สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รถยนต์ประหยัดเชื้อเพลิง

ECONO POWER CAR

นายณัฐพงศ์ วงษ์สาอยู่
นายเดชสิทธิ์ ทัศนา
นายทรงเกียรติ ชินธเนศ

อาจารย์ที่ปรึกษา
ผศ. ธวัชชัย นาคพิพัฒน์
อ. พงษ์ศักดิ์ คำมูล
รศ. สมชัย นรเศรษฐโสภณ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 36827
วัน, เดือน, ปี 29 ส.ค. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ECONO POWER CAR

MR. NATTHAPONG WONGSAYOO

MR. DETCHASIT TASSANA

MR. SONGKIAT CHINTHANET

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE ERQUEREMENTS FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

1999

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2542

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง รถประหยัดเชื้อเพลิง

ผู้จัดทำ

1.นายณัฐพงศ์ วงษ์สาอยู่

2.นายเดชสิทธิ์ ทัศนา

3.นายทรงเกียรติ ชินธเนศ

อาจารย์ที่ปรึกษา

(.....)

(ผศ. ธวัชชัย นาคพิพัฒน์)

(.....)

(อ. พงษ์ศักดิ์ คำมูล)

(.....)

(รศ. สมชัย นรเศรษฐโสภณ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	**รถประหยัดเชื้อเพลิง**
นักศึกษา	**นายณัฐพงศ์ วงษ์สาอยู่**
	นายเดชสิทธิ์ ทัศนา
	นายทรงเกียรติ ชินธเนศ
ระดับการศึกษา	**วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล**
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.	**2542**
อาจารย์ควบคุมวิทยานิพนธ์	
	ผศ. ธวัชชัย นาคพิพัฒน์
	อ. พงษ์ศักดิ์ คำมูล
	รศ. สมชัย นรเศรษฐโสภณ

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษา พัฒนา และจัดสร้างรถยนต์ประหยัดเชื้อเพลิงขนาดเล็ก โดยการพิจารณาถึงองค์ประกอบต่างๆที่มีผลต่อการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง อันได้แก่ น้ำหนักรวมของตัวรถ ระบบส่งกำลัง การปรับแต่งเครื่องยนต์ รวมไปถึงชุดตัวถังที่ใช้ลดแรงต้านจากลมสำหรับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ จะแสดงถึงวิธีการสร้างชิ้นส่วนต่างๆของรถยนต์ประหยัดเชื้อเพลิงรวมไปถึงการปรับแต่งเครื่องยนต์ให้มีประสิทธิภาพเหมาะสมต่อการใช้งานที่รอบต่ำอันเป็นรอบที่จะมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงต่ำและมีกำลังที่เหมาะสมกับขนาดของรถยนต์ขนาดเล็กซึ่งจะมีการทำงานของเครื่องยนต์ที่รอบต่ำ และใช้ความเร็วในการเดินทางไม่มากนัก ในการปรับปรุงเครื่องยนต์จะมุ่งเน้นการปรับปรุงในส่วนของเพลาลูกเบี้ยว,ระบบจุดระเบิดและองค์ประกอบย่อยต่างๆของเครื่องยนต์ไม่ว่าจะเป็นลูกสูบ,ก้านสูบและอื่นๆ ซึ่งในส่วนการปรับปรุงเพลาลูกเบี้ยวจะมีการเปรียบเทียบค่าการยกตัวของวาล์วที่ระดับต่างๆ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของเครื่องยนต์และการเปลี่ยนแปลงของอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันของเครื่องยนต์ภายหลังการปรับปรุง และในส่วนของการปรับปรุงระบบจุดระเบิดนั้นได้มีการปรับเปลี่ยนระบบจุดระเบิดจากระบบจุดระเบิดแบบ คอนแท็ค เบรคเกอร์ ซีดีไอ ไปเป็นระบบจุดระเบิดแบบแมกเนติก ซีดีไอซึ่งให้กระแสไฟที่มากขึ้น รวมถึงการพัฒนาระบบส่งถ่ายกำลังแบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพโดยนำระบบการส่งถ่ายกำลังแบบ ซีวีที แบบไม่มีสายพานมาใช้ในการประยุกต์ ซึ่งในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ยังรวมไปถึงทฤษฎี หลักการและการคำนวณทั้งหมดในการสร้างรถยนต์ประหยัดเชื้อเพลิงด้วย ซึ่งแนวทางในการปรับปรุงเครื่องยนต์และพัฒนารถยนต์ประหยัดเชื้อเพลิงขนาดเล็กให้มีการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงต่ำแต่สามารถวิ่งได้ระยะทางมากขึ้นต่อไปได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title ECONO POWER CAR

Student Mr. Nuttapong Wongsayoo

Mr. Detchasit Tassana

Mr. Zongkiat Chinthanet

Level of study Bachelor of engineering in Mechanical Engineering

Kingmongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Year 1999

Thesis Advisor Tawatchai Nakpipat

Pongsak Kummool

Somchai Norrasetsopon

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to present research, develop and build the economic power car. There are many things that effect to the fuel consumption rate, our consideration considered are consist of the total weight of the car, transmission system , modifying engine and include the body of econo power car which is used to decrease a wind drag. In this thesis would show the economic power car's construction method and include the modifying engine which give optimum efficiency which is used at low enginespeed. We tried to change the behavior of the standard engine to safe fuel consumption and gave high power at the low speed. Engine performance can be developed by change valve lift thus the camshaft should be modified. For ignition system , we applied the CDI ignition system to magnetic CDI ignition system that give a higher voltage. For a new Transmission system,we developed its that has efficiency, by useing cvt(beltless) transmission system .Theory , principle and calculation are included in this thesis. The experiment result would show the different of fuel consumption and the behavior of the engine between the standard camshaft and modified camshaft. In addition, the better result both economic fuel consumption and good performance of engine and driving are obtained.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	1
ABSTRACT	2
สารบัญ	-
สารบัญแสดงภาพ	-
สารบัญแสดงตาราง	-
บทที่ 1 INTRODUCTION	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและการออกแบบ	13
2.1 โครงรถ	13
2.1.1 หลักการออกแบบโครงสร้างหลักของรถประหยัดเชื้อเพลิง	13
2.1.2 หลักการคำนวณ	17
2.2 ระบบบังคับเลี้ยว	18
2.2.1 การพัฒนาของระบบบังคับเลี้ยว	18
2.2.2 การตั้งศูนย์ล้อหน้า	19
2.2.3 กลไกบังคับเลี้ยวแบบอัคเคมาล	23
2.2.4 เงื่อนไขพื้นฐานสำหรับการกลิ้งอย่างแท้จริง	24
2.3 ระบบส่งถ่ายกำลัง	24
2.3.1 ทฤษฎีและหลักการ	25
2.3.2 หลักการทำงาน	26
2.4 เครื่องยนต์	28
2.4.1 ทฤษฎีและหลักการของเครื่องยนต์	28
2.4.2 แบบของห้องข้อเหวี่ยง	36
2.4.3 โครงสร้างและหน้าที่ของชิ้นส่วนหลักเครื่องยนต์ 4 จังหวะ	36
2.4.4 โครงสร้างและการทำงานเบื้องต้นเครื่องยนต์ 4 จังหวะ	45
2.4.5 ระบบจุดระเบิดแบบโซลิดสเตท	51
2.4.6 ระบบซีดีโอ	51
บทที่ 3 การสร้างชิ้นส่วนและการประกอบ	62
3.1 การสร้างชิ้นส่วนและการประกอบโครงสร้างหรือโครงรถของรถประหยัดเชื้อเพลิง	62
3.1.1 การสร้างชิ้นส่วน	63
3.1.2 การประกอบ	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การลดน้ำหนักของชิ้นส่วนและการประกอบในส่วนของเครื่องยนต์ 66
3.2.1 การลดน้ำหนัก 66
3.2.2 การประกอบ 68
3.3 การสร้างชิ้นส่วนและการประกอบชุดเลื่อนเครื่องยนต์ 68
3.3.1 การสร้างชิ้นส่วน 69
3.3.2 การประกอบ 71
3.4 การสร้างชิ้นส่วนและการประกอบอื่น ๆ 72
3.4.1 การสร้างชิ้นส่วนและการประกอบชุดส่งผ่านน้ำมันเครื่อง 72
3.4.2 การสร้างชิ้นส่วนและการประกอบดุมล้อ 73
3.4.3 การสร้างชิ้นส่วนและการประกอบชุดบังคับเลี้ยว 75
3.4.4 การสร้างชิ้นส่วนและการประกอบแฮนบังคับทิศทาง 76
3.4.5 การสร้างชิ้นส่วนและการประกอบชุดดึงเครื่องยนต์ ให้กรวยออกจากล้อ 78
3.4.6 การสร้างชิ้นส่วนและการประกอบชุดดึงเครื่องยนต์ ให้กรวยอัตราทดเข้าหาล้อตลอดเวลา 79
3.4.7 การสร้างชิ้นส่วนและการประกอบชุดเบรค 80
3.4.8 การสร้างชิ้นส่วนและการประกอบกรวยเพิ่ม-ลดอัตราทด 81
3.4.9 การสร้างชิ้นส่วนและการประกอบชุดไฟและชุดจุดระเบิด 84
3.4.10 การสร้างชิ้นส่วนและการประกอบท่อไอเสีย 84
3.4.11 การทำตัวถังต้นแบบและการสร้างตัวถังจริง 85
3.4.12 การติดตั้งตัวถังไฟเบอร์เข้ากับตัวรถ 92
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 93
4.1 การทดลองเพื่อสร้าง Camprofile เพื่อหา Over Lap 93
4.2 การทดลองหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแบบไม่มีภาระ 97
4.3 การทดลองหาค่าความยาวของท่อไอเสียที่เหมาะสมที่สุด 100
4.4 การทดลองหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแบบมีภาระ 100
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและวิจารณ์ 102
บทที่ 6 เอกสารอ้างอิงและกิตติกรรมประกาศ 104
ภาคผนวก 105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญแสดงรูปภาพ

หน้า

บทที่ 1 Introduction

รูปที่ 1.1 Population / One Two-Wheeler (as of the end of 1993) 5

รูปที่ 1.2 Two-Wheelers in use (as of the end of 1993) 6

รูปที่ 1.3 Motor Vehicle Production (1994) 7

รูปที่ 1.4 Motor Vehicle / 1,000 Persons 8

รูปที่ 1.5 Effect Automative Engines 9

รูปที่ 1.6 กราฟแสดงผลกระทบต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในแต่ละปีที่มาจากรถยนต์ 10

รูปที่ 1.7 The Demand of Transport Fuel at 1995 and 2010 11

บทที่ 2 ทฤษฎีและการออกแบบ

รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างแบบสเปซเฟรม 14

รูปที่ 2.2 แสดงการรับแรงของคัสซี 17

รูปที่ 2.3 แสดงระบบบังคับเลี้ยว , ระบบมุมที่ 5 และระบบอัคเคมาล 19

รูปที่ 2.4 แสดงมุมแคสเตอร์ 19

รูปที่ 2.5 แสดงมุมแคมเบอร์ 20

รูปที่ 2.6 แสดงมุมเอียงแกนเลี้ยวล้อ 21

รูปที่ 2.7 แสดงการเปรียบเทียบการเลี้ยวของรถที่ล้อทุกล้อ
ร่วมจุดศูนย์กลางเดียวกันและไม่ร่วมจุดศูนย์กลางเดียวกัน 22

รูปที่ 2.8 ระบบบังคับเลี้ยวแบบอัคเคมาล 23

รูปที่ 2.9 แสดงกลไก 4 bar ของระบบบังคับเลี้ยว 24

รูปที่ 2.10 กรวยส่งกำลัง 27

รูปที่ 2.11 ลักษณะการส่งถ่ายกำลังของเกียร์สูงและต่ำ 27

รูปที่ 2.12 ระยะชัก 28

รูปที่ 2.13 มุมเพลาข้อเหวี่ยง 29

รูปที่ 2.14 อัตราส่วนการอัด 30

รูปที่ 2.15 แรงบิด 32

รูปที่ 2.16 ชุดเฟือง 32

รูปที่ 2.17 Torque Curve 33

รูปที่ 2.18 แรงกระทำให้สลักข้อเหวี่ยงเคลื่อนที่ 34

รูปที่ 2.19 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของเครื่องยนต์กับแรงม้า 35

รูปที่ 2.20 ชุดฝาสูบ 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.21 ลิ้น 38
รูปที่ 2.22 สปริงลิ้น 39
รูปที่ 2.23 แบบเพลาราวลิ้นเดี่ยว 40
รูปที่ 2.24 ตัวขับความตึงโซ่ 42
รูปที่ 2.24 แบบปรับโดยอัตโนมัติ 42
รูปที่ 2.26 เสื้อสูบ 43
รูปที่ 2.27 ลูกสูบ 44
รูปที่ 2.28 แหวนลูกสูบ 44
รูปที่ 2.29 เครื่องยนต์ 4 จังหวะ 46
รูปที่ 2.30 การทำงานของเครื่องยนต์จังหวะดูด 46
รูปที่ 2.31 การทำงานของเครื่องยนต์จังหวะอัด 47
รูปที่ 2.32 การทำงานของเครื่องยนต์จังหวะระเบิด 47
รูปที่ 2.33 การทำงานของเครื่องยนต์จังหวะคาย 48
รูปที่ 2.34 ตำแหน่งการปิดเปิดของลิ้น 49
รูปที่ 2.35 เพลาราวลิ้นเดี่ยวบนฝาสูบ 50
รูปที่ 2.36 ระบบจุดระเบิดซีดีโอ 52
รูปที่ 2.37 ไทริสเตอร์ 53
รูปที่ 2.38 โครงสร้างของ SCR 54
รูปที่ 2.39 ส่วนประกอบและวงจรของระบบจุดระเบิดแบบซีดีไอ 54
รูปที่ 2.40 หลักการทำงานของระบบจุดระเบิดแบบซีดีไอ 55
รูปที่ 2.41 หลักการทำงานของระบบจุดระเบิดแบบซีดีไอ 56
รูปที่ 2.42 หลักการทำงานของระบบจุดระเบิดแบบซีดีไอ 57
รูปที่ 2.43 ระบบจุดระเบิดซีดีไอใช้กระแสสลับ 58
รูปที่ 2.44 หลักการทำงานเบื้องต้นของการเร่งไฟให้แก่ขึ้นหรืออ่อนลง 59
รูปที่ 2.45 วงจรเลือกจังหวะระเบิด 60
รูปที่ 2.46 จังหวะการระเบิด 60
รูปที่ 2.47 การทำงานเบื้องต้นของระบบจุดระเบิดซีดีไอใช้กระแสตรง 61

บทที่ 3 การสร้างชิ้นส่วนและการประกอบ

รูปที่ 3.1 โครงรถ 62
รูปที่ 3.2 โครงรถของรถประหยัดเชื้อเพลิง 64
รูปที่ 3.3 โครงรถประหยัดเชื้อเพลิง 65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.4 เครื่องยนต์ที่ทำการตัดทางเดินน้ำมันเครื่องบริเวณฝาสูบ และกระบอกสูบ 66
รูปที่ 3.5 เครื่องยนต์ที่ตัดห้องข้อเหวี่ยงและฝาครอบ ชุดไฟออกบางส่วน 68
รูปที่ 3.6 ชุดเลื่อนเครื่องยนต์ 69
รูปที่ 3.7 ส่วนประกอบชุดเลื่อนเครื่องยนต์ 71
รูปที่ 3.8 ชุดดุมล้อ 73
รูปที่ 3.9 ส่วนประกอบชุดดุมล้อ 74
รูปที่ 3.10 ชุดบังคับเลี้ยว 75
รูปที่ 3.11 ส่วนประกอบชุดบังคับเลี้ยว 76
รูปที่ 3.12 แฮนบังคับทิศทาง 77
รูปที่ 3.13 ชุดดึงเครื่องช่วงขณะขับล้อ 78
รูปที่ 3.14 ชุดดึงเครื่องช่วงถอนกำลัง 79
รูปที่ 3.15 ชุดเบรคก้ามปู 80
รูปที่ 3.16 กรวยส่งกำลัง 82
รูปที่ 3.17 ชุดไฟจุดระเบิด 84
รูปที่ 3.18 ตัวถังรถประหยัดเชื้อเพลิง 86
บทที่ 4 การทดสอบและผลการทดลอง 95
รูปที่ 4.1 Camprofile เมื่อทำการลดระยะวาล์วลง 0.2 95
รูปที่ 4.2 Camprofile เมื่อทำการลดระยะวาล์วลง 0.3 95
รูปที่ 4.3 Camprofile เมื่อทำการลดระยะวาล์วลง 0.4 96
รูปที่ 4.4 Camprofile เมื่อทำการลดระยะวาล์วลง 0.5 96
รูปที่ 4.5 Camprofile เมื่อทำการลดระยะวาล์วลง 0.7 96
รูปที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเมื่อไม่มีภาระ 97
รูปที่ 4.7 แสดงเวลาที่ใช้ในการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่รอบเครื่องยนต์และองศาการจุดระเบิดต่าง ๆ ของ Camshaft เมื่อทำการลดระยะวาล์วลง 0.7 มม. 98
รูปที่ 4.8 แสดงเวลาที่ใช้ในการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่รอบเครื่องยนต์และองศาการจุดระเบิดต่าง ๆ ของ Camshaft เมื่อทำการลดระยะวาล์วลง 0.5 มม. 99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญแสดงตาราง

หน้า

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 ผลของเวลาที่ใช้ในการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่รอบเครื่องยนต์และองศาการจุดระเบิดต่าง ๆ ของ Camshaft เมื่อทำการลดระยะวาล์วลง 0.7 มม. 98

ตารางที่ 4.2 ผลของเวลาที่ใช้ในการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่รอบเครื่องยนต์และองศาการจุดระเบิดต่าง ๆ ของ Camshaft เมื่อทำการลดระยะวาล์วลง 0.5 มม. 99

ตารางที่ 4.3 ผลของการใช้ Camshaft เมื่อทำการลดระยะวาล์วลง 0.5 มม. ที่ 6 องศาไฟอ่อนกว่ามาตรฐานที่รอบเครื่องยนต์ 1,200 รอบ / นาที 101

ตารางที่ 4.4 ผลของการใช้ Camshaft เมื่อทำการลดระยะวาล์วลง 0.7 มม. ที่ 6 องศาไฟอ่อนกว่ามาตรฐานที่รอบเครื่องยนต์ 1,200 รอบ / นาที 101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1

introduction

จุดประสงค์การดำเนินงาน

ในปัจจุบันพลังงานรูปแบบต่างๆ บนโลกได้ถูกนำมาใช้อย่างมากมายมหาศาลในแต่ละนาที โดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังงานเชื้อเพลิงประเภทน้ำมัน และเมื่อมีการใช้ก็ย่อมมีการหมดสิ้นไป ในขณะเดียวกันเมื่อมีการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงก็จะก่อให้เกิดก๊าซพิษต่างๆ ที่เป็นอันตรายต่อร่างกายรวมถึงสภาพสิ่งแวดล้อม ดังนั้น ทางคณะผู้จัดทำจึงทำการคิดค้นและพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ให้ได้ยานยนต์ที่มีประสิทธิภาพ และประหยัดพลังงานเชื้อเพลิง ซึ่งจะเป็นการชะลอการหมดสิ้นของพลังงานบนโลกให้ช้าลง รวมทั้งเมื่อเกิดการประหยัดเชื้อเพลิงจะทำการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงน้อยลง อันจะเป็นการช่วยลดมลภาวะทางอากาศของโลกได้อีกทางหนึ่ง ซึ่งวัตถุประสงค์หลักก็เพื่อให้เป็นการคิดค้นและพัฒนายานยนต์ รวมถึงเครื่องยนต์ให้มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงโดยให้เกิดการเผาไหม้และสิ้นเปลืองพลังงานน้อยที่สุด และได้ระยะทางในการเดินทางมากที่สุดให้ได้ยานยนต์และเครื่องยนต์ที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานเชื้อเพลิง ซึ่งจะนำไปสู่การช่วยลดมลภาวะทางอากาศอีกทางหนึ่ง

องค์ประกอบที่มีผลต่อการสิ้นเปลืองพลังงานเชื้อเพลิง (Factor of Fuel Consumtion)

1. ประสิทธิภาพความร้อนของเครื่องยนต์ (Engine Thermal Efficiency)

- การเผาไหม้ (Combustion)
- ค่าสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทาน (Friction Loss)

2. แรงต้านจากการวิ่ง (Running Resistance)

- อากาศ (Air Resistance)
- การกลิ้ง (Rolling Resistance)
- ความเร่ง (Acceleration Resistance)
- การไต่เนิน (Hill Climbing Resistance)

3. อุปกรณ์ที่ช่วยสนับสนุนแรงต้าน (Auxiliary Equipment Resistance)
4. ค่าสูญเสียที่เกิดจากเส้นทางการขับ (Drive Line Loss)
5. รูปแบบอื่นๆ (Operating Mode)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการค้นคว้าและคิดค้นเพื่อให้ได้มาซึ่งเครื่องยนต์ที่มีปริมาณการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงน้อยที่สุดนั้นก็เพื่อพัฒนาและตอบสนองความต้องการของบุคคลและสังคมซึ่งก็รวมไปถึงการรักษาสิ่งแวดล้อมและการมีส่วนช่วยลดการทรัพยากรเชื้อเพลิงที่ใช้แล้วหมดไปอีกด้วยซึ่งทั้งบุคคลและสังคมมีความต้องการดังนี้

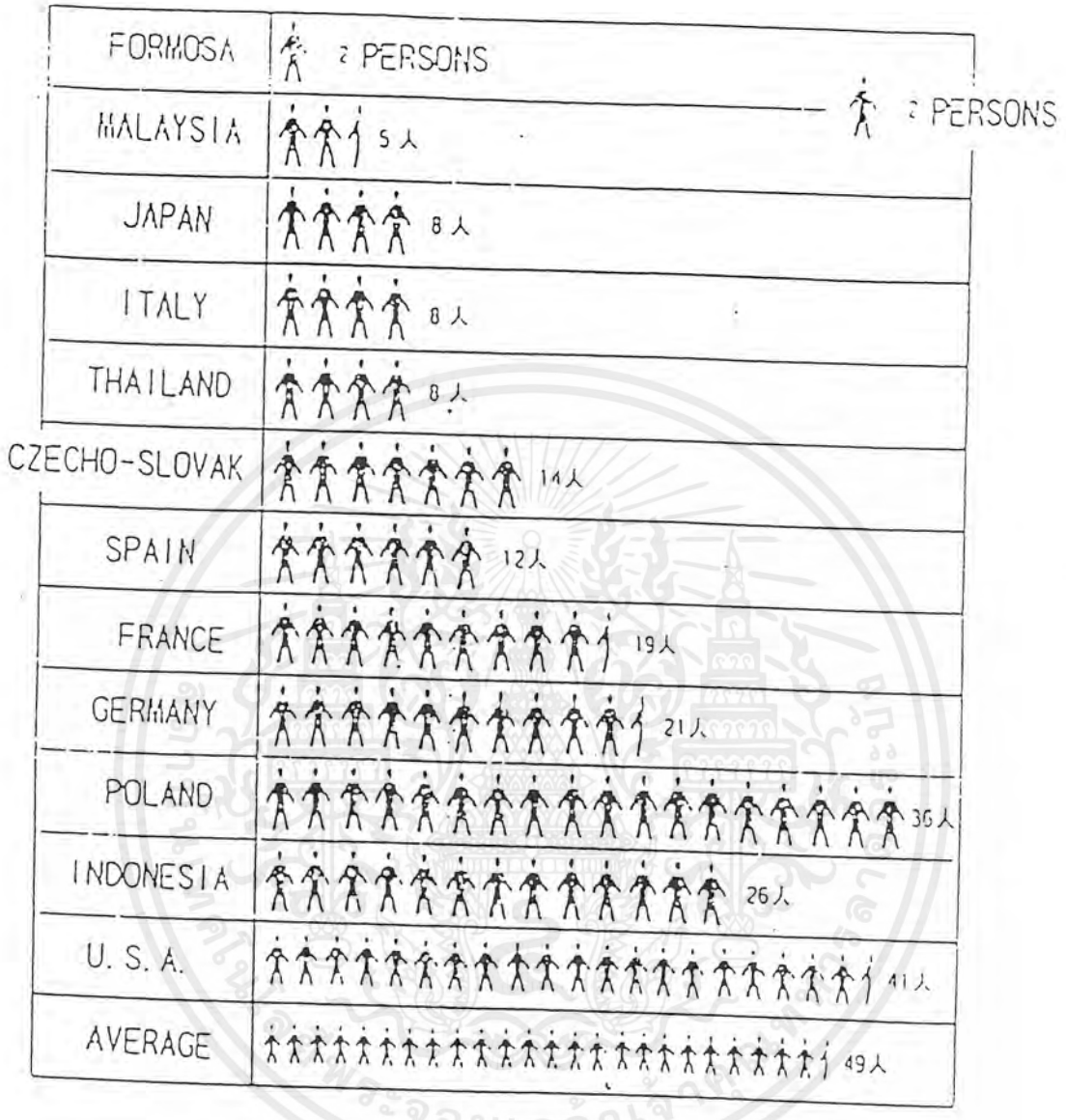
ความต้องการของสังคม

- การป้องกันไม่ให้เกิดผลกระทบกับสิ่งแวดล้อม
- การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ
- ประสิทธิภาพของการขนส่ง

ความต้องการของบุคคล

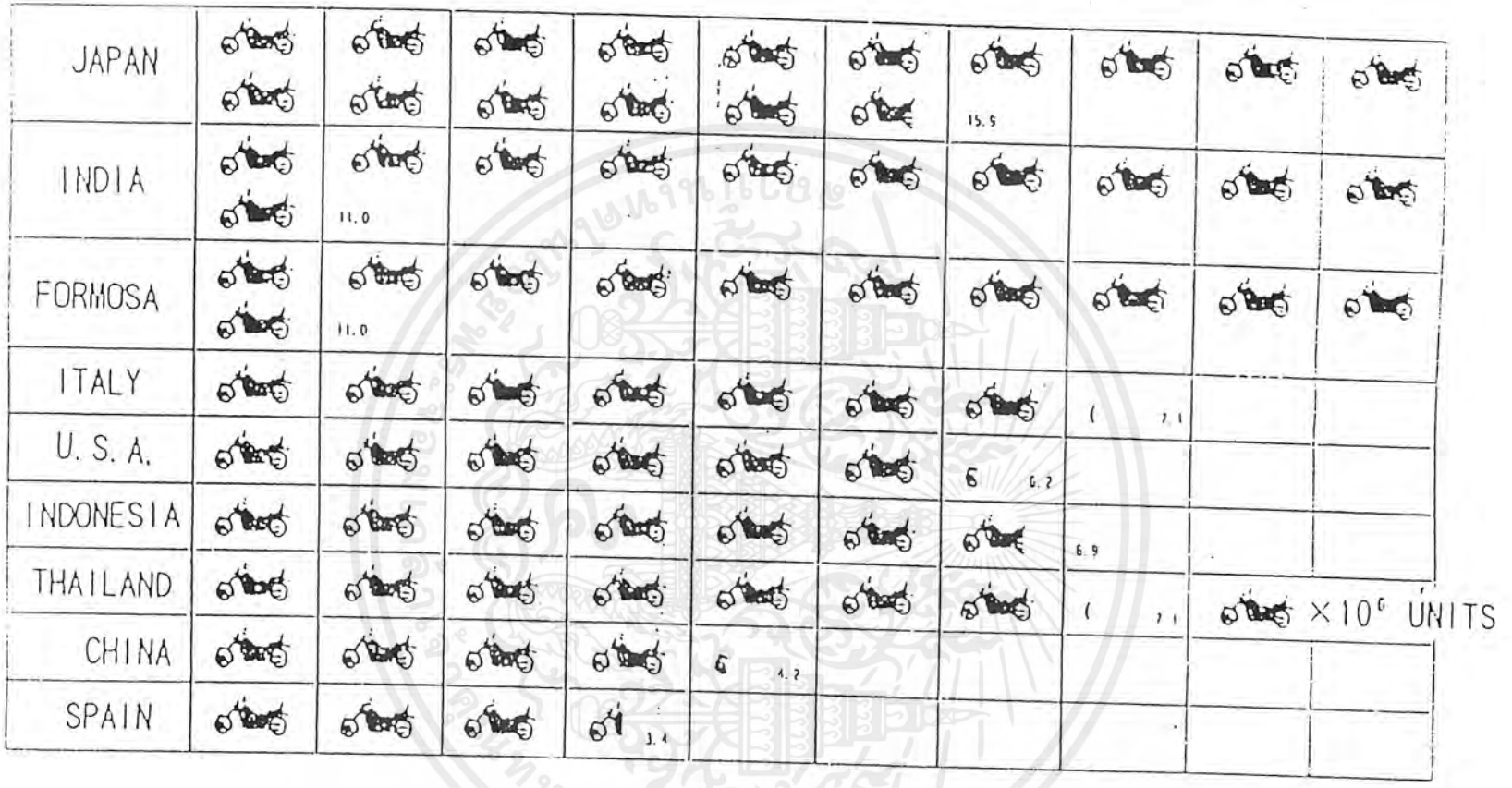
- ผลงานและคุณภาพที่ได้
- ความทนทานและความน่าเชื่อถือ
- ราคาและค่าใช้จ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

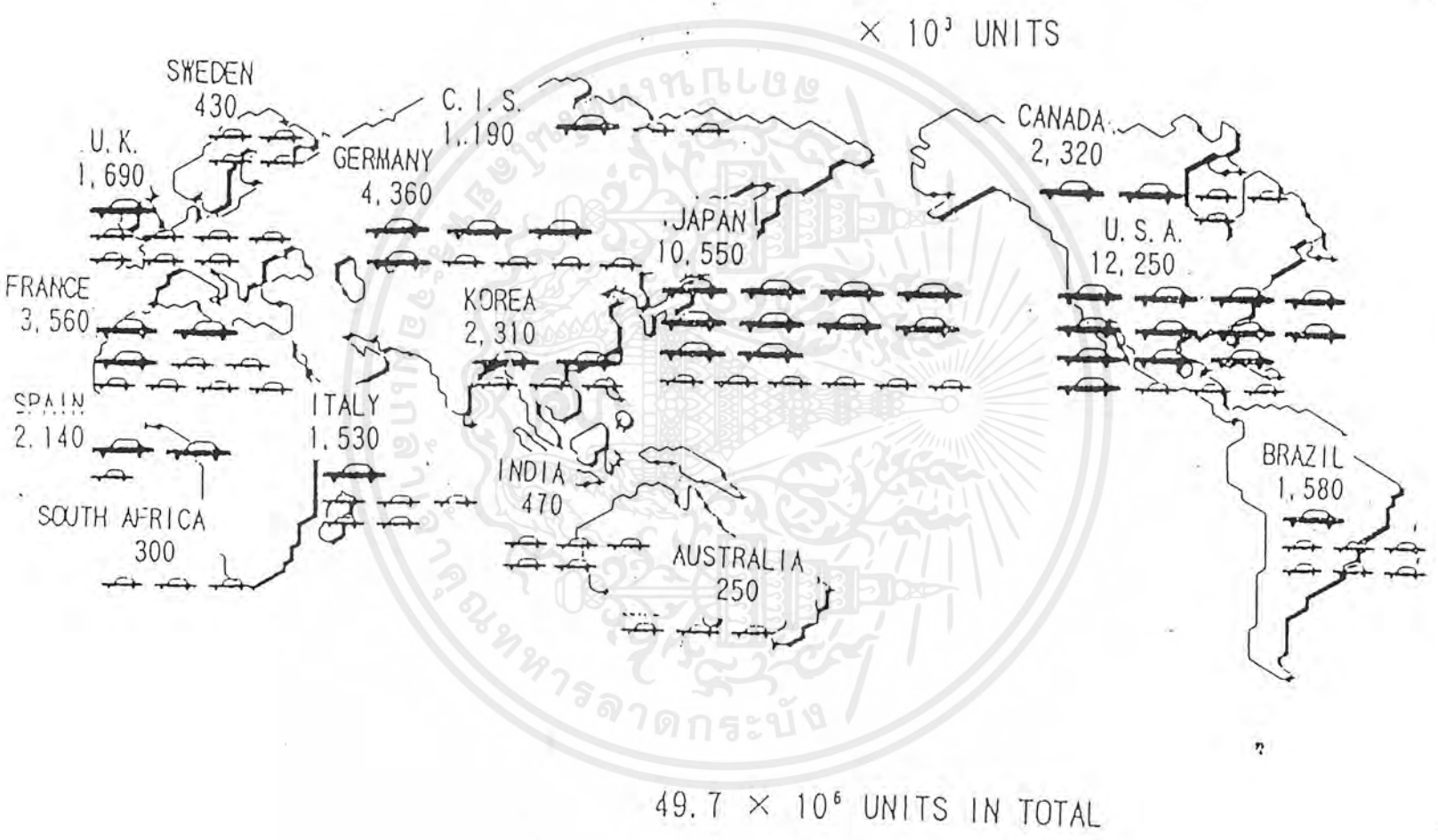


รูปที่ 1.1 Population/One Two-Wheeler (as of the end of 1993)

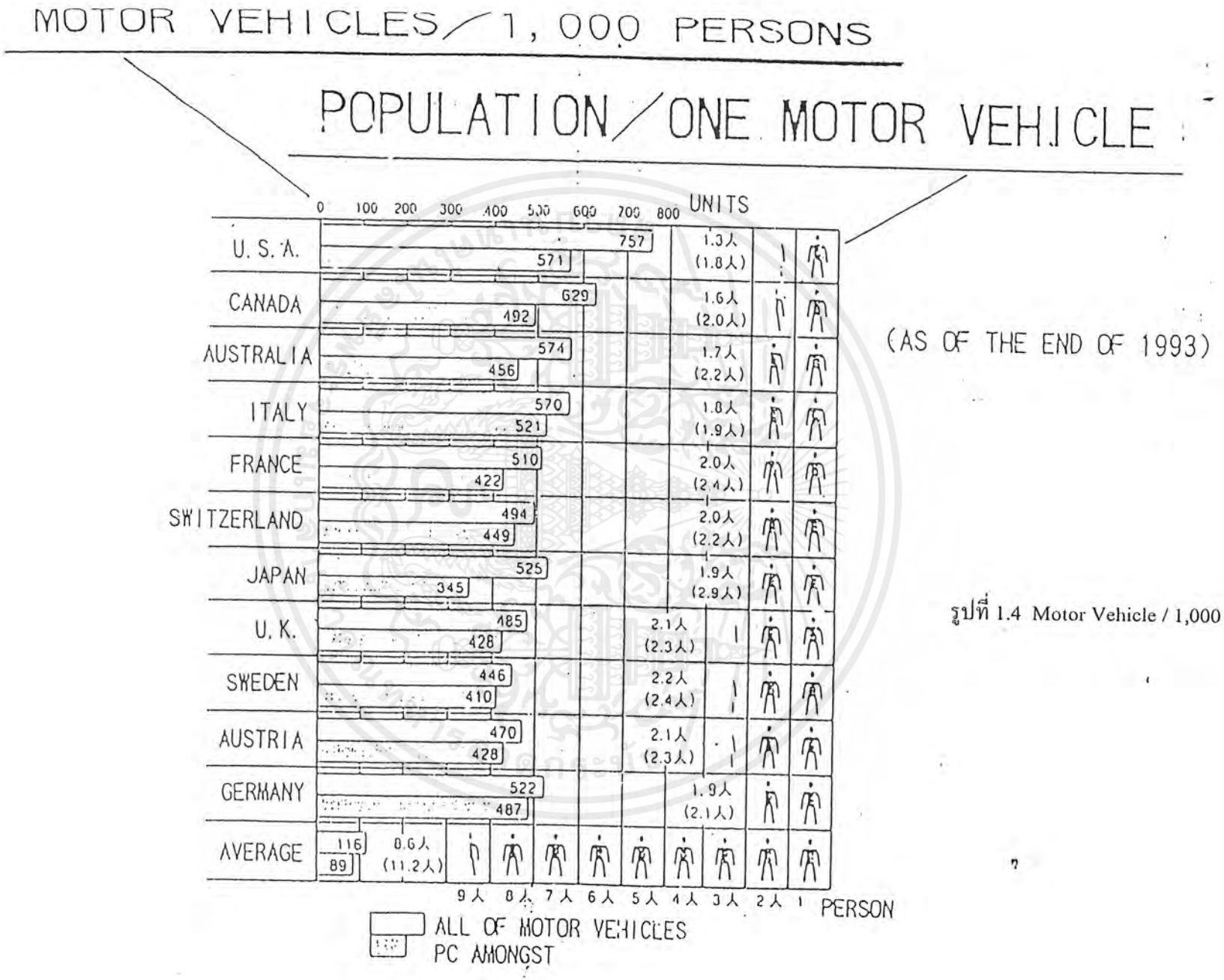
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.2 Two-Wheelers in use (as of the end of 1993)

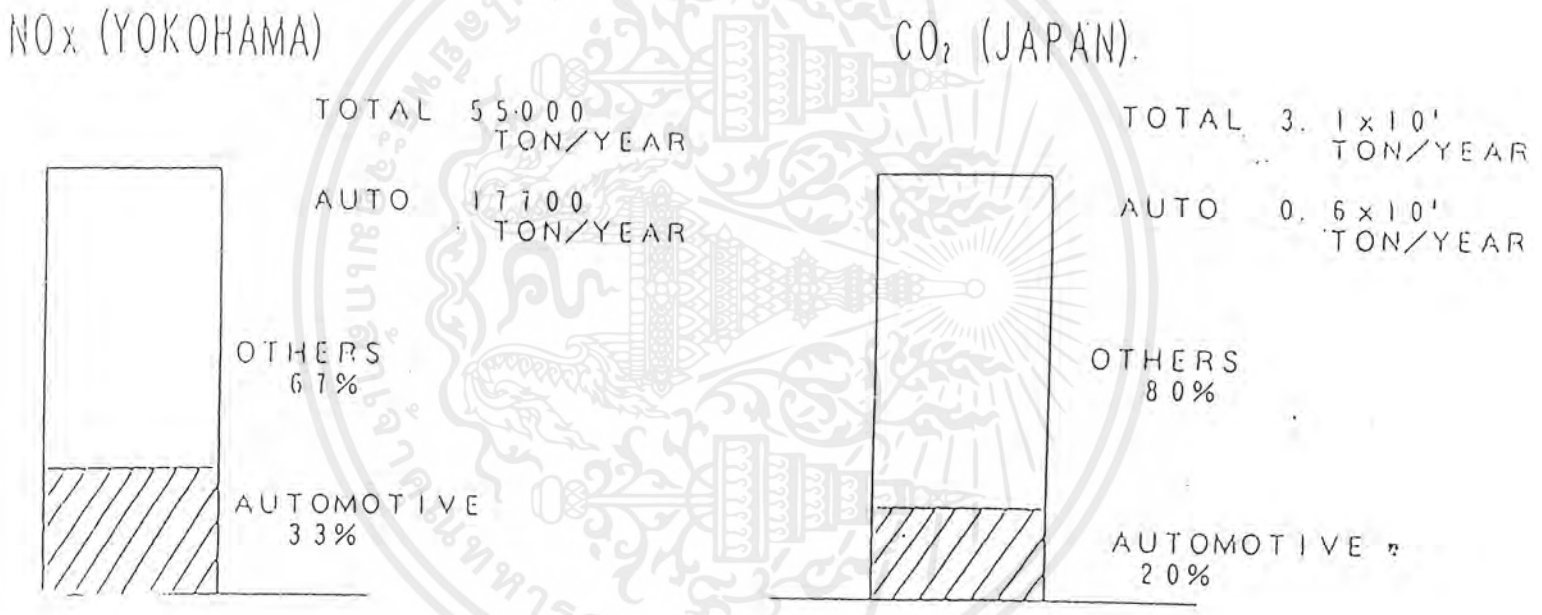


รูปที่ 1.3 Motor Vehicle Production (1994)

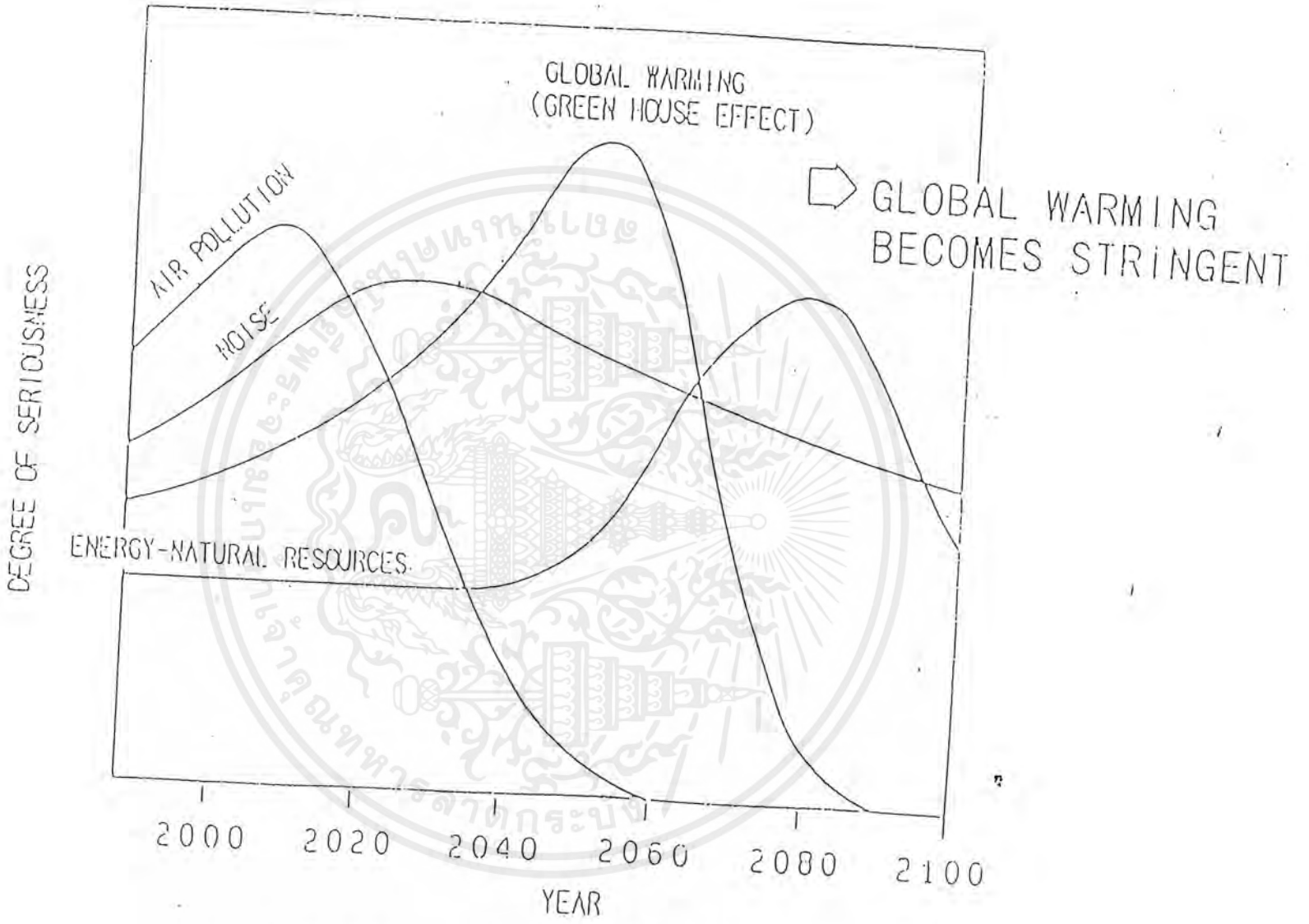


รูปที่ 1.4 Motor Vehicle / 1,000 Persons

EFFECT OF AUTOMOTIVE ENGINES

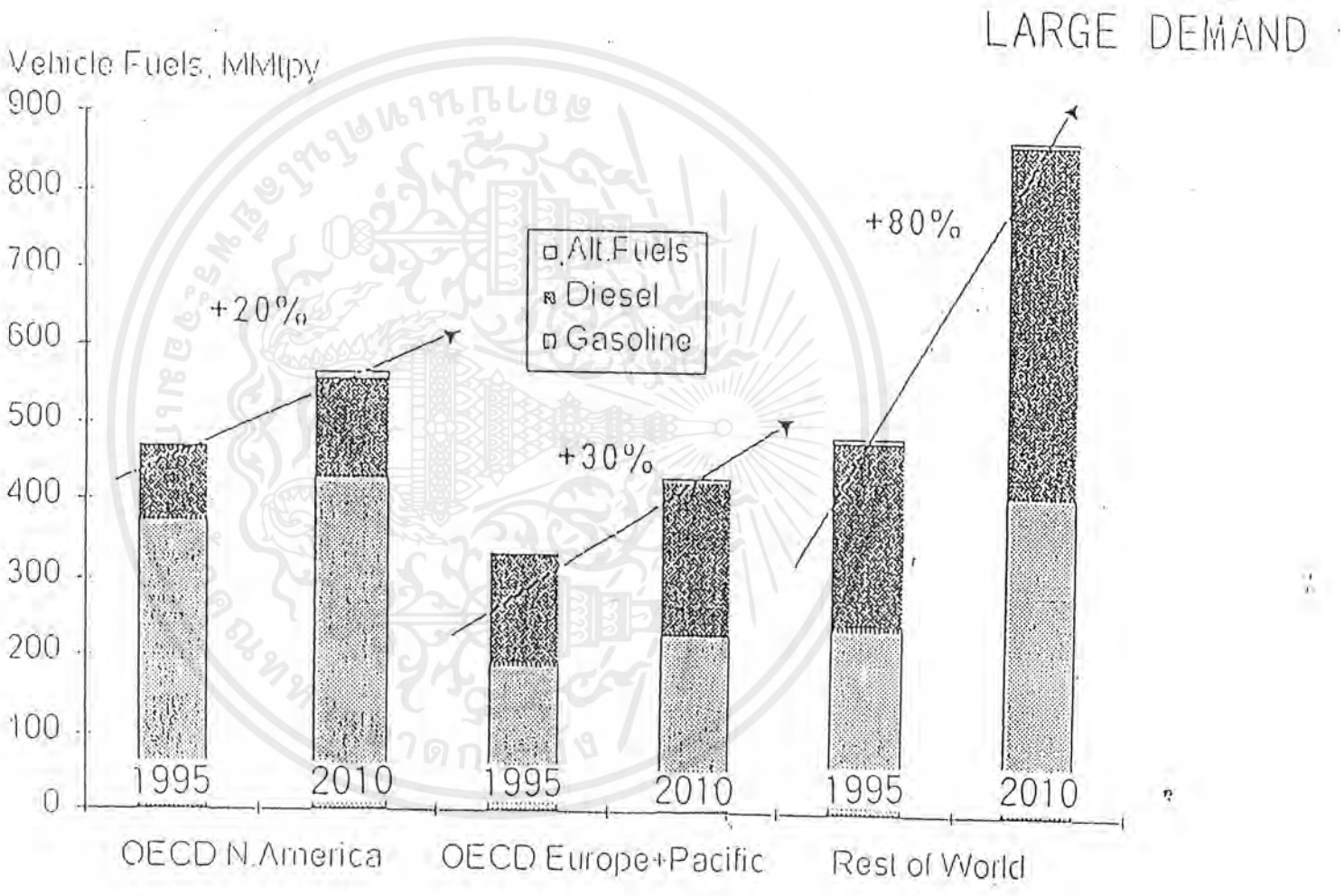


รูปที่ 1.5 Effect of Automotive Engines



รูปที่ 1.6 กราฟแสดงผลกระทบต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในแต่ละปีที่มาจากรถยนต์

THE DEMAND FOR TRANSPORT FUEL AT 1995 AND 2010



รูปที่ 1.7 The Demand for Transport Fuel at 1995 and 2010

จากรูปที่ 1.1 เป็นการแสดงอัตราส่วนประชากรต่อรถจักรยานยนต์ของแต่ละประเทศซึ่งจะสังเกตเห็นว่าในประเทศแถบทวีปเอเชียจะมีอัตราส่วนประชากรต่อรถจักรยานยนต์ต่ำกว่าในแถบทวีปยุโรปนั่นก็แสดงให้เห็นว่าผลกระทบทั้งในส่วนของสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรเชื้อเพลิงในประเทศแถบทวีปเอเชียย่อมสูงตามไปด้วย จึงเป็นจุดสำคัญที่ต้องทำการพัฒนารถจักรยานยนต์เพื่อลดผลกระทบที่เกิดขึ้น

จากรูปที่ 1.2 แสดงปริมาณการใช้รถจักรยานยนต์ในแต่ละประเทศในปี 1993 ซึ่งคาดการว่าในอนาคตในแต่ละประเทศจะมีการใช้รถจักรยานยนต์กันมากขึ้นนั่นก็คือผลกระทบทั้งในส่วนของสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรเชื้อเพลิงย่อมเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

จากรูปที่ 1.3 เป็นรูปที่แสดงถึงปริมาณการผลิตรถยนต์ในประเทศต่างๆซึ่งสามารถบอกได้ถึงปริมาณความต้องการในการใช้รถยนต์ที่แตกต่างกัน

จากรูปที่ 1.4 จะแบ่งแสดงผลเป็น 2 ส่วนคือในส่วนของอัตราส่วนประชากรต่อรถยนต์ 1 คันว่าแต่ละประเทศมีอัตราส่วนเป็นอย่างไรและอีกส่วนหนึ่งจะแสดงถึงอัตราส่วนจำนวนรถยนต์ต่อประชากร 1000 คนว่าแต่ละประเทศมีอัตราส่วนเป็นอย่างไร

จากรูปที่ 1.5 แสดงถึงปริมาณสารพิษซึ่งได้ทำการสุ่มตัวอย่างขึ้นในประเทศญี่ปุ่นและในตัวเมืองโยโกฮาม่าซึ่งจะเห็นว่าปริมาณสารพิษที่เกิดจากรถยนต์อยู่ในสัดส่วนที่สูง

จากรูปที่ 1.6 เป็นรูปที่ทำการคาดการผลของมลพิษทางด้านต่างๆที่มีแนวโน้มส่งผลกระทบต่อโลกในอนาคต

จากรูปที่ 1.7 เป็นรูปแสดงการใช้เชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้นตั้งแต่ปี 1995 ถึงปี 2010ซึ่งจะเห็นว่าปริมาณการใช้เชื้อเพลิงมีปริมาณเพิ่มขึ้นมาก

จากความต้องการในการใช้เชื้อเพลิงที่สูงขึ้นประกอบกับผลของมลพิษที่เกิดขึ้นเป็นปัญหาที่สำคัญที่ส่งผลให้เกิดการคิดค้นและพัฒนารถยนต์ที่สามารถใช้ปริมาณเชื้อเพลิงที่น้อยลงและลดการสร้างมลพิษให้กับสิ่งแวดล้อมขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและการออกแบบ

สำหรับในส่วนของทฤษฎีและการออกแบบนั้นเราได้แบ่งออกเป็น 4 องค์ประกอบดังนี้

- โครงรถ
- ระบบบังคับเลี้ยว
- ระบบส่งถ่ายกำลัง
- เครื่องยนต์

2.1 โครงรถ

2.1.1หลักการออกแบบโครงสร้างหลักของรถประหยัดเชื้อเพลิง

ภายหลังจากทำการการวางแผนการทำงานโดยละเอียดแล้ว ก็กำหนดรูปแบบที่ใช้ในการออกแบบและดำเนินการสร้างเป็นต้นว่า ลักษณะของรถโดยทั่วไปเป็นอย่างไร มีล้อจำนวนเท่าไร คนขับนั่งบริเวณไหน เครื่องยนต์ติดตั้ง ณ ตำแหน่งใด ปรับแต่งอย่างไร รูปร่างของโครงสร้างที่ต้องการ รูปทรงของตัวถังภายนอก (โดยคำนึงถึงรูปร่างของคนขับด้วย) วัสดุที่ต้องการนำมาใช้ จากนั้นจึงเริ่มทำการออกแบบและกำหนดขั้นตอนการสร้าง

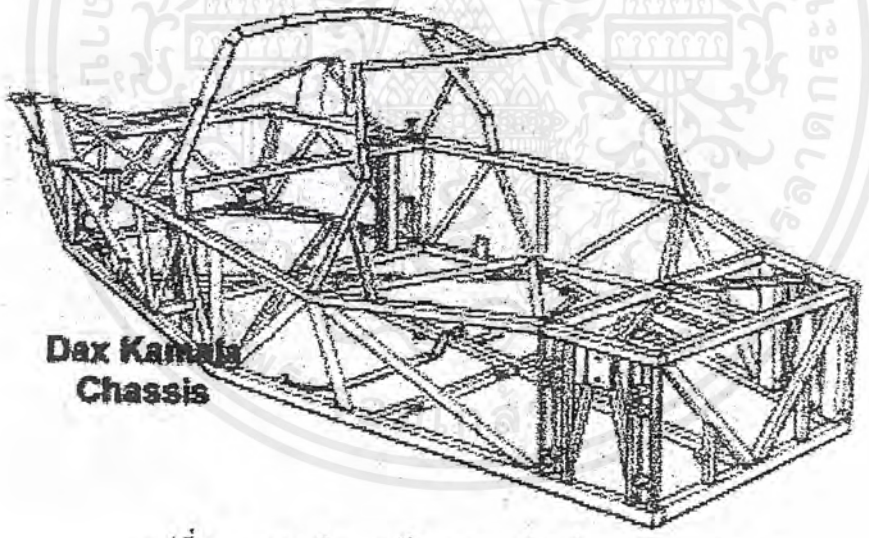
การออกแบบถือเป็นขั้นตอนสุดท้ายก่อนลงมือทำการสร้างจริง เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมากเพราะต้องใช้อ้างอิงในการสร้าง โดยหลักการณ์สำคัญก็คือการพยายามแสดงรายละเอียดในแต่ละส่วนให้มากที่สุด (วัสดุ ขนาด คำสั่งพิเศษ สี)

อันดับแรกเราควรออกแบบรูปทรงภายนอกคร่าวๆ ก่อนเพราะจะสามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและกำหนดขนาดของส่วนโครงสร้างภายในได้ จากนั้นจึงออกแบบระบบโครงสร้างภายในโดยอยู่ในขอบเขตของรูปทรงภายนอกอีกที ส่วนจุดอื่นๆ ก็แยกออกมาเฉพาะเพื่อให้แสดงรายละเอียดได้ชัดเจนกว่า เช่นระบบบังคับเลี้ยว จุดยึดเพลาล้อหน้า แท่นเครื่อง ระบบส่งกำลัง ห้องคนขับ ซึ่งในขั้นตอนของการออกแบบนี้ อาจจะยังมีการเปลี่ยนแปลงในรายละเอียดบางอย่างเพื่อให้เหมาะสมยิ่งขึ้นก่อนที่จะลงมือทำการสร้างตามที่ได้ออกแบบเอาไว้

ในส่วนของการออกแบบโครงสร้างภายใน สิ่งที่เราต้องคำนึงถึงเป็นอย่างมากก็คือ น้ำหนักและความแข็งแรง ระบบโครงสร้างในปัจจุบันที่ได้รับการยอมรับว่ามีความแข็งแรงและน้ำหนักเบาก็คือระบบตัวถังที่เป็นแบบเสปซเฟรม (Space Frame) ซึ่งสามารถให้ความแข็งแรงและและมีน้ำหนักเบา โดยหลักการณ์แล้วตัวถังแบบเสปซเฟรมเป็นโครงสร้างที่มีแนวคิดมาจากระบบแบบนั่งร้าน คือความแข็งแรงที่ได้จะมาจากการออกแบบให้มีการกระจายแรงออกไปตามทิศทางต่างๆ อย่างเหมาะสมแทนที่จะใช้ขนาดของโครงสร้างที่มีขนาดใหญ่ซึ่งมีน้ำหนักมาก การวางตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของโครงสร้างในแต่ละส่วนสามารถทำได้โดยการพิจารณาแนวแรงที่จะมากระทำกับตัวรถในทิศทางต่างๆ จากนั้นก็ทำการออกแบบโครงสร้างขึ้นมารับกับแนวแรงนั้น โดยในการออกแบบที่ดีการกำหนดโครงสร้างในแต่ละชิ้นควรมีแหน่งที่รองรับจำนวนแนวแรงให้ได้มากที่สุดในชิ้นส่วนชิ้นเดียว และการออกแบบต้องพยายามให้ชิ้นส่วนแต่ละชิ้นมีการรับแรงที่อยู่ในลักณะของการอัดหรือการดึง เพราะชิ้นส่วนส่วนใหญ่จะมีความสามารถในการรับแรงอัดและแรงดึงได้มากกว่าแรงเฉือนที่มากระทำ ดังนั้นต้องพยายามหลีกเลี่ยงไม่ให้ชิ้นส่วนของโครงสร้างต้องรับแรงเฉือนโดยเด็ดขาด เพราะโครงสร้างในตำแหน่งที่ต้องรับแรงเฉือนมักจะเป็นตำแหน่งที่ได้รับความเสียหายซึ่งจะเป็นอันตรายต่อผู้ขับเป็นอย่างยิ่ง ดังนั้นผู้ทำการออกแบบต้องพิจารณาในส่วนของชิ้นส่วนที่ต้องมีการรับแรงเฉือนให้ดีว่ามีความแข็งแรงพอหรือไม่ หากในบางตำแหน่งมีความจำเป็นต้องออกแบบโครงสร้างให้มีการรับแรงเฉือน ควรมีการเสริมชิ้นส่วนเพื่อช่วยในการรับแรงให้กับโครงสร้างในบริเวณนั้น เช่น หากโครงสร้างที่ออกแบบได้ทำการเชื่อมต่อกันเป็นมุมฉาก เราควรจะทำการติดโลหะรูปสามเหลี่ยมมุมฉากเข้าไปที่บริเวณมุมที่เราทำการเชื่อมต่อชิ้นส่วนเข้าด้วยกัน และเพื่อให้โครงสร้างของตัวรถนั้นสามารถทนแรงบิดตัวได้ดี ควรพยายามทำการออกแบบโครงสร้างโดยรวมให้ออกมาในลักษณะที่เป็นรูปกล่องซึ่งสามารถต้านทานการบิดตัวได้ดี ดังแสดงเป็นตัวอย่างในรูป



รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างแบบเสปซเฟรม (Space Frame)

ซึ่งในการออกแบบโครงรถเราได้ทำการปรับเปลี่ยนทางด้าน Meterial และออกแบบจนได้โครงรถที่มีน้ำหนักเบาที่สุดและทนทานที่สุดซึ่งสามารถทนต่อแรงที่เกิดจากการเข้าโค้งได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งในส่วนของกรมการขนส่งทางบก สำนักงานเลขานุการกรม สำนักวิศวกรรมและความปลอดภัยกรมการขนส่งทางบกเองได้มีข้อกำหนดไว้ดังนี้

ข้อกำหนดเกี่ยวกับสภาพความมั่นคงแข็งแรงของรถยนต์ที่สร้างประกอบขึ้นเองและเอกสารหลักฐานที่ต้องจัดส่งเพื่อประกอบการพิจารณา

1. เป็นรถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน
2. มีสภาพรถถูกต้องตามกฎกระทรวงที่ออกตามความในพระราชบัญญัติรถยนต์ พ.ศ. 2522 และรถต้องสามารถผ่านการตรวจสอบสภาพรถตามหลักเกณฑ์ที่กรมการขนส่งทางบกกำหนด
3. วัสดุที่ใช้ทำโครงรถและตัวถังต้องมีความแข็งแรงและปลอดภัยในการใช้งาน
4. กระจกกันลมหน้าต้องเป็นกระจกนิรภัย ชนิด Zone Tempered หรือ Laminated กระจกกันลมหลังและกระจกหน้าต่างต้องเป็นกระจกนิรภัย ชนิด Tempered หรือ Laminated ทั้งนี้ต้องเป็นกระจกนิรภัยที่ได้มาตรฐานตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระจกนิรภัยสำหรับรถยนต์
5. รายละเอียดของเครื่องยนต์ต้องแนบ Specification ของเครื่องยนต์เพื่อประกอบการพิจารณา และความจุกระบอกสูบของเครื่องยนต์ต้องเป็นไปตามที่กระทรวงอุตสาหกรรมให้การรับรอง
6. ไอเสียของเครื่องยนต์ต้องเป็นไปตามประกาศกรมการขนส่งกำหนด เรื่อง เกณฑ์ของไอเสียและควันที่เกิดจากเครื่องกำเนิดพลังงานของรถ
7. ระดับเสียง ต้องเป็นไปตามประกาศกรมการขนส่งทางบก เรื่อง เกณฑ์ของระดับเสียงที่เกิดจากเครื่องกำเนิดพลังงานของรถ
8. ขนาดกงล้อต้องเป็นขนาดที่เหมาะสมกับขนาดยาง และยางต้องเป็นชนิดกลวงสูบลมเหมาะสมกับความเร็วสูงสุดของรถและสามารถรับน้ำหนักเต็มอัตราบรรทุกได้โดยปลอดภัย
9. มุมล้อของรถเช่น Camber Angle, Caster Angle และ Kingpin Inclination ของล้อซ้ายและล้อขวาต้องเท่ากัน และ Side Slip ของล้อซ้ายและล้อขวาต้องไม่เกิน 5 เมตร/กิโลเมตร
10. รัศมีวงล้อแคบสุดเมื่อวัดที่ระยะกึ่งกลางยางของล้อหน้าด้านนอกวงเลี้ยวต้องไม่เกิน 12 เมตร
11. สปริงรองรับน้ำหนักรถและเพลาล้อ ต้องมีสมรรถนะเพียงพอในการรับน้ำหนักเต็มอัตราบรรทุกได้โดยปลอดภัย ทั้งนี้ ให้แนบ Specification เพื่อประกอบการพิจารณา
12. ต้องมีเครื่องผ่อนคลายความสะเทือน (Shock absorber) ที่ล้อทุกล้อ
13. ระบบบังคับเลี้ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13.1 ระบบบังคับเลี้ยวต้องมีความมั่นคงแข็งแรง และมีขนาดเหมาะสมกับตัวรถ (แนบ Specification เพื่อประกอบการพิจารณา)

13.2 ระบบบังคับเลี้ยวต้องทำงานได้คล่องตัวพวงมาลัยอยู่ทางด้านขวาของตัวรถและอยู่ในตำแหน่งที่ผู้ขับรถสามารถบังคับรถได้สะดวกและปลอดภัย กลไกบังคับเลี้ยวไม่สัมผัสหรือเสียดสีกับส่วนอื่นใดของตัวรถ

13.3 อัตราส่วนระหว่างมุมหมุนของพวงมาลัยกับมุมเลี้ยวของล้อทั้งซ้ายและขวาต้องใกล้เคียงกัน แรงที่ใช้หมุนพวงมาลัยให้รถเลี้ยวซ้ายและเลี้ยวขวาใกล้เคียงกันและไม่มากเกินควร

13.4 กลไกบังคับเลี้ยวต้องไม่มีการดัดแปลง เชื่อมต่อหรือดัดงอ หากมีการดัดแปลงกลไกบังคับเลี้ยวต้องผ่านการตรวจสอบความมั่นคงแข็งแรงของชิ้นส่วนกลไกที่ดัดแปลง ด้วยวิธี Radiographic หรือ Ultrasonic หรือวิธีอื่นๆ โดยหน่วยงานหรือสถาบันของทางราชการหรือหน่วยงานที่เชื่อถือได้

13.5 จุดตัดของแนวแกนล้อขณะเลี้ยวของล้อซ้ายและล้อขวาต้องอยู่บนแนวแกนของล้อหลัง

14. ระบบน้ำมันเชื้อเพลิง

14.1 ถังน้ำมัน ท่อน้ำมัน และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องไม่ติดตั้งอยู่ในห้องโดยสาร และอยู่ห่างจากท่อไอเสียไม่น้อยกว่า 10 ซม.

14.2 ถังน้ำมัน และท่อน้ำมันติดตั้งอย่างมั่นคงแข็งแรงกับตัวรถและมีการป้องกันการกระทบกระแทกไว้แล้วเป็นอย่างดี ไม่กระทบกระแทกหรือเสียดสีกับส่วนหนึ่งส่วนใดของตัวรถ

14.3 การติดตั้งถังน้ำมันและท่อน้ำมันอยู่ในลักษณะที่เมื่อเกิดการรั่วซึมของน้ำมันจากส่วนหนึ่งส่วนใดก็ตาม น้ำมันจะไม่ไหลเข้าสู่ห้องโดยสารโดยตรง

15. อุปกรณ์ควบคุมต่างๆ บนแผงหน้าปัด จะต้องอยู่ห่างจากแกนพวงมาลัยไม่เกิน 50 ซม. และSpeedometer ต้องคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 10

16. รถปล่าวต้องสามารถทรงตัวอยู่บนพื้นเอียงด้านข้างที่ทำมุมกับพื้นราบได้ไม่น้อยกว่า 35 องศา

17. ระบบห้ามล้อ

17.1 ห้ามล้อเท้าต้องเป็นระบบห้ามล้อ 2 วงจรและต้องสามารถหยุดรถได้ในระยะไม่เกิน 20 เมตรเมื่อทำการทดสอบด้วยความเร็วรถ 50 กม./ชม. และในขณะห้ามล้อรถต้องไม่เบี่ยงเบนไปทางซ้ายหรือทางขวาจากแนวทางวิ่งของรถหรือเมื่อทดสอบด้วยเครื่องทดสอบห้ามล้อ แรงห้ามล้อรวมต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ของน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รถและความแตกต่างของแรงห้ามล้อระหว่างล้อซ้ายกับล้อขวาไม่เกินร้อยละ 6 ของน้ำหนักรถที่ลงเพลานั้น

17.2 มือต้องสามารถหยุดรถบนพื้นเอียงไม่น้อยกว่า 11 องศาได้โดยรถไม่เคลื่อนที่หรือลื่นไถลหรือต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 20 ของน้ำหนักรถเมื่อทดสอบด้วยเครื่องทดสอบห้ามล้อ

18. ความกว้างสุดของแก้มยางไม่เกินความกว้างสุดของตัวรถที่อยู่ในแนวเดียวกัน
19. ประตูรถและฝากระโปรงต้องเป็นแบบที่มีการล็อค 2 ชั้น
20. ที่นั่งคนขับและผู้โดยสาร ต้องมีการยึดกับตัวรถอย่างมั่นคงแข็งแรง
21. แตรสัญญาณต้องเป็นชนิดไฟฟ้าเสียงเดียว ไม่เกิน 1 ชุด ระดับเสียงของแตรสัญญาณต้องดังไม่น้อยกว่า 90 เดซิเบล เอ และไม่เกิน 115 เดซิเบล เอ โดยวัดระดับเสียงที่ระยะห่างจากด้านหน้ารถ 2 เมตร

ซึ่งในการสร้างรถประหยัดเชื้อเพลิงนี้เราได้สร้างโดยอ้างอิงข้อกำหนดเกี่ยวกับสภาพความมั่นคงแข็งแรงของรถยนต์ที่สร้างประกอบขึ้นเองของกรมการขนส่งทางบก สำนักงานเลขานุการกรม สำนักวิศวกรรมและความปลอดภัยกรมการขนส่งทางบกด้วยในบางข้อแต่ในบางข้อของข้อกำหนดเราไม่ได้นำมาอ้างอิงเนื่องจากมีผลกับน้ำหนักของตัวรถ

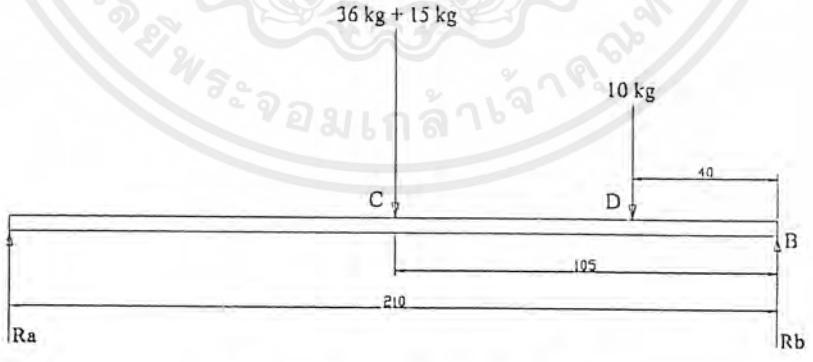
2.1.2 หลักการคำนวณ

การคำนวณน้ำหนักที่กระทำกับคานหลักของโครงรถ

น้ำหนักรถ = 15 กก.

น้ำหนักคนขับ = 36 กก.

น้ำหนักเครื่องยนต์ = 10 กก.



รูปที่ 2.2 แสดงการรับแรงของคัสซี

การคำนวณแรงเฉือนและโมเมนต์คัดที่เกิดบนคัสซี

น้ำหนักรถที่กระจายสม่ำเสมอบนคัสซี = 15/210 = 0.0714 กก./ซม.

Ra = [(51*105)+(10*40)]/210 = 27.4 กก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
36827

Rb = [(51*105)+(10*170)]/210 = 33.6 กก.

คำนวณแรงเฉือน

แรงเฉือนที่ A = 0

แรงเฉือนที่ช่วง AC = (0.0714*105)-27.4

= -19.9 กก.

แรงเฉือนที่ C = -19.9+36

= 16.1 กก.

แรงเฉือนระหว่าง CD = 27.4+36+(0.0714*170)

= 20.74 กก.

แรงเฉือนที่ D = 30.74 กก.

แรงเฉือนช่วง DB = 36+10+(0.0714*170)-27.4

= 30.74 กก.

แรงเฉือนที่ B = 0

คำนวณโมเมนต์ดัด

โมเมนต์ดัดที่ A = 0

ที่ C = 7.497 กก.ซม.

ที่ D = (27.4*170)-(36*65)-(0.0714*170^2/2)

= 1286.27 กก.ซม.

ที่ B = 0

สูตรการคำนวณหาค่าความปลอดภัย

ค่าความปลอดภัย = (2*ความต้านแรงดึง*โมดูลัสภาคตัด)/โมเมนต์ดัด

2.2 ระบบบังคับเลี้ยว

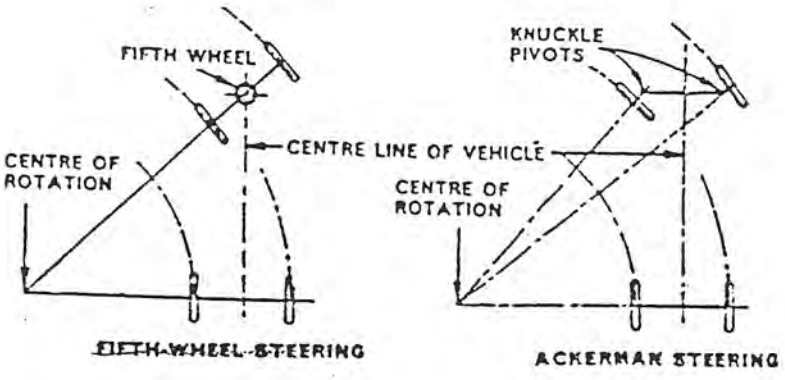
2.2.1 การพัฒนาของระบบบังคับเลี้ยว

ระบบบังคับเลี้ยว ทำหน้าที่ควบคุมให้รถเลี้ยวในทิศทางที่ต้องการ โดยมีระบบบังคับเลี้ยวแบ่งได้ดังนี้

ระบบจุดหมุนจุดเดียวหรือระบบล้อที่ห้า (Fifth Wheel) ระบบนี้ล้อและเพลาเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งไปด้วยกัน ถ้าเลี้ยวเร็วๆรถจะเสียการทรงตัว ระบบนี้มักใช้กับยานพาหนะที่ถูกขับโดยการลาก เช่น รถลาก และยานที่ม้าลากจูง ไม่นิยมใช้กับยานที่ขับเคลื่อนได้เอง

ระบบจุดหมุนสองจุดหรือระบบของอัคเคมาน (Ackerman) ระบบนี้ล้อหน้าจะติดตั้งอยู่กับหูสลัก (Pivoted Knuckles) และจะมีแกนบังคับต่อจากหูสลักทั้งสองข้าง ระบบนี้จะนำมาใช้ในรถประหยัดเชื้อเพลิงขนาดเล็กนี้ ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

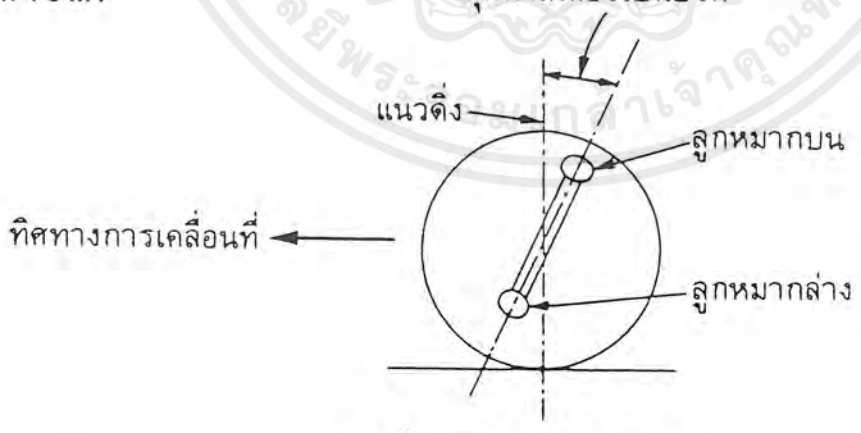


รูปที่ 2.3 แสดงระบบบังคับเลี้ยว ระบบมุมที่ห้า และ ระบบอัคเคมาน

2.2.2 การตั้งศูนย์ล้อหน้า (Front Wheel Alignment)

มุมล้อหน้ามีผลทำให้สามารถขับเลี้ยวได้ง่าย มีการทรงตัวในขณะเลี้ยวได้ดี และทำให้ยางสึกหรอน้อยที่สุดด้วย ศูนย์ล้อหน้าสามารถตั้งได้โดยการปรับตั้งมุมเหล่านี้คือ มุมแคสเตอร์ (caster angle) มุมแคมเบอร์ (camber angle) มุมเอียงสลักล้อ (king pin inclination angle) มุมโท (toe) มุมต่างๆเหล่านี้จะสัมพันธ์ซึ่งกันและกันถ้ามุมหนึ่งมุมใดเปลี่ยนไปก็จะทำให้มุมอื่นๆ ผิดพลาดไปด้วย

มุมแคสเตอร์ มุมแคสเตอร์วัดเป็นองศาของการเอียงของแกนเลี้ยวล้อทางส่วนปลายบนที่เอียงออกจากแนวดิ่งไปทางด้านหน้าหรือด้านหลังของตัวรถ เมื่อมองจากด้านข้างของรถ มุมแคสเตอร์บวก (positive caster) คือมุมที่เกิดจากด้านบนของแกนเลี้ยวล้อเอียงไปทางด้านหลัง มุมแคสเตอร์ลบ (negative caster) คือมุมที่เกิดจากด้านบนของแกนเลี้ยวล้อเอียงไปทางด้านหน้าของตัวรถ สำหรับมุมแคสเตอร์ที่ใช้ในรถประหยัดเชื้อเพลิงขนาดเล็กนี้จะใช้มุมแคสเตอร์เป็นมุมแคสเตอร์บวก 4 องศา

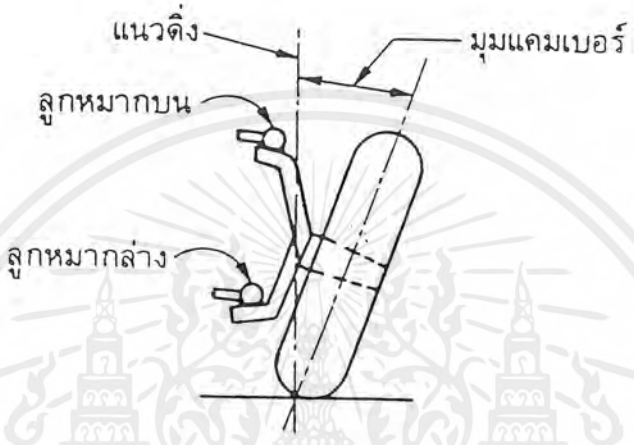


รูปที่ 2.4 แสดงมุมแคสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มุมแคสเตอร์ทำให้เกิด เทรลลิ่ง (trailing effect) ทำให้รถมีเสถียรภาพในการบังคับทิศทาง ถ้ามุมแคสเตอร์ไม่ถูกต้องจะทำให้เกิดความยุ่งยากขึ้น เช่น เลี้ยวได้ยาก ดึงไปข้างใดข้างหนึ่งเมื่อห้ามล้อและเกิดการสั่น

มุมแคมเบอร์ คือจำนวนองศาที่ล้อหน้าเอียงออกจากแนวดิ่งเมื่อมองจากหน้ารถเข้าไป ถ้าด้านบนของล้อหน้าเอียงออกนอกตัวรถ เรียกว่า แคมเบอร์บวก (positive camber) และถ้าล้อหน้าเอียงเข้าในตัวรถ เรียกว่า แคมเบอร์ลบ (negative camber)

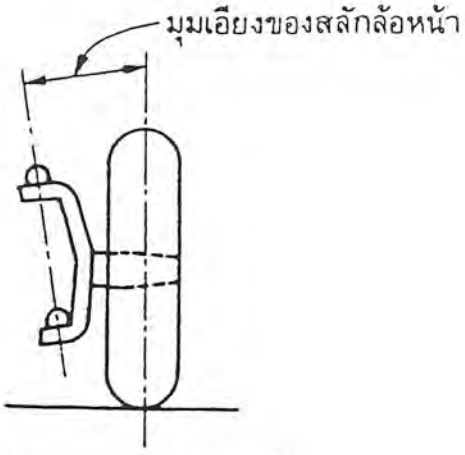


รูปที่ 2.5 แสดงมุมแคมเบอร์

มุมเอียงสลักล้อ (king pin inclination angle) คือ เส้นศูนย์กลางที่ล้อหน้าบิดหมุนเลี้ยวรอบแกนนี้เขียนย่อว่า KPI หรือจะพูดว่าเป็นมุมเอียงเข้าข้างในรถของเส้นแกนเลี้ยวล้อจากแนวดิ่ง มุมเอียงแกนเลี้ยวล้อจะร่วมกับมุมแคสเตอร์ช่วยให้เกิดเสถียรภาพในการบังคับทิศทาง และทำให้จุดศูนย์กลางการเลี้ยวของยางอยู่บนถนน สำหรับในรถประหยัดเชื้อเพลิงขนาดเล็กนี้ให้มุมเอียงแกนเลี้ยวล้อนี้เท่ากับ 7 องศา

มุมรวม หมายถึง การบวกมุมแคมเบอร์เข้ากับมุมเอียงสลักล้อ อันเป็นมุมที่บ่งบอกถึงความสัมพันธ์ของมุมแคมเบอร์ มุมเอียงสลักล้อและมุมโทของล้อหน้า เพราะมุมทั้งสามนี้จะทำงานร่วมกันในขณะที่รถแล่นตรงไปข้างหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

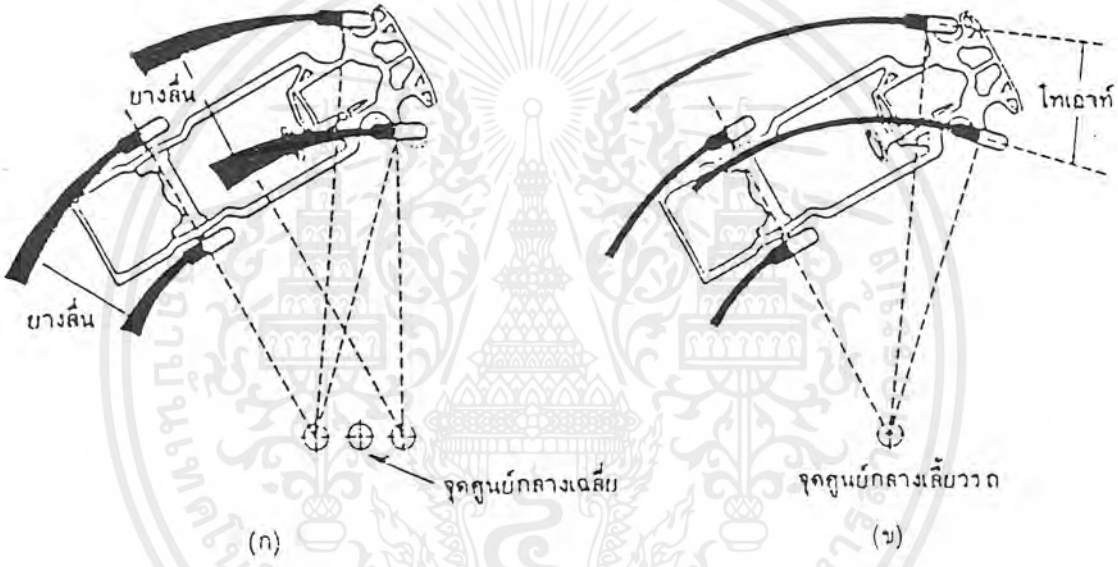


รูปที่ 2.6 แสดงมุมเอียงแกนเลี้ยวล้อ

มุมโท (Toe) ในขณะที่รถแล่นตรงไปข้างหน้า ล้อหน้าทั้งสองข้างของรถจะมีระยะช่วงล้อทางด้านหน้าและทางด้านหลังของยางเท่ากันหรือไม่เท่ากัน ตามแต่จะได้รับการออกแบบ และมุมโทนี้จะทำงานสัมพันธ์ร่วมกันกับมุมแคมเบอร์ โทอิน (toe-in) หมายความว่า ระยะห่างจากเส้นศูนย์กลางของล้อด้านหน้าสั้นกว่าระยะห่างจากเส้นศูนย์ของล้อด้านหลังเมื่อมองจากด้านบนของรถ โทเอาท์ (toe-out) หมายความว่า ระยะห่างระหว่างเส้นศูนย์กลางของล้อหน้ายาวกว่าระยะห่างจากเส้นศูนย์ของล้อด้านหลังเมื่อมองจากด้านบนของรถ ขณะที่รถกำลังแล่นอยู่นั้นล้อทุกๆ ล้อจะขนานกันและกัน เพื่อให้ล้อหมุนกลิ้งไปข้างหน้าในทิศทางเดียวกันเพื่อหลีกเลี่ยงการที่ยางถูไปบนทางแล่น เพื่อเป็นการรักษาระยะโทของล้อหน้าขณะรถแล่นให้เป็นศูนย์ จึงจำเป็นที่จะตั้งล้อให้เป็นโทอินในขณะที่รถอยู่กับที่เป็นการทดแทนสำหรับการหันเหของล้อที่เกิดขึ้นจากแรงเสียดทานของล้อบนผิวถนนและแรงที่เกิดจากการเบรก ซึ่งแรงเสียดทานของล้อบนผิวถนนและแรงเบรกนี้จะทำให้เกิดเป็นโมเมนต์ อันเป็นแนวโน้มที่ทำให้ล้อเกิดการกางออกเป็นโทเอ้าท์ให้ล้อแล่นแยกออกจากกัน ดังนั้นถ้าขณะที่รถอยู่กับที่ทำการปรับตั้งระยะโทให้ขนานกัน เมื่อรถแล่นหรือเบรกก็จะทำให้ล้อฉีกกางออกแล่นแยกจากกันเล็กน้อย ล้อหน้าทั้งสองจึงมีทิศทางกลิ้งไปของล้อไม่สัมพันธ์กันและกันและยังไม่สัมพันธ์กับล้อหลังซึ่งเป็นล้อขับด้วย อันเป็นสาเหตุให้ดอกยางเกิดการถูกับผิวถนนสึกหรอเร็วกว่าปรกติแล้วยังทำให้การเกาะถนนของรถลดลงด้วย และจากผลของการที่ล้อเป็นมุมแคมเบอร์บวกทำให้ล้อหน้าแล่นออกจากกันเปรียบเหมือนการกลิ้งของกรวย ดังนั้นเมื่อจัดตั้งระยะโทให้ข้างหน้าแคบเข้าก็จะเป็นผลให้ล้อแล่นเข้าหากัน เมื่อปรับตั้งระยะโทสัมพันธ์กับมุมแคมเบอร์ก็จะเป็นผลให้ล้อแล่นตรงไปข้างหน้าตามทิศทางแล่นของรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โทเอาท์ขณะเลี้ยว (Toe out on turn) เป็นมุมของล้อหน้าที่เกิดขึ้นขณะรถแล่นอยู่บนทางโค้งหรือขณะที่รถเลี้ยว จากการต้องการเบื้องต้นในการแล่นของรถที่มีการเกาะถนนที่ดีนั้น ล้อทุกๆ ล้อของรถจะต้องกลิ้งไปบนถนนโดยไม่มีการขัดถูหรือลากไปบนผิวทางแล่น ดังนั้นในขณะที่รถเลี้ยวล้อหน้าจึงเป็นโทเอาท์ เพราะว่าล้อด้านนอกของทางโค้งแล่นไปบนส่วนโค้งที่ใหญ่กว่าล้อด้านในของทางโค้ง ล้อด้านนอกจะต้องบิดเลี้ยวเป็นมุมน้อยกว่าล้อด้านใน ด้วยเหตุนี้จึงทำให้รัศมีเลี้ยวของล้อหน้ากว้างกว่าด้านหลัง แต่เนื่องจากการวัดโทเอาท์ขณะเลี้ยวเป็นองศาจึงเรียกว่ามุมรัศมีเลี้ยวรถ อันหมายถึงการบิดเลี้ยวของล้อหน้าให้ล้อทุกๆล้อของรถมีจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งที่ล้อทุกล้อกลิ้งไปเพียงจุดเดียวหรือมีจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งร่วมกัน



รูปที่ 2.7 แสดงการเปรียบเทียบการเลี้ยวของรถที่ล้อทุกล้อร่วมจุดศูนย์กลางเดียวกันและไม่ร่วมจุดศูนย์กลางเดียวกัน

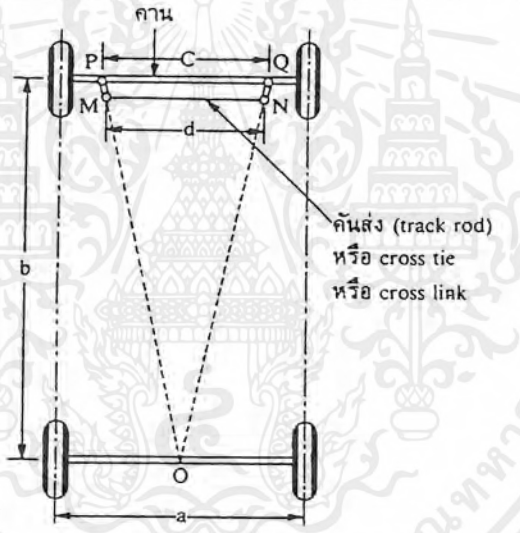
รูป ก) ล้อรถทุกล้อเลี้ยวโดยไม่ร่วมจุดศูนย์กลางเดียวกันจึงต้องมีจุดศูนย์กลางเฉลี่ยเพราะล้อหน้าทั้งสองบิดเลี้ยวด้วยมุมเท่ากัน

รูป ข) ล้อทุกล้อเลี้ยวโดยมีจุดศูนย์กลางร่วมกันเพราะล้อหน้าเป็นโทเอาท์ขณะเลี้ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 กลไกบังคับเลี้ยวแบบอัคเคมาน

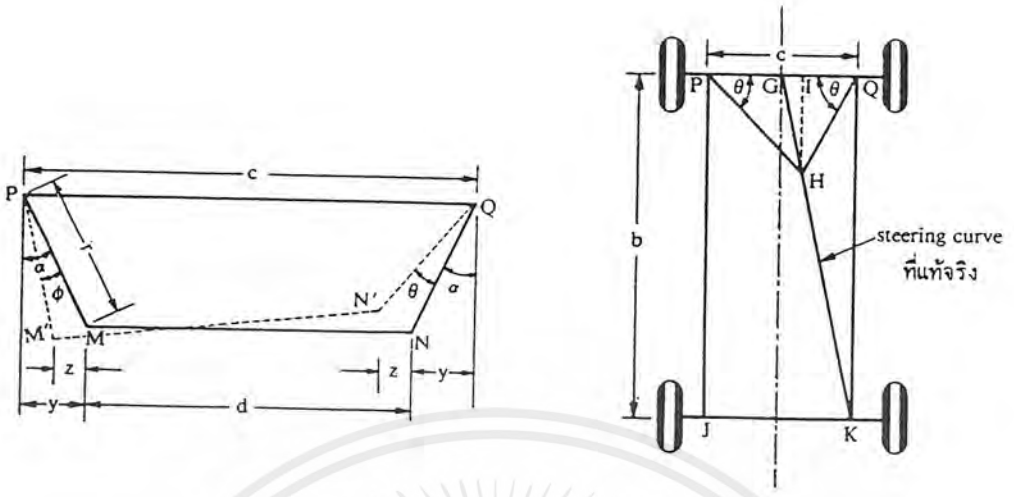
คันชักคันส่งของรถได้ออกแบบไว้เพื่อเป็นตัวแก้มุมเลี้ยวล้อของแต่ละล้อขณะที่รถแล่นบนทางโค้งให้ถูกต้อง การออกแบบนี้เรียกว่า หลักการของ อัคเคมาน (ackermanns principle) หลักการนี้คือการที่ล้อสองล้อมีการต่อให้บิดเลี้ยวไปด้วยกัน ล้อที่แล่นไปบนวงกลมที่ต่างกันจะต้องบิดเลี้ยวไปในมุมที่ขนาดไม่เท่ากันด้วย การควบคุมโทเอาท์ขณะเลี้ยวทำได้โดยการออกแบบให้แขนเลี้ยวล้อ (steering arms) ทำมุมกับเส้นศูนย์กลางล้อ เพราะถ้าแขนเลี้ยวล้อขนานกับเส้นศูนย์กลางล้อ ล้อหน้าทั้งสองจะบิดเลี้ยวไปเท่ากันดังเช่นสี่เหลี่ยมด้านขนาน จะทำให้จุดศูนย์กลางของส่วนโค้งที่ล้อแต่ละล้อแล่นไปอยู่คนละจุดกัน เป็นผลให้ยางถูลากไปบนพื้นถนน ดังนั้นถ้าต้องการให้มุมเลี้ยวล้อหน้าแต่ละล้อไม่เท่ากันจะต้องทำให้คันส่ง และแขนเลี้ยวล้อประกอบกันเป็นสี่เหลี่ยมคางหมู โดยเมื่อล้ออยู่ในตำแหน่งตรงไปข้างหน้าถ้าลากเส้นต่อไปจากแขนเลี้ยวล้อทั้งสองข้างแล้ว เส้นต่อทั้งสองจะตัดกันบนเส้นศูนย์กลางของเพลาล้อหลังที่จุกกึ่งกลาง



รูปที่ 2.8 ระบบบังคับเลี้ยวแบบอัคเคมาน

ดูรูปที่ 2.7 ถ้าไม่คิดการเอียงเล็กน้อยของคันชักส่งการเคลื่อนที่ของ M และ N ในทิศทางขนานกับเพลา คาน PQ จะมีค่าเท่ากันคือ เท่ากับ Z ให้ M' N' เป็นตำแหน่งที่ถูกต้องในขณะเลี้ยว และ r เป็นรัศมีของแขนก้านต่อบังคับเลี้ยวหรือนัคเคิลอาร์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 แสดงกลไก 4-bar ของระบบบังคับเลี้ยว

2.2.4 เงื่อนไขพื้นฐานสำหรับการกลิ้งอย่างแท้จริง

ในขณะรถเลี้ยว ล้อหน้าจะต้องหมุนในลักษณะที่แน่นอนทั้งคู่และสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน นอกจากนี้แนวแกนล้อหน้าทั้งคู่จะต้องไปตัดกับแนวแกนล้อหลังที่จุดเดียวกันเพื่อขจัดการลื่นไถลทางด้านข้าง และทำให้ล้อทั้งหมดเกิดการกลิ้งไปอย่างแท้จริง ตามเงื่อนไขพื้นฐานดังกล่าวมานี้ ล้อหน้าทั้งสองจะต้องหมุนรอบจุดศูนย์กลางร่วมจุดเดียวกันซึ่งจุดศูนย์กลางนี้เป็นจุดศูนย์กลางหมุนชั่วขณะ (instantaneous center) เนื่องจากแนวแกนล้อหลังอยู่คงที่ ดังนั้นจุดศูนย์กลางร่วมจุดนี้จะต้องยื่นออกไปนอกตัวรถ

2.3 ระบบส่งถ่ายกำลัง

ในส่วนของการส่งถ่ายกำลังของรถประหยัดเชื้อเพลิงเราได้ให้ความสนใจในส่วนของระบบส่งถ่ายกำลังที่มีการเปลี่ยนอัตราทดอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากเราสามารถนำชิ้นส่วนของชุดเกียร์ที่เป็นมาตรฐานท่ามากับเครื่องออกได้จึงสามารถช่วยลดน้ำหนักของเครื่องยนต์ได้รวมไปถึงสามารถให้ประสิทธิภาพในการส่งถ่ายกำลังได้ดีกว่าระบบเก่าซึ่งเป็นระบบที่ใช้ชุดเกียร์อีกด้วย

ฉะนั้นในส่วนของระบบส่งถ่ายกำลังนี้เราจึงขอกล่าวถึงเฉพาะระบบส่งถ่ายกำลังที่มีการเปลี่ยนอัตราทดอย่างต่อเนื่องเท่านั้นว่าระบบดังกล่าวที่จะนำมาใช้ในรถประหยัดเชื้อเพลิงนั้นมีทฤษฎีและหลักการในการทำงานเป็นอย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 ทฤษฎีและหลักการ

การส่งถ่ายกำลังของรถประหยัดเชื้อเพลิงขนาดเล็กนี้จะใช้การเปลี่ยนอัตราทดอย่างต่อเนื่อง ซึ่งมีส่วนประกอบคือ

1. ชุดกรวยส่งกำลังต่อจากเพลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์
2. ชุดเลื่อนเครื่องสำหรับติดตั้งเครื่องยนต์ และเลื่อนซ้ายขวาเพื่อเปลี่ยนอัตราทด
3. ชุดสปริงดึงเครื่องยนต์ให้แนบกับล้อ เพื่อขับล้อ
4. ชุดถอนกำลังสำหรับดึงเครื่องออกขณะสตาร์ตและเบรค

จากผลการทดลองที่จะกล่าวไว้ในบทที่ 4 ซึ่งได้รอบใช้งานที่รอบ 1200 รอบ/นาทีนำมาคำนวณเพื่อหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกรวยส่งกำลังที่สามารถทำให้ความเร็วเฉลี่ยของรถไม่ต่ำกว่า 25 km/hr โดยที่มีกำหนดค่ามาตรฐานต่างๆ ไว้ดังนี้

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อรถประหยัดเชื้อเพลิงมีขนาดเป็น 68.58 ซม.

รอบของเครื่องยนต์ที่ใช้งานเป็น 1200 รอบ/นาที

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกรวยส่งกำลังที่เล็กที่สุดเป็น 1 ซม.

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกรวยส่งกำลังที่ใหญ่ที่สุดเป็น 15 ซม.

จาก $v = \pi DN$

อัตราทดเกียร์ต่ำ

$D1/D2 = N2/N1$

$1/68.58 = N2/1200$

$N2 = 17.5$ รอบ/นาที

$v = \pi\,(68.58 \times 0.01)(17.5 \times 60)/1000$

$= 2.26$ km/hr

เกียร์สูง

$15/68.58 = N2/1200$

$N2 = 262.5$ รอบ/นาที

$v = \pi\,(68.58 \times 0.01)(262.5 \times 60)/1000$

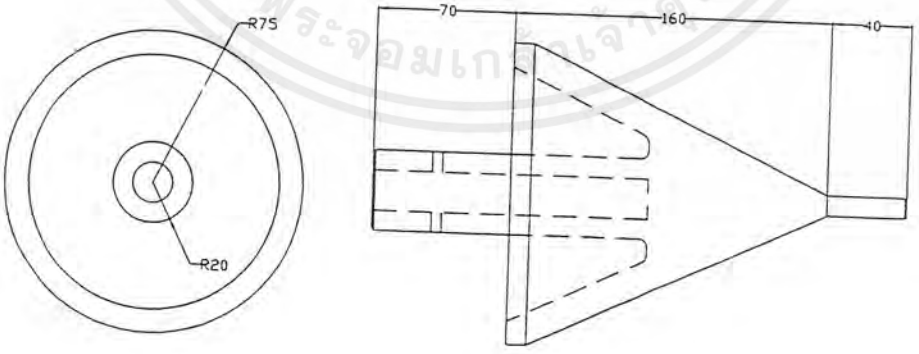
$= 33.93$ km/hr

จากผลการคำนวณจะเห็นว่าที่เกียร์สูงคือที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกรวยส่งกำลังที่ใหญ่ที่สุดเป็น15 ซม.สามารถส่งถ่ายกำลังแล้วทำให้รถประหยัดเชื้อเพลิงสามารถวิ่งที่ความเร็วเฉลี่ยสูงสุดที่ 33.93 km/hr ซึ่งเพียงพอกับเร็วที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

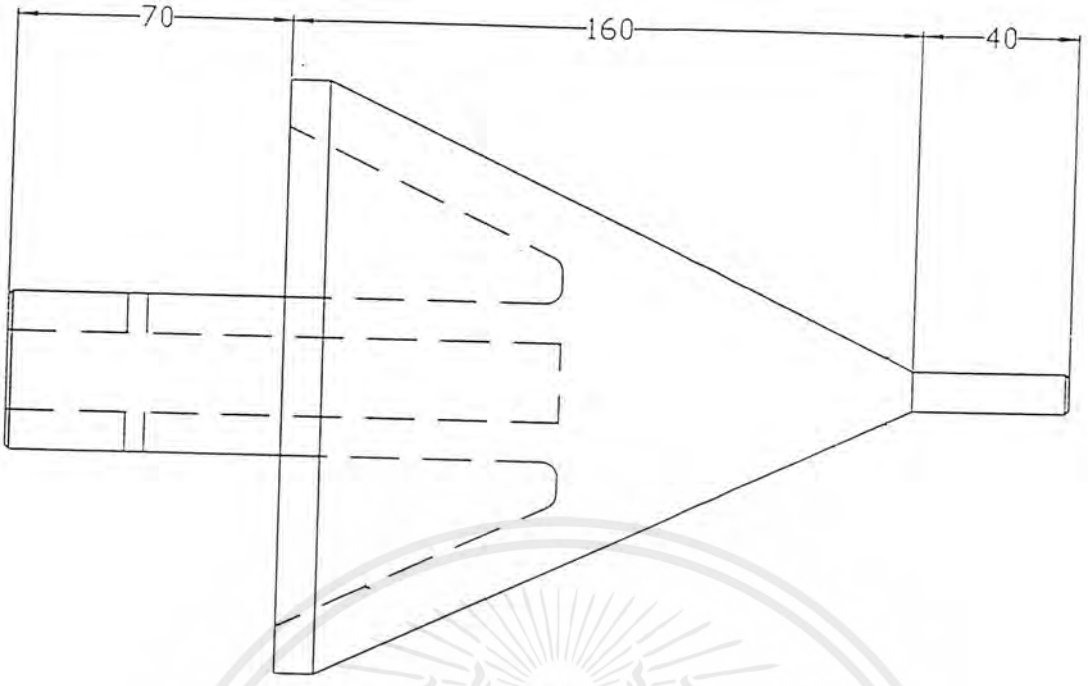
2.3.2 หลักการทำงาน

จะใช้อุปกรณ์ที่ทำขึ้นเฉพาะซึ่งมีลักษณะเป็นกรวย ส่งกำลังโดยจะต่อจากเพลาข้อเหวี่ยง และส่งกำลังจะใช้โดยกรวยส่งกำลังนี้มากดกับล้อ ในขณะติดเครื่องกรวยนี้จะขับโดยตรงกับล้อทำให้เกิดการขับเคลื่อน การใช้งานปกติจะใช้งานเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบคงที่และจะเปลี่ยนความเร็วรถโดยการเปลี่ยนอัตราทดโดยการเลื่อนเครื่องยนต์ซ้ายขวา เพื่อเปลี่ยนตำแหน่งเส้นผ่านศูนย์กลางของกรวยตัวขับที่จะใช้ขับล้อเพื่อจะเมื่อจะเพิ่มความเร็ว รถยนต์ก็จะเปลี่ยนเส้นผ่านศูนย์กลางของกรวย ณ ตำแหน่งขับ จากเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กไปใหญ่ และเมื่อต้องการลดความเร็วรถ ก็จะเปลี่ยนเส้นผ่านศูนย์กลางของกรวย ณ ตำแหน่งข้อต่อล้อ จากเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ ไป เส้นผ่านศูนย์กลางเล็ก การเปลี่ยนเส้นผ่านศูนย์กลางของกรวย ณ ตำแหน่งที่ขับกับล้อ ทำโดย การเลื่อนที่ฐานที่ติดตั้งเครื่องยนต์ การเลื่อนนี้จะใช้เป็นลักษณะของมอเตอร์หมุนเกลียวเพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่ในแนวแกนที่เกลียวหมุน ซึ่งจะทำให้เครื่องยนต์เลื่อนไปทั้งเครื่องพร้อมกับกรวย ทำให้เกิดการเปลี่ยนเส้นผ่านศูนย์กลางของกรวยที่ขับกับล้อ จึงเกิดการเปลี่ยนความเร็วของล้อโดยการขับของกรวยกับล้อนี้จะต้องใช้สปริงในการดึงกรวยให้กดกับล้อด้วย แรงที่พอเหมาะถ้าดึงกรวยเกินแรงดึงนี้จะกลายเป็นภาระ ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองหรือเครื่องอาจดับได้ ถ้าดึงน้อยเกินกรวยกับล้อจะเกิดการลื่นไถล ทำให้เกิดการสูญเสียกำลังโดยเปล่าประโยชน์ อีกส่วนหนึ่งได้แก่ชุดฉนวนกำลังซึ่งจะเป็นตัวใช้ในช่วงออกตัวและช่วงเบรก โดยช่วงออกตัวต้องถอนกรวยออกจากล้อ และติดเครื่องจากนั้นค่อยๆ ปล่อยชุดฉนวนกำลังเพื่อให้กรวยค่อยๆ เข้าไปขับล้อ ซึ่งอาจมีการลื่นไถลบ้างเล็กน้อย และต้องอาศัยความชำนาญของผู้ขับในการติดต่อกำลัง ช่วงที่ต้องการเบรคจะต้องถอนกรวยออกจากล้อก่อน จึงจะเบรกที่ล้อได้เพื่อไม่ให้เครื่องดับ



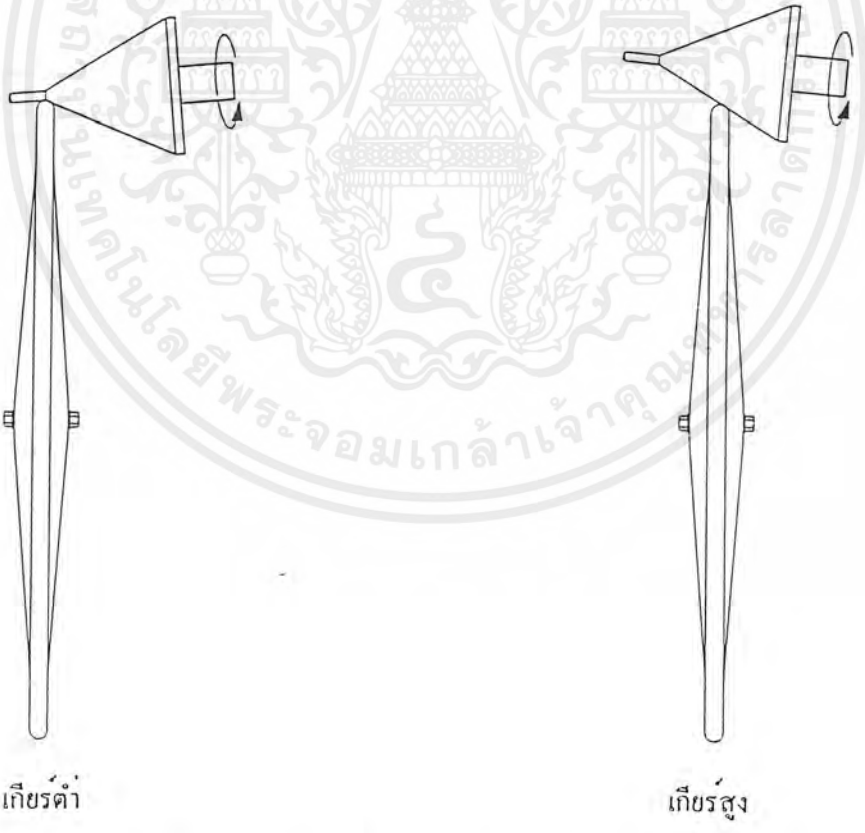
2.10(ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



2.10(ข)

รูปที่ 2.10 Drawing ของกรวยส่งกำลัง



รูปที่ 2.11 ลักษณะการส่งถ่ายกำลังของเกียร์สูงและเกียร์ต่ำ

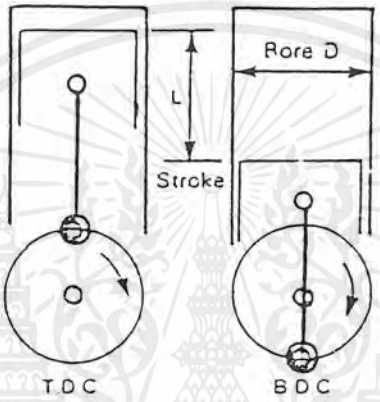
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 เครื่องยนต์ แบ่งออกเป็นส่วนๆดังนี้

2.4.1 ทฤษฎีและหลักการของเครื่องยนต์

1. ระยะชัก, ช่วงชัก (Stroke)

การที่ลูกสูบเลื่อนขึ้นจากศูนย์ตายล่างสู่ศูนย์ตายบน (BDC-TDC) หรือเลื่อนลงจากศูนย์ตายบนสู่ศูนย์ตายล่าง (TDC-BDC) การเคลื่อนที่ขึ้นหรือลงแต่ละครั้ง เรียกว่า 1 ระยะชัก (Stroke, L) ระยะการเคลื่อนที่มีหน่วยเรียกเป็นมิลลิเมตร (มม.)



รูปที่ 2.12 ระยะชัก

2. ศูนย์ตาย (Dead center, TDC, BDC)

- ศูนย์ตาย (Dead center) คือ จุดที่ลูกสูบสิ้นสุดการเคลื่อนที่ในทิศทางนั้น ๆ หรือเคลื่อนที่ต่อไปในทิศทางนั้นไม่ได้นั่นเอง
- ศูนย์ตายบน (Top Dead Center, TDC) คือ จุดสูงสุดที่ลูกสูบเริ่มจะเคลื่อนที่ลง
- ศูนย์ตายล่าง (Bottom Dead Center, BDC) คือ จุดต่ำสุดที่ลูกสูบเริ่มจะเคลื่อนที่ขึ้น

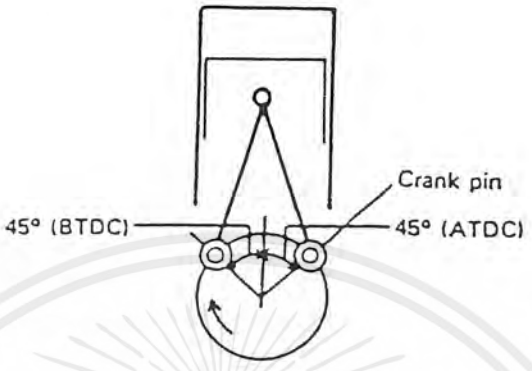
3. ความโตกระบอกสูบ ขนาดกระบอกสูบ (Bore)

ความโตกระบอกสูบ คือ เส้นผ่าศูนย์กลางภายในของกระบอกสูบ (D) มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร (มม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. มุมเพลาข้อเหวี่ยง (Crank angle)

มุมเพลาข้อเหวี่ยง คือ มุมที่เกิดจากเส้นตรงที่ลากจากจุดศูนย์กลางสลักลูกสูบมายังศูนย์กลางเพลาข้อเหวี่ยง (Center line) กับเส้นตรงที่ลากผ่านจุดศูนย์กลางสลักข้อเหวี่ยง (Crank pin) มายังจุดศูนย์กลางเพลาข้อเหวี่ยง โดยการเปรียบเทียบกับ TDC และ BDC



รูปที่ 2.13 มุมเพลาข้อเหวี่ยง

การเปรียบเทียบกับ TDC 45 องศาก่อนศูนย์ตายบน (45 BTDC) 45 องศาหลังศูนย์ตายบน (45° ATDC)

การเปรียบเทียบกับ BDC จะบอกเป็นจำนวนองศาก่อนศูนย์ตายล่าง (Before Bottom Dead Center, BBDC) หรือจำนวนองศาหลังศูนย์ตายล่าง (After Bottom Dead Center, ABDC)

5. ความจุกระบอกสูบ ปริมาตรที่ลูกสูบเลื่อนแทนที่ (Piston displacement)

เมื่อลูกสูบเลื่อนขึ้นจากศูนย์ตายล่างสู่ศูนย์ตายบน ปริมาตรที่ลูกสูบเลื่อนแทนที่ (Piston displacement Volume, Displacement Volume) บางครั้งจะเรียกว่า "ปริมาตรระยะชัก" (Stroke Volume) ความจุกระบอกสูบมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร (cc, cm^3) และลิตร (1,000 cc) การคำนวณความจุกระบอกสูบ คำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$V = \pi r^2 LN = \frac{\pi D^2}{4} LN$$

D : Stroke Cylinder bore diameter

N : Number of cylinder

r : Cylinder bore radius

π : Ratio of circumference or cycle to its diameter

illustraion:

เมื่อ V = ความจุกระบอกสูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

π = 22 = 3.14

r = รัศมีกระบอกสูบ, D = ความโตกระบอกสูบ r = D/2

L = ระยะชัก

N = จำนวนสูบ

6. ปริมาตรห้องเผาไหม้ (Combustion chamber volume)

ปริมาตรห้องเผาไหม้ คือ ปริมาตรของช่องว่างเหนือหัวลูกสูบ เมื่อลูกสูบอยู่ที่ศูนย์ตายบนถึงฝาสูบ

7. ปริมาตรกระบอกสูบ (Cylinder volume)

ปริมาตรกระบอกสูบ คือ ปริมาตรเหนือหัวลูกสูบเมื่อลูกสูบอยู่ที่ศูนย์ตายล่างถึงฝาสูบ หรือผลบวกของความจุกระบอกสูบ (ปริมาตรระยะชัก) กับปริมาณห้องเผาไหม้นั่นเอง

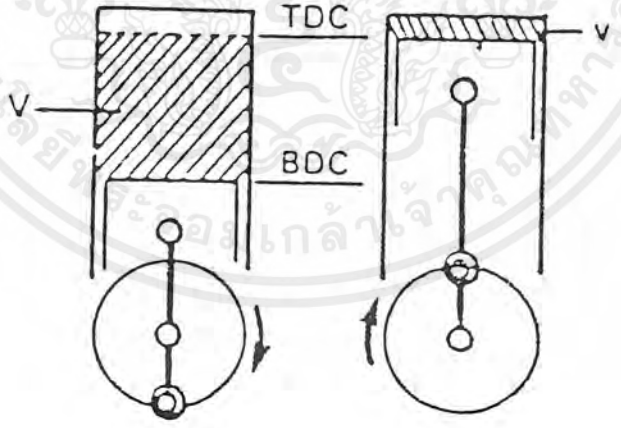
8. อัตราส่วนการอัด (Compression ratio)

อัตราส่วนการอัด คือ อัตราส่วนของปริมาตรกระบอกสูบ ต่อปริมาตรห้องเผาไหม้

เมื่อ R = อัตราส่วนการอัด

v = ปริมาตรห้องเผาไหม้

V = ปริมาตรระยะชัก



รูปที่ 2.14 อัตราส่วนการอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณอัตราส่วนการอัด คำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$\text{Compression ratio } R = \frac{\text{Combustion chamber volume v} + \text{Displacement V}}{\text{Combustion chamber volume v}}$$

$$= (V/v) + 1$$

เครื่องยนต์ยิ่งมีอัตราส่วนการอัดสูง ยิ่งมีรอบเครื่องยนต์สูงขึ้นตามไปด้วย แต่อัตราส่วนการอัดก็มีข้อจำกัด เนื่องจากความสามารถในการต้านทานการน็อคของน้ำมันเบนซิน (Octane number)

เครื่องยนต์จักรยานยนต์ โดยทั่วไปมีดังนี้

เครื่องยนต์ 2 จังหวะ มีอัตราส่วนการอัดตัว 6-8:1

เครื่องยนต์ 4 จังหวะ มีอัตราส่วนการอัดตัว 8-10:1

9. ความเร็วลูกสูบ (Piston speed)

เมื่อเครื่องยนต์ทำงาน ความเร็วลูกสูบจะมีค่าเป็น 0 ที่ศูนย์ตายบนและศูนย์ตายล่าง โดยมีความเร็วสูงสุดอยู่ที่กึ่งกลางระยะชัก ดังนั้นความเร็วลูกสูบก็คือค่าความเร็วลูกสูบโดยเฉลี่ย

การคำนวณความเร็วลูกสูบ คำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$v = \frac{2LN}{60} = \frac{LN}{30}$$

v = Average piston speed (m/s)

L = Stroke (m)

N = Engine speed (rpm)

เมื่อ V = ความเร็วเฉลี่ยลูกสูบมีหน่วยเป็นเมตร/วินาที

L = ระยะชัก มีหน่วยเป็นเมตร

N = ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ มีหน่วยเป็นรอบ/นาที

เนื่องจากที่เครื่องยนต์หมุน 1 รอบ ลูกสูบจะเลื่อนขึ้นลงเป็นระยะ 2L ดังนั้นเมื่อเครื่องยนต์หมุน N รอบ ลูกสูบจะเลื่อนขึ้นลงเป็นระยะ 2LN ความเร็วเครื่องยนต์มีหน่วยเป็นรอบต่อนาที จึงต้องนำเอา 60 มาหาร เพื่อให้มีหน่วยเป็นวินาที

10. แรงบิด (Torque)

แรงหมุน (Turning force) ซึ่งทำให้ชิ้นส่วนเกิดการหมุน เรียกว่า "แรงบิด" ดังเช่นจักรยนต์ถูกขับโดยแรงบิดของเพลาข้อเหวี่ยง

Toque = Force × distance (L 2)

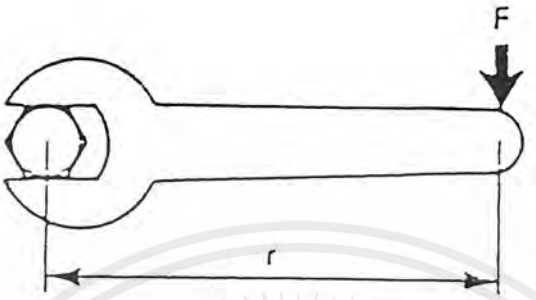
แรงบิด = แรง × ระยะทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังเช่น เมื่อมีแรง F ซึ่งมีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg) มากระทำกับประแจยาว r ซึ่งมีหน่วยเป็นเมตร (m) ในการขันหัวสกรู

$\therefore T = F \times r$

แรงบิด $= F \times r$ กิโลกรัม-เมตร (kgm)



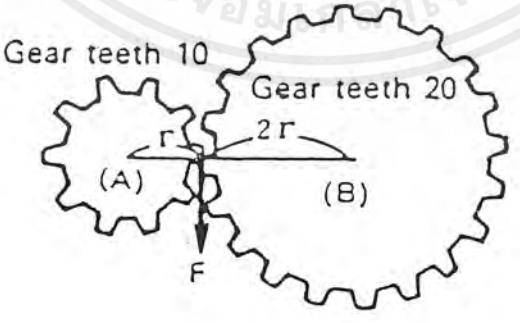
รูปที่ 2.15 แรงบิด

การเปลี่ยนแรงบิดในเกียร์ด้วยการทดรอบ ดังเช่นเมื่อมีแรง F มากระทำที่เฟืองขับ A ซึ่งมีรัศมี r และเฟือง A ขบอยู่กับเฟือง B ซึ่งมีรัศมี 2r

$\therefore$ แรงบิดบนเพลา A, $TA = F \times r$

แรงบิดบนเพลา B, $TB = F \times 2r$

แรงบิดบนเพลา B จะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า แต่ความเร็วจะลดลงเหลือเพียงครึ่งเดียว นั่นก็คือเฟืองตามยิ่งมีจำนวนฟันมาก แรงบิดก็ยิ่งเพิ่มขึ้นแต่ความเร็วก็จะยิ่งลดลง

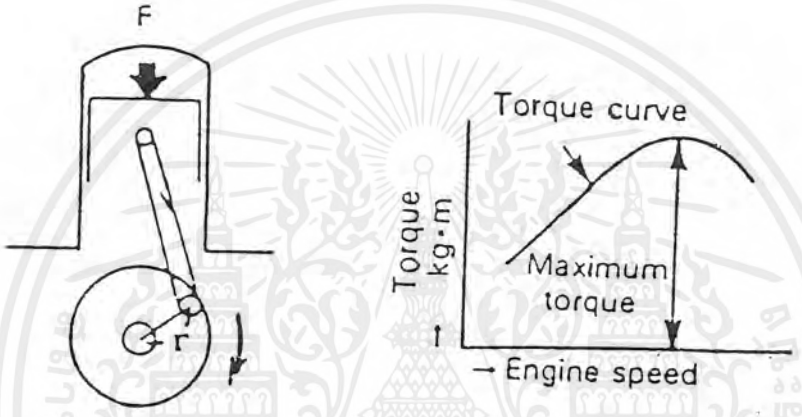


รูปที่ 2.16 ชุดเฟือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีของเครื่องยนต์เครื่องหนึ่ง จากการเปรียบเทียบความยาวของประแจ (r) ก็คือระยะจากจุดศูนย์กลางเพลาข้อเหวี่ยงไปยังสลักข้อเหวี่ยงนั่นเอง ซึ่งจะมีระยะเป็นครึ่งหนึ่งของระยะชัก ($\frac{L}{2}$)

แรงที่มากระทำที่ประแจ (F) ก็คือแรงดันจากการเผาไหม้ ที่มากระทำบนหัวลูกสูบผลักดันให้ลูกสูบเลื่อนลงนั่นเอง เนื่องจากระยะ r คงที่ ดังนั้นแรงบิด (T) จึงเปลี่ยนแปรไปตามค่าแรงดัน (F)



รูปที่ 2.17 Torque Curve

ค่าแรงดัน (F) จะเปลี่ยนแปรไปตามความเร็วของเครื่องยนต์ นั่นก็คือเปลี่ยนแปรไปตามประสิทธิภาพการเผาไหม้ ดังนั้นค่าแรงบิด (T) จึงเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

จากการทำงานจริง ๆ ของเครื่องยนต์ เครื่องยนต์เครื่องหนึ่งจะให้ค่าแรงบิดสูงสุด (Maximum Torque) ณ ที่ความเร็วของเครื่องยนต์เพียงความเร็วเดียวเท่านั้น จากความเร็วนั้นแม้จะเพิ่มความเร็วให้สูงขึ้นไปอีก แรงบิดก็มิได้สูงขึ้นตามไปด้วย แต่กลับจะค่อย ๆ ลดลง

ดังนั้นจากแผ่นโฆษณาของจักรยานยนต์ต่าง ๆ จะระบุค่าแรงบิดสูงสุด พร้อมกับความเร็วของเครื่องยนต์เอาไว้ เมื่อจักรยานยนต์วิ่งที่ความเร็วรอบที่ให้ค่าแรงบิดสูงสุด แรงขับที่ไปขับล้อหลังก็จะสูงสุดด้วย จึงควรเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ เช่น ณ ความเร็วเดียวกัน เครื่องยนต์ที่ให้ค่าแรงบิดสูงสุดสูงกว่าก็จะมีแรงขับที่ล้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงกว่า แต่ถ้ามีแรงบิดสูงสุดเท่ากันที่ความเร็วแตกต่างกัน เครื่องยนต์ที่ให้ค่าแรงบิดสูงสุดที่ความเร็วต่ำกว่า ก็จะมีอัตราเร่งดีกว่า

11. กำลังงาน (Power)

กำลังงาน คือ อัตราการทำงาน หรือความสามารถในการทำงานในหนึ่งหน่วยเวลา การคำนวณกำลังงาน คำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$\text{Power} = \frac{\text{Work done}}{\text{Time taken}} = \text{kg.m/sec (Work done per. Sec.)}$$

$$\text{กำลังงาน} = \frac{\text{งานที่ทำได้}}{\text{เวลาที่ใช้}} \qquad \text{กก-ม./วินาที}$$

หน่วยของกำลังงาน (Unit of power)

Unit of power

PS (Pferd starke in German) 1 PS = 75 kg.m/sec.

PS เป็นหน่วยกำลังงานหรือแรงม้าของเยอรมัน หมายถึง กำลังงานที่ใช้ในการทำให้วัตถุหนัก 75 กิโลกรัม เคลื่อนที่ไปเป็นระยะทาง 1 เมตร ในเวลา 1 วินาที (กำลังงานมากขึ้น หมายถึง งานที่ได้มากขึ้น ในหนึ่งหน่วยเวลาเดียวกัน)

การคำนวณกำลังงานของเพลาข้อเหวี่ยง (Calculation of crankshaft power)

รูปที่ 2.18 แรงกระทำให้สลักข้อเหวี่ยงเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปจะเห็นว่า สลักข้อเหวี่ยงเคลื่อนที่เนื่องจากมีแรงจำนวนหนึ่งมากระทำในหนึ่งหน่วยเวลา ทำให้เกิดอัตราการทำงานหรือกำลังงานขึ้น

งานที่ทำได้ Q = แรง × ระยะทาง = $F \times S$

แรงบิด T = แรง × รัศมี = $F \times r$

$$F = \frac{T}{r}$$

$$S = 2\pi rN$$

$$Q = \frac{T}{r} \times 2\pi rN = 2\pi NT$$

$$\text{กำลังงาน (PS)} = \frac{2\pi NT}{60 \times 75} \cong \frac{NT}{716}$$

$$\text{กำลังงาน (PS)} \approx 0.0014NT$$

Work done Q = Force F × Distance S

Tourque T = Force F × Distance r, $F = T \quad r$

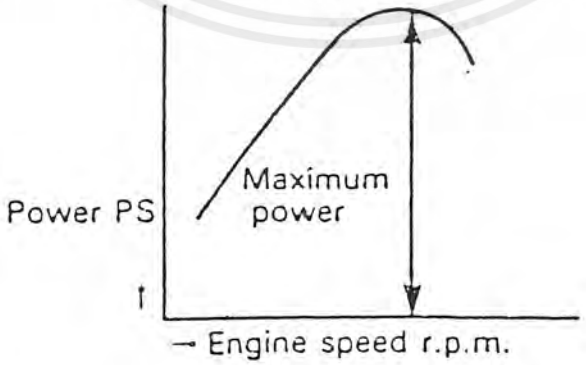
Distance S covered by N turns of crank pin per minute = $2\pi rN$

$$\text{Power} = \frac{\text{Work done}}{\text{Time taken}} \quad Q \;\; 1PS = 75 \text{ kg.m/sec.}$$

$$Q = F.S = \frac{T}{r} \times 2\pi rN = 2\pi NT$$

$$\text{Power (PS)} = \frac{2\pi NT}{60 \times 75} \cong \frac{NT}{716} \cong 0.0014NT$$

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของเครื่องยนต์กับแรงม้า (Relationship between engine speed and horsepower)



รูปที่ 2.19 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของเครื่องยนต์กับแรงม้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสูตรกำลังงาน (PS) จะเห็นว่า กำลังงานจะเปลี่ยนแปรไปตามผลคูณระหว่างแรงบิดที่เพลาข้อเหวี่ยงกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์นั่นก็คือความเร็วยิ่งสูงขึ้น กำลังงานก็จะยิ่งสูงขึ้นตามไปด้วย แต่การทำงานจริง ๆ ของเครื่องยนต์ ณ ที่ความเร็วหนึ่ง แรงบิดจะเริ่มลดลง ดังนั้นกำลังงานเริ่มลดลงด้วย

เครื่องยนต์เครื่องหนึ่งจะมีความเร็วหนึ่ง ที่ให้กำลังงานสูงสุด (Maximium power) กำลังงานหรือแรงม้าซึ่งมีความสัมพันธ์กับความเร็วของเครื่องยนต์จะแสดงให้ทราบถึงสมรรถนะของเครื่องยนต์ (Engine performance)

2.4.2แบบของห้องข้อเหวี่ยง (Type of Crankcase)

ห้องแคร็งค์ที่ใช้กับเครื่องยนต์ 2 จังหวะมี 2 แบบ คือ

1. แบบแยกตามแนวนอน (Horizontally split type crankcase)

ห้องแคร็งค์แบบแยกตามแนวนอนนี้ ใช้โดยทั่วไปกับเครื่องยนต์สูบเดียว การถอดประกอบจำเป็นอย่างยิ่งจะต้องใช้เครื่องมือพิเศษ

2. แบบแยกแนวตั้ง (Vertically split type crankcase)

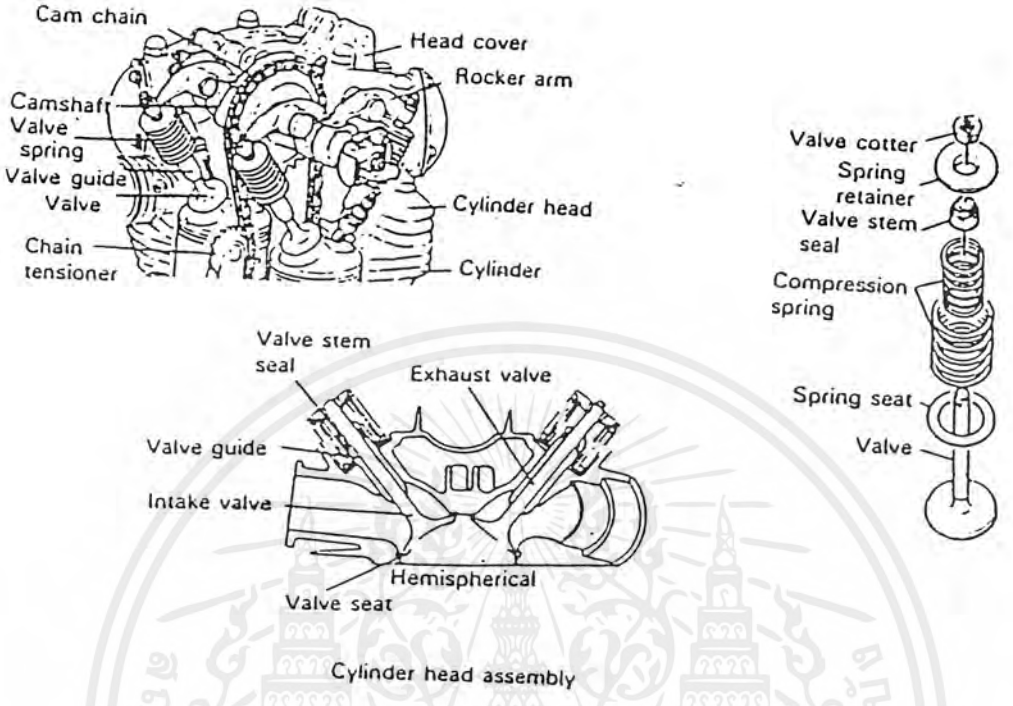
ห้องแคร็งค์แบบแยกตามแนวตั้งนี้ ใช้โดยทั่วไปกับเครื่องยนต์หลายสูบ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับแบบแยกตามแนวนอน แบบแยกตามแนวตั้งจะประกบฝาได้ง่ายกว่า ปัญหาการรั่วที่หน้าประกบน้อยกว่าประกอบแบริ่งได้ง่ายกว่า นอกจากนั้นการถอดประกอบก็ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือพิเศษและการบริการง่ายกว่า

2.4.3โครงสร้างและหน้าที่ของชิ้นส่วนหลักเครื่องยนต์ 4 จังหวะ (Construction and Functions of main parts of Four-Stroke Engines)

1. ชุดฝาสูบ (Cylinder heads)

ชุดฝาสูบ เป็นที่ติดตั้งของลิ้นไอดี (Intake valve) ลิ้นไอเสีย (Exhaust valve) และเป็นส่วนประกอบของห้องเผาไหม้ นอกจากนั้นยังเป็นที่ติดตั้งของกลไกบังคับลิ้นต่าง ๆ (Valve mechanish, Valve gear) เช่น เพลาลูกเบี้ยว (Camshaft) ซึ่งถูกขับโดยโซ่ (Comchain) กระเดื่องกดลิ้น (Rocker arms) เป็นต้น โดยลิ้นและกลไกต่าง ๆ ถูกปิดและอยู่ภายใต้ฝาครอบ (Cylinder head cover)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 ชุดฝาสูบ (Cylinder heads)

2. ฝาสูบ (Cylinder Head)

ฝาสูบทำด้วยอะลูมินัมผสม และมีปลอกนำลิ้น (Valve guides) อัดอยู่ นอกจากนั้นยังมีบ่าลิ้นหรือเบาะลิ้น (Valve seats) ที่นำมาจากโลหะซินเตอร์ผสม (Sintered alloy) ซึ่งทนต่อความร้อนและการสึกหรอเป็นเลิศ อัดอยู่ด้วย

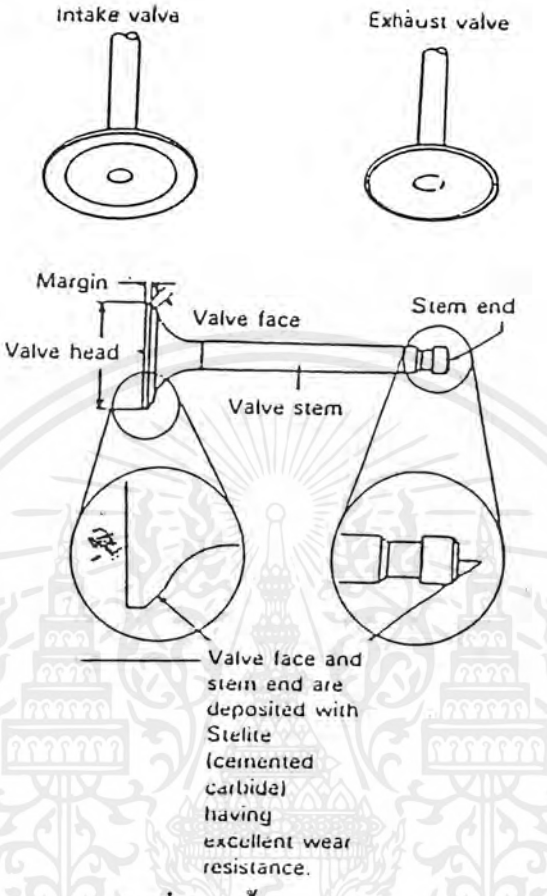
หมายเหตุ โลหะซินเตอร์ผสมทำโดยการอัดส่วนผสมของผลเหล็ก ผงทองแดงและแกรไฟต์ลงในแบบหล่อ มีคุณสมบัติในการดูดซึม ทนต่อความร้อนและการสึกหรอ จึงเป็นวัสดุที่เหมาะสำหรับทำชิ้นส่วนของเฟืองขับโซ่ โรเตอร์ปั๊มและบ่าลิ้น

3. ลิ้น (Valve)

ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย มีรูปร่างคล้ายดอกเห็ด (Mushroom shaped) จึงเรียกกันว่า "ลิ้นดอกเห็ด" (Poppet valves) เนื่องจากลิ้นต้องสัมผัสกับอุณหภูมิและแรงดันที่สูงอยู่ตลอดเวลา นอกจากนั้นยังต้องเคลื่อนที่ขึ้นลงด้วยความเร็วสูง ดังนั้นวัสดุที่ใช้ทำ จึงต้องมีความแข็งแรงเป็นเลิศ มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความทนต่อความร้อนและทนต่อความสึกหรอสูง มีการถ่ายเทความร้อนดี แนบสนิทกับบ่าลิ้น วัสดุที่มีคุณสมบัติดังกล่าวที่นำมาทำลิ้นก็คือเหล็กกล้าพิเศษ (Special steel) เช่น เหล็กกล้าผสมนิกเกิลโครเมียม (Nikel-chrome Steel)



รูปที่ 2.21 ลิ้น (Valve)

4. ลิ้นไอดี (Intake valve)

ลิ้นไอดี ต้องรับอุณหภูมิสูงจากการเผาไหม้และได้รับการระบายความร้อนด้วยไอดี ดังนั้นการขยายตัวของหัวลิ้น (Valve head) จึงไม่สม่ำเสมอทำให้หน้าลิ้น (Valve face) สัมผัสไม่แนบสนิทกับบ่าลิ้น(Valve seat)เพื่อป้องกันเหตุดังกล่าวจึงต้องตัดบ่าลิ้นให้เป็นเบ้ารับหัวลิ้นนอกจากนั้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดขนาดของช่องลิ้นไอดี (Valve port) ต้องใหญ่ที่สุด เท่าที่จะทำได้

5. ลิ้นไอเสีย (Exhaust valve)

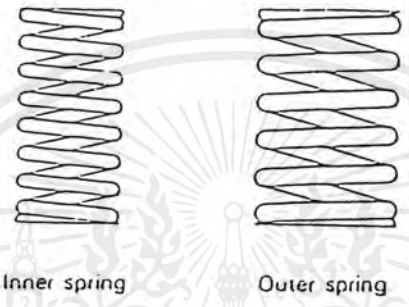
ลิ้นไอเสียต้องรับทั้งอุณหภูมิและแรงดันสูง ดังนั้นจึงมักเป็นเหตุให้การสัมผัสของหน้าลิ้นกับบ่าลิ้นไม่แนบสนิท นอกจากนั้นปลอกนำลิ้นยังสึกอย่างรวดเร็วอีกด้วย เพื่อป้องกัน เหตุดังกล่าวจึงจำเป็นต้องเผื่อช่องว่างระหว่างก้านลิ้น (Valve stem) กับปลอกนำลิ้นไว้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ

- ช่องว่างระหว่างก้านลิ้นกับปลอกนำลิ้น ของลิ้นไอเสียจะมีค่ามากกว่าลิ้นไอดี
- ปลอกนำลิ้น ทำด้วยเหล็กหล่อผสมโครเมียม (Chrome castiron) ได้รับการหล่อลื่นจากน้ำมันหล่อลื่น ที่ไหลผ่านระหว่างปลอกนำลิ้นกับก้านลิ้น จากนั้นน้ำมันก็จะไหลเข้าไปเผาไหม้ในกระบอกสูบ เพื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นเข้าไปเผาไหม้น้อยที่สุด จะมีซีลก้านลิ้น (Valve stem seal) สวมอยู่ที่ก้านลิ้น

6. สปริงลิ้น (Valve Springs)



รูปที่ 2.22 สปริงลิ้น (Valve Springs)

สปริงลิ้น ทำหน้าที่กดหน้าลิ้นให้แนบสนิทกับบ่าลิ้น ทำให้แรงอัดไม่รั่ว นอกจากนั้นยังช่วยเปิดและปิดลิ้นเพื่อให้การเปิดและปิดของลิ้นที่ความเร็วสูง ๆ เป็นไปอย่างสม่ำเสมอ จะใช้สปริงที่มีขนาดและจำนวนขดไม่เท่ากัน 2 ตัวสวมซ้อนกันอยู่ที่ก้านลิ้น เป็นการป้องกันไม่ให้ลิ้นต้นเปิดอยู่ตลอดเวลา (Resonance) อันเนื่องมาจากความถี่ตามธรรมชาติของสปริง (Natural oscillation)

7. กลไกบังคับลิ้น (Valve Trains)

กลไกบังคับลิ้น ทำหน้าที่บังคับให้ลิ้นเปิดและปิด เมื่อลูกสูบเลื่อนถึงตำแหน่งที่กำหนด แบ่งออกได้เป็นหลายแบบ ตามตำแหน่งการติดตั้งของลิ้นและเพลาตัวลิ้นหรือเพลาลูกเบี้ยว

โดยทั่วไปจักรยานยนต์ ใช้กลไกบังคับแนบลิ้นอยู่ข้างบน (Over Head Valve, OHV)

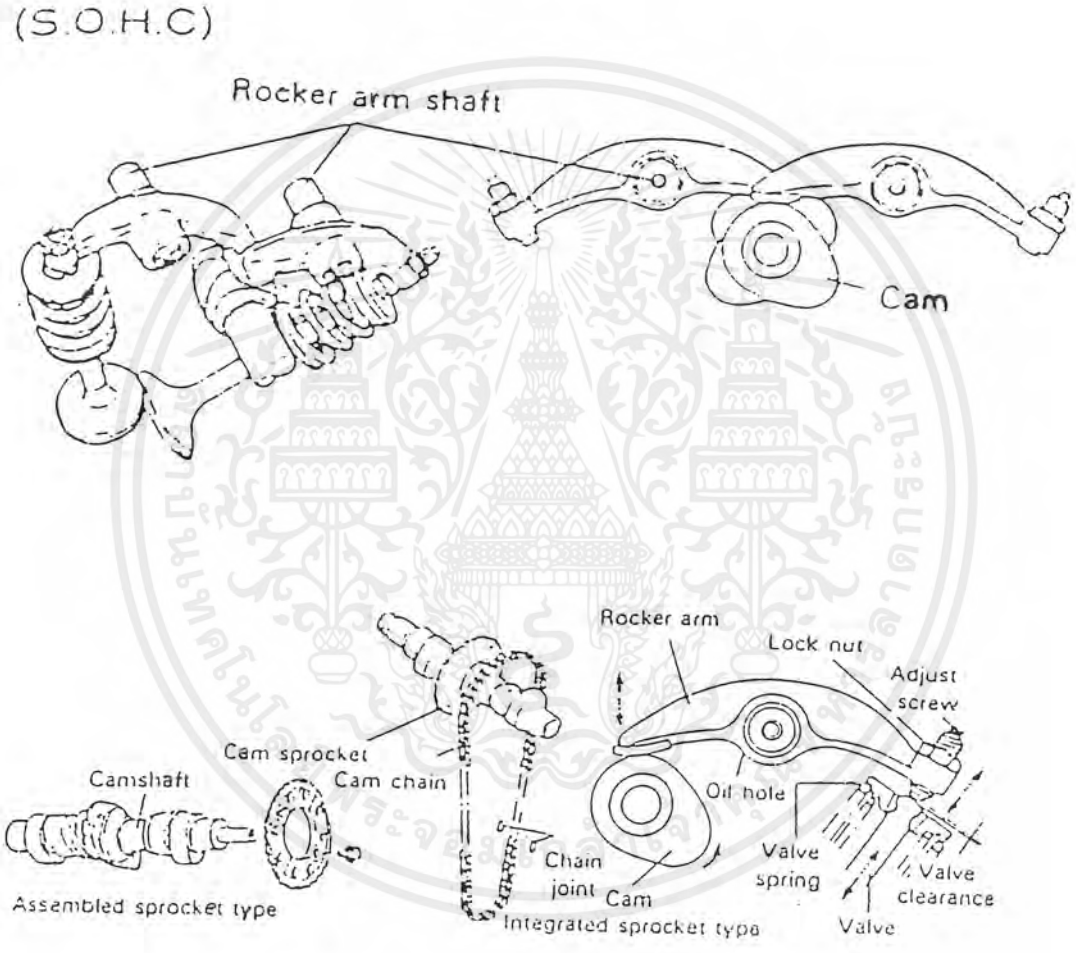
1. แบบเพลาราวลิ้นเดี่ยว (Single Over Head Camshaft, SOHC)
2. แบบเพลาราวลิ้นคู่ (Double Over Head Camshaft, DOHC)

ระบบการขับเพลาราวลิ้น (Valve drive system) ส่วนมากใช้การขับด้วยโซ่ (Chain drive) มีการใช้การขับด้วยเฟือง (Gear drive) บ้างเหมือนกันสำหรับจักรยานยนต์จากอเมริกาหรือยุโรป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะการขับเพลาราวลิ้น ประกอบด้วยชิ้นส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. เพลาราวลิ้น (Cam shafts)
2. เฟืองโซ่ราวลิ้น (Cam sprockets)
3. โซ่ราวลิ้น (Cam chains)
4. กระเดื่องกดลิ้น (Rocker arms)
5. ตัวปรับความตึงโซ่ (Chain tensioner)



รูปที่ 2.23 แบบเพลาราวลิ้นเดี่ยว (Single Over Head Camshaft, SOHC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. เพลาราวลิ้น (Cam shafts)

ทำด้วยเหล็กหล่อพิเศษ (Special cast iron) มีความต้านทานต่อการสึกหรอสูง จำนวนลูกเบี้ยวมีเท่ากับจำนวนลิ้น ทำหน้าที่เปิดและปิดลิ้นผ่านทางกระเดื่องกดลิ้น โดยลูกเบี้ยวเพลาราวลิ้นจะเตะกระเดื่องไปกดลิ้นให้เปิด ลักษณะรูปร่างของลูกเบี้ยวเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของตำแหน่งการเปิดปิดของลิ้น (Valve timing) และระยะยกของลิ้น (Valve lift)

9. เฟืองโซ่ราวลิ้น (Cam sprockets)

แบ่งตามการยึดติดกับเพลาราวลิ้น เป็น 2 แบบ คือ

1. แบบฉลุดแยกได้ (Assembled sprocket type)
2. แบบฉลุดแยกไม่ได้ (Integrated sprocket type)

เฟืองโซ่ราวลิ้น จะมีจำนวนฟันเป็น 2 เท่าของเฟืองโซ่ข้อเหวี่ยง ดังนั้นความเร็วของเพลาราวลิ้นจึงเป็นครึ่งหนึ่งของความเร็วเพลาข้อเหวี่ยง

เฟืองโซ่ราวลิ้น ถูกขับโดยเฟืองโซ่ข้อเหวี่ยง ด้วยโซ่ราวลิ้น ดังนั้นการหมุนของเพลาราวลิ้น (Valve timing) จึงสัมพันธ์กับการหมุนของเพลาข้อเหวี่ยง (Piston position)

10. โซ่ราวลิ้น (Cam chains)

โซ่ราวลิ้น คล้องที่เฟืองโซ่เพลาข้อเหวี่ยงกับเฟืองโซ่เพลาราวลิ้น โดยเฟืองโซ่ข้อเหวี่ยงเป็นเฟืองขับเฟืองโซ่ราวลิ้นเป็นเฟืองตาม เนื่องจากความเร็วของเฟืองทั้งสองมีความสัมพันธ์กันดังกล่าวแล้ว บางครั้งโซ่ราวลิ้นมีชื่อเรียกว่า "โซ่ไทมิ่ง" (Timing chain)

11. กระเดื่องกดลิ้น (Rocker arms)

กระเดื่องกดลิ้น ติดตั้งอยู่กับเพลากระเดื่อง (Rocker arm shaft) ที่ฝาสูบทำหน้าที่เปิดลิ้นโดยการเตะของเพลาราวลิ้น ระยะห่างหรือช่องว่างระหว่างกระเดื่องกดลิ้นกับตีนลิ้น (Stem end) สามารถปรับระยะห่างดังกล่าว ซึ่งเรียกโดยทั่วไปว่าระยะห่างลิ้น (Valve clearance) ด้วยการหมุนสกรูปรับ (Adjust screw)

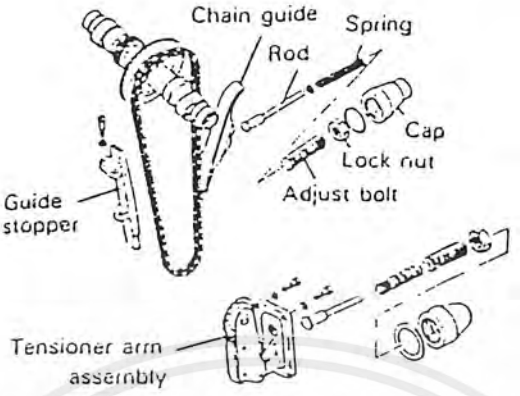
12. ตัวปรับความตึงโซ่ (Chain Tensioner)

ตัวปรับความตึงโซ่ ทำหน้าที่ปรับความตึงของโซ่ให้คงที่ถูกต้องตามค่าที่กำหนด ถ้าความตึงโซ่เปลี่ยนแปลง หย่อนหรือตึงเกินไป จะเป็นเหตุให้ความเร็วของเพลาข้อเหวี่ยงกับเพลาราวลิ้นไม่สัมพันธ์กัน ตำแหน่งลิ้น (Valve timing) หรือตำแหน่งจุดระเบิด (Ignition timing) อาจผิดพลาดไม่ถูกต้อง หรือมิฉะนั้นก็อาจจะมีเสียงดังที่โซ่ จึงจำเป็นต้องมีตัวปรับสำหรับปรับความตึงของโซ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวปรับความตึงโซ่มี 2 แบบ คือ

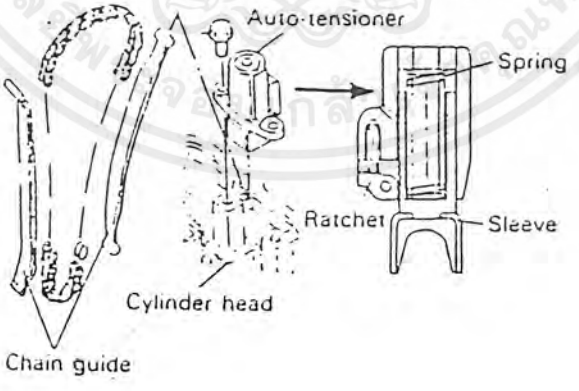
1. แบบปรับด้วยมือหรือแบบธรรมดา (Manual adjustment type)



รูปที่ 2.24 ตัวปรับความตึงโซ่

ตัวปรับความตึงโซ่แบบธรรมดา จำเป็นต้องมีการตรวจสอบความตึงโซ่ตามระยะเวลาที่กำหนด (Periodic check) แล้วทำการปรับ การปรับทำโดยวิธีปรับแกนปรับ (Rod) หรือแขนปรับ (Tensioner arm) ลงไปกดโซ่ให้ตึง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชิ้นส่วนที่ใช้ในการปรับ ถ้าโซ่หย่อนเล็กน้อยสามารถปรับให้ตึงได้ด้วยการเพิ่มความแข็งของสปริงที่กด แต่ถ้าตึงเกินไปอาจปรับไม่ได้ เพราะแกนปรับจะลอยออกได้ด้วยระยะหนึ่งที่จำกัดเท่านั้น

2. แบบปรับโดยอัตโนมัติ (Automatic adjustment type)



รูปที่ 2.25 แบบปรับโดยอัตโนมัติ (Automatic adjustment type)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

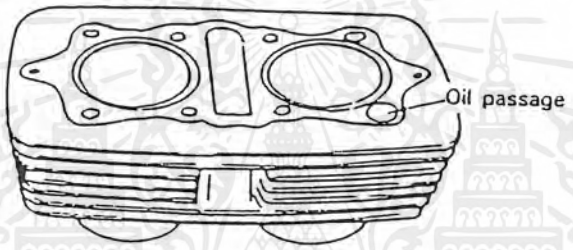
ตัวปรับความตึงโซ่แบบอัตโนมัติไม่จำเป็นต้องมีการตรวจสอบและปรับความตึงโซ่ เพราะมีชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ปรับโดยอัตโนมัติ การทำการปรับดังนี้

สะพานโซ่ (Chain guide) ถูกกดให้โค้งแนบไปกับโซ่ด้วยสปริง (Tension spring) ดังนั้นโซ่จึงตึงอยู่ตลอดเวลา เมื่อโซ่หย่อนปลอกปรับ(Tensioner sleeve) จะเลื่อนลงกดสะพานโซ่ให้โค้งมากขึ้น ดังนั้นจึงเป็นการรักษาความตึงของโซ่ให้ถูกต้องคงที่อยู่ตลอดเวลา

ปลอกปรับจะเคลื่อนที่ได้ในทิศทางเดียว โดยการควบคุมของกลไกกรอกแกรก (Ratchet mechanism)

13. เสื้อสูบ (Cylinders)

เสื้อสูบทำด้วยอะลูมินัมผสมหล่อ (Aluminum alloy casting) มีปลอกสูบหรือกระบอกสูบทำด้วยเหล็กหล่อพิเศษ (Special cast iron) สวมอัดอยู่



รูปที่ 2.26 เสื้อสูบ (Cylinders)

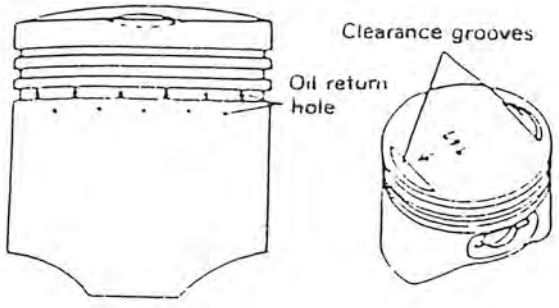
เสื้อสูบเครื่องยนต์ 4 จังหวะแตกต่างไปจากเสื้อสูบเครื่องยนต์2จังหวะโดยผนังกระบอกสูบไม่มีช่อง(Port) นอกจากนั้นเสื้อสูบและสลักยึดจะมีช่องน้ำมันหล่อลื่น(Oil passage)เพื่อให้ปั๊มน้ำมันเครื่อง (Oil pump) ส่งน้ำมันที่มีแรงดันจากห้องแคร็งค์ผ่าน

14. ลูกสูบ (Pistons)

ทำด้วยอะลูมินัมผสมหล่อ (Aluminum alloy casting) วัสดุที่เลือกใช้ต้องมีคุณสมบัติที่สำคัญ ดังเช่น มีความแข็งแรงทนทาน การถ่ายเทความร้อนดี น้ำหนักเบา อัตราขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนต่ำ

ข้อแตกต่างจากเครื่องยนต์ 2 จังหวะ คือ ลูกสูบมีร่องแหวน 3 ร่อง (2 จังหวะมีเพียง 2 ร่อง) ร่องแหวนที่ 3 และใต้ลงมา มีรูน้ำมันไหลกลับ (Oil return holes) นอกจากนั้นเพื่อป้องกันไม่ให้หัวลูกสูบกระแทกกับลิ้นไอดีและไอเสีย เมื่อลูกสูบเลื่อนขึ้นสู่ TDC ขณะที่ลิ้นทั้งสองเปิดอยู่หัวลูกสูบจึงมีร่องหลบลิ้นทั้งสอง (Clearance grooves) ไว้

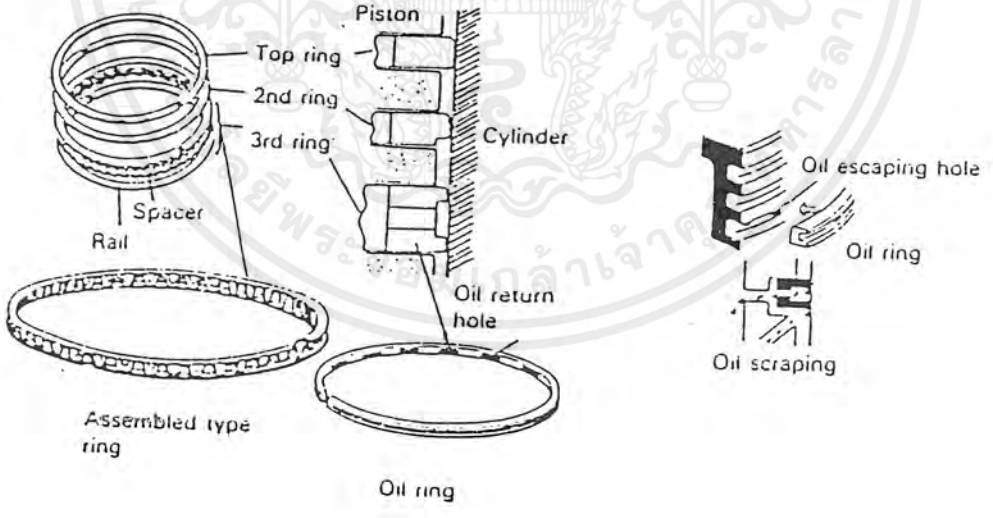
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.27 ลูกสูบ (Pistons)

15. แหวนลูกสูบ (Piston Rings)

แหวนลูกสูบ มีจำนวน 3 แหวนต่อ 1 สูบ แหวนตัวบนและตัวที่ 2 (Top and 2nd rings) ทำหน้าที่เป็นแหวนอัด สำหรับแหวนตัวที่ 3 เป็นแหวนน้ำมัน (Oil ring) แหวนน้ำมันทำหน้าที่กวาดน้ำมันเครื่องส่วนเกินที่ผนังกระบอกสูบ ดังนั้นจึงเหลือน้ำมันเครื่องในห้องเผาไหม้ ด้วยปริมาณที่จำเป็นสำหรับการหล่อลื่นเท่านั้น น้ำมันเครื่องส่วนเกินดังกล่าวจะไหลเข้าไปรูน้ำมันที่ลูกสูบ แล้วให้การหล่อลื่นสลักลูกสูบ



รูปที่ 2.28 แหวนลูกสูบ (Piston Rings)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แหวนน้ำมัน (Oil ring) แบ่งตามลักษณะพื้นที่หน้าตัดแหวน (Cross sections) ได้เป็นหลายแบบ บางแบบมีทั้งร่องน้ำมัน (Oil groove) และรูน้ำมัน (Oil hole) ในตัวเดียวกัน หรือบางแบบถอดแยกจากกันได้ (Assembled type oil ring) โดยมีแหวนรอง (Spacer) เพื่อให้น้ำมันเครื่องไหลกลับอยู่ตรงกลาง มีแหวนกวาดน้ำมันบาง ๆ 2 ตัว ประกบอยู่ด้านบนและด้านล่าง (Upper and Lower rails)

แหวนตัวที่ 2 แบบพิเศษจะทำเป็นมุมเอียง (Tapered) หรือเซาะร่องไว้ (Counter bored) โดยรอบ เพื่อทำหน้าที่ช่วยแหวนกวาดน้ำมัน

เมื่อแหวนลูกสูบสึกมาก น้ำมันเครื่องจะไหลผ่านแหวนลูกสูบ หรือผนังกระบอกสูบขึ้นไปเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ ซึ่งจะทราบได้โดยการสิ้นเปลืองน้ำมันเครื่องเพิ่มมากขึ้นผิดปกติ

16. เพลาข้อเหวี่ยง (Crank Shafts)

ในกรณีของเครื่องยนต์สูบเดียว (Single-cylinder engine) จะใช้เพลาข้อเหวี่ยงแบบถอดแยกได้ (Assembled type crank shaft) แต่สำหรับเครื่องยนต์หลายสูบ (Multi-cylinder engine) มักใช้เพลาข้อเหวี่ยงแบบถอดแยกไม่ได้ (Integrated type crank shaft) และทำด้วยเหล็กกล้าพิเศษหล่อ (Special steel casting) มีล้อช่วยแรงเพื่อรักษาความเร็วรอบของเพลาข้อเหวี่ยงให้คงที่ และสลักเพลาข้อเหวี่ยง (Crank pin) มีก้านสูบยึดติดอยู่ เพลาข้อเหวี่ยงรองรับอยู่ด้วยแบริ่งเพลาข้อเหวี่ยง (Main bearings) ซึ่งอยู่ที่ห้องแคร็งค์ จากห้องแคร็งค์จะมีรูน้ำมันทะลุไปยังเพลาข้อเหวี่ยงส่วนที่หมุนอยู่ในแบริ่ง (Crank shaft journals) จากนั้นจะทะลุผ่านไปยังแบริ่งข้อเหวี่ยงและสลักเพลาข้อเหวี่ยง (Crank pin, Connecting big end) เพื่อการหล่อลื่น

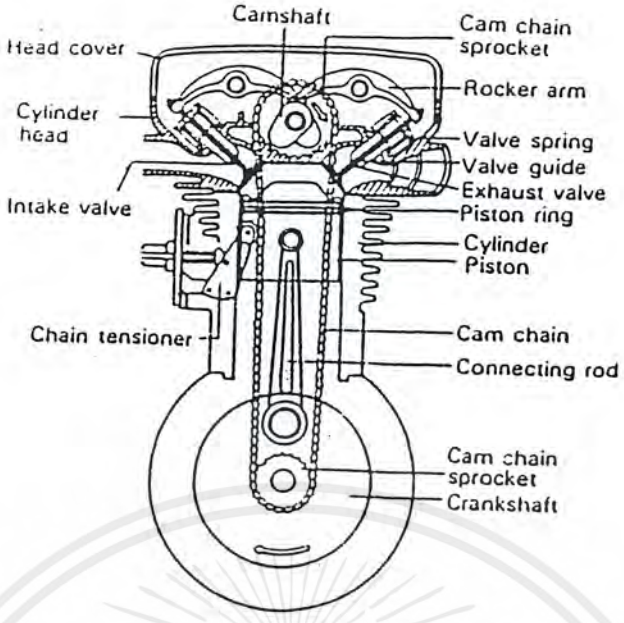
2.4.4 โครงสร้างและการทำงานเบื้องต้นเครื่องยนต์ 4 จังหวะ (Basic Construction and Features of Four-Stroke Engine)

เครื่องยนต์ 4 จังหวะ (Four – stroke Engine) ลูกสูบจะเคลื่อนที่ขึ้นลงรวม 4 ครั้ง (Four strokes of piston) หรือเพลาข้อเหวี่ยงหมุนไป 2 รอบ หรือ 720 องศา (Two Turns of crankshft) การทำงานครบกลวัตรซึ่งได้แก่ ดูด – อัด – ระเบิด –คาย (Cycle of operations, Cycle of events)

การที่ได้รับการเรียกว่า "เครื่องยนต์ 4 จังหวะ" (Four – stroke cycle engine) เนื่องจากมีการเคลื่อนที่ขึ้นลงของลูกสูบ รวม 4 ครั้ง หรือ 4 จังหวะ (Four – stroke) เพลาข้อหมุนเหวี่ยงหมุน 2 รอบ เครื่องยนต์ทำงานครบกลวัตร เกิดการระเบิด (Explosion, Power stroke) ได้กำลังงาน 1 ครั้ง

เสื้อสูบ มีลิ้น 2 ลิ้น คือ ลิ้นไอดี (Intake valve) และลิ้นไอเสีย (Exhaust valve) เนื่องจากลิ้นทั้งสองทำงานสัมพันธ์กับการขึ้นลงของลูกสูบอยู่แล้ว จึงไม่จำเป็นต้องช่องไอดีและช่องไอเสีย (Ports)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



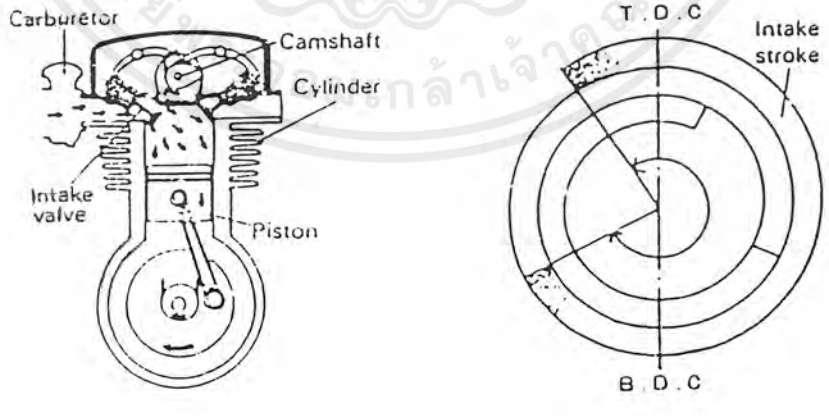
รูปที่ 2.29 เครื่องยนต์ 4 จังหวะ (Four – stroke Engine)

การทำงานทั้งหมดจะเกิดขึ้นในห้องเผาไหม้ในกระบอกสูบเท่านั้น การเปิดและปิดของลิ้นทั้งสอง กระทำโดยกลไกบังคับลิ้น (Valve control mechanism) ที่ติดตั้งอยู่ที่ฝาสูบ ซึ่งถูกขับโดยเพลาข้อเหวี่ยง

การทำงานและแบบของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ

1. การทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ (Basic Operation of Four – Stroke Engine)

จังหวะดูด (Intake stroke)



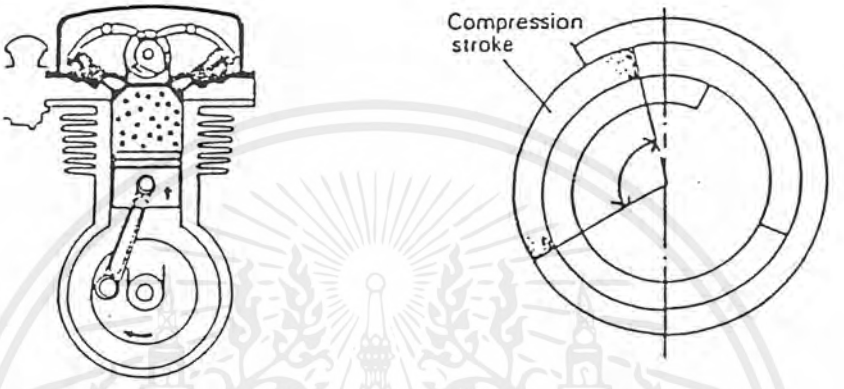
รูปที่ 2.30 การทำงานของเครื่องยนต์จังหวะดูด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จังหวะดูด ขณะลูกสูบ (Piston) เลื่อนลง แรงดันภายในห้องเผาไหม้จะลดลง เมื่อลิ้น ไอดี (Intake valve) เปิด ไอดีจึงถูกดูดจากคาร์บูเรเตอร์ (Carburetor) เข้ามาภายในกระบอกสูบ (Cylinder)

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดหรือประจุไอดี (Intake efficiency) ลิ้นไอดี จะเปิดก่อนที่ลูกสูบเลื่อนถึงศูนย์ตายบน (TDC) เล็กน้อย และปิดเมื่อลูกสูบเริ่มเลื่อนขึ้นจากศูนย์ตายล่าง (BDC) ดังนั้นช่วงการเปิดของลิ้นไอดีจึงนาน ไอดีจึงถูกดูดเข้ามาภายในกระบอกสูบเป็นจำนวนมาก

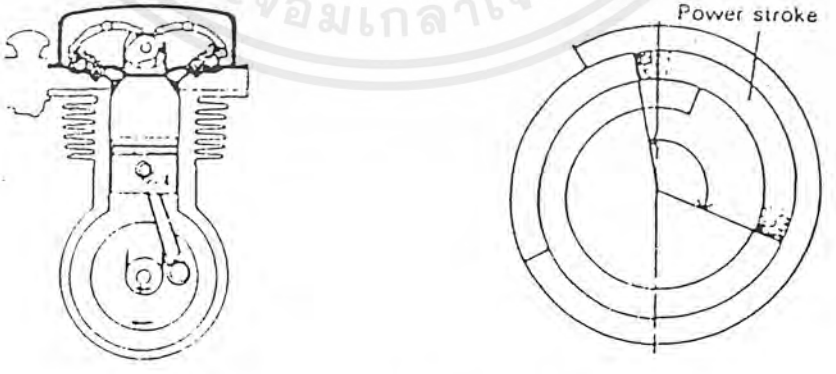
จังหวะอัด (Compression stroke)



รูปที่ 2.31 การทำงานของเครื่องยนต์จังหวะอัด

จังหวะอัด ขณะลูกสูบเลื่อนขึ้นจาก BCD ลิ้นไอดีจะปิด (ลิ้นไอเสียยังคงปิดอยู่) ไอดีในห้องเผาไหม้จึงถูกอัด การอัดยังคงดำเนินต่อไป จนกระทั่งลูกสูบเลื่อนขึ้นเกือบถึง TDC ณ จุดนี้แรงดันและอุณหภูมิสูงพอที่จะทำให้ไอดีลุกไหม้ได้อย่างง่ายดายถ้ามีประกายไฟมาจุด และการลุกไหม้จะเป็นไปอย่างรวดเร็ว

จังหวะระเบิด (Power, Expansion stroke)

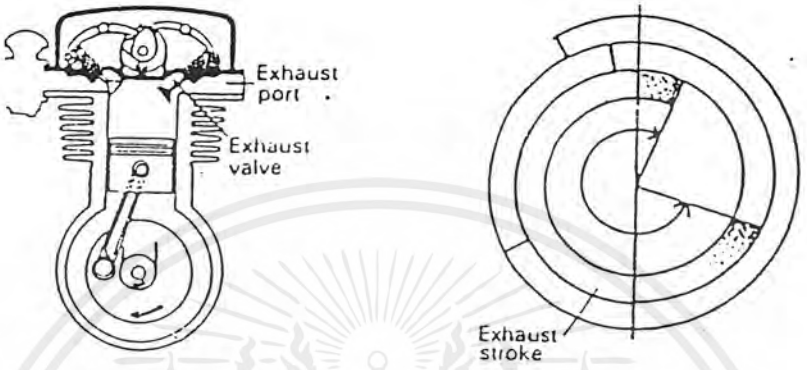


รูปที่ 2.32 การทำงานของเครื่องยนต์จังหวะระเบิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จังหวะระเบิด ก่อนลูกสูบเลื่อนถึง TDC เล็กน้อย ที่ปลายจังหวะอัด หัวเทียนจะจุดประกายไฟ ไอดีที่ถูกอัดจึงเกิดการลุกไหม้อย่างรวดเร็ว ทำให้แรงดันในห้องเผาไหม้สูงขึ้น ผลักดันลูกสูบให้เลื่อนลงสู่ BDC ดังนั้นจึงเกิดการส่งถ่ายกำลังผ่านก้านสูบไปหมุนเพลาและข้อเหวี่ยง ทำให้ได้กำลังงานไปใช้งาน

จังหวะคาย (Exhaust stroke)



รูปที่ 2.33 การทำงานของเครื่องยนต์จังหวะคาย

จังหวะคาย ขณะลูกสูบเลื่อนลงก่อนถึง BDC เล็กน้อย ลิ้นไอเสีย (Exhaust valve) จะเปิด ไอเสียภายในกระบอกสูบจึงไหลพุ่งออกจากกระบอกสูบเป็นการเริ่มต้นจังหวะคาย

ขณะที่ลูกสูบเลื่อนขึ้นจาก BDC การคายก็ยังคงดำเนินต่อไป ลูกสูบจะผลักดันให้ไอเสียที่ตกค้างอยู่ออกไปจากกระบอกสูบอย่างสมบูรณ์ จังหวะคายจะสิ้นสุดหลังจากลูกสูบเริ่มเลื่อนลงจาก TDC เล็กน้อย โดยลิ้นไอเสียจะปิด (ก่อน TDC เล็กน้อย ลิ้นไอดีจะเปิด เป็นการเริ่มจังหวะดูดใหม่)

2. ตำแหน่งการเปิดปิดของลิ้น (Valve Timing)

ตำแหน่งหรือจังหวะการเปิดปิดของลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย ที่สัมพันธ์กับตำแหน่งของลูกสูบเรียกว่า "Valve Timing"

สำหรับตำแหน่งของลูกสูบ จะเรียกเป็นจำนวนองศาก่อนหรือหลัง TDC และ BDC โดยเทียบกับมุมเพลาข้อเหวี่ยง (Crank angle) ที่หมุนไป

ดังนั้นไดอะแกรม (Diagram) ที่แสดงความสัมพันธ์ของการเปิดปิดลิ้นกับตำแหน่งลูกสูบโดยเทียบกัน TDC และ BDC จึงเรียกว่า "Valve Timing Diagram"

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการประจุไอดี (Intake efficiency) และการคายไอเสีย (Exhaust efficiency) การทำงานเปิดปิดของลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย จะเป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลิ้นไอดี เปิดขณะลูกสูบเลื่อนขึ้น ก่อนถึง TDC เล็กน้อย

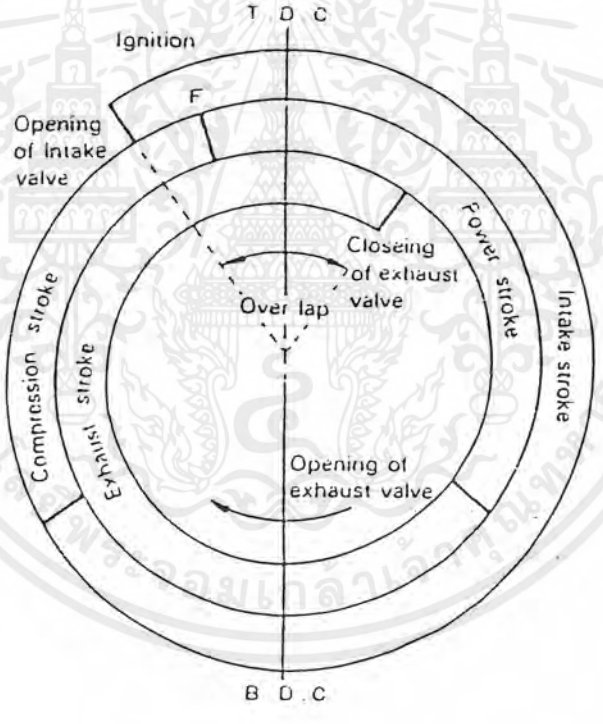
ปิดขณะลูกสูบเลื่อนขึ้น หลังจาก BDC เล็กน้อย

ลิ้นไอเสีย เปิดขณะลูกสูบเลื่อนลง ก่อนถึง BDC เล็กน้อย

ปิดขณะลูกสูบเลื่อนลง หลัง TDC เล็กน้อย

สำหรับ Valve Timing Diagram มีคำอยู่คำหนึ่ง ซึ่งเป็นคำที่ควรทราบต่อไป จะพบอยู่บ่อย ๆ และต้องนำไปใช้ในงานปฏิบัติมาก คำนั้นก็คือ "Valve Overlap, Overlap"

คำว่า "Overlap" หมายถึงช่วงที่ทั้งลิ้นไอดีและไอเสียเปิดอยู่พร้อมกัน ใกล้ TDC ซึ่งจะเปิดซ้อนกันอยู่ เป็นช่วงต่อระหว่างปลายจังหวะคายกับจังหวะดูด ซึ่งช่วงนี้ไอดีประจุเข้ามาจะขับไล่ไอเสียที่ตกค้างให้ออกไปจากกระบอกสูบ ดังนั้น จึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการคายไอเสีย (Exhaust efficiency) และในขณะเดียวกันแรงเฉื่อยของไอดีก็จะเพิ่มประสิทธิภาพในการประจุไอดี (Intake efficiency) ด้วย



รูปที่2.34 ตำแหน่งการปิดเปิดของลิ้น (Valve Timing Diagram)

ตำแหน่งการเปิดปิดของลิ้น จะเปลี่ยนแปลงไปตามคุณลักษณะและจุดประสงค์ในการนำไปใช้งานของจักรยานยนต์ เช่น ใช้งานทั่วไป หรือใช้ในการแข่งขันเป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กลไกบังคับลิ้นแบบเพลาราวลิ้นเดี่ยวบนฝาสูบ (SOHC)

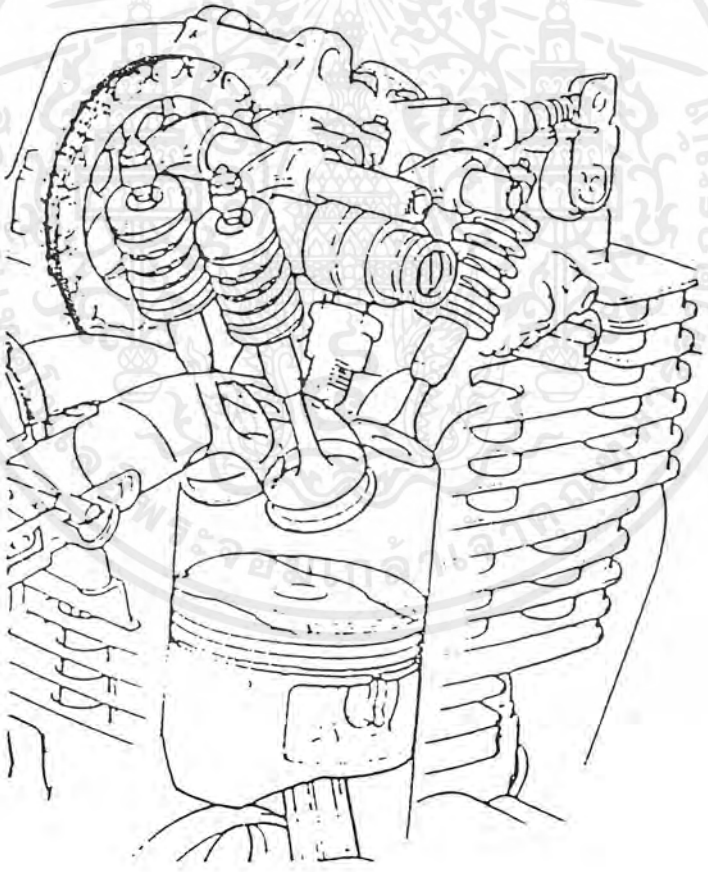
1. แบบนี้แตกต่างไปจากแบบลิ้นบนฝาสูบ เนื่องจากเพลาราวลิ้นติดตั้งอยู่บนฝาสูบ รับแรงขับผ่านโซ่ขับ (Cam chain) แล้วทำงานเปิดปิดลิ้นด้วยกระเดื่องโดยตรง จึงไม่จำเป็นต้องใช้ก้านส่งลิ้น

2. กลไกบังคับลิ้นมีชิ้นส่วนน้อยกว่า ดังนั้นการทำงานของลิ้นจึงไม่คงที่ แม้ว่าจะที่ความเร็วสูง ๆ ก็ตาม

3. แบบนี้มีเพลาราวลิ้นเพียงเพลาเดียว จึงเรียกเครื่องยนต์ที่ใช้กลไกบังคับลิ้นแบบนี้ว่า "เครื่องยนต์แบบเพลาราวลิ้นเดี่ยวบนฝาสูบ" (SOHC Engine)

4. กลไกบังคับลิ้นแบบนี้ ปัจจุบันใช้มากับเครื่องยนต์จักรยานยนต์ (Motorcycle engines)

รูปแบบเพลาราวลิ้นเดี่ยวบนฝาสูบ (SOHC)



รูปที่ 2.35 เพลาราวลิ้นเดี่ยวบนฝาสูบ (SOHC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.5 ระบบจุดระเบิดแบบโซลิดสเตท (SOLID STATE IGNITION SYSTEM)

ระบบจุดระเบิดแบบโซลิดสเตท หมายถึง ระบบจุดระเบิดซึ่งมีส่วนประกอบของสารกึ่งตัวนำทางด้าน อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Semi – Conductors) เช่น ไดโอด (Diode) ทรานซิสเตอร์ (Transistors) ซิลิกอน คอนโทรลเรคติไฟเออร์ (Silicon Controlled Rectifiers) ฯลฯ ระบบจุดระเบิดแบบโซลิดสเตทที่ใช้มากมีดังนี้

1. ระบบซีดีไอ (Capacitor, Capacitive Discharge Ignition system, CDI)
   1.1 ซีดีไอใช้กระแสสลับ (AC. CDI)
   1.2 ซีดีไอใช้กระแสตรง (DC. CDI)
2. ระบบทรานซิสเตอร์ (Transistorized Ignition System)

แต่ในการทำงานของระบบจุดระเบิดของรถประหยัดเชื้อเพลิงที่สร้างขึ้นนี้เราได้นำเอาระบบจุดระเบิดแบบซีดีไอใช้กระแสตรง(DC.CDI)มาใช้เนื่องจากรถประหยัดเชื้อเพลิงที่เราสร้างขึ้นเราได้ทำการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของเครื่องยนต์ให้ทำงานที่ความเร็วรอบต่ำดังนั้นระบบจุดระเบิดแบบซีดีไอใช้กระแสตรง(DC.CDI)จึงเหมาะสมมากกว่าระบบจุดระเบิดแบบซีดีไอใช้กระแสสลับ(AC.CDI)เพราะระบบจุดระเบิดแบบซีดีไอใช้กระแสตรง(DC.CDI)นี้สามารถจ่ายไฟได้สม่ำเสมอมากกว่าซึ่งใช้ได้ดีกับความเร็วรอบต่ำ

ดังนั้นในส่วนนี้จึงเป็นการกล่าวเปรียบเทียบกันระหว่างระบบจุดระเบิดแบบซีดีไอใช้กระแสตรง(DC. CDI)กับระบบจุดระเบิดแบบซีดีไอใช้กระแสสลับ (AC. CDI)ว่ามีหลักการทำงานต่างกันอย่างไร

2.4.6 ระบบซีดีไอ(CDI SYSREM)

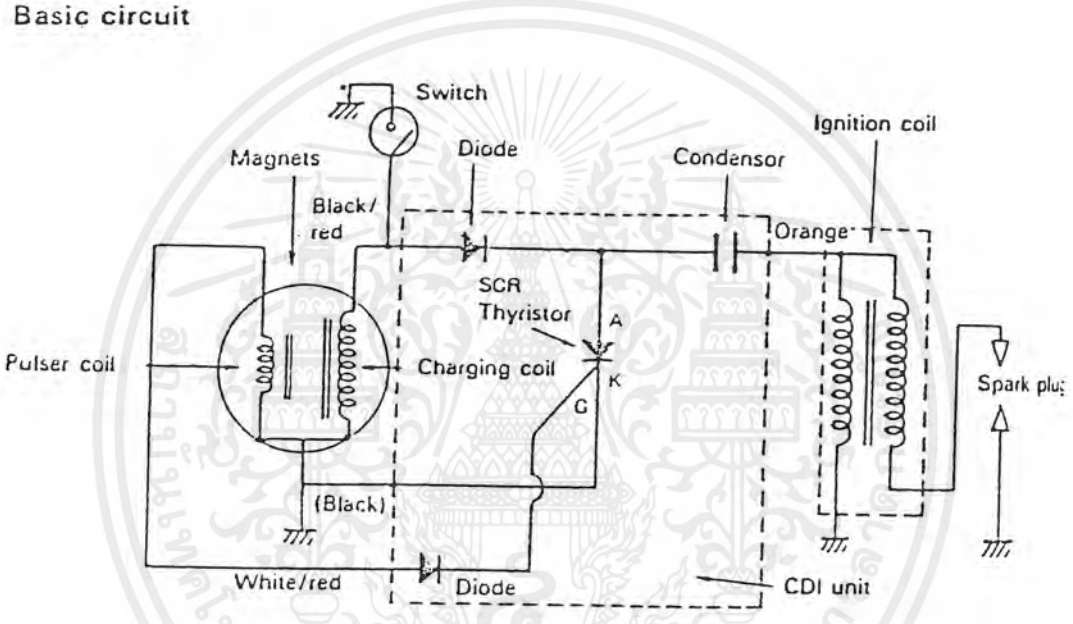
ระบบจุดระเบิดซีดีไอ (CDI = Capacitive Discharge Ignition System) เป็นระบบจุดระเบิดแบบโซลิดสเตทแบบหนึ่งซึ่งนิยมใช้กับจักรยานยนต์ เนื่องจากระบบจุดระเบิดแบบที่กล่าวนี้ประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งมีขนาดเล็กและไม่มีชิ้นส่วนที่มีการเคลื่อนไหลดังนั้นจึงไม่จำเป็นที่จะต้องมีการปรับแต่งแต่อย่างใด

ข้อดีของระบบจุดระเบิดแบบซีดีไอ

1. ลดการบำรุงรักษาลง
2. ยืดอายุการใช้งานของหัวเทียน
3. ไม่ต้องมีชุดทองขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สตาร์ทติดง่าย
5. กระแสไฟแรงเคลื่อนสูงที่เกิดขึ้นสูงกว่า
6. การจุดระเบิดล่วงหน้าใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และเป็นไปอย่างอัตโนมัติ
7. อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ถูกซีลไว้เพื่อป้องกันฝุ่น, สิ่งสกปรกน้ำมันและความชื้น
8. ทำงานสม่ำเสมอตลอดอายุการใช้งาน
9. เครื่องยนต์เดินเรียบทั้งขณะที่เครื่องยนต์เดินเบาและขณะที่ทำงานหนัก (Loaded)



รูปที่ 2.36 ระบบจุดระเบิดซีดีไอ (CDI = Capacitive Discharge Ignition System)

วงจร CDI ประกอบด้วยส่วนสำคัญ ๆ 3 ส่วนสำคัญ

1. แหล่งจ่ายไฟ
2. วงจรทริกเกอร์
3. โหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. แหล่งจ่ายไฟ ในที่นี้ก็คือแม็กนิโต (Magneto) ซึ่งประกอบด้วย

1.1 ชาร์จคอยล์ (Charge Coil) ทำหน้าที่สร้างกระแสไฟจำนวนหนึ่งเพื่อนำไปประจุ (Charge) ให้กับตัวเก็บประจุ (Capacitor) และจ่ายให้กับ A (Anode) ของ SCR

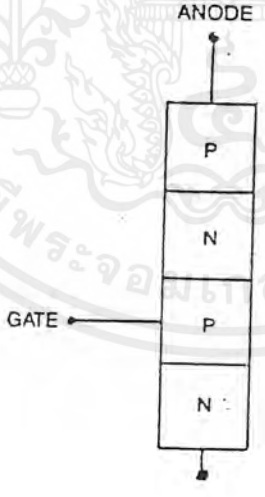
1.2 พัลเซอร์คอยล์ (Pulser Coil) จะทำหน้าที่สร้างกระแสไฟจำนวนหนึ่งเช่นกันและจ่ายไปให้กับ G (Gate) เพื่อไปทริกให้ SCR นำกระแส

2. วงจรทริกเกอร์ (Trigering Circuit or Timing Circuit) วงจรนี้จะทำหน้าที่กำหนดเวลาที่จะทำให้ SCR นำกระแสได้ช้าหรือเร็วโดยจะทำงานร่วมกับแรงไฟที่ได้รับมาจากพัลเซอร์คอยล์ (Pulser Coil

3. โหลด (Load) ในที่นี้ก็คือชุดคอยล์จุดระเบิด (Ignition Coil) ส่วนประกอบชุดนี้มีหน้าที่สร้างไฟสูงเพื่อจ่ายไปให้กับหัวเทียน

ไทริสเตอร์(TRYTISTOR) คือ สารกึ่งตัวนำที่ทำหน้าที่คล้ายสวิตช์ On และ Off ซึ่งประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิด P และ N มาต่อกัน 4 ชั้น และอาจจะมีขาต่อใช้งานแบบ 2 ขา, 3 ขาหรือ 4 ขา ก็ได้และจะมีชื่อเรียกแตกต่างกันไป เช่นDIAC, TRIAC และ SCR เป็นต้น

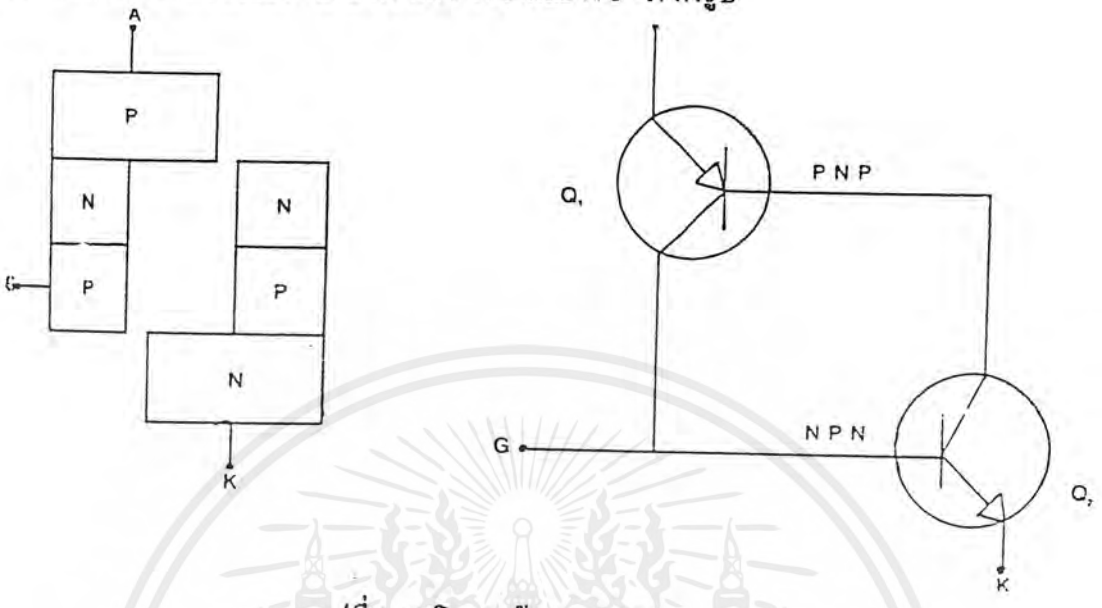
สำหรับชุดควบคุมการจุดระเบิด CDI นี้จะใช้ SCR เป็นตัวควบคุมและ SCR นี้จะประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิด 4 ชั้น แต่มีขั้วต่อออกมาเพียง 3 ขาเท่านั้นดังรูป



รูปที่ 2.37 ไทริสเตอร์ (TRYTISTOR)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

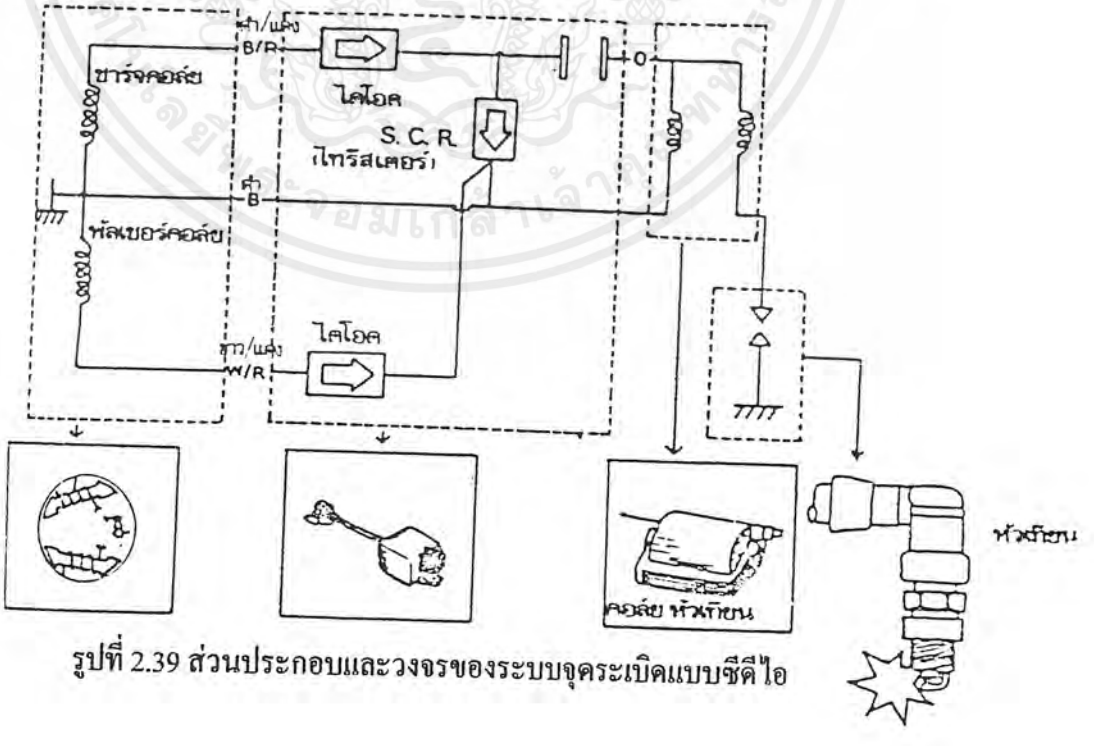
ถ้าพิจารณาถึงโครงสร้างของ SCR ซึ่งประกอบด้วยวัตถุกึ่งตัวนำ P-N-P-N แล้ว เราสามารถเปรียบเทียบการทำงานให้ง่ายขึ้น ก็โดยการแยก SCR ออกเป็นสองส่วน ซึ่งจะเห็นได้ว่าสามารถแยกเป็นทรานซิสเตอร์ ได้ 2 ตัว คือ P-N-P และ N-P –N ดังรูป



รูปที่ 2.38 โครงสร้างของ SCR

1. การทำงานของ SCR

การทำงานของ SCR จะเหมือนทรานซิสเตอร์ (Transistor) 2 ชนิดคือ PNP และ NPN ในขณะที่ป้อนไฟบวกเข้าที่ A (Anode) และลบเข้าที่ C (Cathode) จะเห็นว่าแรงไฟที่ B (Base) ของทรานซิสเตอร์ (Transistor) ทั้ง 2 เป็น 0 โวลต์ Q_1 และQ_2 จึงไม่สามารถจะนำกระแสได้



รูปที่ 2.39 ส่วนประกอบและวงจรของระบบจุดระเบิดแบบซีดีไอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่เราป้อนแรงไฟบวกให้กับ B (Base) ของ Q2 หรือ G (Gate) จะทำให้ Q2 ได้รับไบอัสถูกทาง (Forward Bias) Q2 ก็จะนำกระแสได้ (Q2 On) และที่ขา C (Collector) ของ Q2 ต่ออยู่กับ B (Base) ของ Q1 ดังนั้นเมื่อ Q2 นำกระแสไฟก็จะทำให้ B (Base) ของ Q1 ได้รับแรงไฟจำนวนหนึ่งด้วยเช่นกัน จึงทำให้ Q1 อยู่ในสภาพนำกระแสด้วย (Q1 ก็ON เช่นกัน) และขา C (Collector) ของ Q1 ต่อกลับมาเข้า B (Base) อีกในลักษณะของการป้อนกลับทางบวก (Positive Feed Back) ฉะนั้นถ้าเราตัดแรงไฟที่ป้อนให้กับ G (Gate) ออก SCR หรือ Q1 และQ2 ก็ยังสามารถนำกระแสได้ตลอดไป

ส่วนประกอบและวงจรของระบบจุดระเบิดแบบซีดีไอ

1. ชาร์จคอยล์ (Charge Coil)
2. ไดโอด (Diod)
3. คอนเดนเซอร์ (Condensor)
4. พัลเซอร์คอยล์(Pulser Coil)
5. ไทริสเตอร์หรือเอสซีอาร์ (Thyrister of SCR)
6. คอยล์จุดระเบิด (Ignition Coil)
7. หัวเทียน (Sparking Plug)

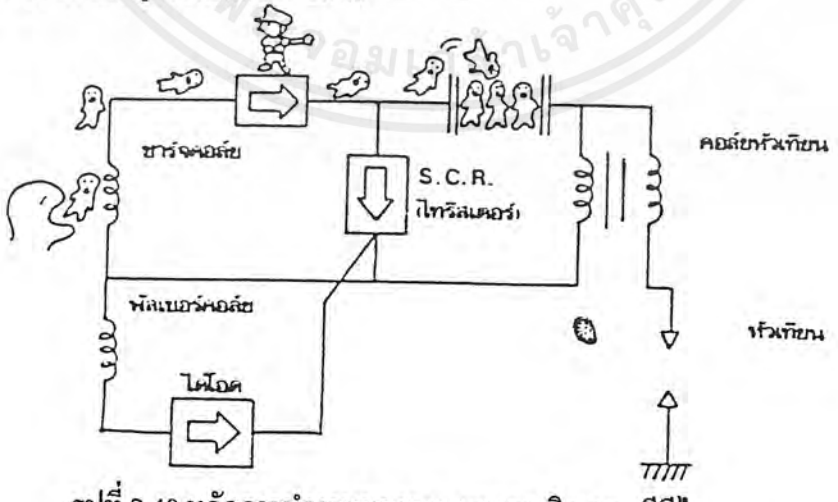
ข้อสังเกตอักษรย่อของสายไฟ

B/R = ดำ/แดง

B = ดำ

W/R = ขาว/แดง

หลักการทำงานของระบบจุดระเบิดแบบ ซีดีไอ



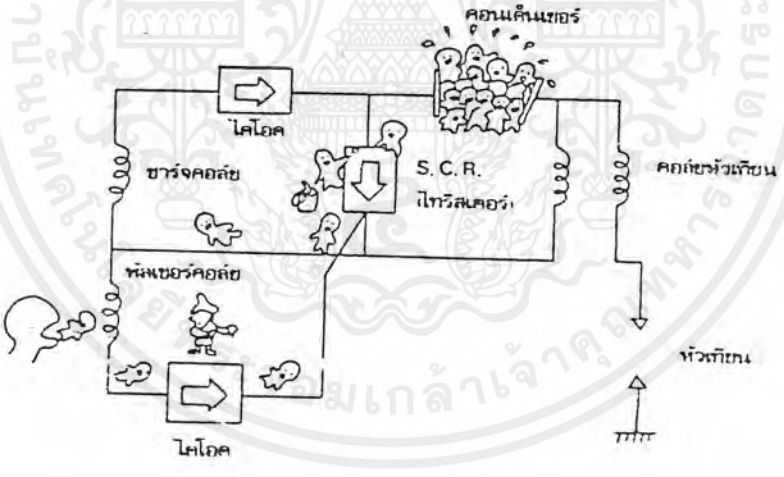
รูปที่ 2.40 หลักการทำงานของระบบจุดระเบิดแบบ ซีดีไอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของระบบจุดระเบิดแบบซีดีไอ ขณะที่ชุดแม่เหล็กถาวรหรือชุดแม่เหล็กจานไฟหมุนตัดกับชาร์จคอยล์

1. ชาร์จคอยล์ (Charge Coil)
2. ไดโอด (Diod)
3. คอนเดนเซอร์ (Condensor)
4. พัลเซอร์คอยล์(Pulser Coil)
5. ไทริสเตอร์หรือเอสซีอาร์ (Thyrister of SCR)
6. คอยล์จุดระเบิด (Ignition Coil)
7. หัวเทียน (Sparking Plug)

เมื่อสตาร์ทเครื่องยนต์ล้อช่วยแรงจะเคลื่อนที่นำเอาชุดแม่เหล็กถาวรหรือชุดแม่เหล็กจานไฟไปตัดกับชาร์จคอยล์ ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำและเกิดกระแสไฟไหลขึ้น กระแสไฟดังกล่าวนี้จะอยู่ในรูปของกระแสสลับ ต่อจากนั้นไอโอดจะทำหน้าที่เรียงกระแสให้เป็นกระแสตรง แล้วส่งไปประจุไว้ในคอนเดนเซอร์กระแสที่ถูกประจุไว้นี้ จะไม่สามารถที่จะเดินทางต่อไปยังคอยล์จุดระเบิดได้เนื่องจากถูกปิดกั้นไว้โดย ไทริสเตอร์หรือเอสซีอาร์



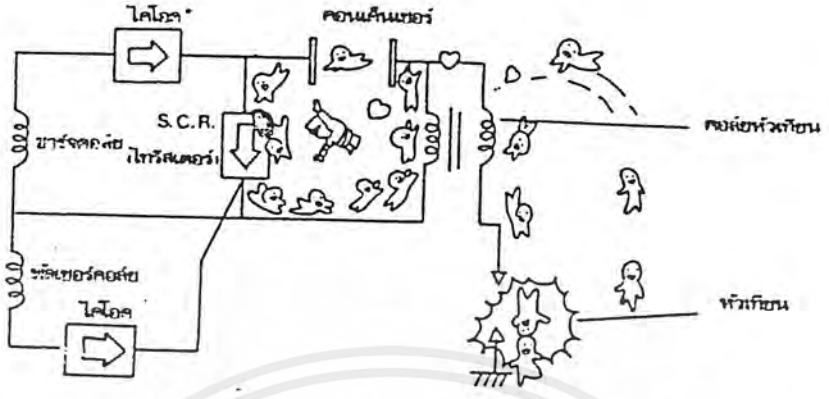
รูปที่ 2.41 หลักการทำงานของระบบจุดระเบิดแบบ ซีดีไอ

การทำงานของระบบจุดระเบิดแบบซีดีไอ ขณะที่ชุดแม่เหล็กถาวรหรือชุดแม่เหล็กจานไฟหมุนตัดกับพัลเซอร์คอยล์

เมื่อล้อช่วยแรงเคลื่อนที่ต่อไปอีกก็จะนำเอาชุดแม่เหล็กถาวร หรือชุดแม่เหล็กจานไฟไปตัดกับพัลเซอร์คอยล์ ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำและเกิดกระแสไหลขึ้น กระแสไฟที่เกิดขึ้นนี้จะเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณส่งไปที่ไทริสเตอร์หรือเอสซีอาร์ เพื่อทำให้วงจรระหว่างคอนเดนเซอร์และคอยล์จุดระเบิดต่อถึงกัน



รูปที่ 2.42 หลักการทำงานของระบบจุดระเบิดแบบ ซีดีไอ

การทำงานของระบบจุดระเบิดแบบซีดีไอ ขณะที่ไทริสเตอร์ หรือเอสซีอาร์รับสัญญาณจากพัลเซอร์คอยล์และเปิดวงจรให้กระแสไฟที่ประจุอยู่ภายในคอนเดนเซอร์ส่งไปยังคอยล์จุดระเบิด และทำให้เกิดไฟแรงเคลื่อนสูงขึ้นในที่สุด

ต่อจากนั้นคอนเดนเซอร์จะจ่ายประจุที่รับไว้ไปยังคอยล์จุดระเบิด ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กบานตัวขึ้นในวงจรไพรมารี่ของคอยล์จุดระเบิดและตัดกับขดลวดวงจรเซกันดารี่ เป็นผลให้เกิดไฟแรงสูงขึ้นและส่งไปยังหัวเทียนเพื่อจุดระเบิดในที่สุด

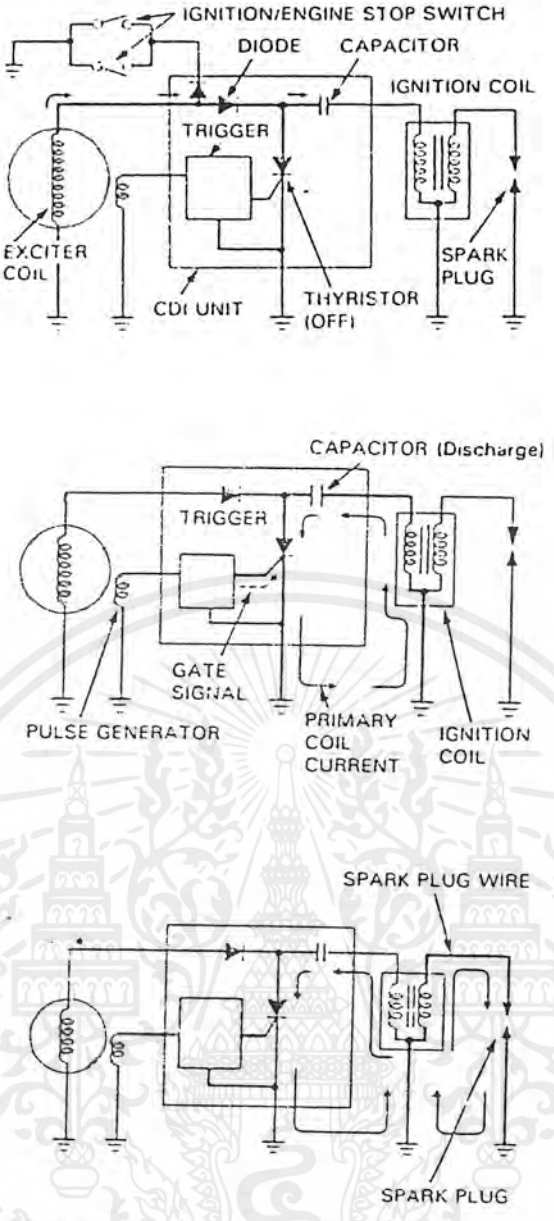
เพื่อให้เข้าใจระบบซีดีไอได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น จึงควรศึกษาจากระบบของหลาย ๆ บริษัท ดังเช่นฮอนด้า (Honda) และการทำงานจริง ๆ นั้น ระบบจุดระเบิดจำเป็นต้องมีอุปกรณ์การเร่งไฟด้วย (Ignition Timing Advance)

โดยทั่วไประบบซีดีไอ แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

1. ซีดีไอใช้กระแสสลับ (AC. CDI.)
2. ซีดีไอใช้กระแสตรง (DC. CDI.)

ระบบจุดระเบิดแบบซีดีไอ ปัจจุบันนี้ใช้เป็นระบบจุดระเบิดหลักสำหรับจักรยานยนต์ รุ่นที่ใช้เครื่องยนต์ขนาดเล็ก (Small Engine Displacement Models)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.43 ระบบจุดระเบิดซีดีไอ ใช้กระแสสลับ (AC. CDI. SYSTEM)

2. ระบบจุดระเบิดซีดีไอ ใช้กระแสสลับ (AC. CDI. SYSTEM)

หลักการทำงานเบื้องต้น (Operating Principles) ขณะที่โรเตอร์ของอัลเทอร์เนเตอร์หมุน จะเกิดการเหนี่ยวนำกระแสขึ้น ในชุดขดลวดกระตุ้น (Exciter Coil) ของอัลเทอร์เนเตอร์ กระแสสลับที่เกิดขึ้นจะมีแรงเคลื่อน 100 – 400 โวลต์ ถูกส่งเข้าไปยังชุดซีดีไอ กระแสสลับนี้ได้รับการเรียงกระแสโดย DIODE ด้วยการเรียงแบบครึ่งคลื่น (Half Wave) และถูกประจุไว้ในคอนเดนเซอร์ในชุดซีดีไอ

เมื่อปิดสวิตช์กุญแจ กระแสที่เหนี่ยวนำในชุดขดลวดกระตุ้นก็จะไหลลงดิน จึงเป็นการดับเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

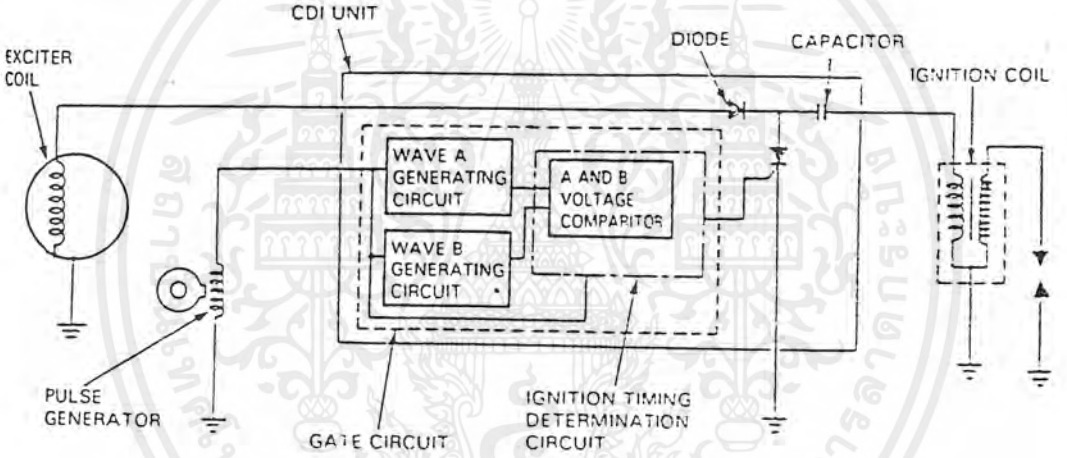
คอนเดนเซอร์จะยังไม่ต่อประจุ จนกระทั่ง SCR ต่อวงจร เนื่องจากเครื่องกำเนิดสัญญาณ

กระแสไปยัง GATE ของ SCR

เมื่อ SCR ต่อวงจร คอนเดนเซอร์จะจ่ายประจุกระแสไปยังชุดขดลวดไพรมารี ทำให้เกิดไฟแรงเคลื่อนสูงในชุดขดลวดเซกันดารี เกิดประกายไฟกระโดดข้ามเขี้ยวหัวเทียน

หลักการทำงานของอุปกรณ์เร่งไฟ (Principle of Ignition Timing Advance)

หน้าที่อีกประการหนึ่งของระบบจุดระเบิดที่มีการควบคุมโดยวิธีทางไฟฟ้า (Electrically Controlled) ก็คือการเร่งไฟหรือจังหวะจุดระเบิดให้แก่ขึ้น (Advance) หรืออ่อนลง (Retard) เนื่องจากระบบนี้ไม่มีอุปกรณ์เร่งไฟทางกลไก (Mechanical) อุปกรณ์การเร่งไฟจึงไม่มีการสึกหรอ เป็นการลดงานการปรับแต่งและบำรุงรักษาลงโดยสิ้นเชิง



รูปที่ 2.44 หลักการทำงานเบื้องต้นของการเร่งไฟให้แก่ขึ้นหรืออ่อนลง

หลักการทำงานเบื้องต้นของการเร่งไฟให้แก่ขึ้นหรืออ่อนลง ใช้หลักการเดียวกัน

วงจรกำหนดจังหวะจุดระเบิด (Trigger Circuit) ประกอบด้วยวงจรผลิตคลื่น A (Wave A Generating Circuit) และวงจรผลิตคลื่น B (Wave B Generating Circuit) ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณจากเครื่องกำเนิดสัญญาณ (Pulse Generator) มาเป็นรูปคลื่น A และ B แล้วส่งไปยังวงจรเลือกจังหวะจุดระเบิด (Ignition Timing Selector Circuit)

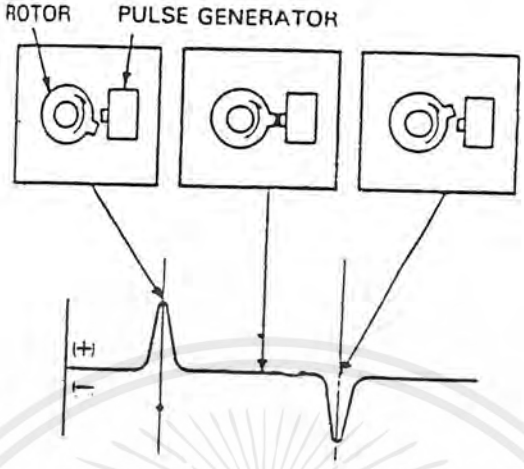
เครื่องกำเนิดสัญญาณ (Pulse Generator) จะผลิตสัญญาณแรงเคลื่อน (+) และลบ (-) เมื่อไรโรเตอร์หมุนตัดผ่านเครื่องกำเนิดสัญญาณ

สัญญาณจากเครื่องกำเนิดสัญญาณ (Pulse Generator Output) จะถูกเปลี่ยนให้เป็นรูปคลื่น A (Wave Form A) และรูปคลื่น B (Wave Form B)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

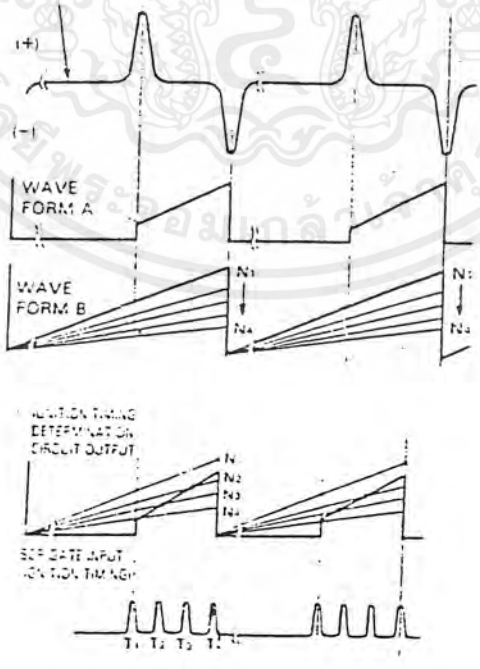
รูปคลื่น A จะคงที่ ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามความเร็วของเครื่องยนต์

รูปคลื่น B จะเปลี่ยนแปลง ความเอียงหรือความลาดชัน (Gradient) ไปตามความเร็วของเครื่องยนต์



รูปที่ 2.45 วงจรเลือกจังหวะระเบิด (Ignition Timing Determination/Circuit)

วงจรเลือกจังหวะระเบิด (Ignition Timing Determination/Circuit) จะส่งกระแสไปยัง GATE ของ SCR เมื่อสัญญาณแรงเคลื่อนลบจากเครื่องกำเนิดสัญญาณ ถูกส่งเข้ายงวงจรเลือกจังหวะระเบิด หรือเมื่อยอดคลื่น A สูงหกว่ายอดคลื่น B กระแสที่ไปยัง GATE ของ SCR จะต่อวงจร SCR ทำให้เกิดประกายไฟ กระโดดข้ามเขี้ยวหัวเทียน



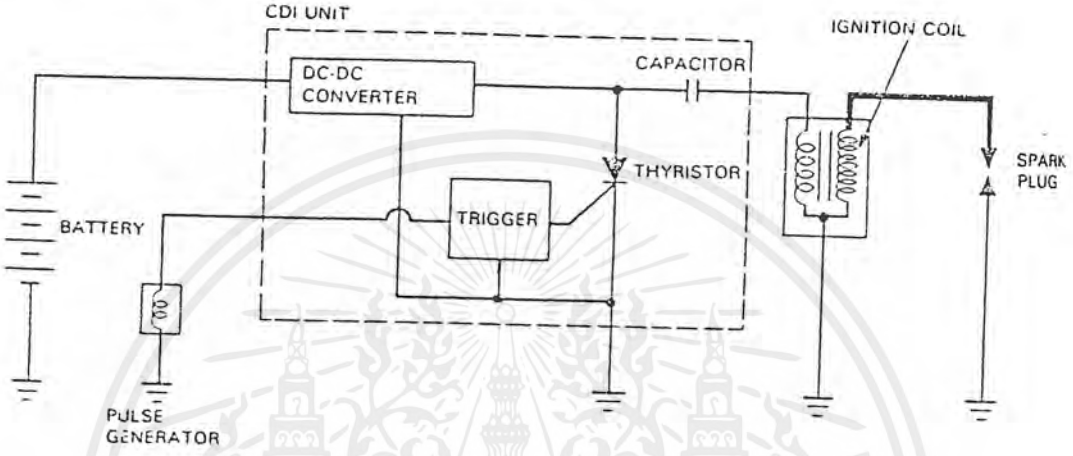
รูปที่ 2.46 จังหวะการระเบิด (Ignition Timing Diagram)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขณะที่เครื่องยนต์มีความเร็วสูงขึ้น รูปคลื่น A ยังคงที่ แต่รูปคลื่น B จะเปลี่ยนแปลงไป เมื่อยอดคลื่น B ต่ำกว่ายอดคลื่น A จังหวะจุดระเบิดหรือไฟจะแก่ขึ้นเรื่อย (N_3N_2) การเร่งไฟจะสิ้นสุดลงที่ความเร็ว N_4 เพราะที่ความเร็วนี้รูปคลื่น A จะไม่ลาดชัน

ที่ความเร็ว N_1 ยอดคลื่น B จะสูงกว่ายอดคลื่น A ดังนั้นตำแหน่งหรือจังหวะการจุดระเบิดจะถูกกำหนดโดยสัญญาณแรงเคลื่อนลบ จากเครื่องกำเนิดสัญญาณ

ระบบจุดระเบิดซีดีไอ ใช้กระแสตรง (DC. CDI. SYSTEM)



รูปที่ 2.47 การทำงานเบื้องต้น (Operating Principle) ของระบบจุดระเบิดซีดีไอ ใช้กระแสตรง(DC. CDI.)

หลักการทำงานเบื้องต้น (Operating Principle) ของระบบจุดระเบิดซีดีไอ ใช้กระแสตรง (DC. CDI.) คล้าย ๆ กับระบบจุดระเบิดซีดีไอ ใช้กระแสสับ (AC. CDI.) คงแตกต่างกันเฉพาะแหล่งหรือต้นกำเนิดการผลิตกระแสไฟแรงเคลื่อนต่ำ เพราะแบบนี้ใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งกำเนิด

ระบบจุดระเบิดซีดีไอ ใช้กระแสตรง (DC. CDI) จะมีอุปกรณ์เพิ่มแรงเคลื่อนไฟฟ้า (DC – DC Converter) โดยทำหน้าที่เพิ่มกระแสตรงจากแบตเตอรี่ให้เป็นกระแสตรงที่มีแรงเคลื่อนสูงประมาณ 220 โวลต์จากนั้นจะเก็บประจุ (Charge) ไว้ในคอนเดนเซอร์ เมื่อเปรียบเทียบกับแบบใช้กระแสสลับ ที่มีชุดขดลวดกระตุ้น (Exciter Coil) เป็นแหล่งกำเนิด ระบบจุดระเบิดซีดีไอ ใช้กระแสตรง จะให้ประกายไฟที่หัวเทียนเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ ๆ ได้รุนแรงกว่า

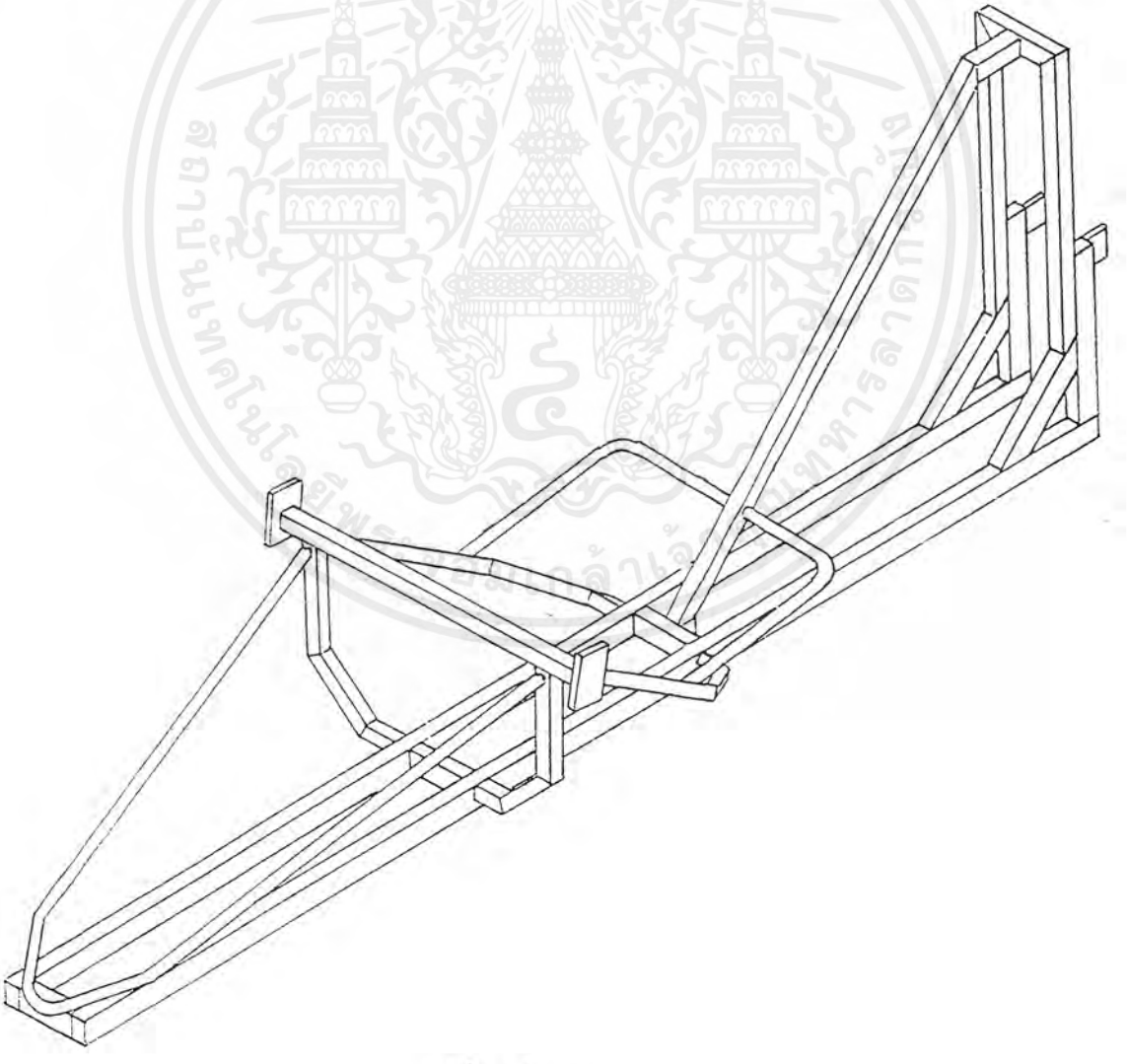
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การสร้างชิ้นส่วนและการประกอบ

ในการสร้างชิ้นส่วนและการประกอบของรถประหยัดเชื้อเพลิงขนาดเล็ก นั้นสามารถแบ่งออกเป็น 4 สวน ดังนี้คือ

- การสร้างชิ้นส่วนและการประกอบโครงสร้างหรือโครงรถของรถประหยัดเชื้อเพลิงขนาดเล็ก
- การสร้างชิ้นส่วนและการประกอบในส่วนของเครื่องยนต์
- การสร้างชิ้นส่วนและการประกอบชุดเลื่อนเครื่องยนต์
- การสร้างชิ้นส่วนและการประกอบส่วนอื่นๆ

3.1 การสร้างชิ้นส่วนและการประกอบโครงสร้างหรือโครงรถของรถประหยัดเชื้อเพลิงขนาดเล็ก



รูปที่ 3.1 โครงรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 การสร้างชิ้นส่วน

หลังจากการออกแบบลักษณะของโครงสร้างและภายหลังจากการคำนวณหาขนาดของชิ้นส่วนต่างๆ ออกมาแล้ว จะได้ชิ้นส่วนและขนาดของชิ้นส่วนหลักๆ ดังนี้

1. คานล้อหน้า ใช้อะลูมิเนียมกล่องหน้าตัดสี่เหลี่ยมจตุรัส ขนาด 1 x 1 นิ้ว หนา 3 มิลลิเมตร ยาว 59.6 เซนติเมตร

2. คานหลักของตัวถัง ใช้อะลูมิเนียมกล่องหน้าตัดสี่เหลี่ยม 1 x 1.5 นิ้ว หนา 2 มิลลิเมตร ยาว 210 .เมตร จำนวน 2 เส้น

3. แกนตั้งฉากกับคานหลักของตัวถังใช้ยึดล้อหลัง จำนวน 2 เส้น ใช้อะลูมิเนียมขนาด 1 x 1.5 นิ้ว ยาว 30 เซนติเมตร

4. หางปลาสำหรับจับยึดล้อหลัง ใช้อะลูมิเนียมฉากขนาด 50 x 50 มิลลิเมตร หนา 5 มิลลิเมตร ยาว 4.5 เซนติเมตร นำไปเข้าเครื่องกัดเพื่อกัดเป็นร่องรูปตัวยู ยาว 3.5 เซนติเมตร

5. หน้าแปลนยึดล้อหน้า ใช้แผ่นอะลูมิเนียมหนา 12 มิลลิเมตร ขนาด 5 x 7.5 เซนติเมตร นำไปทำการเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร จำนวน 2 รู โดยมีระยะห่างของจุดศูนย์กลางตามแนวยาวของแผ่นอะลูมิเนียมเท่ากับ 2.1 เซนติเมตร จำนวน 2 ชิ้น

6. ท่ออะลูมิเนียมเสริมความแข็งแรงให้กับคานหน้า แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

6.1ท่ออะลูมิเนียมเสริมความแข็งแรงที่ติดตั้งทางด้านหน้าของตัวรถใช้ท่ออะลูมิเนียมกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 5/8 นิ้วดัดขึ้นรูปเป็นรูปตัววี มีความยาวทั้งหมด 175 เซนติเมตร

6.2อะลูมิเนียมกล่องเสริมความแข็งแรงบริเวณด่านหลังของคานล้อหน้า โดยใช้ขนาด 1 x 1 นิ้ว หนา 3 มิลลิเมตรมีลักษณะเป็นรูปตัวยู

7. อะลูมิเนียมกล่องเชื่อมคานล้อหนากับตัวถังหลักในแนวดิ่ง จะใช้อะลูมิเนียมกล่องขนาด 1 x 1นิ้ว หนา 3 มิลลิเมตร ตัดเป็นรูปตัวยู ดังรูป

8. คานค้ำยันระหว่างคานหลักกับคานยึดล้อหลัง เพื่อเพิ่มความแข็งแรงและความมั่นคงของล้อหลัง จะใช้อะลูมิเนียมกล่องขนาด 1 x 1.5 นิ้ว มีความหนา 2 มิลลิเมตร โดยตัดทำมุมเอียง 45 องศา จำนวน 2 ชิ้น

9. ชุดคานค้ำยันของคานหลัก แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ

9.1 คานส่วนที่ยึดคานหลักเข้าด้วยกัน มีจำนวน 4 ชิ้น ดังนี้คือ

9.1.1 อะลูมิเนียมกล่องขนาด 1 x 1.5 นิ้ว หนา 2 มิลลิเมตร ยาว 11 เซนติเมตร จำนวน 3 ชิ้น

9.1.2 อะลูมิเนียมกล่องขนาด 1 x 1.5 เซนติเมตร หนา 2 มิลลิเมตร ยาว 16 เซนติเมตร จำนวน 1 ชิ้น

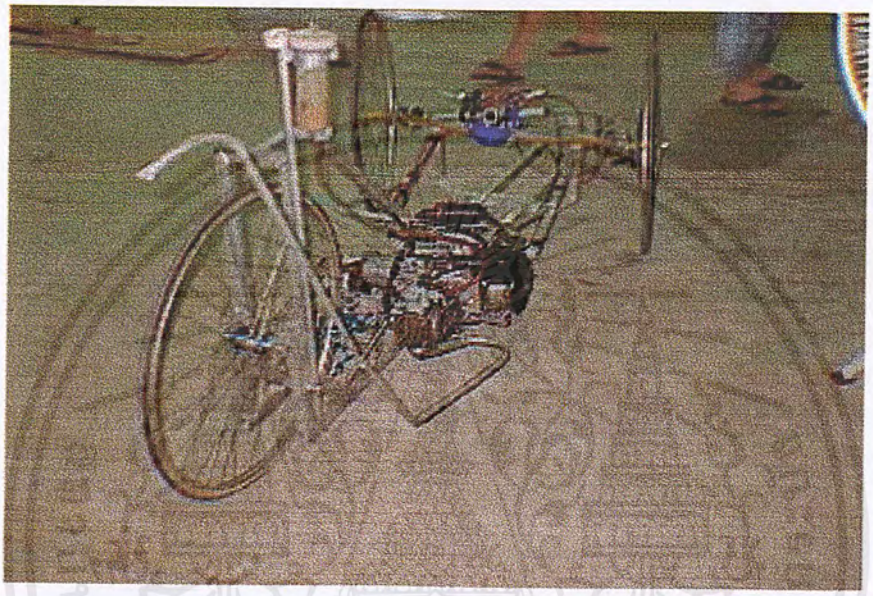
9.2 คานยึดระหว่างแกนตั้งฉากกับคานหลัก มีจำนวน 3 ชิ้น ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.2.1 อะลูมิเนียมกล่องขนาด 1 x 1 นิ้ว หนา 3 มิลลิเมตร ยาว 11 เซนติเมตรจำนวน 1 ชิ้น

9.2.2 อะลูมิเนียมกล่องขนาด 1 x 1 นิ้ว หนา 3 มิลลิเมตร ยาว 50 เซนติเมตร ที่ปลายทั้งสองด้านตัดทำมุม 45 องศา จำนวน 2 ชิ้น

10. แกนรองรับหลังคนขับ ใช้อะลูมิเนียมกล่องขนาด 1 x 1 นิ้ว ยาว 90 เซนติเมตร ที่ปลายทั้งสองด้านตัดเป็นมุม 45 องศา ขนานกัน



รูปที่ 3.2 โครงรถของรถประหยัดเชื้อเพลิงขนาดเล็ก

3.1.2 การประกอบ

เมื่อทำการจัดเตรียมชิ้นสวนตาม 10 ข้อข้างต้นเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จะเข้าสู่ขั้นตอนการเชื่อมเข้าด้วยกัน หากอะลูมิเนียมที่เตรียมไว้เป็นอะลูมิเนียมที่ผ่านการชุบผิวแข็งมาเรียบร้อยแล้วต้องมีการขัดเพื่อเอาผิวส่วนที่แข็งออกเสียก่อน ไม่เช่นนั้นก็จะทำให้เกิดการแตกร้าวของอะลูมิเนียมเมื่อทำการเชื่อม ซึ่งอะลูมิเนียมที่นำมาสร้างเป็นรถประหยัดเชื้อเพลิงส่วนใหญ่เป็นอะลูมิเนียมที่ไม่ได้ผ่านการชุบแข็ง โดยในการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ เข้าด้วยกันจะมีขั้นตอนดังนี้

1.นำคานหลักมาเชื่อมต่อเข้าด้วยกันโดยใช้คานยึดระหว่างคานหลัก เพื่อให้ได้โครงสร้างหลักของตัวรถออกมาก่อนเพื่อจะได้เป็นฐานในการเชื่อมกับชิ้นส่วนอื่นๆ ต่อไป

2. สร้างชุดยึดล้อหลัง โดยการนำเอาชุดล้อหลังโดยการนำเอาหางปลาจับล้อหลังเชื่อมติดกับแกนตั้งฉากกับคานหลัก โดยจะทำการสร้างขึ้นมาจำนวน 2 ชุด

3. นำชิ้นส่วนในข้อ 1 และข้อ 2 มาเชื่อมต่อกันโดยจัดให้ตั้งฉากกันและให้ชิ้นส่วนในข้อที่ 2 อยู่ในแนวดิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำแกนรองรับแกนตั้งฉากกับคานหลักมาเชื่อมต่อกับชุดที่สร้างขึ้นในข้อที่ 3 บริเวณมุมฉาก เพื่อสร้างความแข็งแรงและป้องกันการเกิดแรงเฉือนขึ้นที่ตำแหน่งนี้

5. นำคานยึดระหว่างคานตั้งฉากกับคานหลักทั้ง 3 ชิ้น มาเชื่อมติดกับโครงสร้างในข้อที่ 4 โดยเชื่อมต่อกับคานที่ตั้งฉากกับคานหลัก

6. นำคานล้อหน้าไปเชื่อมติดกับหน้าแปลนที่ใช้ยึดล้อหน้าทั้งสองข้าง โดยจะต้องทำการเจาะเป็นช่องสี่เหลี่ยมขนาด 1 x 1 นิ้ว แล้วนำคานล้อหน้ามาสวมลงในช่องสี่เหลี่ยมที่ทำการเจาะไว้แล้วจึงทำการเชื่อมให้ติดกัน

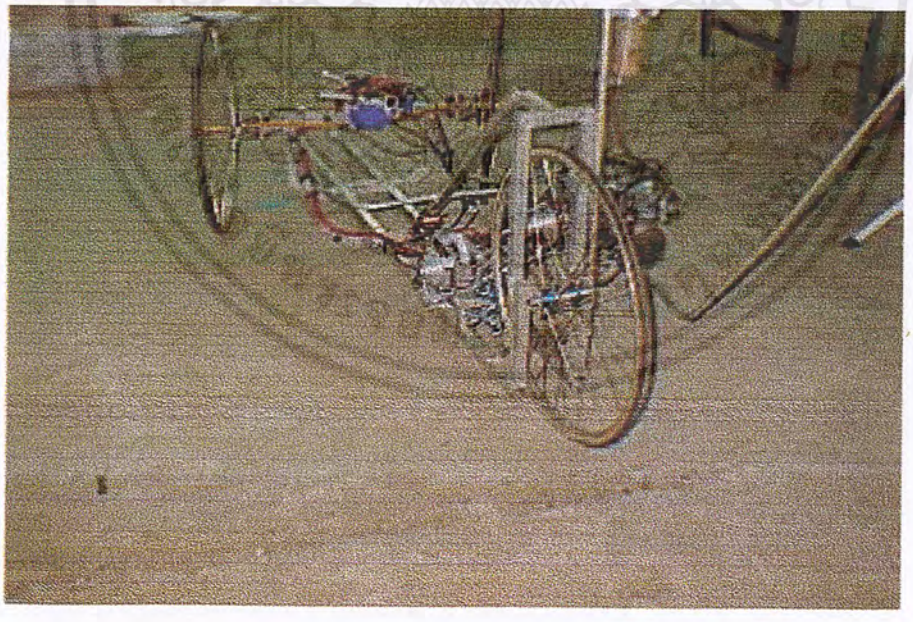
7. นำชิ้นส่วนที่ได้จากการสร้างในข้อที่ 6 มาเชื่อมต่อกับคานรองรับคานล้อหน้า โดยกำหนดระยะและตำแหน่งให้เหมาะสม

8. นำชิ้นส่วนในรูปที่ 7 มาเชื่อมกับโครงสร้างในข้อที่ 5

9.นำอะลูมิเนียมเสริมความแข็งแรงทั้งส่วนที่ติดตั้งทางด้านหน้าและทางด้านหลังมาเชื่อมต่อกับโครงสร้างในข้อที่ 8 โดยเชื่อมต่อที่คานล้อหน้า

10. นำส่วนรองรับหลังคนขับมาเชื่อมต่อกับโครงสร้างในข้อที่ 9

ภายหลังจากการเชื่อมทุกชิ้นส่วนเข้าด้วยกันเป็นที่เรียบร้อยแล้วต้องทำการตรวจสอบแนวเชื่อม เพราะในบางชิ้นส่วนอาจมีการเกิดรอยร้าวขึ้นที่แนวเชื่อม หรือในบางตำแหน่งต้องมีการตะไบรอยเชื่อมิกบ้างเพื่อให้สามารถติดตั้งอุปกรณ์อื่นๆ ได้

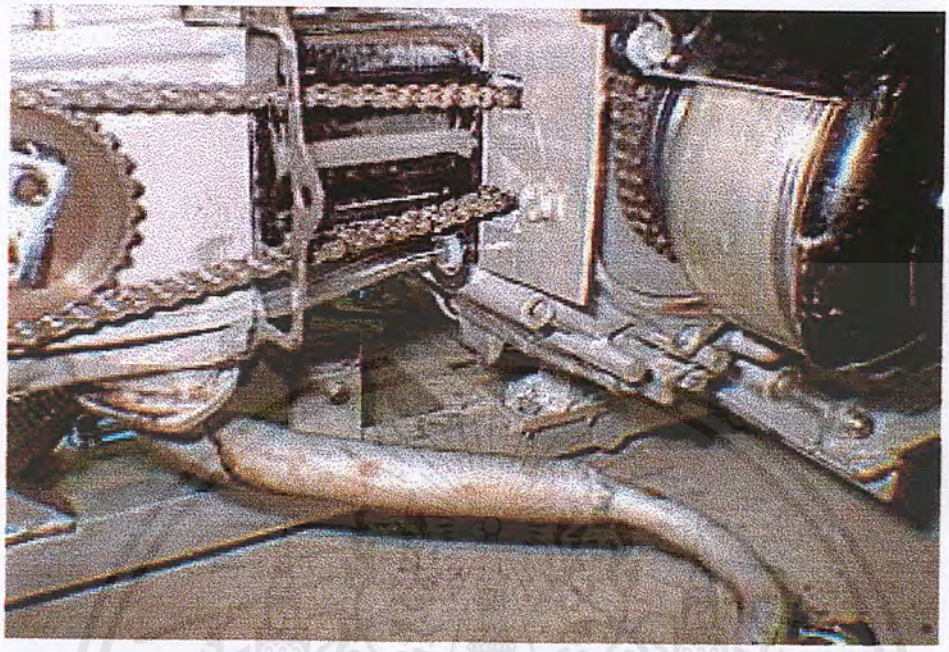


รูปที่ 3.3 โครงรถของรถประหยัดเชื้อเพลิงขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การลดน้ำหนักของชิ้นส่วนและการประกอบในส่วนของเครื่องยนต์

3.2.1การลดน้ำหนัก



รูปที่ 3.4 เครื่องยนต์ที่ทำการตัดทางเดินน้ำมันเครื่องบริเวณฝาสูบและกระบอกสูบ

หลักการสำคัญประการหนึ่งที่นำมาพิจารณาในการสร้างรถประเชื้อเพลิงขนาดเล็กก็คือการลดน้ำหนักของทุกชิ้นส่วนและทุกอุปกรณ์ให้มีน้อยหรือต่ำที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้ ซึ่งเมื่อทำการพิจารณาในส่วนของเครื่องยนต์ การลดน้ำหนักก็เป็นสิ่งสำคัญมากส่วนหนึ่ง ดังนั้นเราจึงทำการลดน้ำหนักของเครื่องยนต์ลง ซึ่งสามารแบ่งออกเป็นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ได้ดังนี้

1. ครีบระบายความร้อนของเสื้อสูบ เราได้ทำการตะไบ,เลื่อย,และกัดครีบระบายความร้อนในส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ ให้หมด โดยจะเป็นการลดน้ำหนักของเครื่องยนต์ลงได้มากพอสมควรเนื่องจากครีบระบายความร้อนของเครื่องยนต์ส่วนใหญ่เป็นวัสดุจำพวกเหล็ก สำหรับการตัดเอาครีบระบายความร้อนออกนี้จะมีผลต่อการทำงานของเครื่องยนต์น้อยมากเนื่องจากการที่เครื่องยนต์จะถูกกำหนดให้ทำงานที่รอบต่ำประมาณ 1000 รอบต่อนาที ซึ่งจะมีความร้อนเกิดขึ้นน้อยกว่าการทำงานของเครื่องยนต์มาตรฐานซึ่งเกิดความร้อนในปริมาณที่สูงกว่ามาก ดังนั้นการระบายความร้อนของเครื่องยนต์จึงเพียงพอต่อการทำงาน

2. ระบบทางเดินน้ำมัน ทางเดินน้ำมันบางส่วนเราได้ทำการตัดทิ้งไป เพราะส่วนดังกล่าวนี้อยู่ภายในเนื้อโลหะที่มีน้ำหนักมาก ซึ่งเราจะทำการเปลี่ยนแปลงระบบน้ำมันหล่อลื่นไปเป็นแบบหล่อลื่นเฉพาะจุด ซึ่งจะสามารถส่งน้ำมันหล่อลื่นไปยังบริเวณที่ต้องการหล่อลื่นโดยตรง และใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บางส่วนของอุปกรณ์ภายในเครื่องยนต์จะได้รับการเคลือบสารเทฟลอนเพื่อช่วยในการหล่อลื่นของเครื่องยนต์ ซึ่งช่วยให้เครื่องยนต์สามารถทำงานได้แม้ไม่มีน้ำมันหล่อลื่น

3. ฝาสูบ เราได้ทำการตัดครีบระบายความร้อน, ระบบทางเดินน้ำมัน และชุดฝาครอบโซ่ราวลิ้นออก แต่ก็ยังคงมีทางเดินน้ำมันหล่อลื่นบางส่วนเหลืออยู่

4. กระบอกสูบ ได้ทำการตัดครีบระบายความร้อน และระบบทางเดินน้ำมันออก แต่เนื่องจากระบบทางเดินนำมันบางส่วนมีผลต่อความแข็งแรงทางโครงสร้างของเครื่องยนต์จึงยังคงเอาไว้

5. ชุดเกียร์ (Gear Unit) เนื่องจากเราได้พัฒนาระบบส่งกำลังขึ้นมาใหม่ทั้งหมด ชุดเกียร์ที่ติดตั้งมากับเครื่องยนต์มาตรฐานจึงไม่มีความจำเป็นในการใช้งาน เราจึงทำการถอดชุดเกียร์และระบบส่งกำลังทั้งหมดออก

6. ชุดห้องเกียร์ เมื่อเราทำการถอดชุดเกียร์และระบบส่งกำลังออกทั้งหมด ห้องเกียร์ดังกล่าวจึงไม่จำเป็นต้องมี เราจึงทำการตัดห้องเกียร์ออกและเหลือไว้เพียงด้านที่เป็นส่วนประกอบของห้องข้อเหวี่ยง จากนั้นก็ทำการอุดรอยรั่วทั้งหมดเพื่อป้องกันการรั่วไหลของน้ำมันเครื่องของห้องข้อเหวี่ยงออกมาภายนอก

7.เพลาลูกเบี้ยว การลดน้ำหนักของเพลาลูกเบี้ยวเป็นผลพลอยได้มาจากการลดระยะยกวาล์ว (Valve Lift) ทำให้น้ำหนักของเพลาลูกเบี้ยวลดลง

8. สปริงวาล์ว (Valve Spring) โดยปกติของเครื่องยนต์จะมีชุดสปริงวาล์วที่มีจำนวนสปริง 2 ตัวต่อ 1 วาล์ว แต่เนื่องจากการที่เราปรับพฤติกรรมของเครื่องยนต์ให้ทำงานที่รอบต่ำ ทำให้การติดตั้งสปริงวาล์วมีจำนวน 2 ตัวต่อวาล์ว 1 ตัว เป็นสิ่งเกินความจำเป็นเราจึงทำการถอดเอาสปริงวาล์วออกหนึ่งตัวทำให้มีการลดน้ำหนักในส่วนนี้ลง

9. ก้านสูบ เนื่องจากการที่ก้านสูบแบบมาตรฐานมีความแรงมากกว่าลักษณะงานที่เราจำนำไปใช้ ทำให้เราสามารถลดน้ำหนักบางส่วนของก้านสูบลงได้โดยการเจาะเอาเนื้อโลหะบางส่วนออกแต่ก็ไม่มากจนเป็นการทำลายความแข็งแรงทางโครงสร้างของก้านสูบไป

10. ลูกสูบ เราได้ทำการตัดเอากระโปรงลูกสูบบางส่วนออกเพื่อลดน้ำหนักและเพิ่มความคล่องตัวในการเคลื่อนที่ของลูกสูบ

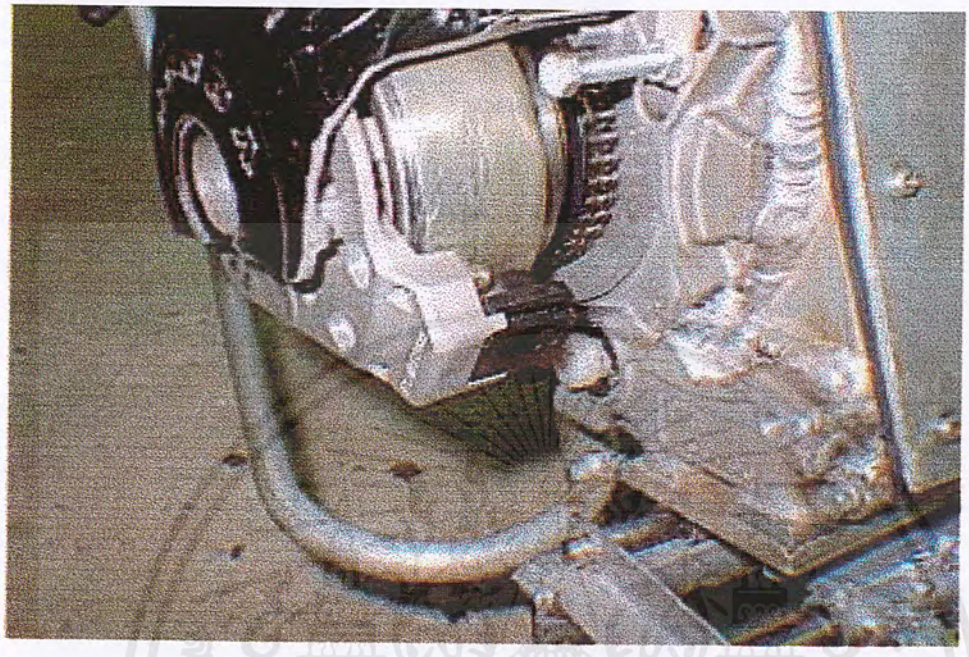
หมายเหตุ 1. เนื่องจากในการลดน้ำหนักของเครื่องยนต์นั้นจำเป็นจะต้องทำการตัดชิ้นส่วนบางส่วนของเครื่องยนต์ออก ดังได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อที่1, 2, 3, 6, 7, 9 และ 10 ทำให้ในบางครั้งทำให้เกิดรูหรือรอยรั่วที่ทำให้น้ำมันเครื่องสามารถรั่วซึมออกมาได้ จึงต้องมีการตรวจสอบรอยรั่วและดำเนินการแก้ไขให้เรียบร้อย

2. ในบางชิ้นส่วนที่มีการตัดออกทำให้เกิดรอยรั่วขนาดใหญ่แก่เครื่องยนต์ จำเป็นต้องมีการนำเอาอะลูมิเนียมมาช่วยในการอุดรอยรั่วดังกล่าว

3.เมื่อเราได้ทำการตัดและอุดรอยรั่วที่เกิดขึ้นเป็นที่เรียบร้อยแล้วทำให้เราเกิดปัญหาในการเติมน้ำมันเครื่อง ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องใช้เครื่องมือช่วยในการเติมน้ำมันเครื่อง ซึ่งจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เหมาะสมก็คือบริเวณโซ่ขับเพลาราวลิ้นทางด้านซ้ายของเครื่องยนต์ซึ่งมีช่องที่สามารถใช้เป็นจุดเติมน้ำมันเครื่องได้



รูปที่ 3.5 เครื่องยนต์ที่ตัดห้องข้อเหวี่ยงและฝาครอบชุดไฟออกบางส่วน

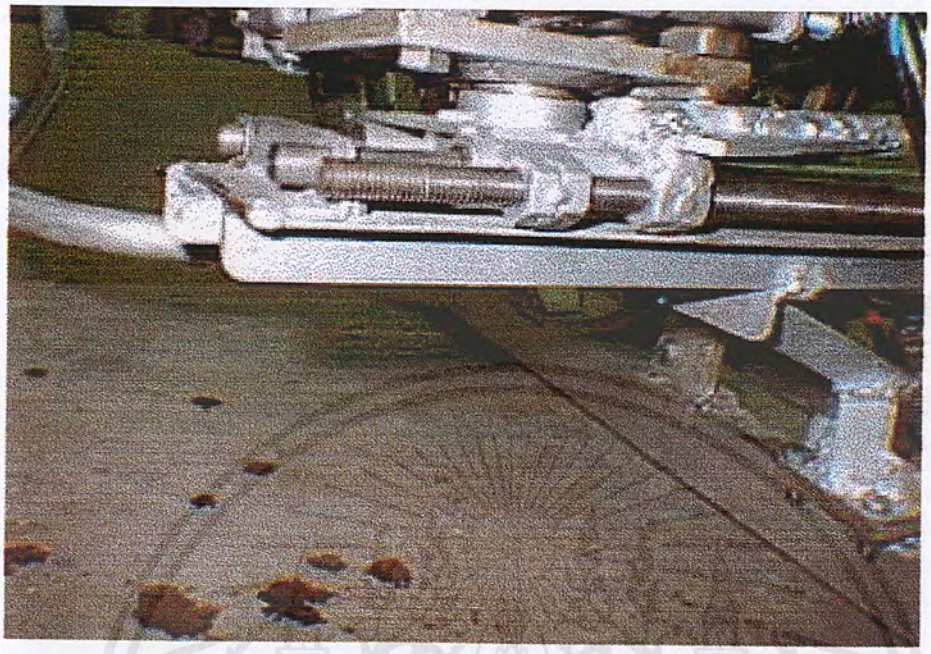
3.2.2 การประกอบ

เมื่อทำการปรับแต่งตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น จะต้องมีการตรวจสอบว่ามีรอยแตกร้าวหรือร่องรอยความเสียหายหรือไม่ หากตรวจพบความเสียหายต้องทำการแก้ไขเสียก่อน เมื่อตรวจสอบความเสียหายเรียบร้อยแล้ว จึงค่อยทำการประกอบ จากนั้นจึงทำการตรวจสอบการประกอบว่าเรียบร้อยหรือไม่

3.3 การสร้างชิ้นส่วนและการประกอบชุดเลื่อนเครื่องยนต์

เนื่องจากชุดเลื่อนเครื่องยนต์จะประกอบไปด้วยส่วนที่เลื่อนเครื่องยนต์ที่มีทิศทางการเคลื่อนที่อยู่ในแนวตั้งฉากกับคานหลักของตัวรถ และในขณะเดียวกันก็จะมีจุดหมุนอยู่ที่ตำแหน่งยึดแท่นเครื่องซึ่งจะทำให้เครื่องยนต์สามารถหมุนได้รอบตัว จากลักษณะดังกล่าว จึงได้แบ่งส่วนประกอบของชุดเลื่อนเครื่องยนต์ออกได้ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 ชุดเลื่อนเครื่องยนต์

3.3.1 การสร้างชิ้นส่วน

1. ชุดเกลียวเลื่อนเครื่องยนต์ สามารถสร้างได้โดยการนำเหล็กทรงกระบอก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ยาว 35 เซนติเมตร นำมาทำการกลึงเกลียวตลอดความยาว โดยมีระยะพิตเท่ากับ 1 มิลลิเมตร ที่ปลายด้านหนึ่งของเกลียวกลึงให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 8มิลลิเมตร แล้วจึงนำไปตะไบให้เป็นเทเปอร์

หมายเหตุ ระยะพิตของเกลียวที่มีความละเอียดมากๆ มีผลทำให้การเลื่อนเครื่องยนต์ช้าลง ส่งผลให้การเร่งความเร็วของรถเป็นไปอย่างช้าๆ และนุ่มนวล

2. ชุดยึดเกลียวเลื่อนเครื่องยนต์เข้ากับมอเตอร์ สามารถสร้างได้โดยการนำเหล็กทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง15 มิลลิเมตร ยาว 4 เซนติเมตร แล้วทำการกลึงปาดให้เรียบและลบคม หลังจากนั้นนำมาเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร ตามแนวยาว 2 รู หลังจากนั้นจึงทำเกลียวในขนาดM5 ซึ่งรู 2 รู นี้จะใช้ยึดเกลียวเลื่อนเครื่องยนต์เข้ากับแกนของมอเตอร์เพื่อให้เป็นชุดส่งกำลังจากมอเตอร์ไปยังเกลียวเลื่อนเครื่องยนต์

3.แท่นยึดฐานเครื่องยนต์ เป็นชิ้นส่วนที่ใช้ยึดเครื่องยนต์ แล้วนำไปสวมเข้ากับชุดสวมแท่นยึดฐานเครื่องซึ่งจได้กล่าวถึงในหัวข้อถัดไป โดยที่แท่นยึดฐานเครื่องจะมีลักษณะเป็นรูปตัวที ประกอบด้วยแผ่นอะลูมิเนียมขนาด 6.5 x 11 เซนติเมตร หนา 5 มิลลิเมตร นำมาเจาะรู 4 รู โดยที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งของรูที่เจาะจะต้องตรงกับตำแหน่งยึดน็อตของฐานเครื่องยนต์ทั้งสี่ โดยรูดังกล่าวมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร อีกส่วนหนึ่งจะใช้ท่ออะลูมิเนียมเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร ยาว 7 เซนติเมตร เพื่อใช้ทำแกนสวมลงในชุดสวมแท่นยึดฐานเครื่อง ดังรูปที่ 3

4. ชุดสวมแท่นยึดฐานเครื่อง มีลักษณะดังรูปที่ 3 มีส่วนประกอบดังนี้

- ท่อเหล็ก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร 2 จำนวน 2 ท่อน มีความยาวท่อนละ 6.5 เซนติเมตร
- แผ่นอะลูมิเนียม ขนาดเล็กกว่าแผ่นเหล็กที่กล่าวมาแล้วเล็กน้อย นำมาเจาะรูขนาด 5 มิลลิเมตร ให้อยู่ถึงกลางแผ่น นำมาเจาะรูโดยมีขนาดของรู 5 มิลลิเมตร ให้มีระยะห่างของรูทั้งสอง เป็น 3.5 เซนติเมตร
- แผ่นเหล็ก ขนาด 6.5 x 6.5 เซนติเมตร หนา 3 มิลลิเมตร
- ท่ออะลูมิเนียม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 3.5 เซนติเมตร ตัวมาทำ 5 เซนติเมตร
- ท่อทองเหลือง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 3.5 เซนติเมตร ตัดมายาว 5 เซนติเมตร

5. โครงยึดมอเตอร์ จะใช้เหล็กฉากตัดมามีขนาดให้พอดีกับมอเตอร์

6. รางเลื่อนชุดสวมแท่นยึดรูขนาดร่อง มีส่วนประกอบดังนี้

- แท่งสเตนเลสกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร
- เหล็กฉาดขนาดเล็ก มีทั้งหมด 2 ชุด ชุดละ 2 อัน
  - ชุดที่ 1 ยาวอันละ 9 เซนติเมตร
  - ชุดที่ 2 ยาวอันละ 32 เซนติเมตร

นำเหล็กฉากขนาดเล็ก ชุดที่ 1 มีเจาะรู ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร 2 รู ระยะห่างระหว่างรูทั้งสองมีขนาด 5.5 เซนติเมตร ทั้ง 2 อัน

7. โครงติดตั้งชุดเลื่อนเครื่องเข้ากับโครงรถ

เป็นโครงที่มีลักษณะเป็นแกนขับกับชุดเลื่อนเครื่องยนต์และมีฐานเพื่อใช้ในการยึดติดกับคานหลังของโครงรถ ใช้น็อตยึดขับแน่นหนา ซึ่งมีชิ้นส่วนตามรูปที่ 3 ดังนี้

- เหล็กฉากขนาดเล็ก ดังนี้

  ยาว 7 เซนติเมตร 1 ชิ้น

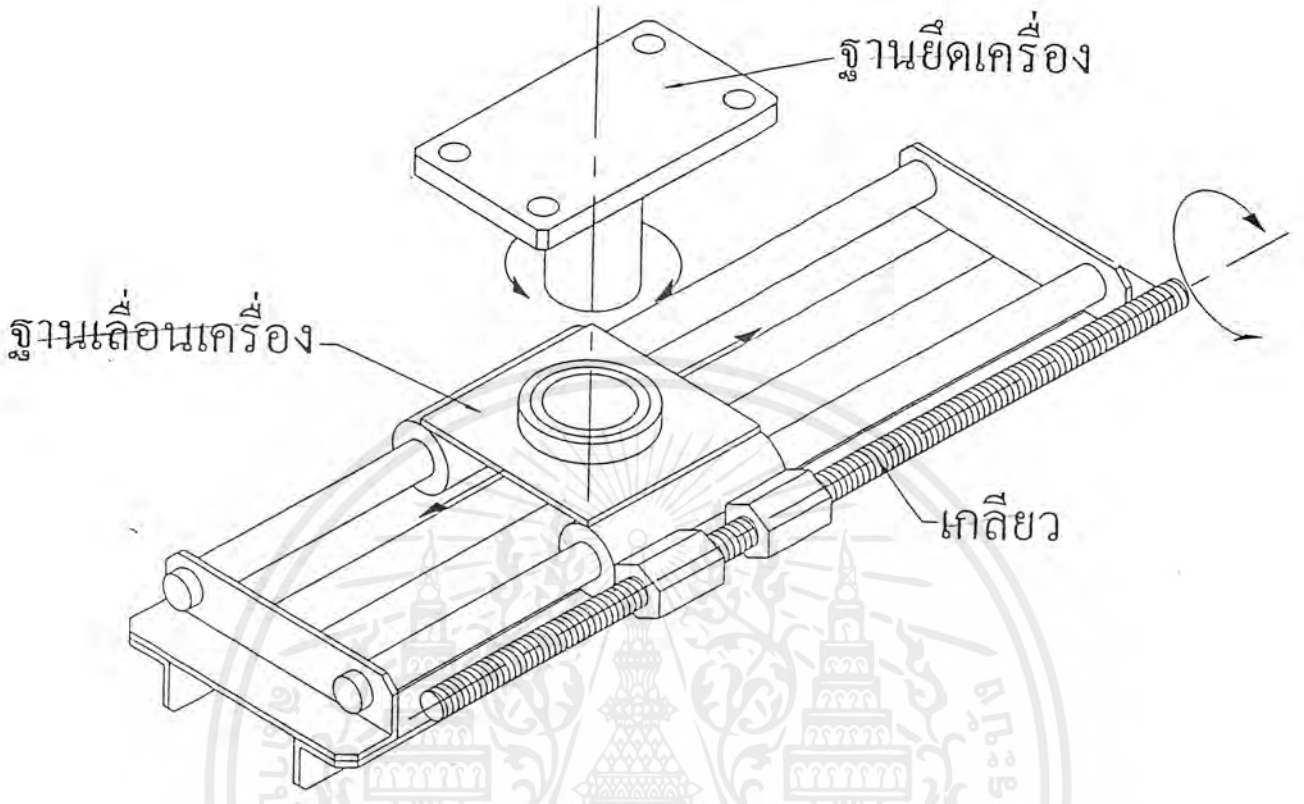
  ยาว 10 เซนติเมตร 1 ชิ้น

  ยาว 9 เซนติเมตร 1 ชิ้น

  ยาว 14 เซนติเมตร 1 ชิ้น (ยาวสุด)
- เหล็กแห่งสี่เหลี่ยมจัตุรัส 1" x 1" กลวง หนา 1 mm ขนาด 25 เซนติเมตร และ 18 เซนติเมตร อย่างละชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2การประกอบ



รูปที่ 3.7 ส่วนประกอบชุดเลื่อนเครื่องขนต์

เมื่อทำการจัดหา สร้างชิ้นส่วนดังได้กล่าวมาข้างต้นเรียบร้อยแล้ว จึงนำมาประกอบกันเป็นชุดเลื่อนเครื่องโดยในการประกอบแต่ละส่วนจะมีลำดับขึ้นตอนการประกอบเป็นช่วงๆ ดังนี้

1 นำเพลาเกลียวมาต่อกับแกนหมุนมอเตอร์โดยสวมเข้ากับชุดยึดเพลาเกลียวเข้ากับมอเตอร์และนำไปสวมเข้ากับแกนมอเตอร์อีกทีหนึ่ง หลังจากนั้นจึงทำการขันน็อตให้แน่นทั้ง 2 รูที่เจาะไว้

2 จัดทำรางเลื่อนชุดสวมแท่นยึดฐานเครื่องในข้อ 6 ของส่วนการสร้างชิ้นส่วนโดยเริ่มแรกเราจะนำเอาเหล็กฉากขนาดเล็ก ชุดที่ 1 ทั้ง 2 อันมาใส่เข้าที่ปลายทั้ง 2 ด้านของแท่นสแตนเลส หลังจากนั้นจัดให้แท่งสแตนเลสทั้ง 2 อันขนานกัน และมีระยะห่างของเหล็กฉาดชุดแรกให้ห่างเท่ากันคือ 29 เซนติเมตร

3. นำส่วนที่ได้จากข้อ 2 มาเชื่อมเข้ากับเหล็กฉากขนาดเล็กชุดที่ 2 ทั้ง 2 อัน โดยวางชุดเหล็กฉากชุด 2 นั้น ให้ขนานกันและขนานกับแท่งสแตนเลสแล้วทำการเชื่อม (โดยปกติในระหว่างการจัดทำชุดรางเลื่อนชุดสวมแท่นยึดฐานเครื่อง จะต้องนำ ชุดสวมแท่นยึดฐานเครื่องมาลองเลื่อนบนรางด้วยเพื่อดูว่ามีความฝืดหรือ ขนานมากน้อยแค่ไหน เพื่อการปรับแต่งให้เกิดการลื่นไถลมากที่สุด ซึ่ง การประกอบชุดรางเลื่อนชุดสวมแท่นยึดฐานเครื่องจะได้กล่าวต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เมื่อได้ชุดรางเลื่อนดังกล่าวข้างต้นมาแล้ว ก็จะได้ชุดสวมแท่นยึดฐานเครื่องมาพร้อมกัน เพราะทั้ง 2 ส่วนนี้จะต้องจัดทำไปพร้อมๆกัน เพราะมีองค์ประกอบบางส่วนสัมพันธ์กัน ซึ่งการประกอบเป็นดังนี้ เริ่มแรก นำท่ออะลูมิเนียมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 3.8 เซนติเมตร มาตอกอัดด้วยกันกับท่อทองเหลือง เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 3.5 เซนติเมตร ไว้ภายใน หลังจากนั้นนำท่ออะลูมิเนียมที่มีท่อทองเหลืองอยู่ภายในดังกล่าวมาเชื่อมเข้ากับแผ่นอะลูมิเนียมโดยนำท่ออะลูมิเนียมดังกล่าวสวมเข้าไปในรูที่เจาะไว้ของแผ่นเหล็ก โดยสวมเข้าไปลึกประมาณ 1 เซนติเมตร แล้วยึดน็อตให้แน่น

5. นำส่วนที่ได้จากข้อ 4 มาเชื่อมต่อเข้ากับท่อเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ทั้ง 2 ท่อนตามรูป โดยที่จะต้องนำไปสวมเข้ากับรางเลื่อนก่อนที่จะเชื่อมเพื่อดูว่ามีความฝืดหรือขนานกันหรือไม่ เพื่อให้เกิดการลื่นไถลมากที่สุด

6. นำน็อตตัวเมียที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ระยะพิตเท่ากับเกลียวเลื่อนเครื่องยนต์จำนวน 4 ตัว โดยแบ่งเชื่อมติดกัน ชุดละ 2 ตัว แล้วนำไปเชื่อมต่อกับชุดสวมแท่นยึดรูบนเครื่องที่ได้จากข้อ 5 ให้ได้ระยะกัน

7. จัดทำชุดยึดมอเตอร์ และโครงสร้างที่จะยึด รางเลื่อนกับมอเตอร์ และจัดทำชุดฐานยึดเข้ากับโครงหลักของรถ

(ในส่วนหลังสุดนี้ควรมีการตรวจสอบแนวเชื่อมว่าแข็งแรงหรือไม่ และให้บางส่วนอาจต้องตะไบออกให้เรียบเพื่อง่ายต่อการประกอบเข้ากับส่วนอื่นๆ)

8.เป็นส่วนการทำแท่นยึดฐานเครื่อง ทำได้โดยการนำเอาแผ่นอะลูมิเนียมที่เตรียมไว้เชื่อมเข้ากับ ท่ออะลูมิเนียม ให้ได้ท่อกลางแผ่นอะลูมิเนียม

3.4 การสร้างชิ้นส่วนและการประกอบอื่นๆ แบ่งออกเป็นหลายส่วนดังต่อไปนี้

- ชุดส่งผ่านน้ำมันเครื่อง
- ดุมล้อ

3.4.1การสร้างชิ้นส่วนและการประกอบชุดส่งผ่านน้ำมันเครื่อง เป็นส่วนที่จำเป็นมาก เพราะเป็นชุดที่จะส่งผ่านน้ำมันเครื่องจากห้องข้อเหวี่ยงไปยังฝาสูบ เพื่อใช้ในการหล่อลื่นและการถ่ายเทความร้อน

3.4.1.1 การสร้างชิ้นส่วน จะใช้วัสดุดังนี้

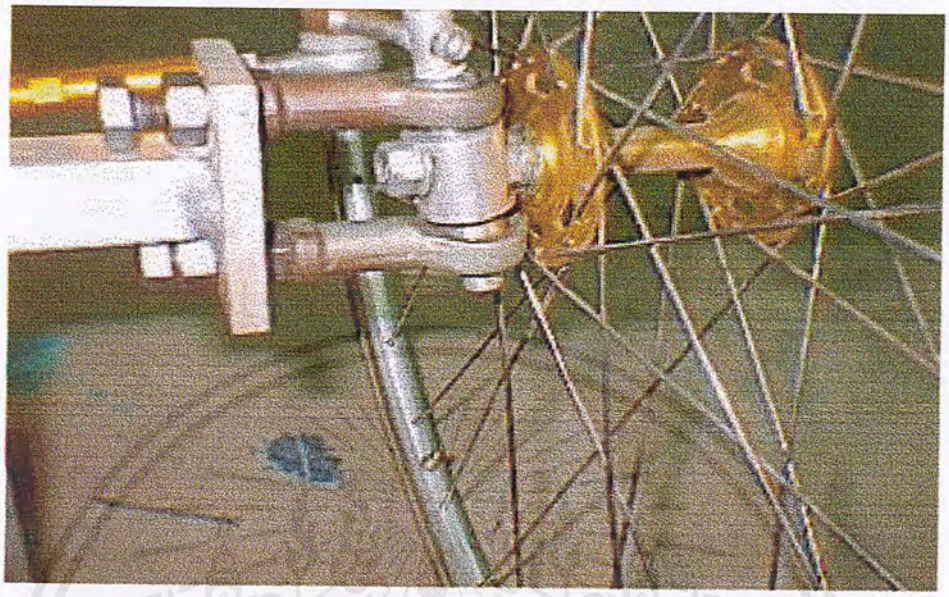
- สายยางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1 เซนติเมตร ยาวประมาณ 20 เซนติเมตร
- จุกพลาสติกที่กลึงได้ขนาดเข้ากับรูส่งน้ำมันของห้องข้อเหวี่ยงกับฝาสูบ

3.4.1.2 การประกอบ เริ่มแรกเราจะนำสายยางใส่เข้าไปในรูของจุกพลาสติก หลังจากนั้นจึง นำจุดที่ติดกับสายยางแล้วอัดเข้าไปที่รูส่งสายน้ำมันของทั้งฝาสูบและห้องข้อเหวี่ยง ควรมีการ

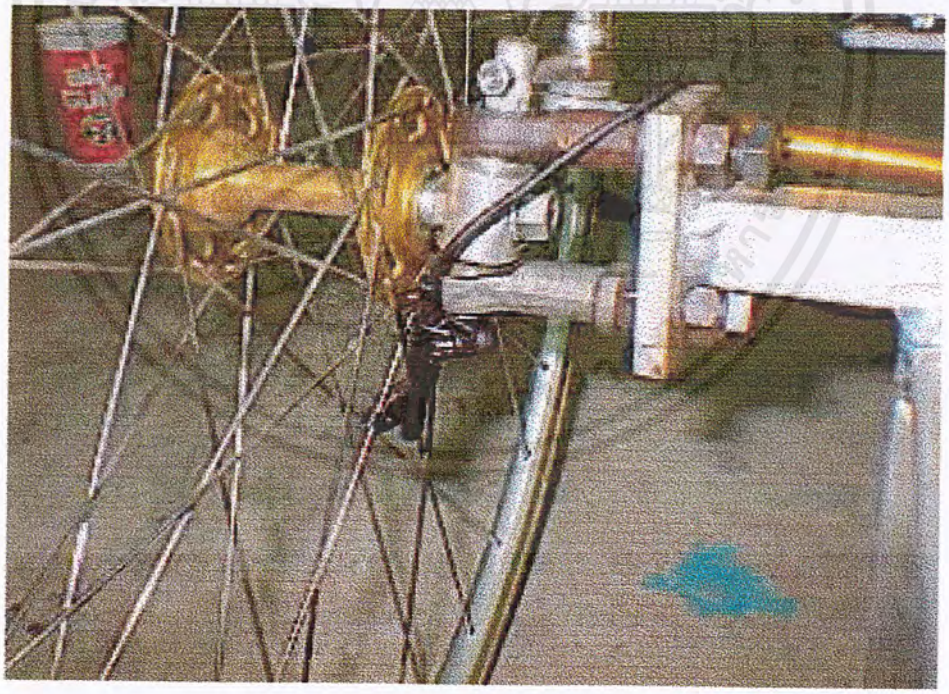
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจสอบความแนาแน่นของสายยางและจุกยางเพราะจุดนี้สำคัญมากถ้าหากมีการหลวมคลอน จะทำให้น้ำมันเครื่องไหลซึมออกมาได้ ทำให้ได้ระดับน้ำมันเครื่องน้อยกว่าระดับที่ต้องการ

3.4.2 การสร้างชิ้นส่วน และการประกอบดุมล้อ



รูปที่ 3.8 (ก) ชุดดุมล้อ



รูปที่ 3.8 (ข) ชุดดุมล้อ

3.4.2.1 การสร้างชิ้นส่วน มีส่วนประกอบดังนี้

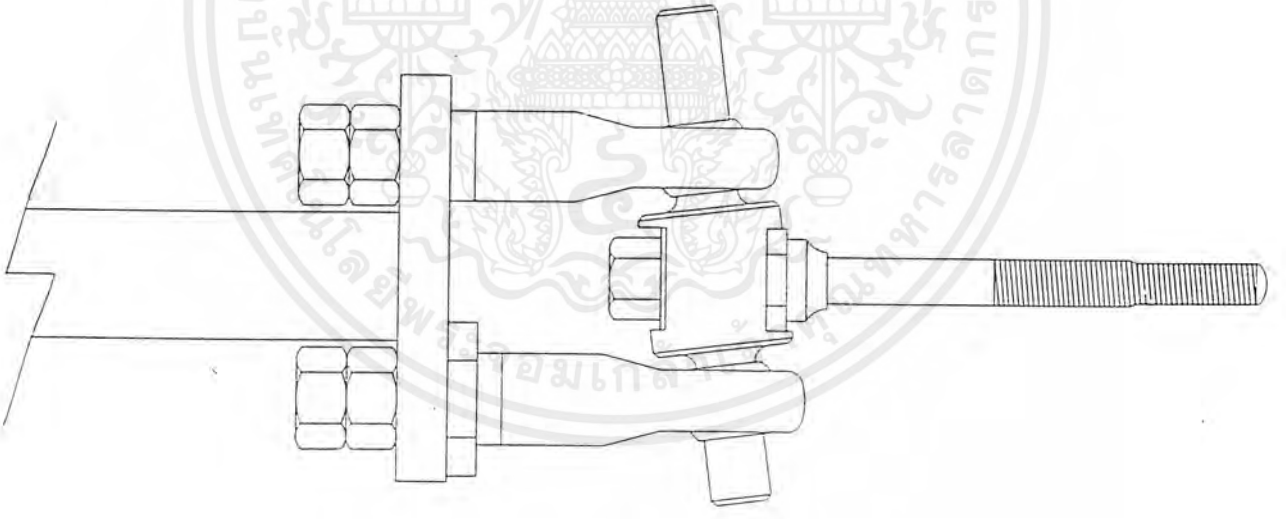
1. กลึงอะลูมิเนียมให้ได้เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร ยาว 7 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กลึงหัวและท้ายให้ได้เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 เซนติเมตร โดยท่อยาว 2.5 เซนติเมตร ท้ายยาว 2 เซนติเมตร โดยให้ช่วงที่เปลี่ยนขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง ท่อเป็น fillet เพื่อเป็นบ่ารอง bearing และเพื่อป้องกันความเสียหายเนื่องจากความเค้น
3. นำอะลูมิเนียมไปกัดโดยกัดให้เฉียงเป็นมุมตามมุมล้อ ให้เย็นหน้าแบนทั้ง 2 ด้าน สำหรับเจาะรูใส่แกนล้อ
4. เจาะรูและทำเกลียวเพื่อใส่แกนล้อแล้วทำการขันน็อตให้แน่น
5. ที่ส่วนปลายอะลูมิเนียม เจาะรูเพื่อเกลียวโดยให้เป็นมุมตามมุมของ four bar ที่ออกแบบ เพื่อให้ก้าน four bar

3.4.2.2 การประกอบ หลังจากจัดทำชิ้นส่วนต่างๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วจึงนำมาทำตามขั้นตอนดังนี้

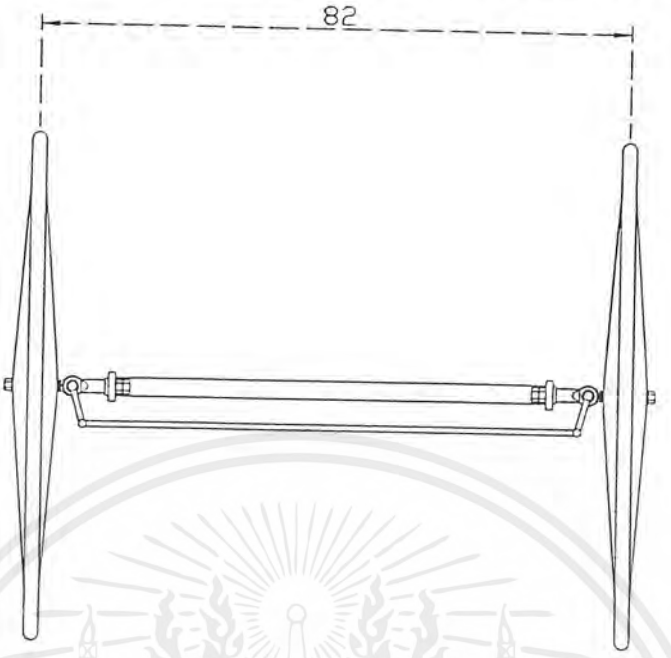
1. ใส่แบริ่งที่บ่าท้าย
2. ขัน four bar ใส่ที่ด้านหลังอะลูมิเนียม
3. ขันน็อตล็อกแบริ่ง กับหน้าแบนของคานล้อหน้า
4. ใส่ล้อกับแกนล้อของคุมล้อ แล้วขันน็อตล็อก



รูปที่ 3.9 ส่วนประกอบชุดคุมล้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 การสร้างชิ้นส่วนและการประกอบชุดบังคับเลี้ยว ในส่วนนี้จะมี 3 ส่วน คือ



รูปที่ 3.10 ชุดบังคับเลี้ยว

3.4.3.1ก้านดันชัก

3.4.3.1.1การสร้างชิ้นส่วน ก้านดันชักจะมีขั้นตอนดังนี้

1. กลึงอะลูมิเนียม เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.2 เซนติเมตร ยาว 25 เซนติเมตร เจาะรูข้างท้ายเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร
2. ทำการทำเกลียวในโดยด้านหนึ่งทำเกลียวซ้ายอีกด้านหนึ่งทำเกลียวขวาของ เพื่อให้สามารถหมุนก้านดันชัก เพื่อปรับมุมโท อิน และมุม โท เอ๊าท์ ของล้อได้

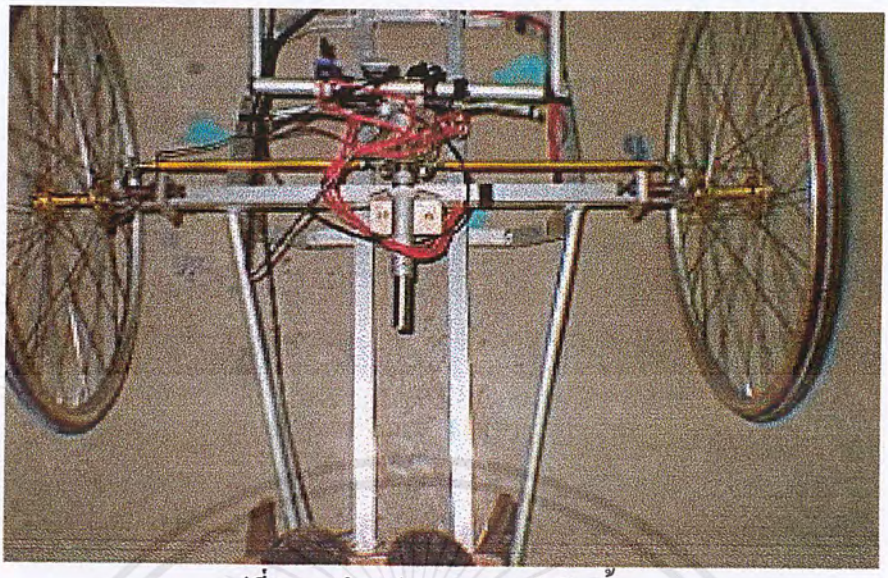
2. ชุดลูกหมาก ในส่วนนี้ไม่สามารถสร้างขึ้นมาเองได้ จึงต้องมาใช้โดยหาขนาดที่เหมาะสมกับก้านดันชัก จำนวน 4 ตัว

3. ก้านต่อระหว่างดุมล้อกับก้านดันชัก

ใช้ท่อนเหล็กกลมตันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร นำมากลึงให้เหลือขนาด 1.2 เซนติเมตร ตัดให้มีขนาดยาว 6 เซนติเมตร หลังจากนั้นทำการกลึงเข้ามา 4.2 เซนติเมตร ให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเหลือแค่ 0.8 เซนติเมตร ส่วนความยาวที่เหลือนำไปจัดทำหน้าแปลน แล้วเจาะรู ขนาด0.9 เซนติเมตร ที่ปลายที่กลึงเหลือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 เซนติเมตร โดยทำการโคนเกลียว ทำทั้งหมด 2 ชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3.1.2การประกอบ

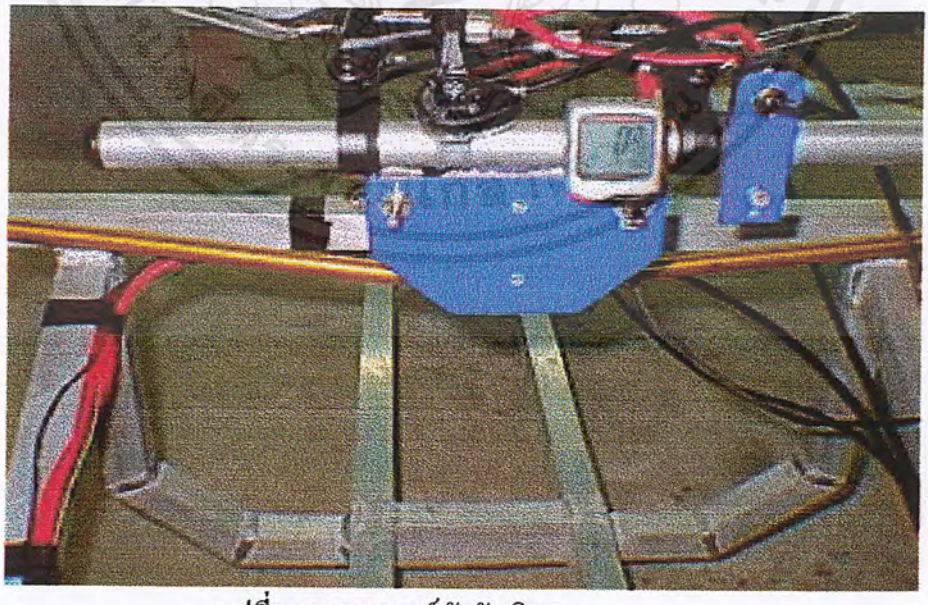


รูปที่ 3.11 ส่วนประกอบชุดบังคับเลี้ยว

1. ต่อก้านดันชักเข้ากับแบริ่งที่ต่อจากด้าน โฟร์-บาร์ และที่ต่อจากดันบังคับ
2. หมุนก้านดันชักเพื่อปรับมุม โทอิน โทเอ๊าต์ ของล้อให้ได้มุมตามที่ออกแบบ
3. นำก้านต่อระหว่างดุมล้อกับก้านดันชักที่ขันเกลียวแน่นกับดุมล้อแล้วมาต่อกับก้านดันชักด้วยน๊อตให้เรียบร้อย

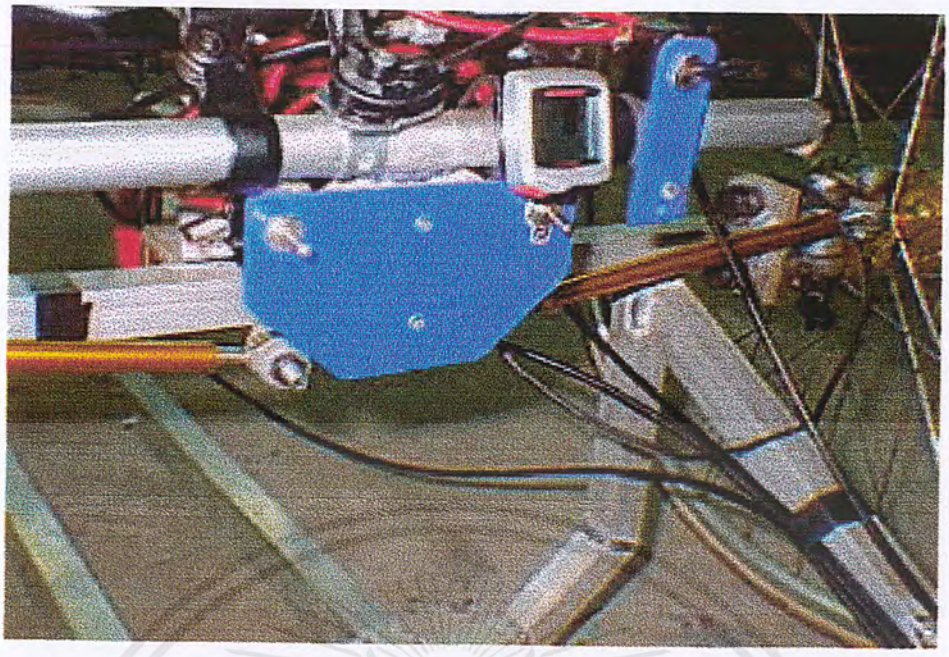
3.4.4 การสร้างชิ้นส่วนและการประกอบ แฮนด์ บังคับทิศทาง

3.4.4.1 การสร้างชิ้นส่วน มีส่วนประกอบดังนี้



รูปที่3.12 (ก) แฮนด์บังคับทิศทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 (ข) แฮนด์ บังคับทิศทาง

1. ใช้อะลูมิเนียมท่อกลวงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2.5 เซนติเมตร ยาว 34 เซนติเมตร โดยกลึงปลายให้มนเพื่อลบความคมของปลายแท่งอะลูมิเนียม
2. จุกยางสวมปลายของท่ออะลูมิเนียมในข้อ 1
3. หน้าแปลนแผ่นกลมโดยนำแผ่นอะลูมิเนียมหนา 3 มิลลิเมตร ตัดเป็นวงกลมทำทั้งหมด 2 ชิ้น โดยเจาะรูขนาด 5 มิลลิเมตร ทุก 120 องศา ของวงกลมโดยเจาะบ่าให้ลึกลงไปเพื่อให้ฝังหัวน็อตลงไปได้
4. ตัดท่ออะลูมิเนียมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.8 เซนติเมตร ยาว 3.5 เซนติเมตร 1 ชิ้น และ 25 เซนติเมตร อีก 1 ชิ้น
5. ต่อท่อสเตนเลสกลวงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.8 เซนติเมตร ยาวประมาณ 32 เซนติเมตร
6. ตัดท่ออลูมิเนียม 2 ชิ้น ยาวชิ้นละ 25 เซนติเมตร ทำการเจาะรูขนาด 4 เซนติเมตร
7. ตัดแผ่นสแตนเลสเป็นรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่วขนาดฐานสามเหลี่ยม 7 เซนติเมตร สูง 9 เซนติเมตร เจาะรูที่มุมหน้าจั่วทั้ง 2 ให้ใหญ่กว่าน็อตร้อยระหว่างก้านคันชักเล็กน้อย และเจาะรูที่มุมที่เหลือแต่เปลี่ยนขนาดเป็นขนาดเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อสแตนเลส
8. ต่ออลูมิเนียมฉากยาว 20 เซนติเมตร เจาะรูขนาด 5 มิลลิเมตร และที่ด้านกลังของฉากเจาะรูขนาดเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของท่ออะลูมิเนียมในข้อ 4

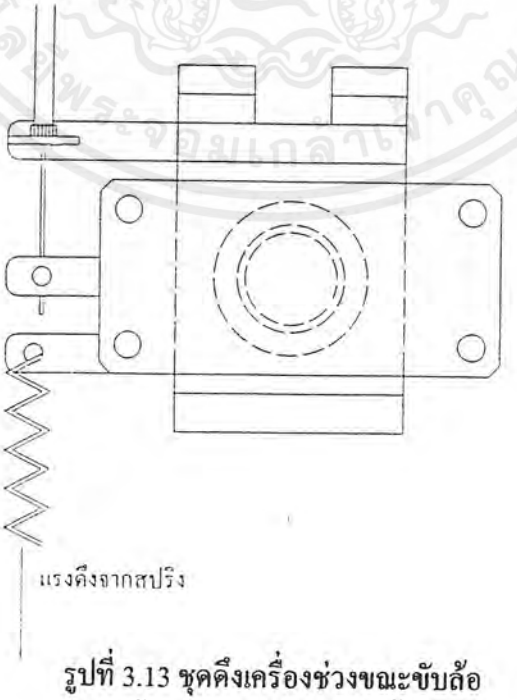
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4.2 การประกอบ มีลำดับขั้นดังนี้

1. นำอะลูมิเนียมท่อกลม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร ยาว 34 เซนติเมตร มาเชื่อมต่อเข้ากับหน้าแปลนแท่นกลม
2. นำหน้าแปลนแผ่นกลมส่วนที่เหลือมาเชื่อมเข้ากับท่ออะลูมิเนียมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.8 เซนติเมตร ยาว 3.5 เซนติเมตร โดยให้จุดศูนย์กลางของทั้ง 2 ชิ้นตรงกันแล้วทำการเชื่อม
3. นำแกนสเตนเลสนำมาใส่เข้ารูของท่ออะลูมิเนียมในข้อที่ 2 แล้วทำการขันน็อตยึดระหว่างชิ้นงานทั้ง 2
4. นำจุกยางมาสวมที่รูของแฮนด์
5. นำแผ่นสเตนเลสที่ทำไว้สวมเข้าไปในสเตนเลสของชิ้นส่วนที่ได้จากข้อ 4 ห่างจากปลายท่ออะลูมิเนียมประมาณ 4 เซนติเมตร แล้วทำการเชื่อมสแตนเลสเข้าด้วยกัน โดยให้สมมาตรในแนวดิ่ง
6. นำท่ออะลูมิเนียมที่ยาว 25 เซนติเมตร มาเชื่อมต่อกันกับอะลูมิเนียมฉากโดยทำท่ออะลูมิเนียมดังกล่าวสวมเข้าไปรูที่มีขนาดเท่ากันที่อะลูมิเนียมฉากแล้วจึงทำการเชื่อม
7. นำชิ้นส่วนในข้อ 6 และอลูมิเนียม 2 ชิ้น ที่ยาวชิ้นละ 2 เซนติเมตร สวมเข้าไปในท่อสแตนเลสโดยให้ ชิ้นส่วนในข้อที่ 6 อยู่ระหว่างอะลูมิเนียม 2 ชิ้นดังกล่าว แล้วจึงทำการยึดน็อตที่อะลูมิเนียมทั้ง 2 โดยต้องจัดระยะให้เหมาะสมด้วยและต้องสมมาตรแนวแกน

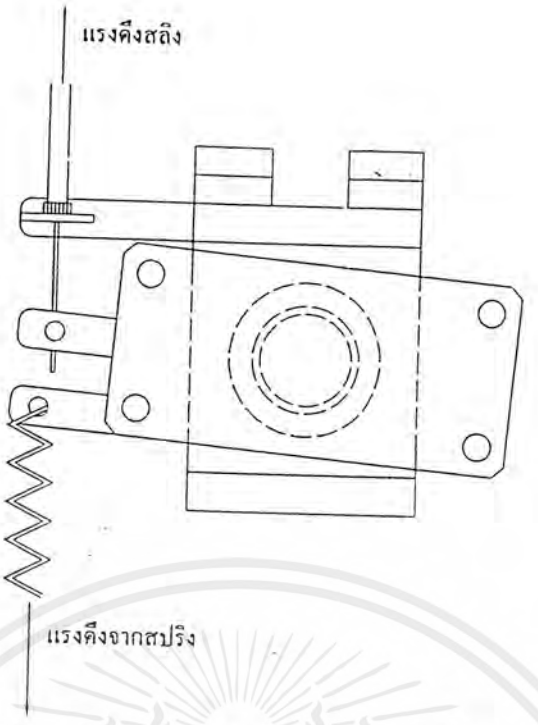
3.4.5 การสร้างชิ้นส่วน และการประกอบชุดดึงเครื่องให้กรวยออกจากล้อ

3.4.5.1 การสร้างชิ้นส่วน มีชิ้นส่วนดังนี้



รูปที่ 3.13 ชุดดึงเครื่องช่วงขณะขับล้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 ชุดดึงเครื่องช่วงถอนกำลัง

1. เหล็กแผ่นตัดขนาน 10 x 1.5 เซนติเมตร แล้วนำไปเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร 2 ชิ้น
2. สายเบรคทั้งสายสลิงและสายเปลือกนอก
3. หัวยึดสลิง
4. ชุดเหยียบที่ขา (มีลักษณะคล้ายเบรครถ)

3.4.5.2 การประกอบ มีลำดับขั้นตอนดังนี้

1. นำเหล็กแผ่นที่เตรียมไว้เชื่อมติดกับแท่นยึดฐานเครื่อง ตรงตำแหน่งที่เหมาะสม
2. นำเหล็กแผ่นอีกชิ้นหนึ่งเชื่อมติดกับชุดสวมแท่นยึดฐานเครื่อง โดยวางตำแหน่งให้เหมาะสมและให้ตำแหน่งในแนวราบของทั้ง 2 ชิ้นตรงกัน
3. ร้อยสายสลิงและปลอกนอกในลักษณะคล้ายเบรคจักรยานและยึดสลิงโดยการขันหัวยึดสลิงให้แน่น
4. จากข้อ 3 ต่อหัวของสายสลิงและปลอกนอกจะยึดอยู่ที่ชุดเหยียบที่ขาที่บริเวณหน้ารถ เมื่อทำการเหยียบก็สามารถดึงเครื่องให้กรวยอัตราทดออกจากล้อได้

3.4.6 การสร้างชิ้นส่วนและการประกอบชุดดึงเครื่องยนต์ให้กรวยอัตราทดเข้าหาล้อตลอดเวลา

เนื่องจากกรวยอัตราทดที่ใช้ในโปรเจ็คนี้จะต้องแนบกับล้อรถตลอดเวลา เพื่อส่งก้านกำลังเพื่อทำให้รถวิ่งได้ จึงต้องทำชุดดึงเครื่องยนต์ให้กรวยเข้าหาล้อตลอดเวลาขึ้น โดยมีวิธีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.6.1 การสร้างชิ้นส่วน มีชิ้นส่วนดังนี้

1. สปริง ค่า k มากพอที่จะดึงกรวยอัตราทดให้แนบกับล้อตลอดเวลา โดยกะระยะความยาวให้เหมาะสม
2. เหล็กแผ่นตัดขนาด 10 x 1.5 เซนติเมตร แล้วเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร

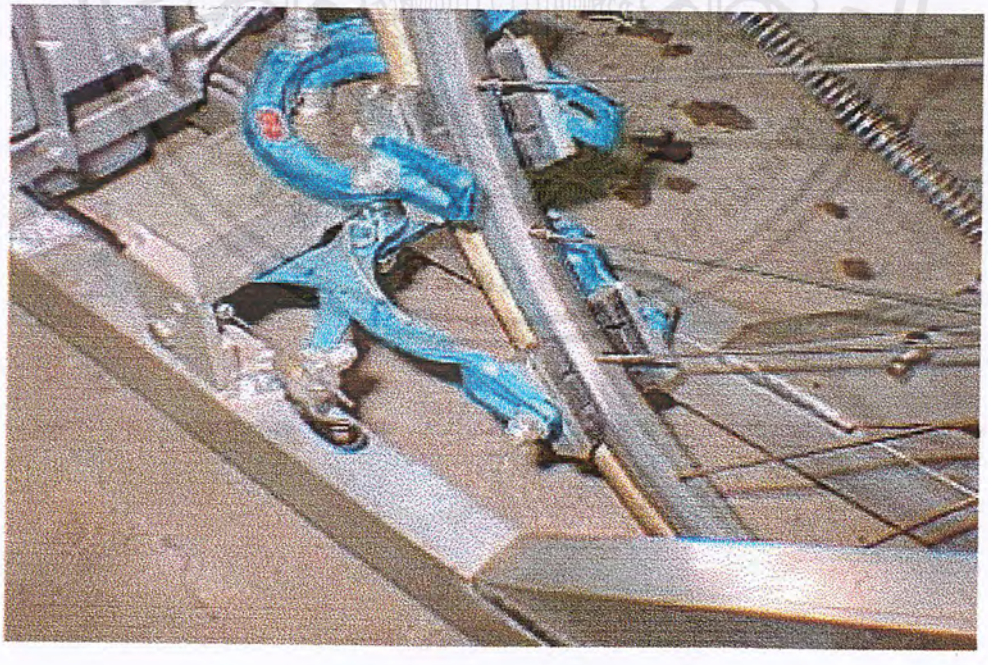
3.4.6.2 การประกอบ

1. นำแผ่นเหล็กที่เตรียมไว้เพื่อเชื่อมติดกับเครื่องยนต์ตรงตำแหน่งที่เหมาะสม
2. ทำการเจาะรูที่คานหลักของโครงรถที่บริเวณล้อหลังที่ด้านเดียวกับที่ติดตั้งเครื่อง
3. ใช้น๊อตยึดสปริงให้แน่นกับตำแหน่งในข้อ 2
4. ดึงสปริงไปคล้องกับรูที่เจาะไว้ที่แกนเหล็กที่เชื่อมติดกับเครื่องยนต์

จะเห็นว่าการติดตั้งดังกล่าว จำทำให้กรวยอัตราทดจะสัมผัสแนบกับล้อหลังตลอดเวลา ทำให้สามารถส่งกำลังได้อย่างต่อเนื่อง

3.4.7 การสร้างชิ้นส่วนและการประกอบชุดเบรค

สำหรับชุดเบรคเราได้ใช้ชุดเบรคก้ามปู ซึ่งจะต้องจัดทำแท่นรองรับเบรคขึ้นโดยกติกาหรือข้อกำหนดของการแข่งขัน Econo Power Car ของ Honda กำหนดว่าต้องใช้ชุดเบรค 2 ชุด ซึ่งจะมีส่วนประกอบดังนี้



รูปที่ 3.15 ชุดเบรคก้ามปู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.7.1 การสร้างชิ้นส่วน มีชิ้นส่วนหลักๆ ดังนี้

1. ชุดเบรคก้ามปู 2 ชุด ประกอบด้วย

-เบรคก้ามปู 2 ชุด

- ชุดก้านเบรคที่มือ 2 ชุด

- สายเบรคและสายสลิง 2 ชุด

2. ตัดอะลูมิเนียมแท่งรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 1.5 x 1 นิ้ว 1 ชิ้น ยาว 16 เซนติเมตร เจาะรูขนาดเท่ากับแกนของเบรคทั้ง 2 ด้านของแท่งอะลูมิเนียมกลวง
3. ตัดอะลูมิเนียมฉาก 3 ชิ้น ดังนี้

- ขนาดประกอบฉากยาว 10 เซนติเมตร ตัดยาว 1.5 นิ้ว 2 ชิ้น
- แผ่นอะลูมิเนียม 2 แผ่นขนาด 1.5 x 1.5 นิ้ว 2 ชิ้น

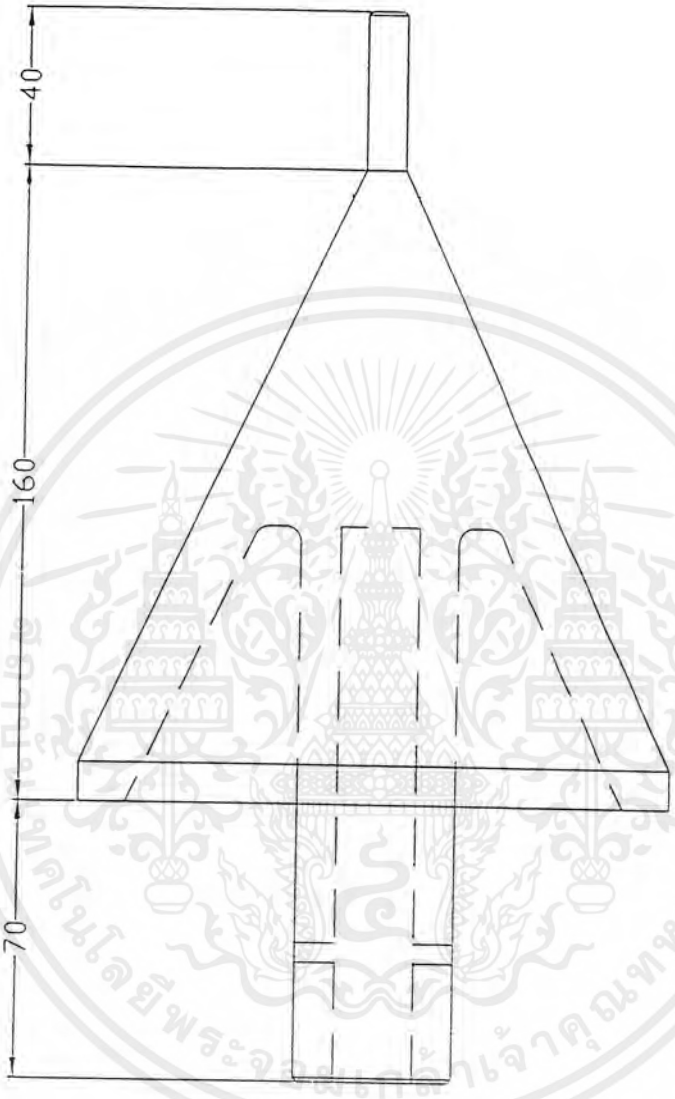
3.4.7.2 การประกอบ

1. เชื่อมแผ่นอะลูมิเนียม ทั้ง 2 แผ่นที่มีขนาด 1.5 x 1.5 นิ้ว เข้ากับคานหลังของโครงรถทั้งด้านใน ในตำแหน่งที่เบรคสามารถเบรคล้อหลังได้
2. นำอะลูมิเนียมฉากอีก 2 ชิ้นที่เหลือมาเชื่อมเข้าที่ปลายของอะลูมิเนียมกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 1.5 x 1 นิ้ว
3. นำชิ้นส่วนที่ได้จากข้อ 2 มายึดติดกับชิ้นส่วนในข้อที่ 1 โดยการเจาะรูและยึดน็อตทั้ง 2 ข้างให้แน่น จะได้ แท่นรับเบรคมีลักษณะเป็นรูปตัว ยู คว่ำค่อนอยู่ระหว่างคานหลักของโครงรถ ในตำแหน่งที่เบรคสามารถเบรคล้อหลังได้
4. นำเบรคทั้ง 2 ชุดติดตั้งบนแท่นรับเบรคในข้อ 3
5. ยึดชุดก้านเบรคที่มือทั้ง 2 ชุด ไว้ที่แฮนด์คันบังคับในตำแหน่งที่เหมาะสม
6. ร้อยสายเบรคและสลิงจากชุดก้านเบรคที่มือทั้ง 2 ชุด ไปยังชุดเบรคก้ามปู
7. ลองตรวจสอบโดยการบีบชุดก้านเบรคที่มือดูว่า ชุดเบรคก้ามปูบีบตัวได้ตึงหรือหย่อนมากน้อยเพียงใด และตั้งช่วงเบรคให้เหมาะสม

3.4.8 การสร้างชิ้นส่วนและการประกอบกรวยเพิ่ม-ลดอัตราทด

กรวยเพิ่ม-ลด อัตราทดนั้นมีส่วนสำคัญมากในการทำโปรเจ็ค Econo Power Car เป็นอย่างมาก ซึ่งในการที่จะได้กรวยอัตราทดดังกล่าวมานั้นจะต้องผ่านการทดลองจึงต้องมีการทำชิ้นมาหลายอันเพื่อให้ได้ขนาดความยาว เส้นผ่านศูนย์กลางที่เหมาะสมในการส่งถ่ายกำลังให้ได้ประสิทธิภาพมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



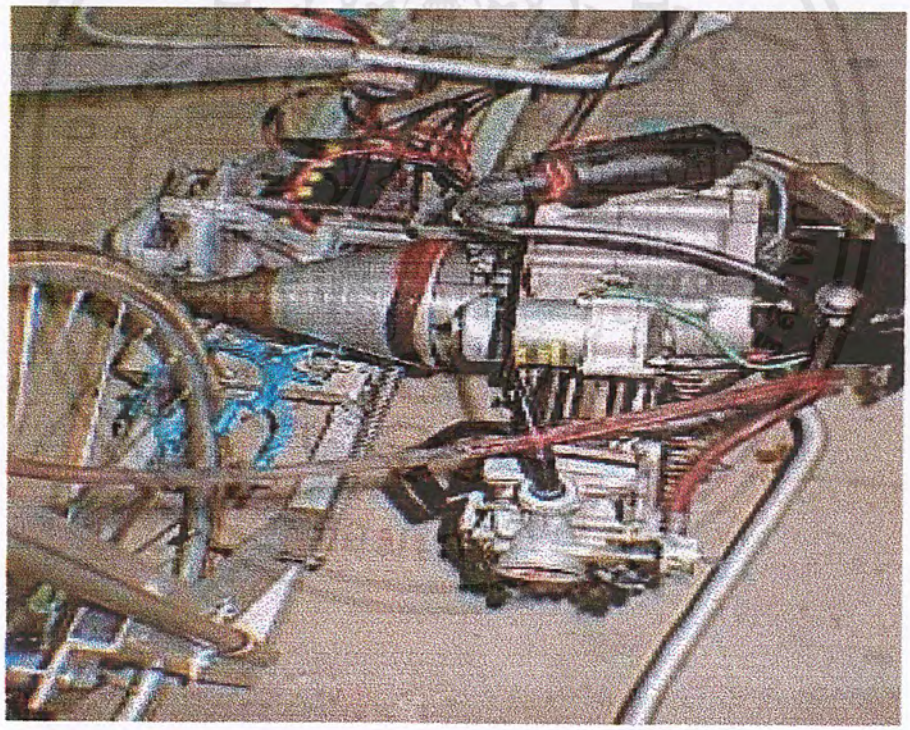
รูปที่ 3.16 Drawing กรวยส่งกำลัง

3.4.8.1 การสร้างชิ้นส่วนและการประกอบ

1. นำเหล็กกลมตันตัดมายาวพอสมควร
2. นำมากลึงเรียวจนได้ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางจาก 1 เซนติเมตร ไปยัง 6 เซนติเมตร
3. นำอะลูมิเนียมกลมตันมาตัดยาวพอประมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

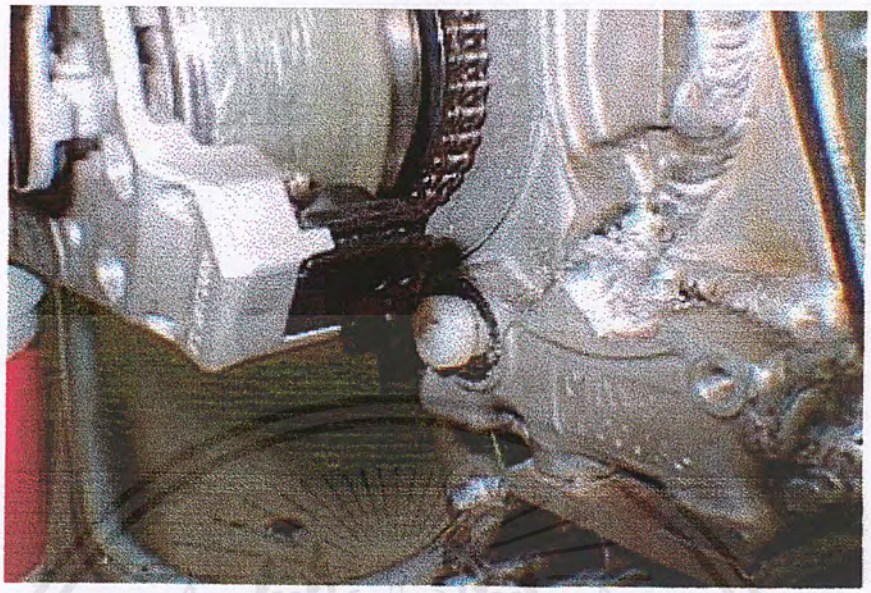
4. ทำากรกลึงเรียวอะลูมิเนียมเพลากลมตันดังกล่าวให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางตั่งแต่ 1 เซนติเมตร ไปยัง 15 เซนติเมตร
5. กลึงด้ามหรือแกนที่จะใช้สวมทับกับเพลาข้อเหวี่ยงและกลึงลึกเข้าไปในเนื้ออะลูมิเนียมบางส่วนเพื่อลดน้ำหนัก
6. ตัดส่วนปลายตั้งแต่เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ไปยัง 6 เซนติเมตร ทิ้ง
7. เจาะรูที่ปลายแท่งอะลูมิเนียมเพื่อนำชิ้นส่วนในข้อ 2 สวมเข้าไปให้แน่น
8. ยึดโดยการใช้สลักตอกอัดระหว่างชิ้นส่วนทั้ง 2
9. เจาะรูที่ด้ามหรือแกนเพื่อใช้สวมกับเพลาข้อเหวี่ยงที่ยื่นออกมาจากเครื่อง
10. ทำตัวยึดด้ามกรวยกับเพลาข้อเหวี่ยงดังรูป
11. ขั้นตอนสุดท้ายคือการกลึงทำสายเส้นบนกรวยเพื่อเพิ่มสัมประสิทธิ์ความเสียดทานเมื่อนำกรวยไปสัมผัสกับล้อหลัง



รูปที่ 3.17 กรวยส่งกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.9 การสร้างชิ้นส่วน และการประกอบ ชุดไฟและชุดจุดระเบิด



รูปที่ 3.17 ชุดไฟจุดระเบิด

เนื่องจาก เราได้มีการดัดแปลงปรับเปลี่ยนชุดไฟและชุดจุดระเบิดขึ้นใหม่โดยการใช้ ซีดีไอ ไฟกระแสตรงแทนกระแสสลับ จึงได้มีการสร้างและปรับปรุงชิ้นส่วนบางส่วนใหม่

การลดน้ำหนัก

ส่วนใหญ่จะเป็นการตัดชิ้นส่วนออกเพื่อลดน้ำหนัก โดยได้มีการตัดฝาครอบจานไฟออกในบางส่วน และได้นำเอาทุกส่วนเหลือไว้แต่เพียงจานไปที่กับพัลเซอร์คอยล์เท่านั้น ทำให้ลดน้ำหนักได้พอสมควร ซึ่งในที่นี้เราได้ทำชุดพัลเซอร์คอยล์ ให้เคลื่อนตัวได้ตามแนวรัศมีของจานไฟทำให้สามารถปรับไฟแก่อ่อนได้

3.4.10 การสร้างชิ้นส่วน และการประกอบท่อไอเสีย

ในที่นี้เราไม่ใช้ท่อไอเสียที่มากับรถเพราะไม่เหมาะสมกับสภาพเครื่องยนต์ของเราและมีน้ำหนักมาก จึงทำท่อไอเสียขึ้นมาใหม่

3.4.10.1 การสร้างชิ้นส่วน มีชิ้นส่วนที่ต้องเตรียมดังนี้

1. ตัดอะลูมิเนียมท่อกลวงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1 เซนติเมตร ตัดมายาว 157 เซนติเมตร ตัดอะลูมิเนียมท่อกลวงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร ตัดมายาว 18 เซนติเมตร
2. ตัดแผ่นอะลูมิเนียมขนาด 7 x 5 เซนติเมตร จำนวน 1 แผ่น เจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6 มิลลิเมตร ให้ระยะห่างรูเท่ากับระยะห่างน็อตตัวผู้ที่ติดอยู่กับตัวเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรงตำแหน่งปากทางไอเสีย และเจาะรูตรงกลางแผ่นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร

3. ตัดอะลูมิเนียมท่อกลวง หนา 0.5 มิลลิเมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.5 เซนติเมตร ยาว 1 เซนติเมตร

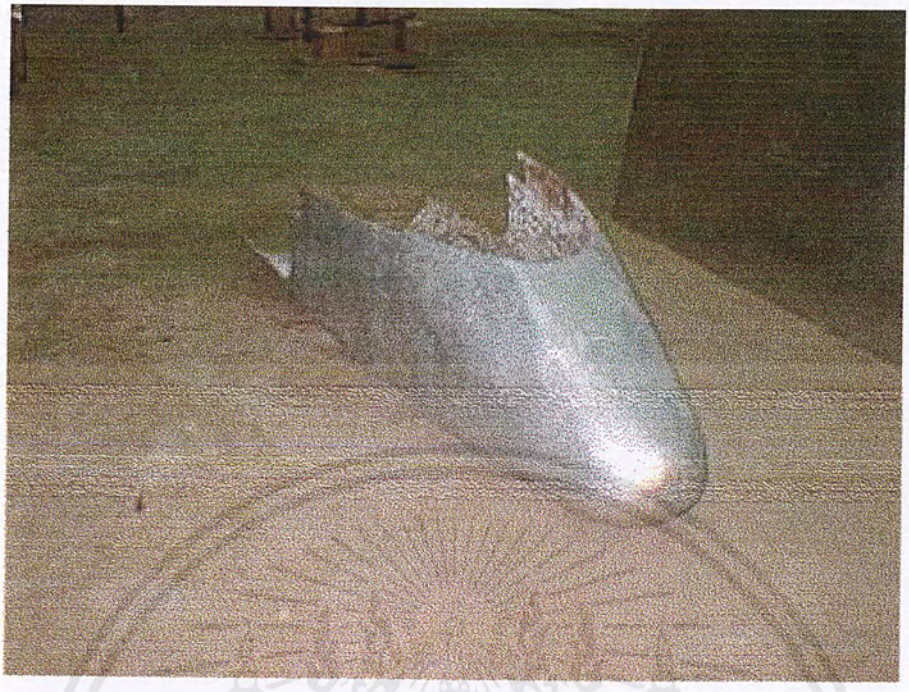
3.4.10.2 การประกอบ

1. นำท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1 เซนติเมตร มาดัดให้โค้งตามที่ต้องการดังรูป
2. นำท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.5 เซนติเมตร มาดัดให้ได้โค้งตามลำดับกับท่อในข้อ 1
3. นำท่อที่ได้ในข้อ 2 มาสวมกับแผ่นอะลูมิเนียมที่เตรียมไว้ในข้อ 1
4. นำท่ออลูมิเนียมที่ตัดไว้ ยาว 1 เซนติเมตร มาสวมที่ปลายของท่อไอเสียแล้วทำการเชื่อมปลายให้ติดกัน
5. ขันน็อตให้แน่นติดกับเครื่องยนต์

3.4.11การทำตัวถังต้นแบบและการสร้างตัวถังจริง

รูปที่ 3.18 (ก) ตัวถังรถประหยัดพลังงานเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 (ข) ตัวถังรถประหยัดพลังงานเชื้อเพลิง

เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการสร้างตัวถังต้นแบบ

1. โฟม หนา 7.5 เซนติเมตร
2. กาวลาเท็ก
3. มีด
4. กระดาษทรายน้ำเบอร์ 120,150,320,500 และผ้าทราย
6. กระดาษแข็งสีขาว
7. ไม้บรรทัด
8. ตลับเมตร
9. ปูนปลาสเตอร์
10. กระดาษกาว
11. เรซิ่นโป๊ว
12. ขันพลาสติก
13. ไม้กวน
14. หลอดหยอดยาหยอดตา
15. แปรงและลูกกลิ้ง
16. ผ้าขัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17. มีดและกรรไกร

16. เกียง

17.ฉากและดิ่ง

18. เครื่องขัด

19. เครื่องตัดไฟเบอร์

20. โพลีเอสเตอร์เรซิ่น (Polyester Resin)

21. โมโนสไตรีน (Monostyrene)

22. ตัวทำปฏิกิริยา หรือ ตัวทำให้แข็ง (Catalyst หรือ Hardener)

23. ใยแก้ว (Glass Fiber) เบอร์ 450

24. อาซีโทน

ในการสร้างตัวถังต้นแบบสามารถทำได้จากวัสดุหลายประเภท ได้แก่ ต้นแบบไม้ ต้นแบบโลหะ ต้นแบบปูนพลาสเตอร์ ต้นแบบปูนซีเมนต์ เป็นต้น โดยการสร้างต้นแบบของตัวถังรถครั้งนี้ได้เลือกใช้ต้นแบบที่ทำจากปูนพลาสเตอร์และต้นแบบที่ทำจากโฟมมาใช้ร่วมกันเนื่องจากคุณสมบัติที่เบาและตกแต่งได้ง่ายของโฟม และความสามารถในการทำให้เรียบเสมอกันได้ง่ายของปูนพลาสเตอร์ โดยเราเลือกที่จะใช้โฟมเป็นต้นแบบเริ่มต้น และเมื่อได้โฟมที่เป็นต้นแบบเริ่มต้นแล้ว เราก็จะทำการฉาบผิวภายนอกของตัวถังต้นแบบที่เป็นโฟมด้วยปูนพลาสเตอร์ เพื่อทำเป็นตัวถังปูนพลาสเตอร์อยู่ภายนอก ซึ่งเราก็จะได้ต้นแบบที่มีผิวเรียบและมีน้ำหนักเบา

การเริ่มทำต้นแบบเราจะเริ่มจากการวาดภาพของต้นแบบคร่าวๆ เสียก่อน โดยขนาดของรูปภาพต้นแบบอาจมีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้าง เมื่อได้ภาพต้นแบบคร่าวๆ แล้วเราก็จะเข้าสู่ขั้นตอนการกำหนดขนาดจริงของหุ่นต้นแบบ โดยองค์ประกอบหลักที่เราทำการพิจารณาเพื่อกำหนดขนาดของต้นแบบคือ กายวิภาคของผู้ขับ (ส่วนสูง,ความกว้างช่วงหัวไหล่,ความกว้างช่วงเอวและสะโพก, ความยาวของช่วงแขน,ความยาวของช่วงขา) ขนาดของโครงของตัวรถ (ระยะฐานล้อคู่หน้า,ระยะฐานล้อหน้าหลัง,พื้นที่ของที่นั่งคนขับ,ความกว้างและความยาวของตัวรถ,ตำแหน่งติดตั้งเครื่องยนต์และอุปกรณ์ต่อพ่วง,ระยะของล้อกับตัวโครงรถเมื่อทำการเลี้ยวที่มุมเลี้ยวแคบสุด,ตำแหน่งเครื่องยนต์ที่ระยะต่างๆ เมื่อมีการเคลื่อนที่ของเครื่องยนต์ขณะทำงาน) ซึ่งในการออกแบบรถในตอนต้นได้ทำการพิจารณาถึง กายวิภาคของผู้ขับ ขนาดของโครงรถ และรูปแบบของตัวถังไปพร้อมๆ กัน เมื่อได้ขนาดของตัวถังเป็นที่แน่นอนแล้วเราก็จะนำไปทำการวาดบนกระดาษตารางตามอัตราส่วนจริง และจะเข้าสู่ขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ที่จะทำงาน โดยจะต้องเป็นพื้นที่ที่อากาศสามารถถ่ายเทได้ดี เพราะในบางขั้นตอนของการสร้างจะมีการนำเอาสารเคมีมาใช้ซึ่งทำอาจให้เป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจได้ ต่อจากนั้นเราก็จำทำการนำกระดาษแข็งมาตีตาราง โดยระยะห่างของแต่ละเส้นเท่ากับ 5 เซนติเมตร เพื่อจะนำไปเป็นพื้นที่ทำงานและเป็นตำแหน่งอ้างอิงของขนาดที่ตำแหน่งต่างๆ ของต้นแบบตัวถังที่จะสร้างขึ้นมา ต่อจากนั้นเราจะทำการวาดภาพตัวถังรถที่เล็กกว่าขนาดจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณ 5 มิลลิเมตรลงบนกระดาษตารางนั้น โดยจะทำการวาดภาพที่มองทางด้านข้างและมองจากด้านบนของตัวรถ จากนั้นนำเอาโฟมที่เตรียมไว้มาทำการตัดออกเป็นส่วนๆ โดยที่ขนาดของโฟมแต่ละส่วนจะมีขนาดใหญ่กว่าขนาดหน้าตัดจริงที่ตำแหน่งต่างๆ ของที่เราได้ทำการออกแบบไว้ เพื่อให้สามารถทำการตัดตกแต่งได้ และไม่ทำให้เกิดการความเสียหายจากการตัดเล็กกว่าขนาดที่ต้องการ โดยจะทำการเริ่มตัดที่ตำแหน่งหน้าสุดของตัวรถและสิ้นสุดที่ด้านหลังรถ ภายหลังการตัดแต่ละหน้าตัดจะทำการเขียนหมายเลขกำกับเอาไว้ที่ตัวโฟมและทำการเขียนหมายเลขกำกับที่รูปตัวถังขนาดเท่าตัวจริงด้วยเช่นกัน เมื่อเราได้โฟมที่ตัดเป็นหน้าตัดต่างๆ แล้ว ก็จะเข้าสู่ขั้นตอนการนำเอาโฟมที่หน้าตัดต่างๆ มาประกอบเข้าด้วยกันตามตำแหน่งและลำดับที่เราได้วัดและทำการตัด โดยการประกอบเข้าด้วยกันจะใช้กาวลาเท็ก รอจนกว่ากาวจะแห้งซึ่งใช้เวลาประมาณครึ่งวัน เมื่อกาวแห้งเราก็จะได้ก้อนโฟมที่จะนำมาทำเป็นต้นแบบ ต่อจากนั้นก็จะนำเอาก้อนโฟมมาทำการขีดเส้นแบ่งครึ่งตามแนวยาวเพื่อทำเป็นเส้นอ้างอิงในการกำหนดขนาด นำเอาโฟมที่ได้ไปทำการติดตั้งบนกระดาษแข็งที่ได้ทำการตีตารางและวาดภาพของตัวถังรถที่มองจากด้านบนที่มีขนาดเท่ากับตัวจริง โดยให้เส้นอ้างอิงบนโฟมอยู่บนเส้นกึ่งกลางของกระดาษ เมื่อทำการติดตั้งเป็นที่เรียบร้อยแล้วก็จะเข้าสู่ขั้นตอนการตัดตกแต่งโฟมให้มีขนาดตามที่เราได้ทำการออกแบบไว้ ซึ่งในขั้นตอนนี้เราต้องใช้ความใจเย็นและต้องการทำการวัดขนาดของโฟมว่าได้ขนาดตามต้องการหรือไม่อยู่ตลอดเวลา เพื่อป้องกันความผิดพลาดของขนาดของตัวถัง โดยการทำการวัดขนาดเราจะเหล็กฉากและดิ่งเพื่อช่วยในการตรวจสอบขนาดที่ตำแหน่งต่างๆ ภายหลังจากการตัดต้นแบบโฟมจนได้ขนาดใกล้เคียงกับตัวจริงเรียบร้อยแล้ว จะสังเกตได้ว่ามีความขรุขระไม่เรียบของต้นแบบโฟมอยู่มากมาย ในขั้นตอนต่อไปเราจะทำการฉาบผิวของต้นแบบโฟมด้วนปูนปลาสเตอร์เพื่อทำการแก้ไขข้อด้อยของต้นแบบโฟมที่พื้นผิวค่อนข้างขรุขระ ซึ่งการแก้ไขไม่สามารถทำได้โดยการใช้สีโป๊วเพราะสีโป๊วจะทำให้โฟมนั้นละลาย และก็ไม่สามารถใช้เรซิ่นโป๊วได้โดยตรงเพราะในตัวเรซิ่นเองก็จะทำให้โฟมนั้นละลายได้เช่นกัน การทำการฉาบผิวนอกของตัวต้นแบบโฟมด้วยปูนพลาสเตอร์ต้องทำการฉาบให้คลอบคลุมผิวโฟมทั้งหมด ไม่ให้ต้นแบบโฟมต้องสัมผัสกับโพลีเอสเตอร์เรซิ่นโดยตรง การฉาบปูนจะฉาบหนาเพียง 5 มิลลิเมตรเป็นอย่างมากตลอดทั้งพื้นผิวของต้นแบบโฟม จากนั้นทิ้งไว้จนกระทั่งปูนพลาสเตอร์แห้ง เมื่อปูนพลาสเตอร์แห้งเราก็จะทำการตกแต่งอีกครั้งให้มีขนาดเท่ากับขนาดจริงซึ่งจะมีขนาดใหญ่กว่ารูปตัวถังที่วาดลงบนกระดาษตารางประมาณ 5 มิลลิเมตรทุกตำแหน่ง เพราะเราได้ลดขนาดของแบบลง 5 มิลลิเมตรจากขนาดจริงในขั้นตอนทำต้นแบบโฟมก็เพื่อชดเชยความหนาของปูนพลาสเตอร์ที่จะหนาเพิ่มขึ้นประมาณ 5 มิลลิเมตรทุกตำแหน่ง ภายหลังการตกแต่งให้มีขนาดใกล้เคียงกับขนาดจริงแล้ว เราก็จะทำการขัดตกแต่งต้นแบบปูนพลาสเตอร์ด้วยกระดาษทรายที่เตรียมไว้จนกว่าผิวของปูนปลาสเตอร์จะเรียบ ซึ่งในระหว่างการขัดตกแต่งเราก็จะทำการตรวจวัดขนาดอยู่ตลอดเวลา เพื่อให้ได้ต้นแบบที่สมบูรณ์ที่สุด เมื่อเราได้ต้นแบบที่ทำจากปูนปลาสเตอร์และโฟมที่มีขนาดถูกต้องเรียบร้อยแล้ว เราจะนำเอากระดาษกาวมาทำการติดให้รอบตัวถังต้นแบบทีเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปูนพลาสเตอร์ประมาณ 1 ชั้นเพื่อช่วยในการถอดแบบภายหลังจากที่ทำการหล่อไฟเบอร์ไปเป็นที่เรียบร้อยแล้ว สาเหตุที่ต้องทำการติดกระดาษกาวก่อนก็เพื่อป้องกันปูนปลาสเตอร์ที่ทำเป็นต้นแบบจะติดกับตัวไฟเบอร์ที่เราจะทำการหล่อ เพราะในขณะที่ทำการหล่อน้ำยาเรซิ่นจะซึมลงไปในเนื้อปูนพลาสเตอร์และจะจับกับปูนพลาสเตอร์จนเป็นก้อนแข็งทำให้การถอดแบบเป็นไปได้ยากและจะทำให้เสียเวลาในการขัดเอาปูนพลาสเตอร์ออกจากไฟเบอร์ที่ทำการหล่อเรียบร้อยแล้ว ในการหล่อตัวถังไฟเบอร์จากต้นแบบปูนพลาสเตอร์ของปริญญานิพนธ์นี้จะไม่ทำการหล่อแม่แบบของชิ้นงานขึ้นมาก่อน แต่จะทำการหล่อตัวถังไฟเบอร์จริงขึ้นมาจากต้นแบบปูนพลาสเตอร์โดยตรง ก่อนที่จะทำการหล่อตัวถังเราต้องทราบปริมาณของใยแก้วเสียก่อนโดยใช้สูตรดังนี้

น้ำหนักของใยแก้วต่อ 1 ตารางเมตร = (น้ำหนักของใยแก้วพื้นที่ 1ตารางเมตร) x (จำนวนชั้นของใยแก้ว)

เนื่องจากรถประหยัดเชื้อเพลิงขนาดเล็กต้องการให้มีน้ำหนักเบาที่สุด แต่ก็มีความแข็งแรงเพียงพอที่จะนำมาใช้งาน เราจึงเลือกความหนาของไฟเบอร์ประมาณ 3 มิลลิเมตร ซึ่งเมื่อใช้ใยแก้วเบอร์ 450 จะเท่ากับใช้ใยแก้วจำนวน 3 ชั้น และจากคุณสมบัติของใยแก้วเบอร์ 450 จะได้ได้ว่าใยแก้วพื้นที่ 1 ตาราเมตรจะมีน้ำหนัก 450 กรัม ดังนั้นจากสูตรข้างต้นจะได้ว่า

น้ำหนักของใยแก้ว = 450 x 3

= 1350 กรัม ต่อ 1 ตารางเมตร

ภายหลังจากที่เราทำการหาปริมาณของใยแก้วเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปก็จะทำการหาปริมาณของโพลีเอสเตอร์เรซิ่นที่เราจะต้องใช้ ซึ่งจะมีสูตรดังนี้คือ

ปริมาณโพลีเอสเตอร์เรซิ่นโดยกรรมวิธีการผลิตแบบใช้มือทา = 2.5 x น้ำหนักของใยแก้ว

ดังนั้นในการสร้างตัวถังของเราจะใช้ปริมาณของโพลีเอสเตอร์เรซิ่นต่อตารางเมตรเท่ากับ

ปริมาณโพลีเอสเตอร์เรซิ่น = 2.5 x น้ำหนักของใยแก้ว

= 2.5 x 1350

= 3375 กรัม ต่อ ตารางเมตร

สำหรับตัวเร่งปฏิกิริยาที่ต้องใช้ สามารถหาได้จากสูตรดังต่อไปนี้

น้ำหนักของตัวเร่งปฏิกิริยา = 0.01xน้ำหนักของโพลีเอสเตอร์เรซิ่น

ดังนั้นเราจะได้ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยา ดังนี้

น้ำหนักของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ = 0.01 x 3375

= 33.75 กรัม

เมื่อเราทราบปริมาณของโพลีเอสเตอร์เรซิ่น ใยแก้ว และตัวเร่งปฏิกิริยาแล้ว ต่อไปเราก็จะทำการหล่อตัวถังไฟเบอร์ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. จัดเตรียมใยแก้ว โพลีเอสเตอร์เรซิ่น ตัวเร่งปฏิกิริยา ตัวทำให้แข็งหรือตัวทำปฏิกิริยา และอุปกรณ์อื่นๆ ให้พร้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ต่อไปให้ทำการผสมโพลีเอสเตอร์เรซิ่นกับตัวเร่งปฏิกิริยา 1 % กวนให้เข้ากัน ผสมโมโนสไตรีน 10 – 15 % และเติมตัวทำให้แข็งหรือตัวทำปฏิกิริยา0.5 – 1 % ลงไป โดยเราสามารถทำการผสมตัวเร่งปฏิกิริยาในโพลีเอสเตอร์เรซิ่นไว้ล่วงหน้าได้เลย และเราจะทำการใส่ตัวทำให้แข็งก็ต่อเมื่อต้องการจะใช้เท่านั้น (ซึ่งปัจจุบันโพลีเอสเตอร์เรซิ่นส่วนมากจะผสมตัวเร่งปฏิกิริยาไว้ให้แล้วเมื่อใช้เราสามารถใช้ได้เลยโดยไม่ต้องเติมตัวเร่งปฏิกิริยาลงไปอีก) สำหรับโพลีเอสเตอร์เรซิ่นเราจะทำการผลมในถังพลาสติกขนาดเล็กที่เตรียมไว้ โดยจะผสมครั้งละประมาณ 0.5 – 1.0 กิโลกรัม ซึ่งเราไม่ควรทำการผสมมากไปกว่านี้
3. ตัดใยแก้วด้วยมีดหรือกรรไกร หรือจะใช้มือฉีกโดยตรงก็ได้แต่ควรจะทำการสวมถุงมือเพราะใยแก้วเมื่อโดนผิวหนังจะทำให้เกิดอาการระคายเคืองและเกิดอาการคันเป็นอย่างมาก ซึ่งการจัดเตรียมใยแก้วเราจะกระทำก่อนการเริ่มลงมือปฏิบัติงาน เพราะขณะทำงานจะไม่มีเวลาที่จะไปตัดหรือฉีกใยแก้วได้ทัน และในขณะที่ทำการหล่อเราจะสวมผ้ากรองปิดจมูกเพื่อป้องกันการสูดเอาเศษใยแก้วเข้าไปซึ่งจะมีอันตรายในระยะยาว ในการวางใยแก้วลงบนต้นแบบเราจะวางในตามแนวขอบหรือส่วนที่ทำได้ยากก่อน
4. จากนั้นวางใยในส่วนอื่นๆ จนเต็ม โดยจะจัดวางแผ่นใยแก้วให้ขอบซ้อนทับกันประมาณ 1 นิ้ว ในบางครั้งเราหากเรากลัวว่าตามแนวรอยต่อจะมีความหนาน้อยเกินไปเราจะทำการฉีกใยแก้วเป็นแถบกว้างประมาณ 2 นิ้ว แล้ววางทับลงไปอีกชั้นหนึ่ง
5. ใช้ลูกกลิ้งหรือแปลงจุ่มลงในโพลีเอสเตอร์เรซิ่นที่ผสมเสร็จเรียบร้อยแล้วทาลงบนผิวหน้าของตัวถังต้นแบบ โดยการเปิดแผ่นใยแก้วออกเป็นตอนจนทั่ว และกลิ้งทาทับบนแผ่นใยแก้ว จนใยแก้วซึ่งมีสีขาวกลายเป็นเส้นใส สิ่งสำคัญก็คือเราจะไม่ทาโพลีเอสเตอร์เรซิ่นจนชุ่มจนเกินไป เพราะโพลีเอสเตอร์เรซิ่นจะไหลลงพื้นทำให้เราทำงานไม่สะดวก ขณะทาต้องทำการกดแปรงหรือลูกกลิ้งเพื่อทำการไล่อากาศไปด้วย ถ้าฟองอากาศทำการไล่ออกได้ยากแสดงว่าเราทำการผสมโพลีเอสเตอร์เรซิ่นข้นเกินไป สามารถทำการแก้ไขได้โดยทำการผสมโมโนสไตรีนลงไปผสมอีก แต่ก็จะไม่เกิน 15 %
6. เมื่อทำการทาชั้นแรกเสร็จก็จะทำการปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 30 – 60 นาที เมื่อชิ้นงานแห้งแล้วก็จะทำการตรวจสอบความเรียบของชิ้นงาน ว่ามีส่วนใดที่เกิดการนูนขึ้น หรือมีลักษณะเป็นตุ่มแข็ง ก็จะทำการขัดออกเพื่อให้พื้นผิวเรียบเสมอกัน เมื่อทำการตกแต่งจนผิวชั้นแรกเรียบแล้วก็จะทำการสร้างชั้นต่อไป โดยการวางแผ่นใยแก้วชั้นต่อไปทับลงไปบนชั้นแรก แล้วใช้แปรงหรือลูกกลิ้งจุ่มโพลีเอสเตอร์เรซิ่นมาทาทับอีกครั้งหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากเราไม่รอให้ชั้นแรกแห้งเสียก่อน เมื่อเราทาชั้นที่สองลงไปอาจทำให้ชั้นแรกเกิดการพองหรือย่นได้

7. เมื่อวางแผ่นใยแก้วชั้นที่สองลงไปแล้วต้องหมั่นใช้แปรงกดแต่งส่วนที่เป็นฟองอากาศหรือส่วนที่นูนขึ้นมาให้เรียบ
8. จากนั้นเราก็จะทิ้งไว้ประมาณ 15 – 30 นาที (จะนานกว่านี้ก็ได้ตามความสมควร) จนโพลีเอสเตอร์เรซิ่นเริ่มแข็งตัว ซึ่งจะมีลักษณะนิ่มและไม่เหนียว ซึ่งสามารถทำการตัดตกแต่งได้โดยใช้มีดคมตัดเฉือนได้
9. ภายหลังจากการตกแต่งในขณะที่โพลีเอสเตอร์ยังไม่แข็งมากนักเรียบร้อยแล้ว จะปล่อยให้ชิ้นงานแข็งตัวประมาณ 30 – 60 นาที หลังจากนั้นเราก็จะเริ่มทำการหล่อตัวถังในชั้นที่สาม ซึ่งมีลักษณะและขั้นตอนเหมือนดังการทำชั้นที่สอง
10. เมื่อทำการหล่อชั้นที่สามเรียบร้อยแล้ว จะปล่อยให้แข็งตัวอย่างเต็มที่ประมาณ 3 – 4 ชั่วโมง หรือนานกว่านี้ก็ได้ เมื่อตัวถังแข็งตัวดีแล้วจึงใช้ผ้าทรายทำการลูบผิวหรือเส้นใยแก้วที่นูนออกมาให้ราบเรียบเพื่อป้องกันใยแก้วส่วนที่นูนออกมาทิ่มตำมือได้
11. เช็ดและล้างแปรงหรือลูกกลิ้งให้สะอาดหลังใช้งานทุกครั้งด้วยอาซีโทน

ภายหลังจากที่โพลีเอสเตอร์เรซิ่นแข็งตัวสมบูรณ์แล้วเราก็จะทำการตัดตัวถังไฟเบอร์ออกเป็นส่วนๆ ตามที่เราได้วางแผนการตัดเอาไว้คือ เราจะทำการตัดไฟเบอร์ออกเป็น 4 ชิ้น คือ ส่วนพื้นล่าง ส่วนท้าย ตัวถังส่วนบน และตัวถังส่วนที่จะทำการทำเป็นกระจกดังรูปในภาคผนวก

ในการตัดไฟเบอร์ต้องใช้เครื่องตัดไฟเบอร์เพื่อให้ได้รอยตัดที่คมและสมบูรณ์ เมื่อเราทำการตัดไฟเบอร์ออกเป็นส่วนๆ เรียบร้อยแล้ว เราก็จะทำการถอดต้นแบบตัวถังที่ทำจากโฟมและปูนปลาสเตอร์ออกจากตัวถังที่เป็นไฟเบอร์ ต่อจากนั้นเราก็จะทำการเสริมขอบของตัวถังไฟเบอร์ด้วยอลูมิเนียมเพื่อเสริมความแข็งแรง ของชิ้นส่วนไฟเบอร์แต่ละชิ้นเพราะมีโอกาสเกิดการแตกได้เนื่องจากบริเวณขอบจะแตกได้ง่าย เมื่อทำการเสริมแนวขอบของตัวถังไฟเบอร์เป็นที่เรียบร้อยแล้วก็จะทำการสร้างขอบขึ้นมาเพื่อช่วยในการประกบระหว่างชิ้นส่วนของตัวถังแต่ละชิ้น ซึ่งก็ทำในลักษณะเดียวกับการหล่อไฟเบอร์ทั่วไปเพียงแต่จะมีการเสริมเป็นขอบสันที่เหลื่อมกับผิวนอกของตัวถังเข้ามาภายในของตัวถัง เมื่อทำการเสริมขอบเพื่อรองรับการประกอบแต่ละชิ้นเข้าด้วยกันแล้วเราก็จะทำการสร้างส่วนที่เป็นกระจกของตัวถัง โดยเราจะใช้พลาสติกอะคลีลิคใสมาตัดและดัดเป็นผิวโค้งเข้ารูปในลักษณะเดียวกับส่วนของตัวถังไฟเบอร์ที่สร้างขึ้นแทนในส่วนของกระจก เมื่อเราทำการขึ้นรูปของพลาสติกอะคลีลิคใสเป็นกระจกเรียบร้อยแล้วเราก็จะทำการเสริมแนวขอบของพลาสสติกด้วยอะลูมิเนียมเพื่อเพิ่มความแข็งแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.12 การติดตั้งตัวถังไฟเบอร์เข้ากับตัวรถ

การติดตั้งตัวถังไฟเบอร์เข้ากับโครงรถสามารถทำได้โดยการนำเอาตัวถังไปประกอบเข้ากับตัวรถ หลังจากนั้นให้ทำการกำหนดตำแหน่งติดตั้งจุดยึดระหว่างตัวถังไฟเบอร์และโครงรถ เมื่อได้ตำแหน่งที่จะทำการติดตั้งจุดยึดเรียบร้อยแล้ว เราจะทำการสร้างชิ้นส่วนที่จะทำการยึดระหว่างตัวถังไฟเบอร์และโครงรถ ซึ่งเราเลือกใช้อะลูมิเนียมฉากขนาด 1 นิ้ว ยาว 1 นิ้ว เจาะรูที่ด้านหนึ่งขนาดเส้นผ่ายศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร เพื่อใช้ยึดเข้ากับตัวโครงรถ การยึดอะลูมิเนียมเข้าตัวถังไฟเบอร์สามารถกระทำได้โดยการนำเอาอะลูมิเนียมมาวางณ ตำแหน่งที่ต้องการจะสร้างจุดยึด หลังจากนั้นนำเอาโพลีเอสเตอร์เรซิ่นและใยแก้วมาสร้างชั้นไฟเบอร์เล็กๆ เหนืออะลูมิเนียมฉาก เราก็จะได้อะลูมิเนียมฉากที่เชื่อมติดกับตัวถังไฟเบอร์ เมื่อทำการสร้างจุดยึดที่ตัวถังไฟเบอร์เรียบร้อยแล้ว เราก็จะทำการสร้างจุดยึดที่โครงรถสามารถทำได้โดยการเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพื่อยึดน็อต เมื่อทำการสร้างตำแหน่งที่จะใช้ยึดระหว่างโครงรถและตัวถังอลูมิเนียมเป็นที่เรียบร้อยแล้วก็สามารถทำการประกอบเพื่อตรวจสอบความเรียบร้อยได้ทันที สำหรับการเจาะตัวถังไฟเบอร์เพื่อทำการยึดด้วยน็อตโดยตรงมีโอกาสที่จะทำให้ไฟเบอร์ได้รับความเสียหายหรือเกิดการแตกร้าวได้ง่าย จึงไม่เป็นที่นิยมในการทำตามวิธีดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

ในการสร้าง รถประหยัดเชื้อเพลิงขนาดเล็ก นี้ได้จัดทำการทดลองขึ้นทั้งหมด 4 การทำลอง หลัก ดังนี้

1. การทดลอง Cam Profile เพื่อหา Over Lap
2. การหาค่าความยาวของท่อไอเสียที่เหมาะสมที่สุด
3. การวัดหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแบบไม่มีภาระ
4. การวัดหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมีภาระ

4.1การทดลองเพื่อสร้าง Cam Profile เพื่อหา Over Lap

เป็นการทดสอบเพื่อหาทางลด Over Lap โดยลดระยะยกตัวของวาล์วไอดีและไอเสียที่ตำแหน่งที่เกิดการ Over Lap โดยผ่านทางการปรับแต่งเพลาลูกเบี้ยวให้มีองศาการเปิด-ปิด วาล์วไอดีและไอเสีย รวมถึงระยะยกตัวของวาล์วเปลี่ยนไป

เครื่องมือและวิธีการทดลอง

1 .เครื่องมือในการหา Cam Profile

1. จานแบ่งองศา
2. Dial gauge

2.วิธีการหา Cam Profile

1. นำ Cam shaft จับเข้ากับจานแบ่ง ตั้งตำแหน่งของ Dial gauge โดยเริ่มจากส่วนที่ต่ำสุดของ Cam Profile
2. หมุนจานแบ่งเพื่อทำการวัด Cam Profile โดยอ่านค่าจากระยะยุบตัวของ Dial gauge การหมุนจะหมุนครั้งละ 3 องศา โดยทำการหมุนและทำการวัดระยะจนกระทั่งครบ 360 องศา
3. ทำการวัดเหมือนกันทุกขั้นตอนทั้ง Cam ของไอดีและ Cam ของไอเสีย
4. นำค่าที่ได้มาทำการ Plot graph เพื่อดูช่วง Over Lap

3. วิธีการหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของ Cam shaft

- เครื่องมือวัดอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเชื้อเพลิงของ Cam shaft

1. เครื่องยนต์ 4 จังหวะ
2. Cam shaft ทั้งก่อนการปรับปรุงและภายหลังการปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เครื่องวัดความเร็วรอบ
4. นาฬิกาจับเวลา
5. หลอดตวงน้ำมัน

- วิธีการวัดอัตราสิ้นเปลืองพลังงานเชื้อเพลิง

1. ทำการติดตั้ง Cam shaft ที่จะทำการวัดอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเชื้อเพลิงลงในเครื่องยนต์ 4 จังหวะ
2. เทน้ำมันเข้าเครื่องยนต์ โดยผ่านสายยาง โดยทำเครื่องหมายลงบนสายยางโดยกำหนดช่วงของปริมาตรให้ได้ปริมาตรเท่ากับ 6 ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งสายยางที่ใช้จะถูกจัดตำแหน่งให้วางตัวในแนวดิ่ง
3. ทำการ Start เครื่องยนต์แล้วทำการปรับตั้งความเร็วรอบของเครื่องยนต์จากนมหนูน้ำมัน ซึ่งในที่นี้จะทำการทดลองที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบประมาณ 1000,1100,1200,1300,1400,1500,1600 รอบต่อนาทีซึ่งทำการอ่านค่าความเร็วรอบโดยใช้เครื่องวัดความเร็วรอบ
4. ใช้นาฬิกาจับเวลาทำการจับเวลาที่ถูกใช้ในการเผาผลาญน้ำมันเชื้อเพลิงปริมาตร 6 ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบต่างๆ ของเครื่องยนต์
5. แต่เนื่องจากในการทำการวัดอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเชื้อเพลิงนี้ความเร็วรอบของเครื่องยนต์นั้นไม่คงที่ดังนั้นระหว่างช่วงการวัดจะทำการบันทึกค่าความเร็วรอบต่างๆ ของเครื่องยนต์ไปตามเวลาแล้วนำค่าความเร็วรอบทุกค่ามาหาค่าเฉลี่ยอีกครั้งหนึ่ง
6. ทำการวัดอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของเชื้อเพลิงในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์โดยทำการวัดผล 5 ครั้งแล้วนำผลของค่าความเร็วรอบที่ได้มาเฉลี่ย
7. นำเวลาที่เครื่องยนต์ใช้ในการสันดาปเชื้อเพลิงปริมาตร 6 ซีซี ที่ทำการจับเวลาได้มาคำนวณหาอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเชื้อเพลิง(ซีซี/นาที) ที่ความเร็วรอบการทำงานต่างๆ ของเครื่องยนต์โดยใช้หลักการดังนี้

$$\text{อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเชื้อเพลิง} = \frac{\text{ปริมาตรน้ำมันเชื้อเพลิง}}{\text{เวลาที่ใช้เผาไหม้น้ำมัน}}$$

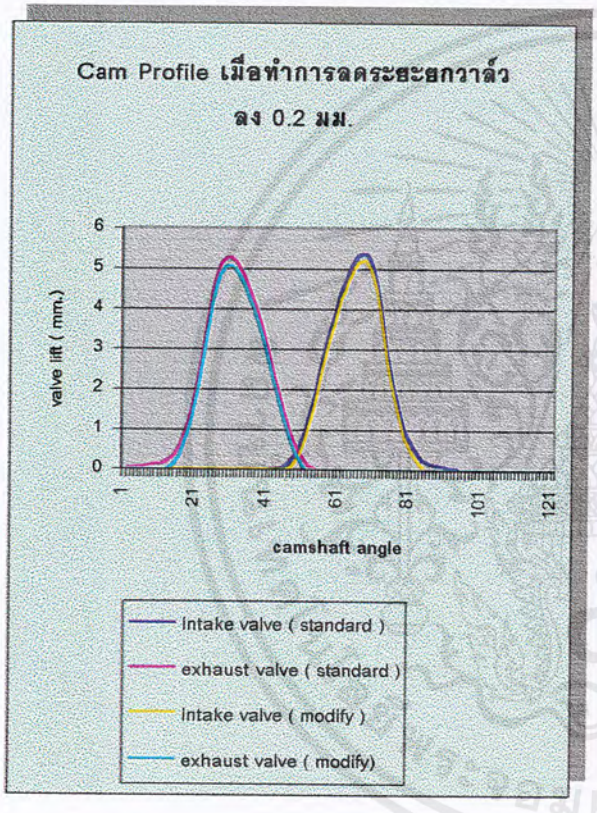
8. นำผลที่ได้มาเขียนกราฟที่ความเร็วรอบการทำงานต่างๆ ของเครื่องยนต์
9. หลังจากทำการปรับแต่ง cam shaft แล้วนำ cam shaft ที่ทำการปรับแต่งดังกล่าวมาทำการวัดอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเชื้อเพลิงตามขั้นตอนข้างต้นอีกครั้งหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

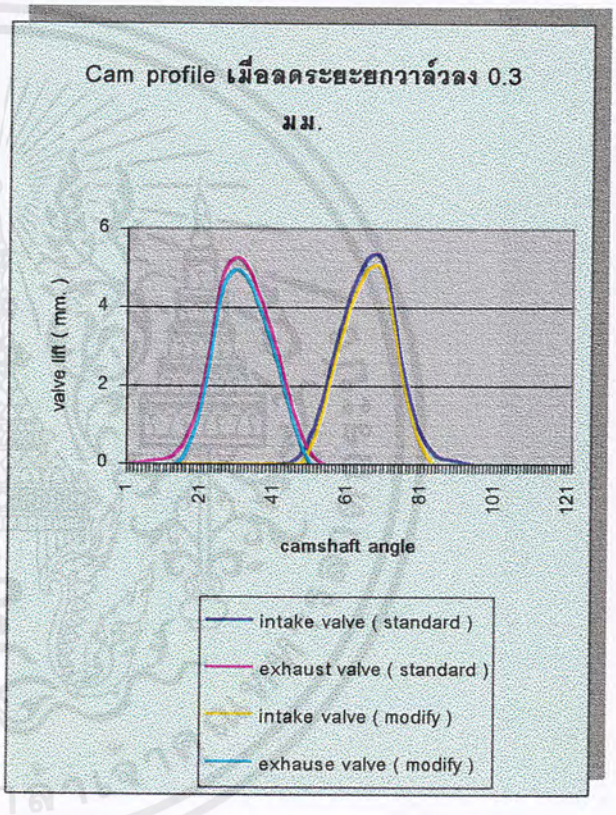
10. นำผลการวัดอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเชื้อเพลิงที่ได้จากการใช้ Cam shaft ก่อนการปรับแต่ง Cam shaft หลังทำการปรับแต่งมาทำการเปรียบเทียบกัน

ผลการทดลองการสร้าง Cam Profile เพื่อหา Over Lap ครั้งที่ 1

ผลการทดลองได้จัดทำขึ้นเป็นกราฟระหว่าง Cam shaft angle กับ Valve lift แล้วลดระยะวาล์วลงในขณะต่างๆ ได้ดังนี้

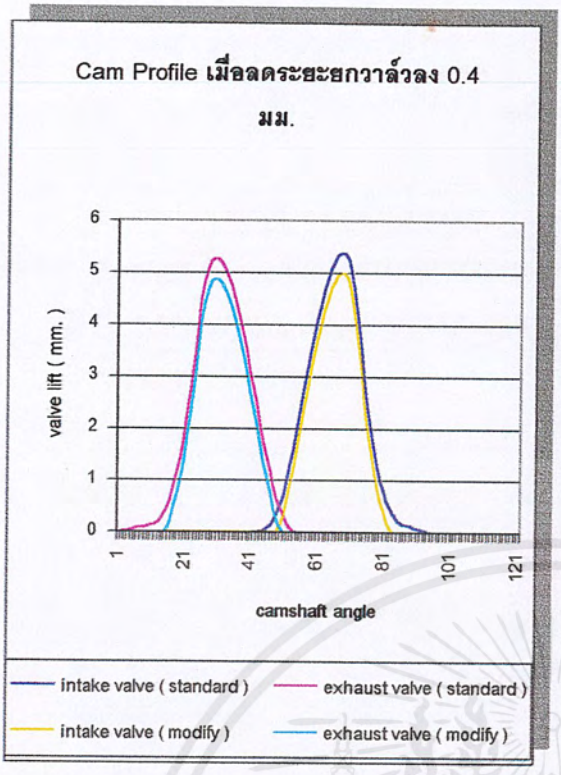


รูปที่ 4.1 Cam Profile เมื่อทำการลดระยะวาล์วลง 0.2 มม.

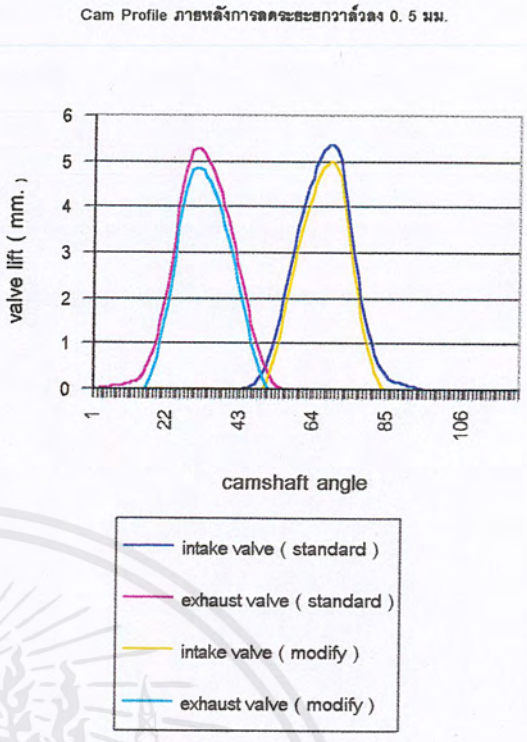


รูปที่ 4.2 Cam Profile เมื่อทำการลดระยะวาล์วลง 0.3 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



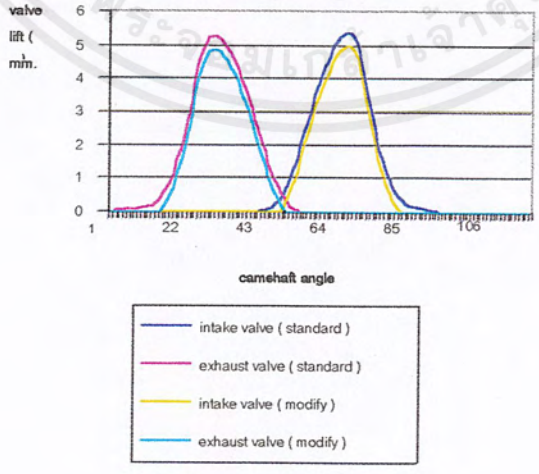
รูปที่ 4.3 Cam Profile เมื่อทำการลดระยะวาล์วลง 0.4 มม.



รูปที่ 4.4 Cam Profile เมื่อทำการลดระยะวาล์วลง 0.5 มม.

ผลการทดลองการสร้าง Cam Profile เพื่อหา Over Lap ครั้งที่ 2

ผลการทดลองได้จัดทำขึ้นเป็นกราฟระหว่าง Cam shaft angle กับ Valve lift แล้วลดระยะวาล์วลง 0.7 มม. ได้ผลดังนี้

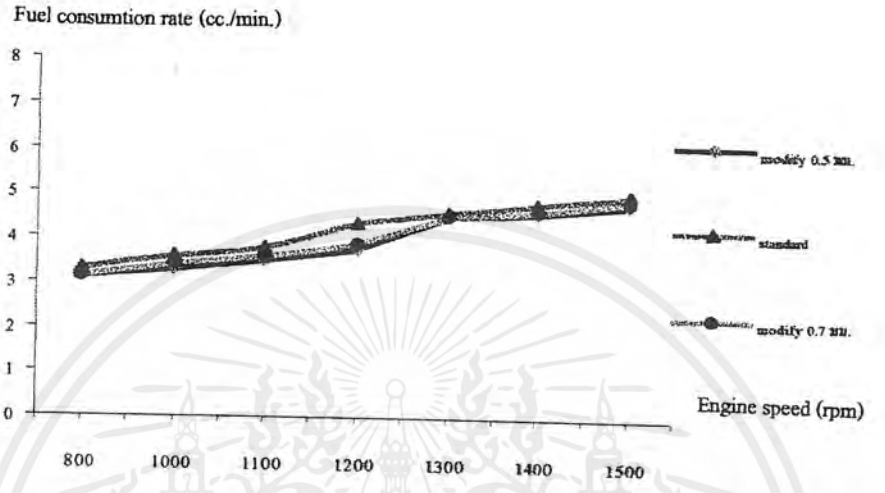


รูปที่ 4.5 Cam Profile เมื่อทำการลดระยะวาล์วลง 0.7 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลที่ได้จะเห็นว่าเราสามารถลดค่า Over Lap ลงได้ในระดับหนึ่งซึ่งผลของการลดค่า Over Lap ลงไดนั้นจะส่งผลให้เราจะได้กำลังของเครื่องยนต์มากขึ้นที่ความเร็วรอบต่ำ

และผลของการเปรียบเทียบอัตราสิ้นเปลืองของ Cam shaft มาตรฐานและ Cam shaft เมื่อทำการลดระยะวาล์วลง 0.5 มม.และ 0.7 มม.เป็นดังนี้



รูปที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเมื่อไม่มีภาระ

จะเห็นว่าที่ช่วงความเร็วรอบ 1000 – 1200 รอบ/นาที

จะมีช่วงห่างของ Fuel Consumption Rate ของ Cam shaft เมื่อทำการลดระยะวาล์วลง 0.5 มม.กับ Cam shaft มาตรฐานมากที่สุด

4.2 การทดลองหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแบบไม่มีภาระ

การทดลองนี้เป็นการเป็นการทดลองที่รวมเอาทุกระบบที่ได้ทำการ Modify มาทดลองหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงโดยที่ไม่มีไม่มี Load มาเกี่ยวข้อง

วิธีการทดลอง

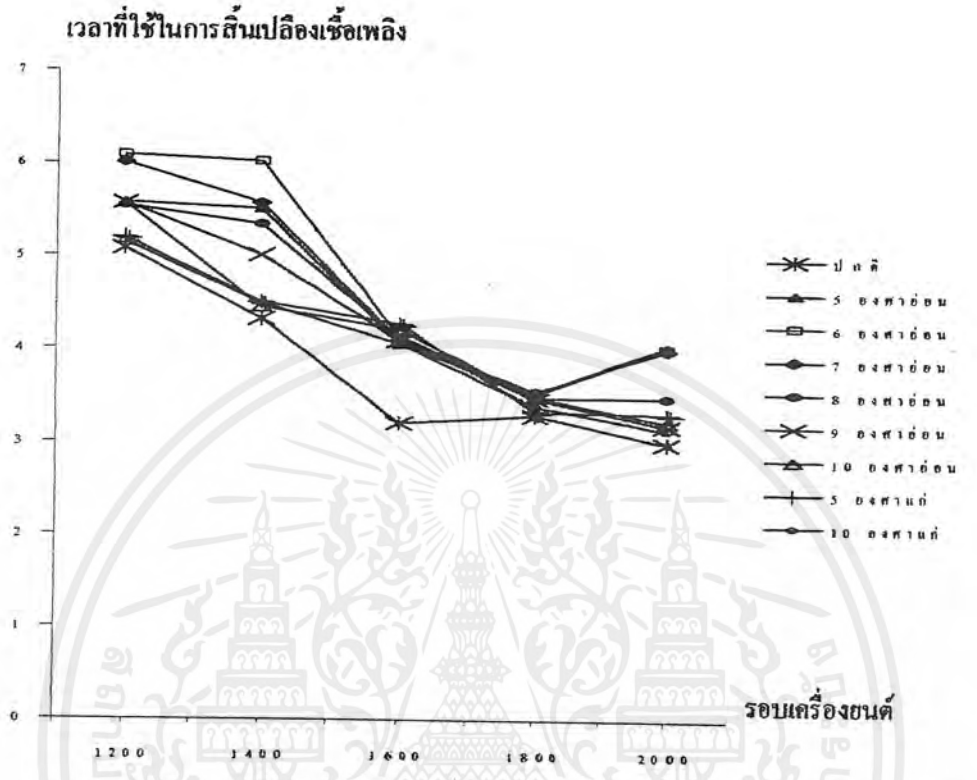
1. กำหนดปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดลองไว้ที่ 9.44 ซีซี (ปริมาณความสูงของน้ำมันในหลอดลดลง 5 เซ็นติเมตร)
2. Camshaft ที่ใช้ในการทดลองมี 2 อันคืออันเก่า และ ใหม่
3. นำ Camshaft แต่ละอันมาทำการทดลองโดยทำการปรับค่าองศาการจุดระเบิดดังนี้คือ ปกติ , 5 องศาหลัง TDC, 10 องศาหลัง TDC , 5 องศาก่อนTDC , 10 องศาก่อนTDC โดยใช้กับแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์คือ800,1000,1200,1400,1600,1800,2000
4. ตรวจสอบผลการทดลองโดยการจับเวลาว่าใช้เวลาในการกินน้ำมัน 9.44 ซีซี เท่าใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแบบไม่มีภาระ

จากผลการทดลองทำกราฟเปรียบเทียบได้ดังนี้

Camshaft ใหม่



รูปที่ 4.7 แสดงเวลาที่ใช้ในการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่รอบเครื่องยนต์และองศาการจุดระเบิดต่างๆ ของ Camshaft เมื่อทำการลดระยะวาล์วลง 0.7 มม.

Camshaft ใหม่

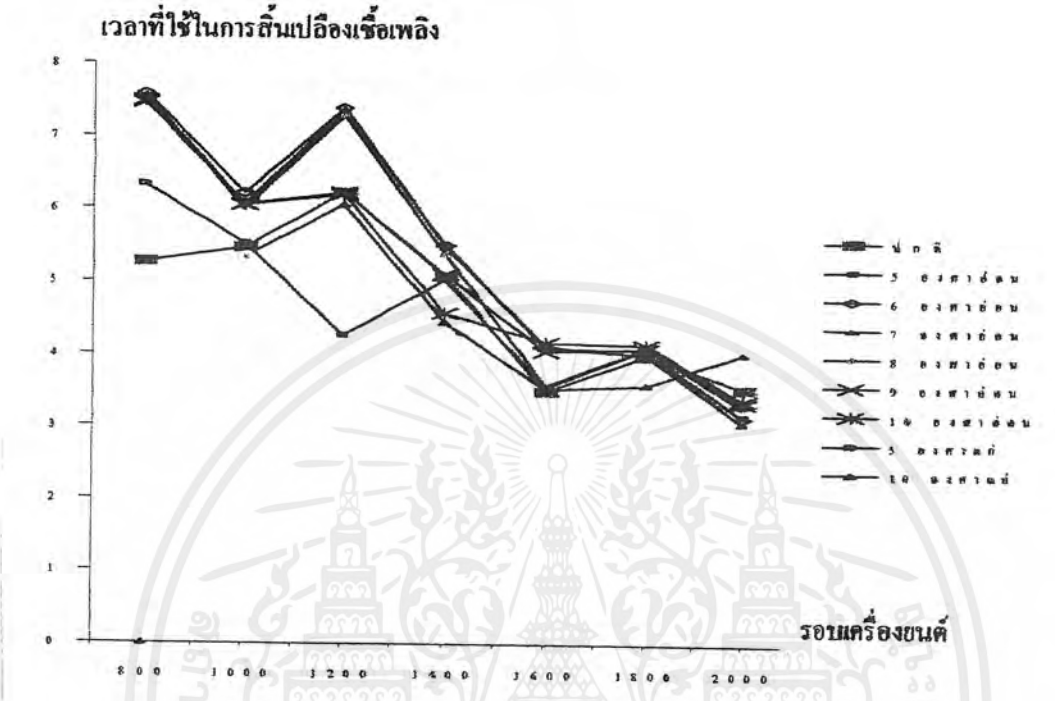
องศา / รอบ/นาที	ปกติ	อ่อน						แก่	
		5°	6°	7°	8°	9°	10°	5°	10°
1200	5.08	5.58	6.09	6.01	5.54	5.57	5.57	5.20	5.15
1400	4.32	5.51	6.02	5.57	5.34	5.01	4.45	4.50	4.49
1600	3.21	4.05	4.13	4.09	4.12	4.09	4.21	4.27	4.06
1800	3.30	3.54	3.53	3.55	3.50	3.48	3.50	3.34	3.40
2000	3.00	4.04	4.02	4.00	3.49	3.19	3.23	3.32	3.14

ตารางที่ 4.1 ผลของเวลาที่ใช้ในการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่รอบเครื่องยนต์และองศาการจุดระเบิดต่างๆของ Camshaft เมื่อทำการลดระยะวาล์วลง 0.7 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลที่ได้จะเห็นว่าที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่ 1200 รอบ/นาที โดยใช้ไฟที่ 6 องศาไฟอ่อนกว่ามาตรฐานจะใช้เวลาในการใช้เชื้อเพลิง 9.44 ซีซี มากที่สุด

Camshaft เก่า



รูปที่ 4.8 แสดงเวลาที่ใช้ในการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่รอบเครื่องยนต์และองศาการจุดระเบิดต่างๆ ของ Camshaft เมื่อทำการลดระยะวาล์วลง 0.5 มม.

Camshaft เก่า

องศา / รอบ/นาที	ปกติ	อ่อน						แก่	
		5°	6°	7°	8°	9°	10°	5°	10°
800	5.27	7.53	7.58	7.50	7.52	7.48	7.48	6.33	-
1000	5.46	6.05	6.21	6.07	6.00	6.05	6.04	5.52	5.33
1200	6.22	7.33	7.39	7.37	7.28	6.22	6.19	4.26	6.05
1400	5.08	5.51	5.50	5.48	5.37	5.10	4.57	5.03	4.44
1600	3.50	4.11	4.09	4.12	3.58	4.05	4.17	3.56	3.52
1800	4.00	4.01	4.07	4.00	4.11	4.09	4.14	4.09	3.59
2000	3.54	3.17	3.15	3.07	3.28	3.35	3.39	3.32	4.03

ตารางที่ 4.2 ผลของเวลาที่ใช้ในการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่รอบเครื่องยนต์และองศาการจุดระเบิดต่างๆ ของ Camshaft เมื่อทำการลดระยะวาล์วลง 0.5 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลทดลองหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

Camshaft ที่ทำการลดระยะยกวาล์วลง 0.5 มิลลิเมตร 6° ไฟอ่อน รอบเครื่องยนต์ 1,200 รอบ/นาที

น้ำหนักคนขับ (kg)	ความเร็ว (km/hr)	ระยะทาง (km)	เวลา (นาที)	ปริมาณน้ำมัน (cc)	ปริมาณน้ำมัน (km/l)
36	28.2	2	2.45	5.18748	321.394
45	28.0	2	2.47	5.65722	311.939
54	27.3	2	2.59	6.2229	303.030

ตารางที่ 4.3 ผลของการใช้ Camshaft เมื่อทำการลดระยะวาล์วลง 0.5 มม.ที่ 6 องศาไฟอ่อนกว่ามาตรฐาน ที่รอบเครื่องยนต์ 1200 รอบ/นาที

Camshaft ที่ทำการลดระยะยกวาล์วลง 0.7 มิลลิเมตร 6° ไฟอ่อน รอบเครื่องยนต์ 1,200 รอบ/นาที

น้ำหนักคนขับ (kg)	ความเร็ว (km/hr)	ระยะทาง (km)	เวลา (นาที)	ปริมาณน้ำมัน (cc)	ปริมาณน้ำมัน (km/l)
36	26.4	2	3.01	10.37157	192.835
45	26.1	2	3.04	10.8927	186.069
54	25.7	2	3.12	11.31	176.756

ตารางที่ 4.4 ผลของการใช้ Camshaft เมื่อทำการลดระยะวาล์วลง 0.7 มม.ที่ 6 องศาไฟอ่อนกว่ามาตรฐาน ที่รอบเครื่องยนต์ 1200 รอบ/นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและวิจารณ์

ที่ผ่านมาเราได้จัดทำในส่วนต่างๆ ของรถเพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงานเชื้อเพลิง โดยประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

ส่วนของโครงสร้างรถ เราได้ออกแบบโครงรถและเลือกใช้วัสดุที่เบาแต่ให้ความแข็งแรงสูง

-ระบบบังคับเลี้ยว เราได้จัดทำระบบบังคับเลี้ยวแบบอัคเคมาน เพราะเป็นระบบบังคับเลี้ยวที่ให้การทรงตัวที่ดี ทำให้ยางสามารถกลิ้งตัวไปได้อย่างอิสระ

-ระบบส่งกำลัง ได้มีการดัดแปลงระบบส่งกำลังมาจากระบบการส่งกำลังแบบต่อเนื่อง (CVT) โดยการเปลี่ยนอัตราทดได้ด้วยการเปลี่ยนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกรวยส่งกำลัง

-ส่วนของเครื่องยนต์ แบ่งออกเป็น

1. ได้ทำการตัดส่วนที่ไม่มีความจำเป็นในการใช้งานของเครื่องยนต์และส่วนประกอบอื่นๆออกเพื่อทำการลดน้ำหนัก

2. เพลาลูกเบี้ยว ได้ทำการตรวจสอบหาช่วง Over lap โดยใช้ Cam profile และทำการตกแต่งมุมเพลาลูกเบี้ยวจนได้มุมที่เหมาะสม

3. ลูกสูบและก้านสูบ ทำการลดน้ำหนักโดยการกัดกระโปรงลูกสูบออก และทำการเจาะรูก้านสูบเพื่อลดน้ำหนักแต่ยังคงความแข็งแรงอย่างเพียงพอไว้

4. ระบบจุดระเบิด ได้สร้างระบบจุดระเบิดขึ้นใหม่สามารถปรับชุดไฟให้ตั้งองศาจุดระเบิดได้ ก่อนและหลังตำแหน่งมาตรฐาน 10 องศาเป็นระบบจุดระเบิดแบบ แมกเนติก ซีดีไอ สามารถจ่ายกระแสไฟได้สูงขึ้นกว่าชุดจุดระเบิดมาตรฐาน

ผลการทดลอง

1. จากการทดลองจนได้รอบเดินเบาที่ให้แรงบิดและการประหยัดเชื้อเพลิงมากที่สุดของเครื่องยนต์ คือ ที่ความเร็วรอบประมาณ 1000 ถึง 1200 รอบต่อนาที

2. ได้ความยาวของท่อไอเสียที่เหมาะสมกับความเร็วรอบที่ดีที่สุด คือประมาณ 195 เซนติเมตร ซึ่งทำให้เกิดแรงบิดสูงที่สุด

3. ได้ช่วงเส้นผ่านศูนย์กลางของกรวยที่เหมาะสมที่จะใช้กับความเร็วรอบตั้งแต่ 1000-1200 รอบต่อนาที คืออยู่ในช่วงเส้นผ่านศูนย์กลาง 1-15 เซนติเมตร

4. ได้องศาการจุดระเบิดที่เหมาะสมอยู่ที่ 6 องศาอ่อนกว่ามาตรฐาน

5. ผลการประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงที่ได้จากการปรับแต่งทุกส่วนโดยใช้ Cam Profile ที่ทำการลดระยะวาล์วลง 0.5 มม.,รอบเครื่องที่ 1200 รอบ/นาที,ความยาวของท่อไอเสียประมาณ 195 เซนติเมตร,องศาการจุดระเบิดที่ 6 องศาอ่อนกว่ามาตรฐานและคนขับน้ำหนัก 36 kg คือ 321 km/l

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองที่ผ่านมา ผลการทดลองที่เกิดขึ้นมีแนวโน้มเป็นไปตามที่ได้คาดหวังไว้ โดยสามารถสร้างรถประหยัดน้ำมันที่มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันน้อยกว่าเครื่องยนต์มาตรฐาน

อุปสรรคในการทำการสร้างรถประหยัดเชื้อเพลิง

ในการสร้างรถประหยัดเชื้อเพลิงนั้นมีอุปสรรคในการทำงานหลายอย่างซึ่งจะกล่าวเป็นข้อๆ โดยสังเขปดังนี้

1. งบประมาณที่ใช้ในการสร้างมีจำกัด
2. ความรู้เฉพาะด้านในบางด้านยังมีไม่เพียงพอ
3. ความสามารถเฉพาะทางยังมีน้อยทำให้ในการทำงานหรือชิ้นงานบางส่วนยังไม่เป็นที่พอใจเท่าที่ควร
4. ประสบการณ์ในการทำงานเป็นทีมหรือการแบ่งงานกันทำยังไม่ดีพอ
5. อุปสรรคทางด้านสถานที่ทำการทดลอง
6. อุปสรรคด้านรถขนย้ายเพื่อไปทำการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่6
เอกสารอ้างอิงและกิตติกรรมประกาศ

6.1 เอกสารอ้างอิง

1. มงคล เขตทองคำ , เปิดโลก 4 จังหวะ , วารสารมอเตอร์ครอส , ฉบับที่ 257 , 2543 , หน้า 78-81
2. ธีรยุทธ สุวรรณประทีป , หลักการทำงานและการซ่อมบำรุงเครื่องยนต์ , ซีเอ็ดยูเคชั่น , 656 หน้า , 2541
3. บริษัท เอ ที ฮอนด้า , คู่มือการซ่อมฮอนด้าดรีม 100 , บริษัท เอ ที ฮอนด้า , 179 หน้า , 2541
4. พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์ , ไฟเบอร์กล๊าส , พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์ , 204 หน้า , 2521

6.2 กิตติกรรมประกาศ

1. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่มอบโอกาสและเงินทุนแก่พวกเรา
2. ผศ. ธวัชชัย นาคพิพัฒน์ ที่แนะนำเทคนิคใหม่ๆ อยู่เสมอ
3. อาจารย์ พงษ์ศักดิ์ คำมูล ที่ทุ่มเทแรงกายแรงใจร่วมกันในการแข่งขัน ฮอนด้าประหยัดเชื้อทั้งสองครั้งรวมทั้งการให้คำปรึกษาตลอดการทำปริญญานิพนธ์ เราจะไม่ลืมพระคุณในครั้งนี้เลยครับ
4. พี่มณฑา ที่เป็นทั้งที่ปรึกษาที่ให้คำปรึกษาที่ดีเสมอ เป็นอาจารย์ที่สั่งสอนโดยไม่หวังสิ่งตอบแทน เป็นคนที่ให้สิ่งต่างๆ แก่พวกเรา
5. ขอบคุณอาจารย์ทุกท่านเพื่อนๆทุกคนที่ให้คำแนะนำกันคนละนิดคนละหน่อยแต่เมื่อรวมกันก็มากมายเหลือเกิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ข้อมูลจำเพาะของเครื่องยนต์

เครื่องยนต์	สูบเดียว วางเอียง 80 องศาจากแนวตั้ง 4 จังหวะ OHC ระบายความร้อนด้วยอากาศ	
ความกว้าง x ระยะชัก	50 x 49.5 มิลลิเมตร	
ความจุกระบอกสูบ	97.2 ลูกบาศก์เซนติเมตร	
กระบอกสูบ	เส้นผ่านศูนย์กลางด้านใน	50.005 – 50.015 มิลลิเมตร
ลูกสูบ	เส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอกกระโปรงลูกสูบ	49.975 – 49.995 มิลลิเมตร
	เส้นผ่านศูนย์กลางด้านในรูสลัก	13.002 – 13.008 มิลลิเมตร
	ระยะห่างสลักลูกสูบกับรูสลักที่ลูกสูบ	0.006 - 0.014 มิลลิเมตร
ระยะห่างปากแหวนลูกสูบ	ตัวบน/ตัวที่ 2	0.100 - 0.250 มิลลิเมตร
	แหวนน้ำมัน	0.200 - 0.700 มิลลิเมตร
ระยะห่างด้านข้างแหวนลูกสูบ	แหวนตัวบน	0.035 - 0.065 มิลลิเมตร
	แหวนตัวที่ 2	0.035 - 0.065 มิลลิเมตร
ระยะห่างลูกสูบและกระบอกสูบ		0.010 – 0.040 มิลลิเมตร
ระยะเส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอกสลักลูกสูบ		12.994 – 13.000 มิลลิเมตร
เส้นผ่านศูนย์กลางด้านในก้านสูบปลายด้านเล็ก		13.013 – 13.043 มิลลิเมตร
เพลาข้อเหวี่ยง	ระยะคลอนก้านสูบด้านใหญ่ แนวรัศมี	0.100 - 0.350 มิลลิเมตร
	ด้านข้าง	0.000 - 0.012 มิลลิเมตร
อัตราส่วนกำลังอัด	8.8:1	
กำลังอัดห้องเผาไหม้	8-11 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร หรือ 114 – 156 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว	
ความจุน้ำมันหล่อลื่น*	0.9 ลิตร (ภายหลังการถอดประกอบเครื่อง) 0.75 ลิตร (ภายหลังการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่องตามปกติ)	
คุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นที่กำหนด	น้ำมันเครื่อง 4 จังหวะ ฮอนด้า SAE 10W-40 ตามมาตรฐาน API ระดับ SE หรือ SF	
ปั๊มน้ำมันหล่อลื่น	ระยะห่างปลายเฟืองปั๊ม	0.15 มิลลิเมตร
	ระยะห่างด้านข้างเฟือง	0.02 - 0.07 มิลลิเมตร
	ระยะห่างกับเสื้อปั๊ม	0.10 – 0.15 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วาล์วไอดี	เปิด	2 องศาก่อนศูนย์ตายบน
	ปิด	25 องศาหลังศูนย์ตายล่าง
วาล์วไอเสีย	เปิด	33 องศาก่อนศูนย์ตายล่าง
	ปิด	0 องศาก่อนศูนย์ตายล่าง
ระยะห่างวาล์วไอดี		0.05 มิลลิเมตร
ระยะห่างวาล์วไอเสีย		0.05 มิลลิเมตร
ความสูงของลูกเบี้ยว	ไอดี	26.653 มิลลิเมตร
	ไอเสีย	26.378 มิลลิเมตร
เส้นผ่านศูนย์กลางภายในกระเดื่องวาล์ว		10.000 – 10.015 มิลลิเมตร
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกแกนกระเดื่องวาล์ว		9.978 – 9.987 มิลลิเมตร
ระยะแกนกระเดื่องกับกระเดื่องวาล์ว		0.013 - 0.037 มิลลิเมตร
ความยาวอิสระสปริงวาล์ว (ไอดี, ไอเสีย)	ตัวใน	32.8 มิลลิเมตร
	ตัวนอก	35.5 มิลลิเมตร
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกก้านวาล์ว	ไอดี	4.970 – 4.985 มิลลิเมตร
	ไอเสีย	4.955 – 4.970 มิลลิเมตร
เส้นผ่านศูนย์กลางภายในปลอกวาล์ว (ไอดี, ไอเสีย)		5.000 – 5.012 มิลลิเมตร
ความยาวอิสระสปริงตัวปรับความตึงโซ่ราวลิ้น		111.7 มิลลิเมตร
ความโตด้านนอกแกนชุดปรับความตึงโซ่ราวลิ้น		11.985 – 12.000 มิลลิเมตร
รอบเครื่องเดินเบา		1400 รอบต่อนาที
คาร์บูเรเตอร์		แบบ พีบีเมนเจ็ท (นมหนูใหญ่)
ขนาดคาร์บูเรเตอร์ (เวนจูรี่)		16 มิลลิเมตร
หมายเลขประจำคาร์บูเรเตอร์		พีบี 89 เอ
ระดับลูกลอย		10.7 มิลลิเมตร
สกรูปรับอากาศหมุนออก		1 – 5/8
นมหนูใหญ่		75
นมหนูเดินเบา		40
ตำแหน่งล็อคเข็มเร่ง		ขั้น 3 จากด้านบน
ระยะฟรีคันเร่ง		2 – 6 มิลลิเมตร
คลัทช์*		ระบบคลัทช์ 2 ชุดคู่
เกียร์*		4 จังหวะ แบบคอนสแตนท์เมช
อัตราทดขั้นต้น		4.058 (69/17)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราทดเกียร์ 1	2.833 (34/12)
2	1.705 (29/17)
3	1.238 (26/21)
4	0.958 (36/14)
อัตราทดขั้นสุดท้าย	2.571 (36/14)
น้ำหนักเครื่องยนต์	20.4 กิโลกรัม

ระบบจุดระเบิด ซีดีไอ*

จังหวะจุดระเบิด	15 องศาก่อนศูนย์ตายบนที่ 1400 รอบต่อนาที
เจนเนอเรเตอร์*	ไฟฟ้ากระแสสลับ กำลังงาน 80 วัตต์ ที่ 5000 รอบต่อนาที
แบตเตอรี่	12 โวลต์ 4 แอมแปร์
ฟิวส์	7 – 10 แอมป์
หัวเทียนNGK:C 5 HSA, C 6 HSA, C 7 HSA	
	ND:U 16 FS-U,U 20 FS-U,U 22 FS-U
ระยะห่างเขี้ยวหัวเทียน	0.6 – 0.7 มิลลิเมตร

หมายเหตุ * แสดงถึงอุปกรณ์ที่ได้รับการปรับปรุงหรือได้ผ่านการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์มาติดตั้งแทนอุปกรณ์มาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้