สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การเพิ่มสมรรถนะของเครื่องยนต์เอสไอขนาดเล็กด้วยเพลาลูกเบี้ยวแบบต่อเนื่อง
Development of Small SI Engine performance by Continuous Camshaft

นาย คณิฏฐ์ ขุนศรีแก้ว
นาย ศธาวุฒิ เวชกุล
นาย ตกูล เชื้ออินทร์

วพ
ก128ก
2549

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 80862
วัน,เดือน,ปี 23 พ.ค. 2551

b 11557175
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา2549

ภาควิชา วิศวกรรมศาสตร์เครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การเพิ่มสมรรถนะของเครื่องยนต์เอสไอขนาดเล็กด้วยเพลาลูกเบี้ยวแบบต่อเนื่อง

Development of Small SI Engine performance by Continuous Camshaft

ผู้จัดทำ

1.นาย คณิฏฐ์ ขุนศรีแก้ว รหัสประจำตัว 47015706

2.นาย คธาวุฒิ เวชกุล รหัสประจำตัว 47015707

3.นาย ตกูล เชื้ออินทร์ รหัสประจำตัว 47015710

_____อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ธวัชชัย นาคพิพัฒน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเพิ่มสมรรถนะของเครื่องยนต์เอสไอขนาดเล็กด้วยเพลาลูกเบี้ยวแบบต่อเนื่อง

นาย คณิฏฐ์ ขุนศรีแก้ว
นาย คธาวุฒิ เวชกุล
นาย ตกูล เชื้ออินทร์
ผศ. ธวัชชัย นาคพิพัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2549

บทคัดย่อ

เนื่องจากในปัจจุบันนี้เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟที่เราใช้กันอยู่นั้นมุมของการเปิด-ปิด ของเพลาลูกเบี้ยวจะทำให้เกิดค่าแรงบิดสูงสุดที่ความเร็วรอบค่าหนึ่งเท่านั้น แต่ที่ค่าความเร็วรอบค่าอื่นๆจะไม่เกิดแรงบิดสูงสุด ดังนั้นเพื่อที่จะสามารถทำให้เครื่องยนต์มีค่าแรงบิดสูงที่สุดที่ทุกๆค่าความเร็วรอบของเครื่องยนต์ โครงงานนี้จึงได้จัดทำการศึกษาถึงผลกระทบจากรูปร่างของเพลาลูกเบี้ยว ที่มีผลกระทบต่อจังหวะการเปิด-ปิดเพลาลูกเบี้ยวไอดีและไอเสีย ที่จะทำให้เครื่องยนต์เกิดค่าแรงบิดสูงสุดที่ทุกๆค่าความเร็วรอบ จากผลการวิจัยปรากฏว่าเพลาลูกเบี้ยวแบบสมบูรณ์ จะมีค่าแรงบิดที่สูงกว่าเพลาลูกเบี้ยวแบบมาตรฐานที่ทุกความเร็วรอบโดยมีปริมาณแก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้มีปริมาณ ที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับเพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Development of Small SI Engine performance by Continuous Camshaft

Kanit Kunshikal

Kathawut Wedchakul

Takul Chuein

Ass.Prof. Tawatchai Nakpipat , Advisor

Abstract

At present, intake and exhaust valve of SI-engine are controlled by a single cam-profile camshaft which produce maximum torque at a narrow range of engine speed. This project is to develop the effect from camshaft shape to SI-engine performance at any speed. The intake and exhaust camshaft are analysed for the best engine torque at any engine speed. From an experiment by new variable cam shaft could show that an engine can produce both higher torque and better in emission gases at any engine speed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผศ. ธวัชชัย นาคพิพัฒน์ ซึ่งได้ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำตลอดจนให้คำแนะนำตลอดจนให้คำปรึกษาในทุก ๆ ด้าน และขอขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลทุกท่านที่ให้ความรู้ทางด้านวิชาการต่าง ๆ และให้คำแนะนำด้วยดีเสมอมา

ขอขอบคุณพี่ สุชาติ ศิริชุม ที่กรุณาให้คำปรึกษาและให้ความรู้ในการเขียนโปรแกรมควบคุมและการติดตั้งระบบควบคุมการทำงานของสเต็ปมอเตอร์ทำให้งานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณบิดามารดาอันเป็นที่เคารพรักยิ่งผู้ซึ่งอบรมเลี้ยงดูให้โอกาสทางการศึกษาและเป็นผู้สนับสนุนทางการเงินจนทำให้งานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ข้าพเจ้าขอกราบพระคุณมา ณ ที่นี้

คณิฏฐ์ ขุนศรีแก้ว
ดธาวุฒิ เวชกุล
ตกูล เชื้ออินทร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VIII
สารบัญตาราง	X
บทที่ 1บทนำ	1
1.1) ความสำคัญและที่มา	1
1.2) วัตถุประสงค์	2
1.3) ขอบเขตการทำงาน	2
1.4) ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5) ขั้นตอนการทำงาน	3
บทที่ 2โครงสร้างและการทำงาน	4
2.1) การทำงานของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ 4 จังหวะ	6
2.2) ไดอะแกรมแสดงจังหวะการเปิดปิดลิ้น	6
2.3) ไดอะแกรมแสดงแรงดันและปริมาตรของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ 4 จังหวะ (**P-V** ไดอะแกรม)	8
2.4) สมรรถนะของเครื่องยนต์	9
2.4.1) ขนาดความโตของกระบอกสูบและระยะชักของลูกสูบ **(Bore and Stroke)**	9
2.4.2) ความจุของกระบอกสูบ (**Piston displacement**)	10
2.4.3) อัตราส่วนกำลังอัด (**compression ratio**)	10
บทที่ 3 เพลาลูกเบี้ยว	12
3.1) วัสดุที่ใช้ทำเพลาลูกเบี้ยว	12
3.2) วิธีการขับลิ้นของเพลาลูกเบี้ยว	12
3.2.1) แบบเฟืองขับโดยตรง (**gear timing**)	12
3.2.2) แบบใช้เฟืองกับโซ่ (**Gear and chain**)	13
3.2.3) แบบใช้สายพานกับเฟือง (**Belt timing**)	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่

3.3) การจัดวางตำแหน่งของเพลาลูกเบี้ยว 13

3.3.1) การจัดวางเพลาลูกเบี้ยวอยู่ด้านข้างตอนล่าง 13

3.3.2) การจัดวางเพลาลูกเบี้ยวอยู่เหนือเพลาข้อเหวี่ยง 13

3.3.3) การจัดวางเพลาลูกเบี้ยวอยู่เหนือฝาสูบ 13

3.4) ลิ้นและชิ้นส่วนกลไกของลิ้น 14

3.4.1) โครงสร้างของลิ้น 15

3.4.2) วัสดุที่ใช้ทำลิ้น 16

3.4.3) ระยะห่างของลิ้น 16

3.4.4) วิธีปรับระยะห่างลิ้น 17

3.5) ประกับล็อคสปริงลิ้น 17

3.6) บ่าลิ้น 17

3.7) สปริงลิ้น 18

3.8) ปลอกนำลิ้น 18

3.9) อุปกรณ์ขับลิ้น 19

3.10) อุปกรณ์ยกลิ้น 20

3.10.1) แบบกลไก 20

3.10.2) แบบไฮดรอลิก 20

3.11) การตรวจสอบชิ้นส่วนต่างๆของเครื่องยนต์ในระหว่างถอดแยก 21

3.11.1) ตรวจสอบระยะเวลาการเปิด-ปิดลิ้น 21

3.11.2) ตรวจวัดระยะกันรุนของเพลาลูกเบี้ยว 21

3.12) การถอดเพลาลูกเบี้ยวไอดีและไอเสีย 21

3.13) การตรวจสอบเพลาลูกเบี้ยว 22

3.13.1) การตรวจสอบความคดงอของเพลาลูกเบี้ยว 22

3.13.2) การตรวจวัดความสูงของเพลาลูกเบี้ยว 22

3.13.3) การ ตรวจวัดถ้วยยกลิ้น 22

3.13.4) การตรวจสอบระยะแบ็กแลชของเฟืองลูกเบี้ยว 22

บทที่ 4 การออกแบบสร้างลูกเบี้ยว 23

4.1) การออกแบบสร้างลูกเบี้ยว 23

4.2) การกำหนดช่วงเวลาการควบคุมลิ้น 23

4.3) ลูกเบี้ยว (**Cams**) 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้าที่
4.4) การกำหนดรูปร่างลูกเบี้ยว	29
4.5) ส่วนเริ่มโค้งของลูกเบี้ยว	29
บทที่5 การวัดสมรรถนะของเครื่องยนต์	30
5.1) แรงบิด	30
5.2) แรงม้า	31
5.3) แรงม้า, **SAE**	32
5.4) แรงม้าอินดิเกต	32
5.5) แรงม้าเบรก	33
5.6) แรงม้าเสียดทาน	33
5.7) ความสัมพันธ์ของ **bhp ,ihp** และ **fhp**	33
5.8) แรงม้าเบรกกับแรงบิด	34
5.9) ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์	34
5.10) ประสิทธิภาพทางกล **(η)**	34
5.11) ประสิทธิภาพทางความร้อน	34
5.12) ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร	35
5.13) ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	36
5.14) ความสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิงจำเพาะ	36
บทที่ 6 การทดลอง	37
6.1) อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	37
6.2) ขั้นตอนการทำงาน	45
6.3) วิธีการทำงาน	46
บทที่ 7 เพลาลูกเบี้ยวสมบูรณ์	47
7.1 เพลาลูกเบี้ยวสมบูรณ์จากการทดลองหาองศาการเปิด-ปิดเพลาลูกเบี้ยวไอดี-ไอเสียที่เหมาะสมที่ทุกความเร็วรอบ	47
7.2 อุปกรณ์พิเศษช่วยในการทดลองเพลาลูกเบี้ยวสมบูรณ์	48
7.3 การติดตั้งอุปกรณ์พิเศษกับชุดการทดลอง	49
7.4 ขั้นตอนการทดลอง	50
7.5 ผลการทดลองเพลาลูกเบี้ยวสมบูรณ์เทียบกับเพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน	51
7.5.1 ผลการทดลองค่าแรงบิด	51
7.5.2 ผลการทดลอง ค่าแรงม้าเบรก (BHP)	52
7.5.3 ผลการทดลอง ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (bsfc)	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่

7.5.4 ผลการทดลองค่าแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 55

7.5.5 ผลการทดลองค่าแก๊ส ไฮโดรคาร์บอน (HC) 56

7.5.6. ผลการทดลองค่าแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) 57

7.5.7 ผลการทดลองค่าแก๊สออกซิเจน (O_2) 58

7.6 สรุปผลการทดลองเพลาลูกเบี้ยวสมบูรณ์ 59

7.6.7 ข้อเสนอแนะ 59

บรรณานุกรม 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้าที่
รูปที่ 2.1 โครงสร้างของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ	4
รูปที่ 2.2 การเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนของเครื่องยนต์	5
รูปที่ 2.3 ตำแหน่งจุดศูนย์ตายบนและจุดศูนย์ตายล่าง	5
รูปที่ 2.4 ไดอะแกรมจังหวะการเปิด ปิด ของลิ้นไอดีและไอเสีย	7
รูปที่ 2.5 ไดอะแกรมแสดงแรงดันและปริมาตรของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ 4 จังหวะ	9
รูปที่ 2.6 ช่วงระยะชักของลูกสูบในแบบต่างๆ	9
รูปที่ 2.7 อัตราส่วนการอัด	11
รูปที่ 2.8 การคำนวณอัตราส่วนกำลังอัด	11
รูปที่ 3.1 เพลาลูกเบี้ยว	12
รูปที่ 3.2 วิธีการขับลิ้นแบบใช้สายพานกับเฟือง (**Belt timing**)	14
รูปที่ 3.3 ลิ้น	15
รูปที่ 3.4 โครงสร้างของลิ้น	15
รูปที่ 3.5 สปริงลิ้น	18
รูปที่ 3.6 ส่วนประกอบของอุปกรณ์ขับลิ้น	19
รูปที่ 3.7 ไดอัลเกจ	22
รูปที่ 4.1 ไดอะแกรมการเปิดและปิดของลิ้น	23
รูปที่ 4.2 กราฟแรงบิดและกำลัง	24
รูปที่ 4.3 ลักษณะการเคลื่อนที่ของลูกกระทุ้งขับด้วยลูกเบี้ยว	25
รูปที่ 4.4 ไดอะแกรมการเคลื่อนที่ของลูกกระทุ้งขับด้วยลูกเบี้ยว	26
รูปที่ 4.5 แสดงการกำหนดส่วนโค้งลูกเบี้ยว	28
รูปที่ 4.6 ส่วนโค้งและส่วนเริ่มโค้งของลูกเบี้ยว	29
รูปที่ 5.1 แรงบิดเป็นแรงที่เกิดขึ้น โดยการหมุนของกำลังงาน	30
รูปที่ 5.2 ค่าของแรงบิดและค่าแรงม้าเมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์เปลี่ยนแปลง	31
รูปที่ 5.3 แรงม้าคือความสามารถในการยกวัตถุหนัก 33000 ปอนด์ สูง 1 ฟุต ใน1 นาที	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่

รูปที่ 5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 34
รูปที่ 5.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง **BHP** และความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 34
รูปที่ 6.1 เครื่องยนต์ **Honda C** 70 1 สูบ 4 จังหวะ 37
รูปที่ 6.2 ชุดวัดค่าแรงบิด 38
รูปที่ 6.3 ชุดเบรก 38
รูปที่ 6.4 แท่นวางเครื่อง 39
รูปที่ 6.5 เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน 39
รูปที่ 6.6 เพลาที่กลึงเสร็จแล้ว 40
รูปที่ 6.7 แบบจำลองเพลาลูกเบี้ยว 43
รูปที่ 6.8 เพลาลูกเบี้ยวที่ทำการเจียรเสร็จแล้ว 44
รูปที่ 6.9 เครื่องวัดไอเสียและเครื่องวัดความเร็วรอบเครื่องยนต์ 44
รูปที่ 6.10 ชุดเครื่องเจียร 45
รูปที่ 7.1 เพลาลูกเบี้ยวสมบูรณ์ 47
รูปที่ 7.2 เพลาลูกเบี้ยวสมบูรณ์ฝั่งไอเสีย 47
รูปที่ 7.3 เพลาลูกเบี้ยวสมบูรณ์ฝั่งไอดี 48
รูปที่ 7.4 กลไกควบคุมการเคลื่อนที่ของเพลาลูกเบี้ยว 48
รูปที่ 7.5 เครื่องยนต์ที่มีกลไกควบคุมการเคลื่อนที่ของเพลาลูกเบี้ยว 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 7-1 การเปรียบเทียบค่าแรงบิด 51

ตารางที่ 7-2 การเปรียบเทียบค่าแรงม้าเบรก 52

ตารางที่ 7-3 การเปรียบเทียบค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ **(bsfc)** 53

ตารางที่ 7-4 การเปรียบเทียบค่าแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ **(CO_2)** 54

ตารางที่ 7-5 การเปรียบเทียบค่าแก๊สไฮโดรคาร์บอน **(HC)** 55

ตารางที่ 7-6 การเปรียบเทียบค่าแก๊ส คาร์บอนมอนอกไซด์ **(CO)** 56

ตารางที่ 7-7 การเปรียบเทียบค่าแก๊สออกซิเจน **(O_2)** 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ในปัจจุบันนี้เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟที่ใช้กันอยู่นั้น ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องในทุกๆ ด้านเพื่อจะทำให้ได้สมรรถนะที่ดีที่สุดไม่ว่าจะเป็น ด้านการทำงาน ด้านวัสดุ ด้านส่วนประกอบต่างๆรวมไปถึงรายละเอียดปลีกย่อยอื่นๆ โดยในส่วนที่คณะผู้จัดทำได้เล็งเห็นว่าเป็นส่วนที่มีความสำคัญและมีผลต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ในลำดับต้นๆ ก็คือ เพลาลูกเบี้ยว ซึ่งเพลาลูกเบี้ยวจะมีส่วนประกอบที่สำคัญด้วยกันสองส่วน คือ เพลาลูกเบี้ยวไอดีและเพลาลูกเบี้ยวไอเสีย โดยทั่วไปเพลาลูกเบี้ยวจะมีมุมการเปิด-ปิดของเพลาลูกเบี้ยวเพียงค่าเดียว ซึ่งจะทำให้เครื่องยนต์เกิดแรงบิดที่ดีที่สุด ณ. ความเร็วรอบช่วงหนึ่งเท่านั้น และที่ความเร็วรอบในช่วงอื่นๆจะไม่เกิดแรงบิดสูงสุด ทำให้เครื่องยนต์ไม่มีสมรรถนะที่ดีที่สุด ดังนั้นทางด้านคณะผู้จัดทำจึงได้มีความสนใจที่จะทำการพัฒนารูปร่างและทำการเปลี่ยนแปลงองศาการเปิด-ปิดของเพลาลูกเบี้ยวไอดีกับเพลาลูกเบี้ยวไอเสีย เพื่อที่จะทำให้เครื่องยนต์สามารถมีแรงบิดสูงที่สุดได้ในทุกๆ ค่าความเร็วรอบ และให้ได้สมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ดีที่สุด

โครงงานนี้ได้ทำการศึกษาถึงผลกระทบจากรูปร่างของเพลาลูกเบี้ยวไอดีและเพลาลูกเบี้ยวไอเสีย โดยทำการเปลี่ยนองศาการเปิด-ปิด จากเพลาลูกเบี้ยวมาตรฐานที่มาพร้อมกับเครื่องยนต์ และทำการวิเคราะห์หารูปร่างของเพลาลูกเบี้ยวไอดีและเพลาลูกเบี้ยวไอเสีย เพื่อที่จะทำให้เครื่องยนต์เกิดแรงบิดสูงสุดที่ทุกๆค่าความเร็วรอบเป็นเครื่องยนต์ที่มีสมรรถนะดีที่สุด

จากการทดลองพบว่าเมื่อเพลาลูกเบี้ยวไอเสียที่มีองศาการเปิดวาล์วไอเสียก่อนศูนย์ตายล่าง(**BBDC**)มากหรือปิดวาล์วไอเสียหลังศูนย์ตายบน(**ATDC**)มาก (เมื่อเทียบกับเพลาลูกเบี้ยวไอเสียมาตรฐาน) จะทำให้เกิดค่าของแรงบิดสูงสุดที่ค่าความเร็วรอบสูง(เมื่อเทียบกับเพลาลูกเบี้ยวไอเสียมาตรฐาน)แต่ถ้าเพลาลูกเบี้ยวไอเสียมีองศาการที่เปิดวาล์วไอเสียก่อนศูนย์ตายล่าง(**BBDC**)น้อยหรือปิดวาล์วไอเสียหลังศูนย์ตายบน(**ATDC**)น้อย (เมื่อเทียบกับเพลาลูกเบี้ยวไอเสียมาตรฐาน) จะทำให้เกิดค่าของแรงบิดสูงสุดที่ค่าความเร็วรอบต่ำ (เมื่อเทียบกับเพลาลูกเบี้ยวไอเสียมาตรฐาน) และจะพบอีกว่าเมื่อเพลาลูกเบี้ยวไอดีมีองศาการเปิดวาล์วไอดีก่อนศูนย์ตายบน(**BTDC**)น้อย (เมื่อเทียบกับเพลาลูกเบี้ยวไอดีมาตรฐาน)หรือปิดวาล์วไอดีหลังศูนย์ตายล่าง(**ABDC**)น้อย (เมื่อเทียบกับเพลาลูกเบี้ยวไอดีมาตรฐาน) จะทำให้เกิดแรงบิดสูงสุดที่ค่าความเร็วรอบต่ำ (เมื่อเทียบกับเพลาลูกเบี้ยวไอดีมาตรฐาน) แต่ถ้าเพลาลูกเบี้ยวไอดีมีองศาการเปิดวาล์วไอดีก่อนศูนย์ตายบน(**BTDC**)มากหรือปิดวาล์วไอดีหลังศูนย์ตายล่าง(**ABDC**)มาก (เมื่อเทียบกับเพลาลูกเบี้ยวไอดีมาตรฐาน) จะทำให้เกิดแรงบิดสูงสุดที่ค่าความเร็วรอบสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาจังหวะการเปิด-ปิดของเพลาลูกเบี้ยวไอดีและเพลาลูกเบี้ยวไอเสีย ว่าควรจะมีองศาการเปิด-ปิดเป็นเท่าใดที่ค่าความเร็วรอบต่างๆ

1.2.2 เพื่อศึกษาและทำการวิเคราะห์ถึงผลกระทบของรูปร่างของเพลาลูกเบี้ยวจากการเปลี่ยนแปลงขององศาการเปิด-ปิด ของเพลาลูกเบี้ยวไอดีและเพลาลูกเบี้ยวไอเสีย

1.2.3 เพื่อทำการออกแบบเพลาลูกเบี้ยวไอดี และเพลาลูกเบี้ยวไอเสียจากการที่ได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์ถึงผลกระทบของรูปร่างของเพลาลูกเบี้ยว จากการเปลี่ยนแปลงองศาการเปิด-ปิด ของเพลาลูกเบี้ยวไอดีและเพลาลูกเบี้ยวไอเสีย เพื่อทำให้เครื่องยนต์มีสมรรถนะที่ดีที่สุดที่ทุกๆค่าความเร็วรอบ

1.2.4 เพื่อทำการศึกษาหากำลังงานที่จะเกิดขึ้นจากการทำการเปลี่ยนแปลงองศาการเปิด-ปิด ของวาล์วไอดีและวาล์วไอเสีย

1.2.5 เพื่อทำการศึกษาและหาค่าความสิ้นเปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิง จากการเปลี่ยนแปลงองศาการเปิด-ปิด ของเพลาลูกเบี้ยวไอดีและเพลาลูกเบี้ยวไอเสีย

1.2.6 นำเอาผลที่ได้จากการศึกษาและวิเคราะห์ ไปพัฒนาทำให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพสูงสุด

1.3 ขอบเขตการทำงาน

ศึกษาผลกระทบจากรูปร่างเพลาลูกเบี้ยวไอดี-ไอเสีย ที่มีผลต่อเครื่องยนต์ที่สามารถจุดระเบิดด้วยประกายไฟ (**SI-engine**) และทำการวิเคราะห์เพื่อหารูปร่างของเพลาลูกเบี้ยวไอดี-ไอเสีย ที่จะสามารถทำให้เครื่องยนต์ เกิดแรงบิดสูงสุดที่ทุกๆค่าความเร็วรอบของเครื่องยนต์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทำให้เครื่องยนต์มีสมรรถนะที่ดีที่สุดที่ทุกๆค่าความเร็วรอบ

1.4.2 ทำให้เครื่องยนต์ประหยัดเชื้อเพลิง

1.4.3 ลดมลภาวะทางอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขั้นตอนการทำงาน

มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1. จัดเตรียมเครื่องยนต์ **Honda C70 1** สูบ **4** จังหวะ

2. ตรวจเช็คสภาพเครื่องยนต์และปรับปรุงซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานได้

3. สร้างแท่นเพื่อติดตั้งเครื่องยนต์และระบบต่างๆ และทำการตรวจเช็คทุกระบบให้อยู่ในสภาพที่พร้อมจะนำไปใช้งาน

4. ทำการศึกษารูปร่าง องศาการเปิด-ปิดลิ้นไอดี-ไอเสีย ของเพลาลูกเบี้ยวมาตรฐานที่มากับเครื่องยนต์

5. ปรับเปลี่ยนลักษณะรูปร่าง และองศาการเปิด-ปิดของวาล์วไอดี-ไอเสีย

6. วาดรูปร่างและองศาการเปิด-ปิดที่ได้ทำการปรับเปลี่ยนจากข้อที่ 5 ลงบนแผ่นอะคิลิค พร้อมกับตัดแผ่นอะคิลิค เพื่อนำไปทำการเจียรเพลาลูกเบี้ยว

7. ทำการเจียรเพลาลูกเบี้ยวให้ได้รูปร่างและองศาการเปิด-ปิด ตามแผ่นอะคิลิคที่ได้จากข้อ 6

8. นำเพลาที่เจียรเสร็จจากข้อที่ 7 ไปทำการทดลอง

9. ความเร็วรอบที่ทำการทดลอง **2500 3000 3500 4000 4500 5000**

10. วัดแรงดันที่ทุกๆความเร็วรอบที่ได้กำหนดเอาไว้เพื่อนำไปคำนวณหาค่าแรงบิด, ทำการวัดค่าความสิ้นเปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิง และปริมาณของแก๊สที่ออกมาจากไอเสียของเครื่องยนต์

11. วิเคราะห์หารูปร่างและองศาเพลาลูกเบี้ยวที่เหมาะสมในแต่ละความเร็วรอบ

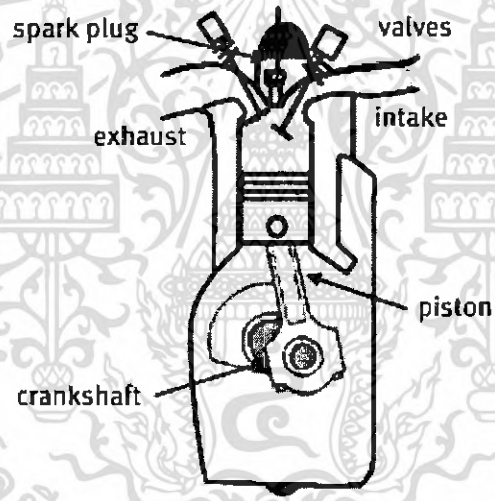
12. ทำการออกแบบและสร้างแคมโพรไฟร์ที่เหมาะสมขึ้นมาใหม่ (**Cams profile**)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

โครงสร้างและการทำงาน

เครื่องยนต์สันดาปภายใน พลังงานกลที่ได้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง โดยที่เครื่องยนต์จะดูดเอาไอดี (ส่วนผสม น้ำมันกับอากาศ) เข้ากระบอกสูบ และจะอัดไอดีโดยการเคลื่อนตัวของลูกสูบ หัวเทียนจะจุดประกายเผาไหม้ไอดีในกระบอกสูบ เกิดแก๊สที่มีแรงดันสูงดันให้ลูกสูบเคลื่อนตัว การเคลื่อนที่ขึ้นลงของลูกสูบภายในกระบอกสูบจะเปลี่ยนเป็นการหมุนที่เพลาข้อเหวี่ยงโดยส่งแรงผ่านก้านสูบ แก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้จะทำให้เกิดกำลังงานและจะระบายออกไปจากกระบอกสูบทางลิ้นไอเสีย สำหรับไอดีที่ถูกดูดเข้าภายในกระบอกสูบได้โดยผ่านทางลิ้นไอดีจากกระบวนการทำงานของเครื่องยนต์จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เราเรียกว่า **กลวัตร** (**cycle**)



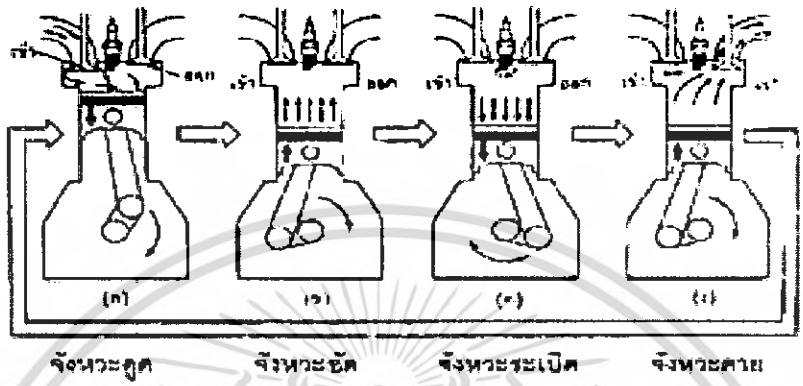
รูปที่ 2.1 โครงสร้างของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ

กลวัตรการทำงานของเครื่องยนต์แต่ละแบบย่อมมีความแตกต่างกันดังนี้

- เครื่องยนต์ 2 จังหวะ การเคลื่อนที่ขึ้นและลงของลูกสูบหนึ่งครั้ง เพลาข้อเหวี่ยงจะหมุน 1 รอบและจะทำให้ได้งาน 1 ครั้ง

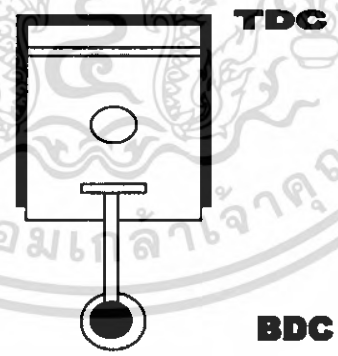
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เครื่องยนต์ 4 จังหวะ ลูกสูบจะเคลื่อนที่ขึ้นและลงถึง 2 ครั้ง เพลาข้อเหวี่ยงจะหมุน 2 รอบจึงจะได้งาน 1 ครั้ง



รูปที่ 2.2 การเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนของเครื่องยนต์

ตำแหน่งที่ลูกสูบเคลื่อนตัวขึ้นสูงสุดภายในกระบอกสูบเรียกว่า **จุดศูนย์ตายบน** (**Top dead center**, หรือ **TDC**) และตำแหน่งที่ลูกสูบเคลื่อนตัวลงต่ำสุดเรียกว่า **จุดศูนย์ตายล่าง** (**Bottom dead center**, หรือ **BDC**).



รูปที่ 2.3 ตำแหน่งจุดศูนย์ตายบนและจุดศูนย์ตายล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 การทำงานของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ 4 จังหวะ

เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ 4 จังหวะ มีจังหวะการทำงานใน 1 กลวัตรที่ประกอบด้วย จังหวะดูด , จังหวะอัด , จังหวะระเบิดหรือจังหวะกำลัง และจังหวะคาย การประจุไอดีและคายไอเสียจะมีกลไกการเปิด-ปิดลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ 4 จังหวะจะทำงานครบรอบทำงานเมื่อเพลาข้อเหวี่ยงหมุนได้ 2 รอบ และการจุดระเบิดจะเกิดขึ้น 1 ครั้ง

การทำงานของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ 4 จังหวะ มีดังนี้

1. จังหวะดูด (suction stroke) ลิ้นไอดีจะเปิด ลิ้นไอเสียจะปิดสนิท ไอดีจะถูกดูดเข้าโดยการเคลื่อนตัวของลูกสูบ โดยจะเคลื่อนจากจุดศูนย์ตายบน (**TDC**) ลงสู่จุดศูนย์ตายล่าง (**BDC**) ไอดีจะไหลผ่านลิ้นไอดีเข้าสู่กระบอกสูบ

2. จังหวะอัด (compression stroke) ในจังหวะนี้ลูกสูบจะเคลื่อนตัวขึ้น เป็นการทำงานอย่างต่อเนื่องจากจังหวะดูด ลูกสูบจะเคลื่อนตัวจากจุดศูนย์ตายล่าง (**BDC**) ขึ้นสู่จุดศูนย์ตายบน (**TDC**) ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียจะถูกปิดด้วยกลไกของลิ้น ไอดีถูกอัดตัวให้มีปริมาตรที่ลดลงทำให้เกิดกำลังดันและอุณหภูมิสูงขึ้น

3. จังหวะระเบิดหรือจังหวะกำลัง (power stroke) ขณะที่ลูกสูบจะเคลื่อนตัวขึ้นสู่จุดศูนย์ตายบน (**TDC**) หัวเทียนจะจุดประกายไฟเผาไหม้ไอดี ไอดีถูกเผาไหม้ลุกลามอย่างรวดเร็วเกิดแรงดันดันให้ลูกสูบเคลื่อนตัวลงสู่จุดศูนย์ตายล่าง (**BDC**)อย่างรุนแรง เกิดกำลังงานขับเคลื่อนเครื่องยนต์

4. จังหวะคายไอเสีย (exhaust stroke) แก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้จะถูกขับไล่ออกไปจากกระบอกสูบ ลิ้นไอเสียจะถูกเปิด ลิ้นไอดีปิด ลูกสูบจะเคลื่อนตัวจากจุดศูนย์ตายล่าง (**BDC**) ขึ้นสู่จุดศูนย์ตายบน (**TDC**) ขับไล่ให้ไอเสียออกไปจากกระบอกสูบ การทำงานของเครื่องยนต์จะหมุนเวียนกันอย่างต่อเนื่องเป็นกลวัตรติดต่อกัน

2.2 ไดอะแกรมแสดงจังหวะการเปิดปิดลิ้น

เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ 4 จังหวะ ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียจะต้องออกแบบให้ทำงานถูกต้องตามกลวัตรการทำงานของเครื่องยนต์ โดยลิ้นไอดีจะถูกเปิดก่อนที่ลูกสูบจะทำงานในจังหวะดูดก่อนจุดศูนย์ตายบน (**BTDC**) และจะปิดลงที่จุดศูนย์ตายล่าง (**ABDC**) ก่อนที่จะเริ่มในจังหวะอัด ลิ้นไอเสียจะถูกเปิดก่อนที่ลูกสูบจะเคลื่อนตัวขึ้นสู่จุดศูนย์ตายล่าง (**BBDC**) ในจังหวะคายไอเสีย และ จะถูกปิดหลังจุดศูนย์ตายบน (**ATDC**)

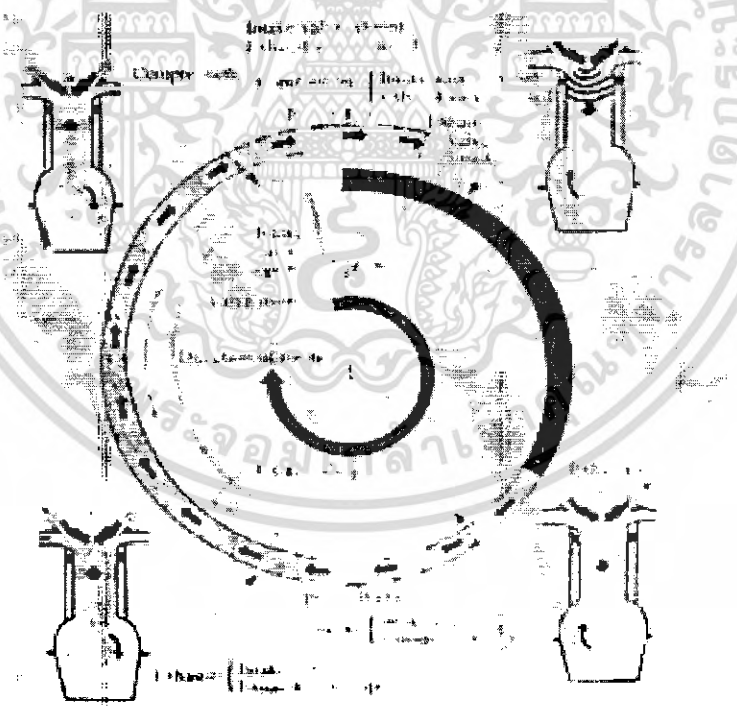
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลิ้นไอดีจะมีช่วงระยะเวลา ในการเปิด-ปิดของลิ้น มากกว่า ลิ้นไอเสีย เนื่องมาจากความต้องการที่จะทำให้เครื่องยนต์มีสมรรถนะในการทำงานสูง ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องดูดไอดีให้เข้าไปภายในกระบอกสูบให้มีปริมาณที่มาก และในรูปที่ **2.5** แสดงการเปิด-ปิด ลิ้นของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ ใน 1 กลวัตร

- ลิ้นไอดีเปิดก่อนจุดศูนย์ตายบน 6 องศา และจะปิด หลังศูนย์ตายล่าง 40 องศา ดังนั้นระยะการเปิดของลิ้นไอดีในจังหวะดูดเท่ากับ **6+180+40** = **226** องศา

- ลิ้นไอเสีย เปิดก่อนจุดศูนย์ตายล่าง 31 องศา และจะปิดหลังศูนย์ตายล่าง 9 องศา ดังนั้นระยะการเปิดของลิ้นไอเสียในจังหวะคายเท่ากับ **31+180+9** = **220** องศา

ในขณะที่ลิ้นไอเสียเปิดให้แก๊สไอเสียออกใกล้จะสิ้นสุดจังหวะคายไอเสีย ลิ้นไอดีจะถูกเปิดในจังหวะดูดเพื่อให้ไอดีเข้าบรรจุในกระบอกสูบ และขับไล่ไอเสียทำให้ลิ้นทั้งสองเปิดพร้อมกัน ช่วงจังหวะของการเปิดลิ้นทั้งสอง เราเรียกว่า **จังหวะโอเวอร์แล็ป (overlap)** โดยปรกติแล้วเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ 4 จังหวะ จะต้องการจังหวะของการโอเวอร์แล็ปของลิ้นมาก เพื่อเพิ่มสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ความเร็วสูงแต่การเดินเครื่องยนต์จะไม่เรียบ



<u>รูปที่ 2.4</u> ไดอะแกรมจังหวะการเปิด ปิด ของลิ้นไอดีและไอเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ไดอะแกรมแสดงแรงดันและปริมาตรของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ 4 จังหวะ

(P-V ไดอะแกรม)

ในรูปที่ 2.5 เป็นไดอะแกรมที่ได้จากเครื่องวัดอินดิเคเตอร์ (**indicator**) ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและปริมาตรของไอดีที่บรรจุภายในกระบอกสูบ แรงดันและปริมาตรจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามกลวัตรการทำงานของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ 4 จังหวะ ใน 1 กลวัตร ดังนี้

โดยกำหนดให้แนวตั้งเป็นแรงดันที่เกิดขึ้นในกระบอกสูบ แนวนอนเป็นปริมาตรของไอดีที่บรรจุภายในกระบอกสูบ

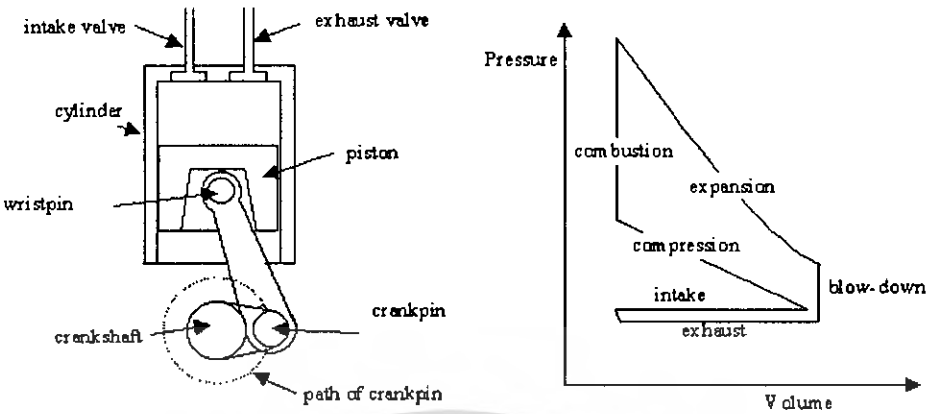
1. จังหวะดูด 1-2 ลูกสูบจะเคลื่อนตัวจากจุดศูนย์ตายบนลงสู่จุดศูนย์ตายล่าง ซึ่งจะทำให้เกิดสุญญากาศภายในกระบอกสูบ ดูดเอาปริมาตรไอดีเข้ากระบอกสูบ ในจังหวะนี้แรงดันภายในกระบอกสูบจะต่ำกว่าแรงดันบรรยากาศ 0.1-0.2 บาร์ ส่วนปริมาตรจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากบรรจุเข้าภายในกระบอกสูบ

2. จังหวะอัด 2-3 ลูกสูบจะเคลื่อนตัวจากจุดศูนย์ตายล่างขึ้นสู่จุดศูนย์ตายบน ลิ้นไอดีและไอเสียปิดสนิท แรงดันจะสูงถึง 30 บาร์ และอุณหภูมิสูงจาก 400 — 500 องศาเซลเซียส ลูกสูบจะเคลื่อนตัวอัดปริมาตรไอดีให้น้อยลง

3. จังหวะระเบิด 3-4 ก่อนที่ลูกสูบจะเคลื่อนตัวขึ้นสู่จุดศูนย์ตายบนเพียงเล็กน้อย(ประมาณ 4-10 องศา) หัวเทียนจุดประกายไฟเผาไหม้ส่วนผสมไอดีให้ลุกไหม้เกิดพลังงาน ในจังหวะนี้จะเกิด แรงดันสูง 30-60 บาร์ และมีความร้อนสูงถึง 2000-2500 องศาเซลเซียส และจะเริ่มลดลงถึง 900 องศาเซลเซียส เมื่อลูกสูบเคลื่อนตัวลงสู่จุดศูนย์ตายล่าง

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ไดอะแกรมแสดงแรงดันและปริมาตรของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ 4 จังหวะ

2.4 สมรรถนะของเครื่องยนต์

รถยนต์ที่ใช้กันทั่วไปสมรรถนะของเครื่องยนต์สามารถวัดได้ ตามองค์ประกอบดังต่อไปนี้

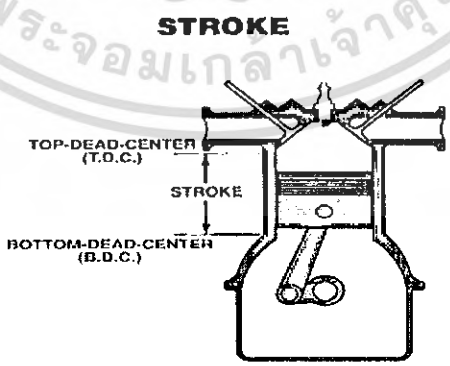
2.4.1 ขนาดความโตของกระบอกสูบและระยะชักของลูกสูบ (Bore and Stroke)

ระยะชักของเครื่องยนต์จัดแบ่งตามขนาดความโตและระยะชักของลูกสูบได้ 3 แบบ

1. เครื่องยนต์ที่มีระยะชักยาว จะมีช่วงระยะชักที่ยาวกว่าขนาดความโตของกระบอกสูบ ทำให้ความเร็วลูกสูบมีความเร็วสูงและให้แรงบิดกับเครื่องยนต์ได้ดีกว่า แต่จะทำให้เครื่องยนต์เกิดการสึกหรอสูงในช่วงความเร็วรอบที่เท่ากัน

2. เครื่องยนต์ที่มีระยะชักปานกลาง เป็นเครื่องยนต์ที่มีระยะชักกับขนาดความโตของกระบอกสูบเท่ากัน

3. เครื่องยนต์ที่มีระยะชักสั้น จะมีช่วงระยะชักที่สั้นกว่าขนาดความโตของกระบอกสูบ



รูปที่ 2.6 ช่วงระยะชักของลูกสูบในแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 ความจุของกระบอกสูบ (Piston displacement)

ความจุของกระบอกสูบ (**Piston displacement**)คือ ปริมาตรทั้งหมดของกระบอกสูบซึ่งวัดจากการเคลื่อนที่ของลูกสูบจากจุดศูนย์ตายบนไปสู่จุดศูนย์ตายล่าง และสามารถคำนวณความจุของกระบอกสูบรวมของเครื่องยนต์(ลบ.ซม.)ได้ดังสมการ

$$V_d = (\pi/4)\, NB^2S \qquad (2.1)$$

โดยที่

V_d = ความจุของกระบอกสูบ

B = ความโตของกระบอกสูบ

S = ระยะชักของลูกสูบ

N = จำนวนกระบอกสูบของเครื่องยนต์

π = 3.14 16 หรือ 22/7

2.4.3 อัตราส่วนกำลังอัด (compression ratio)

อัตราส่วนกำลังอัด (**compression ratio**) คือ อัตราส่วนปริมาตรของส่วนผสมไอดีที่ถูกดูดเข้าไปอยู่ในกระบอกสูบในจังหวะดูด และจะถูกอัดตัวในจังหวะอัดให้มีปริมาตรหนึ่งในห้องเผาไหม้ โดยทำการเปรียบเทียบอัตราส่วนของปริมาตรกระบอกสูบและห้องเผาไหม้ เมื่อลูกสูบอยู่ที่ **จุดศูนย์ตายล่าง** (V_{BDC}) กับปริมาตรห้องเผาไหม้ เมื่อลูกสูบอยู่ที่ **จุดศูนย์ตายบน** (V_{TDC})
ดังสมการอัตราส่วนกำลังอัด (**compression ratio**) r_C ,

$$r_C = (V_C + V_D) / V_{TDC} \qquad (2.2)$$

โดยที่

r_C = อัตราส่วนกำลังอัด

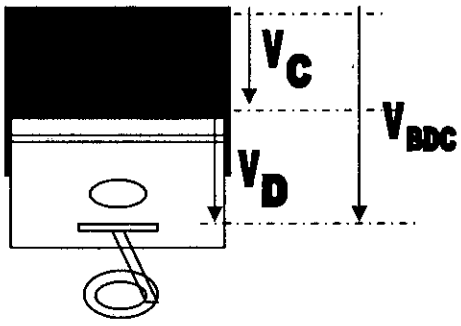
V_{BDC} (จุดศูนย์ตายล่าง) = $V_C + V_D$

V_C = **clearance volume**

V_D = **displacement volume**

V_{TDC} = จุดศูนย์ตายบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



<u>รูปที่2.7</u> อัตราส่วนการอัด

(ก) <u>ลูกสูบที่ **TDC**</u> (ข) <u>ลูกสูบที่ **BDC**</u>

<u>รูปที่ 2.8</u> การคำนวณอัตราส่วนกำลังอัด

ถ้าเครื่องยนต์มีอัตราส่วนกำลังอัดสูงมาก แรงดันที่เกิดจากการเผาไหม้ภายในกระบอกสูบจะมีสูงมากเช่นเดียวกัน ทำให้เครื่องยนต์มีแรงบิดเพิ่มขึ้น มีกำลังงานมากขึ้น และประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง แต่อย่างไรก็ตามถ้าเครื่องยนต์มีอัตราส่วนกำลังอัดมากเกินไปจะทำให้อุณหภูมิไอดีในห้องเผาไหม้สูงมาก เป็นเหตุให้การเผาไหม้ผิดปกติ เรียกว่า **การน็อค**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
เพลาลูกเบี้ยว

เพลาลูกเบี้ยว (**camshaft**) เป็นชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่และเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องยนต์ที่ทำหน้าที่ควบคุมการเปิด-ปิดของลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียด้วยลูกเบี้ยว ให้มีความสัมพันธ์ตามกลวัตรการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ โดยลูกเบี้ยวจะหมุนเป็นอัตราความเร็ว ½ เท่าของความเร็วเพลาข้อเหวี่ยงและเฟืองขับเพลาลูกเบี้ยวมีอัตราของจำนวนฟันเฟืองมากเป็น 2 เท่า ของฟันเฟืองขับของเพลาข้อเหวี่ยง

เพลาลูกเบี้ยวมีลักษณะเป็นเพลาตรง โดยจะมีลูกเบี้ยวไอดีและลูกเบี้ยวไอเสียเท่ากับจำนวนลิ้นของไอดีและลิ้นไอเสีย ลูกเบี้ยวเหล่านี้ก็จะเปิด-ปิดของลิ้นไอดีและไอเสียตามจังหวะกลวัตรการทำงานของเครื่องยนต์ที่ได้ทำการออกแบบเอาไว้ และนอกจากนี้เพลาลูกเบี้ยวยังมีเฟืองขับจานจ่ายและลูกเบี้ยวปั๊มเชื้อเพลิงติดเอาไว้ด้วย

รูปที่ 3.1 เพลาลูกเบี้ยว

3.1 วัสดุที่ใช้ทำเพลาลูกเบี้ยว

เพลาลูกเบี้ยวจะได้รับแรงกดและแรงเสียดทานจำนวนมาก ในระหว่างการทำงานของชุดกลไกเปิดปิดของลิ้น ดังนั้นจึงทำให้เกิดการสึกหรอของเพลาลูกเบี้ยว ทำให้ช่วงระยะเวลาการเปิดปิดของลิ้นเกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากค่าที่กำหนดไว้ ด้วยเหตุนี้เพลาลูกเบี้ยวจึงทำขึ้นด้วยโลหะประเภทชุบแข็ง

3.2 วิธีการขับลิ้นของเพลาลูกเบี้ยว

3.2.1 แบบเฟืองขับโดยตรง (gear timing) เป็นวิธีที่ใช้เฟืองสองตัวขบกัน โดยที่เฟืองแต่ละตัวจะสวมอยู่ด้านหน้าของเพลาลูกเบี้ยวและเพลาข้อเหวี่ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับวิธีการขับเฟืองเพลาลูกเบี้ยวที่ใช้กับการเปิด-ปิดลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียที่อยู่บนฝาสูบจะต้องมีกลไกที่ซับซ้อนมากขึ้น การใช้เฟืองขับโดยตรงจึงไม่เป็นที่นิยมใช้กับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟในปัจจุบัน เนื่องจากการขับมีเสียงดังและเสียกำลังมากกว่าวิธีอื่นๆ

3.2.2 แบบใช้เฟืองกับโซ่ (Gear and chain)

วิธีการขับของเพลาลูกเบี้ยวกับเพลาข้อเหวี่ยงจะใช้เฟืองขับ 2 ตัวเช่นกัน แต่ต่างกันที่เฟืองทั้งสองไม่ขบกันโดยตรง เนื่องจากเพลาลูกเบี้ยวอยู่เหนือฝาสูบ จึงจำเป็นต้องใช้โซ่ขับให้เพลาลูกเบี้ยวหมุน โดยเพลาลูกเบี้ยวแบบมีโซ่จะทำงานได้เงียบกว่าแบบเฟืองขับโดยตรง และมีตัวดันโซ่ปรับความตรึงของโซ่เพื่อลดการสั่นสะเทือน

3.2.3 แบบใช้สายพานกับเฟือง (Belt timing)

เป็นการพัฒนาในการขับของเพลาลูกเบี้ยวกับเพลาข้อเหวี่ยง โดยการนำเอาสายพานแบบฟันเฟืองแทนการใช้โซ่ในการขับเคลื่อน สายพานจะทำงานได้เงียบกว่า น้ำหนักเบา ไม่ต้องการหล่อลื่น สามารถปรับความตึงได้ จึงเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ

3.3 การจัดวางตำแหน่งของเพลาลูกเบี้ยว

การติดตั้งเพลาลูกเบี้ยวแต่ละแบบ จะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของการออกแบบในการจัดวางตำแหน่งของลิ้น ซึ่งสามารถจัดได้ 3 ตำแหน่ง

3.3.1 การจัดวางเพลาลูกเบี้ยวอยู่ด้านข้างตอนล่าง

นิยมใช้กับเครื่องยนต์ที่จัดวางตำแหน่งของลิ้นแบบ **L-head** และ **I-head** การขับเพลาลูกเบี้ยวจะใช้แบบเฟืองขับโดยตรง

3.3.2 การจัดวางเพลาลูกเบี้ยวอยู่เหนือเพลาข้อเหวี่ยง

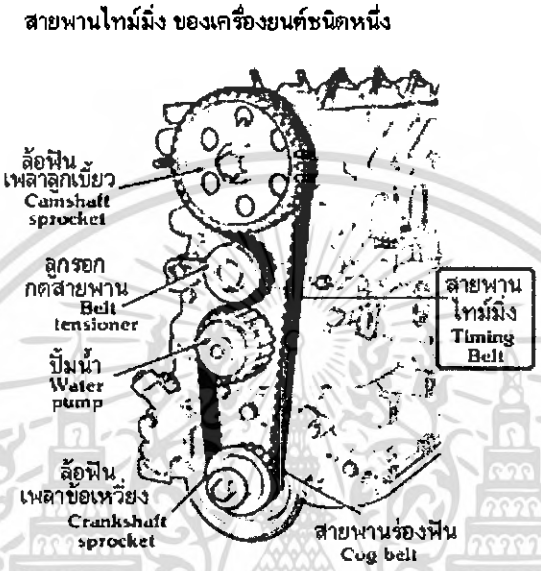
การขับแบบนี้จะถูกขับจากเพลาข้อเหวี่ยงโดยใช้โซ่รับแรงขับ การเปิดและปิดของลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียจะส่งผ่านกลไกการเปิดปิดของลิ้น

3.3.3 การจัดวางเพลาลูกเบี้ยวอยู่เหนือฝาสูบ

เป็นการจัดตำแหน่งของเพลาลูกเบี้ยวเพื่อทำการเปิดปิดลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียโดยตรงเพื่อเป็นการลดการสูญเสียกำลังงานของเครื่องยนต์ โดยเพลาลูกเบี้ยวจะถูกขับด้วยโซ่หรือสายพานฟันเฟือง (**Cog -Belt**)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ จะนิยมใช้การจัดวางตำแหน่งเพลาลูกเบี้ยวอยู่เหนือฝาสูบ (**OHC**) และเพื่อเป็นการเพิ่มสมรรถนะให้กับเครื่องยนต์มากขึ้น จึงจัดให้มีเพลาลูกเบี้ยวมากขึ้นเป็น 2 เท่าถึง 4 เพลา เพื่อใช้เปิด-ปิดลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียแยกห่างกันโดยสิ้นเชิง

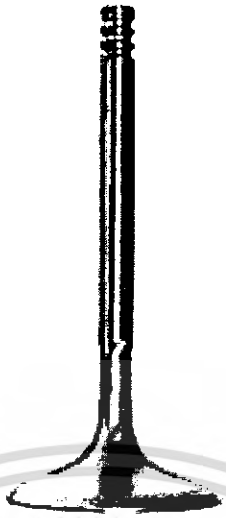


รูปที่3.2 วิธีการขับลิ้นแบบใช้สายพานกับเฟือง (**Belt timing**)

3.4 ลิ้นและชิ้นส่วนกลไกของลิ้น

ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ 4 จังหวะ แต่ละสูบจะต้องประกอบด้วยลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียอย่างละหนึ่งตัว โดยหัวลิ้นและก้านลิ้นจะต้องมีขนาดที่โตพอและยาวพอที่จะเปิดบรรจุไอดีและระบายไอเสียเข้าออกได้อย่างเต็มที่ และจะต้องสามารถทนแรงดันไอเสียเมื่อเปิดลิ้นไอเสียได้ ซึ่งเป็นผลมาจากการขับไล่ไอเสียให้ออกจากห้องเผาไหม้ ดังนั้นลิ้นไอเสียจะมีขนาดเล็กกว่าลิ้นไอดีเพราะว่าการเผาไหม้ในห้องเผาไหม้เกิดแรงดันทำให้แก๊สไอเสียถูกระบายออกไปอย่างรวดเร็ว แต่เมื่อถึงจังหวะที่ลิ้นไอดีเปิดออกเพื่อดูดเอาไอดีเข้าสู่กระบอกสูบก็จะมีแต่แรงดันบรรยากาศภายนอกเท่านั้น ดังนั้นลิ้นไอดีจึงจำเป็นต้องมีขนาดโตกว่าลิ้นไอเสียและหากเครื่องยนต์ต้องการเพิ่มสมรรถนะจึงจำเป็นจะต้องมีการเพิ่มจำนวนลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียให้มากขึ้น

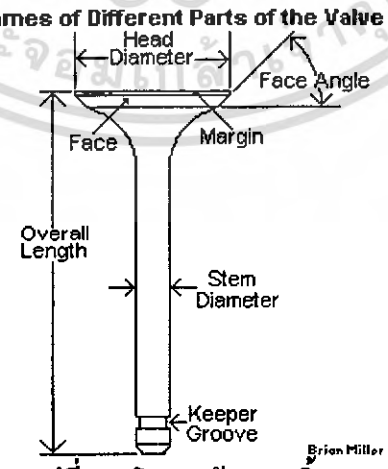
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.3 ตัวอย่างลิ้น

3.4.1 โครงสร้างของลิ้น

ลิ้นของเครื่องยนต์ประกอบด้วยหัวลิ้น หน้าลิ้น และก้นลิ้น หน้าลิ้นจะเอียงทำมุม 44.5-45.5 องศา เมื่อลิ้นปิดสนิทบนบ่าลิ้น ทำให้ลิ้นทนต่อกำลังอัดภายในกระบอกสูบได้ดี ดังนั้นหน้าสัมผัสของหน้าลิ้นในขณะที่ทำงานจะต้องหมุนบดให้หน้าสัมผัสของลิ้นกับบ่าลิ้นสัมผัสกันอย่างสนิทที่ปลายสุดของก้านลิ้น จึงทำเป็นร่องไว้เพื่อติดตั้งประกบลิ้นและรองตัวสปริงไม่ให้หลุดออกจากลิ้น



รูปที่ 3.4 โครงสร้างของลิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการดูดไอดีและดูดไอเสียออกจากกระบอกสูบทำให้ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียได้รับอุณหภูมิต่างกัน ลิ้นไอดีจะได้รับอุณหภูมิความร้อนสูงสุดประมาณ 500 องศาเซลเซียส แต่ลิ้นไอเสียจะได้รับ อุณหภูมิจากการเผาไหม้สูงถึง 800 องศาเซลเซียส การที่ลิ้นไอดีได้รับความร้อนต่ำกว่าลิ้นไอเสียก็เนื่องมาจากลิ้นดีดูดซับความเย็นจากไอดีในขณะที่ถูกบรรจุ เข้าสู่ตัวกระบอกสูบ ดังนั้นวัสดุที่ใช้ทำลิ้นไอเสียจะต้องทนทานต่อการกัดกร่อนและอุณหภูมิความร้อนที่สูง

3.4.2 วัสดุที่ใช้ทำลิ้น

จากสภาวะการทำงานที่ต่างกันของลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย โลหะที่ผลิตลิ้นจึงมีความแตกต่างกันดังนี้

- ลิ้นไอดีจะทำจากเหล็กกล้าซิลิคอน-โครเมียมชนิดพิเศษ (**x 45 CrSi 93**) ช่วยลดการสึกหรอของก้านลิ้นและหน้าลิ้นได้สูง

- ลิ้นไอเสีย เป็นลิ้นที่ได้รับความร้อนและการกัดกร่อนสูง โดยเฉพาะในส่วนของหัวลิ้น ดังนั้นการผลิตจึงจำเป็นต้องใช้โลหะ ไบมีทัล ที่มีการขยายตัวทางความร้อนที่ต่างกัน ด้วยเหตุนี้จึงใช้โลหะเหล็กกล้าโครเมียม-แมงกานีส-นิเกิล **(X55 CrMnNi 208)** ในส่วนของก้านลิ้นจะใช้โลหะประเภท โครเมียม-ซิลิกอน โดยทั้งสองส่วนเชื่อมติดกันด้วยกระบวนการเชื่อม แบบฟริกชั่น **(friction)**

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาการระบายความร้อนให้กับลิ้นไอเสียที่ใช้กับเครื่องยนต์ที่มีสมรรถนะที่สูง โดยใช้โซเดียมที่มีอุณหภูมิการหลอมละลายอยู่ที่ 93 องศาเซลเซียส และโซเดียมจะถ่ายเทความร้อนจากหัวลิ้นสู่ก้านลิ้น ดังนั้นจึงลดอุณหภูมิหัวลิ้นได้ถึง 100 องศาเซลเซียส และป้องกัน การน็อค ของเครื่องยนต์ที่เกิดจากลิ้นที่มีอุณหภูมิสูง ๆ

3.4.3 ระยะห่างของลิ้น

การขยายตัวของกลไกการทำงานของลิ้นในขณะทำงานเมื่อได้รับอุณหภูมิที่สูงขึ้น จะทำเมื่อลิ้นปิดสนิทและจะต้องมีระยะขยับตัวได้ระยะกลไกจากเพลาลูกเบี้ยวไปยังลิ้นระยะขยับตัวของลิ้นนี้จึงเรียกว่าระยะห่างของลิ้น และถ้าไม่จัดให้มีระยะห่างระหว่างลิ้นกับกลไกกดลิ้นแล้ว เมื่อเครื่องยนต์มีอุณหภูมิที่สูงขึ้นอัตราการขยายตัวของชิ้นส่วนต่างๆที่มีความแตกต่างกันจะทำให้ลิ้นปิดไม่สนิทเป็นเหตุให้กำลังของเครื่องยนต์ตกลงเนื่องจากกำลังอัดรั่วดังนั้นจึงจำเป็นต้องกำหนดระยะห่างของลิ้นกับกลไกกดลิ้นของเครื่องยนต์แต่ละแบบ (ระยะห่างประมาณ 0.1 ถึง 0.3 มิลลิเมตร) ระยะห่างของลิ้นน้อยเกินไปเป็นเหตุให้ลิ้นเปิดเร็วขึ้นแต่ปิดช้าลงเป็นผลให้ลิ้นไอเสียมีช่วงระยะเวลาในการถ่ายเทความร้อนจากหัวลิ้นและบ่าลิ้นต่ำทำให้ลิ้นโก่ง เช่นเดียวกับลิ้นไอดีจะปิดไม่สนิทในขณะที่เครื่องยนต์ยังอุ่นอยู่กำลังอัดรั่วและลิ้นไหม้ ระยะห่างของลิ้นมากเกินไป ทำให้ลิ้นปิดเร็วขึ้นแต่จะเปิดช้าทำให้เกิดเสียงดัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4 วิธีปรับระยะห่างลิ้น

มีวิธีในการปรับระยะห่างของลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียอยู่หลายวิธีด้วยกัน และแต่ละวิธีก็จะดำเนินการปรับตามอุณหภูมิในการขยายตัวของชิ้นส่วนในขณะที่ร้อนหรือเย็นดังนี้

1. การปรับแต่งระยะห่างของลิ้นด้วยจานลูกเบี้ยว การปรับระยะห่างของลิ้นกับจานลูกเบี้ยวจะสามารถปรับได้จากการตรวจสอบช่องว่างของฐานลูกเบี้ยวกับจานลูกเบี้ยว

2. การปรับระยะห่างของลิ้นด้วยแผ่นชิม เป็นวิธีการปรับระยะห่างของลิ้นอีกวิธีหนึ่งจะใช้แผ่นชิมที่มีขนาดความหนาที่แตกต่างกันโดยการสอดชิมที่มีขนาดตามระยะที่ต้องการสอดในร่องของลูกถ้วยกดลิ้นและการตรวจวัดช่องว่างจะกระทำได้โดยตรงระหว่างฐานลูกเบี้ยวกับแผ่นชิมรอง

3. การปรับระยะห่างของลิ้นด้วยสกรูเทเปอร์ (**taper screw**) การปรับระยะห่างของลิ้นด้วยวิธีนี้สามารถปรับได้ด้วยสกรูเทเปอร์ ที่ฐานของลูกถ้วยกดลิ้นสามารถปรับได้เมื่อต้องการที่จะปรับระยะห่างระหว่างลูกถ้วยกดลิ้นกับฐานลูกเบี้ยว ก็เพียงแต่ใช้ไขควงปรับสกรูเทเปอร์ให้ลูกถ้วยกดลิ้นเลื่อนขึ้นและลงให้ได้ระยะห่างตามค่าที่กำหนด การปรับสกรูเทเปอร์ จะสามารถปรับได้ในหนึ่งรอบจะมีค่าเท่ากับ 0.05 มิลลิเมตร

3.5 ประกับล็อคสปริงลิ้น

ประกับล็อคสปริงลิ้น (**valve spring retainer**) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับยึดลิ้นและแผ่นรองรับสปริงไม่ให้หลุดออกจากบ่าลิ้นในขณะที่เครื่องยนต์ทำงาน

3.6 บ่าลิ้น

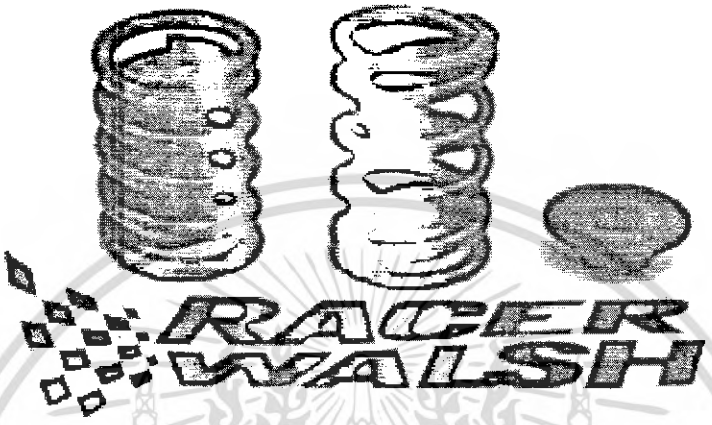
บ่าลิ้น (**valve seat**) จะถูกสวมอัดอยู่ในฝาสูบเมื่อลิ้นปิดหน้าสัมผัสของลิ้นจะนั่งสนิทแนบกับบ่าลิ้นเพื่อทำหน้าที่ป้องกันการรั่วของไอดีเอาไว้ และยังจะช่วยระบายความร้อนให้กับลิ้นไปยังระบบระบายความร้อนนอกจากนี้บ่าลิ้นยังจะต้องได้รับแรงกระแทกและความร้อนจากการเผาไหม้อยู่ตลอดเวลา ด้วยเหตุนี้วัสดุที่ใช้ทำบ่าลิ้นจึงต้องเป็นเหล็กกล้าผสมแมงกานีสและโครเมียม หรือโลหะประเภท คาร์ไบด์ (**carbide**)

โดยทั่วไปบ่าลิ้นจะเอียงทำมุม 45 องศาเช่นเดียวกับหน้าลิ้นแต่อันที่จริงแล้วการเจียระไนมุมและการแก้ไขมุมของบ่าลิ้นจะอยู่ที่มุม 30 องศาหรือ 45 องศาเพื่อให้มีแรงกดที่บ่าลิ้นมากขึ้นลิ้นจึงปิดสนิทกันการรั่วได้ และหน้าลิ้นจะต้องมีหน้าสัมผัสหน้าลิ้นไอดีประมาณ 1.5 มิลลิเมตร และลิ้นไอเสียกว้างประมาณ 2.0 มิลลิเมตร

80862
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 สปริงลิ้น

สปริงลิ้น (**valve spring**) ทำจากโลหะประเภทเหล็กกล้าพิเศษ มีไว้สำหรับดึงลิ้นให้ถอยกลับไปปิดสนิทกับบ่าลิ้น สำหรับเครื่องยนต์ที่ต้องการสมรรถนะสูงต้องใช้สปริงลิ้นถึง 2 ตัว เพื่อเพิ่มความแข็งและป้องกันการลอยตัวของลิ้น ซึ่งจะเป็นสาเหตุของการเกิดเสียงดังและกระแทกกับลูกสูบทำให้เกิดชำรุดในขณะที่เครื่องยนต์ทำงานที่ความเร็วรอบสูงเกินกว่ากำหนดหรือเมื่อสปริงลิ้นตัวใดตัวหนึ่งหัก



รูปที่3.5 สปริงลิ้น

3.8 ปลอกนำลิ้น

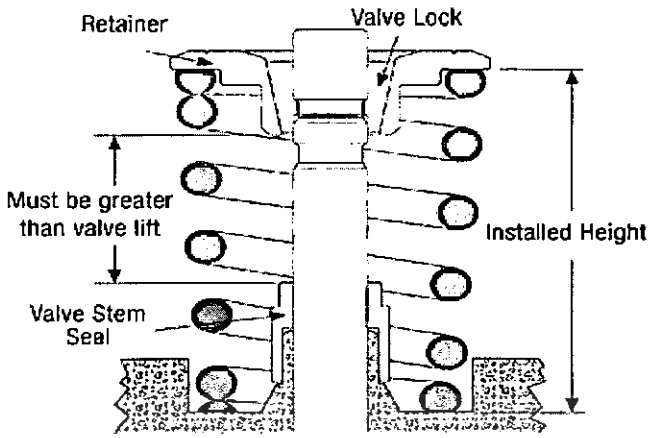
ปลอกนำลิ้น (**valve guide**) หรือสะพานลิ้น ทำหน้าที่ให้ลิ้นเลื่อนขึ้นลงที่ฝาสูบได้ถูกต้องตามจังหวะการทำงาน ปลอกนำลิ้นทำจากโลหะเหล็กหล่ออัดสวมเข้ากับฝาสูบ ผิวที่ลิ้นเลื่อนขึ้น-ลงในปลอกนำลิ้นจะถูกหล่อลื่นด้วยน้ำมันเครื่องและเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำมันเครื่องไหลผ่านเข้าไปยังห้องเผาไหม้ได้โดยผ่านช่องว่างระหว่างปลอกนำลิ้นกับก้านลิ้น

3.9 อุปกรณ์ขยับลิ้น

อุปกรณ์ขยับลิ้น (**valve rotator**) ใช้แทนแผ่นรองสปริงลิ้น โดยทำหน้าที่หมุนลิ้นให้เคลื่อนตัวบดกับบ่าลิ้นเพื่อช่วยให้ลิ้นปิดสนิทมากขึ้น ส่วนใหญ่จะใช้เฉพาะกับลิ้นไอเสียเท่านั้น

อุปกรณ์ขยับลิ้นประกอบด้วย ขดลวดสปริง ตัวเรือน แผ่นรองสปริง และรีเทนเนอร์ ขดสปริงจะประกอบอยู่ภายในรางของตัวเรือนและถูกบีบอัดให้มีความเสมอเท่ากันด้วยแผ่นรองสปริงขณะที่ทำการประกอบลิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 ส่วนประกอบของอุปกรณ์ขยับลิ้น

การทำงานเมื่อลิ้นถูกเปิดสปริงลิ้นจะถูกบีบให้ยุบตัวลง ทำให้สปริงลิ้นมีแรงเบ่งตัวเพิ่มมากขึ้นเป็นผลให้แผ่นรองสปริงถูกยกให้ลอยขึ้นเพียงเล็กน้อย ดังนั้นจึงทำให้ขดสปริงถูกบีบให้บิดตัวราบลงจากสาเหตุนี้จึงทำให้ตัวเรือนขยับลิ้นเคลื่อนตัวไปตามแนวแรงบิดตัวของขดสปริง (จุด **A** จะเลื่อนตัวแต่จุด **B** และ **C** จะอยู่กับที่) แต่เมื่อลิ้นปิดสปริงลิ้นจะยืดตัวออกทำให้แรงเบ่งตัวของสปริงลดลง แผ่นรองสปริงไม่ได้แรงบีบเป็นผลให้ขดสปริงบิดตัวกลับสู่ตำแหน่งเดิมเป็นสาเหตุให้เกิดการเลื่อนตัวขึ้นที่จุด **B** และ **C** ในขณะที่จุด **A** ยังคงอยู่ในตำแหน่งเดิมอย่างไรก็ตาม ตัวเรือนของอุปกรณ์ขยับลิ้นก็ยังคงอยู่ที่ตำแหน่งเดิมเช่นเดียวกันกับตำแหน่งลิ้นเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10 อุปกรณ์ยกลิ้น

อุปกรณ์ยกลิ้น(**valve-lifter**) จะทำหน้าที่เปิดและปิดลิ้น โดยจะได้รับการส่งถ่ายกำลังจากเพลาลูกเบี้ยวด้านข้างหรือเครื่องยนต์บางแบบที่ใช้เพลาลูกเบี้ยวจัดวางไว้บนฝาสูบโดยตรง อุปกรณ์ยกลิ้นที่ใช้กับเครื่องยนต์โดยทั่วไปจะถูกแบ่งออกได้ 2 แบบคือ

3.10.1 แบบกลไก

มีส่วนประกอบดังนี้

- **ลูกกระทุ้ง(tappet)** มีรูปร่างเป็นทรงกระบอกจะสัมผัสอยู่บนลูกเบี้ยวการทำงานจะเคลื่อนตัวขึ้นลงอยู่ในปลอกของเสื้อสูบ ลูกกระทุ้งจะทำงานก็ต่อเมื่อเพลาลูกเบี้ยวหมุนเท่านั้น

- **ก้านกระทุ้ง(push rod)** มีลักษณะเป็นแท่งขนาดเล็กและจะทำงานถ่ายทอดการเคลื่อนที่จากลูกกระทุ้งไปยังกระเดื่องกดลิ้น

- **กระเดื่องกดลิ้น (rocker arm)** มีลักษณะเป็นก้านโยกตรงกลางจะถูกเจาะเป็นรูไว้สวมเพลาปลายด้านหนึ่งจะถูกยกขึ้นโดยก้านกระทุ้งและปลายอีกด้านหนึ่งจะกดลิ้นให้เปิด-ปิด และกระเดื่องกดลิ้นด้านปลายที่รับแรงส่งถ่ายจากก้านกระทุ้งจะมีสกรูไว้สำหรับปรับตั้งระยะห่างของลิ้นแต่อย่างไรก็ตามในปัจจุบันเครื่องยนต์บางแบบได้นำเพลาลูกเบี้ยวติดตั้งไว้บนฝาสูบเพื่อเปิด-ปิดลิ้นโดยตรง(**direct valve**) ซึ่งจะช่วยลดการสูญเสียการส่งถ่ายกำลังจากเพลาลูกเบี้ยวอีกวิธีหนึ่ง

3.10.2 แบบไฮดรอลิก

ประกอบด้วยลูกกระทุ้งไฮดรอลิกที่สามารถปรับระยะช่องว่างของลิ้นให้มีระยะห่างเป็นศูนย์ตลอดเวลาซึ่งทำให้ไม่ต้องมีการปรับตั้งระยะช่องว่างของลิ้นและนอกจากนี้ยังช่วยลดเสียงดังที่เกิดจากระยะช่องว่างของลิ้น ซึ่งในปัจจุบันได้นำเข้ามาใช้แทนลูกกระทุ้งแบบกลไกธรรมดา การทำงาน น้ำมันที่ไหลผ่านเข้าลูกสูบในลูกกระทุ้งลิ้นเป็นน้ำมันที่ไหลจาก ปั๊มน้ำมันเครื่องส่งผ่านตามเส้นทางน้ำมันเครื่องในเครื่องยนต์

- **เมื่อลิ้นปิด** น้ำมันจากปั๊มจะไหลผ่านรูน้ำมันของลูกกระทุ้งไฮดรอลิก ลูกสูบในลูกกระทุ้งลิ้นจะได้รับแรงดันทำให้ลิ้นกันกลับที่ตอนล่างของลูกสูบปิดด้วยแรงดันสปริงลูกสูบไว้ น้ำมันจะไหลผ่านเข้าช่องว่างที่อยู่ใต้ลูกสูบเป็นผลให้ลูกสูบถูกดันให้ยกตัวลอยขึ้นดันให้ก้านยกลิ้นดันลิ้นไว้ไม่ให้เกิดช่องว่าง

- **เมื่อลิ้นเปิด** เมื่อเพลาลูกเบี้ยวหมุนเดะลูกกระทุ้งลิ้นแรงดันน้ำมันภายในห้องใต้ลูกสูบมีเพิ่มมากขึ้นทำให้ลิ้นกันกลับปิดกั้นช่องทางน้ำมันเข้าไว้ ดังนั้นน้ำมันจึงถูกกักไว้ในห้องน้ำมันเป็นสาเหตุให้ส่วนประกอบของลูกกระทุ้งลิ้นไฮดรอลิกทำงานในการเปิดลิ้นร่วมเป็นหน่วยเดียวกัน แต่เมื่อลูกเบี้ยวหมุนเคลื่อนที่ต่อไปแรงดันน้ำมันที่ทำให้เรือนลูกกระทุ้งลิ้นถูกดันให้ยกตัวสูงขึ้นตามลูกสูบนั้นจะทำให้ลิ้นเปิดออกโดยการที่ก้านกระทุ้งลิ้นดันให้ลิ้นถูกกดให้เปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.11 การตรวจสอบชิ้นส่วนต่างๆของเครื่องยนต์ในระหว่างถอดแยก

ในระหว่างทำการถอดแยกชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ในทุกขั้นตอนจะต้องปฏิบัติอย่างระมัดระวังเพื่อเป็นการช่วยตัดสินใจในการโอเวอร์ฮอลล์เครื่องยนต์

3.11.1 ตรวจสอบระยะเวลาการเปิด-ปิดลิ้น

การตรวจสอบระยะการเปิด-ปิดลิ้นสามารถตรวจสอบได้ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ใช้ประแจหมุนเพลาข้อเหวี่ยง 2 รอบและให้ลูกสูบที่ 1 อยู่ในตำแหน่งศูนย์ตายบนของจังหวะอัด

2. ตรวจสอบเครื่องหมายที่พูลเลย์กับสเตเตอร์ ที่เรือนสูบของเพลาข้อเหวี่ยงและเพลาลูกเบี้ยวจะมีเครื่องหมายที่ตรงกัน

3. ถ้าใช้สายพานเส้นเดิมให้ทำเครื่องหมายของตำแหน่งฟันที่สายพานให้ตรงกับเครื่องหมายของพูลเลย์ เพลาข้อเหวี่ยงและเพลาลูกเบี้ยวและทิศทางการหมุนของสายพาน

3.11.2 ตรวจวัดระยะกันรุนของเพลาลูกเบี้ยว

ก่อนถอดแยกเพลาลูกเบี้ยวควรทำการตรวจสอบระยะกันรุนของเพลาลูกเบี้ยวเพื่อพิจารณาตามขั้นตอนดังนี้

- ใช้ไดอัลเกจวัดระยะรุนที่เพลาลูกเบี้ยวและใช้ไขควงดันเพลาลูกเบี้ยวระยะรุนของเพลาลูกเบี้ยวไอดี 0.03 ถึง 0.085 มิลลิเมตร (0.0012 ถึง 0.0033 นิ้ว) ระยะรุนของเพลาลูกเบี้ยวไอเสีย 0.035 ถึง 0.09 มิลลิเมตร (0.0014 ถึง 0.0035 นิ้ว) ดังแสดงในรูปที่ 3.30

3.12 การถอดเพลาลูกเบี้ยวไอดีและไอเสีย

เมื่อต้องการที่จะทำการถอดเพลาลูกเบี้ยวที่มีระยะกันรุนของเพลามีน้อยควรยึดเพลาลูกเบี้ยวให้ได้แนวระดับขณะทำการถอดถ้าหากไม่ยึดไว้จะทำให้ฝาสูบได้รับแรงกระแทกจากเพลาลูกเบี้ยวเป็นสาเหตุให้เพลาลูกเบี้ยวหมุนฝืดเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาที่จะเกิดขึ้นจึงควรที่จะต้องปฏิบัติตามขั้นตอนที่ถูกต้องดังต่อไปนี้

1. หมุนเพลาลูกเบี้ยวให้สลักอยู่เหนือส่วนบนสุดของฝาสูบ

2. คลายโบลต์ประกับแบริ่งเพลาลูกเบี้ยวไอดีและไอเสียสลับกัน

3. ถอดฝาประกับแบริ่งทั้งสองข้างของลูกสูบที่ 1

4. ยึดเพลาลูกเบี้ยวไอดีและเฟืองรองเฟืองหลักด้วยโบลต์

5. คลายโบลต์ประกับแบริ่ง สลับกันทีละน้อยตามลำดับหมายเลข **6.** หมุนเพลาลูกเบี้ยวทวนเข็มนาฬิกาประมาณ 150 องศา ให้สลักยื่นมาในตำแหน่งด้านล่าง **7.** ถอดเพลาลูกเบี้ยวไอเสียตลอดขั้นตอนการถอดลูกเบี้ยวไอดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.13 การตรวจสอบเพลาลูกเบี้ยว

3.13.1 การตรวจสอบความคดงอของเพลาลูกเบี้ยว

1. วางเพลาลงบนแท่นตัววี

2.ใช้ ไดอัลเกจวัดความงอที่ข้อกลางของเพลาลูกเบี้ยว ดังรูปที่3.35 (ค่าความงอไม่ควรเกิน 0.04 มิลลิเมตร หรือ 0.0016 นิ้ว)

3.13.2 การตรวจวัดความสูงของเพลาลูกเบี้ยว

ทำการวัดความสูงของลูกเบี้ยวด้วยไมโครมิเตอร์

3.13.3 ตรวจวัดถ้วยยกลิ้น

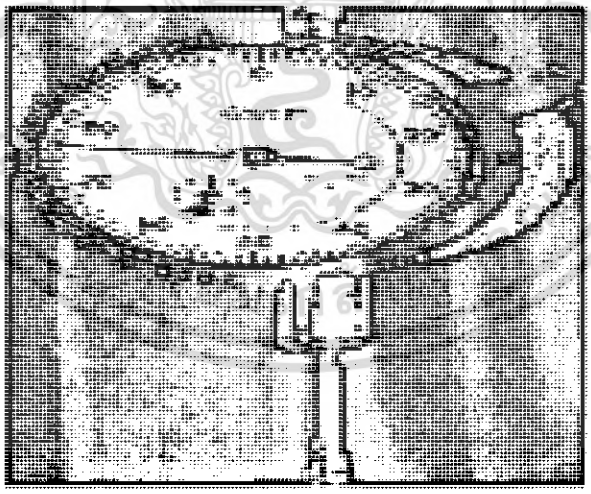
ใช้ไมโครมิเตอร์วัดความโตของลูกถ้วยยกลิ้น

3.13.4 การตรวจสอบระยะแบ็กแลชของเฟืองลูกเบี้ยว

การตรวจสอบระยะแบ็กแลชของเฟืองลูกเบี้ยวเป็นการวัดระยะห่างของฟันเฟืองขับเพลาลูกเบี้ยวทั้งสอง สามารถทำได้ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ประกอบเฟืองลูกเบี้ยว

2. ใช้ไดอัลเกจวัดค่าระยะแบ็กแลช(ไม่ควรจะเกิน 0.02-0.2 มิลลิเมตร)



รูปที่ 3.7 ไดอัลเกจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

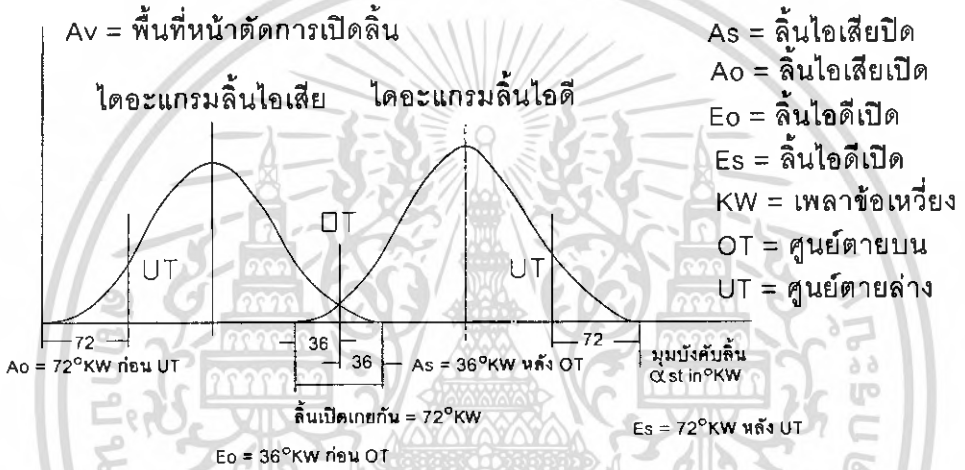
บทที่ 4
การออกแบบสร้างลูกเบี้ยว

4.1 การออกแบบสร้างลูกเบี้ยว

รูปร่างของลูกเบี้ยวเป็นตัวกำหนดช่วงการเคลื่อนไหวของลิ้น โดยเงื่อนไขการทำงานของลูกเบี้ยวเป็นดังนี้

- ลิ้นต้องเปิดจนกว้างสุดอย่างรวดเร็วและปิดอย่างรวดเร็ว เมื่อสิ้นสุดระยะการเปิด เพื่อให้ไอเสียผ่านออกได้ โดยมีพื้นที่หน้าตัดโตและนานเท่าที่จะเป็นไปได้

- การเคลื่อนที่ เราจะต้องพิจารณาถึงการสั่นของสปริงลิ้น ต้องไม่สูงเกินพิกัดที่กำหนด เพราะจะเป็นสาเหตุทำให้สปริงลิ้นหักได้



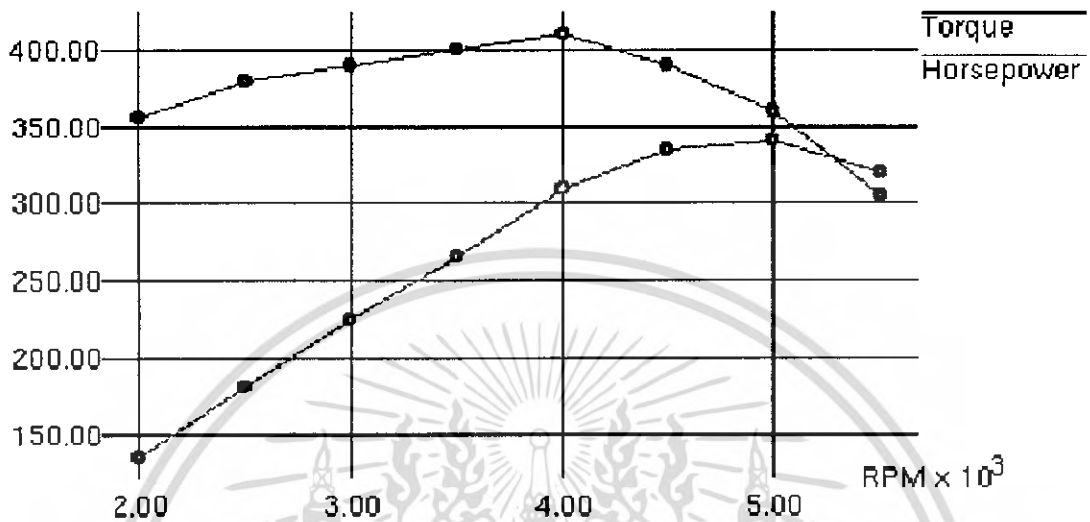
รูปที่ 4.1 ไดอะแกรมการเปิดและปิดของลิ้น

4.2 การกำหนดช่วงเวลาการควบคุมลิ้น

ช่วงควบคุมหรือเรียกว่า **มุมควบคุมลิ้น** คิดเป็นองศาของเพลาข้อเหวี่ยงที่ลิ้นไอดีและไอเสียเปิด เนื่องจากการเปิดและปิดของลิ้นค่อนข้างช้า จึงจำเป็นต้องเลือกมุมเปิดและปิดของลิ้นให้โตกว่าการเคลื่อนที่ของลูกสูบ ซึ่งทำงานในจังหวะดูดและคาย (ดังรูปที่ 4.1) เป็นไดอะแกรมการเปิดและปิดของลิ้น จะเห็นได้ว่าช่วงการเริ่มต้นการเปิดและปิดของจังหวะดูดและจังหวะคาย ลิ้นเปิดเกยกัน (**overlap**) ไอดีและไอเสียเข้าออกได้ทีละน้อย โดยในช่วงนี้ไอเสียจะไหลออกจากห้องเผาไหม้ จนกระทั่งลูกสูบอยู่ที่ตำแหน่งศูนย์ตายบน ลิ้นไอดีปิดหลังศูนย์ตายล่างและเพื่อให้มีการบรรจุไอดีเพิ่มได้อีกโดยอาศัยโมเมนต์ของไอดี ไอดีจะยิ่งไหลเพิ่มมากขึ้นเมื่อความเร็วของไอดียิ่งสูงซึ่งหมายถึงความเร็วเฉลี่ยของลูกสูบยิ่งสูงขึ้นลิ้นไอดีที่ปิดช้า (หลังศูนย์ตายล่าง) เครื่องยนต์ให้กำลังเพิ่มมากขึ้นที่ความเร็วรอบสูงเพราะได้ไอดีเพิ่มภายหลัง แต่ที่ความเร็วต่ำจะต่ำกว่าเพราะลูกสูบขับไล่ไอดีบางส่วนออกไป สำหรับรูปที่ 4.2 เป็นกราฟแสดงการเปรียบเทียบแรงบิดและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังที่ขึ้นอยู่กับความเร็วรอบเครื่องยนต์ ระหว่างลิ้นไอดีปิดเร็วและลิ้นไอดีปิดช้าเครื่องยนต์สมรรถนะสูงมีอัตราส่วนของแรงบิดน้อยต้องใช้อัตราทดเฟืองส่งกำลังหลายอัตรา(มากเกียร์) เพื่อให้มีความเร็วรอบอยู่ในพิกัดที่ใช้ได้ดี



รูปที่ 4.2 กราฟแรงบิดและกำลัง

เวลาการเปิดปิดลิ้น การออกแบบสร้างต้องอาศัยจากประสบการณ์หาค่าที่แน่นอน เพื่อให้ได้สมรรถนะของเครื่องยนต์และอัตราน้ำมันเชื้อเพลิงต่ำ โดยทดสอบกับเครื่องทดสอบ

ค่าจากการทดสอบและประสบการณ์

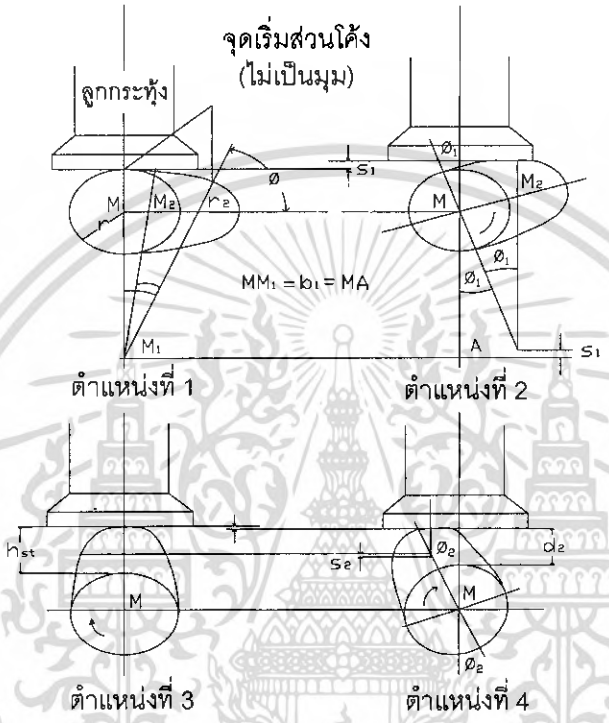
- ลิ้นไอดีเปิดที่ **10** องศา - **50** องศา ของเพลาข้อเหวี่ยงก่อน **TDC**
- ลิ้นไอดีปิดที่ **40** องศา - **80** องศา ของเพลาข้อเหวี่ยงหลัง **BDC**
- ลิ้นไอเสียเปิดที่ **40** องศา - **80** องศา ของเพลาข้อเหวี่ยงก่อน **BDC**
- ลิ้นไอเสียปิดที่ **10** องศา - **50** องศา ของเพลาข้อเหวี่ยงหลัง **TDC**

4.3 ลูกเบี้ยว (Cams)

ลูกเบี้ยวในที่นี้หมายถึงลูกเบี้ยวบนเพลาลูกเบี้ยวที่มีผิวมนโค้ง (**HARMONIC**) โดยที่ลูกเบี้ยวมีลักษณะเป็นทรงกระบอกเบี้ยว ประกอบด้วยพื้นผิวโค้ง 2 โค้งขนาดต่างกัน คือ ส่วนฐานใหญ่ส่วนยอดเล็ก ทำงานโดยการเคลื่อนที่สัมผัสกับลูกกระทุ้งลิ้นฐานแบนเรียบ สมการการเคลื่อนที่ของลูกเบี้ยวได้มาจากส่วนโค้งของเพลาลูกเบี้ยวมีรัศมีวงกลม 2 รัศมีที่แตกต่างกัน ดังรูปที่4.3.1 แสดงการทำงานของลูกเบี้ยวในตำแหน่งต่างๆ 4 ตำแหน่ง โดยตำแหน่งที่ 1 ฐานลูกเบี้ยวสัมผัสกับลูกกระทุ้ง ระยะยกเท่ากับศูนย์ลูกเบี้ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมุนไปอยู่ในตำแหน่งที่ 2ด้วยมุมลูกเบี้ยว ในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา สัมผัสกับลูกกระทุ้งลิ้นด้วย รัศมี $\mathbf{r_1}$ และยกลูกกระทุ้งลิ้นขึ้นด้วยระยะ $\mathbf{s_1}$ เช่นกัน การเคลื่อนที่ของลูกเบี้ยวเป็นรูปของ $\mathbf{MAM_1}$ ตำแหน่งที่ 3 ลูกเบี้ยวสัมผัสกับลูกกระทุ้ง ด้วยส่วนโค้งที่ 2 จุดศูนย์กลางอยู่ที่ตำแหน่งที่ 4 เป็นระยะห่าง C ตำแหน่งที่ 4 เป็นช่วงที่ลูกเบี้ยวยกขึ้นสูงสุด มุมที่หมุนไปในตำแหน่ง 3 กับ 4 เท่ากับมุมลูกเบี้ยว ระยะห่าง $\mathbf{C}$ ได้จากรูป **MMB**



<u>รูปที่ 4.3</u> ลักษณะการเคลื่อนที่ของลูกกระทุ้งขับด้วยลูกเบี้ยว

จากที่กล่าวมาแล้วเขียนสมการของระยะยกลูกกระทุ้งได้ดังนี้

- ลูกกระทุ้งสัมผัสกับส่วนโค้งที่1 มุมลูกเบี้ยว $\boldsymbol{\theta_1}$ หมุนจาก **0** ถึง $\boldsymbol{\theta_1}$ จะได้ระยะยก $\mathbf{s_1}$

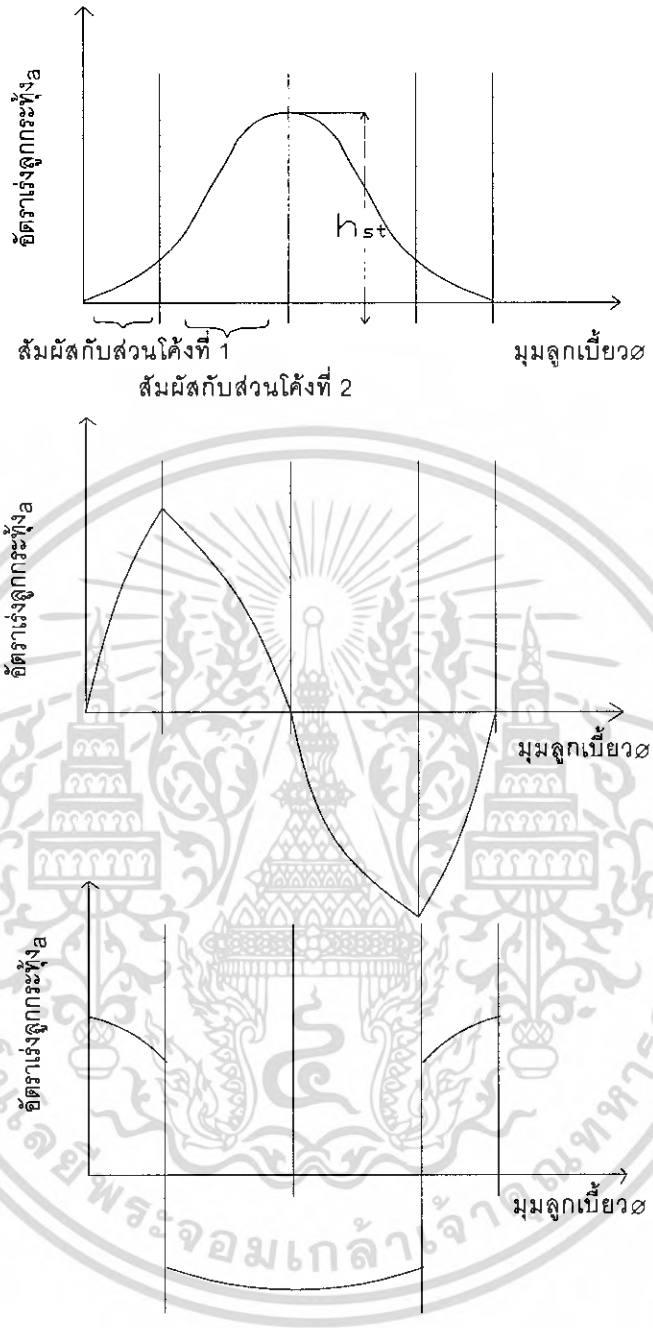
ระยะยก $$\mathbf{s_1 = b_1(1-\cos\theta_1)} \qquad \textbf{(4.1)}$$

- ลูกกระทุ้งสัมผัสกับส่วนโค้งที่ 2 มุมลูกเบี้ยว $\boldsymbol{\theta_2}$ หมุนจาก $\boldsymbol{\theta_1}$ ถึง $\boldsymbol{\theta_2}$ จะได้ระยะยก $\mathbf{s_2}$

ระยะยก $$\mathbf{s_2 = h_{st} - d_2(1-\cos\theta_2)} \qquad \textbf{(4.2)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากทั้งสองสมการสามารถหาระยะยกลูกกระทุ้งได้เป็นลักษณะสมมาตร **(symmetry)** ดังรูปที่ 4.4



<u>รูปที่ 4.4</u> ไดอะแกรมการเคลื่อนที่ของลูกกระทุ้งขับด้วยลูกเบี้ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วของลูกกระทุ้งใช้การ **differentiation** ของสมการระยะทางต่อเวลาโดย
จะได้

$$v = \frac{ds}{dt} = \frac{dsd\theta}{d\theta dt} \quad (4.3)$$

จะได้

$$v_1 = \omega_N b_1 \sin\theta_1 \quad (4.4)$$

$$v_2 = \omega_N b_2 \sin\theta_2 \quad (4.5)$$

ω_N = ความเร็วเชิงมุมของเพลาลูกเบี้ยว

มุมลูกเบี้ยว θ_2 ที่แทนในสมการทุกสมการมีค่าเป็นลบ เพราะในการอ่านค่ามุมจะมีทิศทางที่ตรงข้ามการหมุนของเพลา และเครื่องหมายลบมีผลเฉพาะในสมการการหา v_2 และทำการ **differentiation** สมการความเร็วต่อเวลา จะได้สมการสำหรับอัตราเร่งดังนี้

$$a_1 = \Psi_N^2 b_1 \cos\theta_1 \quad (4.6)$$

$$a_2 = \Psi_N^2 b_2 \cos\theta_2 \quad (4.7)$$

รูปที่ 4.3.2 เป็นกราฟแสดงระยะยก ความเร็วและอัตราเร่งลูกกระทุ้งลิ้น ขึ้นอยู่กับมุมลูกเบี้ยว θ

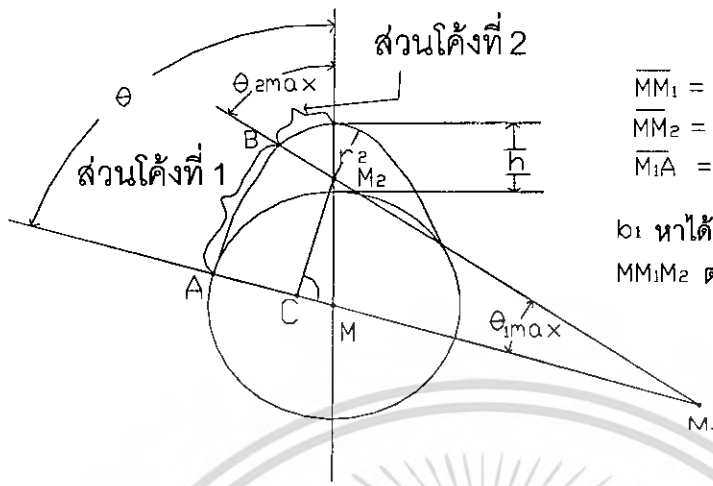
นอกจากสมการอัตราเร่งลูกกระทุ้งลิ้นในรูปฟังชันก์ของระยะยกลูกกระทุ้งลิ้น โดยการรวมสมการอัตราเร่งลูกกระทุ้งลิ้นเข้าด้วยกัน จะได้

$$a_1 = \omega_N^2 b_1 - \omega_N^2 s_1 \quad (4.8)$$

$$a_2 = \omega_N^2 b_2 - \omega_N^2 s_2 \quad (4.9)$$

s_1 และ s_2 ระยะยก เป็นตัวแปรคงที่
จากสมการเส้นตรงทั้งสองเขียนกราฟอัตราเร่งในรูปฟังชันก์ระยะยกลิ้นได้ ดังรูปที่ 4.3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงการกำหนดส่วนโค้งลูกเบี้ยว

จาก รูปที่ 4.3.4 สามารถนำมาเขียนสมการที่สำคัญดังนี้

- หารัศมีลูกเบี้ยว r_2

$$r_2 = r + h_{st} - b_2 \tag{4.10}$$

- ระยะห่างจุดศูนย์สัมผัส b_1

$$b_1 = \frac{b_2^2 - (r-r_2)^2}{2(r - r^2 - b_2\cos\theta)} \tag{4.11}$$

b_1 ต้องมีค่าไม่เป็น **อินฟินิตี้** เพราะจะทำให้ลูกเบี้ยวและลูกกระทุ้งลิ้นไม่สามารถทำงานร่วมกันได้ มุมลูกเบี้ยว θ_{1max} และ θ_{2max} หมุนไปได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\mathrm{Sin}\theta_{1max} = \frac{b_2\sin\theta}{b_2 + r - r^2} \tag{4.12}$$

$$\theta_{2max} = \theta - \theta_{1max} \tag{4.13}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

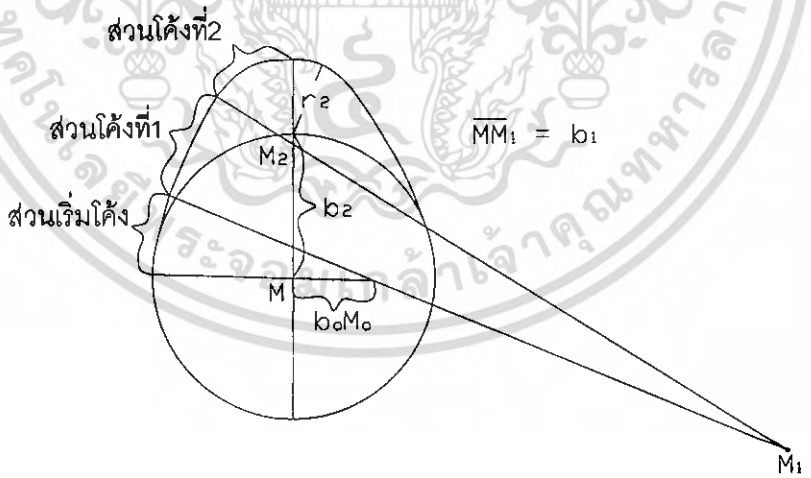
4.4 การกำหนดรูปร่างลูกเบี้ยว

การกำหนดรูปร่างลูกเบี้ยวต้องมีข้อมูลดังต่อไปนี้

- มุมเปิดปิดของลิ้น(มุมควบคุม) ϕ_{st}
- ระยะกดลิ้นสูงสุด h_{max}
- อัตราทดของการกระเดื่องกดลิ้น **u**
- ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ **n**

4.5 ส่วนเริ่มโค้งของลูกเบี้ยว

ต้องทำการตรวจสอบความเร็วของลิ้นที่เข้ากระทบกับบ่าลิ้นว่าเป็นไปตามที่กำหนดหรือไม่ แต่อีกด้านหนึ่งต้องการให้ลิ้นเปิดปิดอย่างรวดเร็ว จากสาเหตุทั้ง 2 ที่กล่าวมาแล้วไม่สามารถจะทำได้ในรัศมีวงกลมอันเดียว เพราะความเร็วของลิ้นต่ำรัศมีของลูกเบี้ยวต้องสั้นและ ความเร็วของลิ้นสูงรัศมีของลูกเบี้ยวต้องยาว จากเงื่อนไขนี้จะทำได้ต่อเมื่อส่วนโค้งของลูกเบี้ยวจะต้องมีรัศมีแต่ละส่วนต่างกันออกไป ระหว่างส่วนโค้งที่ 1 กับส่วนโค้งฐานลูกเบี้ยวจะต้องมีความโค้ง ที่รัศมีเล็กเชื่อมอยู่ พื้นผิวของลูกเบี้ยวจึงประกอบด้วยส่วนโค้งของรัศมีที่แตกต่างกันออกไปด้วยกัน 3 รัศมี พื้นผิวส่วนแรกคือส่วนเริ่มโค้ง คือ จุดที่กระเดื่องกดลิ้นเริ่มกดตามช่วงระยะตั้งลิ้น แล้วผ่านระบบได้ ลูกกระทุ้งลิ้นจะสัมผัสกับส่วนโค้งลูกเบี้ยวที่รัศมีโตที่สุดทำให้ลิ้นเปิดอย่างรวดเร็ว ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.6 ส่วนโค้งและส่วนเริ่มโค้งของลูกเบี้ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การวัดสมรรถนะของเครื่องยนต์

การวัดสมรรถนะของเครื่องยนต์ (**Engine Performance Measurements**) ไม่ใช่การวัดทางฟิสิกส์ เช่น เส้นผ่านศูนย์การของกระบอกสูบหรือช่วงชักของก้านสูบเท่านั้น แต่เป็นการวัดสมรรถนะของเครื่องยนต์ เช่น แรงบิดและแรงม้า เป็นต้น

5.1 แรงบิด

แรงบิด (**Torque**) คือการบิดหรือการหมุนเราสามารถใช้แรงบิดกับฝาปิดของกระปุกที่เป็นสกรูเกลียว เมื่อเราต้องการคลาย และเราสามารถใช้แรงบิดในการหมุนพวงมาลัยเมื่อเราต้องการขับรถยนต์ที่เคลื่อนที่ไปตามที่ต่างๆเครื่องยนต์สามารถใช้แรงบิดเพื่อขับล้อให้หมุนไปได้ อย่างไรก็ตามแรงบิดจะต้องไม่สับสนกับกำลังงานแรงบิดเป็นผลจากการหมุนซึ่งอาจจะหรือไม่อาจจะเป็นผลให้เกิดการเคลื่อนที่กำลังงานเป็นอัตราซึ่งงานกระทำและหมายความว่าวัตถุต้องเคลื่อนที่ โดยที่แรงบิดถูกวัดในหน่วยปอนด์-ฟุต (ซึ่งไม่สับสนกับงานคือหน่วยฟุต-ปอนด์)

สูตรในการหาแรงบิดคือ

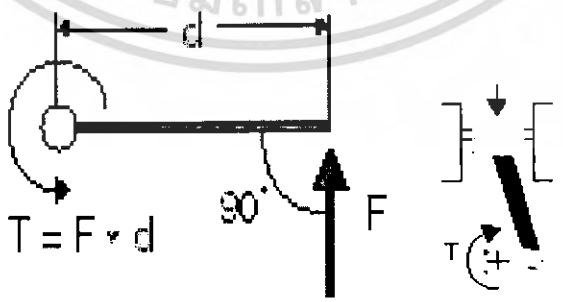
$$T = F \times d \qquad (5.1)$$

เมื่อ **T** = แรงบิด

F = แรงที่กระทำ

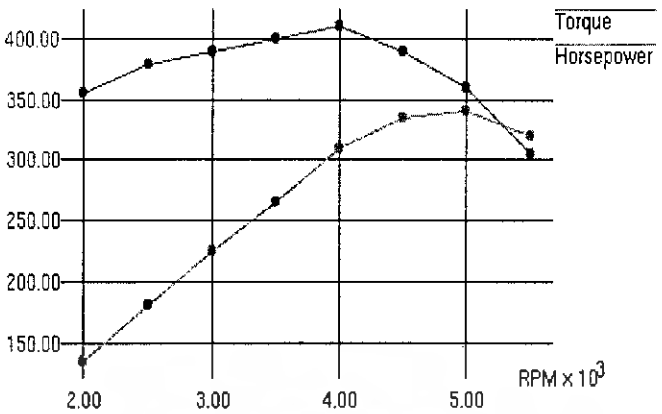
d = ระยะทางที่ตั้งฉากกับแนวแรง

ในกรณีของเครื่องยนต์ แรงบิดจะต่ำที่ความเร็วรอบต่ำและจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วกับความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้น นักวิศวการยานยนต์จะต้องออกแบบให้แรงบิดเพิ่มขึ้นอย่างมากที่ความเร็วรอบต่ำ ดังแสดงในรูปที่ 5.1และรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.1 แรงบิดเป็นแรงที่เกิดขึ้นโดยการหมุนของกำลังงาน

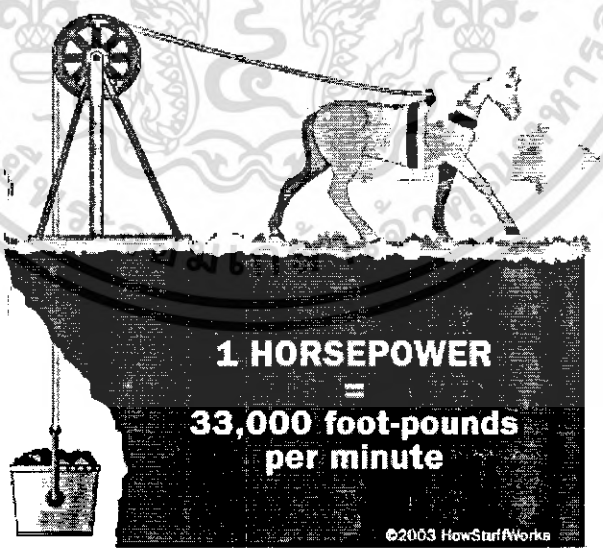
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 ค่าของแรงบิดและค่าแรงม้าเมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์เปลี่ยนแปลง

5.2 แรงม้า

แรงม้า (**Horsepower: hp**) เป็นหน่วยวัดมาตรฐานของกำลังงานตั้งแต่ศตวรรษที่ 18 เมื่อนักประดิษฐ์คือ เจมส์ วัตต์ ได้ค้นพบเครื่องจักรไอน้ำ โดยวัตต์ได้กำหนดว่า 1 แรงม้า=พลังงานที่ต้องการยกวัตถุหนัก **33,000**ปอนด์ สูง 1 ฟุตใน 1 นาที หรือ 550 ปอนด์ใน 1 วินาทีดังแสดงในรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 แรงม้าคือความสามารถในการยกวัตถุหนัก 33000 ปอนด์ สูง 1 ฟุต ใน1 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรการหาแรงม้า คือ

(ในเวลา 1 นาที) **hp = งาน / (เวลา×33000)** (5.2)

5.3 แรงม้า (SAE)

สมาคมวิศวกรยานยนต์ (**Society of automotive Engineering**: **SAE**) กำหนดค่าแรงม้าsae สำหรับจุดประสงค์ในการเสียภาษีไว้ดังนี้

$$\mathbf{SAE\ (hp) = (D^2 \times N) / 2.5} \quad (5.3)$$

5.4 แรงม้าอินดิเกต

คำว่าแรงม้าอินดิเกต (**indicate horsepower: ihp**) เป็นกำลังงานที่ผลิตขึ้นภายในกระบอกสูบเครื่องยนต์จริงๆ เป็นขั้นแรกในการเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานกล โดยสามารถวัดการทำงานได้ด้วยเครื่องมือวัดแบบเข็ม เครื่องมือวัดนี้จะวาดรูปเส้นแสดงแรงดันที่เกิดขึ้นในกระบอกสูบทุกๆ ตำแหน่งของช่วงชักในกระบอกสูบ รูปภาพแสดงเครื่องมือวัดวาดออกมา สามารถนำมาหาค่าของพลังงานที่เกิดขึ้นกับแก๊สภายในกระบอกสูบ

สูตรการหาแรงม้าอินดิเกต

$$\mathbf{ihp = (PLANK) / 33{,}000} \quad (5.4)$$

เมื่อ **P** = แรงดันเฉลี่ย (ปอนด์ / ต.ร.นิ้ว)

L= ช่วงชัก (นิ้ว)

A= พื้นที่ของกระบอกสูบ (ต.ร.นิ้ว)

N= จำนวนของจังหวะกำลังต่อนาที

K= จำนวนของกระบอกสูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.5 แรงม้าเบรก

กำลังงานสุทธิที่ได้จากเครื่องยนต์จะถูกวัดในรูปของแรงม้าเบรกก็เพราะว่าอุปกรณ์เบรกจะถูกนำไปใช้เพื่อยึดความเร็วของเครื่องยนต์ให้ตกลงขณะวัดแรงม้า เช่น เครื่องยนต์มีแรงม้า 300 แรงม้า เป็นแรงม้าเบรกจริงๆ คือ จำนวนของกำลังที่เครื่องยนต์สามารถผลิตได้ที่ความเร็วบางส่วนและลิ้นปีกผีเสื้อเปิดกว้างเต็มที่ การวัดกำลังของเครื่องยนต์ทำได้โดยการถอดเครื่องยนต์ออกจากรถยนต์ แล้วติดตั้งเข้ากับไดนาโมมิเตอร์หรือเจเนอเรเตอร์ จำนวนของกระแสไฟฟ้าที่ไดนาโมมิเตอร์หรือเจเนอเรเตอร์ผลิตออกมาจะนำมาคำนวณหาแรงม้าเบรกที่เครื่องยนต์ผลิตออกมา

$$\textbf{Watt} = \textbf{amperage} \times \textbf{volts} \qquad (5.5)$$

$$\textbf{bhp} = \textbf{watt} / \ 746 \qquad (5.6)$$

5.6 แรงม้าเสียดทาน

การสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานของเครื่องยนต์ เรียกว่า แรงม้าเสียดทาน(**fhp)** หมายถึง จำนวนของแรงม้าที่ใช้กับเครื่องยนต์ที่เอาชนะความเสียดทาน แรงม้าเสียดทานหาได้จากการขับเครื่องยนต์ด้วยมอเตอร์เพื่อวัดแรงม้าที่ต้องการขับเครื่องยนต์ให้หมุนได้ ระหว่าการทดสอบนี้เครื่องยนต์จะทำงานที่อุณหภูมิทำงาน แต่ไม่มีเชื้อเพลิงในคาร์บูเรเตอร์ และลิ้นผีเสื้อเปิดเต็มที่ที่ความเร็วรอบต่ำ แต่เมื่อเครื่องยนต์มีความเร็วรอบเพิ่มขึ้น แรงม้าเสียดทานจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว สาเหตุหลักของการสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานในเครื่องยนต์ เป็นความเสียดทานจากแหวนภายใต้บางสภาวะ ความเสียดทานของแหวนภายในผนังของกระบอกสูบเป็นสาเหตุของการสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานของเครื่องยนต์ถึง **75 %** จึงเป็นข้อดีของเครื่องยนต์ที่มีช่วงชักสั้นหรือ **โอเวอร์สแควร์** เพราะระยะทางที่แหวนลูกสูบเลื่อนไปตามผนังกระบอกสูบ ผนังของกระบอกสูบสั้นความเสียดทานจากแหวนลูกสูบจะลดลง ผลก็คือการสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานจะลดน้อยลงในเครื่องยนต์

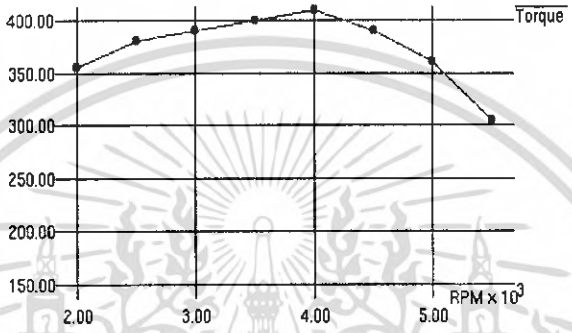
5.7) ความสัมพันธ์ของ bhp ,ihp และ fhp

$$\textbf{ihp} = \textbf{bhp} + \textbf{fhp} \qquad (5.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

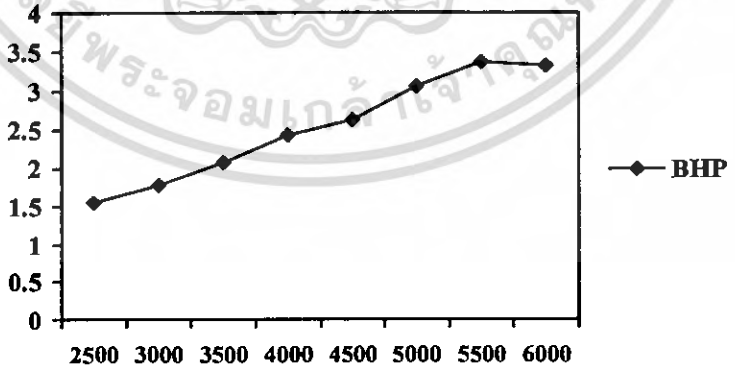
5.8 แรงม้าเบรกกับแรงบิด

แรงบิดของเครื่องยนต์สามารถเทียบกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ เมื่อความเร็วรอบระดับปานกลางประสิทธิภาพเชิงปริมาตรสูง หมายความว่าด้วยการดูดไอดีได้มั่นคงจะเกิดแรงดันจากการเผาไหม้สูง แรงบิดของเครื่องยนต์ก็จะสูงขึ้น แต่ที่ความเร็วรอบสูงขึ้นประสิทธิภาพทางปริมาตรจะลดต่ำลง ซึ่งจะมีส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงน้อยมากในการเผาไหม้ แรงดันจากการเผาไหม้จะไม่สูงขึ้น ทำให้มีแรงดันกดลงบนหัวของลูกสูบน้อย ดังนั้นแรงบิดของเครื่องยนต์จึงมีค่าต่ำลง



รูปที่5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและความเร็วรอบของเครื่องยนต์

กราฟ **BHP** ของเครื่องยนต์ จะพิจารณาให้แตกต่างจากแรงบิด โดย **BHP** เริ่มต้นจะต่ำที่ความเร็วรอบต่ำและเพิ่มขึ้นสม่ำเสมอเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น จนกระทั่งถึงความเร็วรอบของเครื่องยนต์สูงสุด และเมื่อความเร็วรอบสูงสุดดำเนินต่อไป **BHP** ลดลง การลดต่ำของ **BHP** ไม่เพียงลดแรงบิดที่ความเร็วรอบสูง แต่จะเพิ่ม **FHP** ที่ความเร็วรอบสูงด้วย



รูปที่5.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง **BHP** และความเร็วรอบของเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.9 ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์

ประสิทธิของเครื่องยนต์ภาพหมายถึง ความสัมพันธ์ระหว่างงานที่ให้และงานที่ได้เมื่อใช้งานเครื่องยนต์

5.10 ประสิทธิภาพทางกล (η)

$$\eta = (BHP) \times 100) \ / \ IHP \qquad (5.8)$$

5.11 ประสิทธิภาพทางความร้อน

ประสิทธิภาพทางความร้อน (**Thermal efficiency**) หมายความถึง ความสัมพันธ์ของกำลังงานที่ได้และพลังงานในการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อผลิตกำลังงานนี้

ความร้อนบางส่วนที่ผลิตขึ้นโดยกระบวนการเผาไหม้ถูกเอาออกไป โดยระบบการระบายความร้อนของเครื่องยนต์ และความร้อนบางส่วนก็จะสูญเสียไปกับแก๊สไอเสีย ซึ่งยังคงมีความร้อนอยู่เมื่อออกจากกระบอกสูบความร้อนที่สูญเสียไปเหล่านี้จะลดประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องยนต์

ประสิทธิภาพทางความร้อนอินดิเกต = (งานอินดิเกต / ความร้อนที่ให้) × 100 (5.9)

ประสิทธิภาพทางความร้อนเบรก = (งานที่ได้จริง / ความร้อนที่ให้) × 100 (5.10)

5.12 ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร

จำนวนของส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงที่เข้าไปในกระบอกสูบในจังหวะดูดเป็นการวัดประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของเครื่องยนต์ ส่วนผสมจะมีการต้องไหลผ่านอย่างรวดเร็วผ่านการกั้นของคาร์บูเรเตอร์และท่อร่วมไอดีและส่วนผสมจะมีความร้อนสะสม(จากความร้อนของเครื่องยนต์) ดังนั้นส่วนผสมจะมี **2** สภาพได้แก่ การเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วและความร้อน การบรรจุอากาศและเชื้อเพลิงไม่สามารถเข้าได้เต็มที่เพราะเวลาสั้นประสิทธิภาพเชิงปริมาตร(**volumetric efficiency**) เป็นอัตราส่วนระหว่างจำนวนของส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงที่เข้าไปในกระบอกสูบจริงๆ และจำนวนที่สามารถเข้าไปได้ภายใต้สภาพทางอุตมคติ เช่น กระบอกสูบมีปริมาตร 47 ลบ.นิ้ว ถ้ากระบอกสูบเลื่อนขึ้นสุด ปริมาตรจะเหลือแค่ **0.034 ออนซ์** อย่างไรก็ดีเราสมมติว่าเครื่องยนต์ทำงานที่ความเร็วรอบที่พอเหมาะ

ดังนั้น เพียง **0.027 ออนซ์**ของอากาศที่สามารถเข้าไปได้ทุกจังหวะดูด หมายความว่าประสิทธิภาพเชิงปริมาตรมีเพียง **80 % (0.027เป็น80%ของ0.034)** ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์อาจจะลดต่ำลงกว่า **50%** ที่ความเร็วรอบสูง นั่นคือกระบอกสูบจะดูดส่วนผสมเข้าไปผสมเพียงครึ่งหนึ่งที่ความเร็วรอบสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นี่คือเหตุผลหนึ่งที่เครื่องยนต์ที่มีความเร็วรอบสูง กำลังงานไม่สามารถเพิ่มขึ้นได้อย่างต่อเนื่อง เนื่องจากที่ความเร็วรอบสูงมากเครื่องยนต์มีเวลาน้อยที่จะดูดอากาศ จึงต้องใช้ซุปเปอร์ชาร์จเจอร์ ช่วยเพิ่มปริมาณอากาศ แรงดันบรรยากาศจะตกลงเมื่อระดับความสูงเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรจะลดลง ในส่วนของการแก้ไขประสิทธิภาพเชิงปริมาตรให้ดีขึ้น ทำได้โดย

- เพิ่มขนาดลิ้นไอดี
- ทำท่อร่วมไอดีมีขนาดโตขึ้น,ตรงขึ้นและ สั้นลง
-เพิ่มจำนวนลิ้นไอดี

5.13 ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

ความสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิง (**fuel consumption**) คือปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ไปในการทำงานของเครื่องยนต์ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง การวัดค่าความสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิง โดยมีวิธีการที่ง่ายที่สุด ก็คือการใช้ **ปิเปต** ซึ่งมีลักษณะเป็นแท่งมีเส้นขีดแบ่งเพื่อใช้บอกปริมาตรของเหลวภายในนำมาต่อเข้ากับน้ำมันเชื้อเพลิงและเครื่องยนต์ พร้อมกับจับเวลาที่เครื่องยนต์ใช้น้ำมันใน **ปิเปต** ต่อเวลาในหน่วยวินาทีจะได้ค่าความสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิง

5.14 ความสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิงจำเพาะ

ความสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิงจำเพาะ(**specific fuel consumption** :**sfc**) คือ ค่าความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงต่อกำลังที่ได้จากเครื่องยนต์ต่อชั่วโมง

$$\mathbf{sfc} = [\textbf{ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงต่อชั่วโมง} / \mathbf{BHP}] \ (\mathbf{cc\text{-}hr}) \qquad \textbf{(5.11)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

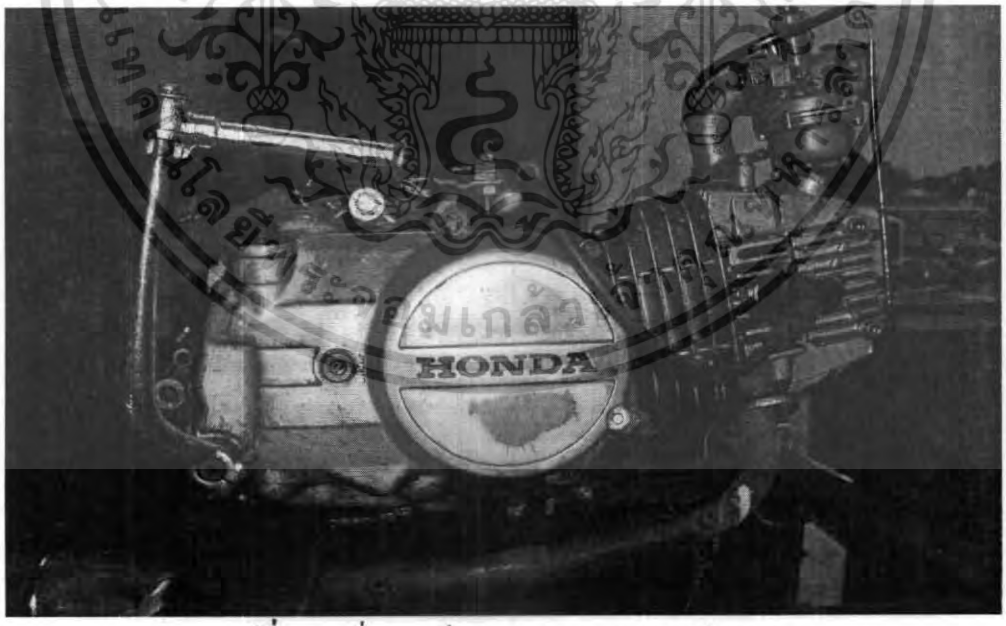
การทดลอง

6.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องยนต์ **Honda C**70 1 สูบ 4 จังหวะ

ข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องยนต์

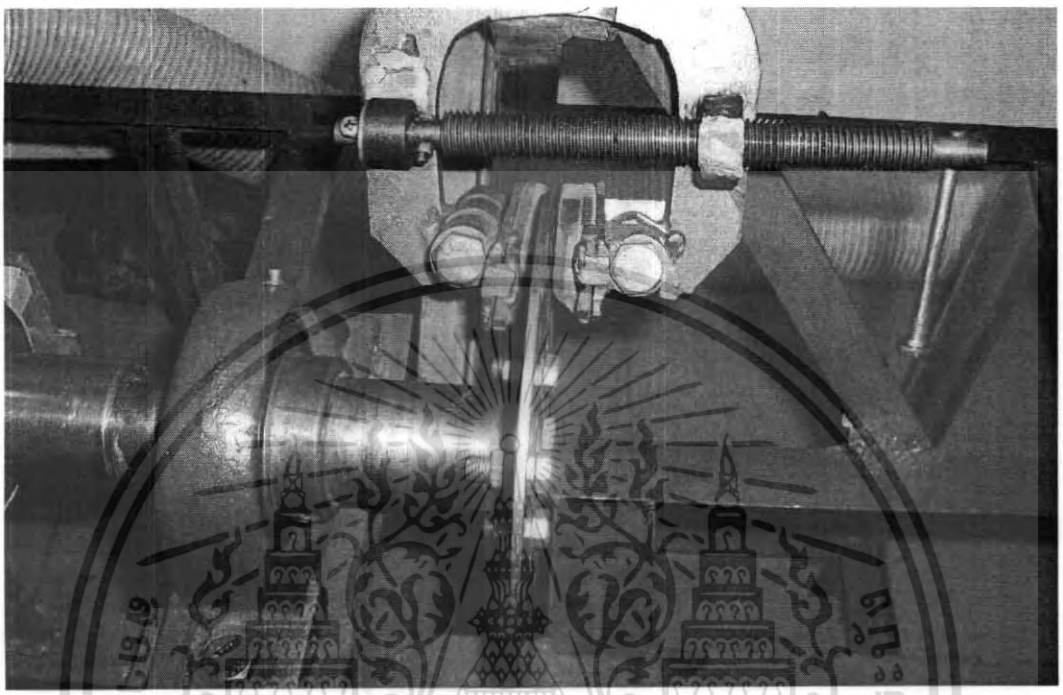
ระบายความร้อนด้วยอากาศ	**4** จังหวะ **OHC**
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และช่วงชัก	**47.0** X **41.4 mm.**
ความจุกระบอกสูบ	**97.2 cc**
อัตราส่วนการอัด	**8.8:1**
แรงม้าสูงสุด	**5.0 bhp / 7000 rpm**
แรงบิดสูงสุด	**0.5 kg-m. / 5500 rpm**
วาล์วไอดีเปิด	**0 deg BTDC**
วาล์วไอดีปิด	**20 deg ABDC**
วาล์วไอเสียเปิด	**25 deg BBDC**
วาล์วไอเสียปิด	**5 deg ATDC**



รูปที่ 6.1 เครื่องยนต์ **Honda** 100cc 1 สูบ 4 จังหวะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

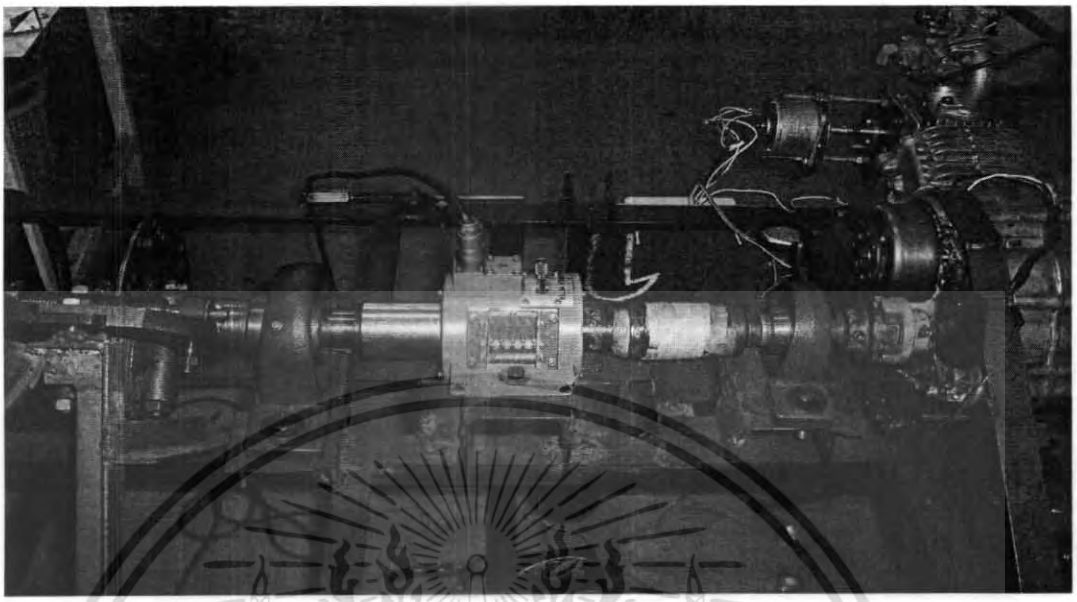
2. ชุดเบรก



รูปที่ 6.2 ชุดเบรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แท่นวางเครื่อง

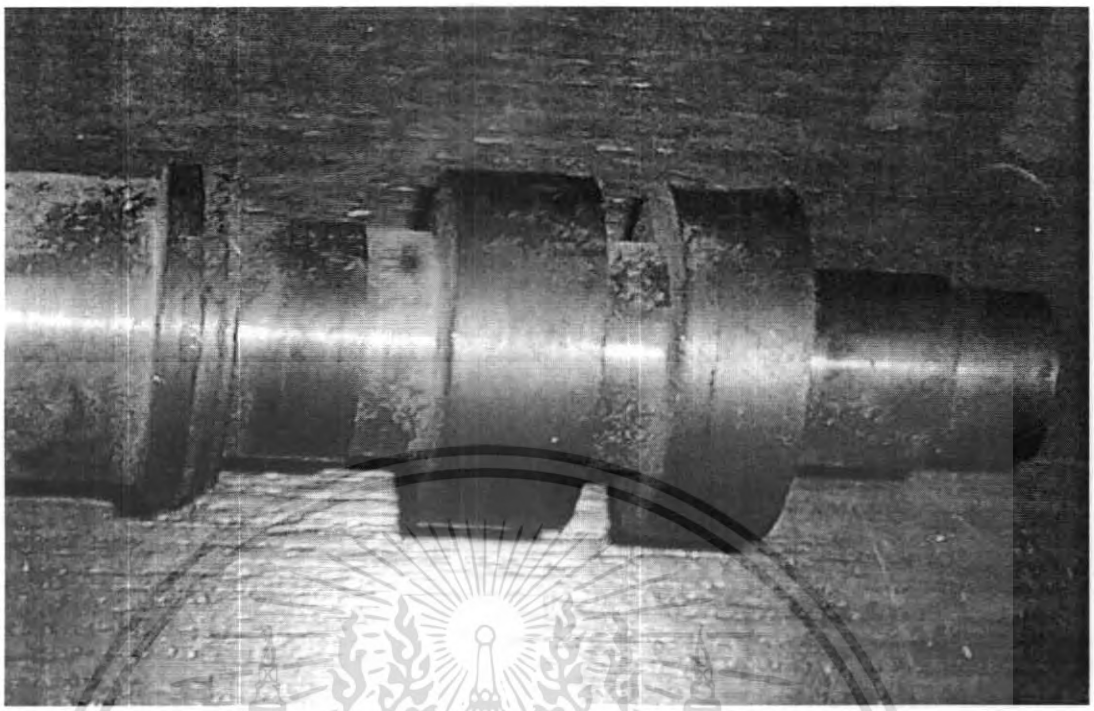


รูปที่ 6.3 แท่นวางเครื่อง

4. เพลาลูกเบี้ยวไอดีและไอเสีย

รูปที่ 6.4 เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

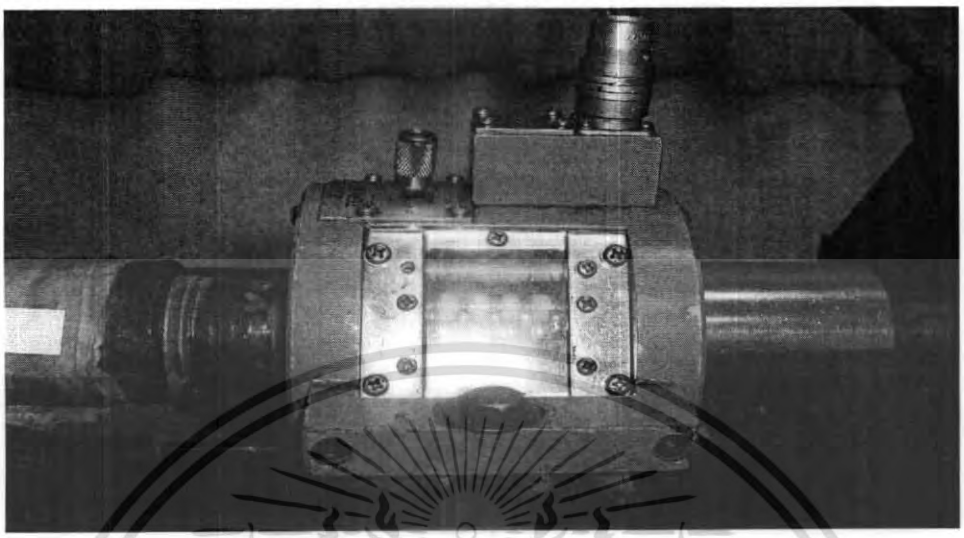


รูปที่6.5 เพลาที่กลึงเสร็จแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทอร์คมิเตอร์

ทอร์คมิเตอร์ (**torque meter**) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดแรงบิดของเครื่องยนต์ มีหลายแบบและโดยแต่ละแบบจะมีหลักการทำงานเหมือนกัน แต่แบบที่ใช้ในการทดลองจะมีลักษณะดังรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.6 ทอร์คมิเตอร์ (**torque meter**)

โดยการติดตั้งทอร์คมิเตอร์ (**torque meter**) จะติดตั้งระหว่างเครื่องยนต์และชุดเบรก ดังรูปที่6.2 แล้วต่อชุดสายสัญญาณจากทอร์คมิเตอร์ (**torque meter**) เข้าชุดวัดแรงดันไฟฟ้า ดังรูปที่6.3

รูปที่ 6.7 การติดตั้งทอร์คมิเตอร์ (**torque meter**) ระหว่างเครื่องยนต์กับชุดเบรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่6.8 ชุดวัดแรงดันไฟฟ้า

รูปที่6.9 วัดค่าความเร็วรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทอร์คมิเตอร์ มีหลักการทำงานในการวัดแรงบิด คือ จะทำการวัดแรงบิดที่เกิดขึ้นจากการหักล้างแรงบิดระหว่างเครื่องยนต์กับชุดเบรก

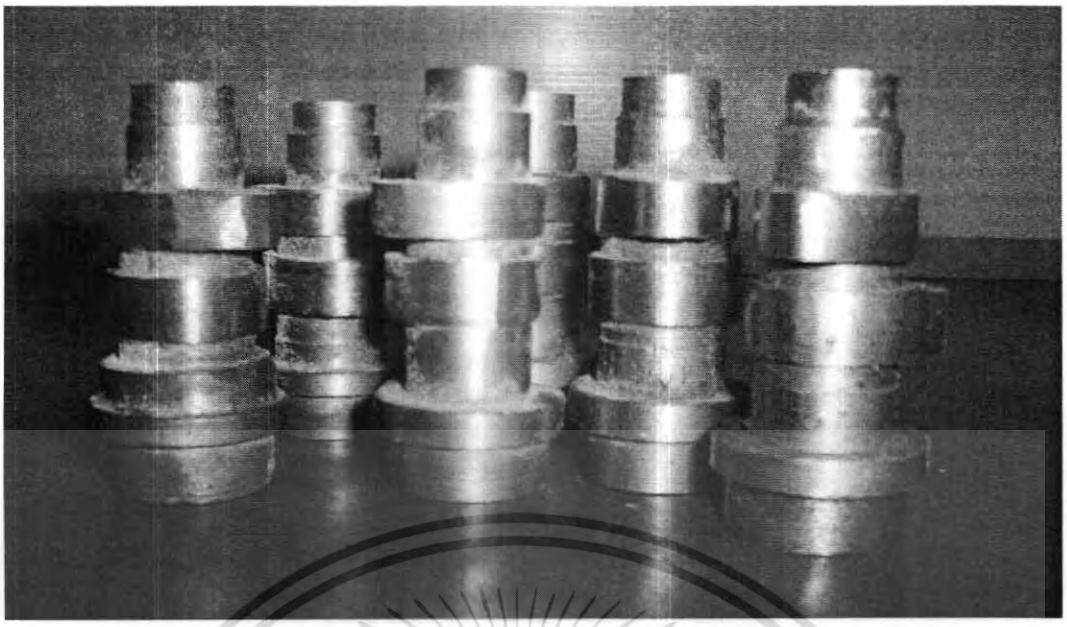
การทดสอบต้องทำการเร่งเครื่องยนต์เต็มที่(ลิ้นปีกผีเสื้อเปิดกว้างเต็มที่) โดยไม่มีการเบรกที่ชุดเบรก แล้วทำการวัดค่าแรงดันที่เกิดขึ้น จากนั้นทำการเพิ่มแรงเบรกที่ชุดการเบรกจนได้ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ต้องการวัดค่าแรงบิด แล้วก็ทำการล็อคชุดเบรกให้มีค่าความเร็วรอบของเครื่องยนต์คงที่ที่ค่าความเร็วรอบนั้นๆพร้อมกับทำการวัดแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นและนำค่าแรงดันที่ได้มาลบกับค่าแรงดันที่วัดได้ในตอนแรก ก็จะได้ ค่าต่างของแรงดันไฟฟ้าจึงนำค่าต่างของแรงดันไฟฟ้าไปแทนในสมการที่ 6.1 ได้ดังนี้

$$T = (V + 0.4907) / 0.918 \qquad (6.1)$$

เมื่อ T = แรงบิด (กิโลกรัม-เมตร)

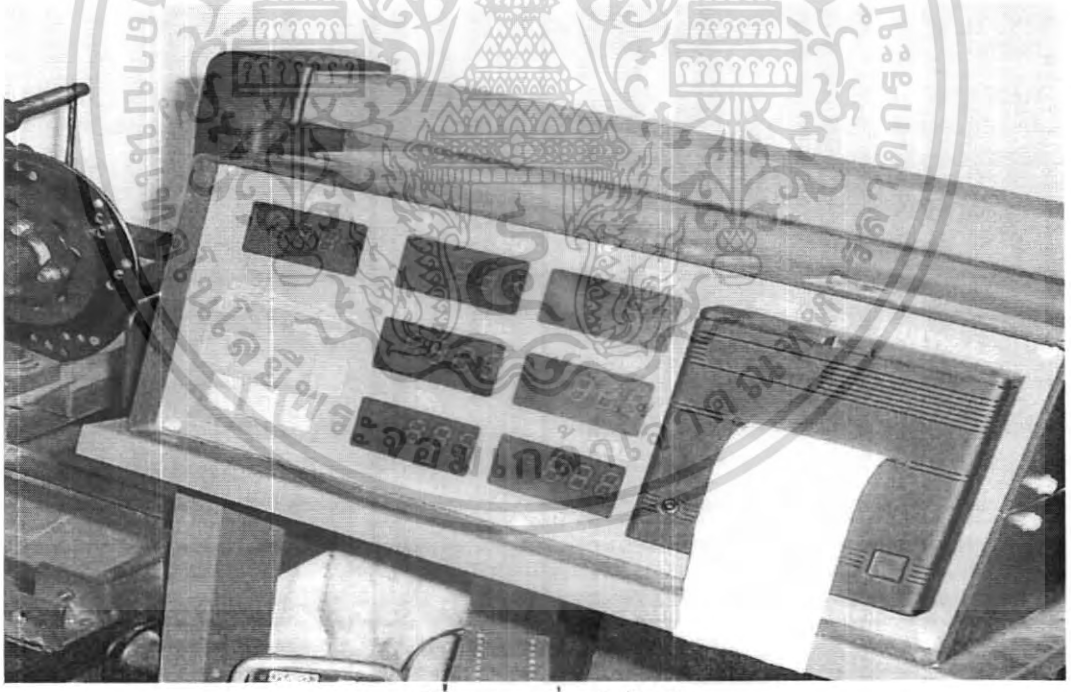
V = ค่าต่างแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.10 เพลาลูกเบี้ยวที่ทำการเจียรเสร็จแล้ว

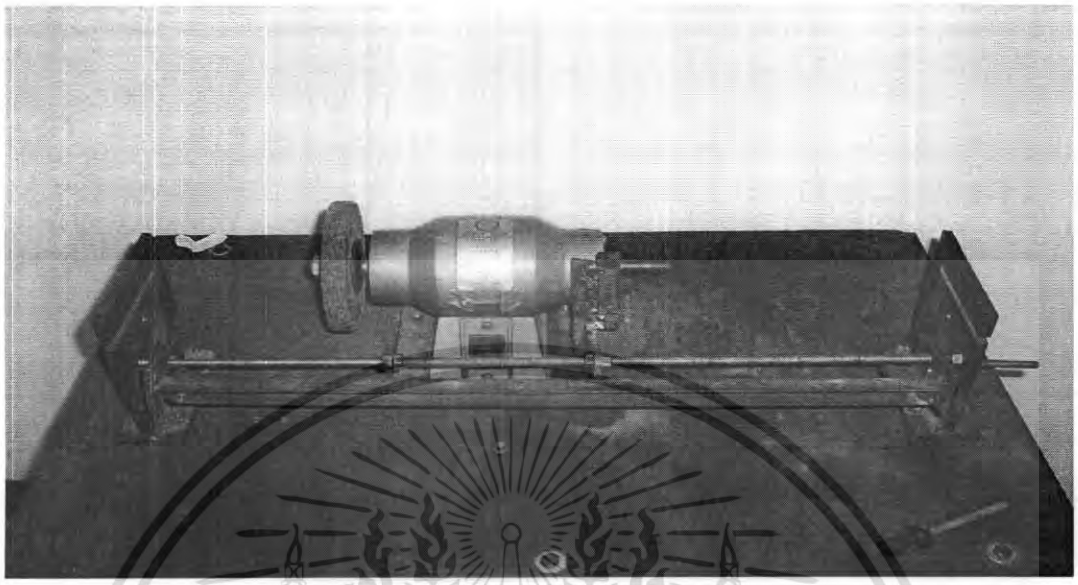
6. เครื่องวัดไอเสีย



รูปที่ 6.11 เครื่องวัดไอเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ชุดเครื่องเจียร



รูปที่ 6.12 ชุดเครื่องเจียร

6.2 ขั้นตอนการทำงาน

1. จัดเตรียมเครื่องยนต์ **Honda C 70** 1 สูบ **4** จังหวะ

2. ตรวจเช็คสภาพเครื่องยนต์และปรับปรุงซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานได้

3. สร้างแท่นเพื่อติดตั้งเครื่องยนต์และระบบต่าง ๆ และทำการตรวจเช็คทุกระบบให้อยู่ในสภาพที่พร้อมจะนำไปใช้งาน

4. ทำการศึกษารูปร่าง องศาการเปิด-ปิดลิ้นไอดี-ไอเสียและระยะยก (**Valve lift**) ของเพลาลูกเบี้ยว มาตรฐานที่มากับเครื่องยนต์

5. ปรับเปลี่ยนลักษณะรูปร่าง และองศาการเปิด-ปิดของวาล์วไอดี-ไอเสีย

6. วาดรูปร่างและองศาการเปิด-ปิดที่ได้ทำการปรับเปลี่ยนจากข้อที่ 5 ลงบนแผ่นอะคิลิค พร้อมกับตัดแผ่นอะคิลิค เพื่อนำไปทำการเจียรเพลาลูกเบี้ยว

7. ทำการเจียรเพลาลูกเบี้ยวให้ได้รูปร่างและองศาการเปิด-ปิด ตามแผ่นอะคิลิคที่ได้จากข้อ 6

8. นำเพลาที่เจียรเสร็จจากข้อที่ 7 ไปทำการทดลอง

9. วัดแรงดันที่ทุกๆความเร็วรอบที่ได้กำหนดเอาไว้เพื่อนำไปคำนวณหาค่าแรงบิด, ทำการวัดค่าความสิ้นเปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิง และปริมาณของแก๊สที่ออกมาจากไอเสียของเครื่องยนต์

10. วิเคราะห์หารูปร่างและองศาเพลาลูกเบี้ยวที่เหมาะสมในแต่ละความเร็วรอบ

11. ทำการออกแบบและสร้างแคมโพรไฟร์ใหม่ที่เหมาะสมขึ้นมาใหม่ (**Cams profile**)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 วิธีการทำงาน

1. เปิดสวิทช์อุปกรณ์การวัดค่าต่างๆ

2. สตาร์ทเครื่องยนต์และทำการอุ่นเครื่องยนต์

3. เร่งเครื่องยนต์จนสุดและวัดค่าแรงดันไฟฟ้า ค่าแก๊สไอเสีย และอ่านปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ไปในเวลา 10 วินาที พร้อมทำการบันทึกผลการทดลอง

4. เพิ่มแรงเบรก เพื่อทำการลดความเร็วรอบของเครื่องยนต์ลงมาให้ได้ความเร็วรอบที่เราต้องการทดลอง และเมื่อค่าความเร็วรอบคงที่ก็ทำการวัดแรงดันไฟฟ้า ค่าไอเสีย และอ่านปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ไปในเวลา 10 วินาที

5. คำนวณหา ค่าแรงบิด,ค่าแก๊สไอเสีย แรงม้าเบรก **BHP** และค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ

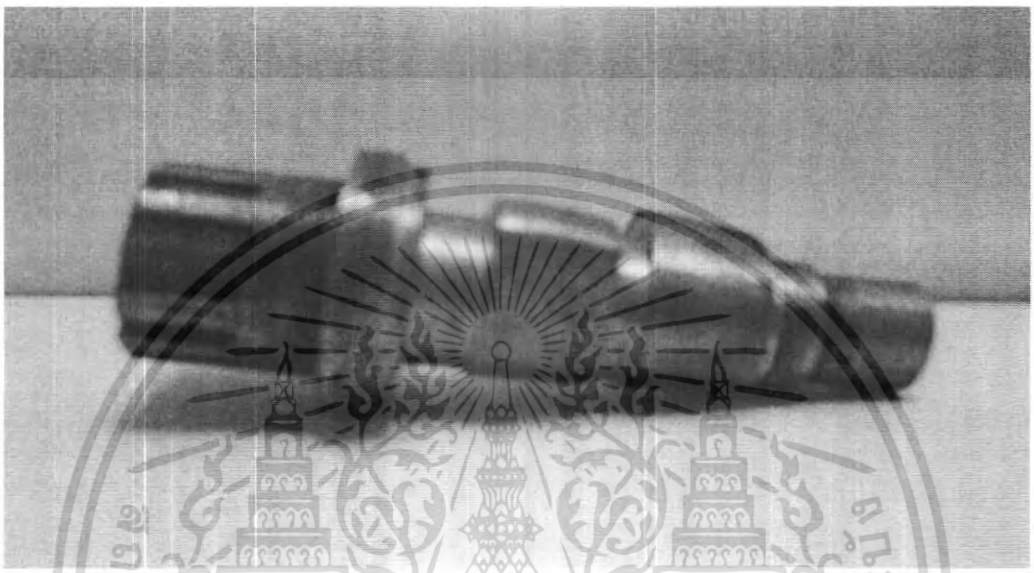
6. ค่อยๆเพิ่มแรงเบรกทีละน้อย ให้ได้ความเร็วรอบที่ต้องการวัดแล้วทำซ้ำขั้นตอนที่ 4-6 จนครบทุกค่าความเร็วรอบของเครื่องยนต์ตามที่เราต้องการทดลอง

7. ทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้และทำการวิเคราะห์พร้อมกับประเมินผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
เพลาลูกเบี้ยวสมบูรณ์

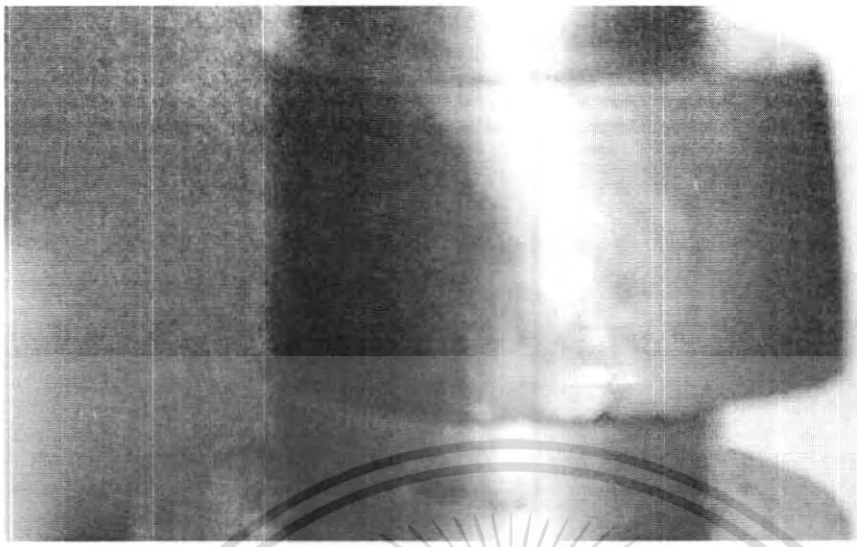
7.1 เพลาลูกเบี้ยวสมบูรณ์จากการทดลองหาองศาการเปิด - ปิดเพลาลูกเบี้ยวไอดี-ไอเสียที่เหมาะสมที่ทุกความเร็วรอบ



รูปที่ 7.1 เพลาลูกเบี้ยวสมบูรณ์

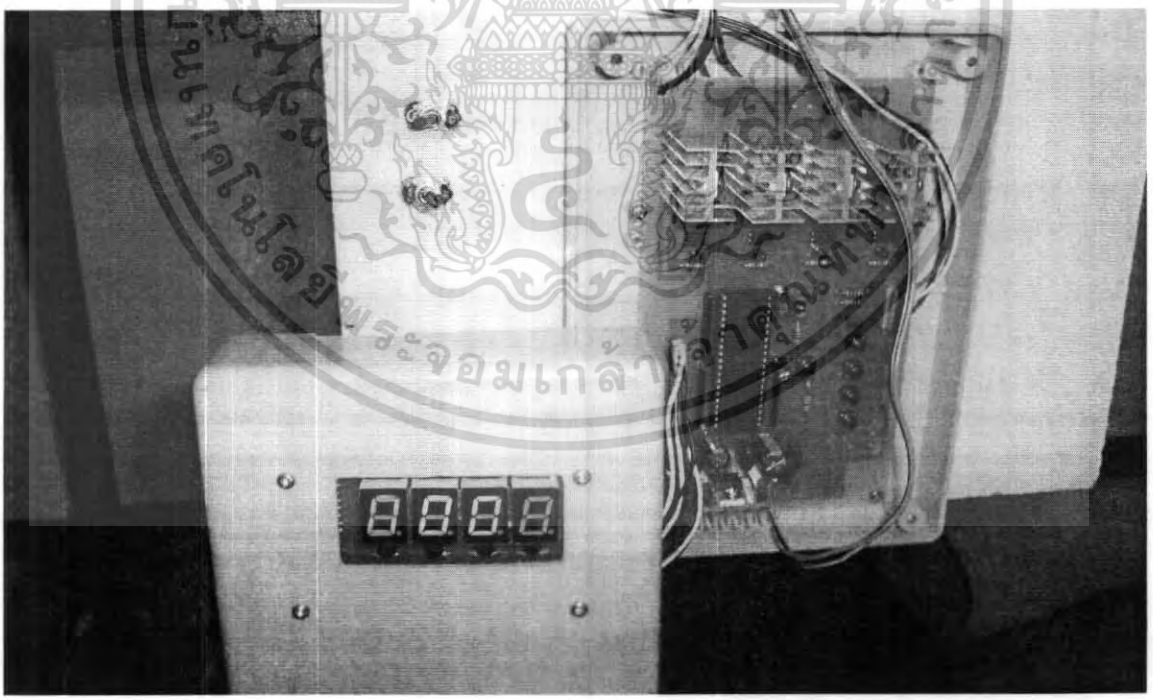
รูปที่ 7.2 เพลาลูกเบี้ยวสมบูรณ์ฝั่งไอเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.3 เพลาลูกเบี้ยวสมบูรณ์ฝั่งไอดี

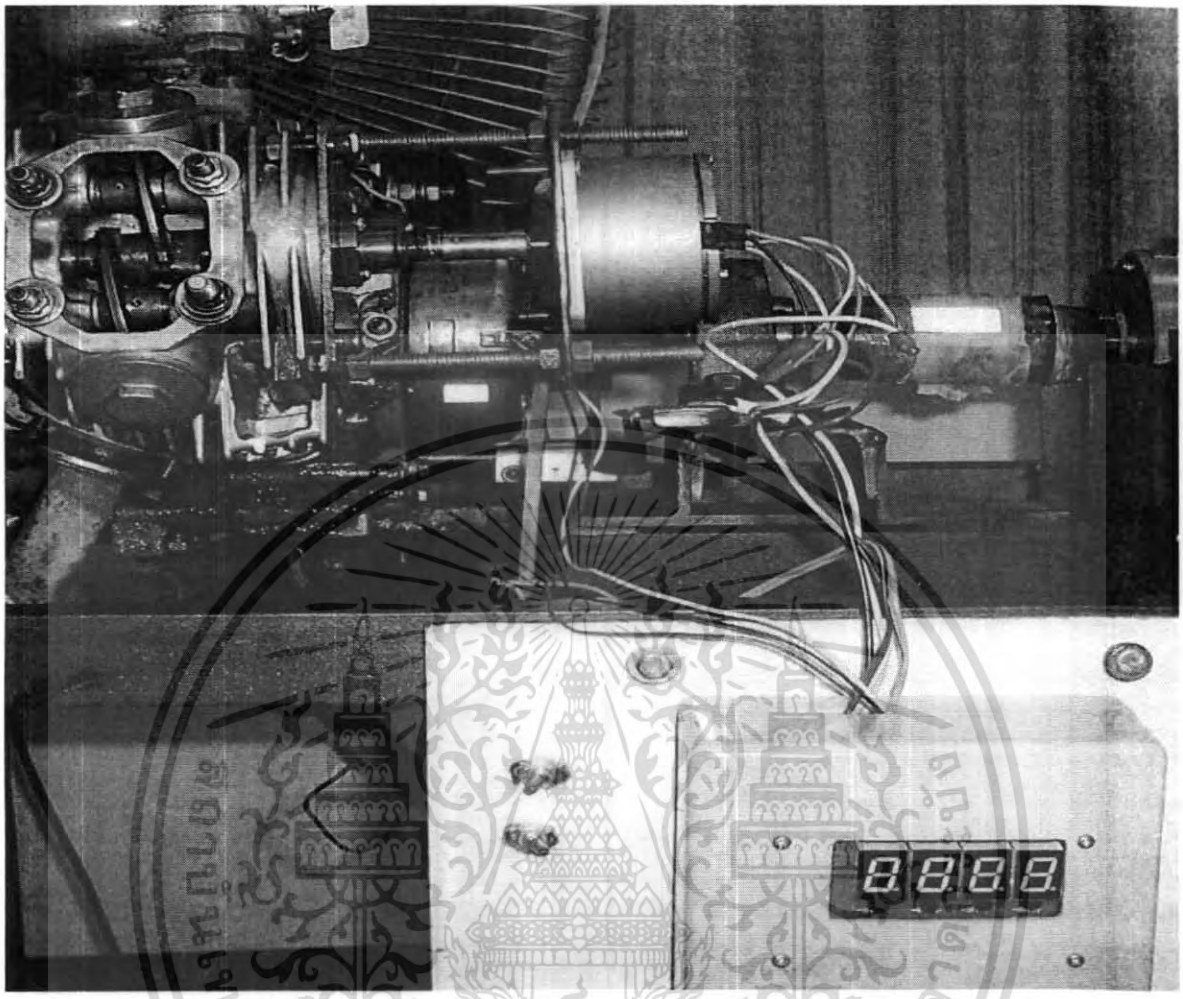
7.2 อุปกรณ์กลไกควบคุมการเคลื่อนที่ในการทดลองเพลาลูกเบี้ยวสมบูรณ์



รูปที่ 7.4 ชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของเพลาลูกเบี้ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.3 การติดตั้งชุดควบคุมเพลาลูกเบี้ยว



รูปที่ 7.5 การติดตั้งชุดควบคุมเพลาลูกเบี้ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.4 ขั้นตอนการทดลอง

1. เปิดสวิทซ์อุปกรณ์การวัดค่าต่างๆ

2. นำเพลาลูกเบี้ยวสมบูรณ์ที่ได้ใส่ในเครื่องยนต์ สตาร์ทเครื่องยนต์และทำการอุ่นเครื่องยนต์

3. เร่งเครื่องยนต์จนสุดและวัดค่าแรงดันไฟฟ้า ค่าแก๊สไอเสีย และอ่านปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ไปในเวลา 10 วินาที พร้อมทำการบันทึกผลการทดลอง

4. เพิ่มแรงเบรก เพื่อทำการลดความเร็วรอบของเครื่องยนต์ลงมาให้ได้ความเร็วรอบที่เราต้องการทดลอง โดยใช้กลไกควบคุมเลื่อนเพลาลูกเบี้ยวสมบูรณ์ให้องศาการเปิด-ปิดเพลาลูกเบี้ยวเหมาะสมกับความเร็วรอบที่ได้จากการสรุปผลการทดลองเพลาลูกเบี้ยวไอดี-ไอเสียที่ผ่านมา

5. เมื่อค่าความเร็วรอบคงที่ก็ทำการวัดแรงดันไฟฟ้า ค่าไอเสีย และอ่านปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ไปในเวลา 10 วินาที

6. คำนวณหา ค่าแรงบิด ค่าแก๊สไอเสีย แรงม้าเบรก **BHP** และค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ

7. ค่อยๆเพิ่มแรงเบรกทีละน้อย ให้ได้ความเร็วรอบที่ต้องการวัดแล้วทำซ้ำขั้นตอนที่ 4-6 จนครบทุกค่าความเร็วรอบของเครื่องยนต์ตามที่เราต้องการทดลอง

8. ทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้กับเพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน และทำการวิเคราะห์พร้อมกับประเมินผลการทดลอง

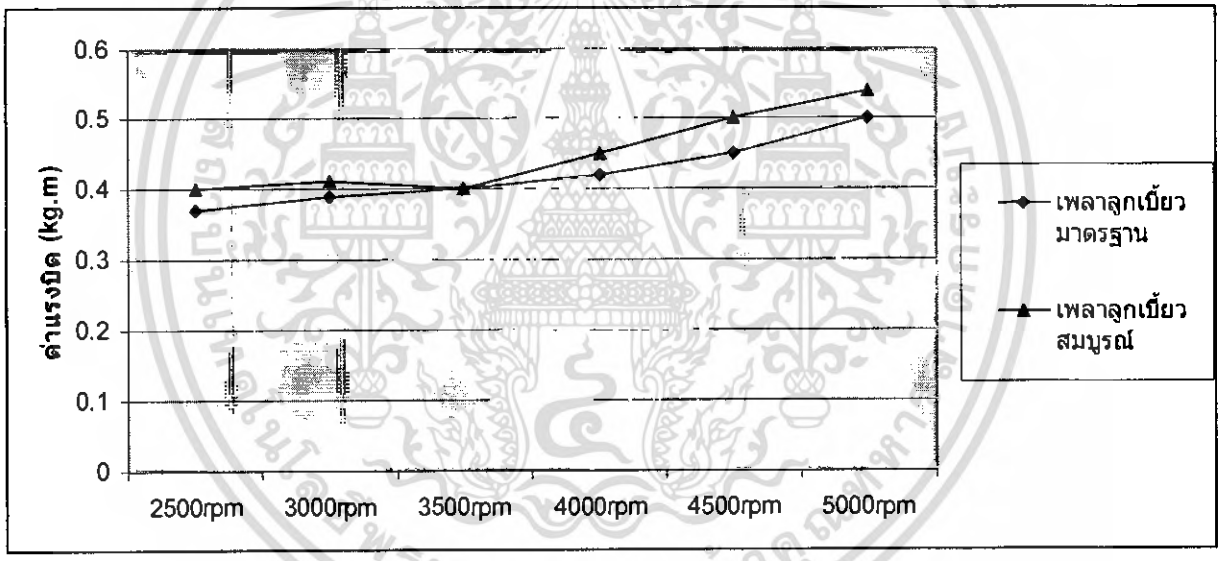
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.5 ผลการทดลองเพลาลูกเบี้ยวสมบูรณ์เทียบกับเพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน

7.5.1 ผลการทดลองค่าแรงบิด

	2500rpm	3000rpm	3500rpm	4000rpm	4500rpm	5000rpm
เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน	0.37	0.39	0.40	0.42	0.45	0.50
เพลาลูกเบี้ยวสมบูรณ์	0.40	0.41	0.40	0.45	0.50	0.54

ตารางที่ 7-1 การเปรียบเทียบค่าแรงบิด



รูปที่ 7-1 กราฟเปรียบเทียบค่าแรงบิด

<u>วิเคราะห์ผลที่ได้จากการเปรียบเทียบค่าแรงบิดจากกราฟ</u>

-ช่วงค่าความเร็วรอบของเครื่องยนต์ปานกลาง จะมีค่าแรงบิดที่ใกล้เคียงกัน

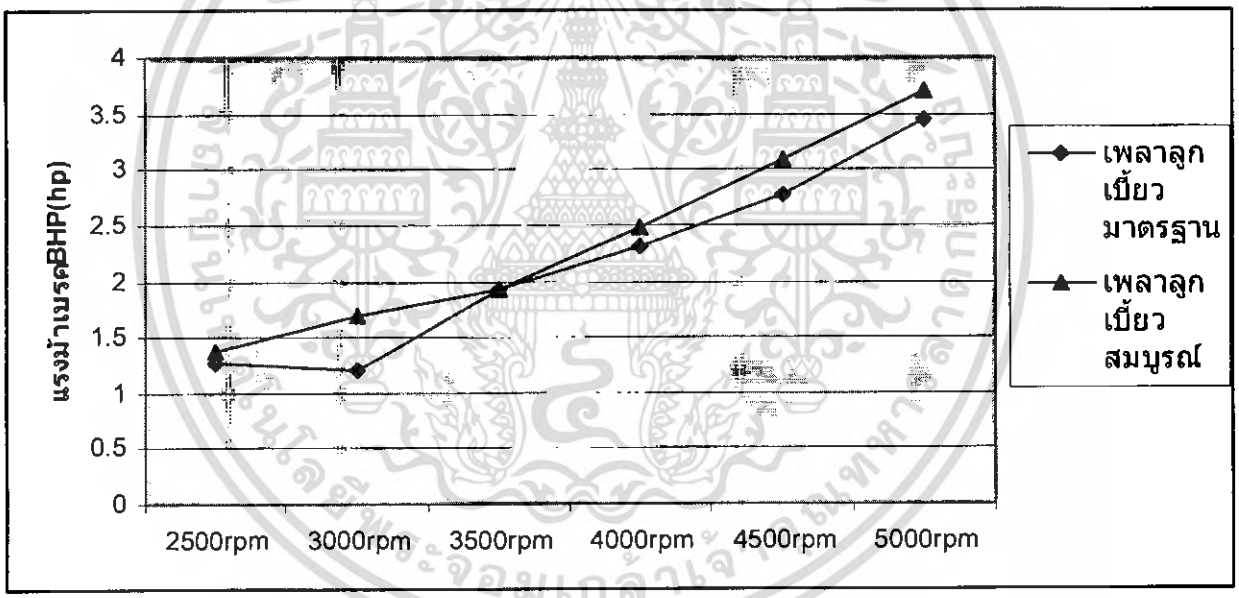
-ช่วงค่าความเร็วรอบของเครื่องยนต์ต่ำ และช่วงค่าความเร็วรอบของเครื่องยนต์สูง เพลาลูกเบี้ยวที่สมบูรณ์ จะมีค่าแรงบิดที่สูงกว่าเมื่อเทียบกับเพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.5.2 ผลการทดลองค่าแรงม้าเบรก (BHP)

	2500rpm	3000rpm	3500rpm	4000rpm	4500rpm	5000rpm
เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน	1.27	1.20	1.92	2.31	2.78	3.44
เพลาลูกเบี้ยวสมบูรณ์	1.37	1.69	1.92	2.47	3.09	3.71

ตารางที่ 7-2 การเปรียบเทียบค่าแรงม้าเบรก



รูปที่ 7-2 กราฟเปรียบเทียบค่าแรงม้าเบรก

<u>วิเคราะห์ผลที่ได้จากการเปรียบเทียบค่าแรงม้าเบรกจากกราฟ</u>

-ที่ค่าความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงๆ ของเพลาลูกเบี้ยวสมบูรณ์ จะมีค่าแรงม้าเบรกสูงกว่า เมื่อเทียบกับเพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน

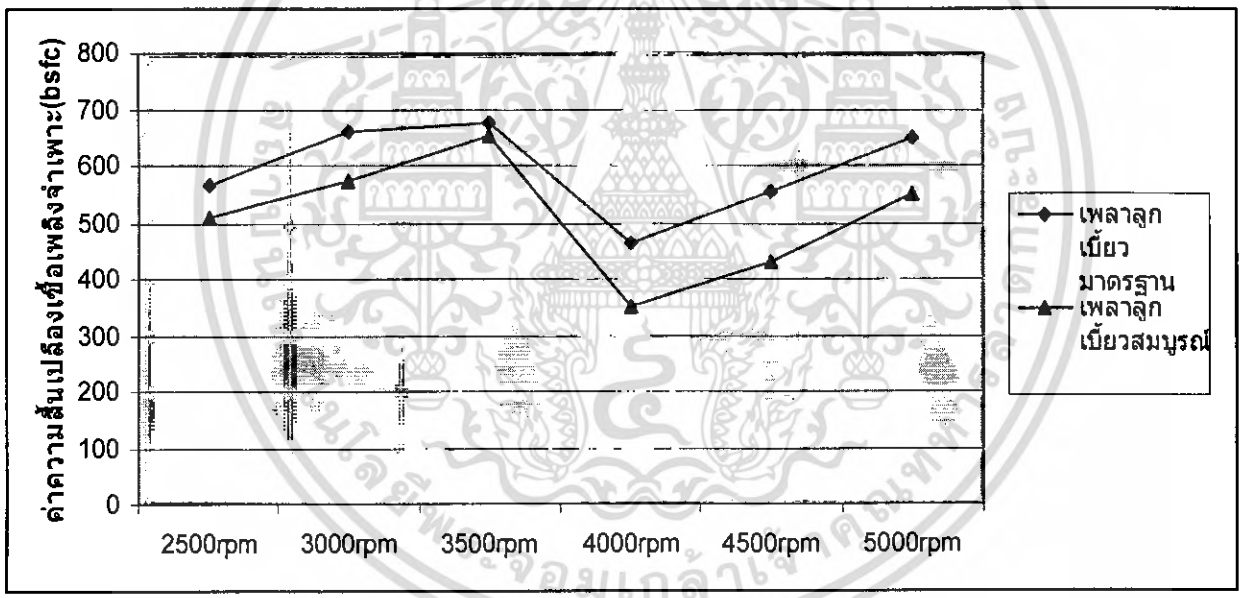
-ที่ค่าความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำๆ ของเพลาลูกเบี้ยวสมบูรณ์ จะมีค่าแรงม้าเบรกที่ใกล้เคียงกันแต่ก็ยังมีค่าแรงม้าเบรกที่สูงกว่าเล็กน้อย เมื่อเทียบกับเพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.5.3 ผลการทดลอง ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (bsfc)

	2500rpm	3000rpm	3500rpm	4000rpm	4500rpm	5000rpm
เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน	565	659	676	466	555	648
เพลาลูกเบี้ยวสมบูรณ์	510.12	574.72	653.23	352.34	429.17	550.16

ตารางที่ 7-3 การเปรียบเทียบค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ **(bsfc)**



รูปที่ 7-3 กราฟเปรียบเทียบค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ **(bsfc)**

<u>วิเคราะห์ผลที่ได้จากการเปรียบเทียบค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (Bsfc) จากกราฟ</u>

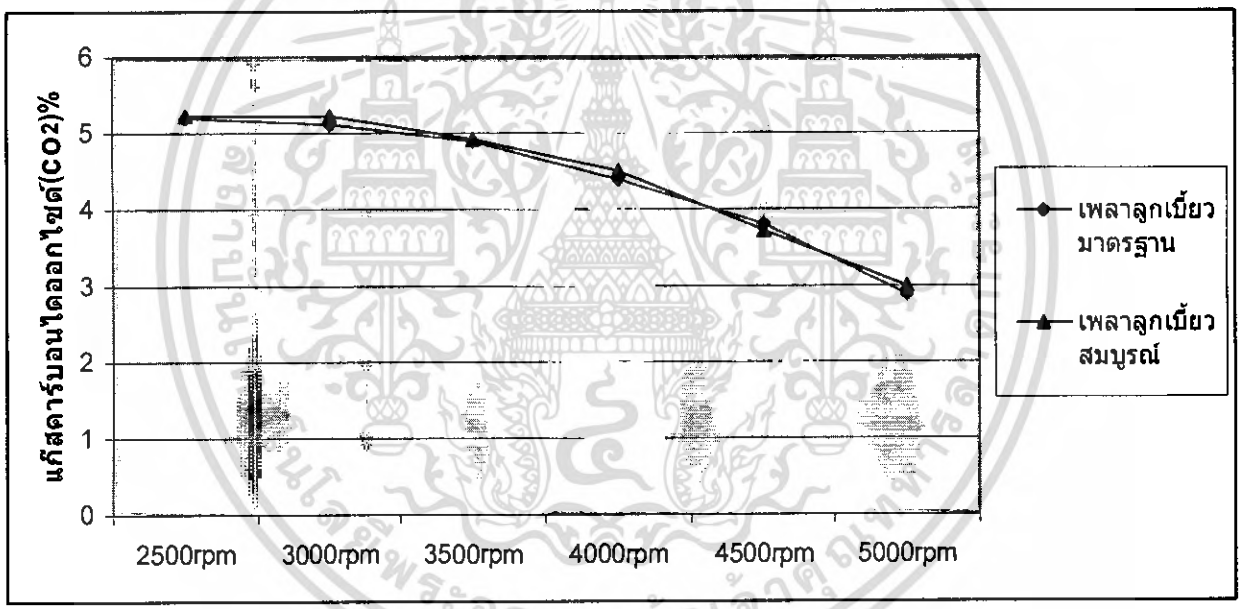
- ที่ทุกค่าความเร็วรอบเครื่องยนต์ของเพลาลูกเบี้ยวสมบูรณ์ จะมีค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะต่ำกว่า เมื่อเทียบกับเพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.5.4 ผลการทดลองค่าแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

	2500rpm	3000rpm	3500rpm	4000rpm	4500rpm	5000rpm
เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน	5.20	5.10	4.90	4.40	3.80	2.90
เพลาลูกเบี้ยวสมบูรณ์	5.23	5.21	4.93	4.51	3.72	3.00

ตารางที่ 7-4 การเปรียบเทียบค่าแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)



รูปที่ 7-4 กราฟเปรียบเทียบค่าแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

<u>วิเคราะห์ผลที่ได้จากการเปรียบเทียบค่าแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากกราฟ</u>

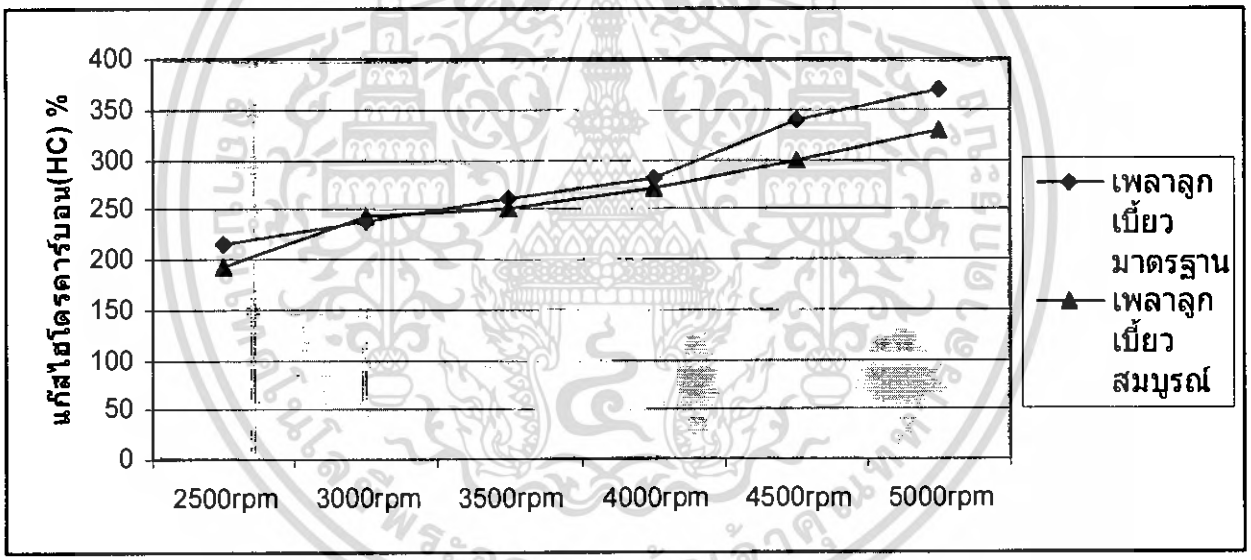
-ที่ทุกค่าความเร็วรอบเครื่องยนต์ เพลาลูกเบี้ยวสมบูรณ์ จะมีค่าเปอร์เซ็นต์แก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) สูงกว่า (แม้เพียงเล็กน้อย) เมื่อเทียบกับเพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.5.5 ผลการทดลองค่าแก๊ส ไฮโดรคาร์บอน (HC)

	2500rpm	3000rpm	3500rpm	4000rpm	4500rpm	5000rpm
เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน	215	237	260	280	340	370
เพลาลูกเบี้ยวสมบูรณ์	193	244	250	270	298	330

ตารางที่ 7-5 การเปรียบเทียบค่าแก๊สไฮโดรคาร์บอน (**HC**)



รูปที่ 7-5 กราฟเปรียบเทียบค่าแก๊ส ไฮโดรคาร์บอน (**HC**)

<u>วิเคราะห์ผลที่ได้จากการเปรียบเทียบค่าแก๊ส ไฮโดรคาร์บอน (HC) จากกราฟ</u>

-ที่ค่าความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่รอบต่ำๆและที่รอบปานกลาง เพลาลูกเบี้ยวสมบูรณ์ จะมีค่าแก๊ส ไฮโดร คาร์บอน (**HC**) ที่ใกล้เคียงกันมาก

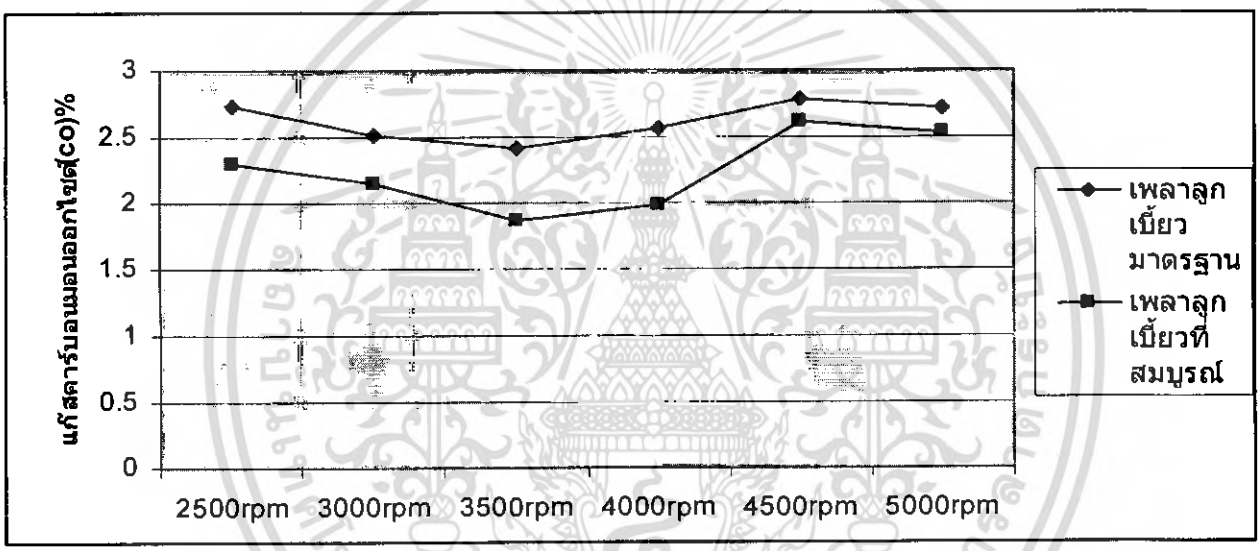
-ที่ค่าความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่รอบปานกลางถึงสูงๆ เพลาลูกเบี้ยวสมบูรณ์ จะมีค่าแก๊สไฮโดร คาร์บอน (**HC**) ที่ต่ำกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.5.6 ผลการทดลองค่าแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

	2500rpm	3000rpm	3500rpm	4000rpm	4500rpm	5000rpm
เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน	2.73	2.51	2.41	2.56	2.78	2.72
เพลาลูกเบี้ยวที่สมบูรณ์	2.30	2.15	1.87	1.98	2.62	2.53

ตารางที่ 7-6 การเปรียบเทียบค่าแก๊ส คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)



รูปที่ 7-6 กราฟเปรียบเทียบค่าแก๊ส คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

<u>วิเคราะห์ผลที่ได้จากการเปรียบเทียบค่าแก๊ส คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) จากกราฟ</u>

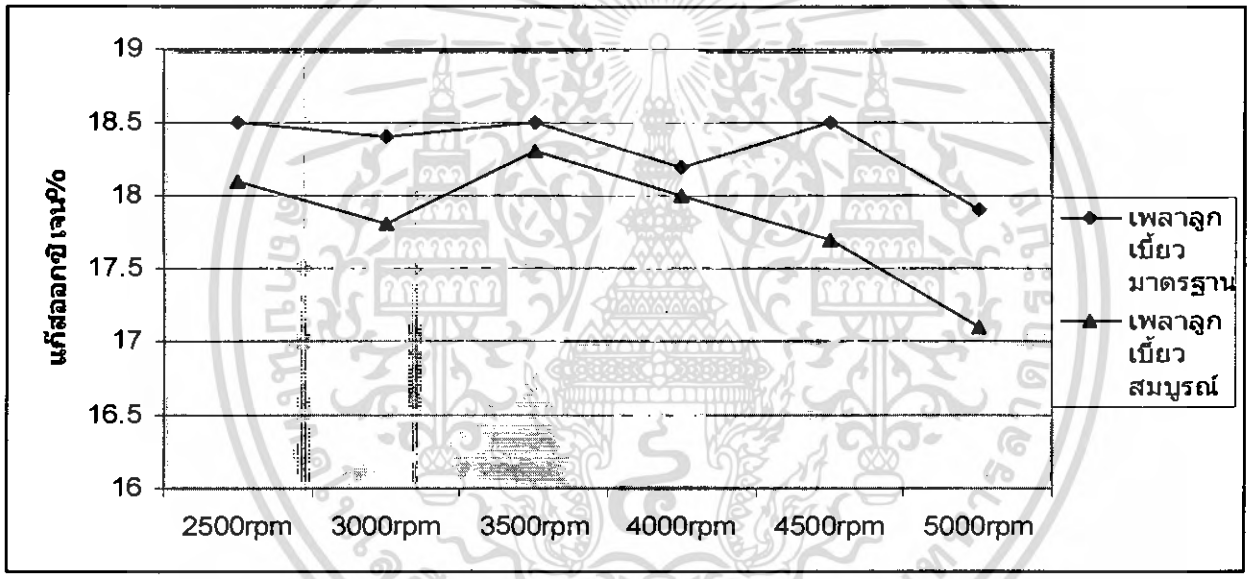
-ที่ทุกๆค่าความเร็วรอบ เพลาลูกเบี้ยวที่สมบูรณ์ จะมีค่าแก๊ส คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับเพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.5.7 ผลการทดลองค่าแก๊สออกซิเจน (O_2)

	2500rpm	3000rpm	3500rpm	4000rpm	4500rpm	5000rpm
เพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน	18.5	18.4	18.5	18.2	18.5	17.9
เพลาลูกเบี้ยวที่สมบูรณ์	18.1	17.8	18.3	18	17.7	17.1

ตารางที่ 7-7 การเปรียบเทียบค่าแก๊สออกซิเจน



รูปที่ 7-7 กราฟเปรียบเทียบค่าแก๊สออกซิเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.6 สรุปผลการทดลองเพลาลูกเบี้ยวสมบูรณ์

จากสมรรถภาพของเพลาลูกเบี้ยวสมบูรณ์ที่ทำขึ้นมาใหม่และตัวควบคุมการเคลื่อนที่ของเพลาลูกเบี้ยวของเพลาลูกเบี้ยวสมบูรณ์ตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ซึ่งมีผลทำให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นโดยวัดได้จากตัวแปลดังนี้ เช่น ค่าแรงบิด ค่าแรงม้าเบรค เป็นตัวบงชี้ให้เห็นถึงประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นของเครื่องยนต์ โดยค่าแรงบิดจะมีค่าเพิ่มขึ้นจากช่วงของโอเวอร์แล็ปโดยจะแบ่งตามความเร็วรอบคือในช่วงความเร็วรอบต่ำช่วงของโอเวอร์แล็ปจะมีช่วงองศาที่แคบจึงทำให้เครื่องยนต์มีค่าแรงบิดที่เพิ่มขึ้นและในช่วงความเร็วรอบสูงช่วงโอเวอร์แล็ปจะเปิดกว้างมีช่วงองศาที่กว้างขึ้นจึงทำให้เครื่องยนต์มีค่าแรงบิดและค่าแรงม้าเบรกเพิ่มขึ้นด้วย

การวัดสมรรถภาพของเพลาลูกเบี้ยวสมบูรณ์อีกอย่างหนึ่งก็คือ

- ค่าแรงบิด

แรงบิดที่ได้จากเพลาลูกเบี้ยวสมบูรณ์จะสูงกว่าเพลาลูกเบี้ยวมาตรฐานในช่วงรอบต่ำเล็กน้อย ส่วนรอบสูงแรงบิดจะสูงกว่าอย่างเห็นได้ชัด เพราะการเข้าของไอดีและการคายไอเสียทำได้เต็มที่ โดยที่คันเร่งยังคงเดิม

- ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในรอบต่ำ เพลาลูกเบี้ยวสมบูรณ์จะประยัดกว่าเพลาลูกเบี้ยวมาตรฐาน เนื่องจากการเปิด-ปิดลิ้นไอดีและไอเสียจะมีค่าโอเวอร์แล็ปน้อย ในรอบกลางความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงใกล้เคียงกัน ส่วนรอบสูงจะประยัดกว่าลูกเบี้ยวมาตรฐาน โดยภาพรวมแล้วลูกเบี้ยวสมบูรณ์จะประยัดเชื้อเพลิงเฉลี่ยประมาณ 20%

- การวัดปริมาณไอเสีย

ปริมาณไอเสียโดยรวมจะลดลงเล็กน้อยในทุกความเร็วรอบเนื่องจากเครื่องยนต์ที่ทำการทดลองสภาพ 70%

7.7 ข้อเสนอแนะ

7.7.1 ระหว่างการทดลอง ควรเติมน้ำมันหล่อลื่นที่เพลาลูกเบี้ยวเพื่อลดความร้อนที่เกิดจากการเสียดสีกับกระเดื่องกดวาล์วในระหว่างการเคลื่อนที่เข้าออกตามความเร็วรอบ

7.7.2 ระหว่างการทดลอง ความร้อนที่ท่อไอเสียจะเกิดขึ้นมากจนท่อเปลี่ยนเป็นสีแดงปนส้ม จึงควรจะมีการใช้พัดลมตัวใหญ่เข้ามาช่วยเพื่อที่จะไม่ให้ร้อนเกินไป และไม่ควรให้ใกล้กับน้ำมัน แต่อาจจะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ของแก๊สที่ได้มีค่าที่คลาดเคลื่อนเล็กน้อย

7.7.3 การเจียรเพลาควรจะมีอุปกรณ์ที่ป้องกันได้ดีไม่ให้เครื่องเจียรหรือเศษเจียร มาโดนส่วนต่างๆ ของร่างกาย และเพื่อเป็นการช่วยลดอุบัติเหตุให้มีความปลอดภัยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.7.4 ไม่ควรแช่สายวัดเปอร์เซ็นต์แก๊สจากเครื่องวัดแก๊สไว้นานเกิน 15 นาที เพราะจะทำให้สายร้อนและค่าเปอร์เซ็นต์แก๊สที่ได้อาจจะคลาดเคลื่อน

7.7.5 การทำลูกเบี้ยวมีขั้นตอนในการทำค่อนข้างซับซ้อน ควรจะมีการวางแผนในการทำงานให้รัดกุมเพื่อให้ได้ระยะเวลาการทำงานที่เหมาะสม โดยนำเอาคำชี้แนะและคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปใช้ให้มากที่สุด

7.7.6 ในระหว่างก่อนการทดลองควรมีการตรวจสอบเซนเซอร์ไม่ให้โดนน้ำมันหรือความร้อน

7.7.7 ไม่ควรให้มีน้ำมันหรือสิ่งสกปรกต่างๆเกาะที่บริเวณวงจรควบคุมอาจทำให้วงจรได้รับความเสียหายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] อุดส่าห์ จิรากร, เชื้อ ชูชำ, **"เครื่องยนต์สันดาปภายใน"** , บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด(มหาชน), 2542

[2] ประสานพงษ์ หาเรือนชีพ, นภดล คำมณี, **"ทฤษฎีและปฏิบัติเครื่องยนต์แก๊สโซลีน"** , บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด(มหาชน) ,2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้