

การศึกษาคุณสมบัติของเครื่องยนต์มีลเลอร์ที่ใช้คาร์บูเรเตอร์
Study on the characteristics of Miller Engine used carburetor



นาย คมสัน ก้านสุวรรณ /

KOMSON · KANSUWAN

นาย ธนวัฒน์ จตุพิรพรจันทร์ /

TANAWAT JATUPIIPONJUN

นาย ยุธนา มาลัย /

YUTHANA MALAI



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

พ.ศ.

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

ค.ศ.

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ค.ศ.

ปีการศึกษา 2545

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 50169

วัน,เดือน,ปี 21 เม.ย. 2547

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Study on the characteristics of Miller Engine used carburetor



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาโท

หัวข้อปริญญาโท การศึกษาคุณสมบัติของเครื่องยนต์มีลเลอร์ที่ใช้คาร์บูเรเตอร์
Study on the characteristics of Miller Engine used carburetor
ชื่อนักศึกษา นาย คมสัน ก้านสุวรรณ รหัสประจำตัว 43015409
นาย ธนวัฒน์ จตุพรจันทร์ รหัสประจำตัว 43015420
นาย ชูธนา มาลัย รหัสประจำตัว 43015433
หลักสูตร วิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาโท



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การศึกษาคุณสมบัติของเครื่องยนต์มีดเลอร์ที่ใช้คาร์บูเรเตอร์	
นักศึกษา	นาย คมสัน ก้านสุวรรณ	รหัสประจำตัว 43015409
	นาย ธนวัฒน์ จตุพิชพรจันทร์	รหัสประจำตัว 43015420
	นาย ยุธนา มาลัย	รหัสประจำตัว 43015433
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล	
พ.ศ.	2545	
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ผศ. ชวัชชัย นาคพิพัฒน์	

บทคัดย่อ

จุดมุ่งหมายของปริญญานิพนธ์นี้ เพื่อพัฒนาเครื่องยนต์จุดระเบิดที่ผลิตตามท้องตลาด ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยพัฒนาตามหลักทฤษฎีของ วัฏจักรมีดเลอร์ การยี่คระยะเวลาระหว่างการดูดมีผลต่อ ไอดีและลดงานจากการอัด จากการทดลองนั้นจะ ได้งาน แก๊สมีผลภาวะ และความสัมพันธ์เปลืองจำเพาะของ เครื่องยนต์ที่ปรับแต่งองศาการเปิดนั้นดีขึ้น



Thesis Title Study on the characteristics of Miller Engine used carburetor

Student Komson Kansuwan Student ID 43015409
 Tanawat Jatupitponjun Student ID 43015420
 Yutthana Malai Student ID 43015433

Degree Bachelor of Engineering

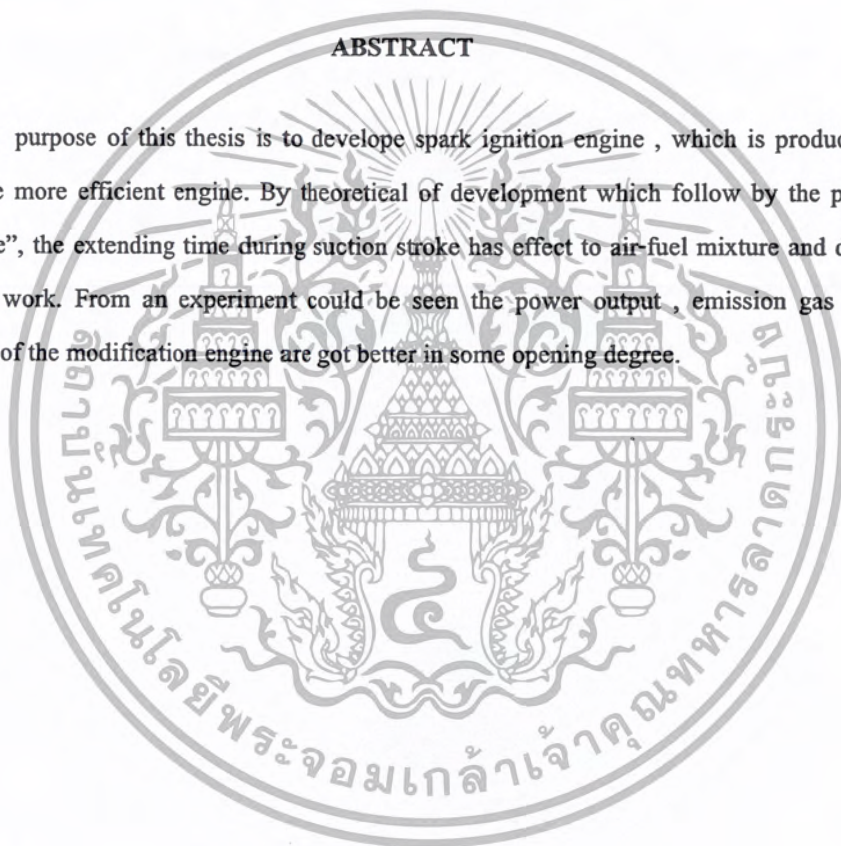
Programme Mechanical Engineering

Year 2002

Thesis Advisor Associate Professor Thawatchai Narkhipat

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to develop spark ignition engine, which is produced for the market, to be more efficient engine. By theoretical of development which follow by the principle of "Miller Cycle", the extending time during suction stroke has effect to air-fuel mixture and decrease of compression work. From an experiment could be seen the power output, emission gas, and fuel consumption of the modification engine are got better in some opening degree.



กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาจาก ผศ. ชวิชัย นาคพิพัฒน์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์ คณะผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาเครื่องกลที่ให้คำแนะนำแก่คณะผู้วิจัยเป็นอย่างดี
ขอขอบพระคุณ อาจารย์ สิริบุรณม์ เนาว์ถันสุข ที่ให้คำชี้แนะในสิ่งที่ไม่ค่อยจะมีใครรู้ในสิ่งเหล่านั้น

ขอขอบคุณ คุณมณฑา เทียมเมือง พี่โก้ นิรุตต์ ร่วมกระโทก กับคำแนะนำเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือเครื่องจักรที่ต้องใช้ในงานวิจัย คุณจิราพร ชาติกุธร ที่ช่วยพิมพ์ปริญญาานิพนธ์ และเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ ความห่วงใย คำสั่งใจ จนทำให้งานวิจัยสำเร็จไปได้ด้วยดี

และขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้มีวันนี้ คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ที่ให้ความรัก ความห่วงใย และทุนทรัพย์ในการศึกษาตลอดมาอย่างเต็มที่ อันเป็นพระคุณอันหาที่เปรียบมิได้ คุณค่าทั้งหมดและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

คมสัน ก้านสุวรรณ
ธนวัฒน์ จตุพิธพรจันทร์
บุธนา มาลัย

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญภาพ	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์	2
1.2 ขอบเขตการทำงาน	2
1.3 วิธีการทำงาน	2
บทที่ 2 โครงสร้างและการทำงาน	4
2.1 การทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ	5
2.2 ไดอะแกรมแสดงจังหวะการเปิดและปิดลิ้น	6
2.3 ไดอะแกรมแสดงแรงดันและปริมาตรของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ (P-V diagram)	7
2.4 สมรรถนะของเครื่องยนต์	8
2.4.1 ขนาดความโตของกระบอกสูบและระยะชักของลูกสูบ (bore and stroke)	9
2.4.2 ความจุของกระบอกสูบ	9
2.4.3 อัตราส่วนกำลังอัด	10
บทที่ 3 เพลาลูกเบี้ยว	12
3.1 วัสดุที่ใช้ทำเพลาลูกเบี้ยว	12
3.2 วิธีการขับเคลื่อนของเพลาลูกเบี้ยว	13
3.2.1 แบบเฟืองขับโดยตรง (gear timing)	13
3.2.2 แบบใช้เฟืองกับโซ่ (gear and chain)	13
3.2.3 แบบใช้สายพานกับเฟือง (belt timing)	14
3.3 การจัดวางตำแหน่งของเพลาลูกเบี้ยว	14
3.3.1 การจัดวางเพลาลูกเบี้ยวอยู่ด้านข้างคอนล่าง	15
3.3.2 การจัดวางเพลาลูกเบี้ยวอยู่เหนือเพลาช้อเหวี่ยง	15
3.3.3 การจัดวางเพลาลูกเบี้ยวอยู่เหนือฝาสูบ	16
3.4 ลิ้นและชิ้นส่วนกลไกของลิ้น	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้าที่
3.4.1 โครงสร้างของลิ้น	17
3.4.2 วัสดุใช้ทำลิ้น	18
3.4.3 ระยะห่างของลิ้น	19
บทที่ 4 การออกแบบสร้างลูกเบี้ยว	20
4.1 การออกแบบสร้างลูกเบี้ยว (Exhaust Cam Construction)	20
4.2 การกำหนดช่วงเวลาการควบคุมลิ้น	20
4.3 ลูกเบี้ยว (CAM)	22
4.4 การกำหนดรูปร่างลูกเบี้ยว	25
4.5 ส่วนเริ่มโค้งของลูกเบี้ยว	25
บทที่ 5 แผนภาพเวลาการ เปิด-ปิด ลิ้นของเครื่องยนต์	27
บทที่ 6 ระบบควบคุมมลภาวะและการกำจัดไอของเสียของรถยนต์	29
6.1 มลภาวะอากาศเป็นพิษ	29
6.2 การเกิดของแก๊สของเสียที่เป็นมลภาวะอากาศเป็นพิษ	30
6.2.1 แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	30
6.2.2 แก๊สไฮโดรคาร์บอน (HC)	32
6.2.3 แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน (NO ₂)	33
6.3 แก๊สไอเสียจากรถยนต์ที่เป็นอันตรายต่อชีวิต	35
6.3.1 แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	35
6.3.2 แก๊สไฮโดรคาร์บอน (HC)	35
6.3.3 แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน (NOX)	35
6.4 สภาพของการจับขี้รถยนต์และการเกิดแก๊สไอเสียที่เป็นมลภาวะอากาศเป็นพิษ	36
6.4.1 รถยนต์อยู่ในสภาวะอุ่นเครื่องยนต์	36
6.4.2 รถยนต์อยู่ในสภาวะเครื่องยนต์เดินเบา	36
6.4.3 รถยนต์ขับเคลื่อนที่ความเร็วคงที่	37
6.4.4 รถยนต์อยู่ในสภาวะขณะเร่งเครื่องยนต์	37
6.4.5 เมื่อลดคันเร่งเครื่องยนต์	37
6.4.6 เมื่อเครื่องยนต์ไหลตมมาก	38
บทที่ 7 การวัดสมรรถนะของเครื่องยนต์	39
7.1 แรงบิด	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

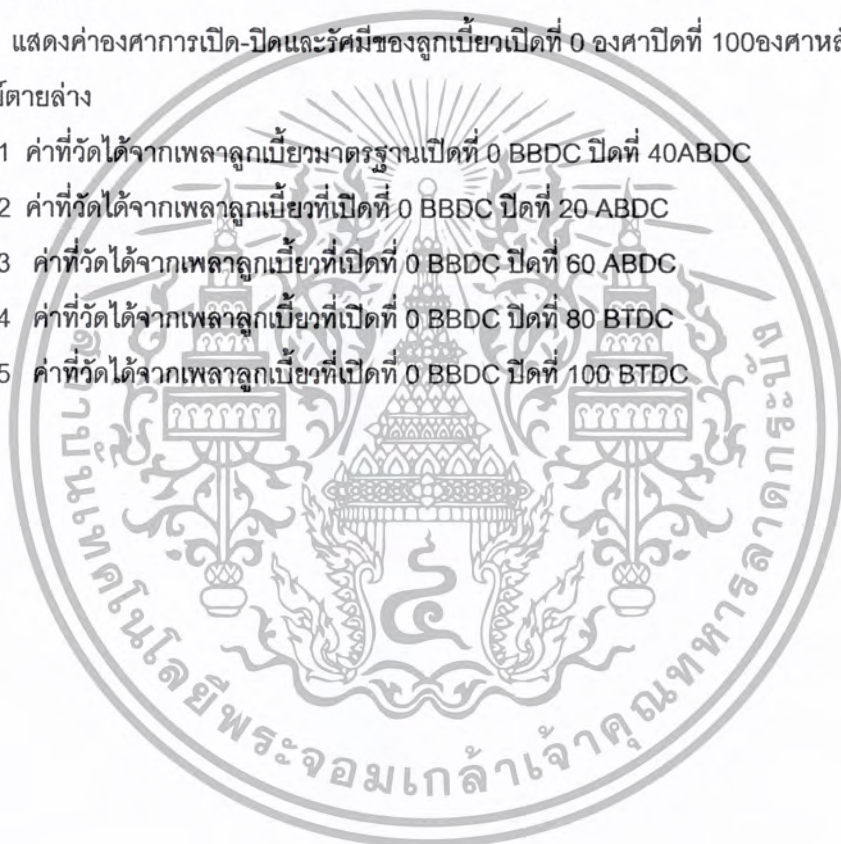
	หน้าที่
7.2 แรงม้า	40
7.3 แรงม้า SAE	41
7.4 แรงม้าอินดิเคต	41
7.5 แรงม้าเบรก	42
7.6 แรงม้าเสียดทาน	45
7.7 ความสัมพันธ์ของ bhp , ihp และ fhp	46
7.8 แรงม้าเบรกกับแรงบิด	46
7.9 ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์	48
7.10 ประสิทธิภาพทางกล	48
7.11 ประสิทธิภาพทางความร้อน	48
7.12 ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร	49
7.13 ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	49
บทที่ 8 ทอร์คมิเตอร์	50
บทที่ 9 การสร้างลูกเบี้ยว	52
บทที่ 10 การทดลอง	60
10.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	60
10.2 ขั้นตอนการทำงาน	61
10.3 วิธีการทดลอง	62
บทที่ 11 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง	63
11.1 ตารางแสดงผลการทดลอง	63
11.2 กราฟแสดงผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง	67
บทที่ 12 สรุปผลการทดลอง	74
12.1 ข้อเสนอแนะ	75
บรรณานุกรม	76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้าที่

ตารางที่ 9.1 แสดงค่าองศาการเปิด-ปิดและรัศมีของลูกเบี้ยวมาตรฐาน	52
ตารางที่ 9.2 แสดงค่าองศาการเปิด-ปิดและรัศมีของลูกเบี้ยวเปิดที่ 0 องศาปิดที่ 20 องศาหลัง ศูนย์ตายล่าง	54
ตารางที่ 9.3 แสดงค่าองศาการเปิด-ปิดและรัศมีของลูกเบี้ยวเปิดที่ 0 องศาปิดที่ 60 องศาหลัง ศูนย์ตายล่าง	55
ตารางที่ 9.4 แสดงค่าองศาการเปิด-ปิดและรัศมีของลูกเบี้ยวเปิดที่ 0 องศาปิดที่ 80 องศาหลัง ศูนย์ตายล่าง	56
ตารางที่ 9.5 แสดงค่าองศาการเปิด-ปิดและรัศมีของลูกเบี้ยวเปิดที่ 0 องศาปิดที่ 100 องศาหลัง ศูนย์ตายล่าง	57
ตารางที่ 11.1 ค่าที่วัดได้จากเพลาลูกเบี้ยวมาตรฐานเปิดที่ 0 BBDC ปิดที่ 40ABDC	63
ตารางที่ 11.2 ค่าที่วัดได้จากเพลาลูกเบี้ยวที่เปิดที่ 0 BBDC ปิดที่ 20 ABDC	64
ตารางที่ 11.3 ค่าที่วัดได้จากเพลาลูกเบี้ยวที่เปิดที่ 0 BBDC ปิดที่ 60 ABDC	65
ตารางที่ 11.4 ค่าที่วัดได้จากเพลาลูกเบี้ยวที่เปิดที่ 0 BBDC ปิดที่ 80 BTDC	66
ตารางที่ 11.5 ค่าที่วัดได้จากเพลาลูกเบี้ยวที่เปิดที่ 0 BBDC ปิดที่ 100 BTDC	67



สารบัญภาพ

หน้าที่

รูปที่ 1.1	กราฟความดัน-ปริมาตรของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ	1
รูปที่ 1.2	กลไกการกดวาล์ว	1
รูปที่ 2.1	โครงสร้างของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ	4
รูปที่ 2.2	การเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนของเครื่องยนต์	4
รูปที่ 2.3	ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงบนและจุดศูนย์ถ่วงล่าง	5
รูปที่ 2.4	กลวัตรการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ	6
รูปที่ 2.5	ไดอะแกรมจังหวะการเปิดและปิดของลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย	7
รูปที่ 2.6	ไดอะแกรมแรงดันและปริมาตรของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ (P-V diagram)	8
รูปที่ 2.7	ช่วงระยะชักของลูกสูบในแบบต่างๆ	9
รูปที่ 2.8	วิธีการคำนวณหาความจุของกระบอกสูบ	10
รูปที่ 2.9	การคำนวณอัตราส่วนกำลังอัด	10
รูปที่ 3.1	ส่วนประกอบของเพลาลูกเบี้ยว	12
รูปที่ 3.2	แบบเฟืองขับโดยตรง (เฟืองไทมิ่ง)	13
รูปที่ 3.3	วิธีการขับเคลื่อนแบบใช้เฟืองกับโซ่	14
รูปที่ 3.4	วิธีการขับเคลื่อนแบบใช้สายพานกับเฟือง	14
รูปที่ 3.5	การจัดวางเพลาลูกเบี้ยวอยู่ด้านข้างตอนล่าง	15
รูปที่ 3.6	การจัดวางเพลาลูกเบี้ยวอยู่เหนือเพลาล้อเหยียบ	15
รูปที่ 3.7	การจัดวางเพลาลูกเบี้ยวอยู่เหนือฝาสูบ	16
รูปที่ 3.8	ลิ้นและชิ้นส่วนกลไกของลิ้น	17
รูปที่ 3.9	โครงสร้างของลิ้น	17
รูปที่ 3.10	การบรรจุโซ่เคียวระบายความร้อน	18
รูปที่ 3.11	ระยะห่างระหว่างปลายกันลื่นกับกระเดื่องกดลิ้น	19
รูปที่ 4.1	ไดอะแกรมการเปิดและปิดของลิ้น	20
รูปที่ 4.2	ทอร์คและกำลังระหว่างลิ้นไอดี ปิดเร็วและปิดช้า	21
รูปที่ 4.3	ลักษณะการเคลื่อนที่ของลูกกระทุ้งขับเคลื่อนด้วยลูกเบี้ยว	22
รูปที่ 4.4	ไดอะแกรมการเคลื่อนที่ของลูกกระทุ้งขับเคลื่อนด้วยลูกเบี้ยว	23
รูปที่ 4.5	อัตราเร่งลูกกระทุ้งที่ขับเคลื่อนด้วยลูกเบี้ยว	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้าที่
รูปที่ 4.6 แสดงการกำหนดส่วนโค้งลูกเบี้ยว	25
รูปที่ 4.7 ส่วนโค้งและส่วนเริ่มโค้งของลิ้นลูกเบี้ยว	26
รูปที่ 5.1 ตำแหน่งการ เปิด-ปิด ของลิ้น	27
รูปที่ 6.1 แผนภูมิวงกลมที่แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ของแก๊สที่ปกคลุมโลก	29
รูปที่ 6.2 แสดงถึงแหล่งกำเนิดของแก๊สที่ทำให้เกิดมลภาวะอากาศเป็นพิษ	30
รูปที่ 6.3 เป็นการเกิดเขตดับของเปลวไฟภายในห้องเผาไหม้	31
รูปที่ 6.4 เป็นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างไอดีและความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์	31
รูปที่ 6.5 แสดงภาพตัดให้เห็นการเปิดของลิ้น ไอดีและลิ้นไอเสียในจังหวะ โอเวอร์แล็ป	32
รูปที่ 6.6 โคอะแกรมในการเปิดและปิดของลิ้น ไอดีและไอเสีย	32
รูปที่ 6.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างไอดีและความเข้มข้นของแก๊สไฮโดรคาร์บอน	33
รูปที่ 6.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างไอดีและปริมาณแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนในไอเสียรถยนต์	34
รูปที่ 6.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนกับระยะเวลาในการจุดระเบิดของเครื่องยนต์	35
รูปที่ 6.10 แก๊สที่เป็นมลภาวะอากาศที่เป็นพิษที่เกิดจากรถยนต์	36
รูปที่ 6.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมของน้ำมันกับอากาศกับการเกิดแก๊สไอเสียต่างๆของไอเสียรถยนต์	38
รูปที่ 7.1 แรงบิดเป็นแรงที่เกิดขึ้น โดยการหมุนของกำลังงาน	39
รูปที่ 7.2 ค่าของแรงบิดและค่าแรงม้าเมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์เปลี่ยนแปลง	40
รูปที่ 7.3 ค่าแรงม้า	40
รูปที่ 7.4 กราฟแสดงแรงม้าอินดิเคตของเครื่องยนต์	42
รูปที่ 7.5 โพรนิเบรก	43
รูปที่ 7.6 กราฟแรงม้าเบรกและแรงบิด	44
รูปที่ 7.7 แรงเคลื่อนไฟฟ้า	45
รูปที่ 7.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงม้าเสียดทานและความเร็วรอบเครื่องยนต์	45

สารบัญภาพ (ต่อ)

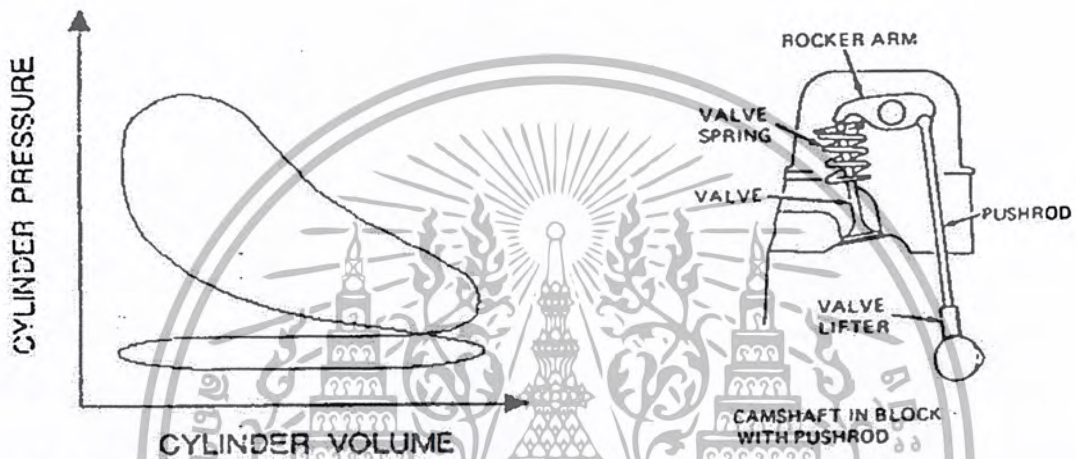
หน้าที่

รูปที่ 7.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและความเร็วรอบเครื่องยนต์	46
รูปที่ 7.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง bhp และความเร็วรอบเครื่องยนต์	47
รูปที่ 7.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด, bhp และ fhp	47
รูปที่ 8.1 ทอร์คมิเตอร์	50
รูปที่ 8.2 ชุดเบรก	50
รูปที่ 8.3 ชุดวัดแรงดัน ไฟฟ้า	51
รูปที่ 9.1 แคมโพร ไฟล์ของลูกเบี้ยวมาตรฐาน	53
รูปที่ 9.2 แสดงรูปของลูกเบี้ยวรวมของการเปลี่ยนแปลงค่าฟังก์เปิด	58
รูปที่ 9.3 เพลาลูกเบี้ยวที่เป็นเพลาลูกเบี้ยว	58
รูปที่ 9.4 การติดตั้งแบบจำลองและเพลาลูกเบี้ยวในชุดเครื่องจักร	59
รูปที่ 9.5 แสดงการเขี่ยลูกเบี้ยว	59
รูปที่ 9.6 ลูกเบี้ยวที่เขี่ยเสร็จสมบูรณ์	59
รูปที่ 10.1 เครื่องยนต์ HONDA C70	60
รูปที่ 10.2 แทนวางเครื่อง	61
รูปที่ 10.3 เครื่องวัดไอเสีย	61
รูปที่ 11.1 กราฟแสดงแรงบิดของเพลาลูกเบี้ยว ไอดีที่ห้องเผาต่างๆ	67
รูปที่ 11.2 กราฟแสดงแรงม้าเบรก(BHP)ของเพลาลูกเบี้ยว ไอดีที่ห้องเผาต่างๆ	68
รูปที่ 11.3 กราฟแสดงความเปลี่ยนแปลงของเพลาลูกเบี้ยว ไอดีที่ห้องเผาต่างๆ	69
รูปที่ 11.4 กราฟแสดงความเปลี่ยนแปลงจำเพาะของเพลาลูกเบี้ยว ไอดีที่ห้องเผาต่างๆ	70
รูปที่ 11.5 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ของเพลาลูกเบี้ยว ไอดีที่ห้องเผาต่างๆ	70
รูปที่ 11.6 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์แก๊สคาร์บอน ไดออกไซด์ของเพลาลูกเบี้ยว ไอดีที่ห้องเผาต่างๆ	71
รูปที่ 11.7 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์แก๊สไฮโดรคาร์บอนของเพลาลูกเบี้ยว ไอดีที่ห้องเผาต่างๆ	72

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันนี้เครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้กันอยู่นั้น มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องในทุกๆด้านเพื่อจะได้สมรรถนะที่ดีที่สุด ไม่ว่าจะเป็นด้านการทำงาน ด้านวัสดุ ด้านส่วนประกอบต่างๆ รวมถึงรายละเอียดปลีกย่อย เพื่อให้เครื่องยนต์แก๊สโซลีนมีประสิทธิภาพดีขึ้น



รูปที่ 1.1 กราฟความดัน-ปริมาตรของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ

รูปที่ 1.2 กลไกการกดวาล์ว

ประสิทธิภาพทางความร้อนจะสัมพันธ์กับพื้นที่ในกราฟความดัน-ปริมาตร (ดังรูป 1.1) ซึ่งจะประกอบด้วย Positive Loop คือ Loop ที่แสดงถึงกำลังงานที่ได้รับจากเครื่องยนต์ เป็น Loop ที่อยู่ทางด้านบน และ Negative Loop คือ Loop ที่แสดงถึงกำลังงานที่ต้องสูญเสียไปในการทำให้จังหวะในการทำงานครบรอบ เป็น Loop ที่อยู่ทางด้านล่าง การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องยนต์สามารถทำได้โดยการเพิ่มพื้นที่ Positive Loop ซึ่งก็คือการพัฒนาในจังหวะการระเบิดให้มีการระเบิดที่รุนแรงเพื่อให้เกิดความดันสูงเพื่อให้ได้งานออกมาสูงซึ่งวิธีนี้ต้องพิจารณาองค์ประกอบหลายอย่างซึ่งเป็นเรื่องที่ยุ่ยากและค่อนข้างซับซ้อน ส่วนอีกวิธีหนึ่งคือการลดพื้นที่ Negative Loop ซึ่งก็คือการลดงานที่สูญเสียไปในการประจุอากาศเข้าห้องเผาไหม้และเพื่อให้เกิดการไหลเข้าของไอดีที่มากขึ้นและสูญเสียงานในการดูด-อัดอากาศลดลงซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีของ Miller Cycle

ส่วนหนึ่งของทฤษฎี Miller Cycle ก็คือการลด Negative Loop โดยการตั้งจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอดีโดยการปรับแต่งเพลาลูกเบี้ยวให้มืองศาการปิดที่ช้าลง

เพลาลูกเบี้ยว ประกอบด้วยกันสองส่วนคือ เพลาลูกเบี้ยวของไอดี และเพลาลูกเบี้ยวของไอเสีย โดยทั่วไปเพลาลูกเบี้ยวจะมีมุมการเปิดปิดของเพลาลูกเบี้ยวเพียงค่าค่าเดียว ซึ่งจะทำให้เครื่องยนต์เกิดแรงบิดที่ดีที่สุด ณ. ความเร็วรอบช่วงหนึ่งเท่านั้น ดังนั้นที่ความเร็วรอบอื่นๆจึงไม่เกิดแรงบิดสูงสุด ทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องยนต์ไม่มีสมรรถนะที่ดีที่สุด คณะผู้วิจัยมีความสนใจที่จะทำการพัฒนาเพลาลูกเบี้ยว ไอดีเพื่อเป็นไปตามวัฏจักรมิลเลอร์

โครงการนี้จะทำการศึกษาถึงผลกระทบจากรูปร่างของเพลาลูกเบี้ยวไอดี (เปลี่ยนแปลงองศาการเปิด-ปิด) จากเพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน ชุดแรกทำการเปลี่ยนการปิดจากที่ 220 องศาหลังศูนย์กลางตายบน (เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน) เป็นที่ 200 องศา, 240 องศา, 260 องศาและ 280 องศา หลังศูนย์กลางตายบน โดยคงองศาการเปิดไว้ที่ 0 องศา ก่อนศูนย์กลางตายบนตามเพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน และทำการวิเคราะห์รูปร่างของเพลาลูกเบี้ยวไอดีว่ามีผลต่อสมรรถนะอัตราความสิ้นเปลืองและแก๊สมลภาวะของเครื่องยนต์อย่างไร เพื่อจะทำให้เครื่องยนต์มีสมรรถนะที่ดีที่สุด

จากผลการทดลอง เมื่อเพลาลูกเบี้ยว ไอดีมีองศาการปิดวาล์ว ไอดีหลังจุดศูนย์กลางตายล่างในจังหวะต่างกันจะมีผลต่ออัตราส่วนการอัดและปริมาณอากาศที่ไหลเข้ายังปิดวาล์ว ไอดีซึ่งจะทำให้อัตราส่วนการอัดและกำลังงานที่ใช้ในการอัดลดลง การปิดวาล์ว ไอดีช้าลงส่งผลให้ปริมาณอากาศที่ไหลเข้ามาที่รอบต่ำลดลงเพราะการดัน ไอดีย้อนกลับในจังหวะอัดในขณะที่วาล์ว ไอดียังไม่ถูกปิด แต่ที่ความเร็วรอบสูงอากาศที่ถูกดูดเข้ามามีความเร็วสูงคังนั้นอากาศจึงมีความเฉื่อย ทำให้ปริมาณ ไอดีมากขึ้นแม้ว่าจะปิดวาล์ว ไอดีช้าลงคังนั้นการปรับแต่งองศาของเพลาลูกเบี้ยวให้มีการปิดช้าลงจะมีผลดีในช่วงความเร็วรอบสูง(เมื่อเทียบกับเพลาลูกเบี้ยว ไอดีมาตรฐาน)

1.1 วัตถุประสงค์

- 1.1.1 เพื่อศึกษาวัฏจักรมิลเลอร์
- 1.1.2 เพื่อศึกษากำลังงานที่องศาการเปิด-ปิดลิ้น ไอดีต่างๆ
- 1.1.3 เพื่อศึกษาพฤติกรรมของความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่องศาการเปิด-ปิดลิ้น ไอดีต่างๆ
- 1.1.4 เพื่อศึกษาค่าแก๊ส ไอเสียที่องศาการเปิดปิดลิ้น ไอดีต่างๆ

1.2 ขอบเขตการทำงาน

ศึกษาและวิเคราะห์รูปร่างของเพลาลูกเบี้ยวและความดัน ไอดีต่างๆที่ทำให้เครื่องยนต์ใช้งานในการอัดน้อยลงตามวัฏจักรมิลเลอร์

1.3 วิธีการทำงาน

1. หาซื้อเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 1 สูบ 4 จังหวะ เพลาลูกเบี้ยวเดี่ยว (ทั้งฝั่ง ไอดีและ ไอเสีย)
2. สร้างแท่นเพื่อติดตั้งเครื่องยนต์และระบบต่างๆที่จำเป็น
3. ตรวจสอบสภาพของเครื่องยนต์และปรับปรุงซ่อมแซมให้อยู่ใน สภาพที่พร้อมใช้งาน
4. นำเพลาลูกเบี้ยว ไอดีมาศึกษารูปร่าง องศาการเปิดปิดวาล์ว ไอดี และระยะยก (lift) ของ เพลาลูกเบี้ยว มาตรฐานที่มากับเครื่องยนต์
5. ปรับเปลี่ยนลักษณะรูปร่างและองศาของเพลาลูกเบี้ยว ไอดี

6. นำเพลาลูกเบี้ยวที่ได้ไปหาองศาการเปิดปิดและวาดแคมโพรไฟล์ (cam profile)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

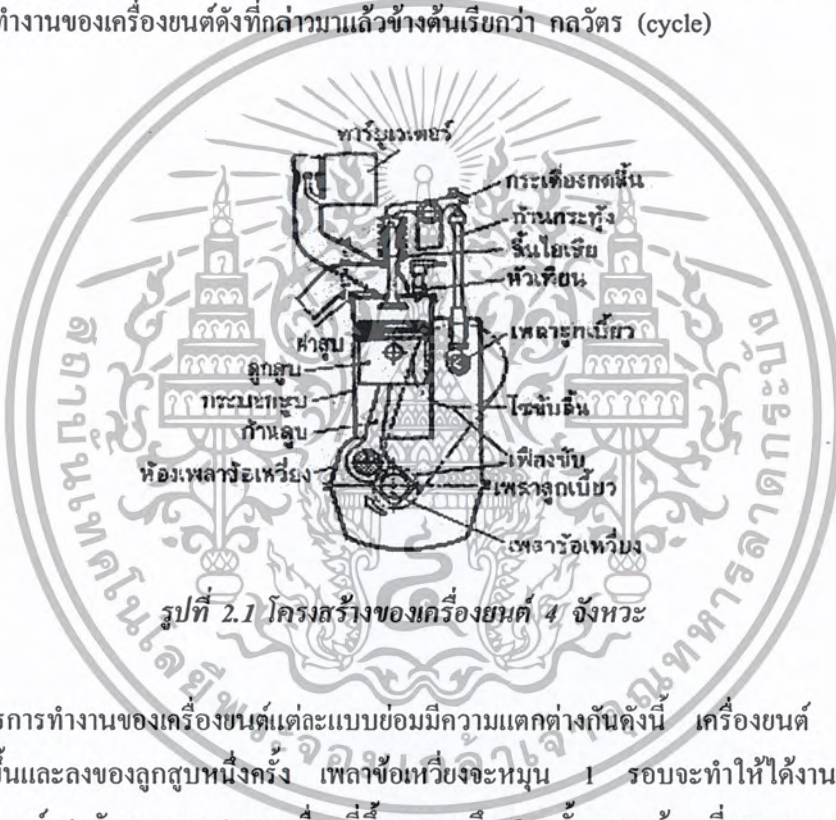
7. วัดแรงบิดอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงรวมถึงค่าแก๊สไอเสียที่ความเร็วรอบ 2000 , 2500 , 3000 , 3500 , 4000 , 4500 , 5000 , 5500 , 6000, 6500 , 7000, 7500 , 8000 รอบต่อนาทีของเพลาลูกเบี้ยวไอดี
8. ทำซ้ำข้อ 5-7
9. วิเคราะห์หารูปร่างและองศาของเพลาลูกเบี้ยวที่เหมาะสมในแต่ละความเร็วรอบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

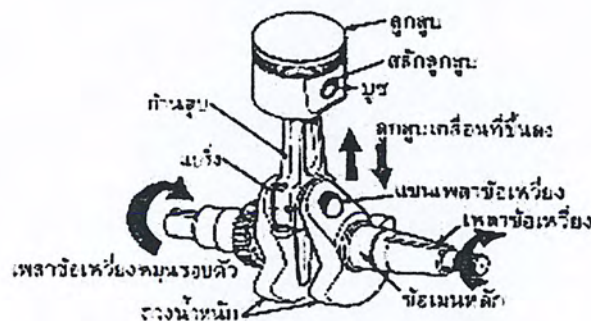
บทที่ 2 โครงสร้างและการทำงาน

เครื่องชนิดสันดาปภายใน พลังงานกลที่ได้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงดังแสดงในรูปที่ 2.1 เครื่องชนิดจะดูดเอาไอดี (ส่วนผสมน้ำมันกับอากาศ) เข้ากระบอกสูบ และจะอัดไอดี โดยการเคลื่อนตัวของลูกสูบ หัวเทียนจะจุดประกายเผาไหม้ไอดีในกระบอกสูบ เกิดแก๊สที่มีแรงดันสูงดันให้ลูกสูบเคลื่อนตัว การเคลื่อนที่ขึ้นลงของลูกสูบภายในกระบอกสูบจะเปลี่ยนเป็นการหมุนที่เพลาค้อเหวี่ยง โดยส่งแรงผ่านก้านสูบ แก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้จะทำให้เกิดกำลังงานและจะถูกระบายออกไปจากกระบอกสูบทางลิ้นไอเสีย สำหรับไอดีที่ถูกดูดเข้าภายในกระบอกสูบได้โดยผ่านทางลิ้นไอดีจากกระบวนการทำงานของเครื่องชนิดดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นเรียกว่า กลวัตร (cycle)



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ

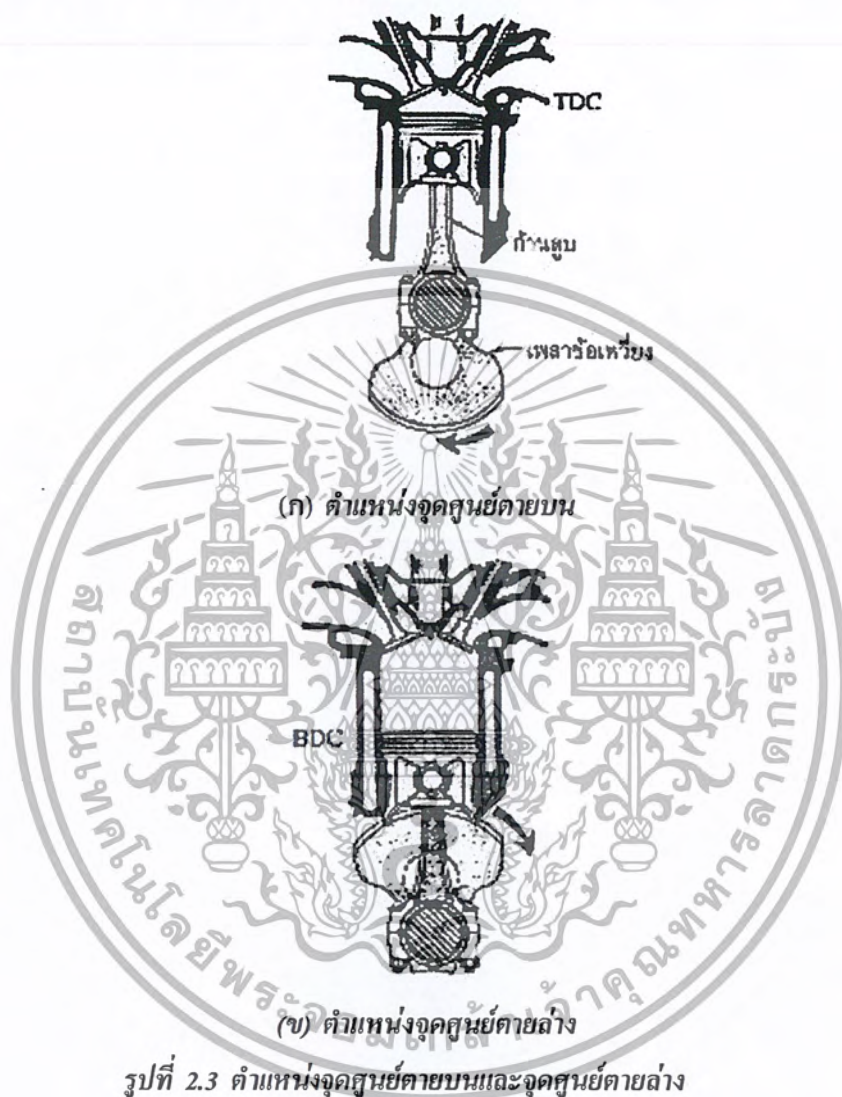
กลวัตรการทำงานของเครื่องชนิดแต่ละแบบย่อมมีความแตกต่างกันดังนี้ เครื่องชนิด 2 จังหวะ การเคลื่อนที่ขึ้นและลงของลูกสูบหนึ่งครั้ง เพลาค้อเหวี่ยงจะหมุน 1 รอบจะทำให้ได้งาน 1 ครั้ง สำหรับเครื่องชนิด 4 จังหวะ ลูกสูบจะเคลื่อนที่ขึ้นและลงถึง 2 ครั้ง เพลาค้อเหวี่ยงจะหมุน 2 รอบจึงจะได้งาน 1 ครั้ง ในรูปที่ 2.2 แสดงการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนเครื่องชนิด



รูปที่ 2.2 การเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนของเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งที่ลูกสูบเคลื่อนตัวขึ้นสูงสุดภายในกระบอกสูบเรียกว่า จุดศูนย์ตายบน (top dead center หรือ TDC) ดังแสดงในรูปที่ 2.3 (ก) และตำแหน่งที่ลูกสูบเคลื่อนตัวลงต่ำสุดเรียกว่า จุดศูนย์ตายล่าง (bottom dead center หรือ BDC) ดังแสดงในรูปที่ 2.3 (ข)



2.1 การทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ

เครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ ทำงานใน 1 กลวัตรประกอบด้วยจังหวะดูด จังหวะอัด จังหวะระเบิดหรือจังหวะกำลัง และจังหวะคาย การประจุไอดีและคายไอเสียจะมีกลไกการเปิด-ปิด ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย เครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะจะทำงานครบรอบการทำงานเมื่อเพลารื้อเหวี่ยง หมุน 2 รอบ การจุดระเบิดจะเกิดขึ้น 1 ครั้ง การทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

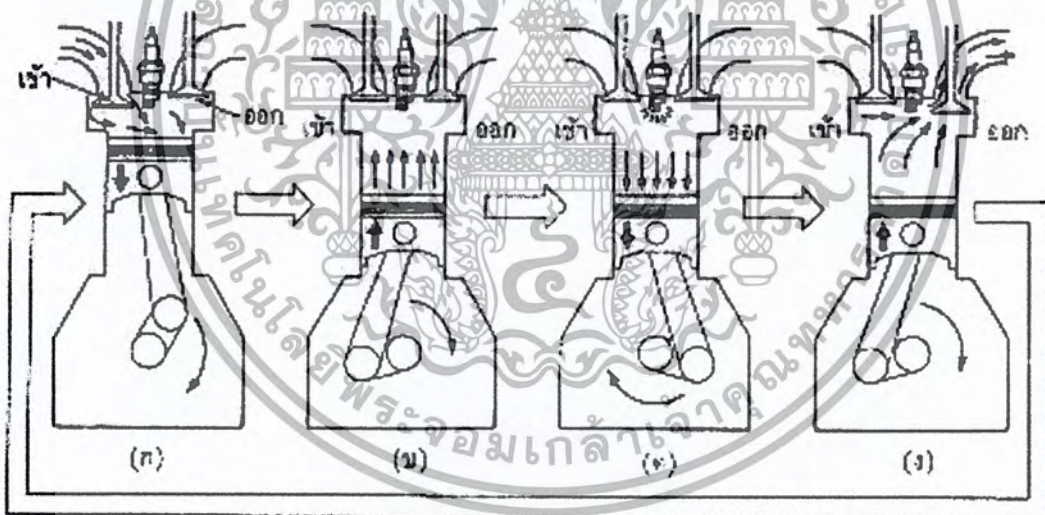
1. จังหวะดูด (suction stroke) ลิ้นไอดีจะเปิด ลิ้นไอเสียวจะปิดสนิท ไอดีจะถูกดูดเข้าโดยการเคลื่อนตัวของลูกสูบ โดยจะเคลื่อนจากจุดศูนย์ตายบน (TDC) ลงสู่จุดศูนย์ตายล่าง (BDC) ไอดีจะไหลผ่านลิ้นไอดีเข้ากระบอกสูบ ดังแสดงในรูปที่ 2.4 (ก)

2. จังหวะอัด (compression stroke) ในจังหวะนี้ลูกสูบจะเคลื่อนตัวขึ้น เป็นการทำงานต่อเนื่องจากจังหวะดูด ลูกสูบจะเคลื่อนตัวจากจุดศูนย์ตายล่าง (BDC) ขึ้นสู่จุดศูนย์ตายบน (TDC) ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียวจะถูกปิดด้วยกลไกของลิ้น ไอดีถูกอัดตัวให้มีปริมาตรที่น้อยลงทำให้เกิดกำลังดันและอุณหภูมิสูงขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.4 (ข)

3. จังหวะระเบิดหรือจังหวะกำลัง (power stroke) ก่อนที่ลูกสูบจะเคลื่อนตัวขึ้นจุดศูนย์ตายบน (TDC) หัวเทียนจะจุดประกายไฟเผาไหม้ไอดี ไอดีถูกเผาไหม้ลุกลามอย่างรวดเร็วเกิดแรงดันดันให้ลูกสูบเคลื่อนตัวลงสู่จุดศูนย์ตายล่าง (BDC) อย่างรุนแรง เกิดกำลังงานขับเคลื่อนเครื่องยนต์ ดังแสดงในรูปที่ 2.4 (ค)

4. จังหวะคายไอเสีย (exhaust stroke) แก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้จะถูกขับไล่ออกไปจากกระบอกสูบ ลิ้นไอเสียวจะเปิด ลูกสูบจะเคลื่อนตัวจากจุดศูนย์ตายล่าง (BDC) ขึ้นสู่จุดศูนย์ตายบน (TDC) ขับไล่ให้ไอเสียออกไปจากกระบอกสูบ ดังแสดงในรูปที่ 2.4 (ง)

การทำงานของเครื่องยนต์จะหมุนเวียนกันอย่างต่อเนื่องเป็นกลวัตรติดต่อกันไป



รูปที่ 2.4 กลวัตรการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ

2.2 ไดอะแกรมแสดงจังหวะการเปิดและปิดลิ้น

เครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียวจะต้องออกแบบให้ทำงานถูกต้องตามกลวัตรการทำงานของเครื่องยนต์ โดยลิ้นไอดีจะถูกเปิดก่อนที่ลูกสูบจะเริ่มทำงานในจังหวะดูดก่อนจุดศูนย์ตายบน (BTDC) และจะปิดหลังจากจุดศูนย์ตายล่าง (ABDC) ก่อนที่จะเริ่มในจังหวะอัด ลิ้นไอเสียวจะถูกเปิดก่อนที่ลูกสูบจะเคลื่อนตัวขึ้นจากจุดศูนย์ตายล่าง (BBDC) ในจังหวะคายไอเสีย และจะถูกปิดหลังจุดศูนย์ตายบน (ATDC)

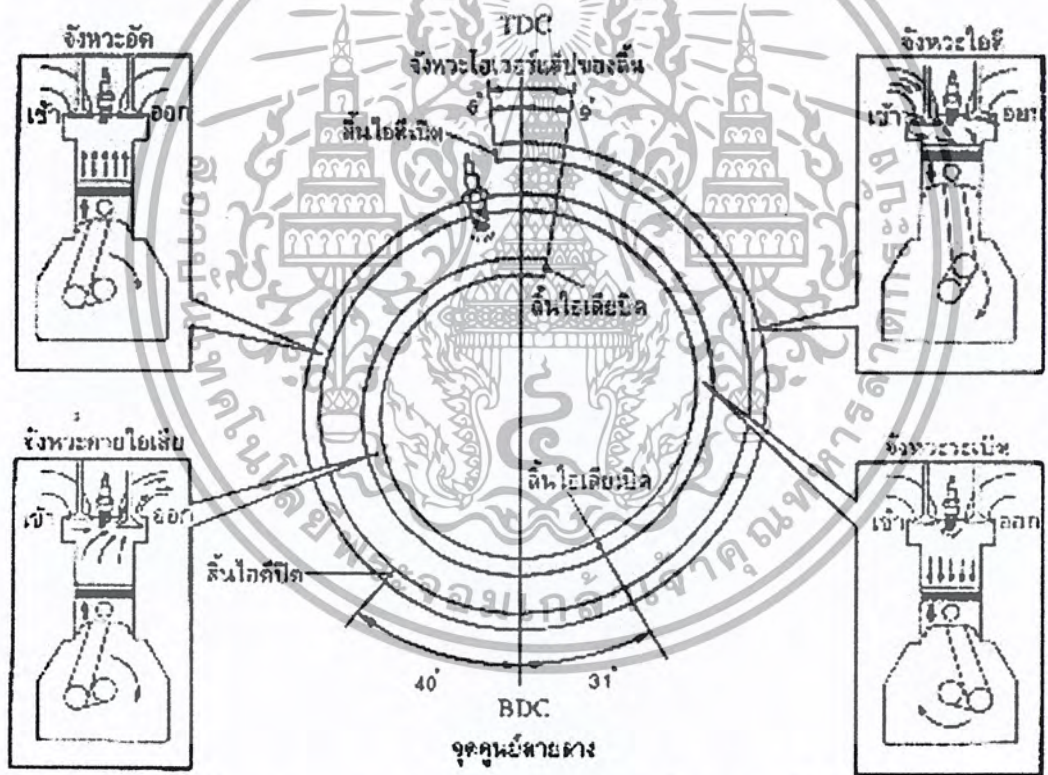
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลิ้นไอดีจะมีช่วงระยะเวลาในการเปิดและปิดของลิ้นที่มากกว่าลิ้นไอเสีย เนื่องมาจากความต้องการให้เครื่องยนต์มีสมรรถนะในการทำงานสูง จึงจำเป็นต้องการดูดไอดีเข้าภายในกระบอกสูบให้มีปริมาณที่มาก ในรูปที่ 2.5 แสดงการเปิดและปิดของลิ้นของเครื่องยนต์ 4 จังหวะใน 1 กลวัตร

- ลิ้นไอดีเปิดก่อนจุดศูนย์ตายบน 6 องศา (6 BTDC) และจะปิดหลังจุดศูนย์ตายล่าง 40 องศา (40 ABDC) ดังนั้นระยะเวลาการเปิดของลิ้นไอดีในจังหวะดูดเท่ากับ $6 + 180 + 40 = 226$ องศา

- ลิ้นไอเสีย เปิดก่อนจุดศูนย์ตายล่าง 31 องศา (31 BBDC) และจะปิดหลังจุดศูนย์ตายบน 9 องศา (9 ATDC) ดังนั้นระยะเวลาการเปิดของลิ้นไอเสียในจังหวะคายเท่ากับ $31 + 180 + 9 = 220$ องศา

ในขณะที่ลิ้นไอเสียเปิดให้แก๊สไอเสียออกไกลจะสิ้นสุดในจังหวะคายไอเสีย ลิ้นไอดีจะถูกเปิดในจังหวะดูดเพื่อให้ไอดีเข้าบรรจุในกระบอกสูบและขับไล่ไอเสียทำให้ลิ้นทั้งสองเปิดพร้อมกัน ช่วงจังหวะการเปิดของลิ้นทั้งสองนี้เรียกว่า จังหวะโอเวอร์แล็ป (over lap) โดยปรกติแล้วเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะจะต้องการจังหวะโอเวอร์แล็ปของลิ้นมาก เพื่อเพิ่มสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ความเร็วสูง แต่จะทำให้เครื่องยนต์เดินไม่เรียบ



รูปที่ 2.5 ใคอะแกรมจังหวะการเปิดและปิดของลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย

2.3 ใคอะแกรมแสดงแรงดันและปริมาตรของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ (P-V diagram)

ในรูปที่ 2.6 เป็นใคอะแกรมที่ได้จากเครื่องวัดอินดิเคเตอร์ (indicator) ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและปริมาตรของไอดีที่บรรจุภายในกระบอกสูบ แรงดันและปริมาตรจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามกลวัตรการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะใน 1 กลวัตรดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

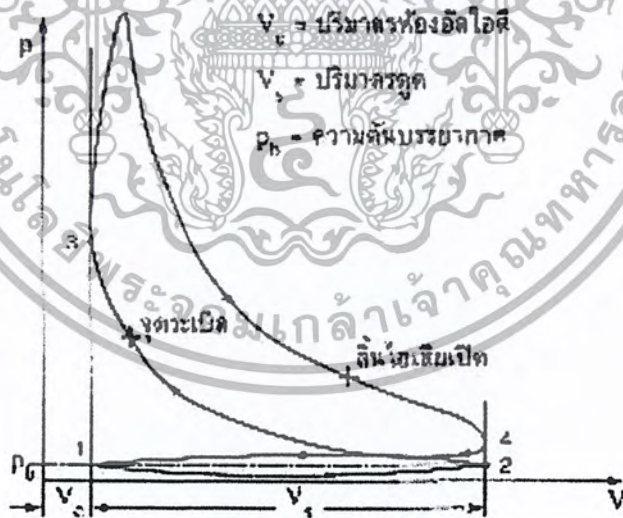
กำหนดให้แนวตั้งเป็นแรงดันที่เกิดขึ้นในกระบอกสูบ แนวนอนเป็นปริมาตรของไอดีที่บรรจุในกระบอกสูบ

1. จังหวะดูด 1-2 ลูกสูบจะเคลื่อนตัวจากจุดศูนย์ตายบนลงสู่จุดศูนย์ตายล่าง ซึ่งจะทำให้เกิดสุญญากาศขึ้นภายในกระบอกสูบดูดเอาปริมาตรไอดีเข้ากระบอกสูบ ในจังหวะนี้แรงดันภายในกระบอกสูบจะต่ำกว่าแรงดันบรรยากาศประมาณ 0.1 ถึง 0.2 บาร์ ส่วนปริมาตรจะมีมากขึ้นเนื่องจากบรรจุไอดีเข้ากระบอกสูบ

2. จังหวะอัด 2-3 ลูกสูบจะเคลื่อนตัวจากจุดศูนย์ตายล่างขึ้นสู่จุดศูนย์ตายบน ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียปิดสนิท แรงดันจะสูงถึงประมาณ 30 บาร์ และอุณหภูมิความร้อนจะสูงจาก 400 ถึง 500 องศาเซลเซียสขึ้นเรื่อยๆ ลูกสูบจะเคลื่อนตัวอัดปริมาตรไอดีให้น้อยลง

3. จังหวะระเบิด 3-4 ก่อนที่ลูกสูบจะเคลื่อนตัวขึ้นจุดศูนย์ตายบนเพียงเล็กน้อย (ประมาณ 4 ถึง 10 องศา) หัวเทียนจุดประกายไฟเผาไหม้ส่วนผสมไอดีให้ลุกไหม้เกิดพลังงาน ในจังหวะนี้จะเกิดแรงดันสูงประมาณ 30 ถึง 60 บาร์ และความร้อนสูงถึง 2000 ถึง 2500 องศาเซลเซียส และจะเริ่มลดลงประมาณ 900 ถึง 800 องศาเซลเซียสเมื่อลูกสูบเคลื่อนตัวลงสู่จุดศูนย์ตายล่าง

4. จังหวะคาย 4-1 เมื่อลูกสูบเคลื่อนตัวก่อนสู่จุดศูนย์ตายล่าง ลิ้นไอเสียเปิดให้ไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้จะมีแรงดันประมาณ 3 ถึง 5 บาร์ และความร้อนสูงไหลออกสู่ภายนอกอย่างรวดเร็ว เป็นการลดแรงดันของไอเสียและลูกสูบจะเคลื่อนตัวขึ้นสู่จุดศูนย์ตายบน เป็นการขับไล่ให้ไอเสียออกจากกระบอกสูบ ในช่วงนี้แรงดันของไอเสียภายในกระบอกสูบจะสูงกว่าบรรยากาศปกติเล็กน้อย



รูปที่ 2.6 ไคอะแกรมแรงดันและปริมาตรของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ (P-V diagram)

2.4 สมรรถนะของเครื่องยนต์

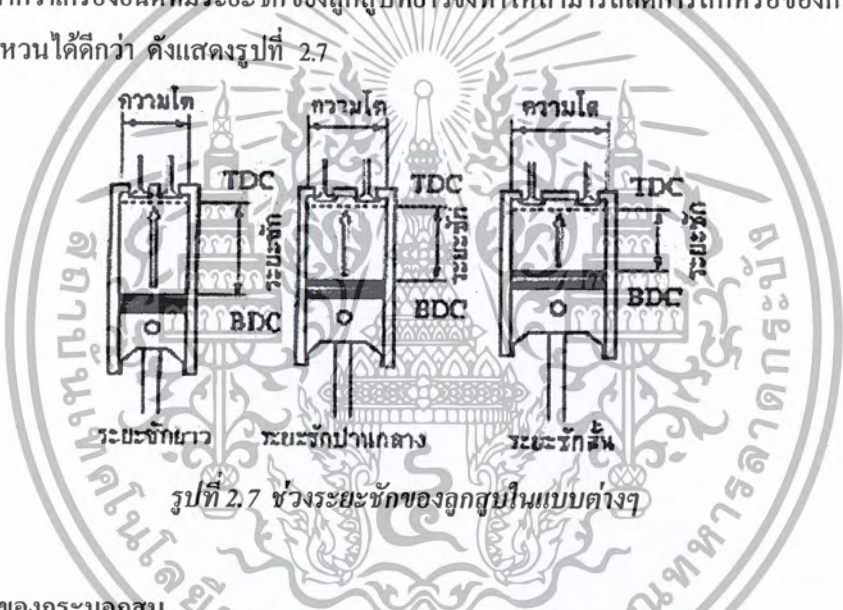
รถยนต์ที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไปสมรรถนะของเครื่องยนต์จะสามารถวัดได้ดังองค์ประกอบต่อไปนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 ขนาดความโตของกระบอกสูบและระยะชักของลูกสูบ (bore and stroke)

ระยะชักที่ใช้กับเครื่องยนต์ได้จัดแบ่งช่วงระยะชักของลูกสูบและขนาดความโตของลูกสูบออกเป็น 3 แบบคือ

1. เครื่องยนต์ที่มีระยะชักที่ยาว เครื่องยนต์ประเภทนี้จะมีช่วงระยะชักที่ยาวกว่าขนาดความโตของกระบอกสูบ ทำให้ความเร็วของลูกสูบมีมากกว่า การสึกหรอจะสูงกว่าในช่วงความเร็วรอบที่เท่ากัน แต่อย่างไรก็ตาม เครื่องยนต์ที่มีช่วงระยะชักที่ยาวจะสามารถให้แรงบิดได้ดีกว่า
2. เครื่องยนต์ที่มีช่วงระยะชักที่ปานกลาง นั่นก็คือเครื่องยนต์จะต้องมีช่วงระยะชักกับความโตของกระบอกสูบเท่ากัน
3. เครื่องยนต์ที่มีระยะชักสั้น เป็นเครื่องยนต์ที่มีช่วงระยะชักสั้นกว่าความโตของกระบอกสูบดังนั้นในปัจจุบันนี้รถยนต์นั่งโดยทั่วไปจึงมักใช้เครื่องยนต์ที่มีช่วงระยะชักสั้นและปานกลาง เนื่องจากความเร็วของลูกสูบที่ต่ำกว่าเครื่องยนต์ที่มีระยะชักของลูกสูบที่ยาวจึงทำให้สามารถลดการสึกหรอของกระบอกสูบ ลูกสูบ และแหวนได้ดีกว่า ดังแสดงรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ช่วงระยะชักของลูกสูบในแบบต่างๆ

2.4.2 ความจุของกระบอกสูบ

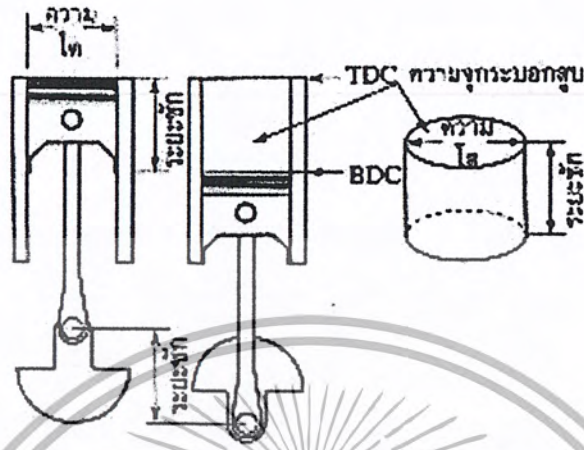
ความจุของกระบอกสูบ (piston displacement) คือปริมาตรทั้งหมดของกระบอกสูบซึ่งวัดจากการเคลื่อนที่ของลูกสูบจากจุดศูนย์กลางบน ไปสู่ศูนย์กลางล่าง และสามารถคำนวณความจุของกระบอกสูบรวมของเครื่องยนต์ มีหน่วยวัดเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร (cm³) ซึ่งจะสามารถหาได้จากสมการดังนี้

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \times L \times N \tag{2.1}$$

- โดยที่ V = ความจุกระบอกสูบ
 π = อัตราส่วนของเส้นรอบวงของวงกลมต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลม (22/7 หรือ 3.1416)
 D = ความโตของกระบอกสูบ
 L = ระยะชักของลูกสูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของสถาบันเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N = จำนวนกระบอกสูบของเครื่องยนต์นั้น
 ในรูปที่ 2.8 แสดงวิธีการคำนวณหาความจุของกระบอกสูบ



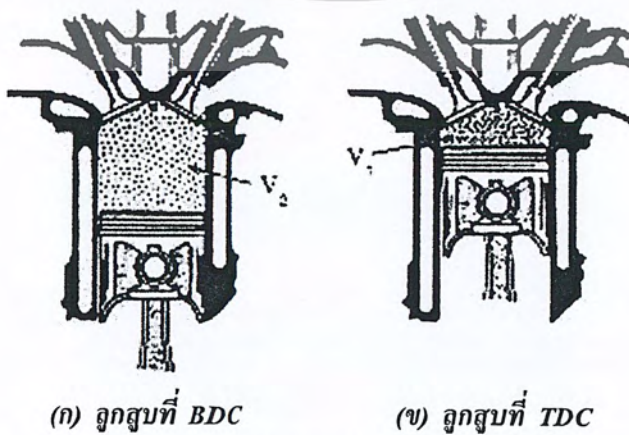
รูปที่ 2.8 วิธีการคำนวณหาความจุของกระบอกสูบ

2.4.3 อัตราส่วนกำลังอัด

อัตราส่วนกำลังอัด (compression ratio) คืออัตราส่วนปริมาตรของส่วนผสมไอดีที่ถูกดูดเข้าไปในกระบอกสูบในจังหวะดูดและจะถูกอัดตัวในจังหวะอัดให้มีปริมาตรหนึ่งภายในห้องเผาไหม้ ดังนั้นการคำนวณหาอัตราส่วนของกำลังอัดก็คือการเปรียบเทียบอัตราส่วนของปริมาตรกระบอกสูบและห้องเผาไหม้ เมื่อลูกสูบอยู่ที่จุดศูนย์ตายล่าง (V_2) กับปริมาตรของห้องเผาไหม้ ในขณะที่ลูกสูบอยู่ในตำแหน่งศูนย์ตายบน (V_1) ดังสมการดังนี้

$$\text{compression ratio} = \frac{V_1 + V_2}{V_2} \tag{2.2}$$

ในรูปที่ 2.9 แสดงการคำนวณอัตราส่วนกำลังอัด



รูปที่ 2.9 การคำนวณอัตราส่วนกำลังอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเครื่องขนดมีอัตราส่วนกำลังอัดมาก แรงดันที่เกิดจากการเผาไหม้ภายในกระบอกสูบจะมีสูงมาก เช่นเดียวกัน ทำให้เครื่องขนดมีแรงบิดเพิ่มขึ้น มีกำลังงานมากขึ้น แต่ในขณะที่เดียวกันก็จะประหยัดน้ำมัน เชื้อเพลิง แต่อย่างไรก็ตาม ถ้าเครื่องขนดมีอัตราส่วนของกำลังอัดสูงมากเกินไปทำให้อุณหภูมิของไอดี ภายในห้องเผาไหม้จะสูงมาก เป็นเหตุให้การเผาไหม้ผิดปกติ (การน็อค)

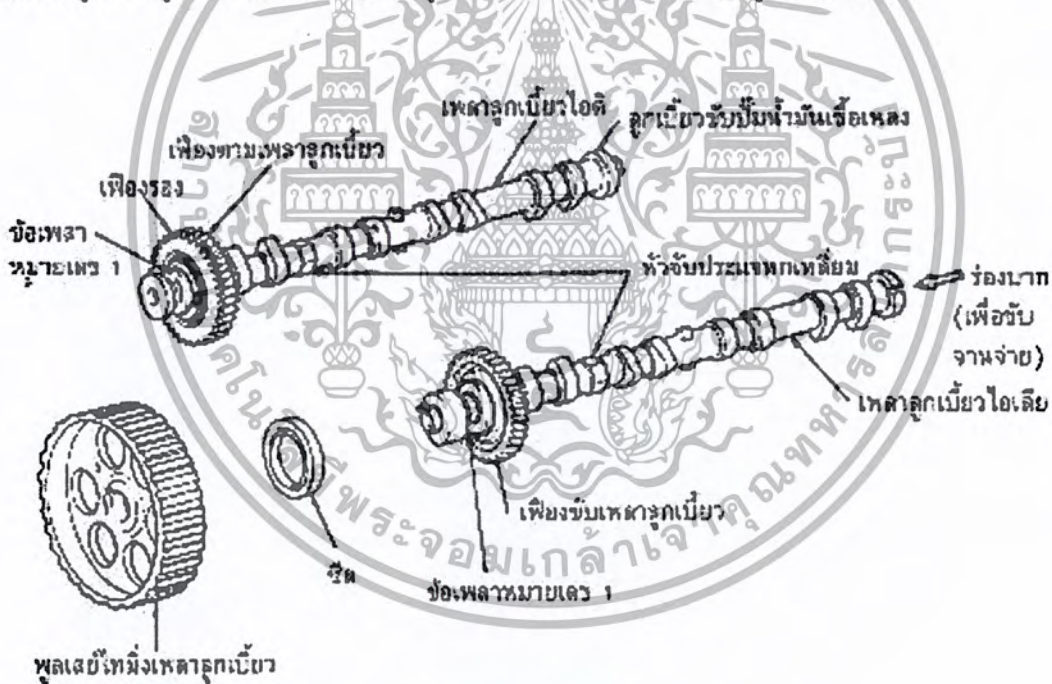


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 เพลาลูกเบี้ยวและลิ้น

เพลาลูกเบี้ยว (camshaft) เป็นชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่และเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องยนต์ที่ทำหน้าที่ควบคุมการเปิด-ปิดของลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียด้วยลูกเบี้ยวให้มีความสัมพันธ์ตามกลวัตรการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ ลูกเบี้ยวจะหมุนเป็นอัตราความเร็ว $\frac{1}{2}$ เท่าของความเร็วเพลาช้อเหวี่ยง ดังนั้นจึงทำให้เฟืองขับของเพลาลูกเบี้ยวจะมีอัตราของจำนวนฟันเฟืองมากเป็น 2 เท่าของฟันเฟืองขับของเพลาช้อเหวี่ยง

เพลาลูกเบี้ยวจะมีลักษณะเป็นเพลาดตรง โดยจะมีลูกเบี้ยวไอดีและไอเสียเท่ากับจำนวนของลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย ลูกเบี้ยวเหล่านี้จะเปิดและปิดลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียตามจังหวะกลวัตรการทำงานที่ได้ออกแบบไว้ นอกจากนี้เพลาลูกเบี้ยวยังมีเฟืองขับจานจ่ายและลูกเบี้ยวบีบเชื้อเพลิงติดตั้งอยู่ด้วย ในรูปที่ 3.1 เป็นเพลาลูกเบี้ยวคู่ที่ใช้กับเครื่องยนต์หลายสูบจะมีเฟืองรองเพื่อใช้ขับเพลาลูกเบี้ยวด้านข้าง



รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบของเพลาลูกเบี้ยว

3.1 วัสดุที่ใช้ทำเพลาลูกเบี้ยว

เพลาลูกเบี้ยวจะได้รับแรงกดและแรงเสียดทานจำนวนมากในระหว่างการทำงานของชุดกลไกเปิดและปิดของลิ้น ดังนั้นจึงทำให้เกิดการสึกหรอที่ผิวของลูกเบี้ยว ทำให้ช่วงระยะเวลาในการเปิดและปิดของลิ้นเกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากค่าที่กำหนดไว้ ด้วยเหตุนี้เพลาลูกเบี้ยวจึงผลิตขึ้นด้วยโลหะประเภทชุบแข็ง เหล็กหล่อแกรไฟต์กลมที่มีความทนทานต่อการบิดงอและชุบแข็งเพื่อเป็นการลดการสึกหรอให้

น้อยลง ผิวของลูกเบี้ยวจึงต้องผ่านกรรมวิธีชุบแข็ง การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วิธีการขับเคลื่อนของเพลาลูกเบี้ยว

การส่งถ่ายกำลังจากเพลาค้อเหวี่ยง ไปขับเคลื่อนให้เพลาลูกเบี้ยวหมุนเปิดและปิดกลไกการทำงานของลิ้นมืออยู่ด้วยกัน 3 วิธีคือ

3.2.1 แบบเฟืองขับโดยตรง (gear timing)

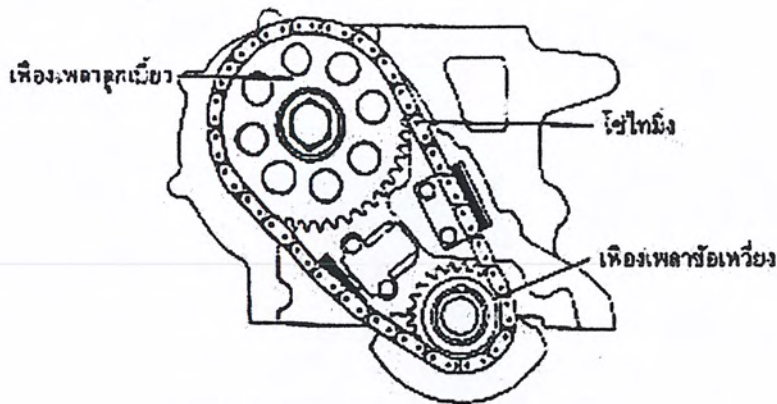
วิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้เฟือง 2 ตัวขบกัน ดังแสดงในรูปที่ 3.2 โดยที่เฟืองแต่ละตัวจะสวมอยู่ที่ปลายด้านหน้าของเพลาลูกเบี้ยวและเพลาค้อเหวี่ยง



สำหรับวิธีการขับของเฟืองเพลาลูกเบี้ยวที่นำมาใช้กับกลไกการเปิดและปิดลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียที่อยู่บนฝาสูบจะต้องมีกลไกที่ซับซ้อนมากขึ้น การใช้เฟืองขับโดยตรงจึงไม่เป็นที่นิยมใช้กับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนในปัจจุบัน เนื่องจากการทำงานของเฟืองขับมีเสียงดังและสูญเสียกำลังงานมากกว่าวิธีการขับเคลื่อนแบบอื่นๆ

3.2.2 แบบใช้เฟืองกับโซ่ (gear and chain)

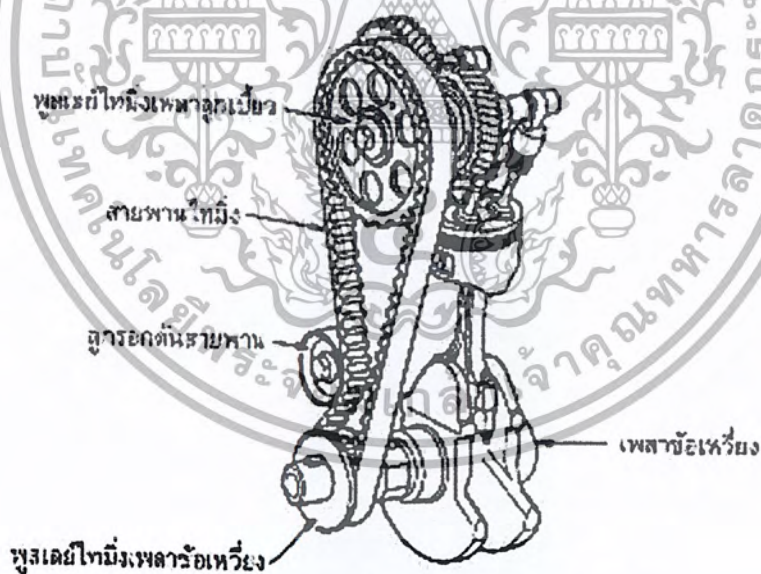
วิธีการขับของเพลาลูกเบี้ยวกับเพลาค้อเหวี่ยงจะใช้เฟืองขับ 2 ตัวเช่นกัน แต่ต่างกันที่เฟืองทั้งสองจะไม่ขบกันได้โดยตรง เนื่องจากเพลาลูกเบี้ยวอยู่เหนือฝาสูบ จึงจำเป็นต้องใช้โซ่ขับให้เพลาลูกเบี้ยวหมุน เพลาลูกเบี้ยวที่ใช้โซ่ขับจะทำงานที่เสียบกว่าแบบเฟืองขับโดยตรง และมีตัวดันโซ่ปรับความตึงของโซ่เพื่อลดการสั่นสะเทือนการขับเพลาลูกเบี้ยวแบบเฟืองกับโซ่ได้นำมาใช้กับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนต่อจากการขับแบบเฟืองโดยตรง ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 วิธีการขับเคลื่อนแบบใช้เฟืองกับโช้

3.2.3 แบบใช้สายพานกับเฟือง (belt timing)

เป็นการพัฒนาในการขับของเพลาลูกเบี้ยวกับเพลาข้อเหวี่ยง โดยการนำเอาสายพานแบบฟันเฟือง แทนการใช้โช้ในการขับเคลื่อน สายพานจะทำงานได้เร็วกว่า น้ำหนักเบา ไม่ต้องการหล่อลื่น สามารถปรับความตึงได้ จากสาเหตุนี้เครื่องยนต์แก๊สโซลีนในปัจจุบันจึงนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 วิธีการขับเคลื่อนแบบใช้สายพานกับเฟือง

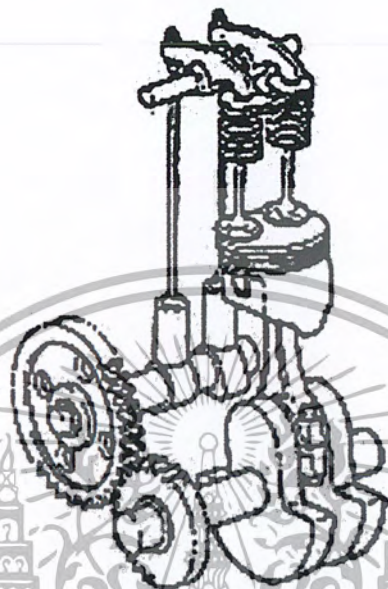
3.3 การจัดวางตำแหน่งของเพลาลูกเบี้ยว

การติดตั้งเพลาลูกเบี้ยวของเครื่องยนต์แต่ละแบบจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งในการออกแบบในการจัดวางตำแหน่งของลิ้น ซึ่งพอจะจัดแบ่งแยกออกเป็น 3 ตำแหน่งคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 การจัดวางเพลาลูกเบี้ยวอยู่ด้านข้างตอนล่าง

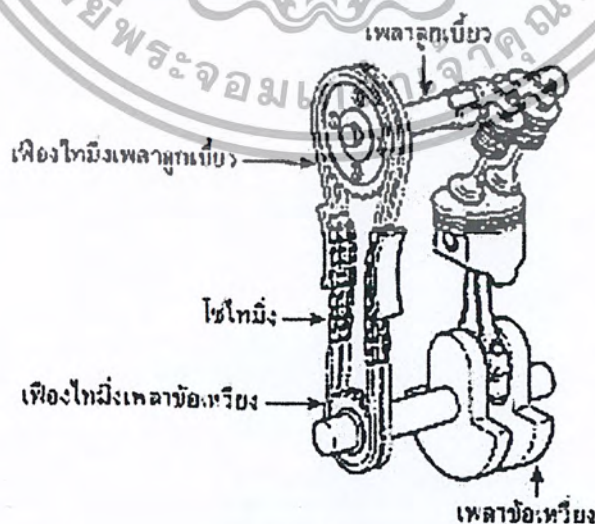
ดังแสดงในรูปที่ 3.5 ซึ่งจะนิยมใช้กับเครื่องยนต์ที่จัดวางตำแหน่งของลิ้นแบบ L-head และ I-head การขับเพลาลูกเบี้ยวจะใช้แบบเฟืองขับโดยตรง



รูปที่ 3.5 การจัดวางเพลาลูกเบี้ยวอยู่ด้านข้างตอนล่าง

3.3.2 การจัดวางเพลาลูกเบี้ยวอยู่เหนือเพลาล้อเหยียบ

ดังแสดงในรูปที่ 3.6 การขับเพลาลูกเบี้ยวแบบนี้จะถูกขับจากเพลาล้อเหยียบโดยใช้โซ่รับแรงขับเคลื่อน การเปิด-ปิดของลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียจะส่งผ่านกลไกการปิด-เปิดของลิ้น



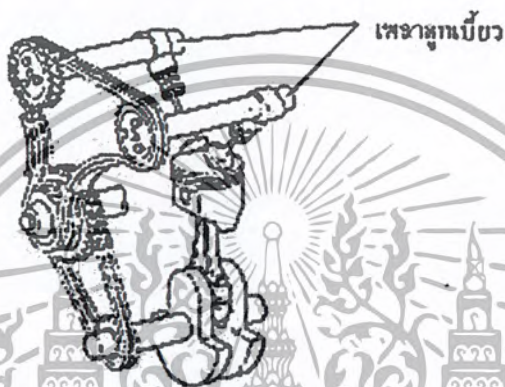
รูปที่ 3.6 การจัดวางเพลาลูกเบี้ยวอยู่เหนือเพลาล้อเหยียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การจัดวางเพลาลูกเบี้ยวที่อยู่เหนือฝาสูบ

เป็นการจัดวางตำแหน่งของเพลาลูกเบี้ยวเพื่อทำการเปิด-ปิดลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียโดยตรง เป็นการลดการสูญเสียกำลังงานของเครื่องยนต์ดังแสดงในรูปที่ 3.7 เพลาลูกเบี้ยวจะถูกขับเคลื่อนด้วยโซ่หรือสายพานฟันเฟือง (cog belt)

สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันจะนิยมใช้การจัดวางตำแหน่งเพลาลูกเบี้ยวอยู่เหนือฝาสูบ (OHC) และเพื่อเป็นการเพิ่มสมรรถนะให้กับเครื่องยนต์มากขึ้น จึงจัดให้เพลาลูกเบี้ยวเพิ่มขึ้นเป็น 2 ถึง 4 เพลาเพื่อใช้เปิด-ปิดลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียแยกห่างกันโดยสิ้นเชิง



รูปที่ 3.7 การจัดวางเพลาลูกเบี้ยวอยู่เหนือฝาสูบ

3.4 ลิ้นและชิ้นส่วนกลไกของลิ้น

ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ แต่ละสูบจะต้องประกอบด้วยลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียอย่างละหนึ่งตัว หัวลิ้นและก้านลิ้นจะต้องมีขนาดที่โตและยาวพอที่จะเปิดบรรจุไอดีและระบายไอเสียเข้าออกได้อย่างเต็มที่ และจะต้องสามารถทนแรงดันไอเสียที่กระทำอยู่ตลอดเวลาเมื่อลิ้นไอเสียเปิด ซึ่งเป็นผลมาจากแรงดันไอเสียให้ออกไปจากห้องเผาไหม้ได้ ลิ้นไอเสียจะมีขนาดเล็กกว่าลิ้นไอดี เพราะว่าการเผาไหม้ภายในกระบอกสูบมีแรงดันทำให้เกิดไอเสียถูกระบายออกไปอย่างรวดเร็ว แต่เมื่อถึงจังหวะที่ลิ้นไอดีเปิดดูดไอดีเข้ากระบอกสูบ ก็จะมีแต่เพียงแรงดันบรรยากาศภายนอกเท่านั้น ดังนั้นลิ้นไอดีจึงจำเป็นต้องมีขนาดที่โตกว่าลิ้นไอเสีย ทั้งนี้ก็เพื่อให้การบรรจุไอดีเข้าในกระบอกสูบได้อย่างเต็มที่ ด้วยสาเหตุนี้เครื่องยนต์ที่ต้องการสมรรถนะให้สูงขึ้นในแต่ละสูบจึงเพิ่มจำนวนลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียให้มากขึ้น เช่น เครื่องยนต์ 16 ลิ้น (ลิ้นไอดี 8 ตัว ลิ้นไอเสีย 8 ตัว) ดังแสดงในรูปที่ 3.8

อุณหภูมิจากการเผาไหม้สูงถึง 800 องศาเซลเซียส การที่ลึนไอดีได้รับความร้อนที่ต่ำกว่าลึนไอดีก็ เนื่องจากลึนไอดีดูดซับความเย็นจากไอดีในขณะที่ถูกบรรจุเข้ากระบอบสูบ ดังนั้นวัสดุที่ใช้ทำลึนไอดี จะต้องมีความคงทนต่ออุณหภูมิความร้อนที่สูงและการกัดกร่อนที่สูงมาก

3.4.2 วัสดุใช้ทำลึน

จากสภาวะของการทำงานที่ต่างกันของลึนไอดีและลึนไอดี โลหะที่ใช้ผลิตลึนจึงมีความแตกต่างกันดังนี้

ลึนไอดีจะทำจากโลหะประเภทเหล็กกล้าซิลิกอน-โครเมียมชนิดพิเศษ (X 45 CrSi 93) มีความแข็งแรง โลหะชนิดนี้จะช่วยลดการสึกหรอของหน้าลึนและก้านลึนได้สูง

ลึนไอดีเป็นลึนที่ได้รับความร้อนและการกัดกร่อนสูงโดยเฉพาะในส่วนของหัวลึน ดังนั้นในการผลิตจึงจำเป็นต้องใช้โลหะไบทัลที่มี การขยายตัวทางความร้อนที่ต่างกัน ด้วยเหตุนี้ในส่วนของหัวของลึนไอดีจึงทำจากโลหะประเภทเหล็กกล้าโครเมียม-แมงกานีส-นิกเกิล (X55 CrMnNi 208) และในทางตรงกันข้าม

ในส่วนของก้านลึนจะต้องมีการทนทานต่อการสึกหรอสูงจึงต้องใช้โลหะประเภทเหล็กกล้าโครเมียม-ซิลิกอน โดยชิ้นส่วนทั้งสองจะต้องเชื่อมติดกัน โดยผ่านกระบวนการเชื่อมแบบฟริกชัน (friction)

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาระบบระบายความร้อนให้กับลึนไอดีที่ใช้กับเครื่องยนต์ที่ต้องการสมรรถนะที่สูง โดยใช้โชเดียมที่มีคุณสมบัติหลอมละลายที่อุณหภูมิประมาณ 93 องศาเซลเซียส โชเดียมจะระลอกขึ้นลงถ่ายเทความร้อนจากหัวลึนมายังก้านลึน ดังนั้นจึงช่วยลดอุณหภูมิของหัวลึนลงได้ประมาณ 100 องศาเซลเซียส และป้องกันการน็อคของเครื่องยนต์ที่เกิดปัญหาจากลึนมีอุณหภูมิที่ร้อนจัด ดังรูปที่ 3.10

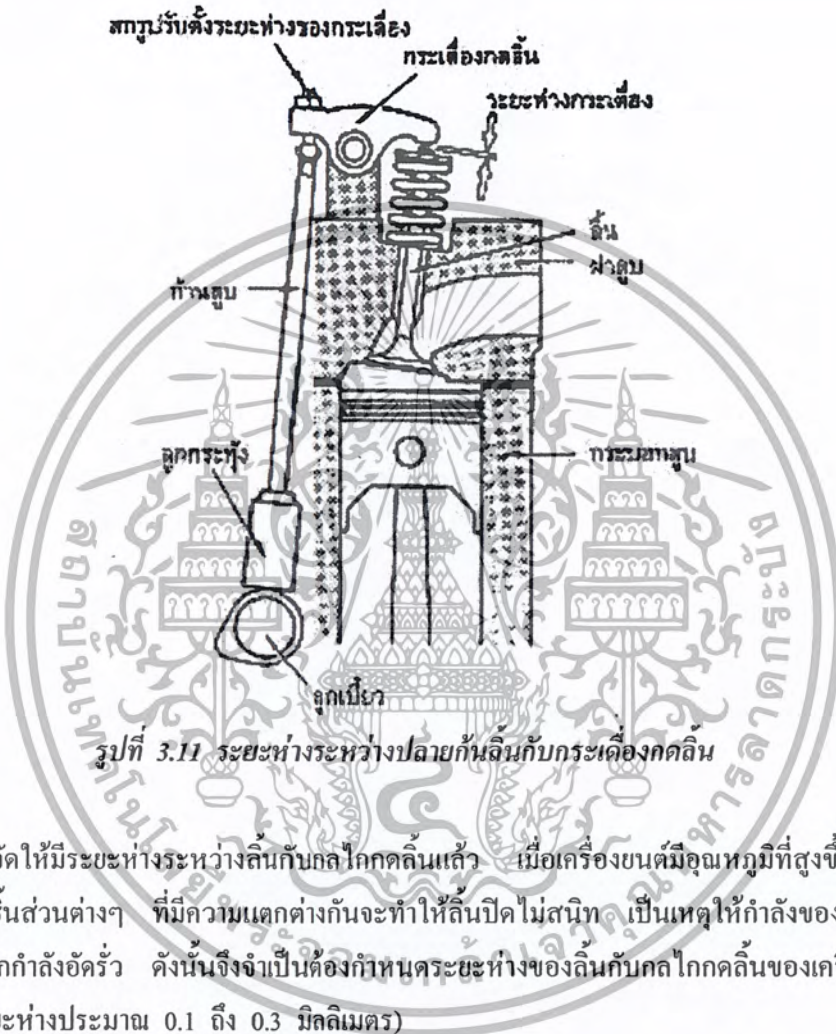


รูปที่ 3.10 การบรรจุโชเดียมระบายความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 ระยะห่างของลื่น

การขยายตัวของกลไกการทำงานของลื่นในขณะที่ทำงาน เมื่อได้รับอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้เมื่อลื่นปิดสนิทจะต้องมีระยะขยับตัวได้ระหว่างกลไกจากเพลาลูกเบี้ยวไปยังลื่น ระยะขยับตัวของลื่นนี้จึงเรียกว่า ระยะห่างของลื่น ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 ระยะห่างระหว่างปลายกันลื่นกับกระตือรือร้น

ถ้าไม่จัดให้มีระยะห่างระหว่างลื่นกับกลไกกลลื่นแล้ว เมื่อเครื่องยนต์มีอุณหภูมิที่สูงขึ้นอัตราขยายตัวของชิ้นส่วนต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันจะทำให้ลื่นปิดไม่สนิท เป็นเหตุให้กำลังของเครื่องยนต์ตกลงเนื่องจากกำลังอัดรั่ว ดังนั้นจึงจำเป็นต้องกำหนดระยะห่างของลื่นกับกลไกกลลื่นของเครื่องยนต์แต่ละแบบ (ระยะห่างประมาณ 0.1 ถึง 0.3 มิลลิเมตร)

ระยะห่างของลื่นน้อยเกินไป เป็นเหตุให้ลื่นเปิดเร็วขึ้นแต่ปิดช้าลง เป็นผลให้ลื่นไอเสียมีช่วงระยะเวลาในการถ่ายเทความร้อนจากหัวลื่นและบ่าลื่นต่ำ ทำให้ลื่นโก่ง เช่นเดียวกับลื่นไอเสียจะปิดไม่สนิทในขณะที่เครื่องยนต์ยังอุ่นอยู่ กำลังอัดรั่วและลื่นไหม้

ระยะห่างของลื่นมากเกินไป ทำให้ลื่นปิดเร็วขึ้นแต่จะเปิดช้าทำให้เกิดเสียงดัง

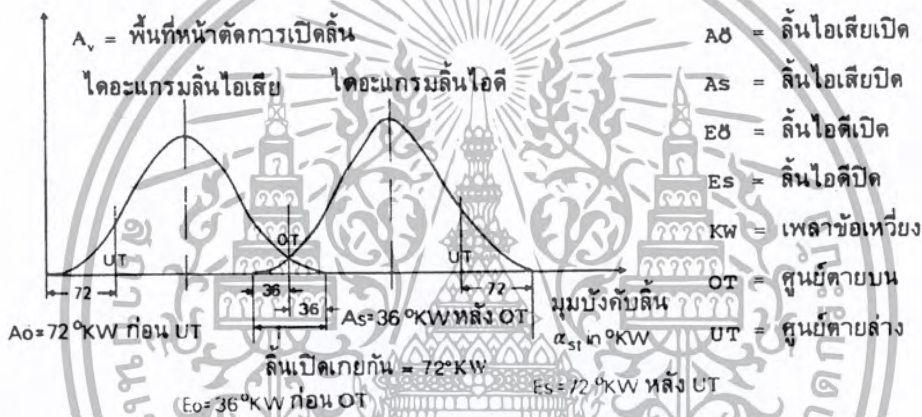
บทที่ 4

.การออกแบบสร้างลูกเบี้ยว

4.1 การออกแบบสร้างลูกเบี้ยว (Exhaust Cam Construction)

รูปร่างของลูกเบี้ยวเป็นตัวกำหนดช่วงการเคลื่อนไหวของลิ้น ลูกเบี้ยวทำงานโดยมีเงื่อนไขดังต่อไปนี้

- ลิ้นต้องเปิดจนกว้างสุดอย่างรวดเร็วและปิดได้อย่างรวดเร็ว เมื่อสิ้นสุดระยะการเปิด เพื่อให้ไอเสียผ่านออกได้ โดยมีพื้นที่หน้าตัดการไหลโต และนานเท่าที่จะเป็นไปได้
- การเคลื่อนที่ที่ต้องพิจารณาถึงการเกิดการสั่นของสปริงลิ้น ต้องไม่สูงเกินพิกัดกำหนด เพราะจะเป็นสาเหตุที่ทำให้ลิ้นสปริงหักได้



รูปที่ 4.1 โคอะแกรมการเปิดและปิดของลิ้น

4.2 การกำหนดช่วงเวลาการควบคุมลิ้น

ช่วงควบคุมหรือเรียกว่ามุมควบคุมลิ้น คิดเป็นองศาของเพลลาข้อเหวี่ยงที่ลิ้นไอดีและไอเสียเปิด เนื่องจากการเปิดและปิดของลิ้นค่อนข้างช้า จึงจำเป็นต้องเลือกมุมเปิดและปิดของลิ้นนั้นโตกว่ามุมการเคลื่อนที่ของลูกสูบ ซึ่งทำงานที่จังหวะดูดและคาย (ดังรูปที่ 4.1) เป็นโคอะแกรมการเปิดและปิดของลิ้น จะเห็นได้ว่าช่วงการเริ่มต้นการเปิดและปิดของจังหวะดูดและจังหวะคาย ลิ้นเปิดเกยกัน (over lap) ไอดีและไอเสียเข้าออกได้ที่ละน้อย ในช่วงนี้ไอเสียจะไหลออกจากห้องเผาไหม้ โมเมนต์จากการไหลออกของไอเสียเกิดขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งลูกสูบอยู่ในตำแหน่งศูนย์ตายบน เครื่องยนต์ที่ลิ้นเปิดเกยกันมากโดยเฉพาะเครื่องยนต์เบนซิน มีการสูญเสียน้ำมันเชื้อเพลิงไปบ้าง (ยกเว้นระบบฉีดน้ำมันเบนซินเข้าห้องเผาไหม้ตรง) แต่ก็เพื่อให้ได้ผลดีที่สุดในการขับไล่ไอเสียไป โดยพิทักษ์การสูญเสียน้ำมันเชื้อเพลิงตลอดถึงขอบเขตของสารไฮโดรคาร์บอนในไอเสียอีกด้วย

ลิ้นไอดีปิดหลังศูนย์ตายล่าง เพื่อให้มีการบรรจุไอดีเพิ่มได้อีก โดยอาศัยโมเมนต์ของไอดี ไอดีจะยิ่งไหลเพิ่มมากขึ้น เมื่อความเร็วของไอดียิ่งสูง ซึ่งหมายถึงความเร็วเฉลี่ยของลูกสูบยิ่งสูงด้วย ลิ้นไอดีที่ปิดช้า

(หลังศูนย์ตายล่าง) เครื่องยนต์ให้กำลังเพิ่มมากขึ้นที่ความเร็วรอบสูงเพราะได้ไอดีเพิ่มภายหลัง แต่ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญญาติเนาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วต่ำ จะต่ำกว่าเพราะถูกสูบลับไล่ไอดีบางส่วนออกไป สำหรับรูปที่ 4.2 เป็นกราฟแสดงการเปรียบเทียบแรงบิดและกำลังที่ขึ้นอยู่กับความเร็วรอบเครื่องยนต์ ระหว่างลิ้นไอดีปิดเร็วและลิ้นไอดีปิดช้า เครื่องยนต์สมรรถนะสูงมีอัตราส่วนของแรงบิดน้อย ต้องใช้อัตราทดเพื่อส่งกำลังหลายอัตรา (มากเกียร์) เพื่อให้มีความเร็วรอบอยู่ในพิสัยที่ใช้ได้ดี (แรงบิดอยู่ระหว่าง n_{Mmax} และ $n_N X$)



รูปที่ 4.2 แรงบิดและกำลังระหว่างลิ้นไอดีปิดเร็วและปิดช้า

อัตราส่วนของแรงบิดของเครื่องยนต์หาได้จากสมการดังนี้

$$EI = \frac{M_{max} n_N}{M_N n_{Mmax}} \tag{4.1}$$

- เมื่อ M_{max} = แรงบิดสูงสุดของเครื่องยนต์
- M_N = แรงบิดที่ความเร็วรอบที่กำหนด
- n_N = ความเร็วรอบที่กำหนด
- n_{Mmax} = ความเร็วรอบที่แรงบิดสูงสุด

เวลาการเปิดและปิดลิ้น การออกแบบสร้างต้องอาศัยผลจากประสบการณ์ค่าที่แน่นอน เพื่อให้ได้สมรรถนะของเครื่องยนต์และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงต่ำ โดยทดสอบกับเครื่องทดสอบค่าจากการทดสอบและประสบการณ์

- ลิ้นไอดี เปิดที่ 10° ถึง 50° ของเพลาค้อเหวี่ยงก่อน TDC
- ลิ้นไอดี ปิดที่ 40° ถึง 80° ของเพลาค้อเหวี่ยงหลัง BDC
- ลิ้นไอเสีย เปิดที่ 40° ถึง 80° ของเพลาค้อเหวี่ยงก่อน BDC
- ลิ้นไอเสีย ปิดที่ 10° ถึง 50° ของเพลาค้อเหวี่ยงหลัง TDC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ลูกเบี้ยว (CAM)

ลูกเบี้ยวในที่นี้ หมายถึง ลูกเบี้ยวบนเพลาลูกเบี้ยวที่มีผิวมนโค้ง (harmonic) ลูกเบี้ยวมีลักษณะเป็นทรงกระบอกเบี้ยว ประกอบด้วยพื้นผิวซึ่งเป็นส่วนโค้ง 2 โค้งขนาดต่างกัน คือ ส่วนฐานใหญ่ส่วนยอดเล็ก ทำงานโดยการเคลื่อนที่สัมผัสกับลูกกระทู้พื้นฐานแบนเรียบ การเคลื่อนที่ของลูกกระทู้เขียนเป็นสมการ harmonic อย่างง่ายได้ตามความสัมพันธ์ทั้งคู่ ทำให้เกิดส่วนโค้งลูกเบี้ยว สมการเคลื่อนที่ของลูกเบี้ยวนั้น ได้มาจากส่วนโค้งของลูกเบี้ยวรีสมิวงกลม 2 รีสมิที่แตกต่างกัน ดังรูปที่ 4.3 แสดงการทำงานของลูกเบี้ยวในตำแหน่งต่าง ๆ 4 ตำแหน่ง ตำแหน่งที่ 1 ฐานลูกเบี้ยวสัมผัสกับลูกกระทู้ ระยะยกเท่ากับศูนย์ ลูกเบี้ยวหมุนไปอยู่ในตำแหน่งที่ 2 ด้วยมุมลูกเบี้ยว θ_1 ในทิศทวนเข็มนาฬิกา สัมผัสกับลูกกระทู้ด้วยรีสมิ r_1 และยกลูกกระทู้ขึ้นด้วยระยะยก s_1 เช่นกัน การเคลื่อนที่ของลูกเบี้ยวเป็นรูปของ MAM₁ ตำแหน่งที่ 3 ลูกเบี้ยวสัมผัสกับลูกกระทู้ด้วยส่วน โค้งที่ 2 จุดศูนย์กลางอยู่ต่ำกว่าตำแหน่งที่ 4 เป็นระยะห่าง C ตำแหน่งที่ 4 เป็นช่วงที่ลูกเบี้ยวยกขึ้นสูงสุด มุมที่หมุนไปจากตำแหน่ง 3 กับ 4 เท่ากับมุมลูกเบี้ยว θ_2 ระยะห่าง C ได้จากรูป MM₂B



รูปที่ 4.3 ลักษณะการเคลื่อนที่ของลูกกระทู้ขับเคลื่อนด้วยลูกเบี้ยว

จากที่กล่าวมาแล้วเขียนสมการของระยะยกลูกกระทู้ได้ดังนี้

- ลูกกระทู้สัมผัสกับส่วน โค้งที่ 1 มุมลูกเบี้ยว θ_1 หมุนจาก 0 ถึง θ_{1max} จะได้ระยะยกลูกกระทู้ S_1

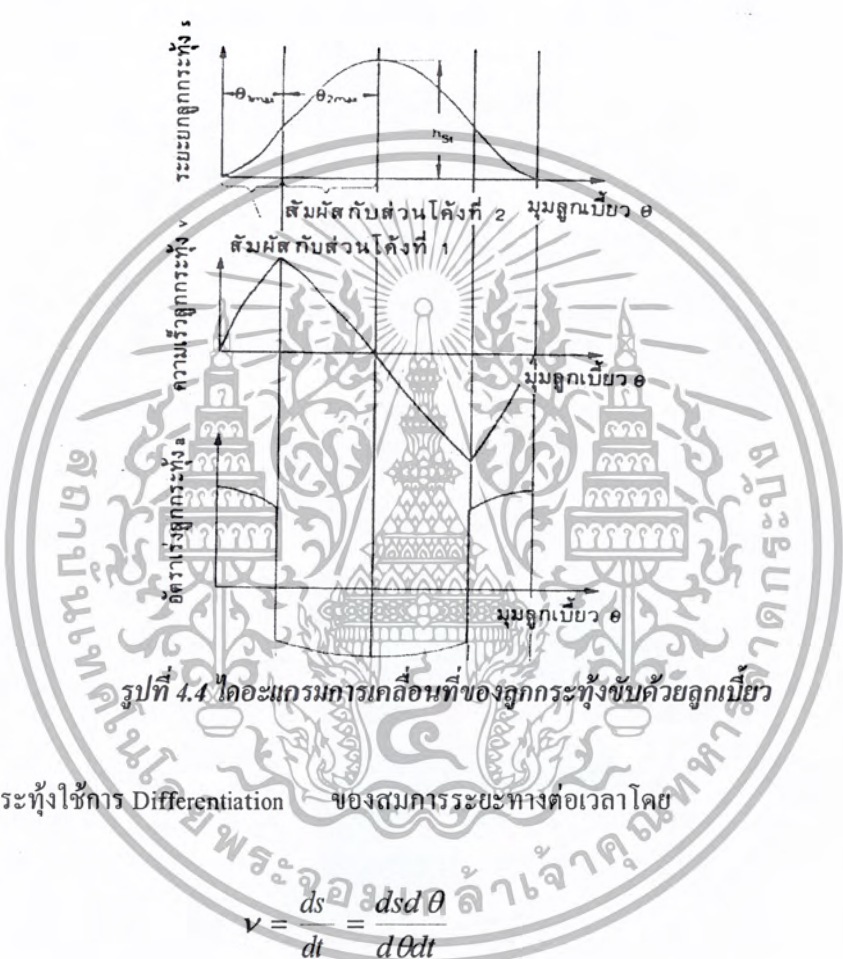
$$S_1 = b_1(1 - \cos \theta_1) \tag{4.2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ลูกกระทู้งสัมผัสกับส่วนโค้งที่ 2 มุมลูกเบี้ยว θ_2 หมุนจาก θ_{2max} ถึง 0 จะได้ระยะขยกลูกกระทู้ง S_2

$$S_2 = h_{sr} - d_2(1 - \cos \theta_2) \tag{4.3}$$

จากทั้งสองสมการหาระยะขยกลูกกระทู้งได้เป็นลักษณะสมมาตร (Symmetry) ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 โคอเนกตรการเคลื่อนที่ของลูกกระทู้งขับด้วยลูกเบี้ยว

ความเร็วลูกกระทู้งใช้การ Differentiation ของสมการระยะทางต่อเวลาโดย

$$v = \frac{ds}{dt} = \frac{dsd\theta}{d\theta dt} \tag{4.4}$$

จะได้

$$v_1 = \omega_N b_1 \sin \theta_1 \tag{4.5}$$

$$v_2 = \omega_N b_2 \sin \theta_2 \tag{4.6}$$

ω_N = ความเร็วเชิงมุมของเพลาลูกเบี้ยว

มุมลูกเบี้ยว θ_2 ที่แทนในสมการทุกสมการมีค่าเป็นลบ เพราะในการอ่านค่ามุมจะอ่านจากทิศทางตรงกันข้ามการหมุนของเพลลา เครื่องหมายลบมีผลเฉพาะในสมการหา v_2

ถ้าดิฟเฟอเรนเชียลสมการความเร็วต่อเวลา จะได้สมการสำหรับอัตราเร่งดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนเวสสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$a_1 = \Psi_N^2 b_1 \cos \theta_1 \tag{4.7}$$

$$a_2 = \Psi_N^2 b_2 \cos \theta_2 \tag{4.8}$$

รูปที่ 4.4 เป็นกราฟแสดงระยะยก ความเร็วและอัตราเร่งลูกกระทุ้งขึ้นขึ้นอยู่กับมุมลูกเบี้ยว θ

นอกจากสมการอัตราเร่งลูกกระทุ้งในรูปฟังก์ชันของระยะยกลูกกระทุ้ง โดยการรวมสมการอัตราเร่งลูกกระทุ้งเข้าด้วยกัน จะได้

$$a_1 = \omega_N^2 b_1 - \omega_N^2 s_1 \tag{4.9}$$

$$a_2 = \omega_N^2 b_2 - \omega_N^2 s_2 \tag{4.10}$$

S_1 และ S_2 เป็นตัวแปรคงที่

จากสมการเส้นตรงทั้งสองเขียนกราฟอัตราเร่งในรูปฟังก์ชันระยะยกได้ ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 อัตราเร่งลูกกระทุ้งที่ขับเคลื่อนด้วยลูกเบี้ยว

รูปที่ 4.6 เป็นภาพแสดงส่วนต่างๆ ทางเรขาคณิตอย่างง่าย เพื่อนำไปใช้หาสมการมาคำนวณส่วนที่สำคัญของลูกเบี้ยวต่อไปนี้

หารัศมีลูกเบี้ยว r_2

$$r_2 = r + h_{S1} - b_2 \tag{4.11}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะห่างจุดศูนย์กลางสัมผัส b_1

$$b_1 = \frac{b_2^2 - (r - r_2)^2}{2(r - r_2 - b_2 \cos \theta)} \tag{4.12}$$

b_1 ต้องมีค่าไม่เป็น Infinity เพราะจะทำให้ลูกเบี้ยวและลูกกระทุ้งลื่นไม่สามารถที่จะทำงานร่วมกันได้

มุมลูกเบี้ยว θ_{1max} และ θ_{2max} หาได้จากสมการต่อไปนี้

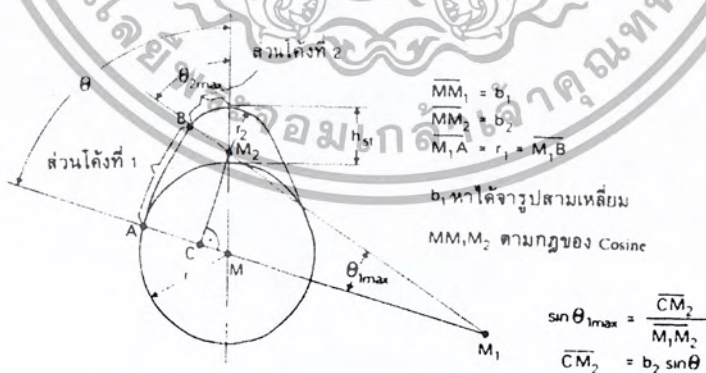
$$\sin \theta_{1max} = \frac{b_2 \sin \theta}{b_2 + r - r_2} \tag{4.13}$$

$$\theta_{2max} = \theta - \theta_{1max} \tag{4.14}$$

4.4 การกำหนดรูปร่างลูกเบี้ยว

การกำหนดรูปร่างลูกเบี้ยวต้องมีข้อมูลดังต่อไปนี้

- มุมเปิดและปิดลิ้น (มุมควบคุม) α_{st}
- ระยะกดลิ้นสูงสุด h_{max}
- อัตราทดของกระเดื่องกดลิ้น u
- ความเร็วรอบของเครื่องต้น n



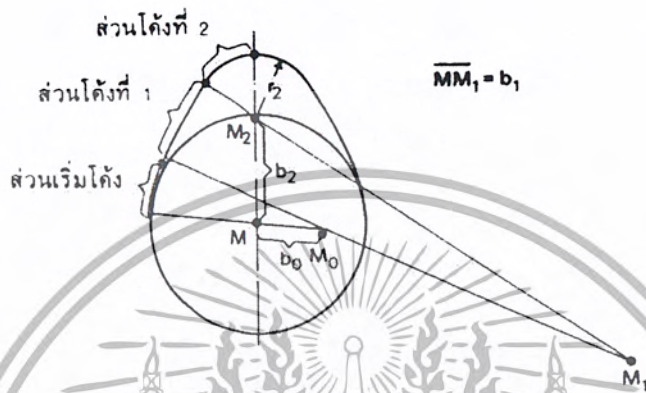
รูปที่ 4.6 แสดงการกำหนดส่วนโค้งลูกเบี้ยว

4.5 ส่วนเริ่มโค้งของลูกเบี้ยว

ต้องทำการตรวจสอบความเร็วของลิ้นที่เข้ากระทบกับบ่าลิ้นว่าเป็นไปตามที่กำหนดหรือไม่ แต่ อีกด้านหนึ่งต้องการให้ลิ้นเปิดอย่างรวดเร็ว จากสาเหตุทั้ง 2 ที่กล่าวแล้ว ไม่สามารถกระทำได้ในรัศมีวง

เอกสารนี้เกิดมอันเดียว เพราะความเร็วของลิ้นตำรัศมีลูกเบี้ยวต้องสั้นและความเร็วลิ้นต้องใช้รัศมีลูกเบี้ยวยาวๆ จาก ด้านการคำนวณว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เงื่อนไขนี้ ทำได้ต่อเมื่อส่วนโค้งของลูกเบี้ยวจะต้องมีรัศมีแต่ละส่วนต่างกันออกไป ระหว่างส่วนโค้งที่ 1 กับส่วนโค้งฐานลูกเบี้ยวจะต้องมีความโค้งที่รัศมีเล็กเชื่อมอยู่ พื้นผิวของลูกเบี้ยวจึงประกอบด้วยส่วนโค้งจากรัศมีที่แตกต่างกันออกไปถึง 3 รัศมี พื้นผิวส่วนแรกคือส่วนเริ่มโค้ง คือจุดที่กระเดื่องกลิ้งเริ่มกดตามช่วงระยะตั้งลิ้น แล้วผ่านระบบได้ ลูกกระทุ้งลิ้นจะสัมผัสกับส่วน โค้งลูกเบี้ยวที่มีรัศมีโตที่สุดทำให้ลิ้นเปิดอย่างรวดเร็ว ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ส่วนโค้งและส่วนเริ่มโค้งของลิ้นลูกเบี้ยว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

แผนภาพเวลาการเปิด-ปิดลิ้นของเครื่องยนต์

● จังหวะการเปิดปิดของลิ้น (Valve timing)

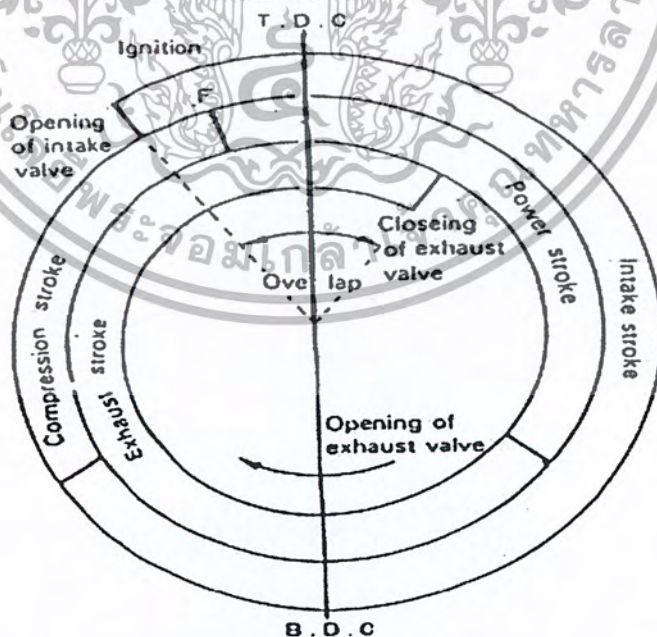
ตำแหน่งหรือจังหวะการเปิดปิดของลิ้นไอดีและไอเสีย ที่สัมพันธ์กับตำแหน่งของลูกสูบเรียกว่า "Valve timing" สำหรับตำแหน่งของลูกสูบ จะเรียกเป็นจำนวนองศา ก่อนหรือหลัง TDC และ BDC โดยเทียบกับมุมเพลาคือ (Crank angle) ที่หมุนไป

ดังนั้นไดอะแกรม (Diagram) ที่แสดงความสัมพันธ์ของการเปิดปิดกับตำแหน่งลูกสูบโดยเทียบกับ TDC และ BDC จึงเรียกว่า "Valve timing diagram" เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการประจุไอดี (Intake efficiency) และการคายไอเสีย (Exhaust efficiency) การทำงานเปิดปิดของลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย จะเป็นดังนี้

ลิ้นไอดี เปิดขณะลูกสูบเลื่อนขึ้น ก่อนถึง TDC เล็กน้อย ปิดขณะลูกสูบเลื่อนขึ้น หลัง BDC เล็กน้อย

ลิ้นไอเสีย เปิดขณะลูกสูบเลื่อนลงก่อนถึง BDC เล็กน้อย ปิดขณะลูกสูบเลื่อนลง หลัง TDC เล็กน้อย

สำหรับ Valve timing diagram นี้ค่าอยู่ค่าหนึ่ง ซึ่งเป็นค่าที่ควรทราบต่อไป จะพบอยู่บ่อย ๆ และต้องนำไปใช้ในงานปฏิบัติมาก ค่านี้คือ "Valve overlap"



รูปที่ 5.1 ตำแหน่งการเปิด - ปิดของลิ้น (Valve timing diagram)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำว่า "overlap" หมายถึงช่วงที่ทั้งลิ้นไอศและลิ้นไอเสียเปิดอยู่พร้อมกัน ใกล้เคียง TDC ซึ่งจะเปิดซ้อนกันอยู่ เป็นช่วงต่อระหว่างปลายจังหวะคายกับจังหวะดูด ซึ่งช่วงนี้ไอศประจุเข้ามาจะมาขยับไล่ไอเสียที่คกค้างให้ออกไปจากกระบอกสูบ ดังนั้น จึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับจังหวะคายไอเสีย และในขณะที่เดียวกันแรงเฉื่อยของไอศก็จะเพิ่มประสิทธิภาพในการประจุไอศด้วย

ตำแหน่งการเปิดปิดของลิ้น จะเปลี่ยนแปลงไปตามคุณลักษณะและจุดประสงค์ในการนำไปใช้งานของจักรยานยนต์ เช่น ใช้งานทั่วไป หรือใช้ในการแข่งขัน

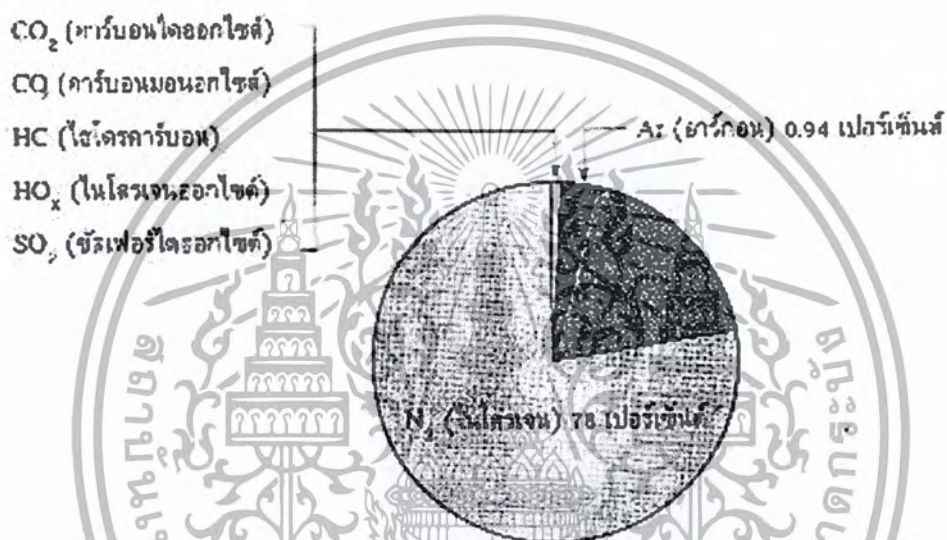


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

ระบบควบคุมมลภาวะและการกำจัดไอของเสียของรถยนต์

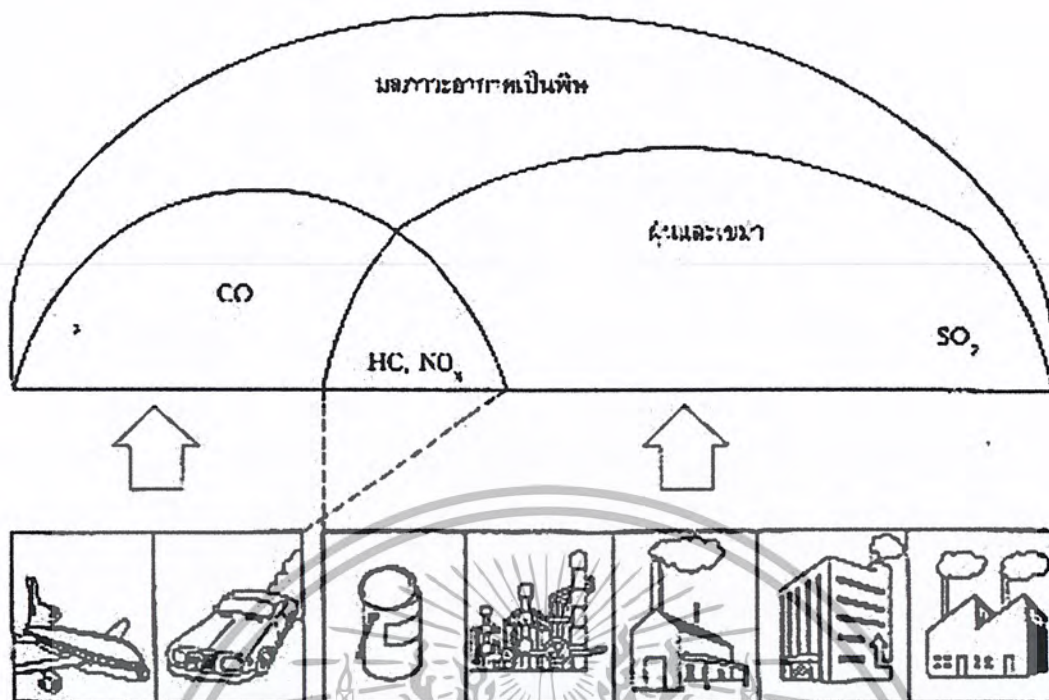
อากาศที่ปกคลุมอยู่บริเวณพื้นผิวโลกจะประกอบด้วยแก๊สต่างๆที่เป็นประโยชน์และโทษแก่มนุษย์ พืช และสัตว์ อันได้แก่ แก๊สออกซิเจน (O_2) ซึ่งมีอยู่ประมาณ 21 เปอร์เซ็นต์ (โดยปริมาตร) แก๊สไนโตรเจน (N_2) มีอยู่ประมาณ 78 เปอร์เซ็นต์ แก๊สอาร์กอน (Ar) ประมาณ 0.94 เปอร์เซ็นต์ เป็นแก๊สที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ในรูปที่ 6.1 เป็นแผนภูมิวงกลมที่แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ของแก๊สต่างๆที่ปกคลุมโลก



รูปที่ 6.1 แผนภูมิวงกลมที่แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ของแก๊สที่ปกคลุมโลก

6.1 มลภาวะอากาศเป็นพิษ

มลภาวะอากาศเป็นพิษ (air pollution) นอกเหนือจากแก๊สที่มีอยู่ตามธรรมชาติแล้ว การเพิ่มปริมาณของแก๊สอาร์กอนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ก็เป็นแก๊สที่ไม่พึงประสงค์สำหรับมนุษย์และสัตว์ เช่นเดียวกับแก๊สที่เกิดขึ้นจากการกระทำของมนุษย์เองอันได้แก่ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) แก๊สไฮโดรคาร์บอน (HC) แก๊สไนโตรเจนออกไซด์ (NO_2) แก๊สเหล่านี้เป็นแก๊สไอเสียที่ถูกปล่อยออกมาจากรถยนต์ เครื่องบิน แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) เป็นแก๊สที่เกิดจากโรงงานพลังงานความร้อนและโรงงานอุตสาหกรรม จะอยู่ในสถานะของแก๊สเฉื่อยที่ลอยอยู่ในอากาศ มีลักษณะคล้ายหมอก (smog) ซึ่งเราเรียกว่า มลภาวะอากาศเป็นพิษ ทั้งนี้รวมทั้งฝุ่นผงและเขม่า แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะแก๊สที่ทำให้เกิดมลภาวะอากาศเป็นพิษที่เกิดจากรถยนต์เท่านั้น ในรูปที่ 6.2 แสดงถึงแหล่งกำเนิดของแก๊สที่ทำให้เกิดมลภาวะอากาศเป็นพิษ



รูปที่ 6.2 แสดงถึงแหล่งกำเนิดของแก๊สที่ทำให้เกิดมลภาวะอากาศเป็นพิษ

6.2 การเกิดของแก๊สของเสียที่เป็นมลภาวะอากาศเป็นพิษ

แก๊สไอเสียที่ถูกปล่อยออกมากับไอเสียรถยนต์เป็นจำนวนมากที่ทำให้เกิดมลภาวะอากาศเป็นพิษจะมีองค์ประกอบของแก๊สไฮโดรคาร์บอน แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ และแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ ซึ่งต่อไปนี้จะกล่าวถึงสาเหตุที่รถยนต์ปล่อยแก๊สไอเสียที่เป็นมลภาวะอากาศเป็นพิษออกสู่บรรยากาศ

6.2.1 แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของน้ำมันเชื้อเพลิง เนื่องจากสาเหตุของการขาดออกซิเจนภายในห้องเผาไหม้

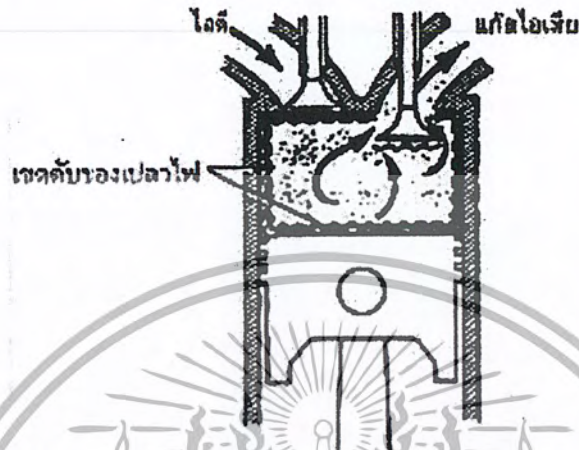
ตามหลักการทางทฤษฎี แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จะไม่เกิดถ้ามีออกซิเจนในอัตราส่วนผสมอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิง (ไอดี) ที่มากกว่า แต่ความเป็นจริงแล้วแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จะเกิดขึ้นจากสาเหตุ 3 ประการคือ

1. แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ถูกแปรเปลี่ยนให้เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ โดยการรวมตัวกับออกซิเจนแต่ปฏิกิริยาในการแปรเปลี่ยนเป็นไปได้อย่างช้าจึงไม่สามารถแปรเปลี่ยนแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ให้หมดในสถานะของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้นแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จึงเกิดขึ้นได้ในส่วนผสมของไอดีที่บาง (lean mixer)

2. การเผาไหม้ของไอดีเป็นไปไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากสาเหตุการจ่ายไอดีเข้าห้องเผาไหม้ของคาร์บูเรเตอร์ไม่สม่ำเสมอ

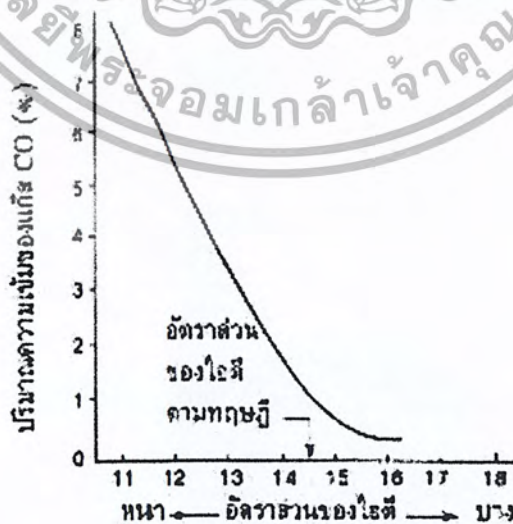
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. อุณหภูมิรอบๆกระบอกสูบมีอุณหภูมิต่ำกว่าที่จะเกิดการเผาไหม้ได้ ดังนั้นในบริเวณนั้นจะไม่เกิดเปลวไฟในการเผาไหม้ ซึ่งบริเวณนี้เรียกว่า เขตดับของเปลวไฟ (quenching zone) เชื้อเพลิงที่เหลือจากการเผาไหม้บริเวณนี้จะทำให้เกิดเป็นแก๊สไอเสียถูกระบายออกจากกระบอกสูบดังแสดงในรูปที่ 6.3



รูปที่ 6.3 เป็นการเกิดเขตดับของเปลวไฟภายในห้องเผาไหม้

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมของไอดีและความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์โดยทั่วไปแล้วจะขึ้นอยู่กับส่วนผสมของไอดี แต่ตามหลักการแล้วจะขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนผสมของไอดี ในรูปที่ 6.4 เป็นกราฟที่แสดงถึงความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ลดลง เมื่ออัตราส่วนผสมของไอดีสูงขึ้น (ส่วนผสมบาง) ดังนั้นการที่จะทำให้แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์หมดไปจะต้องทำให้เครื่องยนต์มีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์



รูปที่ 6.4 เป็นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างไอดีและความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์

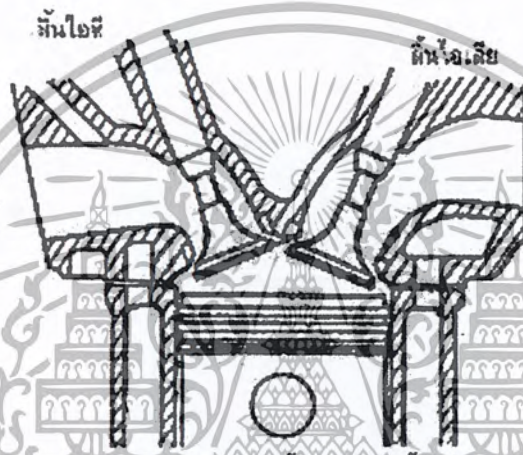
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.2 แก๊สไฮโดรคาร์บอน (HC)

น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้กับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนมีองค์ประกอบของไฮโดรคาร์บอนเป็นหลัก เมื่อเกิดเป็นไอและถูกความร้อนที่อุณหภูมิสูงจะรวมตัวกับออกซิเจนได้อย่างรวดเร็ว แต่ถ้าไม่เกิดการเผาไหม้ ไขมันบางส่วนจะถูกระบายออกสู่บรรยากาศภายนอกให้เป็นแก๊สไฮโดรคาร์บอนได้

แก๊สไฮโดรคาร์บอนจะเกิดขึ้นเช่นเดียวกับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ได้ 3 กรณีคือ

1. เกิดจากการโอเวอร์แล็ป (over lap) ของลิ้น ดังแสดงในรูปที่ 6.5 และรูปที่ 6.6 ในระหว่างที่การเปิดของลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียพร้อมกันในระยะเวลาอันสั้นๆ แก๊สไฮโดรคาร์บอนบางส่วนจะถูกดูดออกจากห้องเผาไหม้ผ่านลิ้นไอเสีย



รูปที่ 6.5 แสดงภาพตัดขวางให้เห็นการเปิดของลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียในจังหวะโอเวอร์แล็ป



รูปที่ 6.6 วัฏจักรในการเปิดและปิดของลิ้นไอดีและไอเสีย

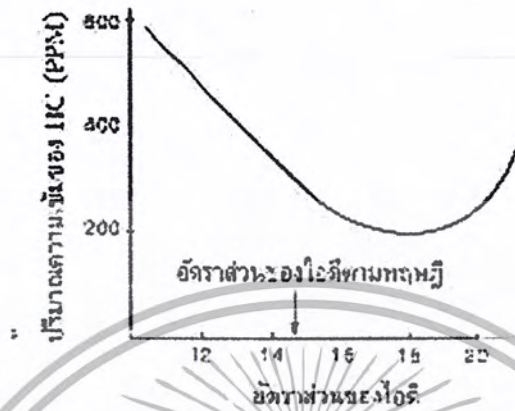
2. การดับของเปลวไฟ เกิดจากอุณหภูมิของเปลวไฟลดลงในบริเวณบางส่วนของห้องเผาไหม้ ทำให้ส่วนผสมของไอดีบางส่วนที่ไม่ได้เกิดการเผาไหม้ถูกระบายออกมากับแก๊สไอเสีย

3. อัตราส่วนผสมของไอดีไม่ถูกต้อง ในรูปที่ 6.7 เป็นกราฟที่แสดงปริมาณของแก๊สไฮโดรคาร์บอนที่ถูกระบายออกมากับไอเสียที่มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้จะต้องขึ้นอยู่กับอัตราส่วนผสมของไอดีที่หนา

มาก ซึ่งยังผลให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ออกซิเจนที่ช่วยในการเผาไหม้ไม่เพียงพอ แต่ถ้าหากมีส่วนผสม

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

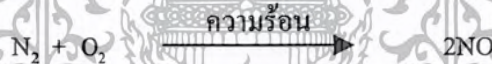
ของไอดีบางเกินไป ปริมาณของแก๊สไฮโดรคาร์บอนก็จะเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องมาจากเชื้อเพลิงมีน้อยทำให้การแผ่กระจายของเปลวไฟเป็นไปได้อย่างช้าๆ จากสาเหตุนี้ น้ำมันเชื้อเพลิงจะเปลี่ยนสภาพเป็นไอเสียบรรเทาออกจากห้องเผาไหม้ก่อนจะเกิดการเผาไหม้ได้หมด



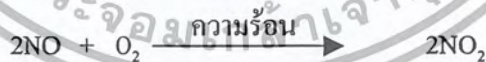
รูปที่ 6.7 เป็นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างไอดีและความเข้มข้นของแก๊สไฮโดรคาร์บอน

6.2.3 แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x)

ปริมาณของแก๊สไอเสีย 95 เปอร์เซ็นต์จะเป็นแก๊สไนตริกออกไซด์ (NO) ที่ถูกระบายออกมาจากห้องเผาไหม้ดังสมการต่อไปนี้



และเมื่อแก๊สไนตริกออกไซด์เกิดการรวมตัวทำปฏิกิริยาทางเคมีกับแก๊สออกซิเจนในอากาศภายนอกห้องเผาไหม้จะกลายเป็นแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ (NO₂) ดังสมการ

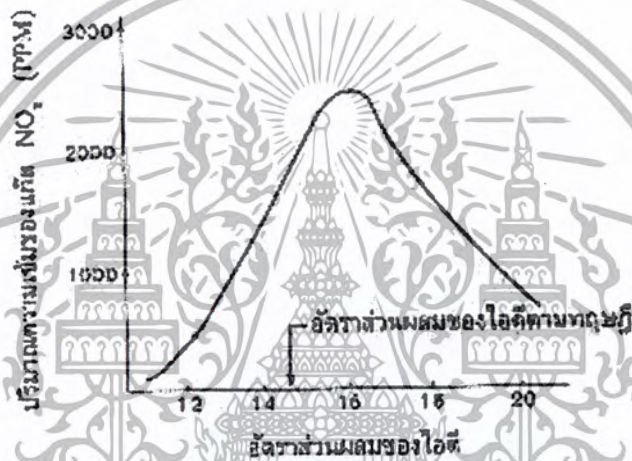


แต่อย่างไรก็ตาม โมเลกุลของไนโตรเจนในบรรยากาศจะมีอยู่ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะคงสถานะเป็นกลางภายใต้สภาวะปกติทั้งที่อุณหภูมิสูง (ประมาณ 1800 องศาเซลเซียส หรือ 3300 องศาฟาเรนไฮต์) และปริมาณแก๊สออกซิเจนที่มีจำนวนมากซึ่งจะทำให้ไนโตรเจนทำปฏิกิริยากับออกซิเจน โดยขั้นแรกจะเป็นแก๊สไนตริกออกไซด์ (NO) และจะแปรเปลี่ยนไปเป็นแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) จากการเผาไหม้ที่สมบูรณ์มากกว่าการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ เช่น แก๊สไฮโดรคาร์บอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ เพราะจะมีอุณหภูมิที่สูงเพียงพอที่จะทำปฏิกิริยาทางเคมี ซึ่งจะได้แก๊สไนตริกออกไซด์ แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 1800 องศาเซลเซียส (3300 องศาฟาเรนไฮต์) แก๊สไนโตรเจนและแก๊สออกซิเจนจะถูกระบายออกจากระบบไอเสียโดยจะไม่รวมตัวกันเป็นแก๊สไนตริกออกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบที่สำคัญที่มีผลทำให้การเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนที่เกิดจากการเผาไหม้คือ

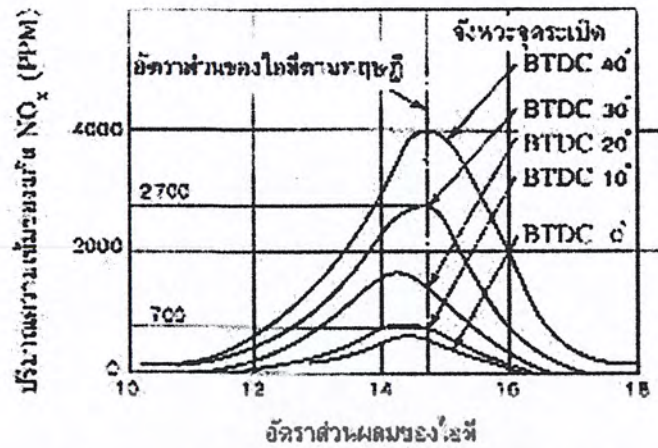
1. อุณหภูมิความร้อนภายในห้องเผาไหม้กับอัตราส่วนผสมของไอดี ปริมาณของแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนจะมีปริมาณมากที่อัตราส่วนผสมของไอดีประมาณ 16 ต่อ 1 แต่ถ้าอัตราส่วนผสมของไอดีสูงกว่าหรือต่ำกว่าส่วนผสมของไอดีของแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนจะลดลง จากกราฟในรูปที่ 6.8 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างไอดีและปริมาณแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนในไอเสียรถยนต์ เมื่ออัตราส่วนผสมของไอดีมากกว่า 16 ต่อ 1 เนื่องจากปริมาณของออกซิเจนลดลง ส่วนผสมของไอดีจะต้องบางกว่าเพื่อให้การเผาไหม้เป็นไปอย่างช้าๆ เพื่อป้องกันอุณหภูมิของเปลวไฟในห้องเผาไหม้สูงจนเกินแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนได้



รูปที่ 6.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างไอดีและปริมาณแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนในไอเสียรถยนต์

2.. ระยะเวลาในการจุดระเบิด ความสัมพันธ์ของแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนกับระยะเวลาในการจุดระเบิด ถ้าการจุดระเบิดก่อนหรือหลังจะยังผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนผสมของไอดีเมื่อการจุดระเบิดอยู่ที่ 0 องศา (TDC) และ 10 องศา, 20 องศา, 30 องศา และ 40 BTDC

ปริมาณของแก๊สออกไซด์ของแก๊สไนโตรเจนจะอยู่ใกล้กับอัตราส่วนผสมของไอดีที่เหมาะสม ปริมาณของแก๊สจะมีมากก็เนื่องมาจากความร้อนในการเผาไหม้ที่เกิดจากการจุดระเบิดล่วงหน้า



รูปที่ 6.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนกับ
ระยะเวลาในการจุดระเบิดของเครื่องยนต์

6.3 แก๊สไอเสียจากรถยนต์ที่เป็นอันตรายต่อชีวิต

แก๊สไอเสียที่เป็นมลภาวะอากาศเป็นพิษส่วนใหญ่จะเป็นแก๊สไอเสียที่เกิดจากรถยนต์ มลภาวะที่เกิดจากรถยนต์ จะได้จากการเผาไหม้ภายในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์และการระเหยตัวกลายเป็นไอของน้ำมันเชื้อเพลิง ในรูปที่ 6.10 แสดงถึงแก๊สที่เป็นมลภาวะของอากาศที่เป็นพิษที่เกิดจากรถยนต์ พอลแบ่งออกเป็น 3 พวกใหญ่ๆที่ไม่ต้องการและเป็นอันตรายต่อมนุษย์ สัตว์ พืช มีดังนี้คือ

6.3.1 แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

เป็นแก๊สที่เกิดจากรถยนต์ถึง 43 % ซึ่งเป็นอันตรายต่อการเพิ่มออกซิเจนในเส้นเลือดและระบบประสาทอัตโนมัติจะหมดความรู้สึก เป็นอัมพาต ถ้าปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ประมาณ 500 PPM จะทำให้เกิดการหายใจติดขัดปวดศีรษะ และถ้ามีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่านี้จะทำให้เสียชีวิตได้ในทันที

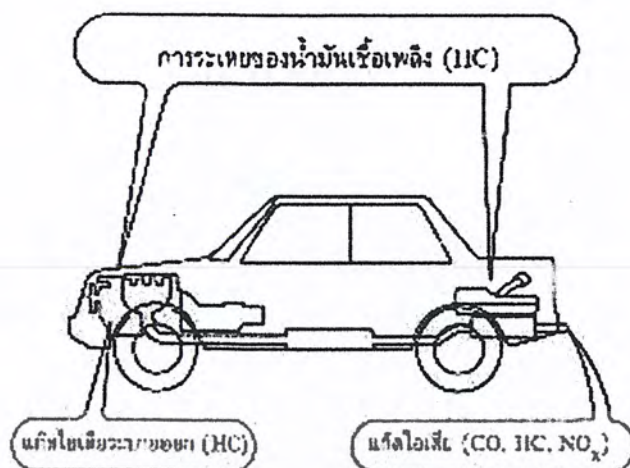
6.3.2 แก๊สไฮโดรคาร์บอน (HC)

เป็นแก๊สที่เกิดจากเชื้อเพลิงที่รั่วกับรถยนต์ถึง 57 เปอร์เซ็นต์ ผลที่เกิดขึ้นทำให้เกิดการระคายเคืองกับเยื่อบุอวัยวะที่ใช้ในการหายใจ

6.3.3 แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx)

เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเช่นเดียวกับแก๊สที่เกิดมลภาวะชนิดอื่นๆ ซึ่งส่วนใหญ่ของแก๊สชนิดนี้จะได้จากรถยนต์ถึง 39 เปอร์เซ็นต์ และแหล่งกำเนิดพลังงาน โรงงานอุตสาหกรรมถึง 61 เปอร์เซ็นต์ ผลที่ทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกายของมนุษย์ก็คือ ทำให้เกิดการระคายเคืองที่ตา จมูก และถ้ามีจำนวนมากจะทำให้เกิดการไอและปวดศีรษะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.10 แก๊สที่เป็นมลภาวะอากาศที่เป็นพิษที่เกิดจากรถยนต์

6.4 สภาพของการขับขีรถยนต์และการเกิดแก๊สไอเสียที่เป็นมลภาวะอากาศเป็นพิษ

ภายใต้การขับขีรถยนต์ที่แตกต่างกัน แก๊สไอเสียที่มีส่วนประกอบของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ แก๊สไฮโดรคาร์บอน และแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนจะมีปริมาณที่แตกต่างกันออกไป เนื่องจากอัตราส่วนระหว่างน้ำมันกับอากาศ ในสภาพความเร็วและน้ำหนักบรรทุกของรถยนต์ ปริมาณผลรวมของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จะลดลงเมื่อแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนเพิ่มขึ้นที่อัตราส่วนของอากาศกับน้ำมัน บางกว่าอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม ในขณะที่แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สไฮโดรคาร์บอนจะมีปริมาณของแก๊สเพิ่มขึ้น

ดังจะกล่าวต่อไปนี้เป็นสภาพการทำงานขีรถยนต์ในสภาวะต่างๆ ที่จะทำให้ส่วนประกอบของแก๊สไอเสียที่เกิดขึ้นแตกต่างกันออกไป

6.4.1 รถยนต์อยู่ในสภาวะอุ่นเครื่องยนต์

รถยนต์อยู่ในสภาวะอุ่นเครื่องยนต์เป็นสภาวะที่เครื่องยนต์อยู่ในสภาวะที่ยังเย็นอยู่จนกระทั่งน้ำหล่อเย็นมีอุณหภูมิระหว่าง 70 ถึง 80 องศาเซลเซียส (158 ถึง 168 องศาฟาเรนไฮต์) สภาพของเครื่องยนต์ในขณะนี้จะมียุณหภูมิที่ยังไม่เพียงพอให้น้ำมันเชื้อเพลิงระเหยกลายเป็นไอได้ทั้งหมด ส่วนผสมของไอดีในขณะนี้จะมีส่วนผสมที่หนาอยู่ประมาณ 5 ต่อ 1 แก๊สไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ที่ถูกขับออกมาจะมีส่วนประกอบของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และแก๊สไฮโดรคาร์บอนเป็นส่วนมาก

6.4.2 รถยนต์อยู่ในสภาวะเครื่องยนต์เดินเบา

ขณะที่เครื่องยนต์เดินเบา อุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้จะลดลง น้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ แก๊สโซลีนจะระเหยกลายเป็นไอได้หมด การเผาไหม้จึงไม่สม่ำเสมอ คาร์บูเรเตอร์จะจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงให้มีส่วนผสมหนาอยู่ที่ประมาณ 11 ต่อ 1 ดังนั้นปริมาณส่วนประกอบของแก๊สไอเสียที่ถูกขับออกมาทางท่อไอเสียรถยนต์จะมีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สไฮโดรคาร์บอนเป็นปริมาณมาก เนื่องจากการเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ แต่ในทางตรงกันข้ามแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนจะลดลงจากสาเหตุของอุณหภูมิภายในเครื่องยนต์ ที่ต่ำ

6.4.3 รดยนต์ขับเคลื่อนที่ความเร็วคงที่

อัตราส่วนผสมของไอดีที่ความเร็วต่ำจะมีอัตราส่วนผสมที่แตกต่างจากอัตราส่วนผสมของไอดีที่ความเร็วสูง ปริมาณมลภาวะของแก๊สที่เป็นพิษจากไอเสียรถยนต์จะแตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเร็วของรถยนต์

1. ความเร็วการขับเคลื่อนที่ต่ำและปานกลาง (ความเร็ว 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือ 62 ไมล์ต่อชั่วโมง) ความเร็วต่ำและปานกลางส่วนผสมของไอดีจะบางกว่าส่วนผสมของไอดีที่เหมาะสม (15 ต่อ 1) สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนในแต่ละเครื่อง ส่วนผสมของไอดีที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ การออกแบบของเครื่องยนต์นั้นๆ ซึ่งเครื่องยนต์แบบที่ใช้น้ำมันในปัจจุบันจะมีอัตราส่วนผสมของไอดีอยู่ระหว่าง 16 ถึง 18 ต่อ 1 สำหรับเครื่องยนต์ที่มีอัตราส่วนผสมที่บางอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้จะสูงขึ้น

2. ความเร็วในการขับเคลื่อนที่ความเร็วสูง (ความเร็วสูงกว่า 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมงหรือ 62 ไมล์ต่อชั่วโมง) ในขณะที่รถยนต์มีความเร็วในการขับเคลื่อนที่สูงกว่า 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (62 ไมล์ต่อชั่วโมง) เครื่องยนต์จะหมุนที่ความเร็วรอบที่สูงเช่นกัน อัตราส่วนผสมของไอดีจะหนาในอัตราส่วนผสมประมาณ 13 ถึง 14 ต่อ 1 ปริมาณของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และแก๊สไฮโดรคาร์บอนจะมีปริมาณที่สูงมาก ส่วนปริมาณของแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนจะมีปริมาณที่ต่ำ เนื่องจากไม่มีออกซิเจนที่เพียงพอ อุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้จึงต่ำ

6.4.4 รดยนต์อยู่ในสภาวะขณะเร่งเครื่องยนต์

เมื่อผู้ขับขี่รถยนต์เหยียบคันเร่ง ลิ้นเร่งจะถูกเปิดให้กว้างเพื่อที่จะให้อากาศภายนอกถูกดูดให้ไหลผ่านท่อร่วมไอดีเป็นปริมาณมาก ส่วนผสมของไอดีจะหนา (8 ต่อ 1) ทำให้มีปริมาณของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และแก๊สไฮโดรคาร์บอนที่เกิดจากการเผาไหม้และยังมีปริมาณที่มากอยู่ ความเร็วของเครื่องยนต์ที่เพิ่มขึ้นจะทำให้อุณหภูมิความร้อนภายในห้องเผาไหม้และยังมีปริมาณที่มากอยู่ ความเร็วของเครื่องยนต์ที่เพิ่มขึ้นจะทำให้อุณหภูมิความร้อนภายในห้องเผาไหม้และปริมาณของแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนจะมีปริมาณมากขึ้นเช่นเดียวกัน

6.4.5 เมื่อถอนคันเร่งเครื่องยนต์

ในขณะที่ผู้ขับขี่รถยนต์เหยียบเบรกหรือถอนคันเร่ง ลิ้นเร่งจะถูกปิดสนิท แต่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์จะยังสูงอยู่ ทำให้สูญญากาศภายในท่อร่วมไอดีและภายในห้องเผาไหม้จะมีค่ารวมเพิ่มมากขึ้นจากการเกิดสูญญากาศนี้จะมีผลทำให้การขยายตัวของเปลวไฟลดลง เปลวไฟที่ทำการเผาไหม้จะดับลงก่อน แก๊สไฮโดรคาร์บอนที่ไม่ได้ทำการเผาไหม้ให้หมดกลายเป็นไอเสียจะถูกระบายออกภายนอกกระบอกไอเสีย เชื้อเพลิงที่เกาะจับอยู่ที่ท่อร่วมไอดีจะกลายเป็นไอไปอย่างรวดเร็ว เป็นผลให้อัตราส่วนผสมของไอ

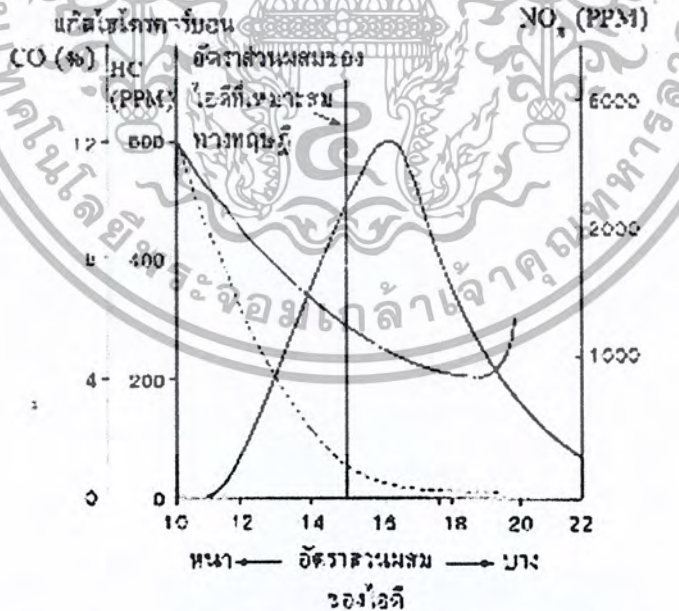
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดีหนา อัตราส่วนผสมที่เพิ่มขึ้นจะเพิ่มปริมาณให้กับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และแก๊สไฮโดรคาร์บอน แต่เนื่องจากการเผาไหม้ลดลงจึงทำให้แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนลดลง

6.4.6 เมื่อเครื่องยนต์โหลดมาก

เป็นสภาวะที่เครื่องยนต์ต้องไต่ขึ้นที่สูงชัน เครื่องยนต์จะต้องได้รับโหลดมากขึ้น ผู้ขับขี่รถยนต์ จะต้องเหยียบคันเร่งเพื่อที่จะให้ลิ้นเร่งเปิดอย่างเต็มที่ อัตราส่วนผสมของไอดีจะหนามาก (ประมาณ 11 ถึง 13 ต่อ 1) ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และแก๊สไฮโดรคาร์บอนที่ถูกขับออกมากับแก๊สไอเสียจะมี ปริมาณมากขึ้น ในทางตรงกันข้าม ปริมาณของแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนจะลดลง

ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนผสมของไอดีและการเกิดแก๊สชนิดต่างๆของไอเสียรถยนต์ ในรูปที่ 6.11 เป็นกราฟที่แสดงผลร่วมระหว่างอัตราส่วนผสมของไอดีและการเกิดแก๊สชนิดต่างๆของไอเสียรถยนต์ภายในสภาพการขับขี่รถยนต์ที่แตกต่างกันซึ่งปริมาณของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และแก๊สไฮโดรคาร์บอนจะลดลงเมื่อแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นที่ส่วนผสมบางกว่าอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม (ประมาณ 15 ต่อ 1) แต่ในด้านตรงข้าม ถ้าส่วนผสมของไอดีที่หนากว่า แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนจะลดลง ส่วนแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และแก๊สไฮโดรคาร์บอนจะสูงขึ้น ซึ่งพอจะสรุปได้ว่าสภาพการขับขี่ใดๆก็ตาม แก๊สทั้งสามชนิดจะไม่สามารถถูกกำจัดออกไปได้ ซึ่งจะก่อให้เกิดมลภาวะอากาศเป็นพิษได้ในเวลาเดียวกัน



รูปที่ 6.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมของน้ำมันกับอากาศกับการเกิดแก๊สไอเสียต่างๆของไอเสียรถยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับภารกิจการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

การวัดสมรรถนะของเครื่องยนต์

การวัดสมรรถนะของเครื่องยนต์ (Engine Performance Measurements) ไม่ใช่การวัดทางฟิสิกส์ เช่น เส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบ หรือช่วงชักของก้านสูบเท่านั้น แต่เป็นการวัดสมรรถนะของเครื่องยนต์เช่น แรงบิดและแรงม้า เป็นต้น

7.1 แรงบิด

แรงบิด (Torque) คือการบิดหรือการหมุน เราสามารถใช้แรงบิดกับฝาปิดของกระปุกที่เป็นสกรูเกลียว เมื่อเราต้องการคลาย และเราสามารถวัดแรงบิดในการหมุนพวงมาลัยเมื่อเราต้องการขับรถยนต์ที่เคลื่อนที่ไปตามที่ต่างๆ เครื่องยนต์สามารถใช้แรงบิดเพื่อขับล้อให้หมุนไปได้

อย่างไรก็ตาม แรงบิดจะต้องไม่สับสนกับกำลังงาน แรงบิดเป็นผลจากการหมุน ซึ่งอาจจะหรือไม่อาจจะเป็นผลให้เกิดการเคลื่อนที่ กำลังงานเป็นอัตราซึ่งงานกระทำ และหมายความว่าวัตถุต้องเคลื่อนที่ แรงบิดถูกวัดในหน่วยปอนด์-ฟุต (ซึ่งไม่สับสนกับงานคือหน่วยฟุต-ปอนด์) สูตรในการหาแรงบิดคือ

$$T = F \times R \quad (7.1)$$

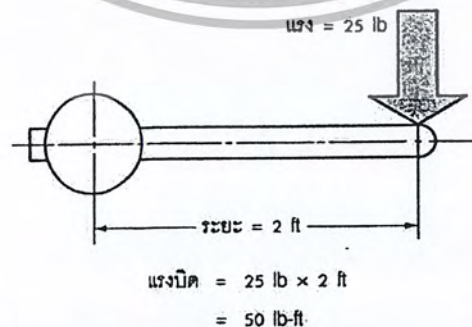
เมื่อ

T = แรงบิด

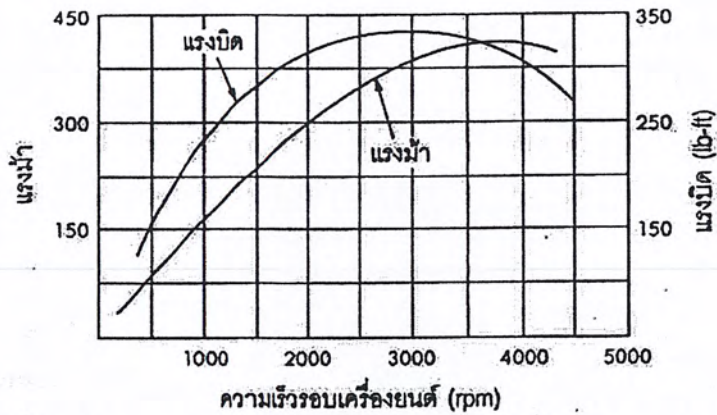
F = แรงที่กระทำ

R = ระยะที่ตั้งฉากกับแนวแรง

ในกรณีของเครื่องยนต์ แรงบิดจะต่ำที่ความเร็วรอบต่ำ และจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วกับความเร็วยรอบที่เพิ่มขึ้น นักวิศวกรยานยนต์จะต้องออกแบบให้แรงบิดเพิ่มขึ้นอย่างมากที่ความเร็วรอบต่ำ ดังแสดงในรูปที่ 7.1 และรูปที่ 7.2



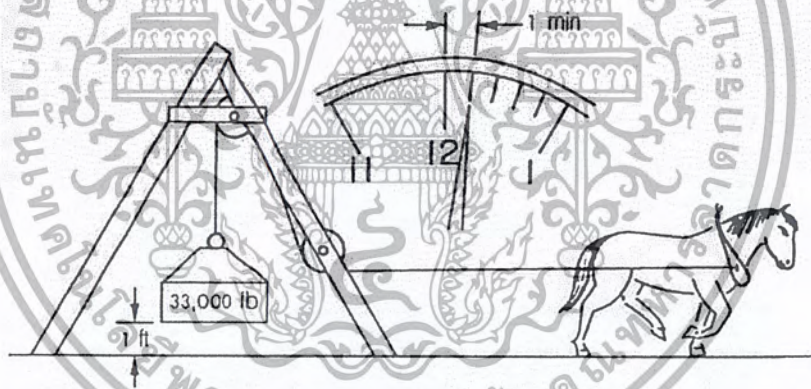
รูปที่ 7.1 แรงบิดเป็นแรงที่เกิดขึ้นโดยการหมุนของกำลังงาน



รูปที่ 7.2 ค่าของแรงบิดและค่าแรงม้าเมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์เปลี่ยนแปลง

7.2 แรงม้า

แรงม้า (Horsepower: hp) เป็นหน่วยวัดมาตรฐานของกำลังงานตั้งแต่ศตวรรษที่ 18 เมื่อนักประดิษฐ์คือ นายเจมส์ วัตต์ ได้ค้นพบเครื่องจักรไอน้ำ โดยวัตต์ได้กำหนดว่า 1 แรงม้า = พลังงานที่ดึงการยกวัตถุหนัก 33,000 ปอนด์ สูง 1 ฟุต ใน 1 นาที หรือ 550 ปอนด์ ใน 1 วินาที ดังแสดงในรูปที่ 7.3



รูปที่ 7.3 1 แรงม้าคือความสามารถในการยกวัตถุหนัก 33000 ปอนด์ สูง 1 ฟุต ใน 1 นาที

สูตรการหาแรงม้า คือ

$$\text{(ในเวลา 1 นาที)} \quad hp = \frac{\text{work}}{\text{time} \times 33000} \quad (7.2)$$

หรือ

$$\text{(ในเวลา 1 วินาที)} \quad = \frac{\text{work}}{\text{time} \times 550} \quad (7.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 & \frac{ft - pound}{min} \\
 & = \frac{W \times L}{33000 \times t} \quad (7.4)
 \end{aligned}$$

เมื่อ hp = แรงม้า
 L = ความยาว (ฟุต)
 W = แรงกระทำ (ปอนด์)
 t = เวลา (นาที)

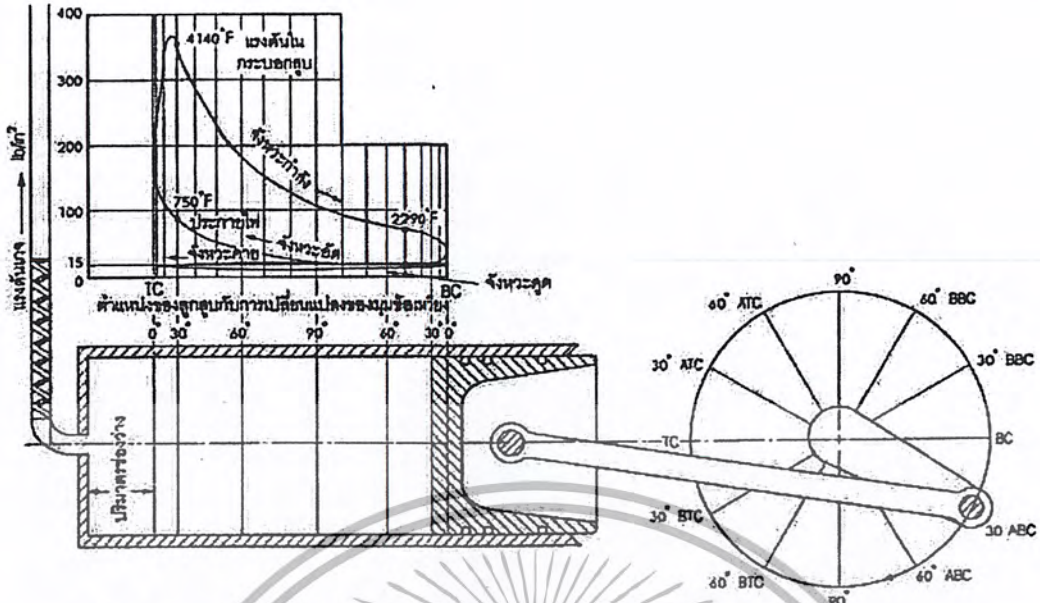
7.3 แรงม้า SAE

สมาคมวิศวกรยานยนต์ (Society of Automotive Engineer: SAE) กำหนดค่าแรงม้า SAE สำหรับจุดประสงค์ในการเสียบายี่ไว้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 & \text{เมื่อ } SAE (hp) = \frac{D^2 \times N}{2.5} \quad (7.5) \\
 & D = \text{เส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ} \\
 & N = \text{จำนวนกระบอกสูบ}
 \end{aligned}$$

7.4 แรงม้าอินดิเคต

คำว่า “แรงม้าอินดิเคต (Indicated horsepower: ihp)” เป็นกำลังงานที่ผลิตขึ้นภายในกระบอกสูบเครื่องยนต์จริงๆ มันเป็นขั้นแรกในการเปลี่ยนพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงเป็นพลังงานกล เหตุผลที่เราเรียกว่า “แรงม้าอินดิเคต” เพราะเราสามารถวัดการทำงานด้วยเครื่องมือวัดแบบเข็ม เครื่องมือวัดนี้จะวาดรูปเส้นแสดงแรงดันที่เกิดขึ้นในกระบอกสูบทุกๆ ตำแหน่งของช่วงชักของลูกสูบ รูปภาพแสดงซึ่งเครื่องมือวัดวาดออกมาสามารถนำมาใช้คำนวณหาจำนวนของพลังงานซึ่งเกิดขึ้นกับแก๊สภายในกระบอกสูบ ดังแสดงในรูปที่ 7.4



รูปที่ 7.4 กราฟของแรงม้าอินดิคตของเครื่องยนต์แสดงแรงดันที่เพิ่มขึ้นระหว่างจังหวะอัด และหลังจากจุดระเบิดและแรงดันจะตกลงด้วยการขยายตัวของแก๊สระหว่างจังหวะกำลัง

เมื่อต้องการคำนวณหา 1 แรงม้า จำเป็นต้องหาแรงดันเฉลี่ยระหว่างจังหวะกำลังกับแรงดันเฉลี่ยระหว่างจังหวะอื่นๆ สูตรการหาแรงม้าอินดิคต คือ

$$ihp = \frac{PLANK}{33000} \tag{7.6}$$

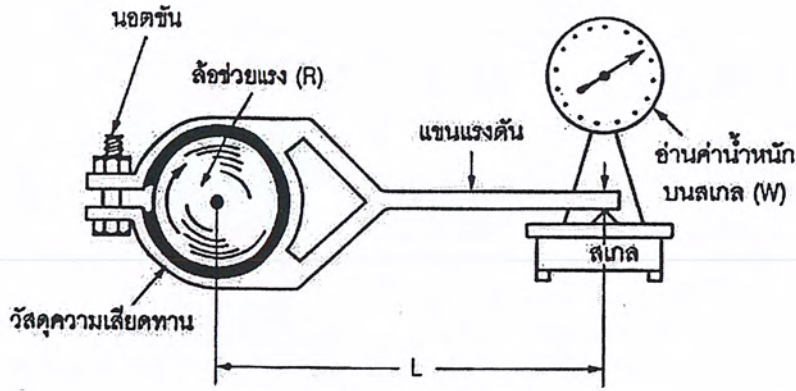
- เมื่อ P = แรงดันเฉลี่ย (ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)
- L = ช่วงชัก (นิ้ว)
- A = พื้นที่ของกระบอกสูบ (ตารางนิ้ว)
- N = จำนวนของจังหวะกำลังต่อนาที
- K = จำนวนของกระบอกสูบ

7.5 แรงม้าเบรก

กำลังงานสุทธิที่ได้จากเครื่องยนต์ถูกวัดในรูปของแรงม้าเบรก (Brake horsepower: bhp) เพราะว่าอุปกรณ์เบรกถูกใช้เพื่อยึดความเร็วของเครื่องยนต์ให้ตกลงขณะวัดแรงม้า เช่น เมื่อเครื่องยนต์มีแรงม้า 300 แรงม้า เป็นแรงม้าเบรกจริงๆ คือจำนวนของกำลังที่เครื่องยนต์สามารถผลิตได้ที่ความเร็วบางส่วน และลินปีกผีเสื้อเปิดกว้างเต็มที่

รูปที่ 7.5 เป็นอุปกรณ์การเบรกชนิดหนึ่งเรียกว่าพรอนีเบรก (Prony Brake) ในการทดสอบแรงม้าเบรกเราจะวัดงานที่กระทำในหน่วยฟุต-ปอนด์ต่อเวลา หรือทุกๆ 33,000 ฟุต-ปอนด์ต่อนาที กำลังงานของเครื่องยนต์จะได้ 1 แรงม้าเบรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.5 โพรนิเบรก

หลักการการทำงานของโพรนิเบรกคือ จะดูค่ากำลังของเครื่องยนต์ในรูปของความเสียดทานของผ้าเบรกโดยการขันนอตบีบที่ล้อ(ล้อช่วยแรง) ซึ่งจะยึดเฟลาของเครื่องยนต์ ทำให้แขนแรงดัน (L) เกิดแรงบิดกดลงบนแท่นของตาชั่งเป็นภาระหรือน้ำหนัก

ก่อนการทดสอบ จะต้องคลายนอตล้อเพื่อให้เครื่องยนต์มีความเร็วรอบคงที่ แล้วขันนอตล้อจนกระทั่งมีความเร็วรอบที่ตั้งไว้ ความเสียดทานระหว่างผ้าเบรกและล้อจะเพิ่มขึ้น เป็นสาเหตุให้แขนแรงดันกดลงบนแท่นของตาชั่งเพิ่มแรงขึ้น

สูตรการหาแรงม้าเบรก คือ

$$\text{(ในหน่วยอังกฤษ)} \quad bhp = \frac{2\pi FNL}{33000} = \frac{FNL}{5250} \quad (7.7)$$

เมื่อ F = แรงสุทธิของตาชั่ง (ปอนด์)
 L = ความยาวของแขนที่ตั้งฉากกับแนวแรง (ฟุต)
 N = ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (รอบต่อนาที)

$$\text{(ในหน่วย SI)} \quad bhp = \frac{2\pi FNL}{4500} = \frac{FNL}{717} \quad (7.8)$$

เมื่อ F = แรงสุทธิของตาชั่ง (กิโลกรัม)
 L = ความยาวของแขนที่ตั้งฉากกับแนวแรง (เมตร)
 N = ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (รอบต่อนาที)

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและกำลังงานคือ (ดูรูปที่ 7.6)

จาก

$$T = F \times L$$

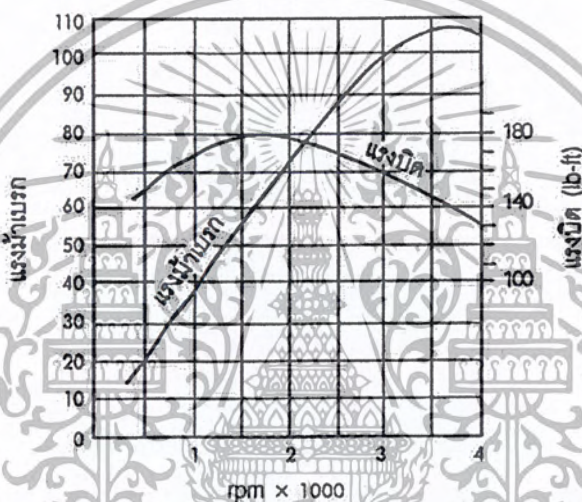
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ในหน่วยอังกฤษ)
$$bhp = \frac{FLN}{33000} = \frac{TN}{5250} \tag{7.9}$$

$$bhp = \frac{TN}{717} \tag{7.10}$$

หรือ

(ในหน่วย SI)
$$T = \frac{717 \times bhp}{N} \tag{7.11}$$



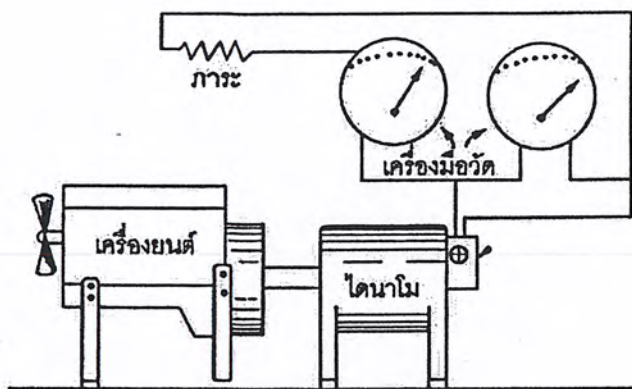
รูปที่ 7.6 กราฟแรงม้าเบรกและแรงบิด แรงม้าเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบสูง แต่แรงบิดจะลดลง

การวัดกำลังของเครื่องยนต์ทำได้ โดยการถอดเครื่องยนต์ออกจากรถยนต์ แล้วติดตั้งเข้ากับ ไดนาโมมิเตอร์หรือแจเนอเรเตอร์ โดยเครื่องยนต์จะขับ ไดนาโมมิเตอร์ จำนวนของกระแสไฟฟ้าที่ไดนาโมมิเตอร์ผลิตออกมาจะนำมาคำนวณหาแรงม้าเบรกที่เครื่องยนต์ผลิตออกมา ดังสูตรต่อไปนี้ (ดังแสดงในรูปที่ 7.7)

$$Watts = Amperage \times Volts \tag{7.12}$$

และ

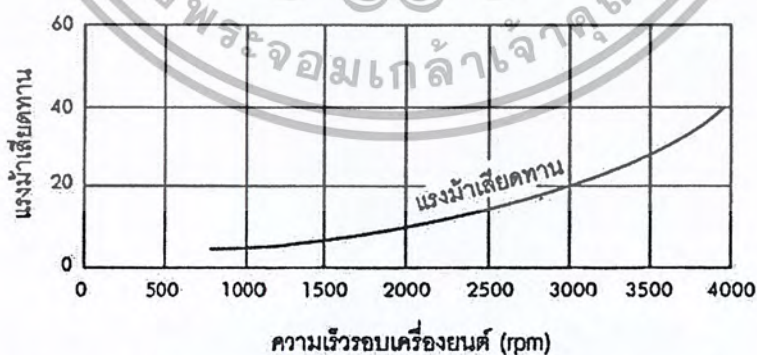
$$bhp = \frac{Watts}{746} \tag{7.13}$$



รูปที่ 7.7 ให้เครื่องยนต์มีความเร็วรอบที่คงที่แน่นอนจุดหนึ่ง และลื่นปีกผีเสื้อเปิดกว้าง
อ่านค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ได้แล้วนำมาคำนวณหาแรงม้าบรค

7.6 แรงม้าเสียดทาน

การสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานในเครื่องยนต์เรียกว่า แรงม้าเสียดทาน (Friction Horsepower; fhp) หมายถึงจำนวนของแรงม้าที่ใช้ในเครื่องยนต์ที่เอาชนะความเสียดทาน แรงม้าเสียดทานหาได้โดยการขับเคลื่อนเครื่องยนต์ด้วยมอเตอร์เพื่อวัดแรงม้าที่ต้องการขับเคลื่อนเครื่องยนต์ให้หมุนได้ ระหว่างการทดสอบนี้ เครื่องยนต์จะทำงานที่อุณหภูมิทำงาน แต่ไม่มีเชื้อเพลิงในคาร์บูเรเตอร์ (ตัดการจ่ายเชื้อเพลิง) และลื่นปีกผีเสื้อเปิดเต็มที่ ที่ความเร็วรอบต่ำ แต่เมื่อเครื่องยนต์มีความเร็วรอบเพิ่มขึ้น แรงม้าเสียดทานจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว กราฟในรูปที่ 7.8 แสดงแรงม้าเสียดทานในเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่างๆ ที่ 1,000 รอบต่อนาที จะมีแรงม้าเสียดทานเพียงประมาณ 4 แรงม้า ที่ 2,000 รอบต่อนาที จะมีแรงม้าเสียดทานใกล้เคียง 10 แรงม้า ที่ 3,000 รอบต่อนาที แรงม้าเสียดทานจะขึ้นถึง 21 แรงม้า และที่ 4,000 รอบต่อนาที จะมีแรงม้าเสียดทานประมาณ 40 แรงม้า



รูปที่ 7.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงม้าเสียดทานและความเร็วรอบเครื่องยนต์

สาเหตุหลักของการสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานในเครื่องยนต์ เป็นความเสียดทานจากแหวนลูกสูบภายใต้บางสภาวะ ความเสียดทานของแหวนบนผนังกระบอกสูบจะเป็นสาเหตุของการสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานในเครื่องยนต์ถึง 75% เช่นในรูปที่ 7.8 แรงม้าเสียดทานของ 40 แรงม้าที่ 4,000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่โดยกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอบต่อนาที จะเท่ากับ 75% หรือ 30 แรงม้าของความเสียหายระหว่างแหวนและผนังกระบอกสูบ ดังนั้นเป็นข้อดีของเครื่องยนต์ช่วงชักสั้นหรือโอเวอร์สแควร์ เพราะระยะทางที่แหวนลูกสูบเลื่อนไปตามผนังกระบอกสูบจะสั้นและความเสียหายจากแหวนลูกสูบจะลดลง ผลก็คือการสูญเสียเนื่องจากความเสียหายจะลดน้อยลงในเครื่องยนต์

7.7 ความสัมพันธ์ของ bhp , ihp และ fhp

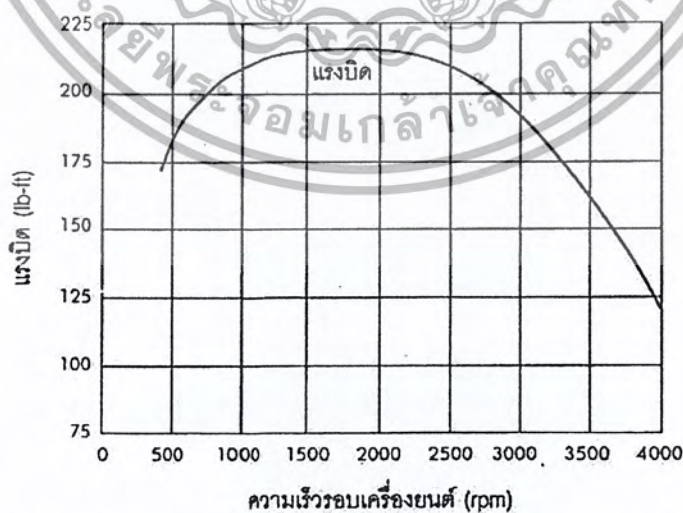
bhp เป็นกำลังงานที่ได้จริง ihp เป็นกำลังงานที่เกิดขึ้นในเครื่องยนต์ และ fhp เป็นกำลังที่สูญเสียไปกับความเสียหาย ดังนั้นความสัมพันธ์ทั้ง 3 ได้แก่

$$ihp = bhp + fhp \quad (7.14)$$

7.8 แรงม้าเบรกกับแรงบิด

แรงบิดของเครื่องยนต์สามารถเทียบกับความเร็วยรอบของเครื่องยนต์ เมื่อความเร็วรอบปานกลางประสิทธิภาพเชิงปริมาตรจะสูง (จะมีช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับกระบอกสูบ เพื่อให้เกิดการดูดไอดีได้มั่นคง) หมายความว่าด้วยการดูดไอดีได้มั่นคงจะเกิดแรงดันจากการเผาไหม้สูง แรงบิดของเครื่องยนต์ก็สูงขึ้น

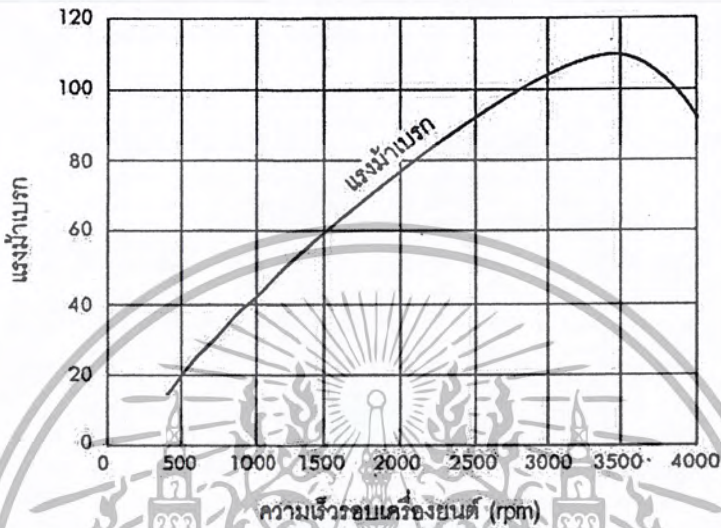
แต่ที่ความเร็วรอบสูงประสิทธิภาพเชิงปริมาตรจะตกต่ำลง (มีเวลาไม่เพียงพอสำหรับกระบอกสูบในการดูดไอดี) ซึ่งจะมีผลผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงน้อยในการเผาไหม้ แรงดันจากการเผาไหม้จะไม่สูงขึ้น ทำให้มีแรงดันกดลงบนหัวลูกสูบน้อย และดังนั้นแรงบิดของเครื่องยนต์จะต่ำลง ในรูปที่ 7.9 แรงบิดจะตกลงเมื่อความเร็วของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น



รูปที่ 7.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและความเร็วรอบเครื่องยนต์

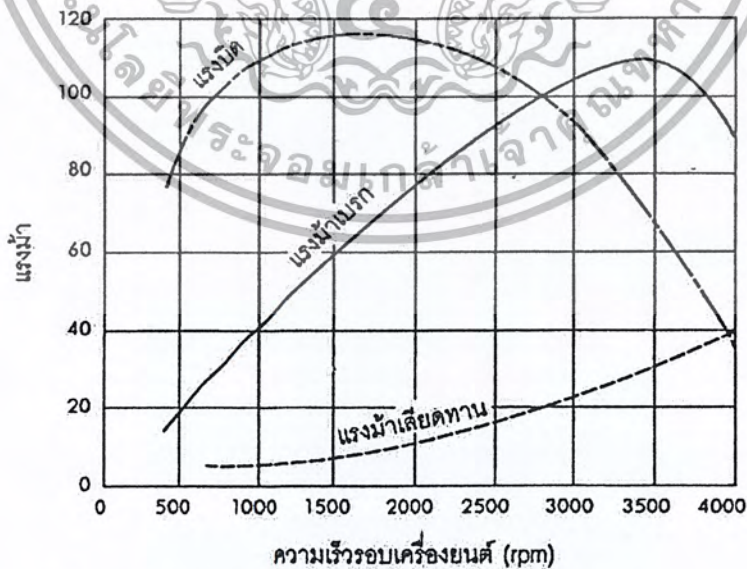
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟ bhp ของเครื่องยนต์ถูกพิจารณาแตกต่างจากกราฟแรงบิด รูปที่ 7.10 เป็น bhp ของเครื่องยนต์เดียวกัน bhp เริ่มต้นจะต่ำที่ความเร็วรอบต่ำ และเพิ่มขึ้นสม่ำเสมอไปกับความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้น จนกระทั่งถึงความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงสุด ดังนั้นเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงสุดยังคงดำเนินต่อไป bhp จะลดลง



รูปที่ 7.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง bhp และความเร็วรอบเครื่องยนต์

การตกต่ำของ bhp ไม่เพียงลดแรงบิดที่ความเร็วรอบสูง แต่จะเพิ่ม fhp ที่ความเร็วรอบสูงด้วย รูปที่ 7.11 เปรียบเทียบกราฟของปัจจัย 3 ปัจจัยของเครื่องยนต์ได้แก่ แรงบิด, bhp และ fhp



รูปที่ 7.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด, bhp และ fhp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกำรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ กราฟในรูปที่ 7.8 ถึง 7.11 เป็นของเครื่องยนต์เครื่องหนึ่งเท่านั้น ถ้าเป็นเครื่องยนต์เครื่องอื่นๆ จะมีแรงบิด , bhp และ fhp ที่แตกต่างกัน

7.9 ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์

ประสิทธิภาพหมายถึงความสัมพันธ์ระหว่างงานที่ให้และงานที่ได้เมื่อใช้งานเครื่องยนต์ ประสิทธิภาพเป็นความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานที่จ่ายออกและกำลังงานที่ได้รับ ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์สามารถคำนวณได้ 2 ลักษณะได้แก่ ประสิทธิภาพทางกลและประสิทธิภาพทางความร้อน

7.10 ประสิทธิภาพทางกล

ประสิทธิภาพทางกล (η) เป็นความสัมพันธ์ระหว่าง bhp และ ihp

$$\eta = \frac{bhp \times 100}{ihp} \quad (7.15)$$

7.11 ประสิทธิภาพทางความร้อน

ประสิทธิภาพทางความร้อน (Thermal Efficiency) ของเครื่องยนต์เป็นความร้อนสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานที่ได้และพลังงานในการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อผลิตกำลังงานนี้

ความร้อนบางส่วนที่ผลิตขึ้น โดยกระบวนการเผาไหม้ถูกเอาออกไปโดยระบบระบายความร้อนของเครื่องยนต์ความร้อนบางส่วน ก็จะสูญเสียไปกับก๊าซไอเสีย ซึ่งยังคงมีความร้อนอยู่เมื่อออกจากกระบอกสูบความร้อนที่สูญเสียไปเหล่านี้จะลดประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องยนต์ ประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนอาจต่ำกว่า 20% และนานๆ ครั้งจะสูงกว่า 25%

ประสิทธิภาพความร้อนอินดิเคด เป็นการคำนวณเพื่อทำการวิจัยและทดลองได้จากสูตรดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพทางความร้อนอินดิเคด} = \frac{\text{งานอินดิเคด}}{\text{ความร้อนที่ให้}} \times 100 \quad (7.16)$$

ประสิทธิภาพทางความร้อนเบรค หาได้จากสูตรดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพทางความร้อนเบรค} = \frac{\text{งานที่ได้จริง}}{\text{ความร้อนที่ให้}} \times 100 \quad (7.17)$$

หรือ

$$= \frac{bhp \times 3300}{778 \times \text{ค่าความร้อนเชื้อเพลิง} \times \text{น้ำหนักเชื้อเพลิงต่อนาที}} \quad (7.18)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.12 ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร

จำนวนของส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงที่เข้าไปในกระบอกสูบในจังหวะดูดเป็นการวัดประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของเครื่องยนต์ ส่วนผสมต้องไหลผ่านอย่างรวดเร็วมากผ่านการกั้นของคาบูเรเตอร์และท่อร่วมไอดี และส่วนผสมจะมีความร้อนสะสม (จากความร้อนของเครื่องยนต์) ดังนั้นส่วนผสมจะมี 2 สภาวะได้แก่ การเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วและความร้อน การประจุส่วนผสมของอากาศเชื้อเพลิงไม่สามารถเข้าได้เต็มที่ เพราะว่าเวลาที่สั้น

ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร (Volumetric Efficiency) เป็นอัตราส่วนระหว่างจำนวนของส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงที่เข้าไปในกระบอกสูบจริงๆ และจำนวนที่สามารถเข้าไปภายใต้สภาวะทางอุดมคติ เช่น กระบอกสูบมีปริมาตรอากาศ 47 ตารางนิ้ว ถ้ากระบอกสูบเลื่อนขึ้นสุด ปริมาตรอากาศจะเหลือ 0.034 ออนซ์ อย่างไรก็ตามคิดว่าเครื่องยนต์ทำงานที่ความเร็วรอบที่เหมาะสม ดังนั้นเพียง 0.027 ออนซ์ของอากาศที่สามารถเข้าไประหว่างทุกจังหวะดูด หมายความว่าประสิทธิภาพเชิงปริมาตรจะมีเพียง 80% (0.027 เป็น 80% ของ 0.034) จริงๆ แล้ว 80% เป็นประสิทธิภาพเชิงปริมาตรที่ดี ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของเครื่องยนต์บางเครื่องอาจจะตกลงต่ำกว่า 50% ที่ความเร็วรอบสูง นั่นคือกระบอกสูบจะดูดส่วนผสมเข้าไปเพียงครึ่งหนึ่งที่ความเร็วรอบสูง

นี่คือเหตุผลหนึ่งที่ว่าทำไมเครื่องยนต์ที่มีความเร็วรอบสูง กำลังงานไม่สามารถเพิ่มขึ้นอย่างเหมาะสมอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากที่ความเร็วรอบสูงมาก เครื่องยนต์มีเวลาน้อยมากที่จะดูดอากาศ วิธีหนึ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงปริมาตรคือการใช้ซูเปอร์ชาร์จเจอร์ช่วยเพิ่มปริมาณอากาศ

แรงดันบรรยากาศจะตกลงเมื่อระดับความสูงเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรจะลดลงด้วย

การแก้ไขประสิทธิภาพเชิงปริมาตรให้ดีขึ้น ทำได้โดยทำให้ลิ้นไอดีใหญ่ขึ้น ทำท่อร่วมไอดีใหญ่ขึ้น ตรงขึ้น และสั้นที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ หรือเพิ่มจำนวนลิ้นไอดี

7.13 ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (Fuel Consumption) คือปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ไปในการทำงานของเครื่องยนต์ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง การวัดค่าความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงโดยวิธีที่ง่ายที่สุดสามารถทำได้โดยใช้ ปีเปด ซึ่งมีลักษณะเป็นแท่งที่มีขีดแบ่งเพื่อใช้บอกปริมาตรของเหลวภายใน นำมาต่อเข้าระหว่างน้ำมันเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ จับเวลาที่เครื่องยนต์ใช้น้ำมันในปีเปด ต่อเวลาในหน่วยวินาทีจะได้ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ (Specific fuel consumption ; SFC) คือความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงต่อกำลังที่ได้จากเครื่องยนต์ต่อชั่วโมง กำหนดได้ดังนี้

$$SFC = \frac{\text{ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงต่อชั่วโมง (c.c./hr-hp)}}{\text{bhp}} \quad (7.19)$$

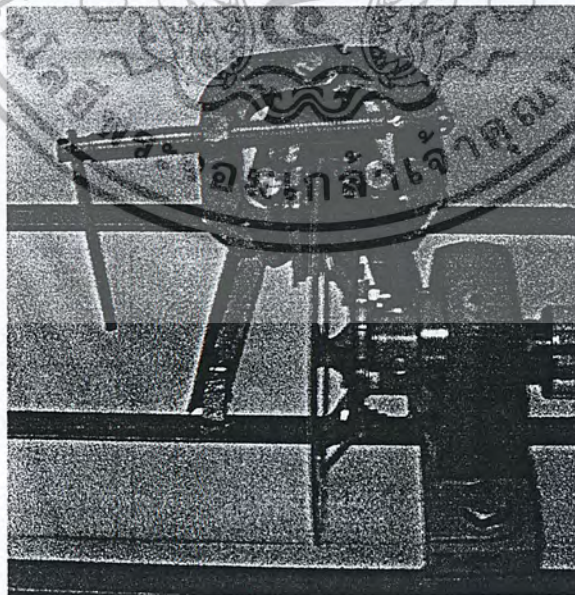
บทที่ 8 ทอร์กมิเตอร์

ทอร์กมิเตอร์ (torque meter) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดแรงบิดของเครื่องยนต์ มีหลายแบบ แต่ละแบบจะมีหลักการทำงานเหมือนกัน แต่แบบที่ใช้ในการทดลองจะมีลักษณะดังในรูปที่ 8.1



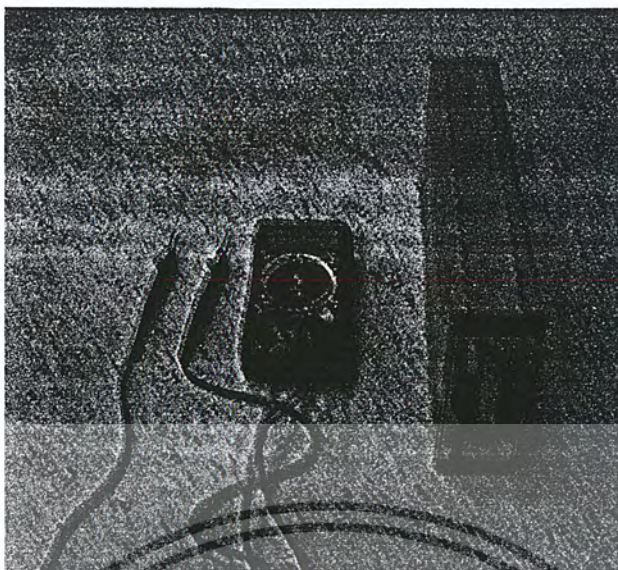
รูปที่ 8.1 ทอร์กมิเตอร์

การติดตั้งจะติดตั้งทอร์กมิเตอร์ระหว่าง เครื่องยนต์ และชุดเบรก ดังรูปที่ 8.2 แล้วต่อชุดสายสัญญาณจากทอร์กมิเตอร์เข้าสู่ชุดแรงดันไฟฟ้า ประกอบด้วยทรานซิวเซอร์และมัลติมิเตอร์ดังแสดงในรูปที่ 8.3



รูปที่ 8.2 ชุดเบรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8.3 ชุดวัดแรงดันไฟฟ้า

ทอร์คมิเตอร์มีหลักการทำงานในการวัดแรงบิด คือ จะทำการวัดแรงบิดที่เกิดขึ้นจากการหักล้างแรงบิดระหว่างเครื่องยนต์กับชุดเบรก

การทดสอบต้องทำการเร่งเครื่องยนต์เต็มที(ลื่นปีกผีเสื้อเปิดกว้างเต็มที)ไม่มีการเบรกที่ชุดเบรก แล้ววัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้น จากนั้นทำการเพิ่มแรงเบรกที่ชุดเบรกจนได้ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ต้องการวัดค่าแรงบิด ทำการล๊อคแรงเบรกให้ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ที่รอบนั้น แล้ววัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้น นำค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้มาลบกับค่าที่วัดได้ในตอนแรก นำค่าต่างแรงดันไปคำนวณในสูตรที่ 8.1 ซึ่งได้สมการจากการวัดค่าแรงดันที่เกิดขึ้นเมื่อเพิ่มแรงบิด โดยทำการล๊อคแขนข้างหนึ่งของทอร์คมิเตอร์ ส่วนอีกข้างหนึ่งทำการต่อกับประแจวัดทอร์ค ทำการเพิ่มค่าแรงบิดทีละเล็กละน้อย วัดแรงดันที่เกิดขึ้น นำค่าทอร์คกับแรงดันไฟฟ้ามาสร้างเป็นสมการ

$$T = \frac{V + .04907}{0.9186} \quad (8.1)$$

เมื่อ T = แรงบิด (กิโลกรัม-เมตร)

V = ค่าต่างของแรงดันไฟฟ้า(มิลลิโวลท์)

บทที่ 9
การสร้างลูกเบี้ยว

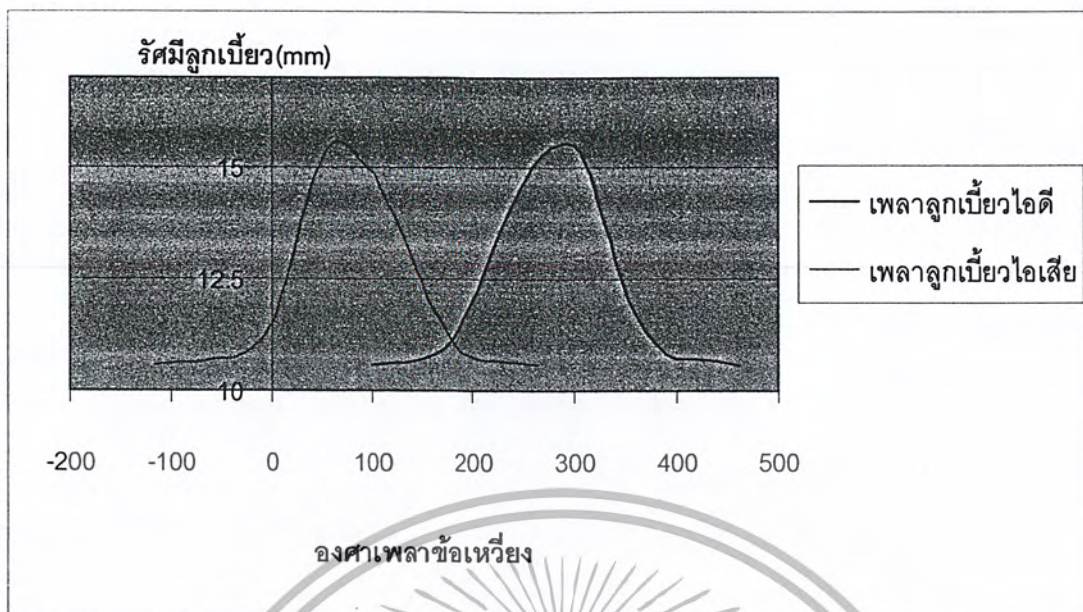
ขั้นตอนการสร้างลูกเบี้ยวมีดังนี้

1. ทำการวัดค่าองศาการเปิด-ปิดและรัศมีของลูกเบี้ยวมาตรฐานฝั่งไอดี (เปิดที่ 0 องศา ศูนย์ ตายบน ปิดที่ 20 องศาหลังศูนย์ตายล่าง) ฝั่งไอเสีย(เปิดที่ 25 องศาก่อนศูนย์ตายล่าง ปิดที่ 5 องศาหลังศูนย์ตายบน) โดยใช้ไดอัลเกจ ได้ค่าดังตารางที่ 9.1 และได้แคมโพรไฟล์ดังรูปที่ 9.1

เพลาลูกเบี้ยวไอดี		เพลาลูกเบี้ยวไอเสีย	
องศาเพลาช้อเหวียง	รัศมี(มิลลิเมตร)	องศาเพลาช้อเหวียง	รัศมี(มิลลิเมตร)
100	10.59	-115	10.59
120	10.63	-95	10.605
140	10.685	-75	10.645
160	10.795	-55	10.695
180	11.175	-35	10.76
200	12.015	-15	11.06
220	13.105	5	11.82
240	14.125	25	13.38
260	15	45	14.945
280	15.46	65	15.555
300	15.47	85	15.165
320	14.565	105	14.665
340	12.925	125	13.6425
360	11.75	145	12.665
380	11.01	165	11.585
400	10.735	185	10.95
420	10.705	205	10.715
440	10.655	225	10.665
460	10.59	245	10.62
		265	10.59

ตารางที่ 9.1 แสดงค่าองศาการเปิด-ปิดและรัศมีของลูกเบี้ยวมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9.1 แคมโพรไฟล์ของลูกเบี้ยวมาตรฐาน

2. ทำการเปลี่ยนค่าองศาการเปิด-ปิดและรัศมีของลูกเบี้ยวไอดีใหม่ เป็นค่าดังนี้
 - 2.1 เปิดที่ 0 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ปิดที่ 20 องศา หลังศูนย์ตายล่าง ดังแสดงตารางที่ 9.2
 - 2.2 เปิดที่ 0 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ปิดที่ 60 องศา หลังศูนย์ตายล่าง ดังแสดงตารางที่ 9.3
 - 2.3 เปิดที่ 0 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ปิดที่ 80 องศา หลังศูนย์ตายล่าง ดังแสดงตารางที่ 9.4
 - 2.4 เปิดที่ 0 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ปิดที่ 100 องศา หลังศูนย์ตายล่าง ดังแสดงตารางที่ 9.5

เพลาลูกเบี้ยวไอดี	
องศาเพลาช้อเหวียง	รัศมี(mm)
100	10.59
120	10.63
140	10.685
160	10.795
180	11.175
200	12.015
220	13.105
240	14.125
260	15
280	15.46
300	15.47
320	14.565
340	12.925
360	11.75
380	11.01
400	10.735
420	10.655
440	10.59

ตารางที่ 9.2 แสดงค่าองศาการเปิด-ปิดและรัศมีของลูกเบี้ยว
เปิดที่ 0 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ปิดที่ 20 องศา หลังศูนย์ตายล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพลาลูกเบี้ยว ไอดี	
องศาเพลาช้อเหวียง	รัศมี(mm)
100	10.59
120	10.63
140	10.685
160	10.795
180	11.175
200	12.015
220	13.105
240	14.125
260	15
280	15.46
300	15.47
320	14.565
340	14.565
360	12.925
380	11.75
400	11.237
420	11.01
440	10.735
460	10.655
480	10.59

ตารางที่ 9.3 แสดงค่าองศาการเปิด-ปิดและรัศมีของลูกเบี้ยว
เปิดที่ 0 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ปิดที่ 60 องศา หลังศูนย์ตายล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพลาลูกเบี้ยวไอคิ	
องศาเพลาช้อเหวียง	รัศมี(mm)
100	10.59
120	10.63
140	10.685
160	10.795
180	11.175
200	12.015
220	13.105
240	14.125
260	15
280	15.46
300	15.47
320	14.565
340	14.565
360	14.565
380	12.925
400	11.75
420	11.237
440	11.01
460	10.735
480	10.655
500	10.59

ตารางที่ 9.4 แสดงค่าองศาการเปิด-ปิดและรัศมีของลูกเบี้ยว
เปิดที่ 0 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ปิดที่ 80 องศา หลังศูนย์ตายล่าง

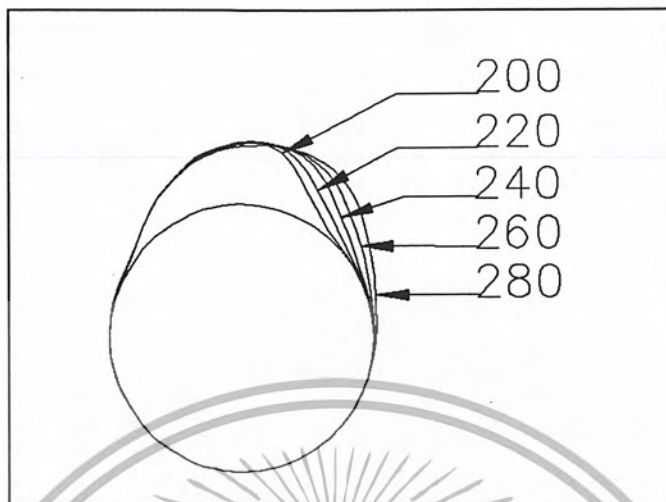
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพลาลูกเบี้ยวไอดี	
องศาเพลาช้อเหวียง	รัศมี(mm)
100	10.59
120	10.63
140	10.685
160	10.795
180	11.175
200	12.015
220	13.105
240	14.125
260	15
280	15.46
300	15.47
320	14.565
340	14.565
360	14.565
380	14.565
400	12.925
420	11.75
440	11.23
460	11.01
480	10.735
500	10.655
520	10.59

ตารางที่ 9.5 แสดงค่าองศาการเปิด-ปิดและรัศมีของลูกเบี้ยว
เปิดที่ 0 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ปิดที่ 100 องศา หลังศูนย์ตายล่าง

3. ทำการวาดรูปลูกเบี้ยวโดยใช้โปรแกรม Auto Cad ได้รูปลูกเบี้ยวรวมทุกรูปดังรูปที่ 9.2 และ รูปที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



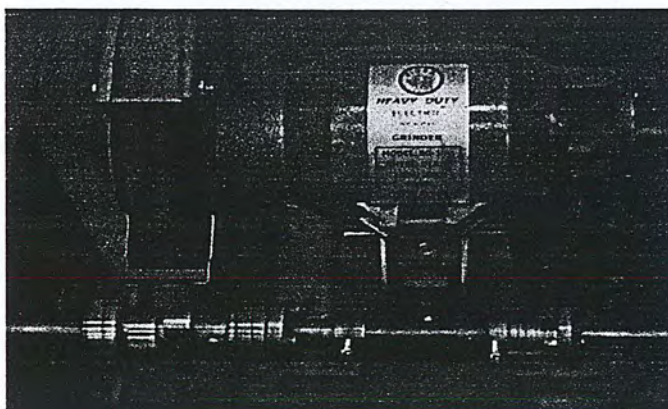
รูปที่ 9.2 แสดงรูปของลูกเบ็ยรวมของการเปลี่ยนแปลงค่าฝั่งปิด

4. ทำการตีรูปของลูกเบ็ยบนแผ่นอะคริลิก แล้วตัดออกเป็นแบบจำลองลูกเบ็ย
5. ทำการติดตั้งแบบจำลองลูกเบ็ยและเพลาที่กลึงเป็นเพลาลูกเบ็ย(รูปที่ 9.3) บนเครื่องเจียรลูกเบ็ยดังรูปที่ 9.4



รูปที่ 9.3 เพลาที่กลึงเป็นเพลาลูกเบ็ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9.4 การติดตั้งแบบจำลองและเพลลาในชุดเครื่องเจียร

6. ทำการเจียรลูกเบี้ยว ดังรูปที่ 9.5



รูปที่ 9.5 แสดงการเจียรลูกเบี้ยว

7. ได้ลูกเบี้ยวที่เจียรเสร็จสมบูรณ์ ดังรูปที่ 9.6



รูปที่ 9.6 ลูกเบี้ยวที่เจียรเสร็จสมบูรณ์

8. ทำการตรวจสอบค่ารัศมีของลูกเบี้ยวที่เจียร ได้ว่ามีค่าตรงกับที่ออกแบบไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 10
การทดลอง

10.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำทดลอง

1. เครื่องยนต์ HONDA C70 1 สูบ 4 จังหวะ

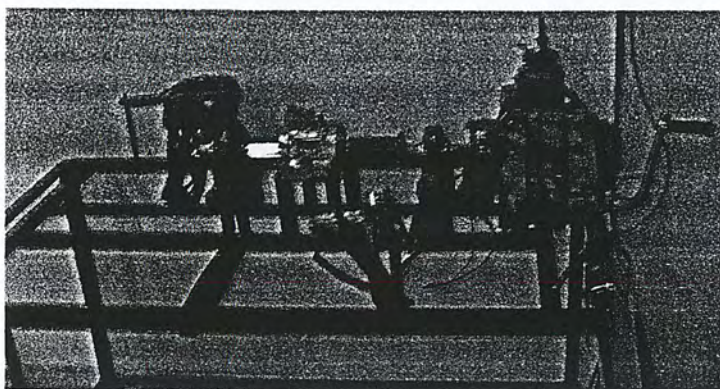
สเป็คของเครื่องยนต์

ประเภทระบายความร้อนด้วยอากาศ	4 จังหวะ OHC
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและช่วงชัก	47.0 x 41.4 mm
ความจุกระบอกสูบ	72 CC
อัตราส่วนการอัด	8.8 : 1
แรงม้าสูงสุด	5.0 BHP / 7000 rpm
แรงบิดสูงสุด	0.56 kg-m / 5500 rpm
วาล์วไอดีเปิด	0 deg BTDC
วาล์วไอดีปิด	20 deg ABDC
วาล์วไอเสียเปิด	25 deg BBDC
วาล์วไอเสียปิด	5 deg ATDC



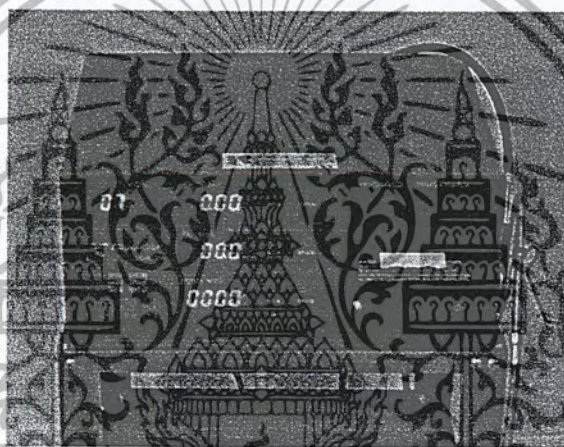
รูปที่ 10.1 เครื่องยนต์ HONDA C70

2. เครื่องวัดแรงบิด
3. แท่นวางเครื่อง



รูปที่ 10.2 แท่นวางเครื่อง

4. เพลาลูกเบี้ยวไอดี
5. แท่นเจียร์
6. เครื่องวัดไอเสีย



รูปที่ 10.3 เครื่องวัดไอเสีย

7. เครื่องวัดความเร็วรอบเครื่องยนต์
8. แบบจำลองลูกเบี้ยว

10.2 ขั้นตอนการทำงาน

แบ่งเป็น 10 ขั้นตอน ดังนี้

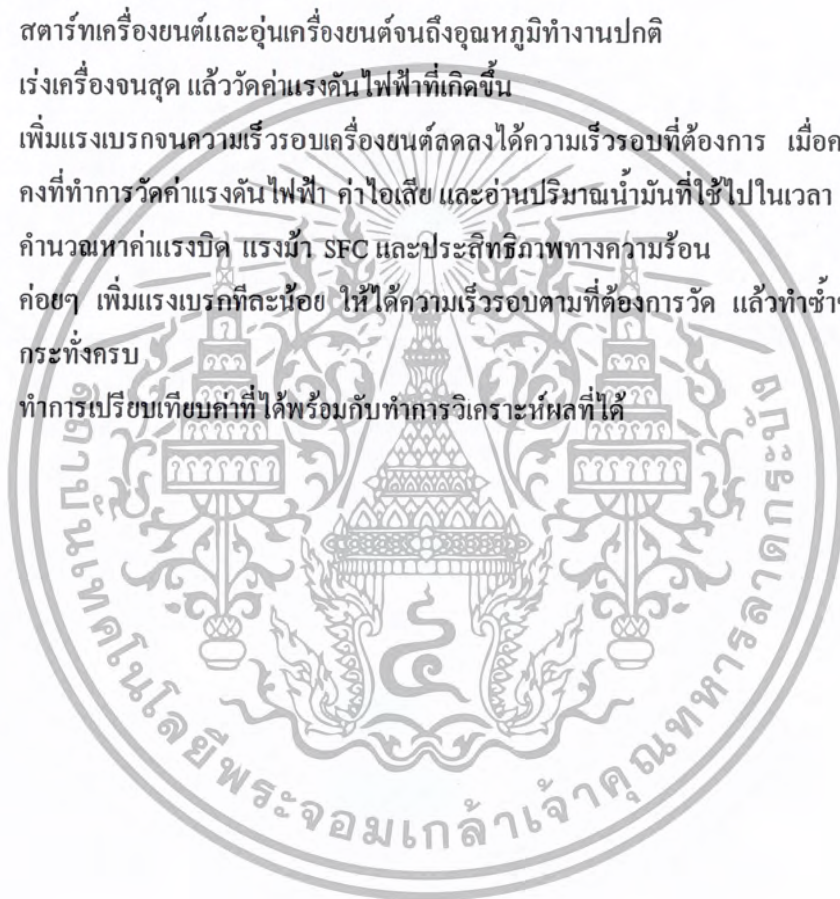
- 4.1 หาซื้อเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 1 สูบ 4 จังหวะ เพลาราวล้นเดี่ยว (ทั้งฝั่งไอดีและไอเสีย)
- 4.2 สร้างแท่นเพื่อติดตั้งเครื่องยนต์ และระบบต่างๆที่จำเป็น
- 4.3 ตรวจสอบสภาพของเครื่องยนต์และปรับปรุงซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งาน
- 4.4 นำเพลาลูกเบี้ยวไอเสียมาตรฐานมาศึกษารูปร่าง องศาการเปิดปิดวาล์วไอเสีย และระยะยก(lift) ของเพลาลูกเบี้ยวไอเสียมาตรฐานที่มากับเครื่องยนต์
- 4.5 ปรับเปลี่ยนลักษณะรูปร่างและองศาของเพลาลูกเบี้ยวไอเสีย
- 4.6 นำเพลาลูกเบี้ยวไอเสียที่ได้ไปหาองศาการเปิดปิดและวาด cam profile

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 4.7 วัดแรงบิดที่ความเร็วรอบ 2000 , 2500 , 3000 , 3500 , 4000 , 4500 , 5000 , 5500 , 6000 , 6500 , 7000 , 7500 , 8000 รอบต่อนาทีของเครื่องชนิด
- 4.8 วิเคราะห์หารูปปร่างและองศาของ camshaft ที่เหมาะสมในแต่ละความเร็วรอบ
- 4.9 ทำซ้ำข้อที่ 5-8
- 4.10 จะได้ลักษณะของเพลาลูกเบี้ยวไอดีที่เหมาะสม

10.3 วิธีการทดลอง

1. เปิดสวิทช์อุปกรณ์วัดต่างๆ
2. สตาร์ทเครื่องชนิดและอุ่นเครื่องชนิดจนถึงอุณหภูมิทำงานปกติ
3. เร่งเครื่องจนสุด แล้ววัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้น
4. เพิ่มแรงเบรกจนความเร็วรอบเครื่องชนิดลดลงได้ความเร็วรอบที่ต้องการ เมื่อความเร็วรอบคงที่ทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้า ค่าไอเสีย และอ่านปริมาณน้ำมันที่ใช้ไปในเวลา 10 วินาที
5. คำนวณหาค่าแรงบิด แรงม้า SFC และประสิทธิภาพทางความร้อน
6. ค่อยๆ เพิ่มแรงเบรกทีละน้อย ให้ได้ความเร็วรอบตามที่ต้องการวัด แล้วทำซ้ำข้อ 4-6 จนกระทั่งครบ
7. ทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้พร้อมกับทำการวิเคราะห์ผลที่ได้



บทที่ 11

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

11.1 ตารางแสดงผลการทดลอง

Rpm	Torque kg-m	BHP hp	FC cc/min	SFC g/hr-hp	CO %	CO2 %	HC ppm
2000	0.3	0.83	0.7	437.2	5.72	2.4	190
2500	0.34	1.18	0.8	351.45	4.89	2.8	150
3000	0.38	1.58	0.91	298.57	4.68	3	140
3500	0.42	2.05	1.1	278.16	3.82	3.6	130
4000	0.46	2.56	1.25	253.12	4.12	5.3	110
4500	0.5	3.13	1.5	248.43	4.38	6.2	100
5000	0.53	3.69	1.9	266.92	5.69	7.3	110
5500	0.55	4.21	2.5	307.83	6.25	7.5	110
6000	0.54	4.51	3	344.83	8.31	7.7	90
6500	0.52	4.62	3.4	381.5	9	8	90
7000	0.47	4.58	3.7	418.79	9.35	8.9	100
7500	0.43	4.49	4.2	484.91	10	9.8	120
8000	0.4	4.23	4.6	553.94	10.8	10.3	130

ตาราง 11.1 ค่าที่วัดได้จากเพลาลูกเบี้ยวมาตรฐานเปิดที่ 0 ATDC ปิดที่ 40 BBDC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rpm	Torque kg-m	BHP hp	FC cc/min	SFC g/hr-hp	CO %	CO2 %	HC ppm
2000	0.34	0.94	0.7	404	5.83	2.74	170
2500	0.38	1.32	0.8	318	4.99	3.03	160
3000	0.41	1.71	0.9	272.84	4.66	2.9	130
3500	0.44	2.14	0.95	261	3.73	3.7	121.2
4000	0.47	2.62	1.1	255	3.92	5.1	106.4
4500	0.5	3.13	1.4	231.87	3.69	6.09	110
5000	0.52	3.62	1.6	236	4.75	7.28	100
5500	0.51	3.91	1.8	288	5.65	7.69	100
6000	0.5	4.26	2.4	332	7.12	8.48	100
6500	0.46	4.17	2.75	341.87	8.4	8.86	104.7
7000	0.42	4.1	3	386	9.04	9.49	122.3
7500	0.4	4.07	3.45	439	9.13	10.34	140
8000	0.38	3.9	4.1	550.32	9.58	11.26	150

ตาราง 11.2 ค่าที่วัดได้จากเพลาลูกเบี้ยวเปิดที่ 0 ATDC ปิดที่ 20 BBDC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rpm	Torque kg-m	BHP hp	FC cc/min	SFC g/hr-hp	CO %	CO2 %	HC ppm
2000	0.28	0.78	0.7	450.38	5.98	2.05	193
2500	0.32	1.11	0.8	362	5.41	2.43	162.3
3000	0.35	1.46	0.9	301.8	5.12	2.65	150
3500	0.4	1.95	1.1	292.43	3.84	3.3	135.4
4000	0.43	2.39	1.3	272	4.28	4.7	116.8
4500	0.47	2.94	1.6	282.12	4.09	5.5	109.1
5000	0.5	3.48	2	297.93	4.57	6.9	115.7
5500	0.54	4.14	2.8	350.6	5.32	8.26	115.1
6000	0.57	4.76	3.7	367	7.18	8.26	109.1
6500	0.56	5.07	4.4	416	7.75	9.27	116.2
7000	0.54	5.27	4.75	442	8.4	9.8	136.5
7500	0.52	5.43	5	491	9.28	10.59	155.2
8000	0.46	5.13	5.6	580.67	9.64	11.16	161.7

ตาราง 11.3 ค่าที่วัดได้จากเพลาลูกเบี้ยวเปิดที่ 0 ATDC วัดที่ 60 BBDC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rpm	Torque kg-m	BHP hp	FC cc/min	SFC g/hr-hp	CO %	CO2 %	HC ppm
2000	0.27	0.75	0.9	455	6.04	2.24	210
2500	0.3	1.04	1.1	380.17	5.55	2.52	177.6
3000	0.33	1.38	1.2	315	5.28	2.11	166.1
3500	0.36	1.75	1.25	293	4.67	3.8	151.9
4000	0.39	2.17	1.4	284	4.09	4.8	127.2
4500	0.42	2.63	1.5	275.95	3.64	5.9	125.5
5000	0.46	3.2	1.6	291.6	4.21	6.46	125
5500	0.5	3.83	2.1	348	5.08	8	120
6000	0.52	4.35	3.3	389	6.58	8.4	110
6500	0.55	4.98	4	451	7.3	9.4	125.5
7000	0.57	5.56	4.1	451	7.15	10.56	136.5
7500	0.56	5.85	4.3	506	8.77	11.1	158.4
8000	0.54	6.02	5	593	9.01	11.64	165

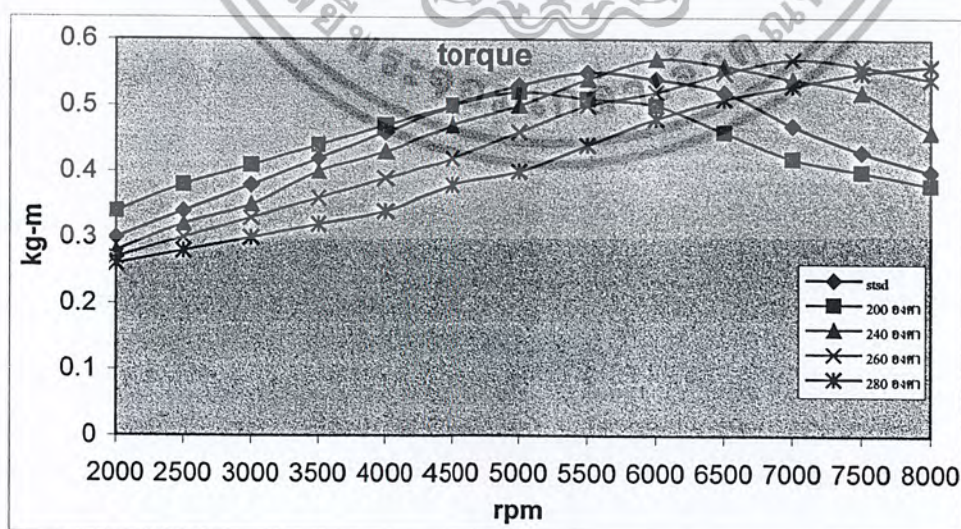
ตาราง 11.4 ค่าที่วัดได้จากเพลาลูกเบี้ยวที่เปิดที่ 0 ATDC ปิดที่ 80 BBDC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rpm	Torque kg-m	BHP hp	FC cc/min	SFC g/hr-hp	CO %	CO2 %	HC ppm
2000	0.26	0.72	1	478	6.22	1.9	212.7
2500	0.28	0.97	1.2	386	5.8	2.49	196.3
3000	0.3	1.25	1.3	323	5.14	2.43	172.1
3500	0.32	1.56	1.35	299.07	4.78	3.09	163.9
4000	0.34	1.89	1.5	297	3.75	4.57	134.3
4500	0.38	2.38	1.6	283.15	3.28	6.02	135.4
5000	0.4	2.78	1.7	317	3.75	8.1	133.8
5500	0.44	3.37	2.1	362	3.88	8.4	140.9
6000	0.48	4.01	3.3	416	5.87	9.24	137.1
6500	0.51	4.62	4	464	6.3	9.84	135
7000	0.53	5.17	4.3	478	6.6	11	154.6
7500	0.55	5.75	4.7	527	7.7	11.8	166.1
8000	0.56	6.24	5.2	613	8.5	12.7	177.1

ตารางที่ 11.5 ค่าที่วัดได้จากเพลาลูกเบี้ยวที่เปิดที่ 0 ATDC ปิดที่ 100 BBDC

11.2 กราฟแสดงผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง



รูปที่ 11.1 กราฟแสดงแรงบิดของเพลาลูกเบี้ยวไอดีที่ห้องค่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 11.1 จะได้ว่า

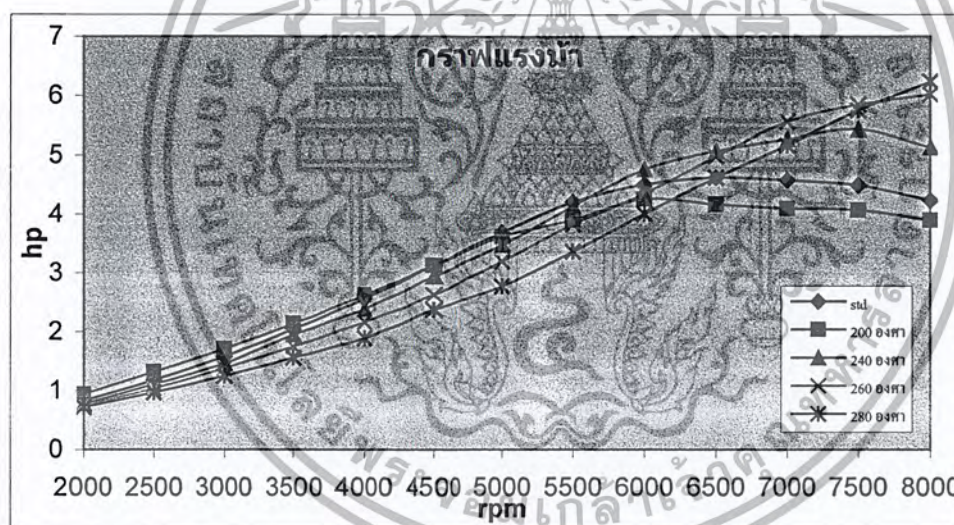
เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน (เปิดที่ 0 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ปิดที่ 40 องศา หลังศูนย์ตายล่าง) จะมีแรงบิดสูงสุดที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 5500 รอบต่อนาที และสูงกว่าเพลาลูกเบี้ยวอื่นที่ความเร็วรอบสูงขึ้น

ที่เพลาลูกเบี้ยวที่เปิดที่ 0 องศา ก่อนศูนย์ตายบน และปิดที่ 20 องศา หลังศูนย์ตายล่าง จะมีแรงบิดสูงสุดที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 5000 รอบต่อนาที

ที่เพลาลูกเบี้ยวที่เปิดที่ 0 องศา ก่อนศูนย์ตายบน และปิดที่ 60 องศา หลังศูนย์ตายล่าง จะมีแรงบิดสูงสุดที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 6000 รอบต่อนาที และแรงบิดสูงกว่าแรงบิดของเพลาลูกเบี้ยวอื่นๆ ที่ความเร็วรอบนี้

ที่เพลาลูกเบี้ยวที่เปิดที่ 0 องศา ก่อนศูนย์ตายบน และปิดที่ 80 องศา หลังศูนย์ตายล่าง จะมีแรงบิดสูงสุดที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 7000 รอบต่อนาที

ที่เพลาลูกเบี้ยวที่เปิดที่ 0 องศา ก่อนศูนย์ตายบน และปิดที่ 100 องศา หลังศูนย์ตายล่าง จะมีแรงบิดสูงสุดที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 8000 รอบต่อนาที ซึ่งสูงกว่าเพลาลูกเบี้ยวอื่นๆ ที่ความเร็วรอบนี้ เนื่องจากเพลาลูกเบี้ยวนี้มีเวลาในการประจุไอดีที่นานกว่าเพลาลูกเบี้ยวอื่นๆ



รูปที่ 11.2 กราฟแสดงแรงม้าเบรค (BHP) ของเพลาลูกเบี้ยวไอดีที่องศาต่างๆ

จากรูปที่ 11.2 จะได้ว่า

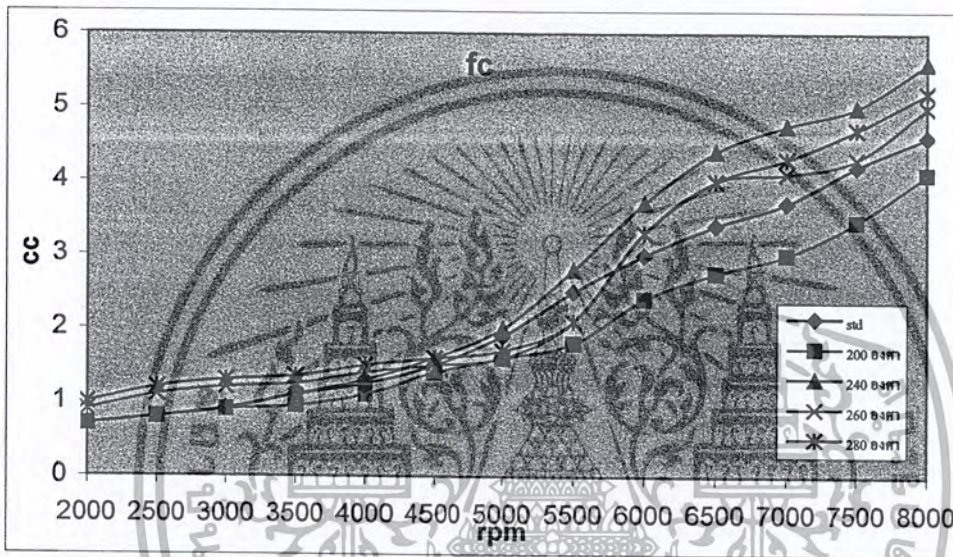
เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน (เปิดที่ 0 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ปิดที่ 40 องศา หลังศูนย์ตายล่าง) จะให้แรงม้าสูงสุดที่ความเร็วรอบ 6500 รอบต่อนาที

ที่เพลาลูกเบี้ยวที่เปิดที่ 0 องศา ก่อนศูนย์ตายบน และปิดที่ 20 องศา หลังศูนย์ตายล่าง จะให้แรงม้าสูงสุดที่ความเร็วรอบ 6000 รอบต่อนาที และมีแนวโน้มต่ำลงในช่วงความเร็วรอบที่สูง

ที่เพลาลูกเบี้ยวที่เปิดที่ 0 องศา ก่อนศูนย์ตายบนและปิดที่ 60 องศา หลังศูนย์ตายล่างจะให้แรงม้าสูงสุดที่ความเร็วรอบ 7500 รอบต่อนาที และที่ความเร็วรอบ 6000 รอบต่อนาทีที่มีค่าแรงม้าสูงกว่าเพลาลูกเบี้ยวอื่นๆ

ที่เพลาลูกเบี้ยวที่เปิดที่ 0 องศา ก่อนศูนย์ตายบนและปิดที่ 80 องศา หลังศูนย์ตายล่างจะให้แรงม้าสูงสุดที่ความเร็วรอบ 8000 รอบต่อนาที

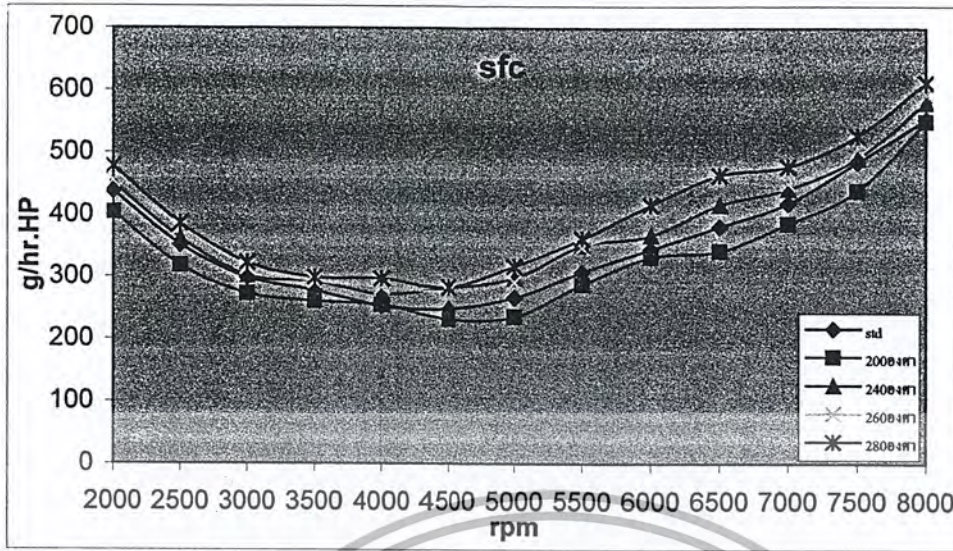
ที่เพลาลูกเบี้ยวที่เปิดที่ 0 องศา ก่อนศูนย์ตายบนและปิดที่ 100 องศา หลังศูนย์ตายล่างจะมีแรงม้าสูงสุดที่ความเร็วรอบ 8000 รอบต่อนาทีและสูงกว่าเพลาลูกเบี้ยวอื่นๆที่ความเร็วรอบเดียวกันนี้



รูปที่ 11.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงบิดเมื่อใช้เพลาลูกเบี้ยว ไอดีที่องศาต่างๆ

จากรูปที่ 11.3 จะได้ว่า

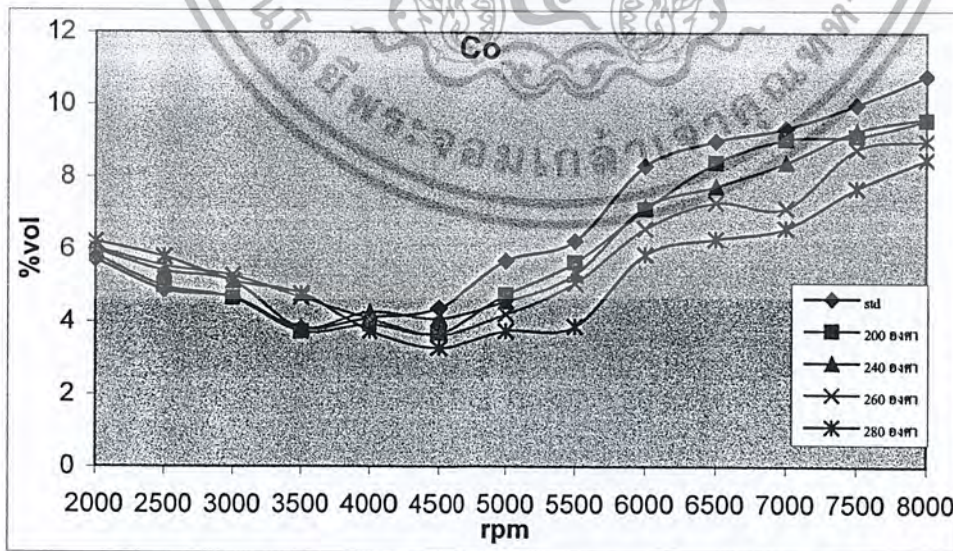
ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำกว่า 4500 รอบต่อนาที อัตราการสิ้นเปลืองของแต่ละเพลาลูกเบี้ยวมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงกว่า 4500 รอบต่อนาที อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเพลาลูกเบี้ยวที่เปิดที่ 0 องศา ก่อนศูนย์ตายบนและปิดที่ 60 องศา หลังศูนย์ตายล่างมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากที่สุด และที่เพลาลูกเบี้ยวที่เปิดที่ 0 องศา ก่อนศูนย์ตายบนและปิดที่ 20 องศา หลังศูนย์ตายล่างมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงน้อยที่สุด



รูปที่ 11.4 กราฟความเปลี่ยนแปลงจำเพาะของเฟลาถูกเบี้ยวที่องศาไอดีต่างๆ

จากรูปที่ 11.4 จะได้ว่า

ที่เฟลาถูกเบี้ยวมาตรฐาน (เปิดที่ 0 องศา ก่อนศูนย์ตายบนปิดที่ 40 องศา หลังศูนย์ตายล่าง) อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะที่น้อยที่สุดอยู่ที่ 4500 รอบต่อนาที และอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของเฟลาถูกเบี้ยวที่เปิดที่ 0 องศา ก่อนศูนย์ตายบนปิดที่ 20 องศา หลังศูนย์ตายล่าง มีอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะน้อยที่สุดเกือบทุกช่วงความเร็วรอบ และเฟลาถูกเบี้ยวที่เปิดที่ 0 องศา ก่อนศูนย์ตายบนปิดที่ 100 องศา หลังศูนย์ตายล่าง มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะมากที่สุด



รูปที่ 11.5 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ของเฟลาถูกเบี้ยวที่องศาไอดีต่างๆ

จากรูปที่ 11.5 จะได้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐานในรอบเครื่องยนต์ที่ 3500 รอบต่อนาทีจะมีเปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนมอนนอกไซด์ต่ำแต่ในรอบเครื่องยนต์ 8000 รอบต่อนาทีจะมีคาร์บอนมอนนอกไซด์สูงที่สุดและมีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนมอนนอกไซด์สูงกว่าลูกเบี้ยวที่ปรับองศาการเปิด-ปิดทุกช่วงความเร็วรอบ

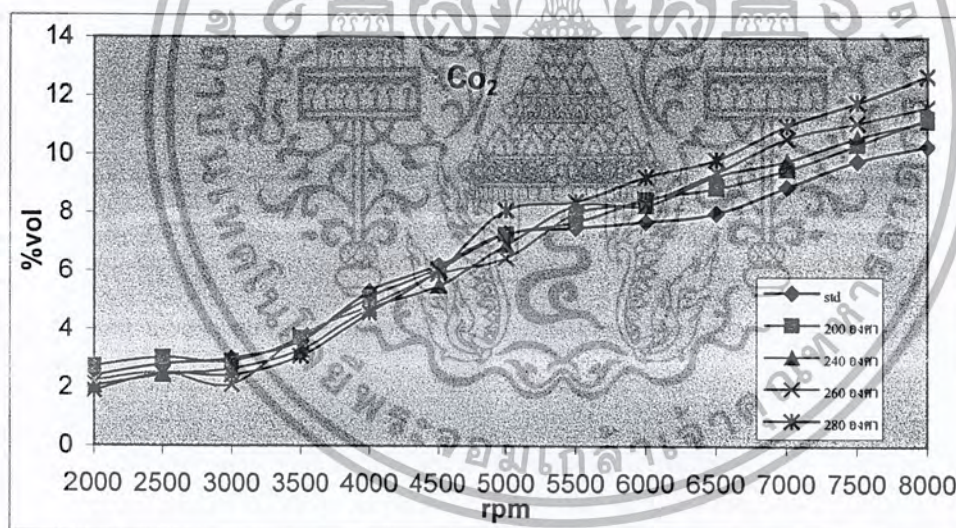
ที่เพลาลูกเบี้ยวที่เปิดที่ 0 องศา ก่อนศูนย์ตายบนและปิดที่ 20 องศา หลังศูนย์ตายล่างจะมีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนมอนนอกไซด์ต่ำสุดที่ 4500 รอบต่อนาทีและสูงสุดที่ 7000 รอบต่อนาที

ที่เพลาลูกเบี้ยวที่มีองศาการเปิดที่ 0 องศา ก่อนศูนย์ตายบนและปิดที่ 60 องศา หลังศูนย์ตายล่างจะมีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนมอนนอกไซด์ต่ำสุดที่ 3500 รอบต่อนาทีและสูงสุดที่ 8000 รอบต่อนาที

ที่เพลาลูกเบี้ยวที่มีองศาการเปิดที่ 0 องศา ก่อนศูนย์ตายบนและปิดที่ 80 องศา หลังศูนย์ตายล่างจะมีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนมอนนอกไซด์ต่ำสุดที่ 4500 รอบต่อนาทีและสูงสุดที่ 8000 รอบต่อนาที

ที่เพลาลูกเบี้ยวที่มีองศาการเปิดที่ 0 องศา ก่อนศูนย์ตายบนและปิดที่ 80 องศา หลังศูนย์ตายล่างจะมีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนมอนนอกไซด์ต่ำสุดที่ 3500 รอบต่อนาทีและสูงสุดที่ 8000 รอบต่อนาที

ที่เพลาลูกเบี้ยวที่มีองศาการเปิดที่ 0 องศา ก่อนศูนย์ตายบนและปิดที่ 100 องศา หลังศูนย์ตายล่างมีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนมอนนอกไซด์ต่ำสุดที่ 4500 รอบต่อนาทีและสูงสุดที่ 8000 รอบต่อนาทีและมีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนมอนนอกไซด์ต่ำกว่าเพลาลูกเบี้ยวอื่นๆ ในทุกช่วงความเร็วรอบ



รูปที่ 11.6 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของเพลาลูกเบี้ยวที่องศาไอดีต่างๆ

จากรูป 11.6 จะได้ว่า

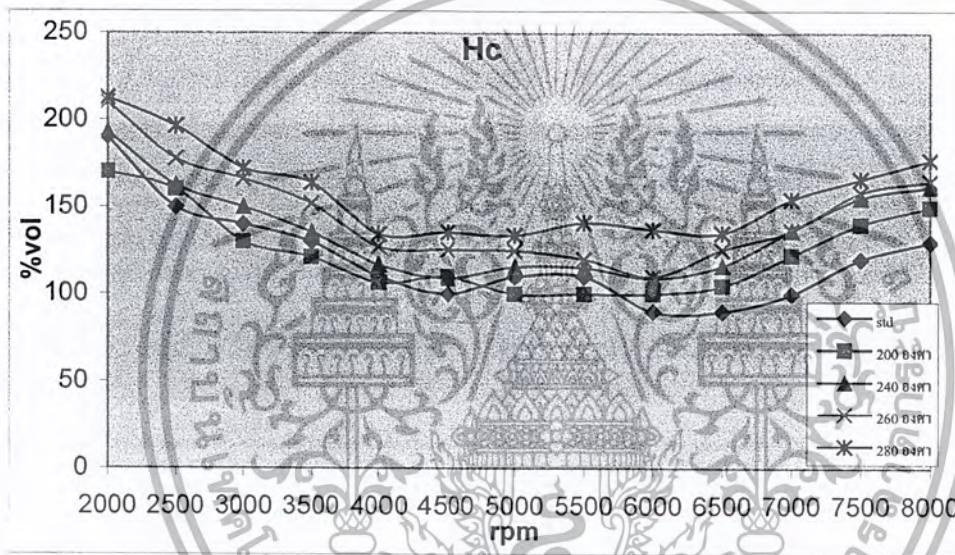
ที่เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน(เปิดที่ 0 องศา ก่อนศูนย์ตายบนปิดที่ 40 องศา หลังศูนย์ตายล่าง)ที่ 2000 รอบต่อนาทีจะปล่อยเปอร์เซ็นต์คาร์บอนไดออกไซด์ต่ำสุดและที่ 8000 รอบต่อนาทีจะปล่อยเปอร์เซ็นต์คาร์บอนไดออกไซด์ออกมาสูงที่สุด

ที่เพลาลูกเบี้ยวที่เปิดที่ 0 องศา ก่อนศูนย์ตายบนและปิดที่ 20 องศา หลังศูนย์ตายล่างที่ความเร็วรอบต่ำมีเปอร์เซ็นต์การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ใกล้เคียงกับลูกเบี้ยวมาตรฐานแต่ในช่วงความเร็วรอบสูงมีค่าสูงกว่าเพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน

ที่เพลาลูกเบี้ยวที่เปิดที่ 0 องศา ก่อนศูนย์ตายบนและปิดที่ 60 องศา หลังศูนย์ตายล่างที่ 2000 รอบต่อนาทีจะมีเปอร์เซ็นต์การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำที่สุดและสูงสุดที่ 8000 รอบต่อนาที

ที่เพลาลูกเบี้ยวที่เปิดที่ 0 องศา ก่อนศูนย์ตายบนและปิดที่ 80 องศา หลังศูนย์ตายล่างที่ 3000 รอบต่อนาทีจะมีเปอร์เซ็นต์การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำที่สุดและสูงสุดที่ 8000 รอบต่อนาที

ที่เพลาลูกเบี้ยวที่เปิดที่ 0 องศา ก่อนศูนย์ตายบนและปิดที่ 100 องศา หลังศูนย์ตายล่างที่ 2000 รอบต่อนาทีจะมีเปอร์เซ็นต์การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำที่สุดและสูงสุดที่ 8000 รอบต่อนาที



รูปที่ 11.7 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์แก๊สไฮโดรคาร์บอนของเพลาลูกเบี้ยว ไอดีที่องศาต่างๆ

จากรูปที่ 11.7 จะได้ว่า

ที่เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน (เปิดที่ 0 องศา ก่อนศูนย์ตายบนปิดที่ 40 องศา หลังศูนย์ตายล่าง) ในรอบต่ำจะมีค่าที่สูงและจะลดลงในช่วงรอบปานกลางและจะสูงขึ้นอีกในช่วงที่รอบสูง

ที่เพลาลูกเบี้ยวที่เปิดที่ 0 องศา ก่อนศูนย์ตายบนและปิดที่ 20 องศา หลังศูนย์ตายล่างจะมีค่าไฮโดรคาร์บอนต่ำสุดในช่วง 5000-6000 รอบต่อนาทีและสูงสุดที่ 8000 รอบต่อนาที

ที่เพลาลูกเบี้ยวที่เปิดที่ 0 องศา ก่อนศูนย์ตายบนและปิดที่ 60 องศา หลังศูนย์ตายล่างจะมีค่าไฮโดรคาร์บอนต่ำสุดที่ 4500 รอบต่อนาทีและสูงสุดที่ 8000 รอบต่อนาที

ที่เพลาลูกเบี้ยวที่เปิดที่ 0 องศา ก่อนศูนย์ตายบนและปิดที่ 80 องศา หลังศูนย์ตายล่างจะมีค่าไฮโดรคาร์บอนต่ำสุดที่ 6000 รอบต่อนาทีและสูงสุดที่ 8000 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เพลาลูกเบี้ยวที่เปิดที่ 0 องศาจนศูนย์ตายบนและปิดที่ 100 องศาหลังศูนย์ตายล่างจะมีค่าไฮโดรคาร์บอนต่ำสุดที่ 4000 รอบและสูงสุดที่ 8000 รอบต่ออนาที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 12

สรุปผลการทดลอง

1. เมื่อเพลาลูกเบี้ยวมีองศาการบิดเร็ว ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำจะได้กำลังจากเครื่องยนต์มากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ทำให้อัตราความสิ้นเปลืองลดลงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์มาตรฐาน
2. เมื่อเพลาลูกเบี้ยวมีองศาการบิดเร็ว ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์สูง ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์มีแนวโน้มต่ำลง ขณะที่แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ มีแนวโน้มสูงขึ้น โดยที่แก๊สไฮโดรคาร์บอนมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากจนสังเกตไม่ได้
3. เมื่อเพลาลูกเบี้ยวมีองศาการบิดช้า ที่ความเร็วรอบสูงจะได้กำลังจากเครื่องยนต์มากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ทำให้อัตราความสิ้นเปลืองมากขึ้นเมื่อเทียบกับเครื่องยนต์มาตรฐาน
4. เมื่อเพลาลูกเบี้ยวมีองศาการบิดช้า ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์สูง ปริมาณแก๊ส คาร์บอนมอนนอกไซด์ มีแนวโน้มต่ำลงขณะที่ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ มีแนวโน้มสูงขึ้น โดยที่แก๊สไฮโดรคาร์บอนมีแนวโน้มสูงขึ้น



12.1 ข้อเสนอแนะ

การทำการวิจัยในครั้งนี้ไม่สามารถใช้ระบบอัตโนมัติให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ตามที่ตั้งไว้ในครั้งแรกได้เนื่องจาก การใช้ระบบอัตโนมัติกับเครื่องชนิดที่มีระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ไม่สามารถกระทำได้ เพราะคาร์บูเรเตอร์ไม่สามารถปรับอัตราส่วนผสมของน้ำมันกับอากาศให้เป็นไปตามความดันอากาศให้เหมาะสมตามที่ต้องการได้ แต่ถ้าเปลี่ยนเครื่องชนิดจากระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์เป็นระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดแล้วนั้น สามารถทำการวิจัยโดยใช้ระบบอัตโนมัติได้อย่างแน่นอน ซึ่งในส่วนนี้ จะเป็นการพัฒนาการวิจัยให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นในคราวต่อไป ถ้ามีความผิดพลาดประการใดขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] บุญธรรม ภัทราจารุกุล : "เครื่องยนต์แก๊สโซลีน" , บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด , กรุงเทพฯ , 2543.
- [2] ประสาทพงษ์ หาเรือนชีพ และ นภดล คำมณี : "ทฤษฎีและปฏิบัติเครื่องยนต์แก๊วโซลีน " , บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด , กรุงเทพฯ , 2539.
- [3] กัญจน บุญเกียรติ : "เชื้อเพลิงและการเผาไหม้" , สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , กรุงเทพฯ , 2544.
- [4] ชำรง โชตะมังสะ และ สุจิตต์ สนองคุณ : "เชื้อเพลิงและวัสดุหล่อลื่น " , สึกษานุกุลการพิมพ์ , กรุงเทพฯ , 2521.
- [5] รศ. อ่ำพล ชี้อตรง และ อนันต์ชัย เทียงดาห์ ; "เครื่องยนต์สันดาปภายใน" , สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ , กรุงเทพฯ , 2538.
- [6] เสมอขวัญ ตันติกุล ; "เครื่องยนต์สันดาปภายใน" , สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ , กรุงเทพฯ , 2544.
- [7] John B. Heywood : "Internal Combustion Engine Fundamentals", McGraw-Hill Book Company , 1988.
- [8] William H. Crouse and Donald L. Anglin : "Automotive Fuel , Lubricating , and Cooling Systems " , McGraw-Hill Book Company , 1988.
- [9] Heinz Grohe ; " Otto-Diselmotoren" ; Vogel-Buchverlag , Germany , 1982