูบ

เพื่อให้กำลังของเครื่องยนต์ออกมาอย่างต่อเนื่องและไม่กระตุก จึงนิยมใช้เครื่องยนต์ที่มีจำนวนกระบอกสูบมากกว่าหนึ่งสูบขึ้นไป ที่นิยมกันมากคือ มีจำนวน 4 สูบ หรือมากกว่า ทั้งนี้เนื่องจากในแต่ละกระบอกสูบจะให้จังหวะกำลังทุกๆ 2 รอบของการหมุนของเพลลาข้อเหวี่ยง ดังนั้นถ้าเครื่องยนต์ 4 สูบ จะให้จังหวะกำลังสลับกันทุกๆ ครึ่งรอบของการหมุนของเพลลาข้อเหวี่ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การวัดค่าและสมรรถนะเครื่องยนต์

3.3.1 งาน (work) คือ การเคลื่อนที่ของวัตถุต้านกับแรงตรงข้าม วัตถุสามารถเคลื่อนที่ได้ โดยการดัน ดึง หรือยก เช่น เมื่อยกวัตถุขึ้น วัตถุจะเคลื่อนที่ขึ้นต้านการดึงดูดของแรงโน้มถ่วงของโลก

เมื่อวัตถุหนัก 5 ปอนด์ (lb) ถูกยกขึ้นสูงจากพื้นโลก 5 ฟุต (ft) งานที่ทำกับวัตถุนั้นเท่ากับ $5 \times 5 = 25 \text{ ft} \cdot \text{lb}$

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 $1 \text{ ft} \cdot \text{lb} = 1.356 \text{ J}$

3.3.2 พลังงาน (energy) คือ ความสามารถในการทำงาน เมื่อเราเห็นคนคนหนึ่งสามารถทำงานได้จำนวนมาก เราจะกล่าวว่าคนนั้นมีพลังงานมาก น้ำมันแก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิงซึ่งให้พลังงานออกมาเมื่อเผาไหม้ พลังงานสามารถทำงานได้ จึงทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่

3.3.3 กำลัง (power) คือ อัตราการทำงาน เครื่องจักรที่สามารถทำงานได้จำนวนมากในเวลาสั้นเรียกว่า เครื่องจักรกำลังสูง

3.3.4 ทอร์ก (torque) คือ แรงบิดหรือแรงหมุน เช่น เราให้ทอร์กกับฝาขวดเพื่อคลายฝาเกลียวออก หรือเราให้ทอร์กกับพวงมาลัยรถยนต์เพื่อเลี้ยวรถยนต์ หรือเครื่องยนต์ถ่ายทอดทอร์กไปยังล้อขับเคลื่อนเพื่อหมุนล้อ หรือเราให้ทอร์กกับข้อเหวี่ยงเพื่อยกน้ำหนัก

ทอร์กไม่เหมือนกับกำลัง เพราะทอร์กเป็นแรงบิดซึ่งอาจมีผลต่อการเคลื่อนที่หรือไม่ก็ได้ แต่กำลังต้องมีการเคลื่อนที่ หน่วยของทอร์กคือ N.m หรือ lb - ft

3.3.5 กำลังม้า (horsepower, hp) คือ กำลังของม้า 1 ตัว หรืออัตราการทำงานของม้า 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 ปริมาณงานที่ทำภายในเวลา 1 นาที คือ 33,000 ft - lb (165 ft x 200 lb) ถ้าเป็นระบบเมตริกจะมีค่าเท่ากับ 4500 kg.m

3.3.6 ความเฉื่อย (inertia) เป็นคุณสมบัติของวัตถุทั้งหมด วัตถุที่ไม่เคลื่อนที่ยังคงหยุดนิ่งจนกว่าจะมีแรงมากระทำต่อวัตถุนั้น วัตถุที่กำลังเคลื่อนที่จะยังคงเคลื่อนที่ติดไปด้วยอัตราเร็วคงที่ และทิศทางเดิมจนกว่าจะมีแรงมากระทำเพื่อเปลี่ยนอัตราเร็วและทิศทางการเคลื่อนที่

เมื่อรถยนต์จอดนิ่งไม่เคลื่อนที่ ความเฉื่อยของรถยนต์ต้องมากกว่าแรงที่กระทำต่อรถยนต์เพื่อที่จะให้รถยนต์เคลื่อนที่ เมื่อรถยนต์กำลังเคลื่อนที่ จะต้องเพิ่มแรงกระทำกับรถยนต์มากขึ้นเพื่อให้รถยนต์เคลื่อนที่เร็วมากขึ้น และเมื่อต้องการชะลออัตราเร็วของรถยนต์ แรงเบรกจะต้องมากกว่าความเฉื่อยของรถยนต์

3.3.7 ความเสียด (friction) คือ ความต้านทานต่อการเคลื่อนที่ระหว่างวัตถุ 2 ชิ้นที่สัมผัสกัน ถ้าเราวางหนังสือบนโต๊ะและออกแรงดันหนังสือ เราจะต้องใช้แรงจำนวนหนึ่งเพื่อดันให้หนังสือเคลื่อนที่ไปได้ ถ้าเราวางหนังสืออีกเล่มหนึ่งซ้อนบนหนังสือเล่มแรก เราจะต้องใช้แรงมากกว่าเดิม เพื่อที่จะดันให้หนังสือทั้งสองเคลื่อนที่ไปได้พร้อมกัน สาเหตุก็เพราะว่าความเสียดต้านการเคลื่อนที่และความเสียดเพิ่มขึ้นเมื่อภาระ (load) เพิ่มขึ้น ดังนั้นภาระยิ่งมาก ความเสียดก็ยิ่งมากด้วย

ความเสียดมี 3 ชนิด คือ

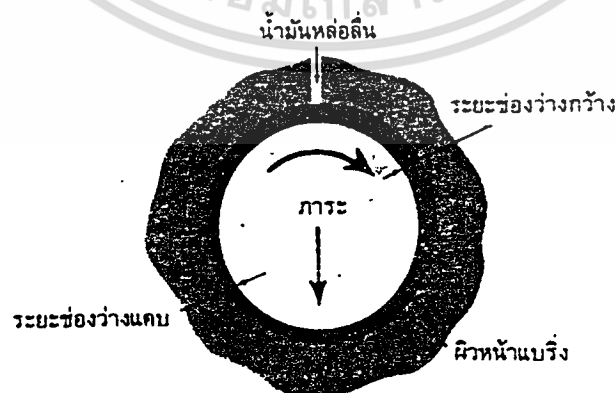
1. ความเสียดแห้ง
2. ความเสียดเปียก
3. ความเสียดหนืด

1. ความเสียดแห้ง (dry friction) เป็นความเสียดที่ต้านการเคลื่อนที่ระหว่างวัตถุแห่ง 2 ชิ้น เช่น ความเสียดระหว่างแผ่นไม้ที่ถูกลากไปบนพื้นแห้ง

2. ความเสียดเปียก (greasy friction) เป็นความเสียดที่ต้านการเคลื่อนที่ระหว่างวัตถุ 2 ชิ้นที่ทาด้วยน้ำมันหล่อลื่นหรือจาระบีเล็กน้อยที่ผิวของวัตถุ

สำหรับเครื่องยนต์นั้น ความเสียดเปียกอาจเกิดขึ้นในเครื่องยนต์ขณะเริ่มสตาร์ทครั้งแรก ทั้งนี้เพราะว่าน้ำมันหล่อลื่นส่วนมากไหลออกจากผิวหน้าแบร็ง ผนังกระบอกสูบ และแหวนลูกสูบ เหลือไว้เพียงชั้นน้ำมันหล่อลื่นบางๆ เคลือบบนผิวสัมผัส ลักษณะนี้จะเรียกความเสียดที่เกิดขึ้นว่า ความเสียดเปียก หลังจากสตาร์ทเครื่องยนต์ดีดแล้ว น้ำมันหล่อลื่นจะถูกปั๊มมาหล่อเลี้ยงชิ้นส่วนเหล่านั้นทันที แต่ก่อนที่จะเกิดขึ้น ความเสียดจะเป็นเพียงความเสียดเปียกเท่านั้น และความเสียดเปียกนี้ไม่เพียงพอต่อการป้องกันการสึกหรอ ดังนั้นการสึกหรอจึงเกิดขึ้นเป็นจำนวนมากในขณะเริ่มสตาร์ทและอุ่นเครื่องยนต์

3. ความเสียดหนืด (viscous friction) ความหนืด (viscosity) คือ เทอมที่แสดงแนวโน้มของของเหลวในการต้านการไหล เช่น น้ำมันหล่อลื่น น้ำมันหล่อลื่นหนักมีความหนืดมากกว่าน้ำมันหล่อลื่นเบา และไหลช้ากว่าหรือมีความต้านทานต่อการไหลมากกว่า ความเสียดหนืด คือ ความเสียดหรือความต้านทานต่อการเคลื่อนที่ระหว่างชั้นของของเหลว สำหรับแบร็งเครื่องยนต์ ชั้นของน้ำมันหล่อลื่นจะเกาะติดกับผิวหน้าแบร็งและผิวหน้าเพลลา ชั้นของน้ำมันหล่อลื่นจะล้อมรอบเพลลาในขณะที่เพลลาหมุน น้ำมันหล่อลื่นรองรับภาระหรือน้ำหนักบนเพลลา เพลลาลอยตัวอยู่บนชั้นน้ำมันหล่อลื่น ดังแสดงในรูปที่ 3.32 และไม่มีการสัมผัสกันระหว่างโลหะกับโลหะ

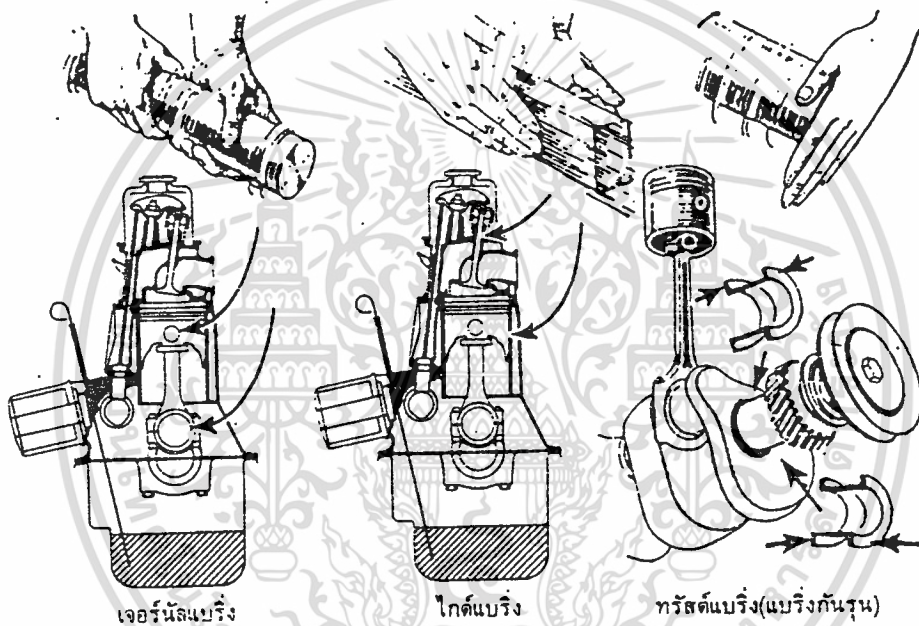


รูปที่ 3.32 เพลลาลอยตัวอยู่บนชั้นน้ำมันหล่อลื่นในขณะที่กำลังหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตามชั้นน้ำมันหล่อลื่นหนึ่งต้องเคลื่อนที่ไปบนชั้นน้ำมันหล่อลื่นอื่นๆ ซึ่งต้องใช้พลังงานจำนวนหนึ่ง ความต้านทานต่อการเคลื่อนที่ระหว่างชั้นของน้ำมันหล่อลื่น เรียกว่า ความฝืดหนืด

เครื่องยนต์มีน้ำมันหล่อลื่นเข้าไปหล่อเลี้ยงชิ้นส่วนต่างๆ ที่เคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ของผิวหน้าบนชั้นน้ำมันหล่อลื่นต้องเอาชนะความฝืดหนืด ผิวหน้าของแบร็งในเครื่องยนต์ที่มีน้ำมันหล่อลื่นเข้าไปหล่อเลี้ยง ซึ่งอยู่ในชนิดของความฝืดหนืด ได้แก่ เจอร์นัลแบร็ง (journal bearing) ไกด์แบร็ง (guide bearing) และทรัสต์แบร็ง (thrust bearing) หรือแบร็งกันรุน ดังแสดงในรูปที่ 3.33



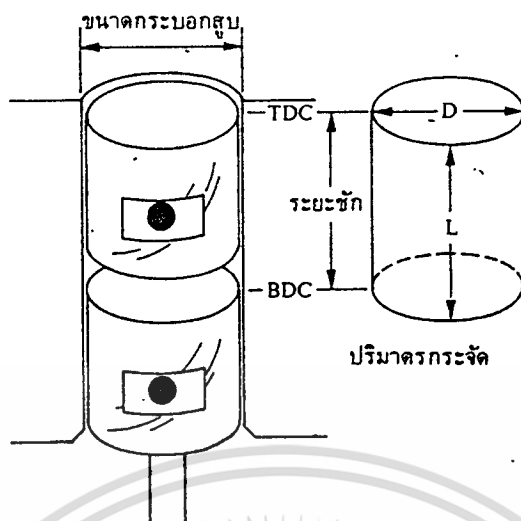
รูปที่ 3.33 ผิวหน้าของแบร็งความฝืดในเครื่องยนต์

3.3.8 ขนาดกระบอกสูบและระยะชัก

ขนาดกระบอกสูบ (bore) คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบ ระยะชัก (stroke) คือ ระยะการเคลื่อนที่ของลูกสูบจากศูนย์กลางถึงศูนย์กลางบน (จาก BDC ถึง TDC) ดังในรูป 3.34

การกำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับกระบอกสูบนิยมกำหนดด้วยขนาดกระบอกสูบคูณด้วยระยะชัก เช่น เครื่องยนต์ 83 x 88 mm หมายถึงขนาดกระบอกสูบเท่ากับ 83 mm และระยะชักเท่ากับ 88 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.34 ขนาดกระบอกสูบ ระยะชัก และปริมาตรกระจัด

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

เครื่องโอเวอร์สแควร์มีข้อดีหลายประการ ระยะชักสั้นลงทำให้แหวนลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นลง การสูญเสียพลังงานเนื่องจากความฝืดลดลง ภาระบนแบร็งลดลง และความสูงของเครื่องยนต์ลดลง อย่างไรก็ตามเครื่องยนต์ที่มีระยะชักสั้นเกินไปก็มีผลเสียเช่นกันคือ การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เครื่องยนต์บางเครื่องต้องเพิ่มระยะชักให้ยาวขึ้น เพื่อลดมลพิษที่ปล่อยออกมาทางท่อไอเสีย

3.3.9 ปริมาตรกระจัด (piston displacement) คือ ปริมาตรที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของลูกสูบจาก BDC ถึง TDC เช่น เครื่องยนต์ 83 x 88 mm 4 สูบมีปริมาตรกระจัดดังนี้ สำหรับหนึ่งกระบอกสูบปริมาตรกระจัด คือ

$$\begin{aligned} \frac{\pi}{4}(D^2)L &= \frac{\pi}{4}(83)^2 (88) \text{ mm}^3 \\ &= 476,133.499 \text{ mm}^3 \\ \text{หรือ} &= 476.13 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned} \text{ปริมาตรกระจัดรวม 4 สูบ} &= 476.13 \times 4 \text{ cm}^3 \\ &= 1905 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

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

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

3.3.10 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 $480 / 52 = 9.23$

3.3.11 การเพิ่มอัตราส่วนการอัด

โดยเฉลี่ยแล้วอัตราส่วนการอัดของเครื่องยนต์ใหม่ๆ เพิ่มขึ้นมาเรื่อยๆ ในแต่ละปี ทั้งนี้เพราะว่าการเพิ่มอัตราส่วนการอัดจะช่วยทำให้กำลังเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นและประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงมากขึ้น โดยไม่ต้องเพิ่มขนาดหรือน้ำหนักเครื่องยนต์

เครื่องยนต์ที่มีอัตราส่วนการอัดสูงจะอัดไอดีมากขึ้น ทำให้ความดันในกระบอกสูบที่จุดเริ่มต้นของจังหวะกำลังสูงมากขึ้น เมื่อจุดระเบิดเผาไหม้ไอดีจะมีแรงกระทำกับลูกสูบมากขึ้น และเป็นผลทำให้ได้กำลังมากขึ้น

ในสมัยก่อนอัตราส่วนการอัดโดยเฉลี่ยประมาณ 8 : 1 ต่อมาเพิ่มขึ้น จนบางเครื่องสูงถึง 9.5 : 1 เมื่อไม่นานมานี้ ความก้าวหน้าทางวิศวกรรมยานยนต์เกี่ยวกับการเผาไหม้ด้วยส่วนผสมบางเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเผาไหม้เร็วของไอดี การใช้ห้องเผาไหม้แบบหมุนวน และการควบคุมไอเสีย ช่วยให้สามารถใช้เครื่องยนต์อัตราส่วนการอัดสูงได้โดยไม่เกิดผลเสียต่อเครื่องยนต์และการเกิดมลพิษ

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



รูปที่ 3.35 การสะสมของตะกอนคาร์บอนในกระบอกสูบทำให้อัตราส่วนการอัดเพิ่มขึ้นจาก 8.25:1 เป็น 10:1

ตะกอนคาร์บอนที่สะสมอยู่ในกระบอกสูบมีส่วนทำให้อัตราส่วนการอัดของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น เพราะว่าตะกอนคาร์บอนเข้าไปแทนที่ปริมาตรช่องว่าง ดังแสดงในรูปที่ 3.35

ซึ่งทำให้อัตราส่วนการอัดเพิ่มขึ้นจาก 8.25 : 1 เป็น 10 : 1 ตะกอนคาร์บอนในกระบอกสูบเกิดขึ้นจากการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงไม่สมบูรณ์ และการเผาไหม้น้ำมันหล่อลื่นในห้องเผาไหม้ นอกจากนี้ตะกอนคาร์บอนในกระบอกสูบยังมีส่วนทำให้เกิดมลพิษทางท่อไอเสียมากขึ้น ทั้งนี้เพราะว่าคาร์บอนดูดซับน้ำมันเชื้อเพลิงจากไอดีและจากก๊าซที่เผาไหม้ หลังจากที่มีความดันลดลงในจังหวะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คาย คาร์บอนจะปล่อยไอระเหยของน้ำมันเชื้อเพลิงออกมาพร้อมกับก๊าซไอเสีย ทำให้ไอเสียมีไฮโดรคาร์บอน (HC) ซึ่งเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงที่ยังไม่ได้เผาไหม้เพิ่มขึ้น

3.3.12 ประสิทธิภาพในเชิงปริมาตร

ปริมาตรอากาศหรือไอดีที่ถูกดูดเข้ากระบอกสูบวัดเป็นประสิทธิภาพเชิงปริมาตร (volumetric efficiency) ถ้าไอดีถูกดูดเข้ากระบอกสูบอย่างช้าๆ 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

สิ่งนี้ทำให้อัตราเร็วและกำลังเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นอย่างมีขอบเขตจำกัด เพราะที่อัตราเร็วสูงมากๆ เครื่องยนต์ไม่สามารถหายใจหรือดูดไอดีเข้าได้ทัน ทำให้เครื่องยนต์ขาดไอดีและไม่สามารถผลิตกำลังได้เพิ่มขึ้นอีกต่อไป

การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงปริมาตร สามารถทำได้โดยการขยายวาล์วไอดีให้ใหญ่ขึ้น เพิ่มจำนวนวาล์วไอดีให้มากขึ้น หรือเพิ่มระยะเปิดของวาล์วไอดีให้กว้างขึ้นโดยการปรับส่วนนูนของลูกเบี้ยวให้สูงขึ้น นอกจากนี้อาจขยายท่อร่วมไอดีให้โตขึ้นและออกแบบให้ท่อเค้นตรงและสั้นที่สุดเท่าที่จะทำได้ ท่อร่วมไอดีควรมีผิวหน้าภายในเรียบ

สำหรับวิธีอื่นๆ ที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของเครื่องยนต์ให้มากขึ้น ได้แก่ การใช้คาร์บูเรเตอร์แบบ 2 ท่อหรือแบบ 4 ท่อ และการใช้เทอร์โบชาร์จเจอร์อัดไอดีหรืออากาศเข้า

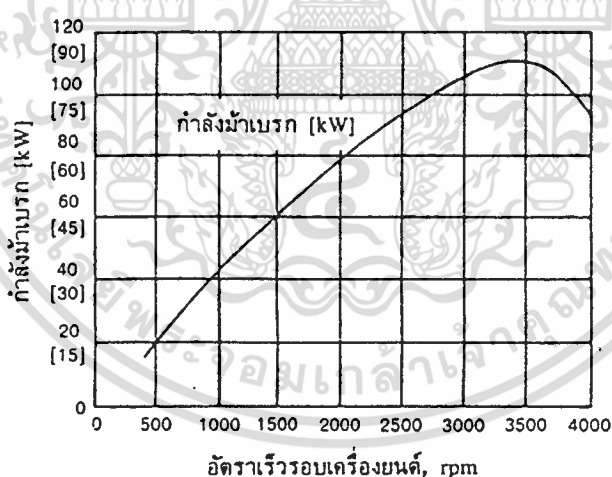
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบอกสูบเครื่องยนต์ที่ใช้เทอร์โบชาร์จเจอร์อาจมีประสิทธิภาพเชิงปริมาตรเกิน 100 เปอร์เซ็นต์ก็ได้

3.3.13 กำลังม้าเบรก

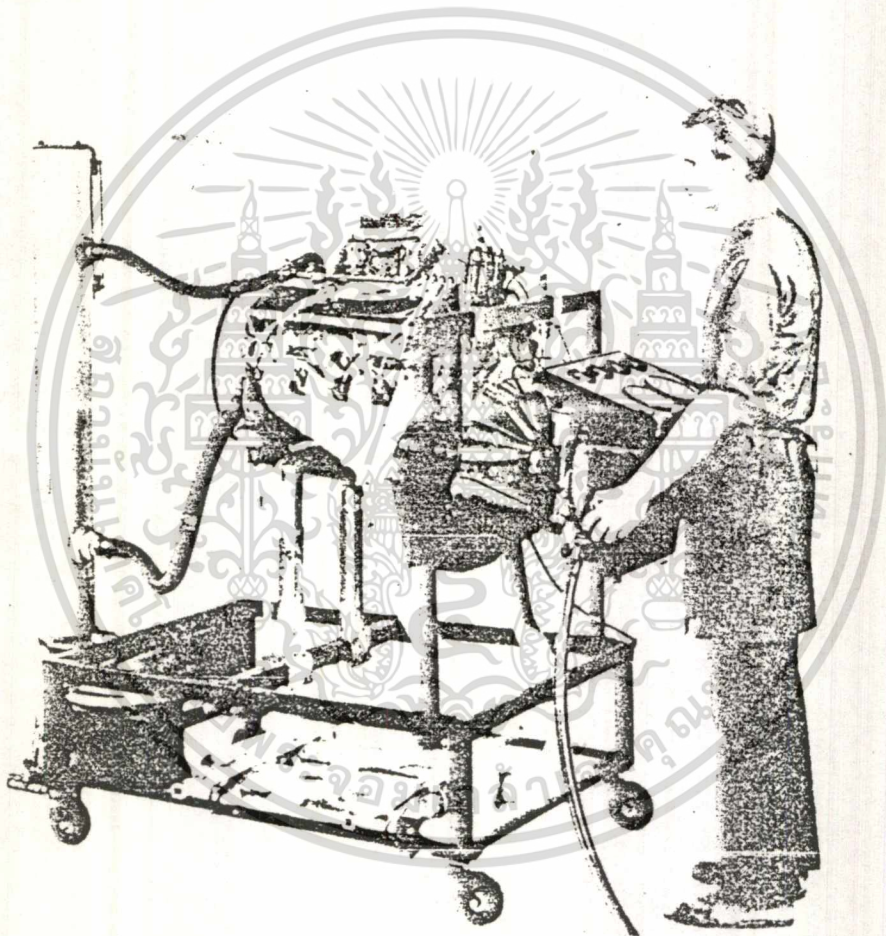
กำลังเครื่องยนต์ที่ออกมาจากเพลาค้อเหวี่ยงวัดเป็นกำลังม้าเบรก (brake horsepower หรือ bhp) ซึ่งนี้มาจากการวัดกำลังม้าของเครื่องยนต์โดยใช้อุปกรณ์เบรก ซึ่งทำหน้าที่ยึดเพลาค้อเหวี่ยงให้หมุนช้าลง การหาเส้นกำลังม้าเบรก (brake horsepower curve) ของเครื่องยนต์จะต้องทดสอบที่อัตราเร็วรอบเครื่องยนต์ต่างๆ กัน เช่น ที่อัตราเร็วรอบ 2000 rpm เครื่องยนต์ให้กำลังออกมา 80 hp (60 kW) ดังแสดงในรูป



รูปที่ 3.36 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและอัตราเร็วรอบเครื่องยนต์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดกำลังม้าเบรกคือ ไดนาโมมิเตอร์ (dynamometer) อุปกรณ์นี้ทำหน้าที่ดูดซับกำลัง โดยใช้เบรคน้ำ เบรกความฝืด หรือเจนเนอเรเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงภาระที่กระทำต่อเครื่องยนต์ได้ จากนั้นก็วัดกำลังเครื่องยนต์ที่ตำแหน่งต่างๆ ของอัตราเร็วรอบเครื่องยนต์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไดนาโมมิเตอร์ที่ใช้ทดสอบเครื่องยนต์โดยจะต้องถอดเครื่องยนต์ออกจากรถยนต์ แล้วนำมาติดตั้งบนไดนาโมมิเตอร์ ไดนาโมมิเตอร์นี้เรียกว่า เอ็นจินไดนาโมมิเตอร์ (engine dynamometer) ดังแสดงในรูปที่ 3.37



รูปที่ 3.37 เอ็นจินไดนาโมมิเตอร์

ไดนาโมมิเตอร์อีกแบบหนึ่งที่ใช้ทดสอบเครื่องยนต์โดยไม่ต้องถอดเครื่องยนต์ออกจากรถยนต์ การทดสอบทำได้โดยวางล้อขับเคลื่อนของรถยนต์ลงบนลูกกลิ้งของไดนาโมมิเตอร์ ลูกกลิ้งเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของไคนาโมมิเตอร์ถูกขับเคลื่อนโดยล้อขับเคลื่อนของรถยนต์ แล้วเปลี่ยนแปลงภาระบนลูกกลิ้ง ในขณะที่วัดกำลังเครื่องยนต์ที่อัตราเร็วต่างๆ ไคนาโมมิเตอร์แบบนี้เรียกว่า แชสซิสไคนาโมมิเตอร์ (chassis dynamometer) นอกจากนี้ใช้ตรวจสอบเครื่องยนต์แล้ว ยังสามารถใช้ในการตรวจสอบส่วนอื่นๆ ของรถยนต์ด้วย เช่น คลัตช์ ห่วงเกียร์ เฟลาขับ และเบรก

3.3.14 ผลของการทดสอบด้วยไคนาโมมิเตอร์

ผู้ผลิตเครื่องยนต์จะทดสอบกำลังเครื่องยนต์ 2 อย่างคือ กำลังรวม (gross power) และ กำลังสุทธิ (net power) กำลังรวมทดสอบบนไคนาโมมิเตอร์โดยใช้เครื่องยนต์พื้นฐาน (basic engine) เครื่องยนต์พื้นฐานคือ เครื่องยนต์ที่ถอดชิ้นส่วนต่างๆ ที่ไม่จำเป็นออกไป ยกเว้นชิ้นส่วนที่จำเป็นต่อการทำงานเท่านั้น ชิ้นส่วนที่จำเป็นได้แก่ ป้อน้ำมันเชื้อเพลิง ป้อนน้ำมันหล่อลื่น ป้อนน้ำมันและอุปกรณ์กำจัดก๊าซพิษ ชิ้นส่วนเหล่านี้เป็นชิ้นส่วนที่สร้างขึ้นอยู่ภายในเครื่องยนต์

ผู้ผลิตในสมัยก่อนทดสอบกำลังเครื่องยนต์ด้วยกำลังรวม และใช้ตัวเลขนี้ในการโฆษณาทางการค้า ดังนั้นกำลังรวมจึงมักรู้จักกันในรูปของ กำลังม้าโฆษณา (advertised horsepower)

ปัจจุบันนี้เครื่องยนต์ส่วนมากกำหนดกำลังเป็นกำลังสุทธิ การทดสอบกระทำกับเครื่องยนต์ที่มีอุปกรณ์พร้อมตามการใช้งาน ซึ่งรวมถึงกรองอากาศ ระบบไอเสีย ระบบหล่อเย็น อัลเทอร์เนเตอร์ มอเตอร์สตาร์ท และอุปกรณ์ควบคุมไอเสีย โดยทั่วไปแล้ว กำลังสุทธิควรมีค่าเท่ากับกำลังเครื่องยนต์ที่ส่งเข้าห้องเกียร์เมื่อติดตั้งกับรถยนต์แล้ว

กำลังม้าอื่นๆ ก็คือ กำลังม้าขับเคลื่อน (road horsepower) ซึ่งเป็นกำลังที่ล้อขับเคลื่อน กำลังม้าขับเคลื่อนมีค่าน้อยกว่ากำลังม้าสุทธิ ทั้งนี้เพราะว่ากำลังบางส่วนสูญเสียไปเนื่องจากความฝืดในห้องเกียร์ ข้อต่ออ่อน เฟืองท้าย และเฟลาขับ นอกจากนี้เครื่องยนต์อาจใช้กำลังบางส่วนในการขับปั๊มพวงมาลัยเพาเวอร์และคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศ ดังนั้นทำให้กำลังม้าขับเคลื่อนลดลง

เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ความชื้น และความดันของอากาศมีผลต่อกำลังเครื่องยนต์ กำลังเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นเมื่อความดันบรรยากาศเพิ่มขึ้นและกำลังลดลงเมื่ออุณหภูมิของอากาศเพิ่มขึ้น อากาศที่มีความชื้นสูงช่วยให้ได้ส่วนผสมหนาขึ้นมากกว่าอากาศแห้ง ดังนั้นค่าที่อ่านได้จากไคนาโมมิเตอร์จะต้องคำนึงถึงตัวแปรต่างๆ ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยจะต้องปรับค่าที่อ่านได้ให้เหมาะสมกับสภาพในขณะนั้น

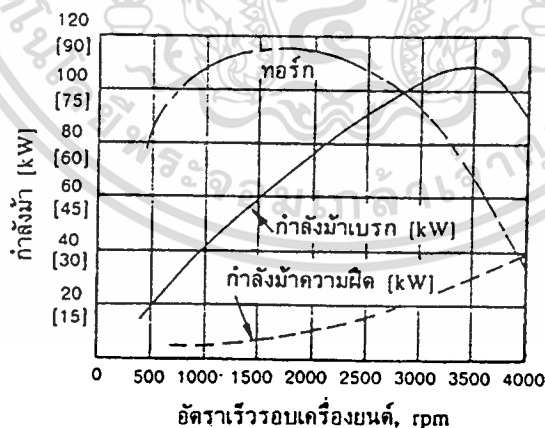
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.15 กำลังม้าอินดิเคเตด

กำลังม้าอินดิเคเตด (indicated horsepower หรือ ihp) เป็นกำลังที่เครื่องยนต์ผลิตขึ้นภายในห้องเผาไหม้ ในระหว่างกระบวนการเผาไหม้ การวัดกำลังม้าอินดิเคเตดต้องใช้อุปกรณ์พิเศษ อุปกรณ์จะวัดความดันจริงในกระบอกสูบเครื่องยนต์ ความดันในกระบอกสูบระหว่างจังหวะต่างๆ ความดันเหล่านี้ใช้ในการหาค่ากำลังม้าอินดิเคเตด ซึ่งมีค่าสูงกว่ากำลังม้าเบรกเสมอ เพราะว่ามีกำลังบางส่วนสูญเสียไปเพื่อเอาชนะความเสียดในเครื่องยนต์

3.3.16 กำลังม้าความเสียด

กำลังม้าความเสียด (friction horsepower หรือ fhp) เป็นกำลังที่ใช้ไปในการที่จะเอาชนะความเสียดของชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ในเครื่องยนต์ การสูญเสียกำลังเนื่องจากความเสียดส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่บริเวณแหวนลูกสูบ ความเสียดของแหวนลูกสูบที่เคลื่อนที่ในกระบอกสูรมีค่าประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ของความเสียดทั้งหมดในเครื่องยนต์ภายใต้สภาพบางอย่าง ดังนั้นเครื่องยนต์ที่มีระยะชักสั้นกว่าจึงได้เปรียบ เพราะแหวนลูกสูบเคลื่อนที่ระยะสั้นกว่า ความเสียดจึงน้อยลง ดังในรูปที่ 3.38 แสดงกำลังม้าความเสียดภายใต้สภาพที่กำหนดและเปรียบเทียบกับกำลังม้าเบรก



รูปที่ 3.38 เส้นทอร์ค กำลังม้าเบรก และกำลังม้าความเสียดของเครื่องยนต์เครื่องหนึ่ง

3.3.17 ความสัมพันธ์ระหว่าง bhp , ihp และ fhp

bhp คือ กำลังที่เพลาช้อเหวี่ยงนำไปใช้งาน ส่วน ihp คือ กำลังที่เกิดขึ้นในกระบอกสูบ และ fhp คือ กำลังที่ใช้เพื่อเอาชนะความเสียดภายในเครื่องยนต์ ความสัมพันธ์ของกำลังทั้งสาม คือ $bhp = ihp - fhp$ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อนำมาใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$bhp = ihp - fhp$$

กำลังม้าเบรกที่เพลาคือหน่วยเครื่องยนต์มีค่าเท่ากับกำลังม้าอินดิเคเตอร์ลบด้วยกำลังม้าความเสียด

3.3.18 ทอร์กเครื่องยนต์

ทอร์กเครื่องยนต์ คือ แรงบิดที่เกิดขึ้นบนเพลาคือหน่วยเครื่องยนต์ เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ลง ในจังหวะกำลัง จะส่งแรงกระทำผ่านก้านสูบไปยังเพลาคือหน่วย ความดันการเผาไหม้ยิ่งสูง ยิ่งทำให้ทอร์กเพิ่มมากขึ้น ไดนาโมมิเตอร์สามารถใช้วัดทอร์กเครื่องยนต์พร้อมกับกำลังม้า

3.3.19 กำลังม้าเบรกเปรียบเทียบกับทอร์ก

ทอร์กเครื่องยนต์เปลี่ยนแปลงไปตามอัตราเร็วรอบเครื่องยนต์ ในระหว่างอัตราเร็วรอบปานกลาง ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรมีค่าสูง ไอดีไหลเข้ากระบอกสูบมากขึ้น ความดันการเผาไหม้จึงมีค่าสูง และมีผลทำให้ทอร์กเพิ่มขึ้น

แต่ที่อัตราเร็วรอบสูงขึ้น ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรจะเริ่มลดลง ไอดีไม่มีเวลาเพียงพอที่จะไหลเข้าเต็มกระบอกสูบ ไอดีจึงไหลเข้ากระบอกสูบน้อยลง และมีผลทำให้ทอร์กลดลง

ถึงแม้ว่าทอร์กจะลดลงเมื่ออัตราเร็วรอบสูงขึ้น แต่กำลังม้าเบรคยังคงเพิ่มขึ้นต่อไป แต่ในที่สุดเมื่ออัตราเร็วรอบสูงมากๆ กำลังม้าเบรคจะลดลง ทั้งนี้เพราะว่าประสิทธิภาพเชิงปริมาตรลดลง และกำลังม้าความเสียดเพิ่มขึ้น

3.3.20 ประสิทธิภาพเครื่องยนต์

ประสิทธิภาพเป็นทอมที่แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง ความพยายามที่ใส่เข้าไปกับผลที่ได้รับ ในกรณีของเครื่องยนต์ ประสิทธิภาพ คือ ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังที่ได้รับออกมากับกำลังที่ควรจะได้รับเมื่อไม่มีการสูญเสียกำลัง ประสิทธิภาพเครื่องยนต์แสดงได้ 2 วิธีคือ ประสิทธิภาพเชิงกลและประสิทธิภาพเชิงความร้อน

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

$$\eta_m = \frac{bhp}{ihp}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างเช่น ที่อัตราเร็วรอบที่กำหนด ค่า bhp ของเครื่องยนต์เท่ากับ 116 และค่า ihp เท่ากับ 135 ดังนั้นประสิทธิภาพเชิงกลมีค่าเท่ากับ $116 / 135 = 0.86$ หรือ 86 เปอร์เซ็นต์ หมายถึงกำลังเครื่องยนต์ 86 เปอร์เซ็นต์ออกมาที่เพลาช้อเหวี่ยงเพื่อนำไปใช้งาน ส่วนกำลัง 14 เปอร์เซ็นต์สูญเสียไปเนื่องจากความเสียด

2. ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (thermal efficiency) คือ ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังที่ผลิตออกมากับพลังงานในน้ำมันเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ให้กำลังดังกล่าว ความร้อนบางส่วนที่เกิดจากการเผาไหม้ถูกนำออกไปด้วยระบบหล่อเย็นและระบบไอเสีย ความร้อนที่เหลือถูกนำไปใช้สร้างกำลังของเครื่องยนต์ ความร้อนที่สูญเสียในระหว่างการทำงานของเครื่องยนต์ค่อนข้างมาก โดยทั่วไปแล้วประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนมีค่าประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ หรืออาจน้อยกว่าเครื่องยนต์ดีเซลบางเครื่อง อาจมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์หรือสูงกว่า

3.4 ระบบการฉีดเชื้อเพลิงแบบหัวฉีด

ระบบการฉีดเชื้อเพลิงได้ถูกนำมาใช้ เพื่อปรับปรุงสมรรถนะของอากาศยาน (air craft) เนื่องจากเครื่องยนต์ของอากาศยาน ต้องทำงานในที่สูงภายใต้อากาศที่แปรปรวนทำให้คาร์บูเรเตอร์ไม่เหมาะสม ที่จะใช้งานในสภาวะเช่นนี้ จึงได้นำระบบฉีดเชื้อเพลิงมาใช้แทนคาร์บูเรเตอร์ และในปี พ.ศ. 2493 บริษัท เดมเลอร์เบนซ์ ได้สร้างรถแข่งโดยดัดแปลงจากระบบคาร์บูเรเตอร์ มาเป็นระบบฉีดเชื้อเพลิงซึ่งให้กำลังได้ดีกว่า ผลปรากฏว่าได้รับชัยชนะในการแข่งขัน จากนั้นเป็นต้นมาก็ได้มีการปรับปรุงพัฒนาระบบหัวฉีดเบนซินกันเรื่อยมา โดยระบบหัวฉีดได้เริ่มทำเลียนแบบการฉีดของเครื่องยนต์ดีเซล คือ มีปั๊มรูปร่างและการทำงาน คล้ายปั๊มเรียงแถวของเครื่องยนต์ดีเซลแตกต่างกัน เพียงการฉีดของหัวฉีดไม่ได้ฉีดเข้าห้องเผาไหม้ แต่จะฉีดเข้าที่ท่อร่วมไอดี หรือฉีดเข้าในท่อแยกไอดีบริเวณหลังลิ้นไอดี และการฉีดใช้แรงดันเพียง 4-6 บาร์เท่านั้น ผู้คิดและผู้ผลิตหัวฉีดแบบนี้ คือ บริษัท โรเบิร์ตบอช แห่งสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมันหรือเรียกสั้น ๆ ว่า Bosch ระบบนี้ได้นำมาใช้อยู่ช่วงระยะเวลาไม่นานนัก ซึ่ง Bosch ก็ได้สร้างระบบหัวฉีดเบนซินที่ใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์มาช่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1 ข้อดีของระบบหัวฉีดเบนซิน

ข้อดีของระบบหัวฉีดเบนซินเมื่อเปรียบเทียบกับคาร์บูเรเตอร์ ได้แก่

1. สามารถจัดปริมาณน้ำมัน ให้พอเหมาะกับความต้องการของเครื่องยนต์ทุกสภาวะ การเผาไหม้หมดจด พิชจากไอเสียมีน้อย ประหยัดน้ำมัน ให้กำลังเครื่องยนต์สูง และให้แรงบิดสูง
2. สะดวกในการใช้ร่วมกับระบบเทอร์โบชาร์จ เพราะการฉีดน้ำมันจะฉีดที่โคนลิ้นไอดี ก่อนเข้าเครื่องซึ่งผ่านคอมเพรสเซอร์ไปแล้ว
3. สามารถเร่งเครื่องได้รวดเร็ว เนื่องจากแรงดันของน้ำมันมารออยู่ที่หัวฉีดซึ่งอยู่ใกล้ห้องเผาไหม้
4. ตัดปัญหาเรื่องเครื่องยนต์น็อก (knock) ลงได้ ในกรณีที่ใช้ชุดส่งสัญญาณเพลลาข้อเหวี่ยง เป็นอิเล็กทรอนิกส์ และมีตัวส่งสัญญาณการน็อก (knocking sensor)

3.4.2 โครงสร้างของระบบฉีดเชื้อเพลิงควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

1. ชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (electronic control unit) หรือเรียกสั้น ๆ ว่า ชุดควบคุม เป็นหน่วยที่รับข้อมูลจากความดันไอดี อุณหภูมิไอดี ตำแหน่งของลิ้นปีกผีเสื้อ การสตาร์ทของเครื่องยนต์ ความเร็วของเครื่องยนต์และการเริ่มฉีดน้ำมัน ข้อมูลเหล่านี้จะแปลงเป็นสัญญาณพัลส์ ซึ่งจะทำการอุปกรณต่าง ๆ ทำงาน ส่วนวงจรขึ้นอยู่กับโซลินอยด์หัวฉีด ชุดควบคุมจะประกอบด้วย 300 หน่วย ประมาณ 70 หน่วย เป็นสารกึ่งตัวนำและถูกสร้างเป็นวงจรขึ้นมา

- 2: หัวฉีด (injection valve) ใช้น้ำมันให้เป็นฝอยละอองเข้าไปยังท่อไอดีของเครื่องยนต์
3. ตัวส่งสัญญาณความดัน (pressure sensor) เป็นตัวส่งข้อมูลความดัน ในท่อไอดีของเครื่องยนต์ส่งให้ชุดควบคุม
4. ตัวส่งสัญญาณอุณหภูมิ (temperature sensor) จะรายงานความร้อนของอากาศ หรือน้ำหล่อเย็นที่ฝาสูบส่งให้ชุดควบคุม
5. สวิตซ์อุณหภูมิและเวลา (thermo - time switch) ใช้ตัดต่อวงจรหัวฉีดช่วยสตาร์ท
6. หัวฉีดช่วยสตาร์ท (start valve) ทำให้เกิดฝอยน้ำมันที่ท่อร่วมไอดีเมื่อเครื่องเย็น
7. ปั๊มไฟฟ้า (electrical fuel pump) ทำหน้าที่ส่งน้ำมันให้หัวฉีดไฟฟ้า
8. กรองน้ำมัน (fuel filter) ทำหน้าที่กรองสิ่งสกปรกออกจากน้ำมันเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. ตัวควบคุมแรงดันน้ำมัน (fuel pressure regulator) ทำหน้าที่ควบคุมแรงดันน้ำมันให้คงที่
10. ลิ้นอากาศช่วยทำหน้าที่เปิดให้อากาศผ่านได้มากขึ้นเมื่อเครื่องเย็นและปิดเมื่อเครื่องร้อน
11. ลิ้นเร่งหรือลิ้นปีกผีเสื้อเป็นตัวส่งสัญญาณว่าเครื่องยนต์กำลังเดินเบา เร่ง หรือ รับโหลดมากไป แล้วส่งสัญญาณไปยังชุดควบคุม
12. หน้าทองขาวพิเศษติดตั้งที่จานจ่ายแปลงสัญญาณพัลส์ไปยังชุดควบคุม เพื่อการฉีดน้ำมันของหัวฉีดและบันทึกความเร็วของเครื่องยนต์

ระบบ EFI รุ่นใหม่จะมีตัวรับสัญญาณออกซิเจนด้วย โดยจะทำหน้าที่ตรวจวัดปริมาณออกซิเจนในก๊าซไอเสียแล้วส่งข้อมูลไปยัง ECU ถ้ามีออกซิเจนมากเกินไปแสดงว่าส่วนผสมบางเกินไป แต่ถ้ามีออกซิเจนน้อยเกินไป แสดงว่าส่วนผสมหนาเกินไป ไม่ว่าจะเป็นครณีใดก็ตาม ECU จะปรับอัตราส่วนผสมให้เหมาะสมโดยการเปลี่ยนแปลงปริมาณการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

3.4.3 หลักการทำงาน

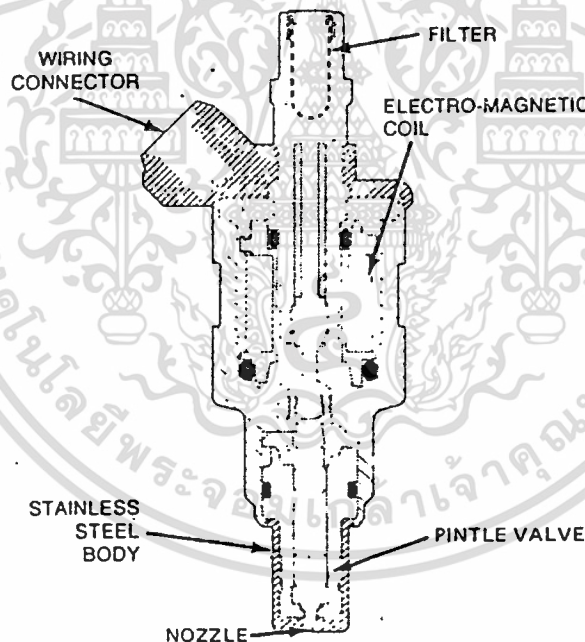
Bosch ได้สร้างระบบอิเล็กทรอนิกส์ ในระบบนี้การฉีดน้ำมันจะถูกควบคุมโดยแรงดันในท่อไอดีและความเร็วของเครื่องยนต์ ในท่อไอดีส่วนหน้าของลิ้นเร่งจะเป็นความดันบรรยากาศและด้านหลัง (ด้านเครื่อง) จะมีความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศ ตำแหน่งลิ้นเร่งจะบอกถึงสภาพการทำงานของเครื่องยนต์ สภาพความดันในท่อไอดีต่ำกว่าบรรยากาศ แสดงว่าเครื่องได้รับโหลดข้อมูลนี้ จะถูกส่งไปยังชุดควบคุมด้วยตัวส่งสัญญาณความดันในท่อไอดี จึงมีชื่อเรียกว่า ระบบแรงดันในท่อไอดี

3.4.4 การทำงานของหัวฉีดไฟฟ้า

หัวฉีดไฟฟ้า (solenoid operated injection valve) จะติดตั้งที่ท่อไอดีของแต่ละสูบและฉีดน้ำมันให้เป็นฝอยเข้าไปในท่อไอดี ระบบฉีดนี้เป็นระบบแรงดันต่ำ และหัวฉีดจะฉีดร่วมกันเป็นกลุ่มในเวลาเดียวกัน เป็นการลดความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง สำหรับระบบดี-เจทρονิก เมื่อใช้กับเครื่องยนต์ 4 สูบ จะแบ่งหัวฉีดออกเป็น 2 กลุ่ม หัวฉีดในแต่ละกลุ่มจะเปิดพร้อมกันโดยต่อขนานกัน หลักการนี้นำมาใช้กับเครื่องยนต์ 6-8 สูบได้ ส่วนแอล-เจทرونิก นิยมใช้หัวฉีดที่เป็นไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มเดียว เป็นระบบที่ง่าย โดยจะจ่ายส่วนผสมพร้อมกันทุกสูบ การฉีดจะเกิดขึ้น 2 ครั้งต่อเพลาลูกเบี้ยวหมุน 1 รอบ การฉีดจะฉีดครั้งละครึ่งหนึ่งของความต้องการของเครื่องยนต์

หัวฉีดไฟฟ้าจะประกอบด้วย เรือนหัวฉีดและลิ้นหัวฉีดซึ่งเป็นแกนอาร์มาเจอร์ มีขดลวดโซลีนอยด์อยู่รอบ ๆ อาร์มาเจอร์ จะแนบสนิทกับบ่าลิ้นด้วยสปริง เมื่อชุดควบคุมป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าขดลวดโซลีนอยด์ จะเกิดอำนาจแม่เหล็กยกอาร์มาเจอร์ขึ้นจากบ่าลิ้น ทำให้น้ำมันถูกฉีดเข้าไปในท่อไอศิกายใต้แรงดัน ระยะชักของอาร์มาเจอร์ประมาณ 0.15 มิลลิเมตร ระยะเวลาการฉีดขึ้นอยู่กับการควบคุมของชุดควบคุมซึ่งทำงานตามโพลคของเครื่องยนต์



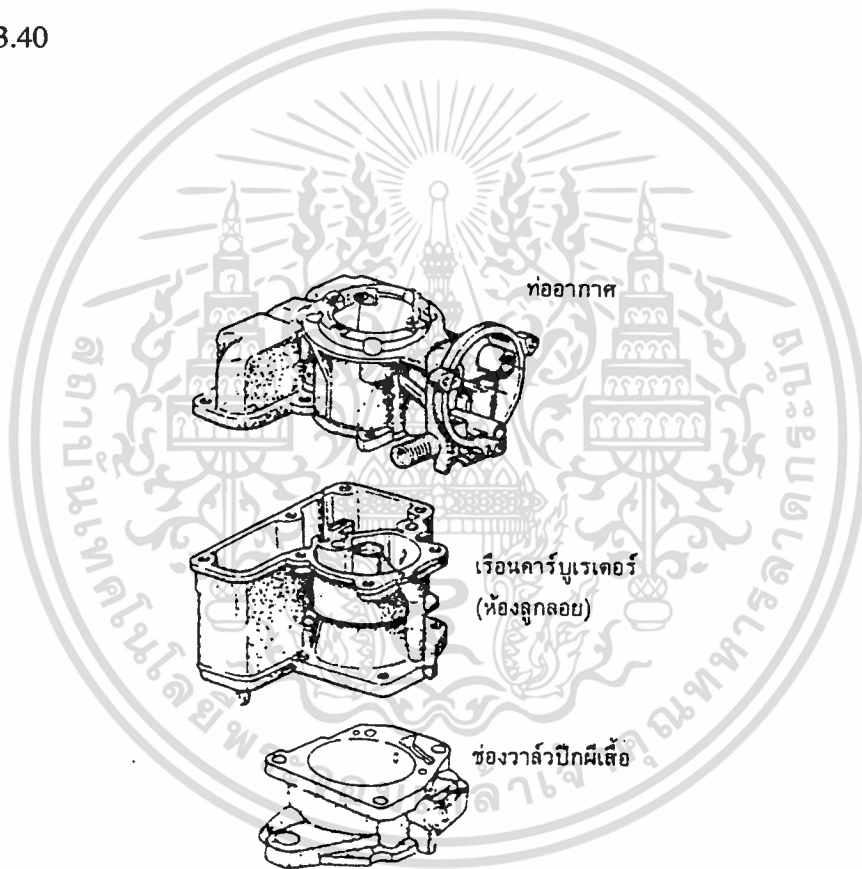
รูปที่ 3.39 รายละเอียดภายในของหัวฉีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5 ระบบหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

1. ชนิดของการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

เครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้ระบบหัวฉีดจะมีช่องวาล์วปีกผีเสื้อ (throttle body) ติดตั้งอยู่บนท่อร่วมไอดี ช่องวาล์วปีกผีเสื้อมีลักษณะคล้ายกับช่องวาล์วปีกผีเสื้อซึ่งอยู่ที่ส่วนล่างของคาร์บูเรเตอร์ ดังแสดงในรูป 3.40

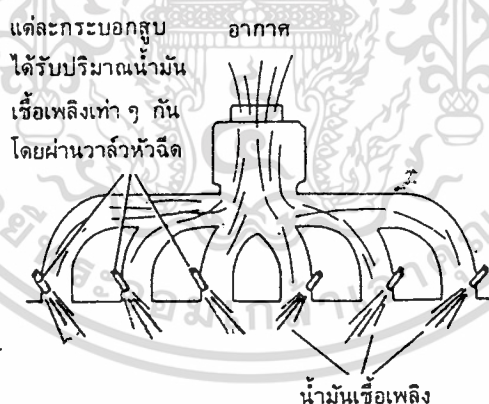


รูปที่ 3.40 ช่องวาล์วปีกผีเสื้ออยู่ที่ส่วนล่างของคาร์บูเรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่องวาล์วปีกผีเสื้อจะมีวาล์วปีกผีเสื้อจำนวน 1 อันหรือ 2 อัน เช่นเดียวกับในคาร์บูเรเตอร์ ตำแหน่งของวาล์วปีกผีเสื้อสำหรับควบคุมปริมาณอากาศที่ไหลผ่านท่อร่วมไอดี วาล์วปีกผีเสื้อจะขยับเคลื่อนที่เมื่อผู้ขับขี่กดแป้นคันเร่ง เพื่อยอมให้อากาศไหลผ่านไปได้มากหรือน้อย ในขณะเดียวกันระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงจะป้อนน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยปริมาณที่เหมาะสม เพื่อผสมกับอากาศและได้ส่วนผสมที่เหมาะสมกับการเผาไหม้

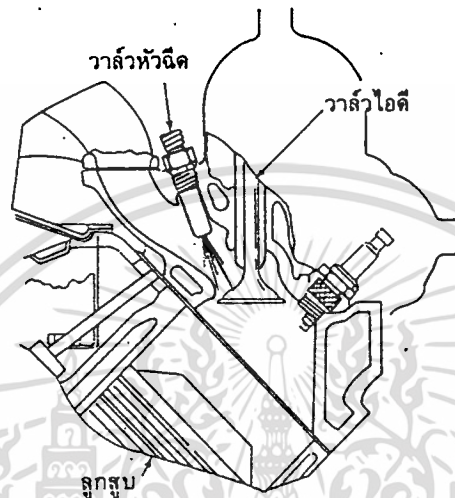
ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนระบบหัวฉีด น้ำมันเชื้อเพลิงถูกฉีดเข้าไปในอากาศโดยวาล์วหัวฉีดซึ่งทำงานโดยการควบคุมของโซลินอยด์ การฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอาจแยกเป็น 2 แบบใหญ่ๆ ดังนี้ คือ การฉีดเข้าช่องไอดี (port injection) และการฉีดเข้าช่องวาล์วปีกผีเสื้อ (throttle-body หรือ injection TBI) การฉีดเข้าช่องไอดีอาจเรียกว่า การฉีดหลายจุด (multipoint injection) น้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าตำแหน่งต่างๆ หรือจุดต่างๆ การฉีดเข้าช่องวาล์วปีกผีเสื้ออาจเรียกว่า การฉีดจุดเดียว (single-point injection) คือ น้ำมันเชื้อเพลิงจะฉีดที่จุดเดียวบนช่องวาล์วปีกผีเสื้อ การฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงจะเกิดขึ้นตรงบริเวณก่อนที่อากาศจะไหลผ่านวาล์วปีกผีเสื้อเข้าสู่ท่อร่วมไอดี



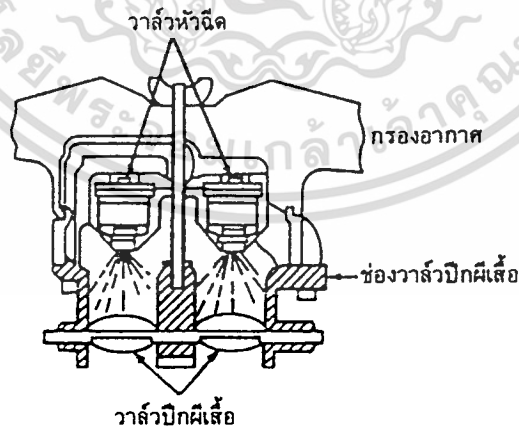
รูปที่ 3.41 การฉีดเข้าช่องไอดี วาล์วหัวฉีดแต่ละอันฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าผสมกับอากาศ

ในรูปที่ 3.41 แสดงการฉีดเข้าช่องไอดี โดยจะมีวาล์วหัวฉีดที่ช่องไอดีแต่ละอัน วาล์วหัวฉีดจะฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าช่องไอดีตรงบริเวณก่อนเข้าวาล์วไอดีด้วยเวลาที่สอดคล้องกันกับการทำงานของแต่ละกระบอกสูบ ดังรูปที่ 3.42 เมื่อวาล์วไอดีเปิด ไอดีจะไหลเข้ากระบอกสูบ การฉีดน้ำมันเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื้อเพลิงจะเกิดขึ้นตามลำดับเช่นเดียวกับลำดับการจุดระเบิด อย่างไรก็ตามบางระบบอาจแบ่งการฉีดออกเป็นกลุ่มๆ สำหรับการฉีดเข้าช่องวาล์วปีกผีเสื้อนั้น ดังรูปที่ 3.43 วาล์วหัวฉีดจะฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าสู่สู่อากาศก่อนที่จะไหลผ่านวาล์วปีกผีเสื้อเข้าที่ห้องไอคิและเข้ากระบอกสูบ



รูปที่ 3.42 วาล์วหัวฉีดจะฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าสู่สู่อากาศก่อนที่จะไหลผ่านวาล์วไอคิเข้ากระบอกสูบ



รูปที่ 3.43 การฉีดเข้าช่องวาล์วปีกผีเสื้อ (TBI)

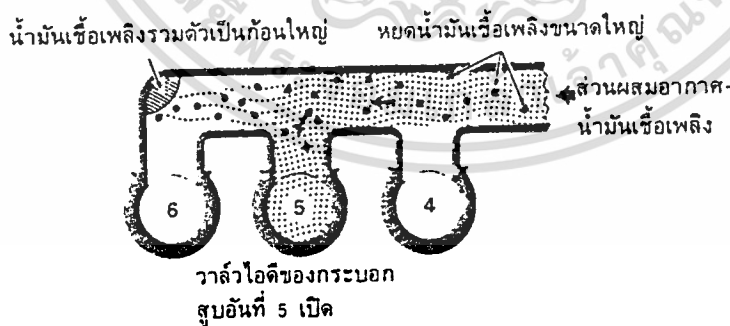
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การฉีดเป็นจังหวะและการฉีดต่อเนื่อง

ระบบหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอาจแยกออกตามลักษณะการฉีด ซึ่งได้แก่ การฉีดเป็นจังหวะ (timed injection) วาล์วหัวฉีดจะเปิดตามสัญญาณจากชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนการฉีดอีกแบบหนึ่ง ได้แก่ การฉีดต่อเนื่อง (continuous injection) การฉีดเข้าช่องไอดีและการฉีดเข้าช่องวาล์วปีกผีเสื้ออาจเป็นแบบใดแบบหนึ่งก็ได้คือ อาจฉีดเป็นจังหวะหรือฉีดต่อเนื่อง ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ฉีดนั้นขึ้นอยู่กับอัตราเร็วของเครื่องยนต์และกำลังที่ต้องการ ซึ่งขึ้นอยู่กับภาระของเครื่องยนต์และผู้ขับขี่เพื่อเปิดวาล์วปีกผีเสื้อ

3. ข้อดีของการฉีดเข้าช่องไอดี

ไม่ว่าจะเป็นการฉีดต่อเนื่องหรือการฉีดเป็นจังหวะ การฉีดเข้าช่องไอดีจะช่วยลดปัญหาการกระจายของไอดีในท่อร่วมไอดี ปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งในเครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์คือ ปัญหาส่วนผสมของไอดีในแต่ละกระบอกสูบไม่เท่ากัน กระบอกสูบที่อยู่ปลายท่อร่วมไอดีมักจะได้รับส่วนผสมที่ค่อนข้างหนา ดังแสดงในรูป 3.44 กระบอกสูบที่อยู่ใกล้คาร์บูเรเตอร์จะได้รับส่วนผสมที่บางกว่ากระบอกสูบที่อยู่ปลายท่อร่วมไอดี ทั้งนี้เพราะว่าหยดน้ำมันมีแนวโน้มที่จะเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงไปสู่ปลายท่อร่วมไอดี



รูปที่ 3.44 รูปแบบของการกระจายส่วนผสมในท่อร่วมไอดีของเครื่องยนต์กระบอกสูบเรียง

การฉีดเข้าช่องไอดีแก้ปัญหานี้ได้ เพราะวาล์วน้ำมันเชื้อเพลิงถูกฉีดเข้าช่องวาล์วไอดีแต่ละอันโดยตรง ทำให้กระบอกสูบแต่ละอันได้รับส่วนผสมเท่าๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีอีกอย่างหนึ่งของการฉีดเข้าช่องไอดีคือ ท่อร่วมไอดีสามารถได้รับการออกแบบให้มีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับการไหลของอากาศเพียงอย่างเดียว เพราะว่าไม่มีน้ำมันเชื้อเพลิงไหลผ่าน นอกจากนี้เราสามารถตัดคาร์บูเรเตอร์ออกไปจากระบบได้ ดังนั้นจึงมีเฉพาะช่องวาล์วปีกผีเสื้อเท่านั้น ทำให้ความสูงของเครื่องยนต์ลดลงได้มาก และมีผลต่อไปเกี่ยวกับการออกแบบรูปทรงของรถยนต์คือ สามารถลดความสูงของรถยนต์ลงได้

ระบบหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง ไม่จำเป็นต้องมีระบบการอุ่นไอดีหรืออุ่นอากาศ สภาพการทำงานต่างๆ จะมีอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมตลอดเวลา การตอบสนองต่อการเร่งเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว เพราะวาล์วปีกผีเสื้อถูกฉีดออกมาภายใต้ความดันตลอดเวลาโดยใช้ความดันจากปั๊มไฟฟ้า จึงแตกต่างกับเครื่องยนตร์คาร์บูเรเตอร์ที่อาศัยความแตกต่างของความดันอากาศเป็นแรงดันให้น้ำมันเชื้อเพลิงไหลออกมามากหรือน้อย

4. ข้อดีของระบบ TBI

ระบบ TBI หรือระบบการฉีดเข้าช่องวาล์วปีกผีเสื้อ มีข้อดีบางประการเช่นเดียวกับการฉีดเข้าช่องไอดี ระบบ TBI ให้อัตราส่วนผสมของอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิงได้แน่นอนกว่าการใช้คาร์บูเรเตอร์ และสามารถลดความสูงของเครื่องยนต์ลงได้ การตอบสนองต่อการเร่งเป็นไปอย่างรวดเร็ว เพราะวาล์วปีกผีเสื้อถูกฉีดออกมาภายใต้ความดัน อย่างไรก็ตามในระบบ TBI กระจกอบสูบแต่ละอันอาจได้รับอัตราส่วนผสมไม่เท่ากัน กระจกอบสูบที่อยู่ปลายท่อไอดีมีแนวโน้มที่จะได้รับส่วนผสมหนากว่ากระจกอบสูบช่วงกลาง สำหรับเครื่องยนต์ 4 สูบนั้นปัญหานี้จะเกิดขึ้นน้อยมาก

6. ระบบลำเลียงน้ำมันเชื้อเพลิง

ระบบลำเลียงน้ำมันเชื้อเพลิงของระบบ EFI ของบอชแบบ D ซึ่งใช้ในรถยนต์คาคิแล็ค จากปี ค.ศ. 1975 ถึง 1980 ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงลำเลียงน้ำมันผ่านกรองน้ำมันเชื้อเพลิงไปยังวาล์วหัวฉีด วาล์วหัวฉีดแต่ละอันทำงานได้โดยโซลินอยด์ไฟฟ้าขนาดเล็ก

เมื่อโซลินอยด์ต่อกับแบตเตอรี่โดยผ่าน ECU โซลินอยด์จะดึงให้เข็มของวาล์วเลื่อนถอยหลัง น้ำมันเชื้อเพลิงจึงถูกฉีดออกจากวาล์ว วาล์วหัวฉีดจะเปิดนานเพียงใดขึ้นอยู่กับคำสั่งจาก ECU เช่น ถ้าต้องการเร่งเครื่องยนต์ วาล์วจะต้องเปิดแฉ่วเป็นเวลานานขึ้น เพื่อให้เครื่องยนต์ได้รับน้ำมันเชื้อเพลิงต่อการเร่งมากเพียงพอ

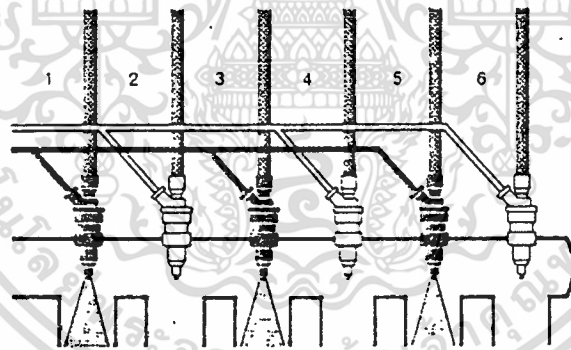
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไทม์มิ่งของวาล์วหัวฉีด (เมื่อวาล์วเปิด) หาได้จากตัวรับสัญญาณอัตราเร็วซึ่งติดตั้งอยู่ภายในจานจ่าย ประกอบด้วยรีดสวิตช์ (reed switch) 2 ชุด และแม่เหล็ก 2 อัน ทุกครั้งที่แม่เหล็กเคลื่อนที่ผ่านรีดสวิตช์ หน้าสัมผัสสวิตช์จะชนกัน สิ่งนี้จะเป็นสัญญาณให้ ECU กระตุ้นการทำงานของวาล์วหัวฉีดกลุ่มหนึ่ง แต่เมื่อหน้าสัมผัสของอีกสวิตช์หนึ่งชนกันจะกระตุ้นให้วาล์วหัวฉีดกลุ่มหนึ่งทำงาน

วาล์วหัวฉีดทั้งหมดไม่ได้ถูกกระตุ้นแต่ละอันอย่างอิสระ แต่ถูกกระตุ้นเป็นกลุ่มซึ่งมี 2 กลุ่ม สำหรับเครื่องยนต์ 4 สูบ แต่ละกลุ่มจะมีวาล์วหัวฉีด 2 ตัว แต่สำหรับเครื่องยนต์ 6 สูบ แต่ละกลุ่มจะมีวาล์วหัวฉีด 3 ตัว ส่วนเครื่องยนต์ 8 สูบ แต่ละกลุ่มจะมีวาล์วหัวฉีด 4 ตัว

กลุ่มของวาล์วหัวฉีดสำหรับเครื่องยนต์ 6 สูบ วาล์วหัวฉีดสำหรับกระบอกสูบ 1, 3 และ 5 จะเปิดพร้อมกันและฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าที่ออร์รวมไอดี ต่อไปวาล์วหัวฉีดเหล่านี้จะปิดและวาล์วหัวฉีดสำหรับกระบอกสูบ 2, 4 และ 6 จะเปิดและฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง ดังแสดงในรูปที่ 3.45

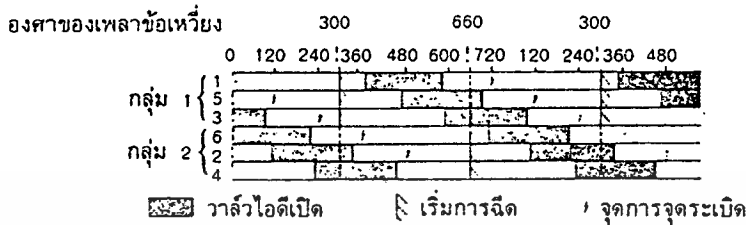


รูปที่ 3.45 การจัดกลุ่มของวาล์วหัวฉีด

ไทม์มิ่งสำหรับเครื่องยนต์ 6 สูบ วาล์วไอดีแต่ละอันเปิดด้วยเวลาต่างกัน (องศาของเพลลาข้อเหวี่ยง) หลังจากมีการฉีดแล้ว เช่น พิจารณาที่เส้นบนของรูปสำหรับกระบอกสูบ 1 การฉีดเกิดขึ้นที่องศาเพลลาข้อเหวี่ยงเท่ากับ 300 แต่วาล์วไอดีเปิดออกที่องศา 360 ซึ่งห่างจากองศาของการฉีดเท่ากับ 60 กระบอกสูบ 5 จะเกิดขึ้นต่อไปคือ วาล์วไอดีจะเปิดที่องศา 480 ซึ่งห่างจากองศาของการฉีดเท่ากับ 180 ส่วนวาล์วไอดีของกระบอกสูบ 3 จะเปิดออกที่องศา 600 ซึ่งห่างจากองศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของการฉีดเท่ากับ 300 ในช่วงรอการเปิดของวาล์วไอดีเหล่านี้ น้ำมันเชื้อเพลิงจะสะสมในช่องไอดี ดังในรูปที่ 3.46 แสดงผังไทมิ่งสำหรับเครื่องยนต์ 6 สูบ



รูปที่ 3.46 ไทมิ่งของวาล์วหัวฉีดสำหรับเครื่องยนต์ 6 สูบ

การจัดแบ่งกลุ่มของวาล์วหัวฉีดเป็น 2 กลุ่มดังกล่าว ช่วยทำให้ระบบง่ายขึ้น เครื่องยนต์จะสูญเสียสมรรถนะบ้างเล็กน้อยเนื่องจากการสะสมของน้ำมันเชื้อเพลิงในช่องไอดี แต่ช่วงเวลาที่เกิดขึ้นนี้ห่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น การขับเคลื่อนทางควม ช่วงเวลาระหว่างการฉีดกับการเปิดของวาล์วไอดีโดยเฉลี่ยแล้วต่างกันเพียงประมาณ 0.01 วินาทีเท่านั้น

7. การกำหนดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงโดยการวัดอัตราการไหลของอากาศ

ในระบบ EFI ของบอชแบบ L ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงควบคุมเบื้องต้น โดยอัตราเร็วรอบของเครื่องยนต์โดยการวัดปริมาณการไหลของอากาศ วาล์วหัวฉีดทั้งหมดจะเปิดและปิดพร้อมกันด้วยการกระตุ้นจากจานจ่าย ไม่มีตัวรับสัญญาณอัตราเร็วแยกต่างหาก

ปริมาณการไหลของอากาศวัดได้จากตัวรับสัญญาณการไหลของอากาศเมื่อมีอากาศไหลผ่านตัวรับสัญญาณ มีปีกซึ่งหมุนได้อยู่ในช่องทางเดินของอากาศ ที่ปีกนี้มีสปริงตัวเล็กและตัวรับสัญญาณแรงดันไฟฟ้ายึดติดอยู่ ในขณะที่อัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้น สปริงจะยอมให้ปีกหมุนไปได้ ถ้าอากาศยิ่งไหลผ่านมากขึ้น ปีกจะยิ่งหมุนไปมากขึ้น ตัวรับสัญญาณแรงดันไฟฟ้าถูกกระตุ้นด้วยการขยับตัวของปีก ตัวรับสัญญาณจะส่งข้อมูลแจ้งไปยัง ECU เพื่อให้ทราบปริมาณการไหลของอากาศ ECU จะคำนวณแล้วส่งคำสั่งไปยังวาล์วหัวฉีดเพื่อให้วาล์วหัวฉีดเปิดออกเป็นเวลานานเท่าที่คำนวณได้

ระบบ EFI รุ่นต่อมาคือ เวอร์ชัน LH จะใช้เส้นลวดความร้อนแทนการใช้ปีกสำหรับวัดปริมาณการไหลของอากาศ เส้นลวดจะถูกขึงแนวขวางท่ออากาศ และอากาศที่ไหลผ่านเส้นลวด มีแนวโน้มที่จะทำให้เส้นลวดเย็นตัวลง ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเส้นลวดเพื่อรักษาให้ เส้นลวดมีอุณหภูมิตามกำหนด จะเป็นตัวระบุปริมาณการไหลของอากาศ ECU จะตรวจวัดปริมาณ

กระแสไฟฟ้า การใช้ข้อมูลนี้ทำให้ ECU สามารถปรับช่วงเวลาการเปิดของวาล์วหัวฉีดได้อย่างเหมาะสม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

วิธีการทดลองและการคำนวณ

4.1 การหาสมรรถนะของเครื่องยนต์สันดาปภายใน

วัตถุประสงค์

เพื่อกำหนดกำลังงานที่เกิดขึ้น ณ จุดต่างๆ ภายในเครื่องยนต์ นอกจากนี้ยังสามารถทราบถึงความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ เมื่อนำผลที่ได้จากการทดลองไปสร้างความสัมพันธ์ จะทำให้ทราบผลที่เกิดขึ้น สภาพต่างๆ ของเครื่องยนต์ดังกล่าว

ความนำ

ก่อนที่จะทำการทดลอง ควรจะทราบทฤษฎีที่เกี่ยวข้องก่อน ซึ่งได้แก่ กำลังงานที่ได้ (Power, PS) ณ จุดต่างๆ

กำลังงานในกระบอกสูบ (Indicated Power , IPS)

$$IPS = P_{imep} ALN / 4500 \quad (4.1)$$

กำลังงานที่เพลลา (Break Power , BPS)

$$BPS = P_{bmep} ALN / 4500 \quad (4.2)$$

กำลังงานความเสียด (Friction Power , FPS)

$$FPS = IPS - BPS \quad (4.3)$$

ในที่นี้ P_{imep} = ความดันเฉลี่ยภายในกระบอกสูบ (kg / cm^2)

P_{bmep} = ความดันเฉลี่ยที่ทำให้เกิดกำลังงานที่เพลลา (kg / cm^2)

A = พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบ (cm^2)

L = ระยะชักของลูกสูบ (m)

N = ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (r.p.m.)

4500 = ตัวแปลง (Conversion Factor) ($kg.m / min$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่สมการ (4.1) และ (4.2) เป็นของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ ดังนั้นในกรณีที่เป็เครื่องยนต์ 4 จังหวะจะต้องหารด้วย 2 ถ้าเป็นเครื่องยนต์ที่มีแรงกระทำบนหัวลูกสูบสองด้านจะต้องคูณด้วย 2

แรงบิด (Torque , T)

BPS สามารถแสดงในเทอมของแรงบิดเฉลี่ย T (kg.m) ดังสมการต่อไปนี้

$$BPS = (2 \text{ N} / 60) \cdot T \cdot (1 / 75)$$

นั่นคือ $T = (4500BPS / 2 \text{ N}) \cdot (\text{kg} / \text{m})$ (4.4)

อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (Specific Fuel Consumption , SFC)

$$SFC = [(V_f \cdot p_f \cdot 3600) / PS] \cdot (\text{g} / \text{PSh})$$
 (4.5)

ในที่นี้ $V_f =$ อัตราการไหลของเชื้อเพลิง (cm^3 / h)

$p_f =$ ความหนาแน่นของเชื้อเพลิง (g / cm^3)

ในกรณีที่เป็น้ำมันผสม จะต้องหักเอาน้ำมันหล่อลื่นออก

ประสิทธิภาพ (Efficiency , η)

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนภายในกระบอกสูบ

$$\eta_{ii} = \text{Indicated Power} / \text{Energy in Fuel}$$
 (4.6)

ประสิทธิภาพเชิงกล

$$\eta_m = \text{Break Power} / \text{Indicated Power}$$
 (4.7)

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนรวม

$$\eta_{ob} = \text{Break Power} / \text{Energy in Fuel}$$
 (4.8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์สำหรับทดลอง

เครื่องยนต์

แบบ	เบนซินแถวเรียง 4 สูบ รหัส 5A - FE
ระบบเพลาราวลิ้น	4 วาล์วต่อสูบดับเบิลโอเวอร์เฮดแคมชาฟท์ (DOHC) ขับด้วยสายพาน
บล็อกเสื้อสูบ / ฝาสูบ	อลูมิเนียมอัลลอย / เหล็กหล่อ
เส้นผ่าศูนย์กลางกระบอกสูบ	78.7 มม.
ระยะช่วงชักลูกสูบ	77.0 มม.
ปริมาตรความจุกระบอกสูบ	1498 ซีซี.
อัตราส่วนการอัด	9.8 : 1
ระบบอัดอากาศ	ไม่มี
ระบบจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง	ระบบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ แบบมัลติพอยท์ ควบคุมด้วยระบบ TCCS
ระบบจุดระเบิด	ระบบอิเล็กทรอนิกส์ไร้หน้าทองขาว ควบคุมด้วยระบบ TCCS
แรงม้าสูงสุด	100 PS - DIN (74 KW) ที่ 5600 RPM
แรงบิดสูงสุด	14.0 Kg - m (137 Nm) ที่ 4400 RPM
รอบการทำงานสูงสุด	6000 RPM
อัตราส่วนแรงม้าต่อลิตร	66.75 PS - DIN : ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไดนาโมมิเตอร์ (Dynamometer) ชนิด Eddy Current Electric Dynamometer

หลักการทํางาน

ไดนาโมมิเตอร์ประกอบด้วย Stator , วงแหวน eddy current , excitation coils และหน้าปัดแสดง load เมื่อเกิดจากการไหลของ exciting current ผ่าน excitation coils จะเกิดการดูดของแม่เหล็ก (flux) เมื่อโรเตอร์ถูกหมุนในสภาพนี้ ความหนาแน่น flux ที่ช่องว่างอากาศ (air gap) มีลักษณะเด่นเป็นจังหวะ และแรงทางไฟฟ้าจะถูกผลิตขึ้นภายในวงแหวน eddy current แรงนี้จะกระทำในทางตรงกันข้ามกับโรเตอร์และทำให้โรเตอร์หยุดหมุน ผลรวมของแรงทางไฟฟ้านี้ กับแรงที่หมุน eddy current ระหว่างวงแหวน eddy current กับโรเตอร์ จะแสดงบนหน้าปัดแสดง load

โครงสร้าง

เนื่องจากพลังงานทางกลของมอเตอร์ ถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน ดังนั้นภายในโรเตอร์ต้องมีการหล่อเย็นด้วยน้ำและอากาศ ลักษณะการหล่อเย็นนี้เป็นระบบการหล่อเย็นทางอ้อม ไดนาโมมิเตอร์ถูกสร้างให้สามารถไหลผ่านตามช่องทางภายใน eddy current relay ซึ่งเป็นการง่ายในการทำความสะอาด

การติดตั้งไดนาโมมิเตอร์

1. ติดตั้งไดนาโมมิเตอร์บนราง บนพื้นราบ ที่มีฐานมั่นคงแข็งแรง
2. ถ้าต้องการเพิ่มความสูงของไดนาโมมิเตอร์ให้เท่ากับความสูงของเครื่องยนต์ ให้ใช้ฐานรองซึ่งทำด้วยเหล็ก ห้ามใช้คอนกรีต
3. ยึดโบลท์ที่ฐานให้แน่น และไม่สามารถหลุดระหว่างปฏิบัติงานได้
4. ตรวจสอบว่าเครื่องยนต์ , เพลา และไดนาโมมิเตอร์อยู่ตรงแนวกันหรือไม่

การหล่อเย็น

น้ำหล่อเย็นทำหน้าที่ระบายความร้อนที่เกิดจากการหมุนของเพลาจากเครื่องยนต์ และทำหน้าที่รักษาอุณหภูมิของส่วนต่างๆ เช่น วงแหวน eddy current ให้อยู่ในค่าที่กำหนดเพื่อป้องกันความเสียหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การหล่อเย็นเป็นแบบการหล่อเย็นทางอ้อม
2. ใช้น้ำสะอาดเป็นน้ำหล่อเย็น
3. ปริมาณการไหลของน้ำหล่อเย็นต้องมากกว่าปริมาณที่ระบุ ถ้า น้ำหล่อเย็นไม่พอจะมี
สัญญาณเตือน
4. ปริมาณน้ำขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิน้ำเข้าและออก ซึ่งมีค่า 35°C โดยทั่วไปแล้ว อุณหภูมิน้ำที่ทางออกมีค่า 70°C หรือต่ำกว่านี้ และเมื่ออุณหภูมิของน้ำที่ทางเข้ามีค่ามากกว่า 35°C จะต้องทำการลดอุณหภูมิลงโดยการหล่อเย็น ในกรณีที่ในท่อน้ำมีความต้านทานสูงให้ทำการติดตั้งปั้มน้ำเพิ่ม เพื่อเพิ่มความดันของน้ำให้สูงขึ้น
5. ความดันของน้ำต้องมีค่าระหว่าง 0.5 ถึง 3 kg / cm^2

การหล่อลื่น

ระบบการหล่อลื่นเป็นชนิดน้ำมันเลี้ยงแบบหยด โดยใช้ปั้มน้ำมันหล่อลื่นไฟฟ้ามีรายละเอียดดังนี้

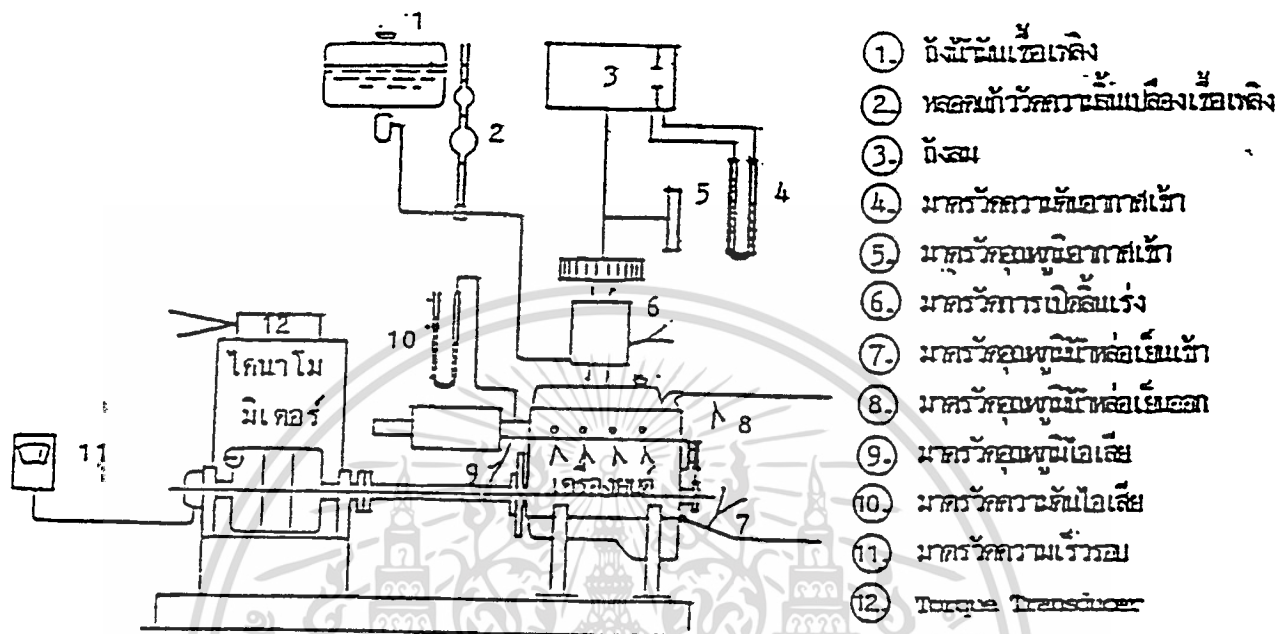
1. ใช้น้ำมันหล่อลื่นเบอร์ SAE 30 หรือเบอร์ใกล้เคียง
2. ปั้มน้ำมันหล่อลื่นเป็นชนิดที่ทำงานเป็นช่วงๆ

ปั้มน้ำมันหล่อลื่น	:	discharge volume 3 ถึง 6 CC / cycle
		1 cycle = 1 minute
มอเตอร์	:	supply voltage : 3 - เฟส , AC 200VAC \pm 10% ,
		50 / 60 Hz Output 15 W
3. ระดับน้ำมันต้องอยู่สูงกว่าตำแหน่งกึ่งกลางของเกจวัดระดับน้ำมัน

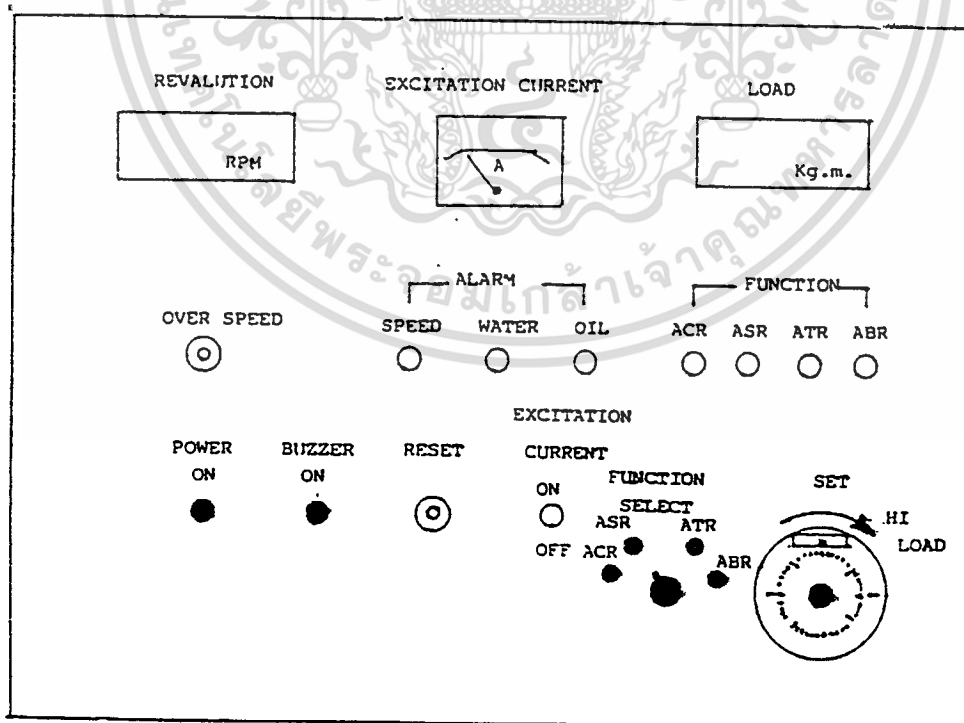
หน้าปัดแสดง load

หน้าปัดแสดง load ทำหน้าที่แสดงค่าของ ทอร์กที่ระดับความเร็วรอบต่างๆ ในหน่วย กิโลกรัม . เมตร (kg . m) แสดงออกมาในระบบดิจิทัล

อุปกรณ์สำหรับวัด



รูปที่ 4.1 อุปกรณ์สำหรับวัดในส่วนของเครื่องยนต์



รูปที่ 4.2 อุปกรณ์สำหรับวัดในส่วนของแรงบิดและความเร็วรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุม (Operation)

การเตรียมก่อนติดเครื่องยนต์

- ตรวจสอบแต่ละส่วนของเครื่องยนต์ให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์
- ตรวจสอบปริมาณน้ำมันหล่อลื่นในห้องเพลาช้อเหวียงและไดนาโมมิเตอร์
- ตรวจสอบน้ำมันเชื้อเพลิง
- เปิดลิ้นน้ำหล่อเย็น และให้น้ำหมุนเวียนในเครื่องยนต์
- ปรับแต่งให้ไดนาโมมิเตอร์อยู่ที่ภาระระดับต่ำสุด

การสตาร์ทและการควบคุม

- เปิดลิ้นดัดน้ำมันเชื้อเพลิง
- เปิดสวิทช์ และสตาร์ทด้วยสวิทช์โดยมอเตอร์ที่ใช้ไฟฟ้าจากแบตเตอรี่
- ปรับลิ้นปีกผีเสื้อเดินเครื่องที่ไม่มีภาระและที่ความเร็วรอบต่ำในเวลาประมาณ 1 - 2 นาที ตรวจสอบว่าไม่มีปัญหาในเรื่องความดันน้ำมันหล่อลื่นและส่วนอื่นๆ จะเดินเครื่องยนต์ในสภาพที่ไม่มีภาระจนกระทั่งแต่ละส่วนของเครื่องยนต์มีอุณหภูมิถึงอุณหภูมิใช้งาน
- ปรับลิ้นเพื่อควบคุมอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นที่ท่อทางออกให้อยู่ในระดับ $80 \pm 3 \text{ }^{\circ}\text{C}$

การหยุดเครื่องยนต์

- ควบคุมเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่ำ ประมาณ 2 - 3 นาที แล้วจึงปิดสวิทช์
- ปิดก๊อกถังน้ำมันเชื้อเพลิง
- ปิดลิ้นน้ำหล่อเย็น และถ่ายน้ำทิ้ง

เครื่องวิเคราะห์ก๊าซไอเสีย

เครื่องวิเคราะห์ก๊าซไอเสียอินฟราเรดก็สามารถนำมาใช้ในการตรวจสอบระบบควบคุมไอเสียของรถยนต์ จุดประสงค์ของระบบควบคุมไอเสียก็เพื่อลดปริมาณ CO , HC และ NO_x ในก๊าซไอเสีย การใช้เครื่องวิเคราะห์ ให้สอดหัวปีกอับเข้าไปในท่อไอเสีย หัวปีกอับจะดูดก๊าซไอเสียบางส่วนเข้าสู่เครื่องวิเคราะห์ มาตรฐาน 2 ชุด จะแสดงปริมาณ HC และ CO ที่มีอยู่ในก๊าซไอเสีย มาตรฐานเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HC แสดงปริมาณ HC เป็นส่วนในล้านส่วน (PPM) มาตรฐาน CO แสดงปริมาณ CO เป็นเปอร์เซ็นต์ ดังในรูปแสดงปริมาณ HC และ CO ที่ยอมให้มีได้ในก๊าซไอเสียตามรุ่นของรถยนต์ในปีต่างๆ ซึ่งกำหนดตามกฎหมายของประเทศสหรัฐอเมริกา

รุ่นปีของรถยนต์	ไฮโดรคาร์บอน (HC)	คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)
1967 และก่อนหน้านี	300 - 500 ppm	2.5 - 3.0 %
1968 - 1969	200 - 300 ppm	2.0 - 2.5 %
1970 - 1972	150 - 250 ppm	1.5 - 2.0 %
1973 - 1974	100 - 200 ppm	1.0 - 1.5 %
1975 - 1978	50 - 100 ppm	0.5 - 1.0 %
1979 - ปัจจุบัน	50 ppm	0.0 - 0.5 %

ปริมาณ HC และ CO ตามที่กฎหมายกำหนดของประเทศสหรัฐอเมริกา

นอกจากวัดปริมาณ HC และ CO แล้ว เครื่องวิเคราะห์ก๊าซไอเสียบางรุ่นสามารถวัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และออกซิเจน (O_2) ในก๊าซไอเสียอีกด้วย เครื่องทดสอบที่สามารถวัดก๊าซได้ 3 ชนิด (HC , CO และ CO_2) เรียกว่า เครื่องวิเคราะห์ก๊าซ 3 ชนิด (three - gas analyzer) ส่วนเครื่องทดสอบที่สามารถวัดก๊าซได้ 4 ชนิด (HC , CO , CO_2 และ O_2) เรียกว่า เครื่องวิเคราะห์ก๊าซ 4 ชนิด (four - gas analyzer)

วิธีการทดลอง

หลังจากการตรวจสอบและเดินเครื่องยนต์ตามขั้นตอนของการควบคุม และพร้อมที่จะทำการทดลอง ลงมือทำการทดลองพร้อมทั้งจดข้อมูลลงในตารางบันทึกข้อมูลเพื่อที่จะได้นำค่าเหล่านี้ไปคำนวณและดำเนินการไปตามวัตถุประสงค์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองภายใต้ภาระเต็มที่

1. หลังจากเดินเครื่องจนถึงอุณหภูมิใช้งานภายใต้สภาพไม่มีภาระแล้ว ให้ปรับเครื่องทดลองที่การควบคุมปกติ
2. เมื่อแรงดันเบรคของไดนาโมมิเตอร์เพิ่มขึ้น ความเร็วรอบของเครื่องยนต์จะลดลง ให้เปิดลิ้นเร่งเพื่อเพิ่มกำลังงาน และจะมีผลทำให้ภาระของไดนาโมมิเตอร์เพิ่มขึ้นด้วย จึงเป็นผลทำให้ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ไม่สูงเกินกว่ากำหนด จากนั้นปรับไปจนลิ้นเร่งอยู่ในตำแหน่งเปิดเต็มที่ เสร็จแล้วปรับไดนาโมมิเตอร์ให้ได้ความเร็วรอบของเครื่องยนต์อยู่ที่ 1000 รอบต่อนาที
3. ทำการวัดความสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิง โดยการปิดลิ้นจ่ายน้ำมันจากถังและใช้น้ำมันจากหลอดแก้ว โดยวัดปริมาตรประกอบกับเวลา ทำการทดลองในสภาพดังกล่าวประมาณ 2 นาที โดยไม่ต้องปรับแต่งอุปกรณ์ใดๆ ทั้งสิ้น
4. อ่านข้อมูลต่างๆ จากชุดประกอบการทดลอง และบันทึกลงในตารางบันทึกข้อมูล
5. ทำการทดลองซ้ำเป็นครั้งที่ 2 ณ ความเร็วเดิม
6. หลังจากทำการทดลองที่ความเร็วรอบ 1000 รอบต่อนาทีแล้ว ให้ทำการทดลองเหมือนเดิม โดยปรับลูกบิดปรับภาระให้ได้ความเร็วรอบตามที่ต้องการ ทำการทดลองเช่นนี้เรื่อยๆ ไปจนกว่าจะครบตามที่ตั้งเป้าหมายไว้
7. นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณ เพื่อจะได้ข้อมูลที่ต้องการนำไปเขียนกราฟแสดงสมรรถนะของเครื่องยนต์ต่อไป

การทดลองที่ภาระต่างๆ

1. ปรับแต่งไดนาโมมิเตอร์ และลิ้นเร่งให้อยู่ในตำแหน่ง 3/4 ของสเกล (75 องศา) โดยทำเหมือนกับการทดลองที่ภาระเต็มที่
2. ทำการทดลองซ้ำที่ 1/2 , 1/4 ของสเกล

วิธีทำการวัด

1. ตรวจสอบรายการต่างๆ ก่อนทำการทดลอง เช่น
 - ข้อมูลเกี่ยวกับบรรยากาศ อันได้แก่
 - ความดันของบรรยากาศ
 - อุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชื้น

- น้ำมันเชื้อเพลิง อันไค้แก

ความถ่วงจำเพาะ

ค่าออกเทน

ค่าความร้อน

2. ทำการวัดและบันทึกข้อมูล

- ทอร์ค (kg . m)

- ความเร็วรอบ (r. p. m.)

- ความสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิง (C.C. / S)

- อุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่น (°C) และความดัน (kg / cm²)

- อุณหภูมิของน้ำมันหล่อเย็นเข้าและออก (°C)

- ความแตกต่างของระดับของเหลว เพื่อคำนวณหาปริมาณของอากาศที่ผ่านถังลม (m³ / h)

- อุณหภูมิของก๊าซไอเสีย (°C)

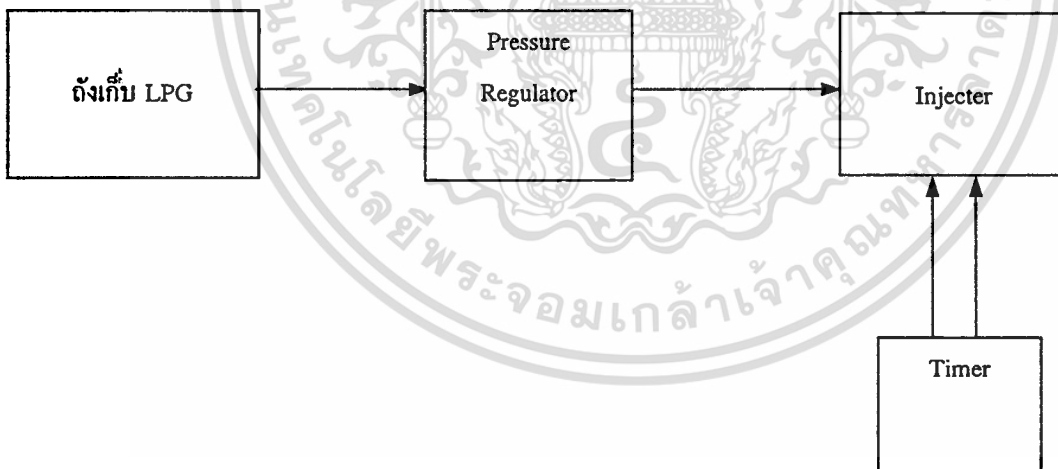
4.2 การทดสอบ LPG เมื่อฉีดออกจากหัวฉีดที่ความดันต่างๆ

วัตถุประสงค์

เพื่อหาค่าความดันที่เหมาะสมในการใช้ LPG กับหัวฉีดในเครื่องยนต์ และสังเกตลักษณะการฉีดเพื่อวิเคราะห์ปัญหาต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้น แล้วทำการแก้ไขก่อนที่จะนำไปใช้ในเครื่องยนต์

อุปกรณ์สำหรับทดลอง

1. ถังเก็บ LPG
2. เกจวัดความดัน
 - เกจวัดความดันในถัง
 - เกจวัดความดันในท่อระหว่างถังกับหัวฉีด
3. ไทม์เมอร์ (Timer)
4. หัวฉีด



วิธีการทดลอง

การทดลองจะเริ่มจากปรับความดันในท่อระหว่างถังกับหัวฉีดไปที่ความดัน 3 bar แล้วกดสวิทช์ไทม์เมอร์ให้หัวฉีดทำงานเป็นระยะเวลา 5 นาทีแล้วสังเกตคุณสมบัติของ LPG ลักษณะการสเปรย์ และดูปริมาณที่ LPG ถูกฉีดออกจากหัวฉีด ต่อจากนั้นก็เพิ่มความดันโดยปรับเกจวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความดันในท่อให้เพิ่มครั้งละ 0.2 bar แล้วทำการทดลองซ้ำไปเรื่อยๆ จนความดันในท่อเท่ากับ ความดันในถัง

หลังจากได้ค่าความดันที่ LPG ที่ถูกฉีดออกมาเป็นของเหลว 100% ก็ทำการทดลองโดยเพิ่มระยะเวลาการฉีดเป็น 90 วินาที เพื่อสังเกตปริมาณ LPG ที่ฉีดออกมาและความดันในท่อต่อองคกที่ตลอดระยะเวลาการฉีด

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ความดัน (bar)	สถานะและปริมาณ LPG ในสถานะของเหลว (เปอร์เซ็นต์)
3.0	LPG มีสถานะเป็นก๊าซทั้งหมด
3.2	LPG มีสถานะเป็นก๊าซทั้งหมด
3.4	LPG มีสถานะเป็นก๊าซทั้งหมด
3.6	LPG มีสถานะเป็นก๊าซทั้งหมด
3.8	ของเหลว + ไอ เริ่มเห็น LPG ในสถานะของเหลว แต่มีปริมาณน้อยมาก
4.0	ของเหลว + ไอ LPG มีสถานะของเหลวประมาณ 5%
4.2	ของเหลว + ไอ LPG มีสถานะของเหลวประมาณ 10%
4.4	ของเหลว + ไอ LPG มีสถานะของเหลวประมาณ 25%
4.6	ของเหลว + ไอ LPG สถานะของเหลวประมาณ 50%
4.8	ของเหลว + ไอ LPG ในสถานะของเหลว 60%
5.0	ของเหลว + ไอ LPG ในสถานะของเหลว 70%
5.2	ของเหลว + ไอ LPG ในสถานะของเหลว 75%
5.4	ของเหลว + ไอ LPG ในสถานะของเหลว 80%
5.6	ของเหลว + ไอ LPG ในสถานะของเหลว 85%
5.8	ของเหลว + ไอ LPG ในสถานะของเหลว 90% ปริมาณค่อนข้างคงที่
6.0	LPG มีสถานะเป็นของเหลว 100% ปริมาณคงที่
6.2	LPG มีสถานะเป็นของเหลว 100% ปริมาณคงที่
6.4	LPG มีสถานะเป็นของเหลว 100% ปริมาณคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

ที่ความดันตั้งแต่ 6 bar ขึ้นไป LPG ที่ฉีดออกมาจากหัวฉีดมีสถานะเป็นของเหลว 100% ปริมาณ LPG ที่ฉีดออกมา และความดันในท่อคงที่ตลอดระยะเวลา 90 วินาที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการทดลอง

การทดสอบเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันแก๊สโซลีน

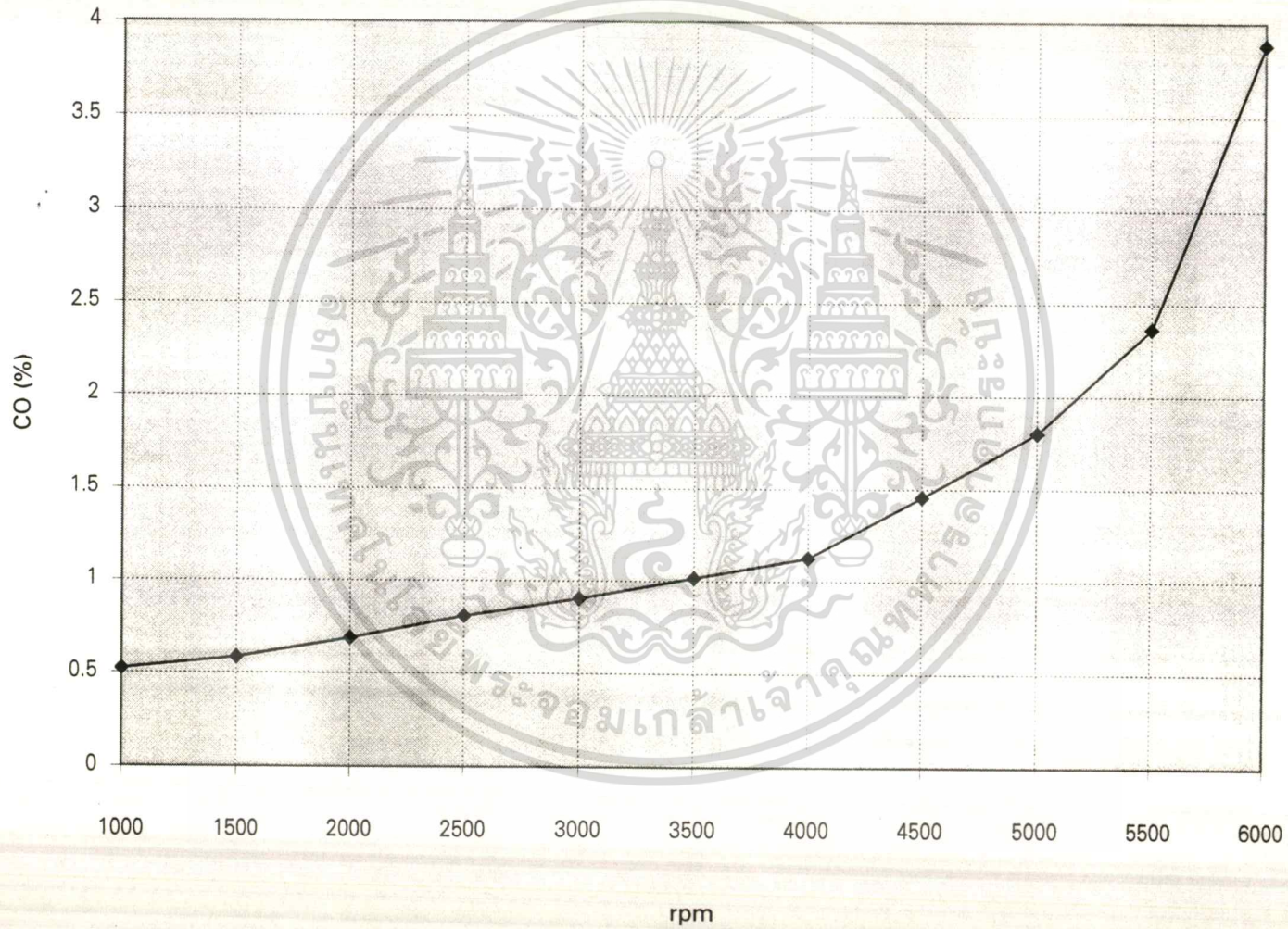
1. ผลการวัดปริมาณก๊าซชนิดต่างๆในไอเสีย (กรณีไม่ใส่โหลด)

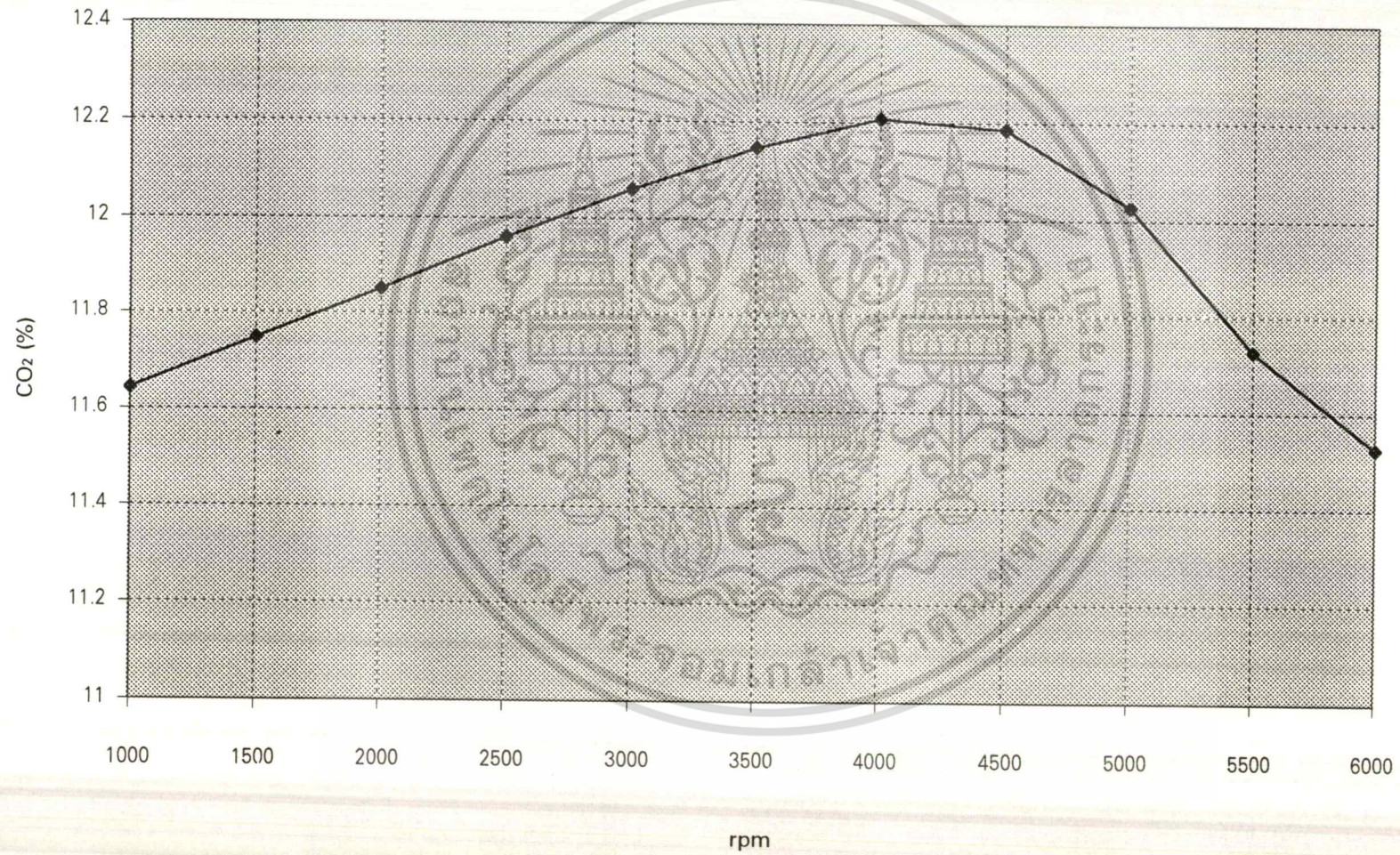
rpm	CO (%)	CO ₂ (%)	HC (ppm)	NO (ppm)	O ₂ (%)	AFR	Lamda
1000	0.5200	11.6425	160.75	133.25	5.0700	18.1550	1.2520
1500	0.5825	11.7475	146.75	165.00	4.6125	17.7975	1.2354
2000	0.6875	11.8500	134.75	235.00	4.4475	17.5300	1.2203
2500	0.8088	11.9600	117.67	375.25	4.4425	17.2025	1.2063
3000	0.9025	12.0600	102.25	435.47	4.1400	17.1275	1.1958
3500	1.0163	12.1475	92.47	562.50	3.9100	16.8765	1.1805
4000	1.1250	12.2075	88.75	785.50	3.7525	16.6725	1.1692
4500	1.4560	12.1865	85.65	1190.35	3.7475	16.3975	1.1397
5000	1.8025	12.0275	87.46	1586.87	3.7300	16.1925	1.1225
5500	2.3650	11.7267	93.27	1796.50	3.5600	15.8500	1.0930
6000	3.8820	11.5267	99.33	1916.67	3.5100	15.5733	1.0757

จากตารางนำข้อมูลมาเขียนกราฟได้กราฟที่ 1-7

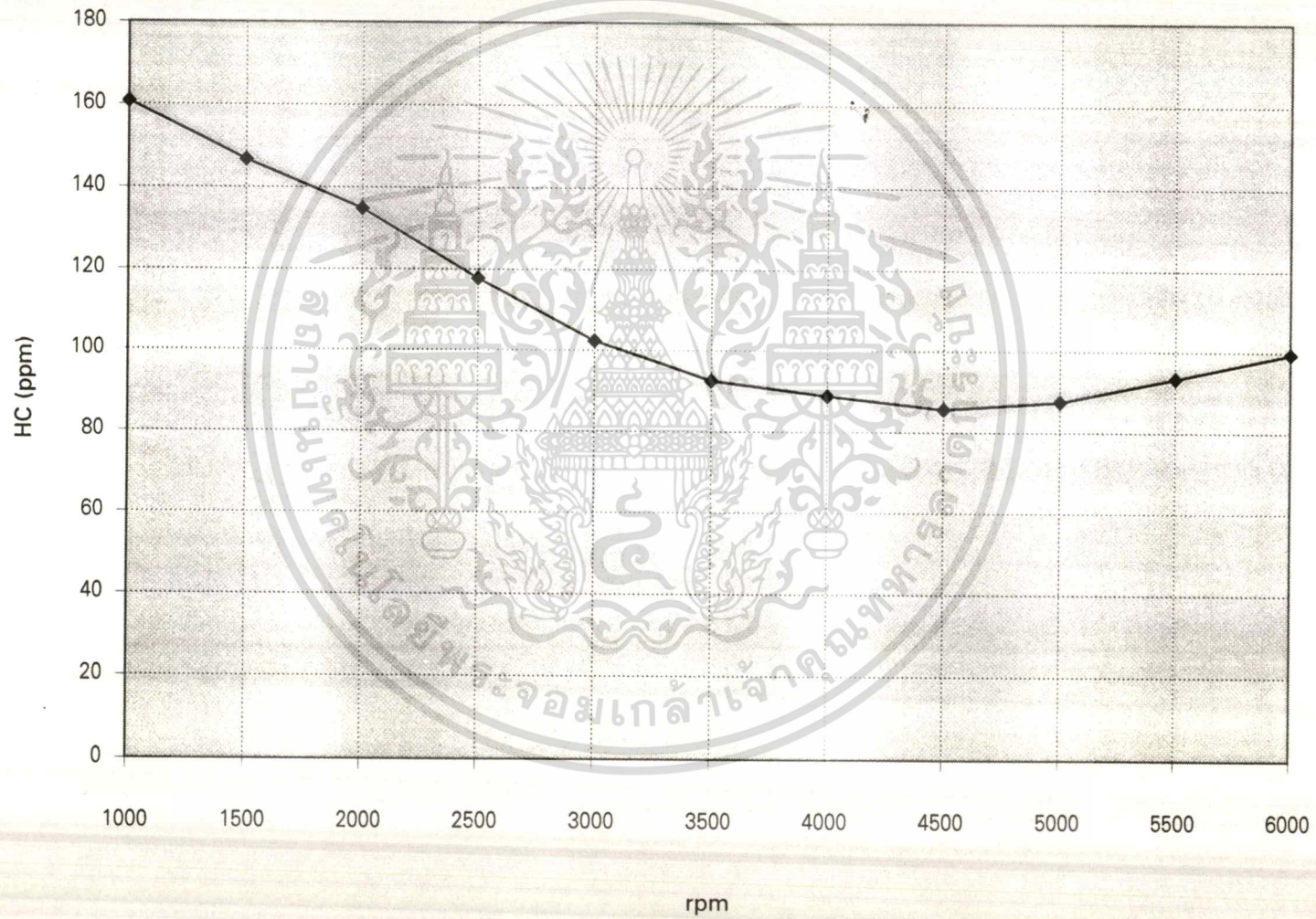
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 1. แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง CO กับความเร็วรอบ(rpm)

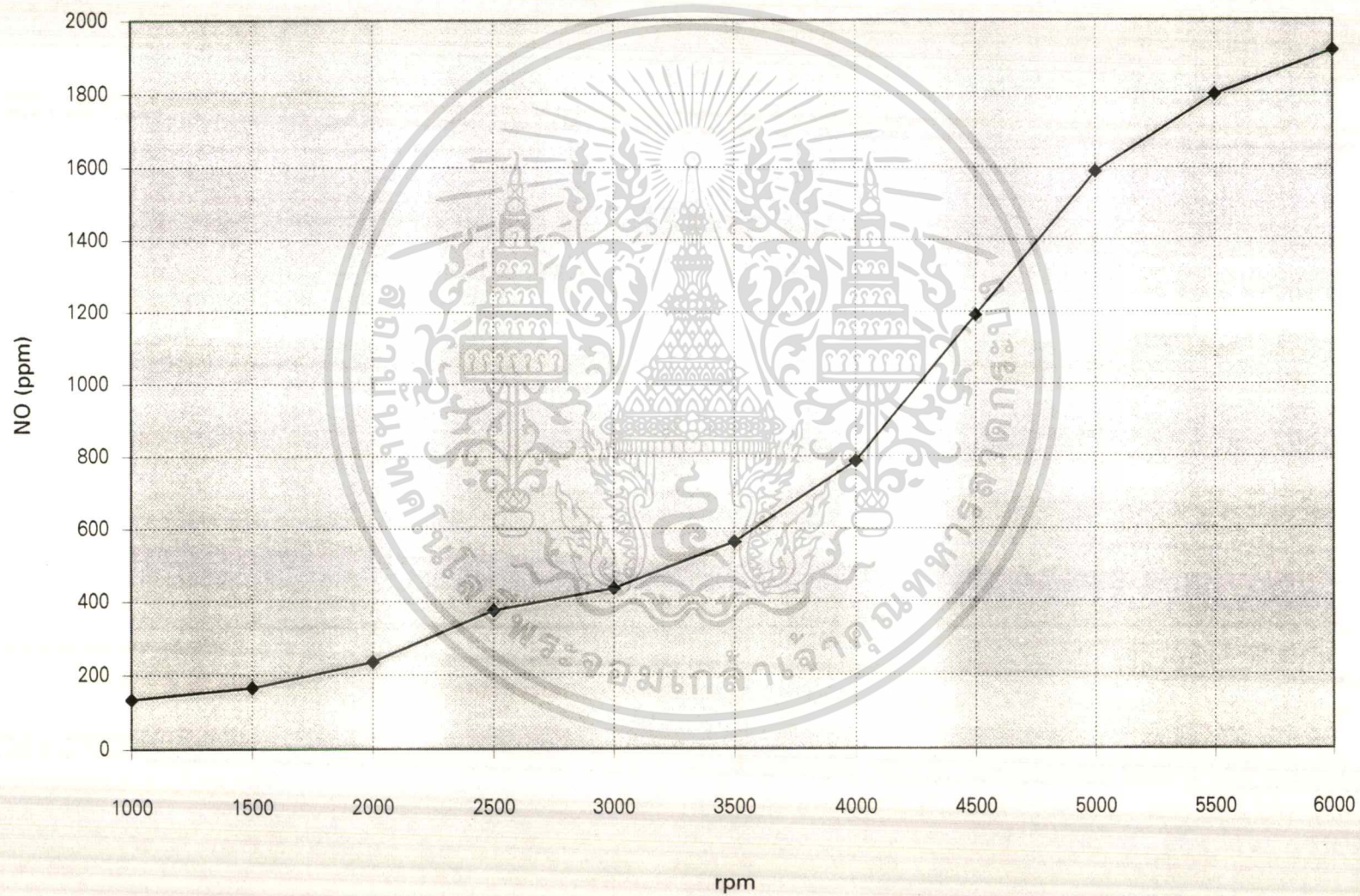


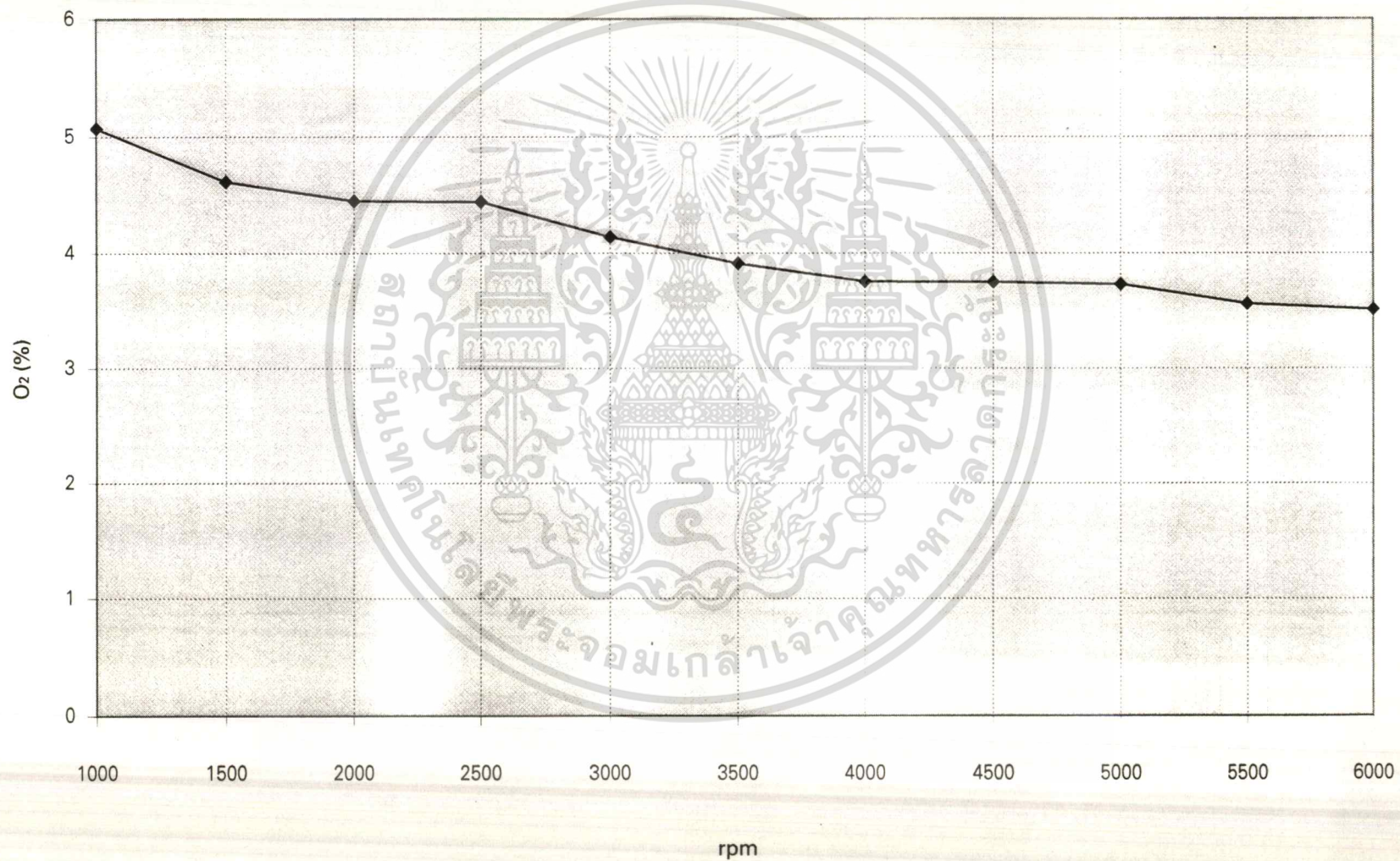
กราฟที่ 2. แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง CO₂ กับความเร็วรอบ (rpm)

กราฟที่ 3. แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง HC กับความเร็วรอบ (rpm)

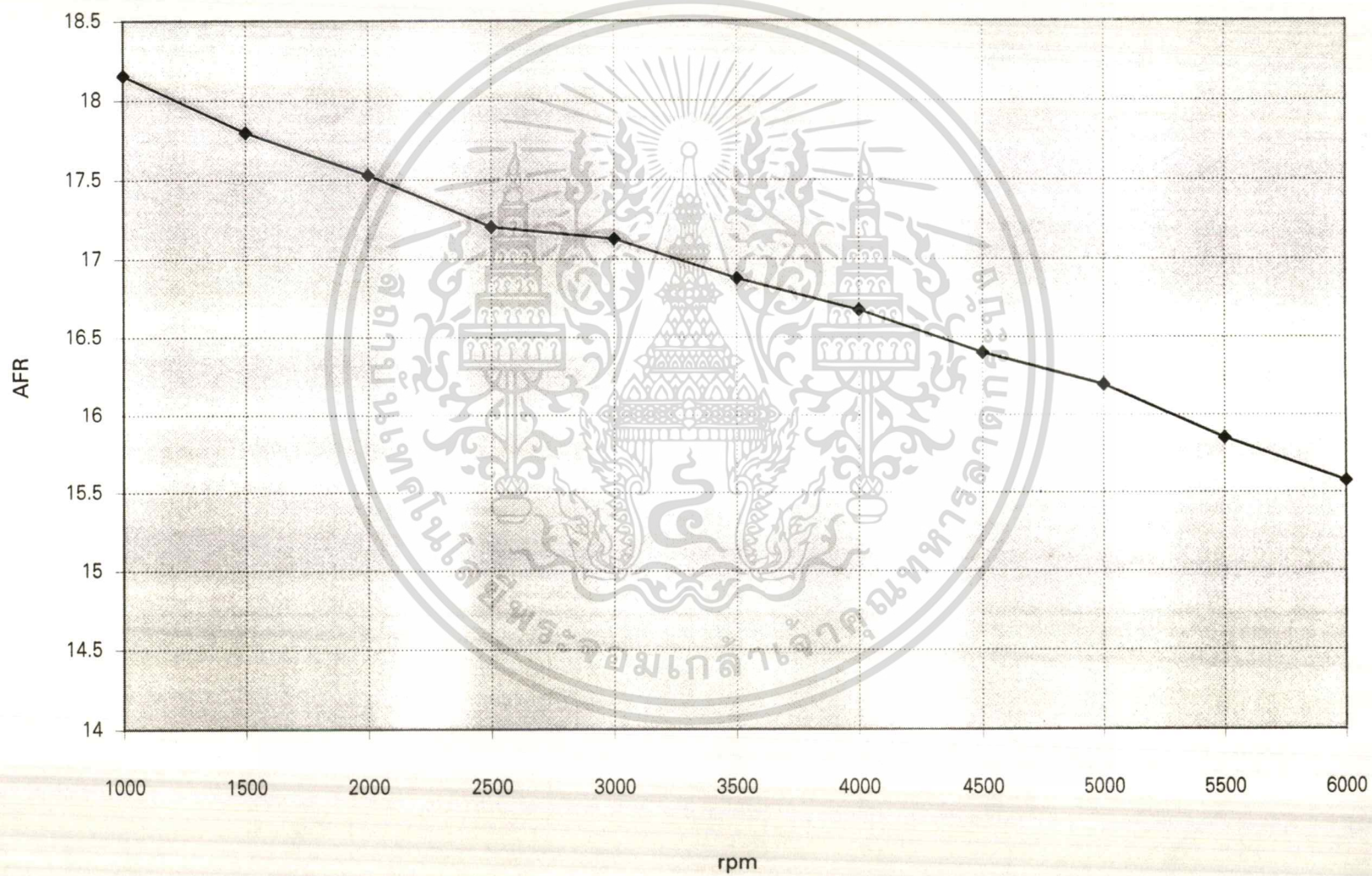


กราฟที่ 4. แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง NO กับความเร็วรอบ (rpm)

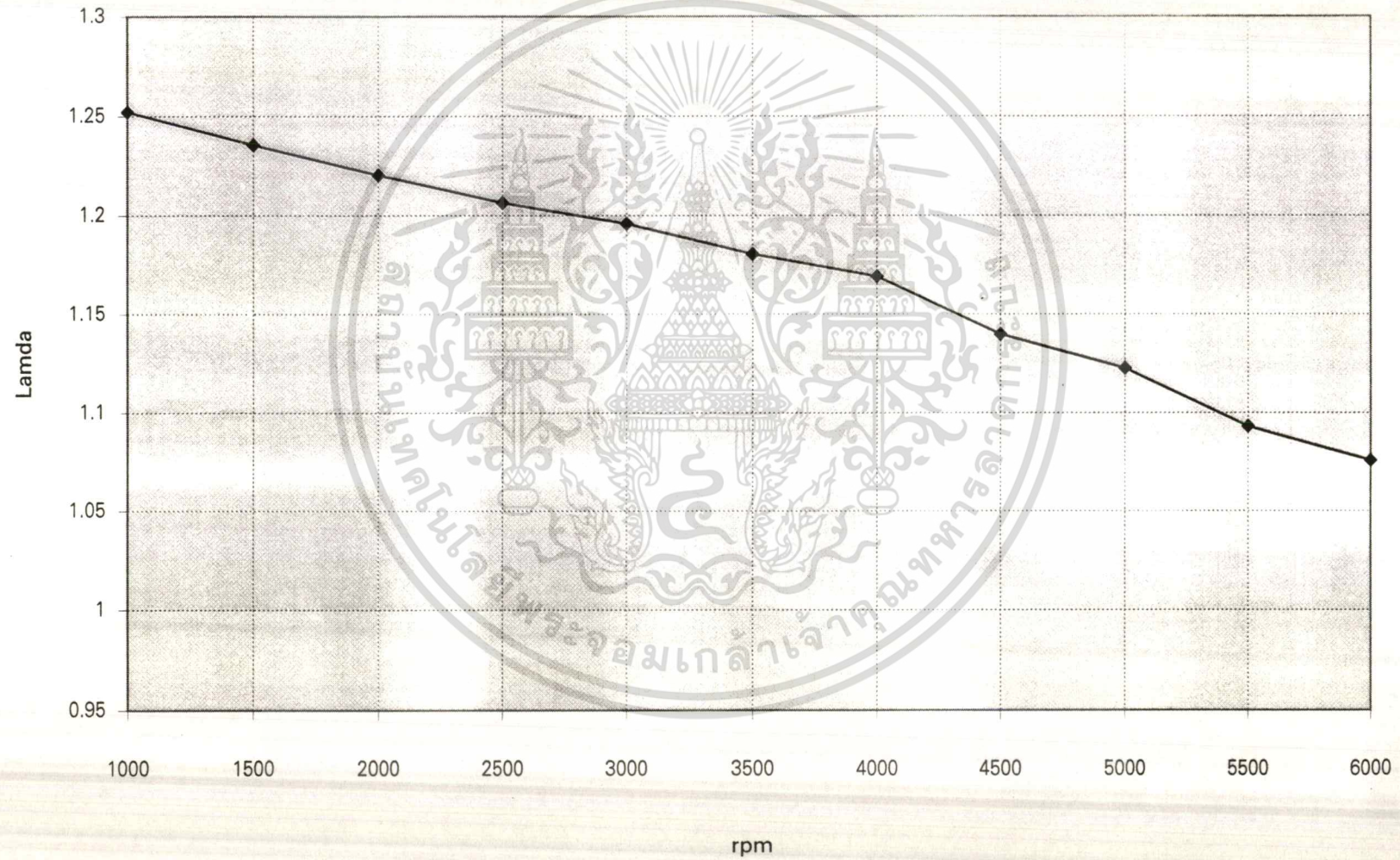


กราฟที่ 5. แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง O_2 กับความเร็วรอบ (rpm)

กราฟที่ 6. แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง AFR กับความเร็วรอบ (rpm)



กราฟที่ 7. แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Lamda กับความเร็วรอบ (rpm)



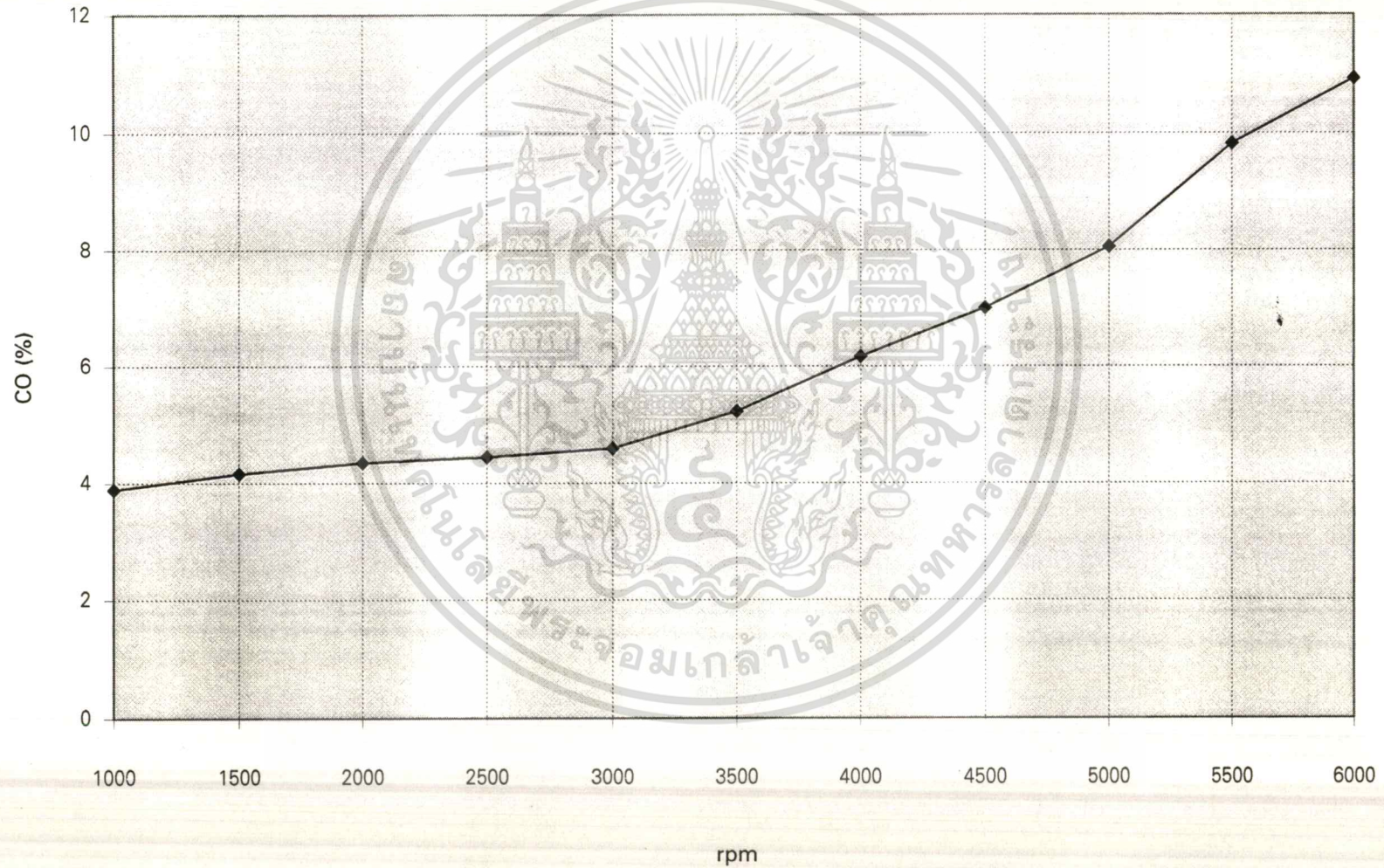
2. ผลการวัดปริมาณก๊าซชนิดต่างๆในไอเสีย (กรณีใส่โหลด)

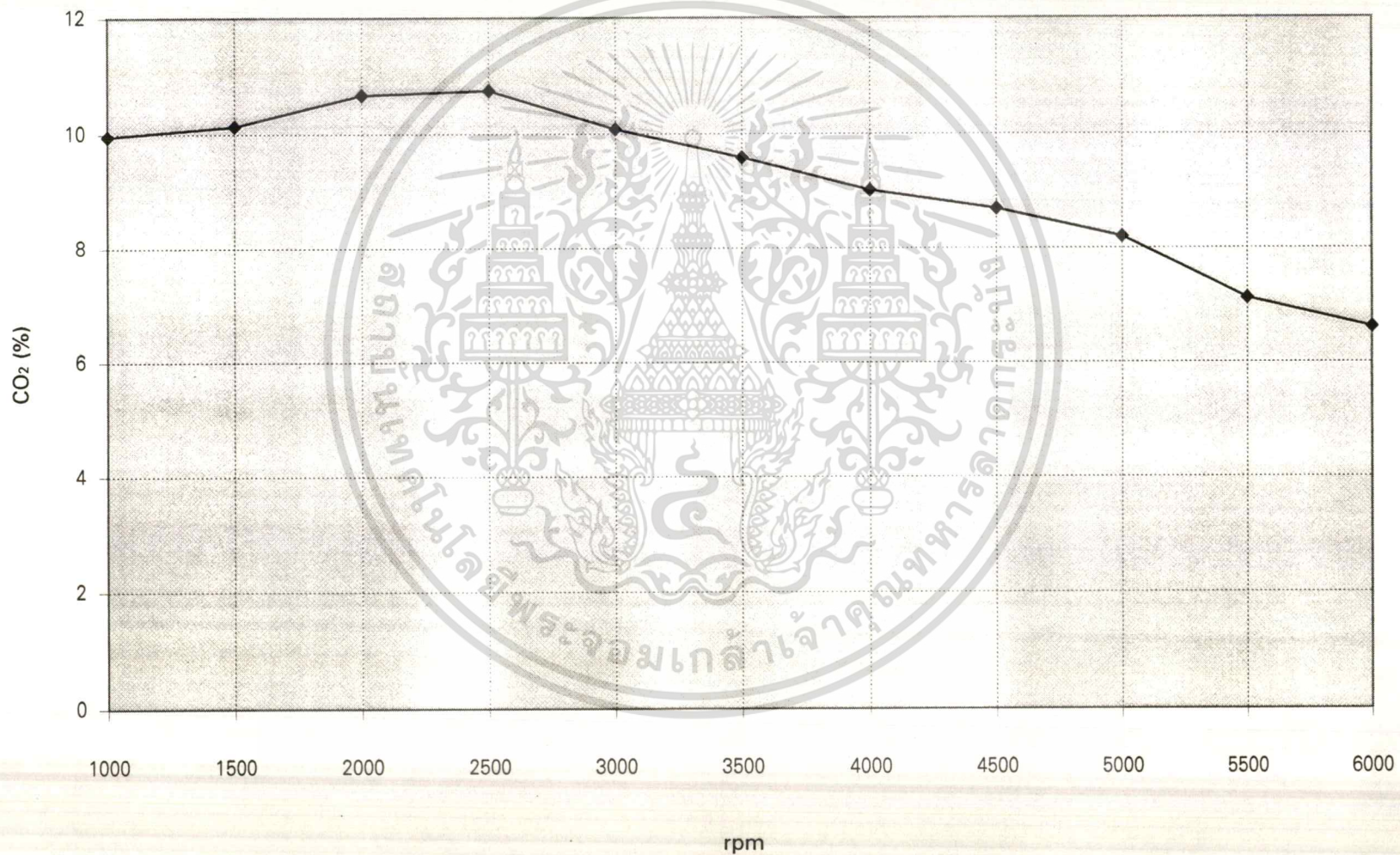
rpm	CO (%)	CO ₂ (%)	HC (ppm)	NO (ppm)	O ₂ (%)	AFR	Lamda
1000	3.8865	9.9533	193.33	133.33	4.4767	15.8233	1.1090
1500	4.1575	10.1287	186.47	167	4.0967	15.6700	1.0980
2000	4.3516	10.6700	180.25	226.67	3.8500	15.1630	1.0820
2500	4.4450	10.7467	182.25	295.67	3.6767	14.9700	1.0710
3000	4.5967	10.0767	185.75	435.68	3.5833	14.7900	1.0525
3500	5.2315	9.5833	189.25	657.70	3.4467	14.4765	1.0195
4000	6.1650	9.0125	200.75	1025.67	3.3933	14.0125	0.9725
4500	6.9967	8.6867	207.33	1298.65	3.3267	13.4133	0.9250
5000	8.0533	8.1967	220.30	1487.75	3.2033	12.8933	0.8936
5500	9.8200	7.1100	235.33	1625.89	3.1833	12.1670	0.8396
6000	10.9200	6.6100	244.00	1678.6	3.1600	11.8633	0.8183

จากตารางนำข้อมูลมาเขียนกราฟได้กราฟที่ 8-14

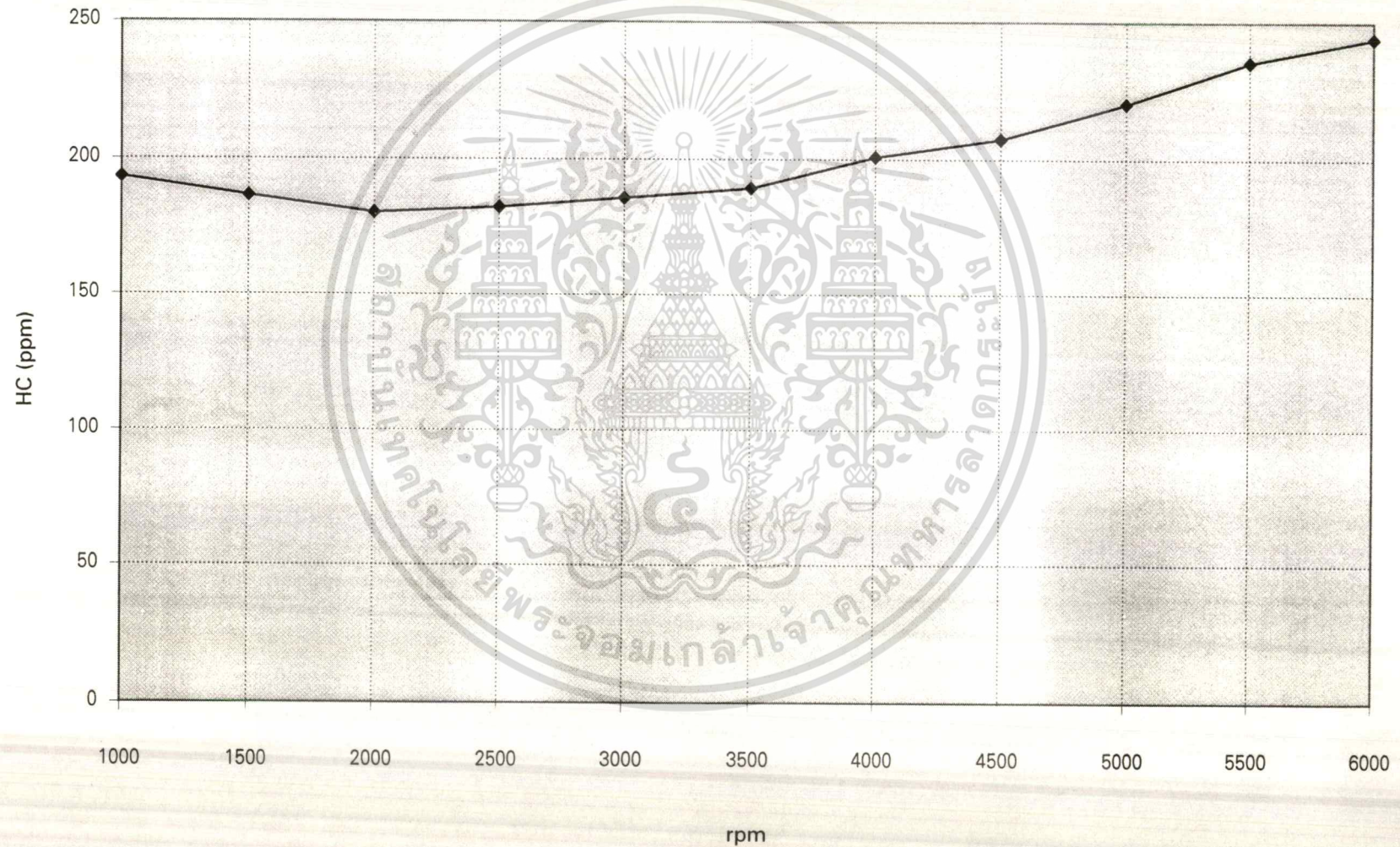
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 8. แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง CO กับความเร็วรอบ (rpm)

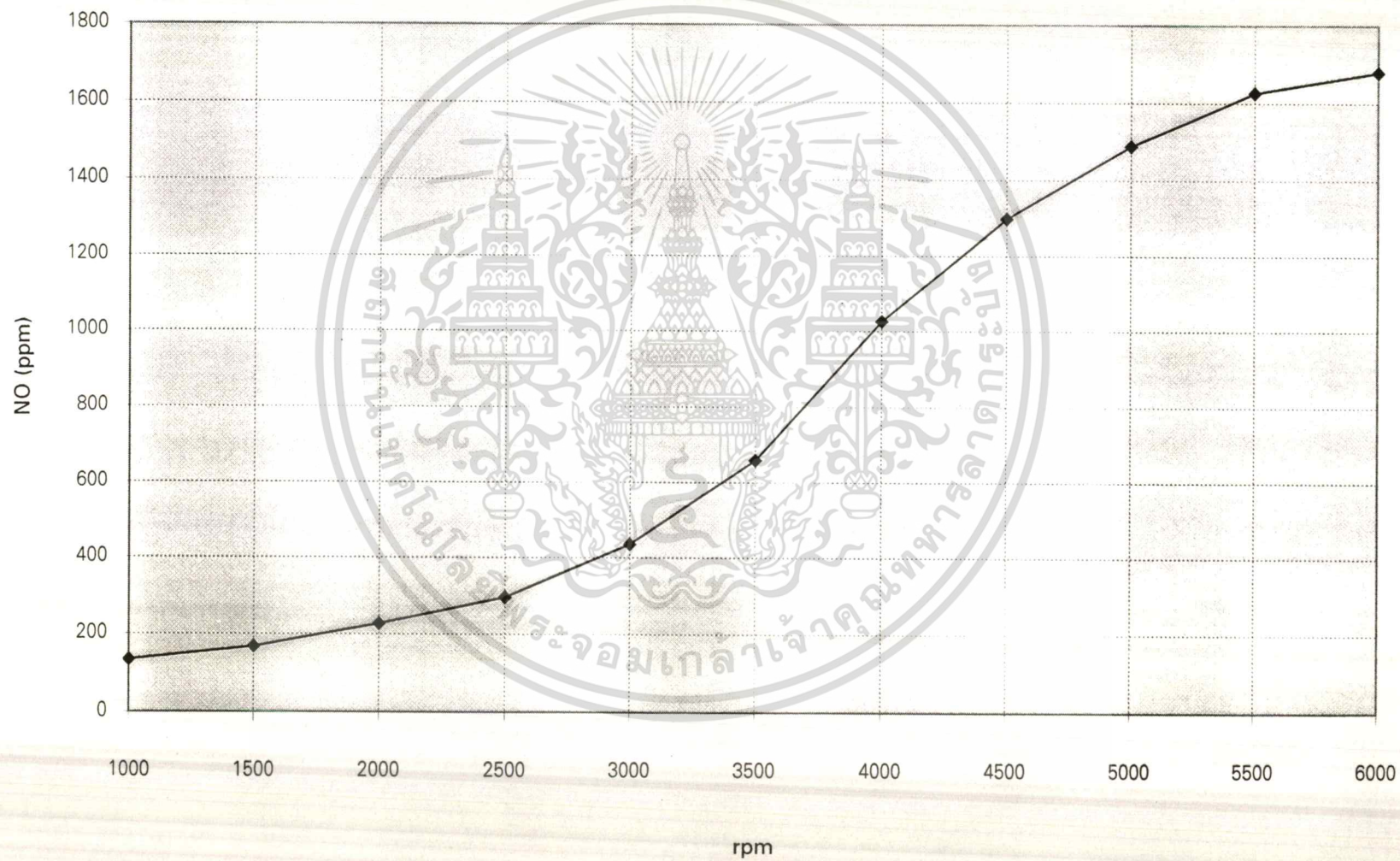


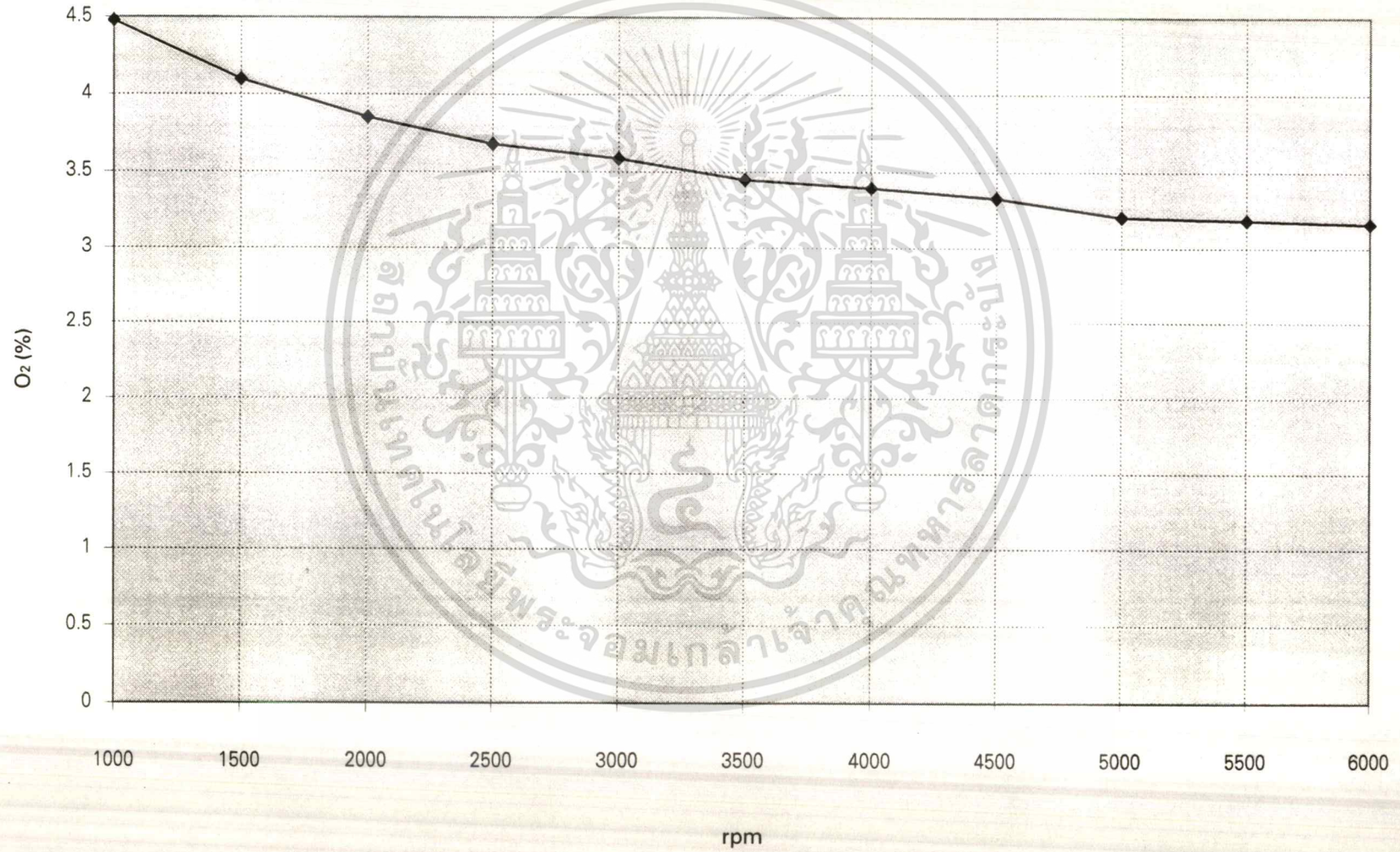
กราฟที่ 9. แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง CO₂ กับความเร็วรอบ (rpm)

กราฟที่ 10. แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง HC กับความเร็วรอบ (rpm)

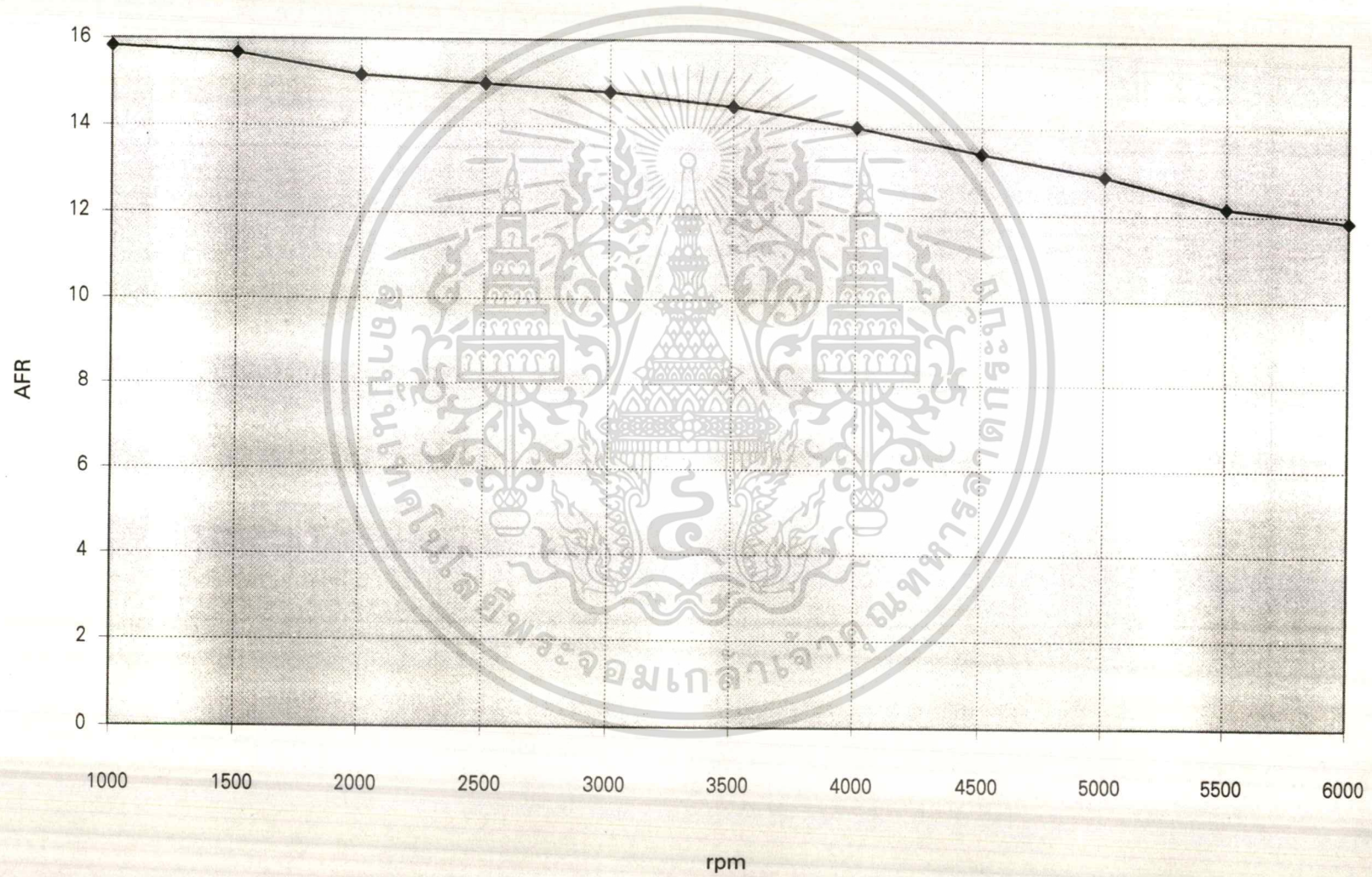


กราฟที่ 11. แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง NO กับความเร็วรอบ (rpm)

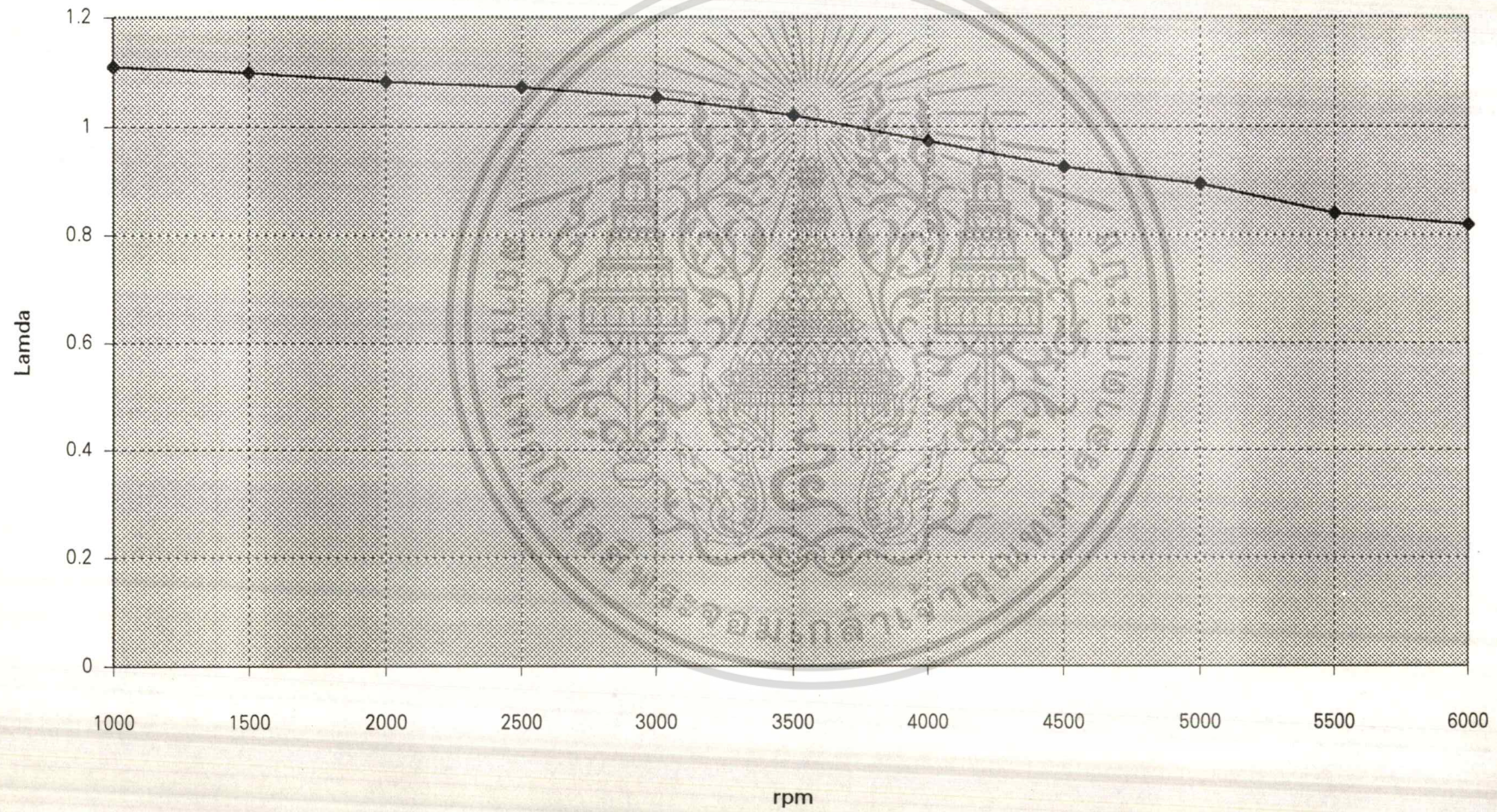


กราฟที่ 12. แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง O_2 กับความเร็วรอบ (rpm)

กราฟที่ 13. แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง AFR กับความเร็วรอบ (rpm)



กราฟที่ 14. แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Lamda กับความเร็วรอบ (rpm)



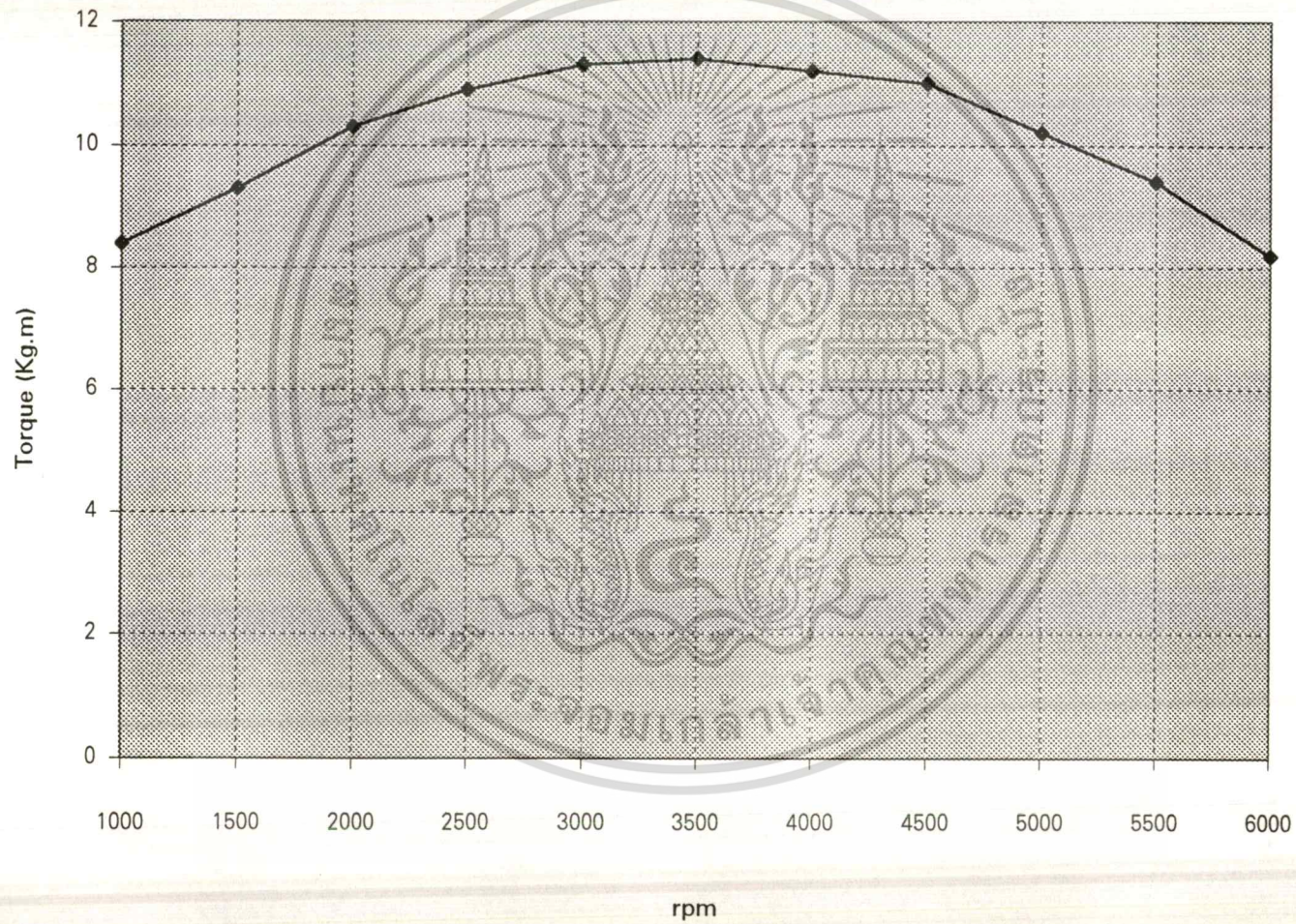
3. ผลการวัดแรงบิด (Torque) แรงม้า (BHP) และปริมาณความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง
จำเพาะ (s.f.c.)

rpm	Torque (Kg.m)	BHP (KW)	s.f.c. (g/KW.h)
1000	8.4	11.7286	258.57
1500	9.3	19.4779	245.93
2000	10.3	28.7630	230.75
2500	10.9	38.0487	232.65
3000	11.3	47.3333	246.75
3500	11.4	55.7109	258.95
4000	11.2	62.5526	267.67
4500	11.0	69.1150	280.59
5000	10.2	71.2090	300.74
5500	9.4	72.1868	322.54
6000	8.2	68.6861	357.64

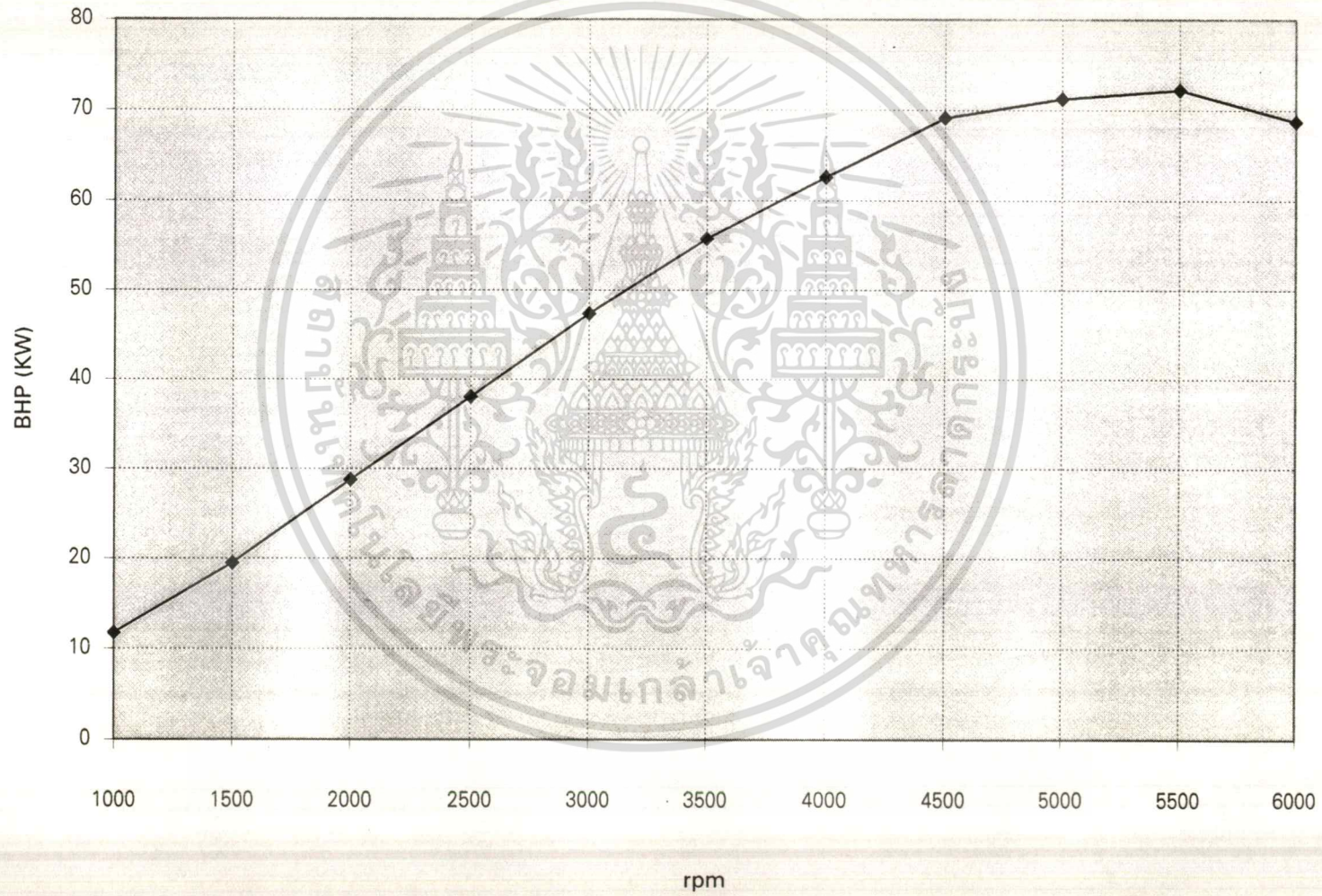
จากตารางนำข้อมูลมาเขียนกราฟได้กราฟที่ 15-17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

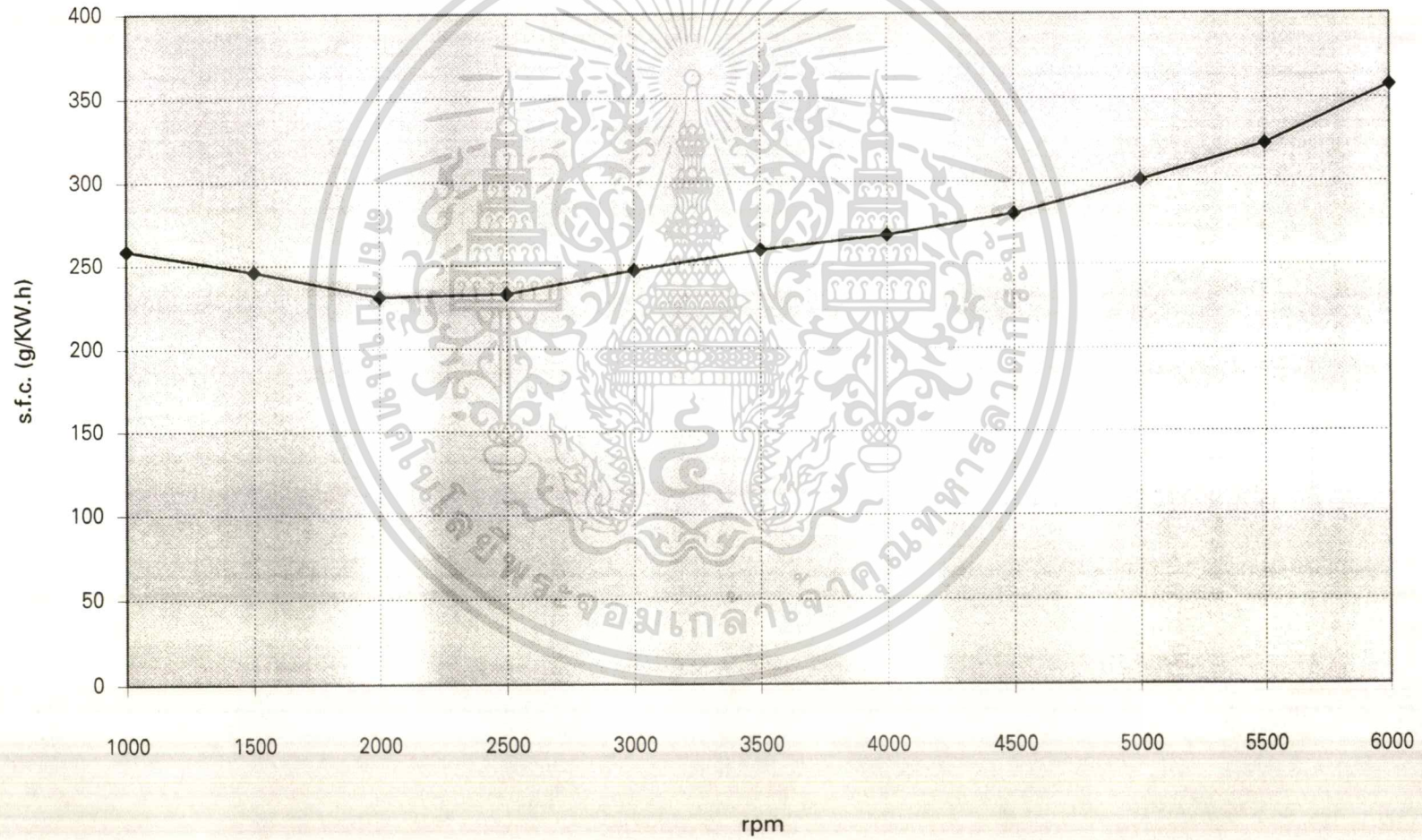
กราฟที่ 15. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด (Torque) กับความเร็วรอบ (rpm)



กราฟที่ 16. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงม้า (BHP) กับความเร็วรอบ (rpm)



กราฟที่ 17. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ (s.f.c.) กับความเร็วรอบ (rpm)



บทที่ 6

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

สรุปผลการทดลอง

1. ผลจากการทดลองจะได้ว่า ค่า CO จะมีความสัมพันธ์กับความเร็วรอบ (RPM) ของเครื่องยนต์คือ ที่ความเร็วรอบต่ำหรือที่ Idle Speed ค่า CO จะน้อยและจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆตามความเร็วรอบที่เพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน และเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นอย่างรวดเร็วที่ความเร็วรอบ 4000 ขึ้นไป เหตุผลเนื่องจากเมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์สูงขึ้นปริมาณไอดีมีเวลาเผาไหม้น้อยลง ทำให้เกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์จึงทำให้ค่า CO เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว
2. ค่า HC จะน้อยในช่วงความเร็วรอบที่มีอัตราส่วนผสมอากาศต่อน้ำมัน ที่ทำให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ในเครื่องยนต์ คือ ในช่วง AFR เท่ากับ 14.7:1 ถึง 15:1 ค่า HC จะน้อย
3. ค่า NO จะมากในช่วงความเร็วรอบที่มี AFR ที่ทำให้เกิดอุณหภูมิของการเผาไหม้สูง ซึ่งช่วงที่ค่า NO เริ่มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วคือ ช่วง AFR เท่ากับ 12:1 และจะมีค่ามากที่สุดที่ค่า AFR เท่ากับ 14.7:1 ถึง 15:1 และจะเริ่มลดลงอย่างรวดเร็วที่ AFR เท่ากับ 16:1
4. ค่า O_2 จะมากที่ความเร็วรอบต่ำเนื่องจากมีค่า AFR สูง และค่า O_2 จะค่อยๆลดลงเมื่อค่าความเร็วรอบสูงขึ้น เนื่องจากมีอากาศเข้าห้องเผาไหม้น้อยลง
5. ค่า CO_2 จะมากในช่วงความเร็วรอบที่มี AFR ที่ทำให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ซึ่งช่วงที่ทำให้เกิดการเผาไหม้สมบูรณ์คือ ช่วงที่ค่า AFR ใกล้เคียงกับค่า 14.7:1

ปัญหาจากการทดลอง

1. เครื่องยนต์ไม่สามารถทำการซ่อมได้ เนื่องจากหาอะไหล่ไม่ได้เพราะเป็นเครื่องยนต์ใช้แล้วจากประเทศญี่ปุ่น
2. เมื่อเครื่องยนต์ไม่สามารถทำการซ่อมได้ ทำให้การทดลองต้องหยุดชะงักลงจึงไม่มีผลการทดลองเมื่อใช้ก๊าซ LPG กับเครื่องยนต์
3. ระหว่างที่ทำการทดลอง ECU ถูกรบกวนจากคลื่นแม่เหล็กภายนอกทำให้การทำงานผิดพลาดไป

4. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ทำการทดลองหายากและมีราคาค่อนข้างสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารหนึ่งของหนังสือเรียนหนังสือเรียนหนังสือเรียน เมื่อผู้ดูแลห้องปฏิบัติการใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

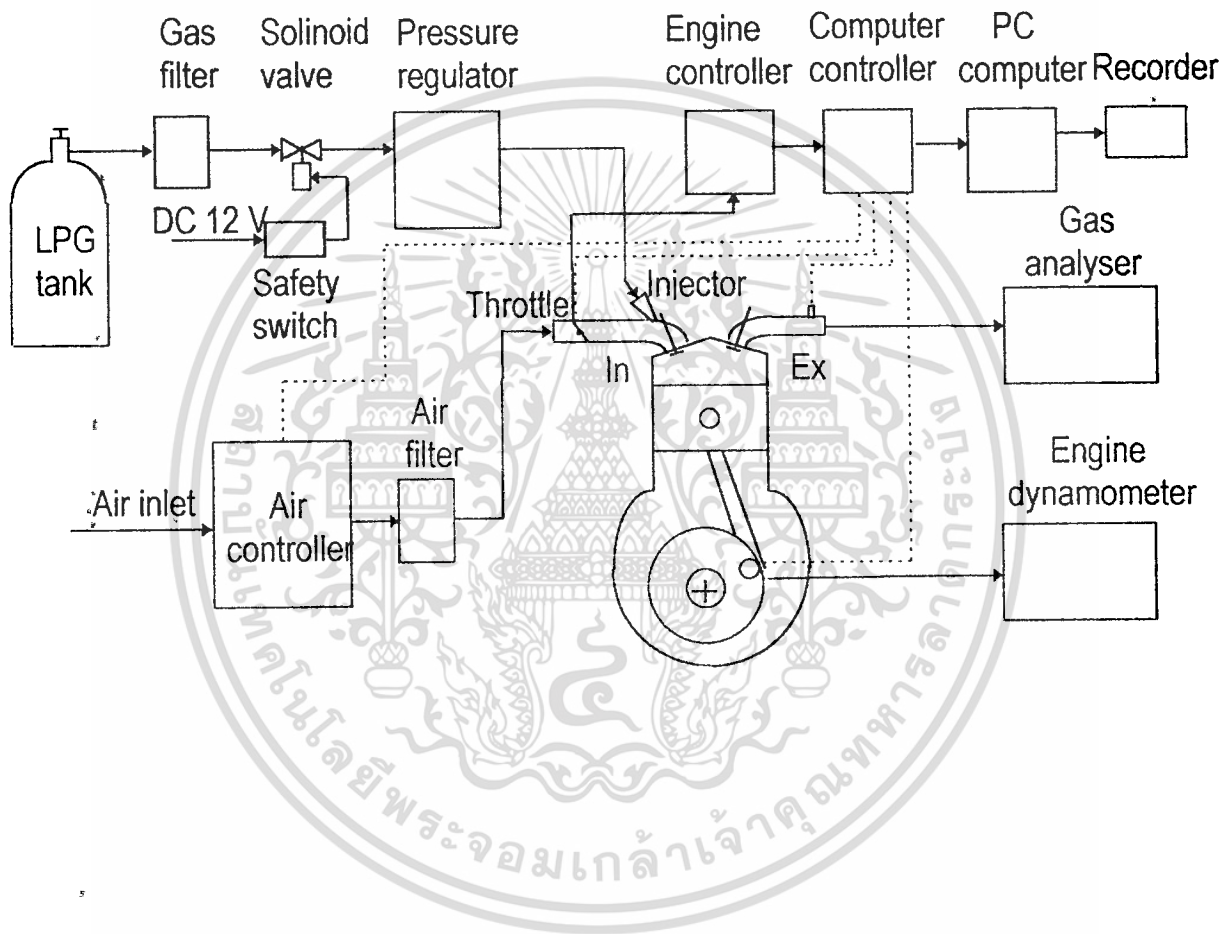
1. ควรเลือกเครื่องยนต์ที่สามารถทำการซ่อมแซมแก้ไขได้ง่ายเพราะ ในระหว่างทำการทดลองโอกาสที่ชิ้นส่วนต่างๆจะได้รับความเสียหายเป็นไปได้ตลอดเวลา
2. ควรเลือกสถานที่ทำการทดลองให้เหมาะสม คือ ไม่มีคลื่นแม่เหล็กربกวน
3. จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า เครื่องยนต์รุ่น 5A-FE ของโตโยต้า สามารถใช้กับก๊าซ LPG ได้ ดังนั้นจึงควรให้ผู้ที่มีความสนใจทำการทดลองใหม่เพื่อหาค่าแรงม้าและปริมาณก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์เมื่อใช้ก๊าซ LPG เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิงแล้วทำการปรับปรุงเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซ LPG ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

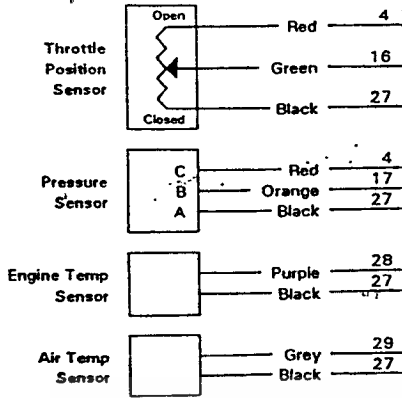
1. Schematic Diagram of the Experimental Apparatus



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

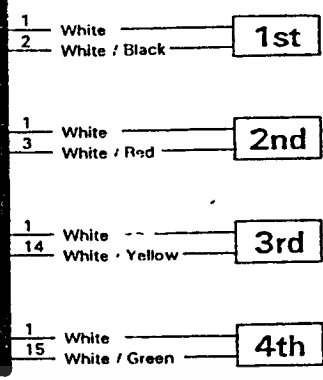
2. ECU WIRING DRAWING

Engine Sensors



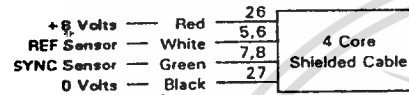
Fuel Injectors

Connect in firing sequence for sequential operation



REF and SYNC Sensors

(Refer to the detailed drawings for the particular trigger system)



Note 3

Note
All wires except those marked "Heavy" are 18# (0.85 mm2)

Note 1
To avoid the ECU fuse blowing due to reverse battery polarity use a diode activated relay
Bosch 0 332 014 112

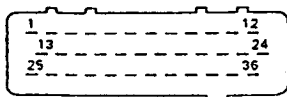
Note 2
The Ignition System power should be supplied by the Fuel Pump relay to ensure that the Ignition System power is off when the engine is stopped. This also provides reverse battery protection for the Ignition System

Note 3
Remove the Foil and drain wire DO NOT connect the foil or drain wire to the sensor or to ground

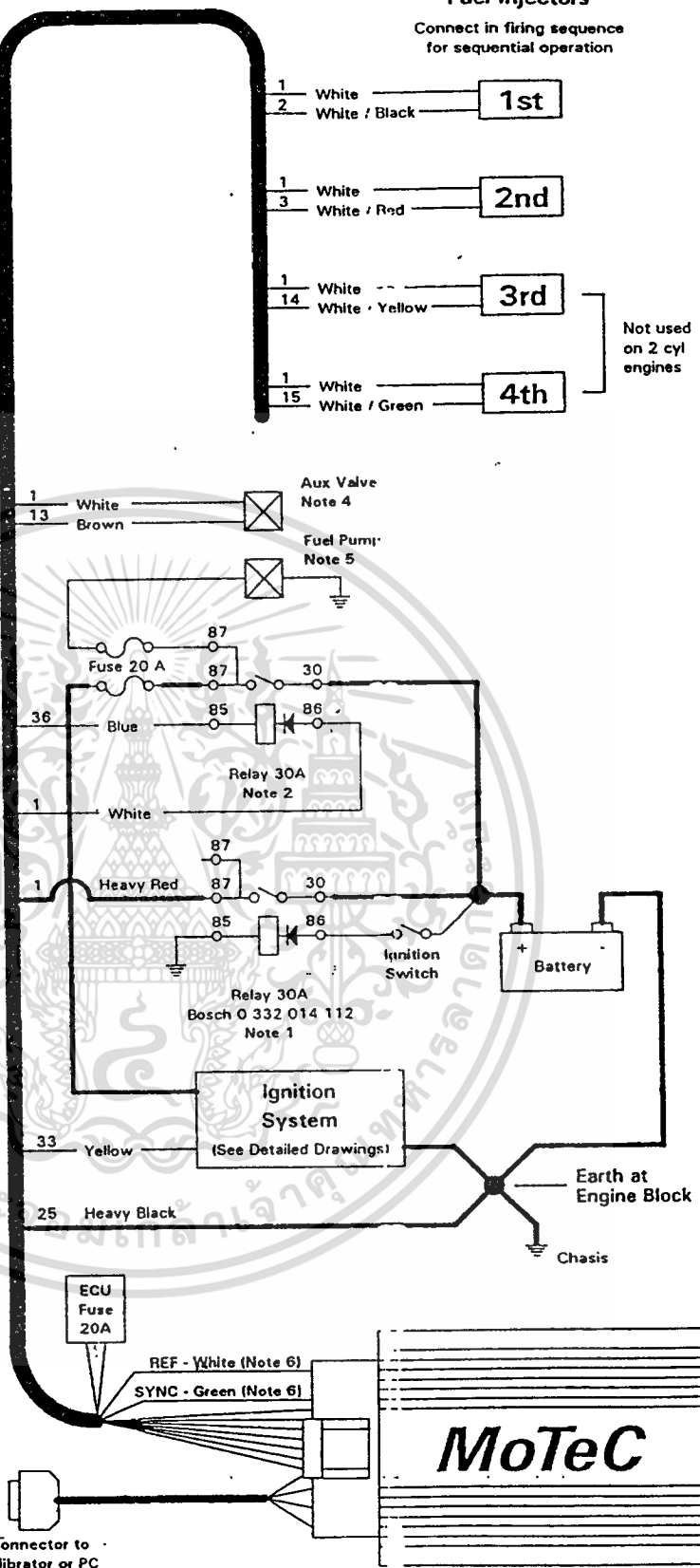
Note 4
The Aux Valve wire is connected to ECU Aux Output 1

Note 5
The Fuel Pump wire is connected to ECU Aux Output 4

Note 6
(Refer to the detailed drawings for the particular trigger system)



Connector to Calibrator or PC



MoTeC

Title M4 Loom (4 Cylinder)

Sheet No

Drawing No

Date 17/1/1995

Drawn TW

App: LU

Rev B

M4/4

LOOM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. เชื้อ ชูขำ , วีระยุทธ สุวรรณประทีป ., “ อุปกรณ์เชื้อเพลิงรถยนต์ “ ., ซีเอ็ดยูเคชั่น , กรุงเทพฯ , 2535 .
2. จำนง ถนอม ., “ ระบบหัวฉีดเบนซินและระบบเทอร์โบชาร์จ “ ., ซีเอ็ดยูเคชั่น , กรุงเทพฯ , 2533 .
3. ประเสริฐ เทียนนิมิตร , ขวัญชัย สันทิพย์สมบูรณ์ , ปานเพชร ชินินทร ., “ เชื้อเพลิงและสารหล่อลื่น “ ., ซีเอ็ดยูเคชั่น , กรุงเทพฯ , 2532 .
4. วีระยุทธ สุวรรณประทีป ., “ เครื่องยนต์ “ ., ซีเอ็ดยูเคชั่น , กรุงเทพฯ , 2539 .
5. Colin R. Ferguson ., “ International Combustion Engines “ ., JOHN WILEY & SONS , New York , 1986

กิตติกรรมประกาศ

:-

1. ขอขอบคุณ พี่มณฑาที่ให้ความช่วยเหลือ แนะนำและสอนสั่ง
2. ขอขอบคุณ Mr. Danny Tia ที่สละเวลาอันมีค่ามาให้ความรู้และให้ยืมเครื่องมือทดลอง
3. ขอขอบคุณบริษัท สยามโตโยต้าอุตสาหกรรม จำกัด ที่บริจาคเครื่องยนต์ให้ทำการทดลอง
4. ขอขอบคุณคุณมนชยา ชาตบุตร ที่ให้ความช่วยเหลือในการพิมพ์วิทยานิพนธ์ฉบับนี้
5. ขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่ให้ความเห็นใจ

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่ที่คอยเป็นห่วงและให้กำลังใจมาโดยตลอด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้