

รถประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงขนาดเล็ก

ECONO POWER CAR



นายภาคภูมิ อินอักษร

นายวรพจน์ ยอดยิ่ง

นายสุรเชษฐ์ รัตนประเสริฐ

ปริญญาบัตรนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

๒๓๐.

๓๕๓๕

๒๕๔๔

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา ๒๕๔๔

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 45989

วัน, เดือน, ปี 27 ก.พ. 2546

Box containing fields b..... and i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รถประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงขนาดเล็ก

ECONO POWER CAR



ปริญญาบัตรนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานปีการศึกษา 2544 เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2544

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง รถประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงขนาดเล็ก

Econo Power Car

ผู้จัดทำ

- | | | |
|-----------------------------|--------------|----------|
| 1. นายภาคภูมิ อินอักษร | รหัสประจำตัว | 42515782 |
| 2. นายวรพจน์ ยอดยิ่ง | รหัสประจำตัว | 42515785 |
| 3. นายสุรเชษฐ์ รัตนประเสริฐ | รหัสประจำตัว | 42515794 |



(รศ. อัครเดช สินธุภัทร)

อาจารย์ที่ปรึกษา



(อาจารย์พงษ์ศักดิ์ คำมูล)

อาจารย์ที่ปรึกษา



(อาจารย์เมธี ลิ้มกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษา

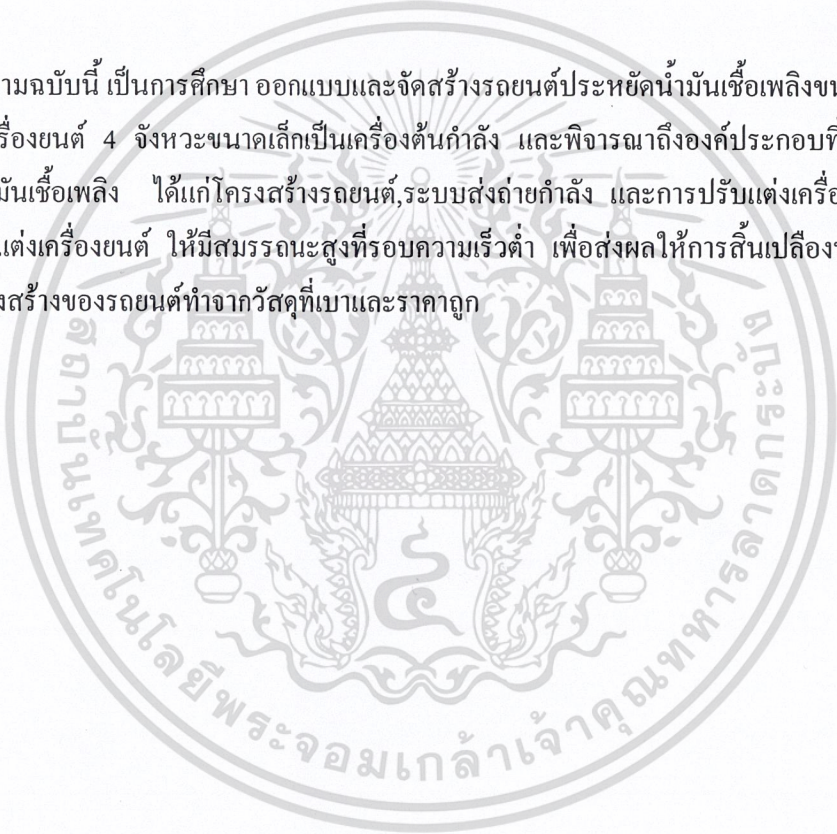
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รถประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงขนาดเล็ก

นายภาคภูมิ	อินอักษร	42515782
นายวรพจน์	ยอดยิ่ง	42515785
นายสุรเชษฐ์	รัตนประเสริฐ	42515794
รศ. อัครเดช	สินธุภัทร	อาจารย์ที่ปรึกษา
อ.พงษ์ศักดิ์	คำมูล	อาจารย์ที่ปรึกษา
อ.เมธี	ลิมกุล	อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2544		

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้ เป็นการศึกษา ออกแบบและจัดสร้างรถยนต์ประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงขนาดเล็ก โดยการนำเครื่องยนต์ 4 จังหวะขนาดเล็กเป็นเครื่องต้นกำลัง และพิจารณาถึงองค์ประกอบที่มีผลต่อการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ได้แก่ โครงสร้างรถยนต์, ระบบส่งถ่ายกำลัง และการปรับแต่งเครื่องยนต์ โดยเน้นการปรับแต่งเครื่องยนต์ ให้มีสมรรถนะสูงที่รอบความเร็วต่ำ เพื่อส่งผลให้การสิ้นเปลืองน้ำมันน้อยที่สุด และโครงสร้างของรถยนต์ทำจากวัสดุที่เบาและราคาถูก



Econo Power Car

Parkpoom Inugsorn 42515782

Vorapote Yodying 42515785

Surachet Ruttanaprasert 42515794

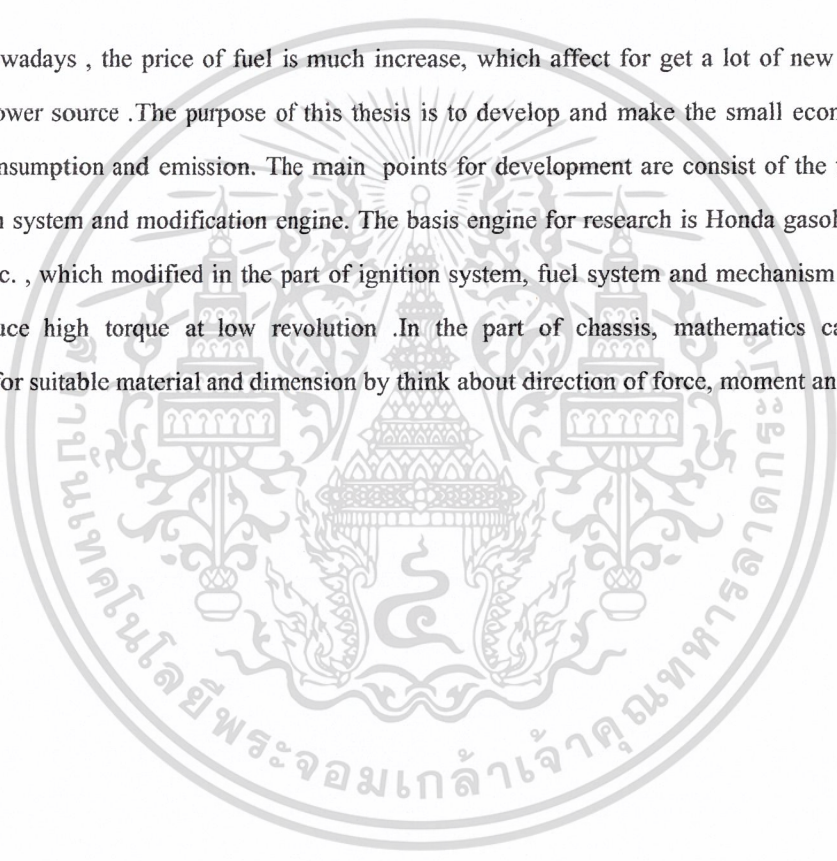
Assoc.Prof. Akaradet Sintupak Advisor

Mr. Pongsak Khammool Advisor

Mr. Methee Linkul Advisor

Abstract

Nowadays , the price of fuel is much increase, which affect for get a lot of new research for economy power source .The purpose of this thesis is to develop and make the small economy car for less fuel consumption and emission. The main points for development are consist of the total weight, transmission system and modification engine. The basis engine for research is Honda gasoline engine 4 stroke, 85 cc. , which modified in the part of ignition system, fuel system and mechanism .The engine could produce high torque at low revolution .In the part of chassis, mathematics calculation is introduced for suitable material and dimension by think about direction of force, moment and



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และความร่วมมือจากหลาย ๆ ด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จลงได้ด้วยดีก็คือ รศ. อัครเดช สินธุภัทร อาจารย์ พงษ์ศักดิ์ คำมูล และอาจารย์ เมธิ ลิ้มกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือเสมอมา ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมา ในทุก ๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้



นายภาคภูมิ อินอักษร
นายวรพจน์ ยอดยิ่ง
นายสุรเชษฐ รัตนาประเสริฐ

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VI
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2 ทฤษฎี	2
2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยในรถยนต์	2
2.2 หลักการทำงานของระบบควบคุมเชื้อเพลิงด้วยคาร์บูเรเตอร์	5
2.3 ระบบจุดระเบิด (Ignition System)	5
2.4 กำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อน	6
2.5 แรงต้านทานจากลม	7
2.6 การคำนวณแรงต้านทานจากอากาศ	8
2.7 แรงต้านทานจากการเคลื่อนที่	12
2.8 การรับน้ำหนักของรถ 3 ล้อ	12
2.9 ความสูงของจุดศูนย์กลาง	14
2.10 โครงสร้าง (Structure)	15
2.11 กลไกการบังคับเลี้ยวของรถยนต์	16
2.12 การบังคับเลี้ยวของรถยนต์	16
2.13 รัศมีล้อสถิตและพลวัต	19
2.14 กงล้อ	19
2.15 มุมของล้อหน้า	21
2.16 การคำนวณหาขนาดโช้	26
2.17 ประสิทธิภาพของการห้ามล้อ	28
2.18 ล้อช่วยแรง	28

บทที่ 3 การออกแบบและการคำนวณ	31
3.1 การคำนวณหาแรงขับเคลื่อนของรถยนต์	31
3.2 การหาน้ำหนักที่กระทำกับล้อ	33
3.3 การหาขนาดชิ้นส่วนของโคลงสร้างรถ	35
3.4 ระบบส่งกำลัง	43
3.5 การออกแบบบังคับเลี้ยว	45
3.6 ล้อช่วยแรง	46
3.7 ระบบจุดระเบิด	47
3.8 ระบบจ่ายไอน้ำมันเชื้อเพลิง	49
3.9 เฟลาถูกเบี้ยว	49
บทที่ 4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ การติดตั้งเครื่องมือ และวิธีการทดลอง	50
4.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	50
4.2 การปรับตั้ง Torque Transducer	54
4.3 การติดตั้งอุปกรณ์	58
4.4 วิธีการทดลอง	59
บทที่ 5 ผลการทดลอง	60
5.1 ผลการทดสอบที่ไม่มี Load ของ หัวเทียน 1 หัว	60
5.2 ผลการทดสอบที่ไม่มี Load ของ หัวเทียน 2 หัว	64
5.3 ผลการทดลองกรณีที่ไม่มี Load	69
5.4 ผลการทดสอบในสนามแข่งขัน	69
5.5 ข้อเสนอแนะ	70

ภาคผนวก ..
 บรรณานุกรม

สารบัญภาพ

	หน้าที่
รูปที่ 2-1 ระบบจุกระเบิด CDI	6
รูปที่ 2-2 ลักษณะของลมที่รูดรูปทรงต่าง ๆ	8
รูปที่ 2-3 ลักษณะการหาพื้นที่หน้าตัดของรถยนต์	9
รูปที่ 2-4 การหาหลักพลศาสตร์ในอุโมงค์แบบลมพัดผ่านไป	10
รูปที่ 2-5 การรับน้ำหนักของรถที่มี 3 ล้อ	13
รูปที่ 2-6 ชิ้นส่วนรับแรงสองแรง	15
รูปที่ 2-7 ข้อต่อเชื่อมหรือยึด	15
รูปที่ 2-8 ระบบบังคับเลี้ยวแบบออคเคมานันท์	16
รูปที่ 2-9 การบังคับเลี้ยวของรถยนต์	17
รูปที่ 2-10 ตำแหน่งเดินหน้าตรง	18
รูปที่ 2-11 ลักษณะของการคิดคั้งคั่นส่งอยู่หน้าคานหน้า	19
รูปที่ 2-12 ลักษณะของการคิดคั้งคั่นชักอยู่หน้าคานหน้า	19
รูปที่ 2-13 การแสดงมุมล้อต่างๆ ของล้อหน้า	21
รูปที่ 2-14 แสดงระยะความสูงของปลายแกนสลักล้อกับพื้น	22
รูปที่ 2-15 มุมแคมเบอร์รวก	23
รูปที่ 2-16 แสดงล้อที่กลิ้งเป็นรูปกรวย	23
รูปที่ 2-17 มุมแคสเตอร์	24
รูปที่ 2-18 มุมแคสเตอร์ของล้อหน้ารถจักรยาน	25
รูปที่ 2-19 (ก) แสดงการเอียงของล้อ ทำให้ล้อกลิ้งออกด้านนอก (ข) แสดงด้านหน้าของล้อหน้าแคบกว่าด้านหลังของล้อหน้า	25
รูปที่ 2-20 แสดงรัศมีของการเลี้ยว	26
รูปที่ 3-1 น้ำหนักที่กระทำกับล้อ	33
รูปที่ 3-2 แสดงแรงที่กระทำกับแกนล้อหน้า	35
รูปที่ 3-3 แสดงแรงที่กระทำกับแกนล้อหลัง	36
รูปที่ 3-4 แสดงชิ้นส่วนประกอบของผู้ขับขี่	37
รูปที่ 3-5 แสดงแรงที่กระทำกับชิ้นส่วนคานหน้า	37
รูปที่ 3-6 แสดงแรงที่กระทำกับชิ้นส่วน CD	38
รูปที่ 3-7 แสดงแรงที่กระทำกับชิ้นส่วน EG	38
รูปที่ 3-8 แสดงแรงที่กระทำกับชิ้นส่วน FH	38
รูปที่ 3-9 การหาขนาดคานหน้า AB	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3-10 การหาขนาดท่อ CD	40
รูปที่ 3-11 การหาขนาดท่อ EG	41
รูปที่ 3-12 การหาขนาดท่อ FH	42
รูปที่ 3-13 เฟืองขับ	44
รูปที่ 3-14 เฟืองตาม	45
รูปที่ 3-15 ระบบคลัทช์มือ	45
รูปที่ 3-16 ระบบบังคับเลี้ยว	46
รูปที่ 3-17 ล้อช่วยแรง	47
รูปที่ 3-18 หัวเทียน 2 หัว	48
รูปที่ 3-19 การติดตั้งฟัลเซอร์	48
รูปที่ 3-20 ระบบจ่ายไอน้ำมันเชื้อเพลิง	49
รูปที่ 3-21 ระยะเวลาควาล์ว	49
รูปที่ 4.1 วงจรบริดจ์ภายใน Torque Transducer	51
รูปที่ 4.2 กล่องรับสัญญาณ	51
รูปที่ 4.3 งานเบรค คาลิปเปอร์ ปีมเบรค	52
รูปที่ 4-4 การทดสอบแบบ Static Test	54
รูปที่ 4-5 กราฟแสดงการปรับตั้ง Torque Transducer	55
รูปที่ 4-6 การถอดรอยแบบเชิงเส้น	55
รูปที่ 4-7 การติดตั้งชุดทดสอบ	58
รูปที่ 4-8 แทนทดสอบที่ทำงานจริง	59
รูปที่ 5-1 Torque กับ ความเร็วรอบ(rpm) ของเครื่องยนต์โดยการใช้ไอน้ำมันเชื้อเพลิงที่ห้องศากการจุดระเบิดต่างๆของหัวเทียน 1 หัว	61
รูปที่ 5-2 Torque กับ ความเร็วรอบ(rpm) ของเครื่องยนต์โดยการใช้ไอน้ำมันเชื้อเพลิงที่ห้องศากการจุดระเบิดต่างๆของหัวเทียน 1 หัว	62
รูปที่ 5-3 แสดงอัตราการกินน้ำมันเชื้อเพลิง (cc) กับความเร็วรอบ(rpm) ของเครื่องยนต์โดยการใช้ไอน้ำมันเชื้อเพลิง ของหัวเทียน 1 หัว	62
รูปที่ 5-4 แสดงอัตราการกินน้ำมันเชื้อเพลิง (cc) กับความเร็วรอบ(rpm) ของเครื่องยนต์โดยการใช้ไอน้ำมันเชื้อเพลิง ของหัวเทียน 1 หัว	63
รูปที่ 5-5 แสดงปริมาณ CO ของเครื่องยนต์ที่รอบต่างๆโดยเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันเชื้อเพลิงและไอน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวเทียน 1 หัว	63
รูปที่ 5-6 แสดงปริมาณ SFC ของเครื่องยนต์ที่รอบต่างๆโดยเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันเชื้อเพลิงและไอน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวเทียน 1 หัว	64
รูปที่ 5-7 แสดง Torque กับ ความเร็วรอบ(rpm) ของเครื่องยนต์โดยการใช้ไอน้ำมันเชื้อเพลิงที่ห้องศากการจุดระเบิดต่างๆของหัวเทียน 2 หัว	66

รูปที่ 5-8 แสดง Torque กับ ความเร็วรอบ (rpm) ของเครื่องยนต์โดยการใช้ไอน้ำมันเชื้อเพลิง ที่องศาการจุดเปิดต่างๆ ของหัวเทียน 2 หัว	66
รูปที่ 5-9 แสดงอัตราการกินน้ำมันเชื้อเพลิง (cc) กับความเร็วรอบ(rpm) ของเครื่องยนต์ โดยการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงของหัวเทียน 2 หัว	67
รูปที่ 5-10 แสดงอัตราการกินน้ำมันเชื้อเพลิง (cc) กับความเร็วรอบ(rpm) ของเครื่องยนต์ โดยการใช้ไอน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวเทียน 2 หัว	67
รูปที่ 5-11 แสดงปริมาณ CO ของเครื่องยนต์ที่รอบต่างๆโดยเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันเชื้อเพลิง และไอน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวเทียน 2 หัว	68
รูปที่ 5-12 แสดง SFC ของเครื่องยนต์ที่รอบต่างๆโดยเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันเชื้อเพลิง และไอน้ำมันเชื้อเพลิง ของหัวเทียน 2 หัว	68



สารบัญตาราง

	หน้าที่
ตารางที่ 2-1 ประสิทธิภาพของระบบส่งกำลัง	7
ตารางที่ 2-2 ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านทานของลม (K_u)	10
ตารางที่ 2-3 ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานการหมุนของล้อ	12
ตารางที่ 4-1 ค่าการทดสอบแบบ Static	54
ตารางที่ 5-1 ผลการทดลองการจูดระเบิดที่ 10 องศา BTDC ของหัวเทียน 1 หัว	60
ตารางที่ 5-2 ผลการทดลองการจูดระเบิดที่ 15 องศา BTDC ของหัวเทียน 1 หัว	60
ตารางที่ 5-3 ผลการทดลองการจูดระเบิด 20 องศา BTDC ของหัวเทียน 1 หัว	61
ตารางที่ 5-4 ผลการทดลองการจูดระเบิดที่ 10 องศา BTDC หัวเทียน 2 หัว	64
ตารางที่ 5-5 ผลการทดลองการจูดระเบิดที่ 15 องศา BTDC ของหัวเทียน 2 หัว	65
ตารางที่ 5-6 ผลการทดลองการจูดระเบิดที่ 20 องศา BTDC ของหัวเทียน 2 หัว	65



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

สืบเนื่องมาจากในปัจจุบันเทคโนโลยีความเจริญก้าวหน้า รวมไปถึงเทคโนโลยีทางด้านยานยนต์ด้วยการพัฒนาอย่างรวดเร็วทำให้พลังงานที่มีอยู่ในรูปแบบต่างๆ บนโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำมันเชื้อเพลิงถูกนำมาใช้นั้นจะหมดไป ประกอบกับมลภาวะที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมด้วยเหตุผลที่กล่าวมานี้ทางคณะผู้จัดทำจึงคิดกันว่าควรจะทำโครงการวิจัยในครั้งนี้มาศึกษาเพื่อต้องการทราบถึงปัญหาของการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง จะได้นำไปพัฒนาและปรับปรุงเทคโนโลยีประหยัดน้ำมันซึ่งสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ ในอนาคตหวังว่าจะสามารถนำพลังงานเชื้อเพลิงมาใช้ประโยชน์ให้ได้มากที่สุด ขจัดมลพิษและรักษาสิ่งแวดล้อมได้ด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อต้องการศึกษาและพัฒนาเครื่องยนต์ 4 จังหวะ
2. เพื่อต้องการใช้ประโยชน์จากน้ำมันเชื้อเพลิงให้ได้มากที่สุด
3. เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีทางการประหยัดน้ำมัน
4. เพื่อทดลองระบบใหม่ๆ กับเครื่องยนต์ 4 จังหวะขนาดเล็ก

1.3 ขอบเขตของโครงการ

สามารถใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่กำหนดไว้จำนวน 1 ลิตรทำให้รถวิ่งได้ตามระยะทางที่กำหนด ความเร็วเฉลี่ยของรถต้องไม่ต่ำกว่า . 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมงโดยที่ประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงมากที่สุด สามารถบรรจุผู้โดยสารได้ คือ ผู้ขับขี่ได้ 1 คน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. รู้จักการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะขนาดเล็ก
2. ได้ทำการศึกษาค้นคว้าความรู้ทางด้านวิศวกรรมเครื่องกลและวิศวกรรมในด้านอื่น ๆ มาพัฒนาและประกอบรถสิ่งประดิษฐ์
3. เป็นจุดเริ่มให้รุ่นต่อมาได้มีการพัฒนางานทางด้านรถสิ่งประดิษฐ์

บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในรถยนต์

หากทำการเปรียบเทียบระหว่างเครื่องยนต์ 2 เครื่อง ซึ่งเป็นเครื่องยนต์ที่มีขนาดเท่ากันให้กำลังทำงานเท่ากันแต่ว่าเครื่องยนต์แรกมีอัตราการใช้สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสูงกว่าเครื่องที่สองถ้าเราคำนึงในด้าน เศรษฐศาสตร์ด้วยแล้ว หนทางที่ให้ผลประโยชน์สูงสุดคือ ทางเลือกอันดับที่สองจากหลักการทำงานของเครื่องยนต์ จะเป็นได้ว่ามีปัจจัยหลายอย่าง ที่ทำให้การทำงานของเครื่องยนต์ไม่เป็นไปตามทฤษฎี เราสามารถแบ่งได้เป็นปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

2.1.1 ประสิทธิภาพของไอดี

ในความเป็นจริงแล้วของไหลมีความหนืด ทำให้เกิดความต้านทานในการไหลของ ไอดีเป็นอย่างมากอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อประสิทธิภาพของไอดีก็คือ ลักษณะของลิ้นที่กีดขวางการไหลของไอดีส่วนต่าง ๆ เหล่านี้มีผลทำให้ปริมาณไอดีที่จะเข้าไปเผาไหม้ร่วมกับเชื้อเพลิงมีปริมาณลดลงอาจจะเหลือเพียง 60 – 70 % จากปริมาณจุดทางทฤษฎี

2.1.2 ประสิทธิภาพในการจับไล่ไอเสีย

ในทางทฤษฎีไอดีที่บรรจุในกระบอกสูบเพื่อเผาไหม้จะต้อง ไม่มีไอเสียปนอยู่ด้วยเลยหรือต้องไม่มีไอเสียตกค้างอยู่ในห้องเผาไหม้ในความเป็นจริงแล้วเราไม่สามารถที่จะทำอย่างนั้นได้ โดยเฉพาะการควบคุมไอดีไม่ให้มีไอเสียปะปนอยู่ในการบรรจุเข้ากระบอกสูบ ส่วนการจับไล่ไอเสียที่ตกค้างอยู่ในกระบอกสูบเราทำได้ดีที่สุดในแง่ให้ปริมาณไอเสียตกค้างหลงเหลืออยู่น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้เท่านั้น

2.1.3 การถ่ายเทความร้อนและความเสียดทาน

เนื่องจากวัสดุส่วนใหญ่ที่นำผลิตเป็นชิ้นส่วนต่าง ๆ ในเครื่องยนต์เป็นโลหะซึ่งมีคุณสมบัติในการถ่ายเทความร้อนได้ดีรวมทั้งยังมีการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน ทำให้ภายในเครื่องยนต์ต้องมีการถ่ายเทความร้อนบางส่วนออกไป นอกจากนี้แล้วความร้อนอีกส่วนต้องระบายออกไปก็เนื่องมาจากความเสียดทานที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเคลื่อนที่ของส่วนต่าง ๆ ภายในเครื่องยนต์

2.1.4 การรั่วไหลของไอดีและไอเสีย

ในจังหวะอัดของเครื่องยนต์จะมีไอดีบางส่วนแทรกตัวหนีออกมาตามช่องว่างระหว่างแหวนลูกสูบต่อกระบอกสูบและช่องว่างระหว่างปากแหวนลูกสูบทำให้ประสิทธิภาพการอัดของเครื่องยนต์ลดลงไม่เป็นไปตามทฤษฎี เช่นเดียวกันกับในจังหวะกำลังที่ก๊าซความดันสูงที่เกิดจากการเผาไหม้แทรกตัวหนีออกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามช่องว่างต่างๆ ภายในกระบอกสูบทำให้แรงดันเฉลี่ยในกระบอกสูบ ลดลง เป็นผลให้กำลังที่ได้ลดลง และก๊าซทั้งสองที่แทรกตัวหนีออกจากกระบอกสูบนี้อาจทำให้เกิดมลพิษด้วยอีกทางหนึ่งด้วย

2.1.5 การเผาไหม้ภายในเครื่องยนต์

เนื่องจากเชื้อเพลิงที่ผสมอยู่ในไอดีไม่ได้ระเหยกลายเป็นไอหมดทุกส่วน และการคลุกเคล้ากันของเชื้อเพลิงกับอากาศยังไม่ดีพอที่จะทำให้คุณสมบัติของไอดีเป็นแบบสม่ำเสมอ (Uniform) ทำให้การเผาไหม้ต้องใช้เวลานานเกินไป และขณะที่เกิดการเผาไหม้ก็ไม่ได้เกิดพร้อมกันในทุก ๆ ส่วนของห้องเผาไหม้แต่อาศัยการลุกลามของเปลวไฟไปจากโมเลกุลหนึ่งไปยังอีกโมเลกุลหนึ่ง ทำให้ความดันเฉลี่ยที่เกิดขึ้นไม่เป็นไปตามที่คาดการณ์ไว้ทางทฤษฎี

2.1.6 สารตัวกลางที่ใช้ไม่มีคุณสมบัติเป็นก๊าซอุดมคติ (Ideal Gas)

เนื่องจากในเครื่องยนต์เราใช้อากาศเป็นสารตัวกลาง ซึ่งจะมีคุณสมบัติไม่ตรงตามคุณสมบัติของก๊าซอุดมคติ คือค่าความร้อนจำเพาะไม่คงที่จะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิทำให้อัตราส่วนระหว่างค่าความร้อนจำเพาะ ($C_p/C_v = k$) เปลี่ยนแปลงไป รวมทั้งอุณหภูมิที่สูงภายในห้องเผาไหม้จะทำให้อะตอมของธาตุต่าง ๆ ภายในอากาศจะแตกตัว แล้วจับตัวกันเป็นสารประกอบ เช่น ไฮโดรเจน ออกซิเจน และคาร์บอน ซึ่งการแตกตัวหรือการรวมตัวกันเป็นสารประกอบบางอย่างของธาตุต่าง ๆ เหล่านี้ จะดูดความร้อนไป (Endothermic Reaction) เป็นสาเหตุที่ทำให้งานที่ได้ลดลง

2.1.7 ความหนืดของสารหล่อลื่น

ในเครื่องยนต์จริงมีการเคลื่อนที่ของส่วนต่าง ๆ ทำให้เกิดการเสียดสีมีความเสียดทานเกิดขึ้นจึงจำเป็นต้องมีการหล่อลื่นภายในชิ้นส่วนต่าง ๆ ซึ่งสารหล่อลื่นนี้ก็จะมีความหนืดภายในตัวเองเครื่องยนต์จึงจำเป็นต้องสูญเสียกำลังบางส่วนเพื่อเอาชนะความหนืดของสารเหล่านี้ด้วย

ที่กล่าวมาแล้วทั้งหมดนี้เป็นเพียงปัจจัยบางส่วนที่เกิดขึ้นภายในเครื่องยนต์เท่านั้นนอกจากนี้ยังมีปัจจัยภายนอกเครื่องยนต์อีกที่มีผลต่อการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

2.1.8 การแก้ไขปรับปรุงเครื่องยนต์

เนื่องจากการปรับปรุงเครื่องยนต์ในครั้งนี้ เป็นการปรับปรุงเพื่อให้เครื่องยนต์ผลิตกำลังได้ใกล้เคียงกับกำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อนจริงเท่านั้น ซึ่งกำลังที่เครื่องยนต์ผลิตได้ก่อนปรับปรุงก็มีกำลังมากเกินความต้องการอยู่แล้ว และยังเป็น การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงโดยไม่เกิดประโยชน์ ดังนั้นในการปรับปรุงชิ้นส่วนต่าง ๆ ในเครื่องยนต์จะยึดหลักในการปรับปรุงเพื่อให้เครื่องยนต์ผลิตกำลังได้ใกล้เคียงกับกำลังขับเคลื่อนจริงเป็นหลัก ชิ้นส่วนที่จะทำการปรับปรุงจะประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

2.1.8.1 การปรับปรุงประสิทธิภาพดูดของท่อไอดี

ระบบประจุไอดี คือ เส้นทางเดินของไอดีตลอดความยาวของท่อทางเดินของไอดีซึ่งประกอบไปด้วยท่อ ร่วมไอดีและเส้นทางเดินของท่อไอเสียภายในฝาสูบ ในการออกแบบระบบประจุไอดีที่ดีนั้นจะต้องออกแบบเอกสารเป็นเอกสารที่ส่งงานไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปใช้จริงในเชิงพาณิชย์ การคำนวณต่างๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบให้อากาศไหลอย่างสะดวก มีความต้านทานการไหลของไอดีเกิดขึ้นน้อยที่สุดและในขณะเดียวกันก็ต้องทำหน้าที่คลุกเคล้าอากาศกับเชื้อเพลิงให้ได้มากที่สุดเช่นกัน

ดังนั้นการออกแบบท่อไอดีที่ดีต้องออกแบบที่ดีต้องออกแบบให้อากาศไหลในท่อไอดีมีลักษณะการไหลเป็นแบบเทอร์บิวเลนต์ (Turbulent) เพื่อให้การคลุกเคล้าของอากาศกับเชื้อเพลิงเป็นไปอย่างดี

เนื่องจากท่อไอดีของเดิมมีขนาดใหญ่ทำให้มีประสิทธิภาพดุดสูง แต่ก็มีลักษณะโค้งงอในการปรับปรุงจึงให้ท่อไอดีมีลักษณะตรงแต่มีขนาดเล็กเพื่อประสิทธิภาพดุดลดลง ดังนั้น ประมาณไอดีที่เข้าบรรจุในกระบอกสูบจะลดลง ทำให้ใช้เชื้อเพลิงในการเผาไหม้ลดลงตามไปด้วย แต่ท่อไอดีที่มีขนาดเล็กนี้ก็จะมมีประสิทธิภาพดุดเพียงพอที่จะทำให้เครื่องยนต์มีกำลังมากพอที่จะใช้ในการขับเคลื่อน

2.1.8.2 การปรับปรุงประสิทธิภาพการขับไล่ไอเสีย

ระบบไอเสียก็มีลักษณะเช่นเดียวกับระบบไอดี แต่ก็มีข้อแตกต่างในหลาย ๆ ส่วน ระบบไอเสียที่ดีจะต้องขับไล่ไอเสียออกจากห้องเผาไหม้ได้อย่างหมดจด หรืออย่างน้อยก็ต้องขับไล่ได้มากที่สุดและยังต้องป้องกันแรงดันย้อนกลับ (Back Pressure) ของไอเสียที่จะเกิดขึ้น เนื่องจากก๊าซไอเสียที่ออกมาจากห้องเผาไหม้มีความดันและอุณหภูมิสูง หากระบบไอเสียทำได้ไม่ดีพอ แรงดันนี้ก็จะย้อนกลับเข้าไปในกระบอกสูบทำให้การขับไล่ไอเสียทำได้น้อยลง

นอกจากนั้นแล้วลักษณะการไหลของก๊าซไอเสียจะต้องเป็นแบบลามินาร์ (Laminar) เนื่องจากการไหลแบบนี้มีการสูญเสียเนื่องจากการไหลแบบเทอร์บิวเลนต์ และท่อแบบหนึ่งที่นิยมใช้ในการลดความดันย้อนกลับที่เกิดขึ้นภายในท่อไอเสียก็คือท่อเพิ่มขนาดแบบคอเนื้อ (Diffusers) เนื่องจากท่อแบบนี้สามารถลดแรงดันได้ดีและยังการสูญเสียน้อย

2.1.8.3 การถ่ายเทความร้อน และความเสียดทาน

ภายในเครื่องยนต์ยังคงมีความจำเป็นต้องมีการถ่ายเทความร้อนบางส่วนออกไป แต่เราก็สามารถลดปริมาณความร้อนที่ต้องถ่ายเททิ้งไปได้บางส่วนเช่น การระบายความร้อนของเครื่องยนต์ หากเครื่องยนต์ไม่ได้ทำงานที่อุณหภูมิสูงมากนักเราก็สามารถลดปริมาณความร้อนที่ต้องระบายออกจากชิ้นส่วนเครื่องยนต์บ้างขึ้นได้ แต่หากการถ่ายเทความร้อนของเครื่องยนต์ไม่ดีพอก็อาจนำความเสียหายมาสู่เครื่องยนต์ได้

ส่วนความเสียดทานที่เกิดขึ้น เราสามารถลดลงได้ในหลายส่วนของเครื่องยนต์ไม่ว่าจะเป็นความเสียดทานระหว่างกระบอกสูบกับแหวนลูกสูบ เราสามารถลดแรงเสียดทานได้โดยการลดจำนวนแหวนลูกสูบลงแต่การลดจำนวนแหวนลูกสูบลงนี้ต้องมั่นใจว่าเครื่องยนต์ยังคงมี ประสิทธิภาพในการอัดที่เพียงพอ

2.1.8.4 การรั่วไหลของไอดีและไอเสีย

การรั่วไหลของไอดีและไอเสียที่เกิดขึ้นระหว่างช่องว่างของกระบอกสูบและแหวนลูกสูบสามารถแก้ไขได้โดยการใช้สารหล่อลื่นที่มีประสิทธิภาพดีพอที่จะอุดรอยรั่วที่เกิดขึ้นนี้ได้ ซึ่งสารหล่อลื่นที่ใช้ก็ควรจะเป็นสารหล่อลื่นประเภทสารสังเคราะห์ สารหล่อลื่นประเภทนี้จะมีข้อดีก็คือความเหนียวจะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมिन้อยกว่าสารหล่อลื่นที่เป็นสารจากธรรมชาติ

2.2 หลักการทำงานของ การควบคุมเชื้อเพลิงด้วยคาร์บูเรเตอร์แบบเอสยู

คาร์บูเรเตอร์แบบสูญญากาศซึ่งที่หรือเรียกอีกอย่างว่า แบบคอคอดเปลี่ยนแปลงหรือที่เรารู้จักกันคือ คาร์บูเรเตอร์แบบเอสยูขึ้นส่วนภายในประกอบด้วยลูกสูบอลูมิเนียม (Piston) เข็มนมหนู (Needle) ติดอยู่ที่ปลายลูกสูบเหย้าในนมหนู (Jet) ซึ่งรับน้ำมันมาจากห้องลูกลอย ลูกสูบจะถูกกดลงด้วยสปริง เมื่อเครื่องยนต์ดับสปริงจะดันลูกสูบให้เลื่อนลงมาดันกับขอบหนูทำให้ท่ออากาศปิดแคบ ขณะเหยียบคันเร่ง คาร์บูเรเตอร์จะเปิดกว้างขึ้นทำให้อากาศไหลผ่านคอคอด อากาศที่ผ่านคอคอดนี้ลูกสูบปิดท่อทางให้แคบ จึงไหลผ่านด้วยความเร็วสูง เมื่ออากาศมีความเร็วสูงสูญญากาศก็มากขึ้นบริเวณห้องสปริงจะเกิดสูญญากาศมาก ผลก็คือแรงดันจากบรรยากาศจะดันด้านล่างของลูกสูบให้ยกขึ้นเข็มนมหนูก็จะยกตามทำให้น้ำมันถูกดันออกมาผสมกับอากาศที่ไหลเข้ากระบอกสูบ

การควบคุมขนาดของคอคอดโดยการเลื่อนของลูกสูบเป็นไปอย่างอัตโนมัติถ้าเกิดสูญญากาศมาก ลูกสูบในคาร์บูเรเตอร์จะเลื่อนขึ้นมาก ถ้าสูญญากาศน้อยลูกสูบในคาร์บูเรเตอร์จะเลื่อนต่ำลง และจะเป็นอย่างนี้ตลอดการทำงานทำให้ความเร็วของอากาศและสูญญากาศคงที่ ปริมาณการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงขึ้นอยู่กับขนาดความโตของรูนมหนูและขนาดของเข็มนมหนู

2.3 ระบบจุดระเบิด (Ignition System)

ระบบจุดระเบิดที่ใ้กับรถยนต์ในปัจจุบันนี้มีด้วยกันหลายระบบ ไม่ว่าจะเป็นระบบจุดระเบิดแบบแบตเตอรี่ ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์ ระบบจุดระเบิดแบบ CDI ระบบจุดระเบิดแบบแม็กนีโต แต่ละระบบก็มีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันออกไปส่วนในรถยนต์ประหยัดพลังงานที่เราสร้างขึ้นมานี้เราเลือกใช้ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์

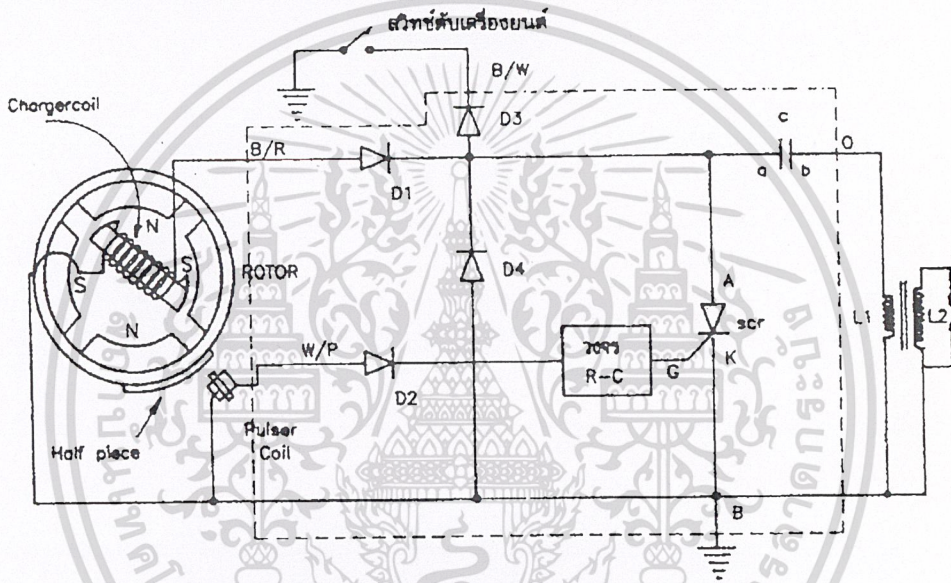
หลักการทำงานของระบบจุดระเบิดแบบนี้ อาศัยหลักการทำงานทางอิเล็กทรอนิกส์ที่มีชื่อเรียกว่า ทรานซิสเตอร์ (Transistor) ซึ่งทำหน้าที่เหมือนกับสวิทซ์ทางไฟฟ้าตัวหนึ่งทำหน้าที่ตัดต่อวงจรไฟฟ้าที่เข้าไปในคอยล์ (Coil) จุดระเบิดทำให้เกิดการเหนี่ยวนำภายในคอยล์เกิดกระแสไฟฟ้าแรงเคลื่อนที่สูงทำให้เกิดการสปาร์คที่หัวเทียน

ระบบจุดระเบิดแบบนี้ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ที่สำคัญคือ คอยล์จุดระเบิด เซนเซอร์จุดระเบิด ชุดขยายสัญญาณ และชุดสร้างสัญญาณจุดระเบิด

- เซนเซอร์จุดระเบิดจะประกอบไปด้วยขดลวดและแม่เหล็ก อาศัยหลักการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กไฟฟ้า
- ชุดขยายสัญญาณทำหน้าที่ขยายสัญญาณที่ได้จากขดลวดของเซนเซอร์จุดระเบิดแล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณควบคุมการทำงานของทรานซิสเตอร์เพื่อไปควบคุมคำสั่งจุดระเบิดอีกครั้งหนึ่ง
- ชุดสร้างสัญญาณจุดระเบิด จะมีลักษณะเป็นซี่ฟันยื่นออกมาจากแท่งโลหะทำหน้าที่เป็นส่วนหนึ่งของเส้นทางเดินของสนามแม่เหล็กที่อยู่ในเซนเซอร์จุดระเบิด

2.3.1 หลักการทำงาน

เมื่อสตาร์ทเครื่องยนต์ชุดสร้างสัญญาณจุดระเบิดที่ต่ออยู่กับเพลาค้อเหวี่ยงจะหมุนตามไปด้วยในขณะที่ที่ฟันของชุดสัญญาณจุดระเบิดเคลื่อนนี้ตัดผ่านสนามแม่เหล็กที่อยู่ในชุดเดียวกับเซนเซอร์จุดระเบิด จะทำให้เส้นแรงสนามแม่เหล็กเปลี่ยนแปลงไปทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นภายในขดลวดของเซนเซอร์จุดระเบิด กระแสไฟฟ้านี้จะถูกส่งไปยังชุดขยายสัญญาณควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับคอยล์จุดระเบิด ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำขึ้นภายในคอยล์จุดระเบิดเกิดการสปาร์กที่หัวเทียนข้อดีของระบบจุดระเบิดแบบนี้ก็คือ ให้กระแสไฟฟ้าแรงเคลื่อนสูงสูงกว่าระบบจุดระเบิดแบบแบตเตอรี่และไม่มีผลทำให้เกิดแรงเสียดทานหรือแรงต้านทานการหมุนของเพลาค้อเหวี่ยงหรือระบบจุดระเบิดแบบอื่น ๆ เช่น แรงต้านทานการหมุนเนื่องจากแรงดูดของแม่เหล็กในระบบจุดระเบิดแบบแม็กนีโต



รูปที่ 2-1ระบบจุดระเบิดแบบ CDI

2.4 กำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อน

เมื่อรถยนต์เคลื่อนที่ไปจะต้องใช้กำลังจากเครื่องยนต์มาทำให้ล้อหมุนเพื่อให้เกิดกำลังขับเคลื่อนกำลังนี้จะต้องมากพอที่เอาชนะกำลังที่สูญเสียไปเนื่องจากแรงต้านทานต่าง ๆ รถจึงจะเคลื่อนที่ไปได้

กำหนดให้

- P_r คือ กำลังเครื่องยนต์ที่ใช้ขับเคลื่อน (W)
- P_v คือ กำลังที่ล้อขับเคลื่อน (W)
- V คือ ความเร็วของรถยนต์ (m/s)
- N_t คือ ประสิทธิภาพของระบบส่งกำลัง
- R คือ แรงต้านทานทั้งหมด (N)
- R_a คือ แรงต้านทานลม (N)
- R_r คือ แรงต้านทานจากการหมุน (N)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ R_g ว่างไว้คือ แรงต้านทานจากน้ำหนักรถขณะขึ้นเนิน (N) วัตถุประสงค์ให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังที่ล้อขับเคลื่อน

$$P_v = P_v \quad (2.1)$$

ทั้งนี้เมื่อรถวิ่งบนพื้นระนาบ จะได้ว่า

$$R = R_a + R_r \quad (2.2)$$

แต่ถ้ารถวิ่งขึ้นพื้นเอียง

$$R = R_a + R_r + R_g \quad (2.3)$$

กำลังของเครื่องยนต์ที่ใช้ขับเคลื่อนนั้นจะต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพของระบบส่งกำลังด้วย
... กำลังเครื่องยนต์ที่ใช้ขับเคลื่อน

$$P_r = P_v / \eta_t = R V / \eta_t \quad (2.4)$$

ลักษณะของรถยนต์	η_t
รถแข่ง	0.90 - 0.95
รถยนต์ที่หนึ่ง	0.90 - 0.92
รถบรรทุก รถโดยสาร	0.82 - 0.85

ตารางที่ 2-1 ประสิทธิภาพของระบบส่งกำลัง

2.5 แรงต้านทานจากลม

รถยนต์ทุกชนิดที่วิ่งบนถนนนั้น เมื่อสัมผัสผิวด้านบนในขณะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าจะเกิดแรงต้านทานจากการหมุนกลิ้งของผิวด้านบน หรือแรงเสียดทาน และอีกอย่างหนึ่งคือแรงต้านทานจากรถ เนื่องจากรถต้องวิ่งแหวกอากาศออกไปซึ่งที่ความเร็วต่ำ แรงต้านทานจากลมจะน้อยมากจนไม่สามารถไปเปรียบเทียบกับแรงต้านทานการหมุน แต่ถ้ารถวิ่งด้วยความเร็วสูง แรงต้านทานลมจะมีผลต่อการขับเคลื่อนอย่างยิ่ง

2.5.1 ชนิดของแรงต้านทานจากลม มี 2 ประเภท คือ

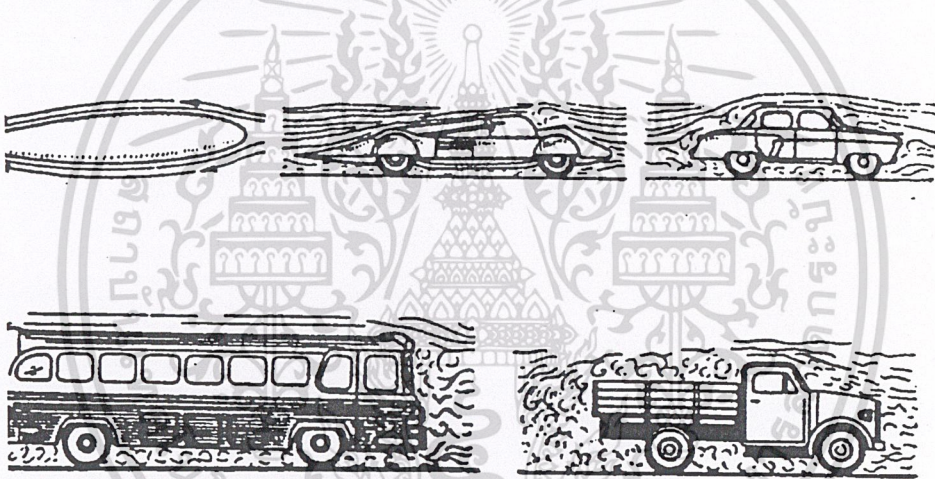
- .แรงต้านทานภายนอก คือ แรงต้านทานจากภายนอกของตัวถังที่รับลม
- .แรงต้านทานภายใน คือ ผลของอากาศที่ไหลเข้าไปภายในตัวรถ ซึ่งเกิดจากอากาศที่ไหลเข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางช่องระบายอากาศเพื่อถ่ายเทอากาศภายในรถ แต่เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างแรง 2 แรงนี้ แรงต้านทานภายในนี้มีค่าน้อย กระแสอากาศที่ไหลผ่านตัวรถนั้นจะต้องพยายามไม่ให้เกิดการหมุน ยิ่งถ้ากระแสอากาศที่ไหลเกิดเป็นเกลียวหมุนขึ้น จะทำให้มีแรงต้านทานมากขึ้น ดังนั้นจึงต้องออกแบบให้ตัวถังรถยนต์มีลักษณะกลม เพื่อลดแรงต้านทานที่จะเกิดขึ้น

2.5.2 ปัจจัยการเกิดแรงต้านทานของอากาศ จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสิ่งต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- แรงต้านทานของลมที่ส่วนหน้าและส่วนหลังของรถยนต์ในขณะที่รถวิ่งไป (ประมาณ 55-60%)
- พื้นที่หน้าตัดของรถ ปัง โคลนและชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่ติดไว้ด้านหลัง (ประมาณ 12-18%)
- แรงต้านทานจะสูงขึ้นเมื่อลมพัดผ่านหม้อน้ำ และช่องว่างใต้ฝากระโปรงของรถ(ประมาณ 10-15%)
- แรงต้านทานที่ผิวตัวถังรถ (ประมาณ 8-10%)
- ความแตกต่างระหว่างลมที่ข้างบนรถและส่วนล่างของรถ ซึ่งเมื่อลมพัดผ่านรถไปแล้วจะทำให้เกิดเป็นลมหมุนที่ข้างหลัง คล้ายกับว่าเป็นแรงดูดเอาไว้ ฉะนั้นจึงต้องออกแบบรูปทรงของรถยนต์ที่ป้องกันไม่ให้เกิดลมหมุนขึ้นที่ท้ายรถ (5-8%)



รูปที่ 2-2 ลักษณะของลมที่รุดรูปทรงแบบต่าง ๆ

2.6 การคำนวณแรงต้านทานอากาศ

ทั้งนี้ปัจจัยต่าง ๆ ดังกล่าวนั้นจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเร็วของรถยนต์ที่วิ่งไปที่จะเป็นผลทำให้แรงต้านทานของลมเพิ่มขึ้น และการทดลองพบว่า

$$R_a = K_a A V^2 \tag{2.5}$$

แต่ถ้าคำนึงถึงความหนาแน่นของอากาศ (ρ) ค่าของความต้านทานสามารถหาได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้ ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ทางการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_a = C_d \rho A V^2 \tag{2.6}$$

สำหรับในที่นี้จะไม่นิ่งถึงความหนาแน่นของอากาศและกำหนดให้

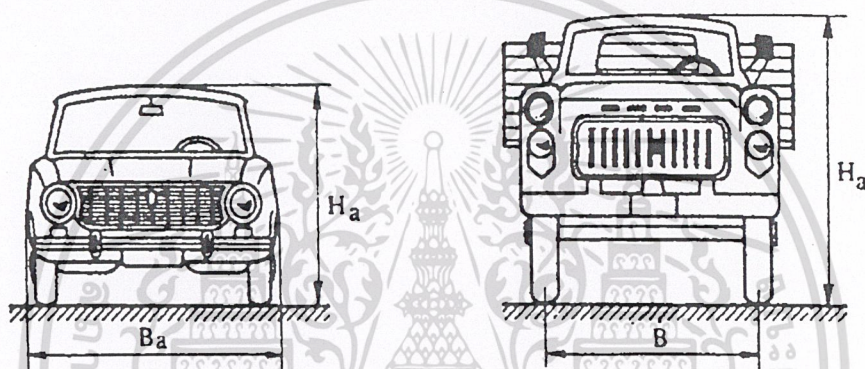
K_a คือ สัมประสิทธิ์ของแรงต้านทานของอากาศ (kg/m^3)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของรถยนต์ส่วนที่ต้านกับลม (m^2)

V คือ ความเร็วของรถยนต์ (m/s)

C_d คือ สัมประสิทธิ์ต้านลม สำหรับรถนั่งมีค่าประมาณ 0.3-0.45 (ไม่มีหน่วย)

สำหรับความเร็วของรถยนต์นั้น ในกรณีที่รถเล่นสวนทางลม ค่า K_a จะต้องรวมกับความเร็วลม แต่ถ้าวิ่งตามทางลมจะต้องหักออกด้วยความเร็วของกระแสลม



รูปที่ 2-3 ลักษณะการหาพื้นที่หน้าตัดของรถยนต์

การหาพื้นที่หน้าตัดของรถยนต์นั้นไม่สามารถหาค่าที่แน่นอนได้จึงมีวิธีการหาค่าได้ดังนี้

สำหรับรถบรรทุก

$$A = B H_a \quad (2.7)$$

สำหรับรถยนต์นั่ง

$$A = 0.78 B H_a \quad (2.8)$$

โดยที่

B คือ ช่วงกว้างของล้อ (m)

B_a คือ ความกว้างของตัวรถ (m)

H_a คือ ความสูงของตัวรถ (m)

ค่าคงที่ K_a เป็นค่าที่กำหนดโดยรูปร่างของรถซึ่งหาได้โดยการนำรถที่มีรูปร่างต่าง ๆ ไปทดลอง แออสในอุโมงค์ลม ก็จะทราบค่าที่แน่นอนของ K_a ได้ สำหรับค่า K_a มีค่าโดยประมาณดังนี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของรถยนต์	K_a	$A(m^2)$
รถแข่ง	0.13 – 0.15	1.0 – 1.3
รถยนต์นั่ง	0.20 – 0.35	1.6 – 2.8
รถตู้	0.25 – 0.45	4.5 – 6.5
รถบรรทุก	0.60 – 0.70	3.0 – 5.0

ตารางที่ 2-2 ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านทานของลม (K_a)

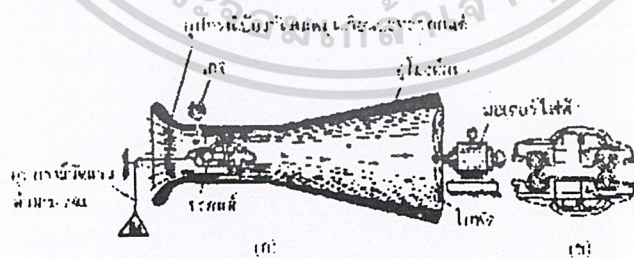
การทดสอบหาหลักอากาศพลศาสตร์ของรถยนต์นั้นจะต้องทดสอบในอุโมงค์ลมอุโมงค์ลมนั้นแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

1. ประเภทลมพัดผ่านเลยไป
2. ประเภทลมพัดวน แบบนี้สามารถทดสอบโดยปรับอุณหภูมิของลมให้เหมือนกับอากาศได้

ทุกสภาพและซับซ้อนกว่าแบบลมพัดผ่านเลยไป

การทดสอบหาสัมประสิทธิ์แรงต้านทานของลมทำได้โดยเป่าลมไปยังรถยนต์หรือหุ่นจำลองรถยนต์ที่วางไว้ในอุโมงค์ลม ตามรูปที่ 2-4 รถยนต์แขวนไว้ภายในอุโมงค์ลมซึ่งมีใบพัดลมของมอเตอร์ไฟฟ้าและจะมี

อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ลมหมุนเวียนที่ทางเข้าของลมปะทะกับรถยนต์ เสมือนเป็นแรงต้านทานลมที่กระทำต่อรถยนต์ขณะวิ่ง



รูปที่ 2-4 การหาหลักอากาศพลศาสตร์ในอุโมงค์แบบลมพัดผ่านไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_r = Wa/b \quad (2.9)$$

แต่ a/b เป็นค่าคงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของผิวถนน และขนาดของยางรถ ถ้ากำหนดให้

$$a/b = Rr \quad (2.10)$$

$$R_r = K_r W \quad (2.11)$$

ถ้ากำหนดให้

K_r คือ สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานการหมุน

W คือ น้ำหนักของรถที่ตกลงที่ล้อ (N)

W_1, W_2 คือ น้ำหนักของรถที่ตกลงที่ล้อหน้าและหลัง (N)

K_{r1}, K_{r2} คือ สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานการหมุนที่ล้อหน้าและหลัง

ถ้าหากพิจารณาทั้งล้อหน้าและหลัง

$$R_r = K_{r1} W_1 + K_{r2} W_2 \quad (2.12)$$

$$W_1 = W_2 \text{ และ } K_{r1} = K_{r2} \quad (2.13)$$

$$R_r = K_{r1} W \quad (2.14)$$

(ให้ $W_1 + W_2 = W =$ น้ำหนักรถยนต์)

จะเห็นได้ว่าแรงต้านทานชนิดนี้มีผลเนื่องมาจากล้อได้รับแรงกระทำซึ่งเป็นผลมาจากความขรุขระของผิวถนนและหน้ายาง เป็นต้น และจากเหตุนี้แรงต้านทานจะขึ้นอยู่กับสภาพของถนน ถ้าหากคำนึงถึงความลาดและถนนจะได้

$$R_r = K_r W \cos \theta \quad (2.15)$$

โดย θ คือ ความลาดของถนน

เมื่อกำหนดแรงต้านทานการหมุน สามารถหาค่าสัมประสิทธิ์ได้จากลักษณะของถนน

สภาพของถนน	ค่าสัมประสิทธิ์ (K_r)
สภาพดี	0.01 – 0.016
ถนนเป็นกรวด	0.015 – 0.020
ถนนมีไม้อัดกันเรียบ	0.020 - 0.030
ถนนเป็นหิน	0.016 – 0.07
ถนนเป็นทราย	0.15 – 0.3

ตารางที่ 2-3 ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานการหมุนของล้อรถยนต์

2.7 แรงต้านทานการเคลื่อนที่

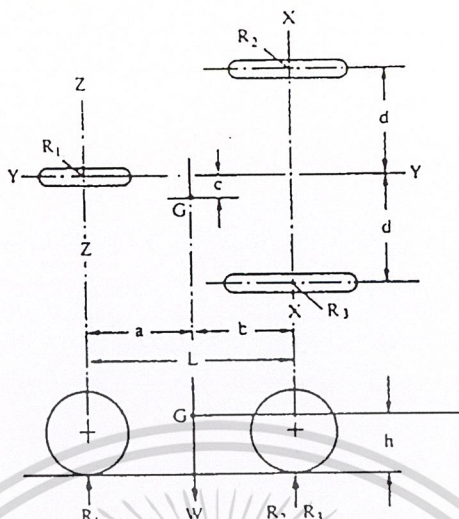
ไม่ว่าจะเป็นน้ำหนักรถ แรงต้านทานการหมุนของล้อ แรงต้านทานเนื่องจากการไหลของอากาศ การเคลื่อนที่ในทางชันสภาพถนนและปัจจัยอื่น ๆ อีกมากมาย สิ่งเหล่านี้เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มมากขึ้น

การสิ้นเปลืองของยางรถยนต์ขณะขับเคลื่อน การสิ้นเปลืองของยางเกิดขึ้นทุกช่วงความเร็วของรถยนต์แต่จะมีการสิ้นเปลืองมากขึ้นเมื่อความเร็วเพิ่มมากขึ้น และในขณะที่รถมีการเร่งในทางตรงกันข้าม หากรถยนต์มีความเร็วคงที่และแล่นด้วยความเร็วต่ำการสิ้นเปลืองของยางรถยนต์ก็จะลดน้อยลงตามไปด้วย

นอกจากนี้แล้วยังมีปัจจัยอื่น ๆ อีกมากมาย เช่น มุมของล้อหน้า ระบบเบรก อุปกรณ์ต่าง ๆ หรือแม้กระทั่งลักษณะการขับขี่ของผู้ขับรถยนต์เอง จะเห็นได้ว่าแม้แต่จุดเล็ก ๆ ซึ่งเราคาดไม่ถึงก็ยังมีผลต่อการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง หากเราสามารถควบคุมปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ให้ลดน้อยลงก็จะมีผลทำให้เราสามารถใช้อุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นตามไปด้วย

2.8 การรับน้ำหนักของรถ 3 ล้อ

พิจารณาจากกฎหมายการสมมูลโดยให้ล้อรถทั้ง 3 ล้อ อยู่บนพื้นระดับเดียวกัน แรงปฏิกิริยาที่เกิดจากเหตุสัมผัสของล้อทั้ง 3 ล้อ กับพื้นถนนจะอยู่ในลักษณะตั้งฉากกับพื้นถนน



รูปที่ 2-5 การรับน้ำหนักของรถที่มี 3 ล้อ

กำหนด

- w คือ น้ำหนักของรถยนต์ (N)
- L คือ ความยาวของช่วงล้อหน้าถึงล้อหลัง (mm)
- a คือ ระยะทางจากเพลาล้อหลังถึงจุดศูนย์กลางถ่วงหรือในที่นี้คือจุด G (mm)
- b คือ ระยะทางจากเพลาล้อหน้าถึงจุดศูนย์กลางถ่วง (mm)
- c คือ ระยะทางจากแกนกลางถึงจุดกึ่งกลางขางล้อหน้า (mm)
- d คือ ระยะทางจากแกนกลางถึงจุดกึ่งกลางขางล้อหน้า (mm)
- R_1 คือ แรงปฏิกิริยาที่ตั้งฉากกับล้อหน้า (N)
- R_2, R_3 คือ แรงปฏิกิริยาที่ตั้งฉากกับล้อหน้าแต่ละล้อ (N)
- H คือ ความสูงของจุดศูนย์กลางถ่วง

พิจารณาโมเมนต์รอบแกน XX จะได้

$$R_1 = Wb/b \tag{2.16}$$

เพราะฉะนั้น

$$R_1 = Wb/b \tag{2.17}$$

พิจารณาโมเมนต์รอบแกน YY จะได้

$$R_3 d = Wc + R_2 d \quad (2.18)$$

$$(R_3 - R_2) = Wc \quad (2.19)$$

เพราะฉะนั้น

$$R_3 - R_2 = Wc/d \quad (2.20)$$

พิจารณาโมเมนต์รอบแกน ZZ จะได้

$$R_3 L + R_2 L = Wa \quad (2.21)$$

$$(R_3 - R_2) = Wa/L \quad (2.22)$$

เพราะฉะนั้น

$$R_3 - R_2 = Wa/L \quad (2.23)$$

จากสมการ (3) + (2) จะได้

$$(R_3 + R_2) + (R_3 - R_2) = Wa/L + Wc/d \quad (2.24)$$

$$R_3 = W/2 (a/L + c/d) \quad (2.25)$$

จากสมการ (3) - (2) จะได้

$$(R_3 + R_2) - (R_3 - R_2) = Wa/L - Wc/d \quad (2.26)$$

$$R_2 = W/2 (a/L - c/d) \quad (2.27)$$

พิจารณาแรงที่กระทำกับรถ 3 ล้อ

$$R_1 + R_2 + R_3 = W \quad (2.28)$$

2.9 ความสูงของจุดศูนย์ถ่วง

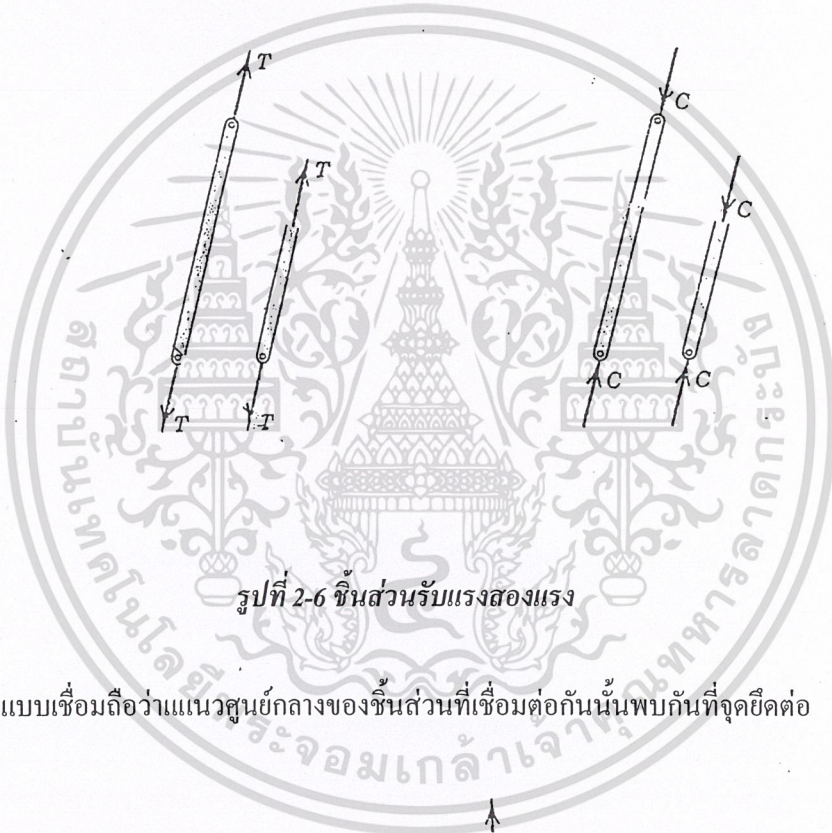
จุดศูนย์ถ่วงจะอยู่จุดใดของรถก็ได้ขึ้นอยู่กับ ขนาดความสูงและน้ำหนักของรถ จุดศูนย์ถ่วงมีความสำคัญกับรถยนต์เพื่อใช้ในการทรงตัวของรถโดยมีการกำหนด ตำแหน่งของจุดศูนย์ที่เหมาะสมกับการทรงตัวของรถยนต์ไว้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ถ้ำรถอยู่ในตำแหน่งลาดชัน น้ำหนักที่กระทำผ่านจุดศูนย์กลางถ่วงจะต้องลงไม่เกินระดับคานล้อหน้าหรือคานล้อหลัง
2. สัมผัสของล้อด้านข้างกับผิวถนน ถ้ำรถเลี้ยวโค้งที่ความเร็วและความเอียงแตกต่างกัน จุดศูนย์กลางถ่วงจะต้องลงไม่เกินแนวของผิว

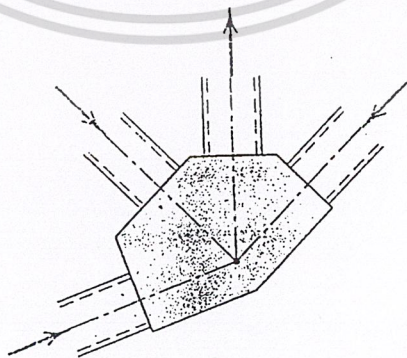
2.10 โครงสร้าง (Structure)

โครงสร้างเกิดจากการนำชิ้นส่วนตั้งแต่ 2 ชิ้น ขึ้นไปมาประกอบกันเป็นโครงสร้างแบบต่าง ๆ เพื่อช่วยในการรับแรง ชิ้นส่วนแต่ละชิ้นจะรับแรงกระทำที่ปลายทั้งสองของชิ้นส่วนนั้น แรงที่กระทำชิ้นส่วนต่าง ๆ จะอยู่ในลักษณะแรงดึงหรือแรงอัดมีทิศทางตรงกันข้ามและอยู่ในแนวเดียวกัน



รูปที่ 2-6 ชิ้นส่วนรับแรงสองแรง

สำหรับข้อต่อแบบเชื่อมถือว่าแนวศูนย์กลางของชิ้นส่วนที่เชื่อมต่อกันนั้นพบกันที่จุดยึดต่อ



รูปที่ 2-7 ข้อต่อเชื่อมหรือยึด

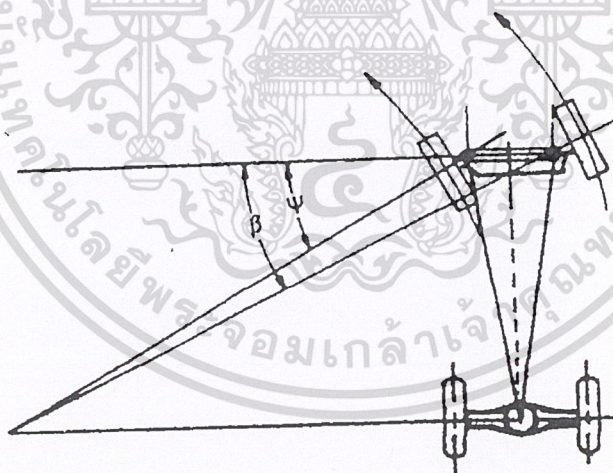
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.1 การวิเคราะห์แรงในโครงสร้าง

1. วิธีจุดยึดต่อ (Method of Joints) เขียนแรงกระทำที่จุดยึดต่อแต่ละจุดเลือกจุดต่อที่ไม่รู้ค่า 1 ตัว และไม่เกิน 2 ตัว มาวิเคราะห์แรงโดยใช้สมการสมดุลแรง
2. วิธีส่วนตัด (Method of sections) เลือกตัดโครงสร้างผ่านชิ้นส่วนที่มีตัวไม่ทราบค่าไม่เกิน 3 ตัว หรือชิ้นส่วนที่ต้องการจะทราบแรง วิเคราะห์แรงโดยใช้สมการสมดุลแรงโครงสร้างของเครื่องจักรกล ประกอบด้วยชิ้นส่วนของโครงสร้างแต่ละชิ้นมีแรงกระทำมากกว่า 2 แรงขึ้นไปทำการแยกชิ้นส่วนออกเป็นอิสระเพื่อทำการวิเคราะห์แรงของชิ้นส่วนแต่ละชิ้นโดยใช้สมการสมดุลแรง

2.11 กลไกการบังคับเลี้ยว

การบังคับรถให้เลี้ยวเป็นการเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ซึ่งแต่เดิมเป็นแบบไขว้ล้อที่ห้า (Fifth Wheel Steering) หรือระบบจุดหมุนจุดเดียว ซึ่งเหมาะกับรถม้าและรถพ่วง หากนำมาใช้กับรถยนต์ก็จะไม่เหมาะสมนักเพราะในการออกแบบบังคับเลี้ยวมีส่วนสำคัญต่อการบังคับรถยนต์ทั้งหมด ระบบบังคับเลี้ยวจึงต้องออกแบบอย่างระมัดระวังเพื่อให้เป็นจุดเดียวกันกับระบบรองรับน้ำหนัก เพื่อใช้รับแรงที่ล้อหน้า ในการออกแบบระบบบังคับเลี้ยวชิ้นส่วนใหญ่จะเป็นแบบทราพีซ (Trapeze) หรือแบบอ็คเคมานน์ (Ackermann) ดังรูปที่ 2-9 ทั้งนี้การแบบทำให้ล้อหน้าของรถยนต์มีลักษณะเป็นโทเอาต์ออนเทิร์น (toe – out on turn) ล้อของรถยนต์ก็จะไม่ลื่นไถล

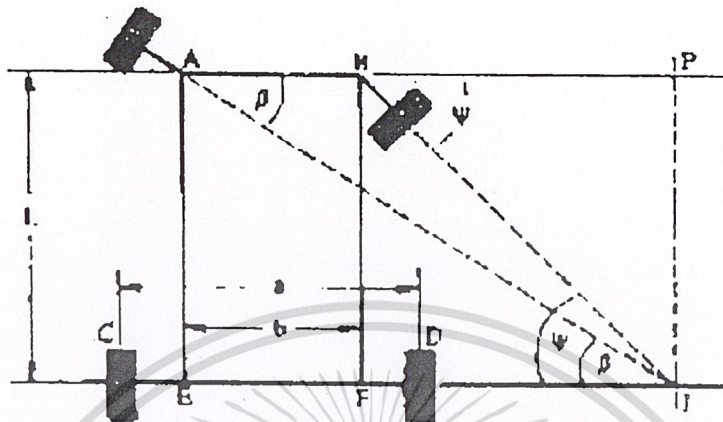


รูปที่ 2-8 ระบบบังคับเลี้ยวแบบอ็คเคมานน์

2.12 การบังคับเลี้ยวของรถยนต์

เมื่อรถยนต์วิ่งไปบนถนนจะเห็นรอยสัมผัสที่เสียดสีกันระหว่างยางกับถนน การคลิ้งตัวของยางบนผิวถนนนั้นจะพิจารณาได้จากการเขียนวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางของการเลี้ยว แนวแกนล้อทั้งสองที่หันเลี้ยวจะพบกันที่จุดศูนย์กลางของการเลี้ยว โดยจุดนี้จะอยู่ในแนวเดียวกันเพลาหลัง จากรูปที่ 2-9 จะเห็น

ได้ว่าแกนล้อด้านในของการเลี้ยวเอียงทำมุมกับแนวเส้นเพลาน้ำเป็นมุม และมีขนาดกว้างกว่ามุมของแกนล้อด้านนอกของการเลี้ยว



รูปที่ 2-9 การบังคับเลี้ยวของรถยนต์

กำหนดให้

- a = CD คือ ช่วงกว้างระหว่างล้อ
- b = AB คือ ระยะระหว่างจุดหมุนของเพลาน้ำ
- L = AE คือ ช่วงยาวระหว่างล้อ
- I คือ จุดศูนย์กลาง การเลี้ยวของล้อทั้ง 4

ถ้าลากเส้น IP ตั้งฉากกับ AB ที่จุด P ดังรูปที่ 2-10

$$b = AP - BP \tag{2.29.1}$$

$$b = L \cot \beta - L \cot \Psi \tag{2.29.2}$$

นั่นคือ

$$\cot \beta - \cot \Psi = b/L \tag{2.29.3}$$

2.12.1 วิธีการของระบบบังคับเลี้ยว

ระบบบังคับเลี้ยวแบ่งได้ 2 แบบ คือ

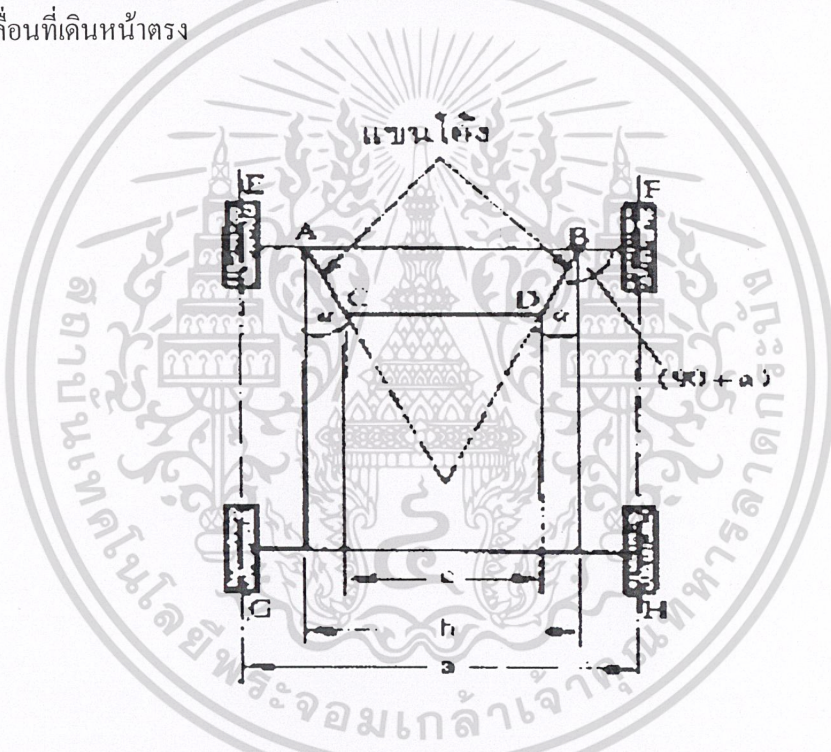
- 1.แบบเดวิส (Davis steering gera)
- 2.แบบอ็คเคมานน์ (Ackemann steering gear)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งสองแบบนี้มีลักษณะแตกต่างกันคือแบบเดวิสเป็นแบบชิ้นส่วนต่าง ๆ เลื่อนไปมาทำให้เกิดความฝืดและสึกหรออันเป็นผลทำให้ค่าของมุมผิดพลาดไป ส่วนแบบอ็คเคมานน์เป็นแบบที่ชิ้นส่วนต่าง ๆ เคลื่อนที่โดยการหมุนเพียงอย่างเดียว

1.แบบเดวิส ระบบบังคับเลี้ยวแบบนี้ให้ค่าทางคณิตศาสตร์เป็นไปอย่างถูกต้อง แต่ไม่เหมาะสมเหมือนกับระบบอ็คเคมานน์ ทั้งนี้เพราะมีกลไกมากกว่า จึงไม่สามารถแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องจากการสึกหรอได้

2. แบบอ็คเคมานน์ กลไกบังคับเลี้ยวแบบนี้เป็นแบบแขน 4 แขน ประกอบด้วยคันส่ง (cross link) CD ที่ต่ออยู่กับแขน AE และ BF ของล้อหน้าทั้งสอง ทั้งนี้แขน AC และ BD ต่างก็เป็นส่วนหนึ่งของแขนโค้ง (Bell - crank) CAE และ DBF ตามลำดับ โดยองเป็นมุม 90° (ดังรูปที่ 2-10 ทั้งนี้ ABCD จะเป็นแขน 4 แขน โดยมีแขน AC และ BD เอียงทำมุม (กับแนวโคจรรถ ฉะนั้นแขน CD จึงขนานกับแนว AB เมื่อรถเคลื่อนที่เดินทางตรง

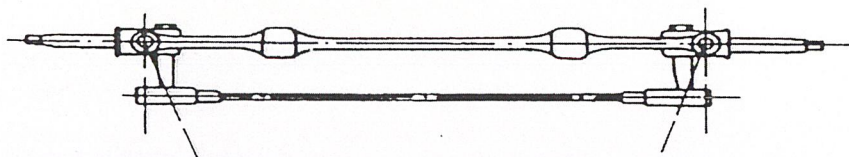


รูปที่ 2-10 ตำแหน่งเดินทางตรง

2.12.2 การติดตั้งกลไกการบังคับเลี้ยว

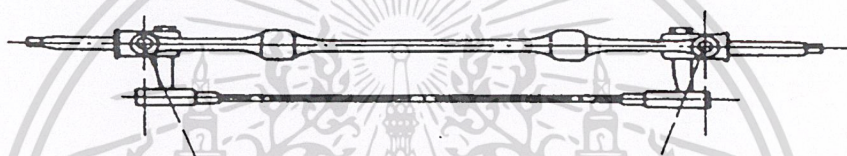
การติดตั้งคันส่งมี 2 ลักษณะ คือ

1.แบบติดตั้งภายใน แบบนี้คันส่งจะติดตั้งอยู่หลังคานหน้า เพื่อป้องกันไม่ให้ตัวคันส่งกระแทกกับสิ่งกีดขวางบนถนนและตัวคันส่งจะอยู่ในลักษณะรับแรงอัด



รูปที่ 2-11 ลักษณะของการติดตั้งคันทิ้งอยู่หลังคานหน้า

2.แบบติดตั้งภายนอก แบบนี้ตัวคันทิ้งจะติดตั้งอยู่ทางด้านหน้าคาน อาจทำให้กระทบกับสิ่งกีดขวางได้ ถ้าตัวคันทิ้งงอก็จะมีผลต่อมุมล้อหน้าได้ การติดตั้งในลักษณะนี้ตัวคันทิ้งจะรับแรงดึง



รูปที่ 2-12 ลักษณะของการติดตั้งคันทิ้งอยู่หน้าคานหน้า

2.13 รัศมีล้อสถิตและพลวัต

ล้อที่บรรจุมที่มีความดันตามพิกัดในขณะที่ยังจอดนิ่ง ล้อจะต้องรับน้ำหนักบรรทุกผิวล้อตรงจุดสัมผัสกับผิวถนนจะเบนลงทำให้รัศมีของยางที่จุดนั้นสั้นลงจากเดิม รัศมีของล้อในขณะนี้เรียกว่า รัศมีล้อสถิต (static radius)

เมื่อรถแล่นด้วยความเร็ว 60 km/h ล้อจะลอยขึ้น ผิวล้อที่จุดสัมผัสกับผิวถนนจะไม่เบนเท่ากับขณะจอดนิ่ง รัศมีของยางในขณะนี้เรียกว่า รัศมีล้อพลวัต (Dynamic radius) สำหรับการหารัศมีของล้อพลวัตนั้นสามารถหาได้จากสูตร

$$\text{รัศมีล้อพลวัต} = \text{ระยะทางที่ล้อแล่นไปครบ 1 รอบ ณ. ความเร็ว 60 km/h/2\pi}$$

สำหรับการคำนวณเพื่อหาเส้นผ่านศูนย์กลางยางให้คิดจากสูตรนี้

$$\text{เส้นผ่านศูนย์กลางของยาง} = \text{ขนาดของกงล้อ} + 2 \text{ เท่าของความกว้างแก้มยาง(นิ้ว)}$$

2.14 วงล้อ

วงล้อที่ใช้กันอยู่ทั่ว ๆ ไป นั้นสร้างขึ้นจากเหล็กอัดขึ้นรูปซึ่งมีอยู่ 2 ลักษณะคือ

1. วงล้อแบบผิ้อัดลึก เป็นแบบที่ใช้กับรถยนต์นั่งทั่ว ๆ ไป สำหรับความหมายของรหัสนั้นจะบ่งบอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึงความกว้างของขอบสวนยาง ลักษณะของงอกล้อและขนาดวัดผ่านศูนย์กลางของงอกล้อ เช่น 3.50 D (16 หมายความว่า งอกล้อมีความกว้างของขอบที่สวนยางเท่ากับ 3.50 นิ้ว ลักษณะรูปทรงของงอกล้อเป็นแบบ D ขนาดวัดผ่านศูนย์กลางของงอกล้อเท่ากับ 16 นิ้ว

2. วงล้อแบบผิวยาง เป็นงอกล้อที่ใช้กับรถบรรทุก โดยรหัสที่เขียนไว้บนนั้นก็บอกถึงสิ่งต่าง ๆ เช่นเดียวกับวงล้อแบบผิวอัดลึกลับ เช่น งอกล้อแบบ 5.00 S -20 หมายความว่า ความกว้างของขอบสวนล้อเท่ากับ 5 นิ้ว ลักษณะรูปทรงของงอกล้อเป็นแบบ S ขนาดวัดผ่านศูนย์กลางของวงล้อเท่ากับ 20 นิ้ว

2.14.1 วงล้ออะลูมิเนียม

ในปัจจุบันโลหะผสมอะลูมิเนียมมีแนวโน้มที่ถูกเลือกเป็นวัสดุเพื่อผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรกลมากขึ้น เช่น ใช้ผลิตกระทะล้อรถยนต์ แต่ก็ประสบปัญหาการผลิตเพราะการผลิตกระทะล้อโดยวิธีการตีขึ้นรูปนั้นจะเสียเวลามาก และยังจะผ่านการกลึงเพื่อแต่งอีกด้วย ฉะนั้นจึงใช้วิธีการหล่อซึ่งประหยัดและสูญเสียโลหะจากการตกแต่งน้อยกว่า สำหรับการหล่อนั้นจะใช้ทรายเป็นแบบหรือแบบหล่อที่เป็นโลหะก็ได้ ขึ้นอยู่กับลักษณะการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมนั้น การออกแบบกระทะล้อนั้นต้องคำนึงถึงหลักการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. พยายามหลีกเลี่ยงการออกแบบให้มีชิ้นส่วนยื่นออกมาอย่างน้อยที่สุด
2. การพยายามให้มีความหนาเท่ากันตลอด
3. การออกแบบต้องเผื่อไว้สำหรับการหดตัวของโลหะและการตกแต่ง
4. ชิ้นส่วนควรมีพื้นที่หน้าตัดไม่แตกต่างกันมาก หรือ ต้องไม่เปลี่ยนแปลงขนาดอย่างกะทันหัน
5. ส่วนที่ต่อกันไม่ควรเป็นมุมฉากหรือหักทันที เพราะทำให้เกิด Stress concentration บริเวณนั้นมัก

จะเย็นตัวช้ากว่าบริเวณอื่น จึงทำให้เกิดโพรงขึ้นภายใน เป็นการลดความแข็งแรงของงานหล่อลงมาก

การทดสอบมาตรฐานของงอกล้อนั้นมีหลายวิธี ขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการตรวจสอบมาตรฐานสินค้าสำหรับงอกล้อที่ได้มาตรฐานจะมีสัญลักษณ์ติดไว้ เช่น

TUV เป็นสัญลักษณ์รับรองมาตรฐานสินค้าของประเทศเยอรมัน

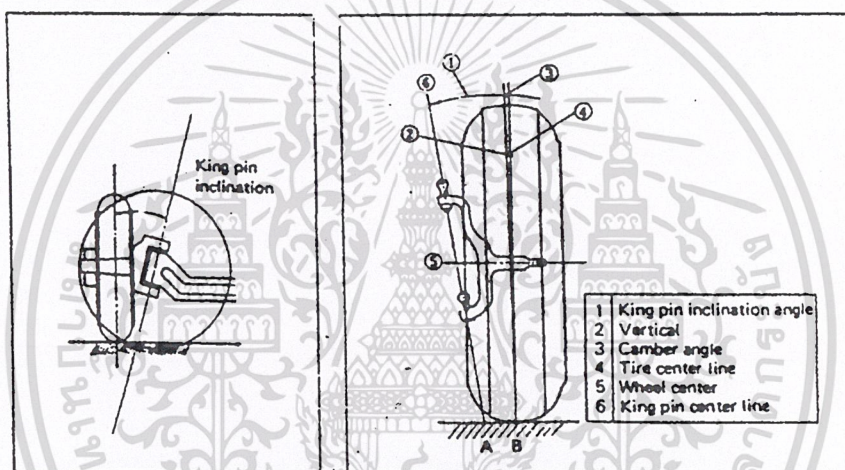
VIA JWL เป็นสัญลักษณ์รับรองมาตรฐานสินค้าของประเทศญี่ปุ่น

2.15 มุมของล้อหน้า

มุมของล้อหน้าเป็นระบบที่สำคัญที่ช่วยให้รถยนต์แล่นไปในทางตรง และบังคับเลี้ยวได้อย่าง สะดวกสบาย การทรงตัวของรถดี และป้องกันสึกหรอของยางได้ด้วย ล้อหน้าของรถยนต์ติดตั้งอยู่บน แกนล้อหน้าตามที่มุมกำหนด ถ้ามุมใดมุมหนึ่งเกิดปัญหา จะส่งผลกระทบต่อหน้การขับขี่และการสึก หรอของยางด้วย

หน้าที่ของมุมของล้อหน้า พอสรุปได้ดังนี้

1. ทำให้พวงมาลัยเบา
2. การบังคับรถสะดวกง่าย
3. ทำให้พวงมาลัยหมุนกลับได้เอง
4. ทำให้ยางมีอายุยืนยาว

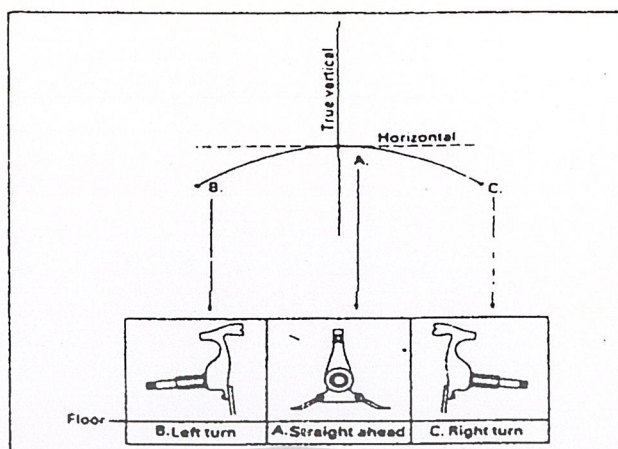


รูปที่ 2-13 การแสดงมุมต่าง ๆ ของล้อหน้า

2.15.1 การเอียงของแกนสลักล้อ (King Pin or Steering Axis Insclination)

เส้นผ่านศูนย์กลางของสลักล้อไม่ได้อยู่ในแนวตั้งกับพืดวงน แต่เอียงเข้าด้านในการเอียงของแกน สลักล้อช่วยให้รถแล่นตรงไปข้างหน้า หลังจากหมุนพวงมาลัยไปแล้ว เมื่อหมุนพวงมาลัยล้อหน้าจะหมุน ไปรอบ ๆ แกนสลักล้อ ทำให้รถเลี้ยวซ้ายและขวาตามต้องการจากรูป 2-14 จะเห็นว่าเมื่อเลี้ยวรถ ปลาย แกนล้อจะถูกกดให้ต่ำลงแกนล้อจะอยู่ใน 3 ลักษณะ รูป A ล้ออยู่ในตำแหน่งตรง ระยะทางระหว่างปลาย แกนล้อกับพื้นถนนเป็นระยะหนึ่ง ถ้าหมุนพวงมาลัยให้รถเลี้ยวขวาหรือซ้าย ก็จะเป็นดังรูป B และ C เมื่อวัดระยะความสูงจากพื้นถึงแกนล้อ จะพบว่าเมื่อรถเลี้ยว นั้น ความสูงจากพื้นถึงแกนล้อน้อยกว่าระยะ เมื่อรถตรงไปข้างหน้า แต่โดยข้อเท็จจริงแล้ว ปลายแกนล้อไม่สามารถถูกกดลงไปได้ ดังนั้นตัวรถจึงต้อง ถูกยกขึ้นขณะเลี้ยว เมื่อปล่อยพวงมาลัยหน้าหนักของรถกดให้ล้อกลับมามีอยู่ในตำแหน่งตรงไปตามเดิม ทำให้รถแล่นตรงไป พวงมาลัยหมุนกลับได้เองด้วยเหตุผลดังกล่าวมาแล้วนี้ มุมเอียงของแกนสลักล้อปกติ จะเอียงประมาณ 5-8 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

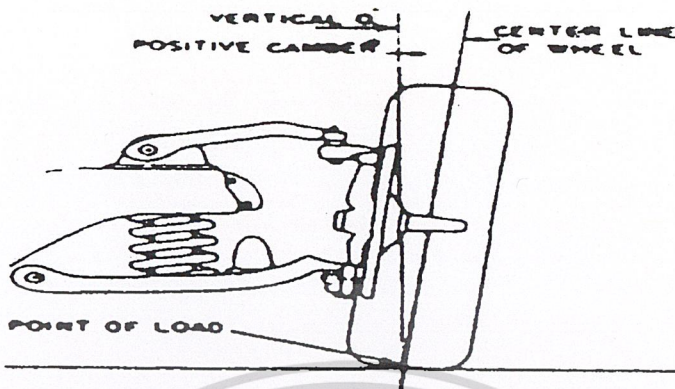


รูปที่ 2-14 แสดงระยะความสูงของปลายแกนสลักล้อกับพื้น

ในกรณีของระบบอิสระปีกนกที่ใช้ลูกหมาก (Ball Joint) เส้นที่ลากผ่านศูนย์กลางของลูกหมาก ตัวบนและตัวล่างที่เป็นมุมเอียงนี้ เป็นมุมเอียงของแกนสลักล้อ มุมเอียงของรถที่ใช้ลูกหมากนี้ บางทีก็เรียกว่ามุมเอียงของแกนสลักล้อ (Steering Axis Inclination) หรือมุมของลูกหมาก (Ball Joint Angle) จากรูปที่ 2-14 ระยะทางระหว่างจุด B ซึ่งเป็นจุดที่ยางสัมผัสกับถนน และจุด A ซึ่งเป็นจุดที่ลากเส้นผ่านลูกหมากทั้งสองตัดกับพื้นถนนเรียกว่า ระยะเอียง (Offset) ถ้าระยะนี้มากเกินไป จะทำให้พวงมาลัยหนัก ถ้าระยะเอียงนี้ไม่เพียงพอก็จะทำให้พวงมาลัยไว ซึ่งไม่เป็นผลดีในขณะห้ามล้อ หรือขณะที่รถแล่นไปบนถนนที่ขรุขระ ปกติระยะเอียงนี้ประมาณ 30-40 มม.

2.15.2 แคมเบอร์ (Camber)

มุมนี้เป็นมุมเอียงของยางที่แนวศูนย์กลางของยางเอียงออกจากแนวตั้ง ถ้าศูนย์กลางของยางเอียงออกจากแนวตั้ง เรียกว่า แคมเบอร์บวก (Positive Camber) แต่ถ้าศูนย์กลางของยางเอียงเข้าด้านในจากแนวตั้ง เรียกว่า แคมเบอร์ลบ (Negative Camber) แต่ถ้าศูนย์กลางของยางกับแนวตั้งเป็นเส้นเดียวกับ เรียกว่า มุมแคมเบอร์เป็นศูนย์ (Zero Camber) การวัดค่าของมุมนี้วัดเป็นองศา มุมแคมเบอร์ทั่ว ๆ ไป ประมาณ 1-3 องศา



รูปที่ 2-15 มุมแคมเบอร์บวก

มุมแคมเบอร์ของรถส่วนมากเป็นบวก ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเอียงเข้าใน ขณะที่รถรับน้ำหนักหรือเมื่อเบร้งส์สึกหรอ ทั้งนี้เพราะการที่แคมเบอร์เป็นบวกนั้นเมื่อรถรับน้ำหนัก หรือเบร้งส์สึกหรอ และล้อหมุนไปจะทำให้ล้ออยู่ในแนวตั้ง

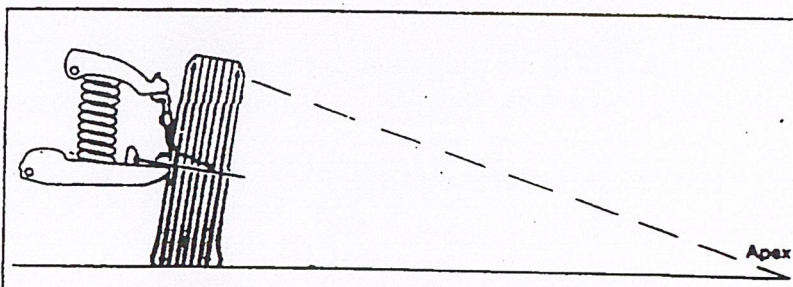
วัตถุประสงค์ของมุมแคมเบอร์ คือ

1. ทำให้พวงมาลัยเบา
2. เพื่อให้จุดสัมผัสกับถนนอยู่ใกล้กับแนวที่น้ำหนักกดมากที่สุด
3. ป้องกันการสึกหรอของยาง

รถยนต์ส่วนมากได้ออกแบบให้ ล้อหน้าเปลี่ยนเป็นแคมเบอร์ลบเล็กน้อย เมื่อล้อยกขึ้นผ่านสิ่งกีดขวาง

และจะกลับเป็นแคมเบอร์บวกหรือเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เมื่อล้อยกกับสู่สภาพปกติ

เมื่อรถเลี้ยว ล้อหน้าด้านนอกจะเป็นมุมแคมเบอร์ลบ เพราะแรงเหวี่ยงจะกดลงที่ล้อด้านนอกตัวรถด้านนอกจะต่ำลงแต่ด้านในจะยกสูงขึ้น เนื่องจากน้ำหนักแรงเหวี่ยงนี้ทำให้ล้อหน้าด้านในเป็นมุมแคมเบอร์มากขึ้นจากรูปจะเห็นว่าหน้าของยางสัมผัสกับผิวถนนอย่างสมบูรณ์



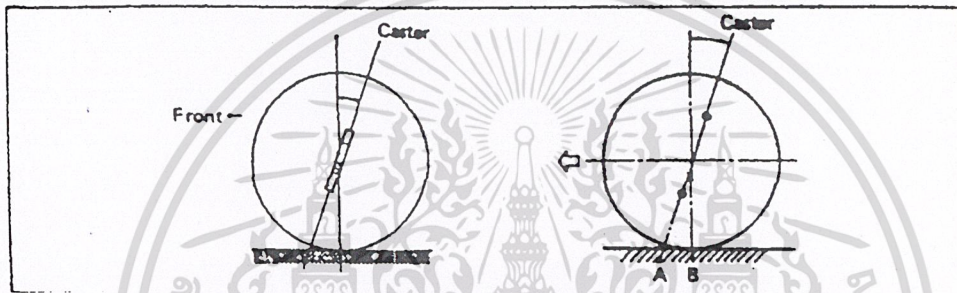
รูปที่ 2-16 แสดงการที่ล้อจะกลิ้งเป็นวงรูปกรวย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มุมแคมเบอร์นี้ยังมีผลต่อการควบคุมรถยนต์ในสภาพถนนหลังเต่าอีกด้วย ให้สังเกตเส้นทั้งสองที่ มาจากการเอียงของยางกับพื้นถนนจะตัดกันที่จุด ๆ หนึ่ง การเอียงของยางนั้นจะทำให้ยางหมุนไปรอบ ๆ จุดตัดหรือจุด Apex ดังรูปที่ 2-16 ซึ่งก็จะเป็นรูปกรวย ดังนั้นจะเห็นได้ว่าล้อจะถูกดึงไปด้านหนึ่ง จาก เหตุผลดังกล่าวนี้ บริษัทผู้ผลิตรถยนต์บางบริษัท จึงแนะนำ ให้ตั้งมุมแคมเบอร์ของล้อทั้งสองไม่เท่ากัน ทั้งนี้ตามสภาพการเอียงของถนน หรือตามลักษณะการขับรถชนิดซ้ายหรือขวา

ปัจจุบันรถยนต์ได้ออกแบบให้มุมแคมเบอร์น้อยลงเพราะ

1. หน้ายางกว้างขึ้น
2. เส้นผ่านศูนย์กลางของยางลดลง
3. รถยนต์มีความเร็วสูงขึ้น



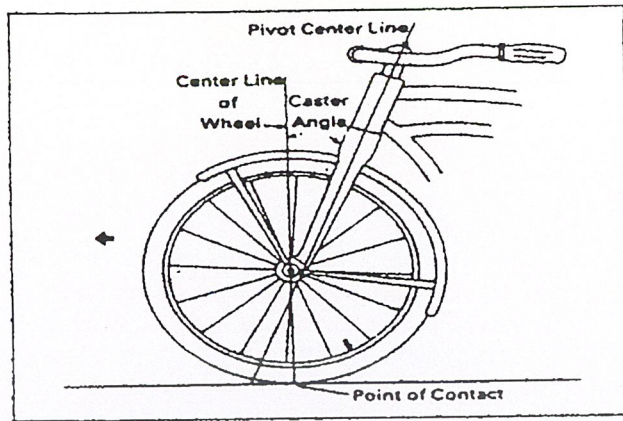
รูปที่ 2-17 มุมคาสเตอร์

2.15.3 คาสเตอร์ (Caster)

การเอียงของสลักล้อของล้อหน้า เมื่อมองทางด้านหน้าของรถ จะพบว่าสลักล้อไม่ได้อยู่ในแนวตั้ง

สำหรับรถที่ใช้ลูกหมากสลักล้อ เส้นตรงที่ลากผ่านศูนย์กลางลูกหมากอันบนกับอันล่างที่เอียงไปจากแนวตั้ง ก็เป็นมุมคาสเตอร์เช่นกัน เส้นผ่านศูนย์กลางที่ลากผ่านลูกหมากหรือการเอียงของสลักล้อนี้ เมื่อลากเส้นตรงไปสัมผัสกับผิวถนน จะอยู่หน้าเส้นตั้งที่ลากผ่านศูนย์กลางของยางมาสัมผัสกับผิวถนน มุมคาสเตอร์เช่นนี้เรียกว่า คาสเตอร์บวกซึ่งจะเป็นผลให้รถตรงไปข้างหน้าเสมอ แม้ว่าจะหมุนพวงมาลัยให้รถเลี้ยวแล้วก็ตาม ล้อก็จะหมุนกลับได้เองโดยอัตโนมัติ อาการเช่นนี้เรียกว่า ผลของคาสเตอร์ (Caster Effect)

ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเจนก็คือ คาสเตอร์ของจักรยานทำให้ผู้ขับขี่ปล่อยมือได้ โดยจักรยานยังคงตรงไปได้ตลอดเวลา



รูปที่ 2-18 มุมคาสเตอร์ของล้อหน้ารถจักรยาน

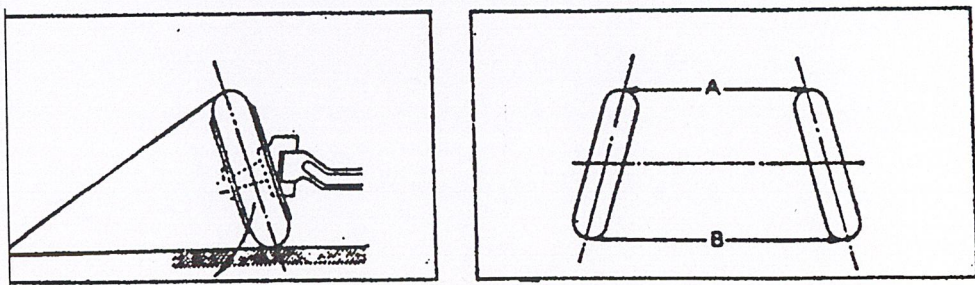
จากรูปที่ 2-17 ระยะทางระหว่างจุด A กับจุด B เรียกว่า “Caster Trail” เมื่อจุด A อยู่หน้าจุด B สลักล้อเอียงไปทางด้านหลังเรียกว่า คาสเตอร์บวก (Positive Caster) แต่ถ้าจุด A อยู่หลังจุด B สลักล้อเอียงไปทางด้านหน้าเรียกว่า คาสเตอร์ลบ (Nagative Caster)

รถยนต์ปัจจุบันได้ออกแบบล้อหน้าเป็นอิสระ หน้ายางกว้างขึ้น ทำให้การเอียงสลักล้อ (Steering Caster Axis Inclination) ในรถได้รับการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงได้ด้วย โดยผู้ผลิตให้พวงมาลัยเบาขึ้น หรือใช้แรงหมุนพวงมาลัยน้อยลง

อีกประการหนึ่งการที่ถนนมีลักษณะเป็นรูปหลังเต่า หรือลาดเอียงด้านใดด้านหนึ่งเพื่อให้น้ำไหลได้สะดวก ก็มีผลต่อการบังคับเลี้ยวเช่นกัน เพราะรถจะถูกดึงไปด้านใดด้านหนึ่งเมื่อมุมคาสเตอร์ของล้อทั้งสองเท่ากัน ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหานี้จึงได้มีการแนะนำให้ตั้งมุมคาสเตอร์ทั้งสองข้างไม่เท่ากัน โดยรถที่ขับซิดซ้ายให้ตั้งล้อซ้ายมีค่ามากกว่า ¼ - ½ องศา ทั้งนี้เพื่อชดเชยสภาพการเอียงของถนน

รถยนต์นั่งรุ่นใหม่บางชนิด มุมคาสเตอร์เพื่อศูนย์ (0) หรือเป็นลบ เพราะเหตุว่า

1. หน้ายางที่กว้าง ทำให้จุดสัมผัสกับถนนกว้าง เป็นเหตุให้พวงมาลัยหนัก
2. การพัฒนาดอกยางให้เหมาะสมกับรถที่มีความเร็วสูง จุดที่ยางสัมผัสกับถนนจะเลื่อนไปอยู่ข้างหน้า ด้วยเหตุนี้จะทำให้มุมคาสเตอร์โตขึ้น



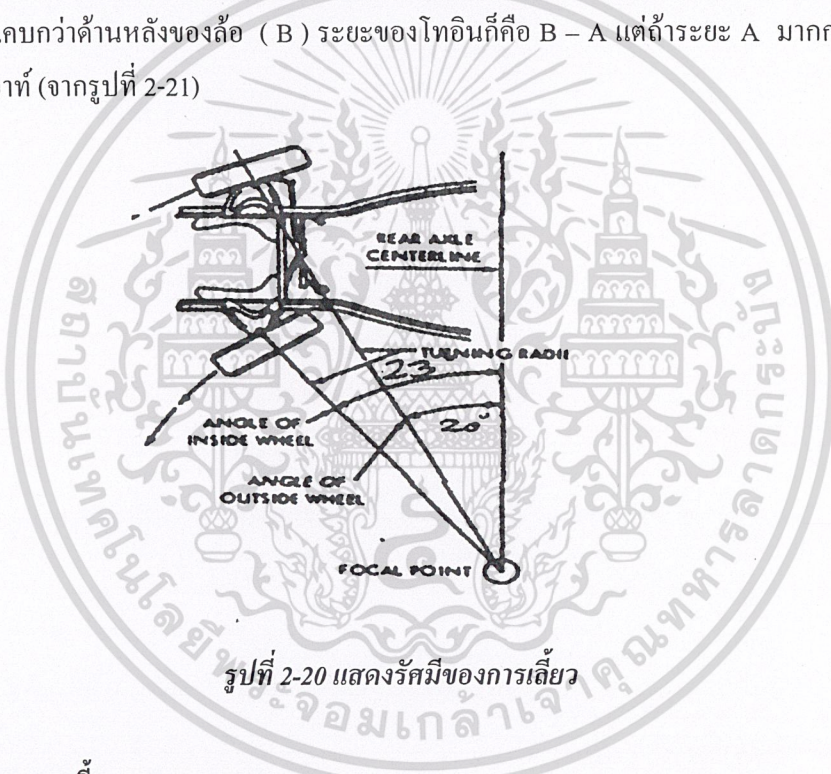
รูปที่ 2-19 (ก) แสดงการเอียงของล้อ ทำให้ล้อลื่นออกด้านนอก (มุมคาสเตอร์)

(ข) แสดงด้านหน้าของล้อหน้าแคบกว่าด้านหลังของล้อหลัง

2.15.4 โทอิน- โทเอาท์ (Toe - in, Toe - out)

เมื่อมองจากด้านบนของล้อหน้าลงมาจะพบว่า ด้านหน้าของล้อหน้าแคบกว่าด้านหลังของล้อหน้าเล็กน้อย การที่ด้านหน้าของล้อหน้าแคบกว่าด้านหลังของล้อหน้านี้เรียกว่า “โทอิน” แต่ถ้าด้านหน้าของล้อหน้ากว้างกว่าด้านหลังของล้อหน้าเรียกว่า “โทเอาท์”

การที่ล้อเอียงออกด้านนอก เพื่อให้เกิดมุมแคมเบอร์ขึ้นนั้น ในขณะที่ล้อหมุนไป การหมุนของล้อจะทำให้เกิดเป็นรูปกรวยขึ้น ตามรูป อันจะเป็นผลให้ยางสึกหรือเสียหายได้ ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันอาการที่เกิดขึ้นดังกล่าว จึงทำให้ล้อหน้าหมุนเข้าหากัน เป็นการแก้อาการที่เกิดขึ้นจากแคมเบอร์ ผลของการแก้ปัญหานี้ทำให้เป็นการป้องกันยางลื่นไหล และทำให้รถแล่นตรงไปข้างหน้าด้วย วิธีการติดตั้งเช่นนี้เรียกว่า โทอิน โดยทั่ว ๆ ไป การวัดโทอินนี้จะวัดเป็นเซนติเมตรหรือนิ้ว จากรูปจะเห็นว่าด้านหน้าของล้อ (A) แคบกว่าด้านหลังของล้อ (B) ระยะของโทอินก็คือ $B - A$ แต่ถ้าระยะ A มากกว่าระยะ B ก็เรียกว่า โทเอาท์ (จากรูปที่ 2-21)



รูปที่ 2-20 แสดงรัศมีของการเลี้ยว

2.15.5 รัศมีของการเลี้ยว (Turning Radii)

ขณะเลี้ยวรถล้อด้านนอกจะเลี้ยวโค้งในมุมที่แคบกว่าล้อด้านใน มุมของการเลี้ยวรถนี้มีความสัมพันธ์กับการออกแบบมุมต่าง ๆ ของล้อหน้า บางทีก็เรียกว่า มุมโทเอาท์ ขณะเลี้ยว นอกจากนั้นมุมของการเลี้ยวรถนี้ ยังมีความสำคัญเป็นอย่างมากเกี่ยวกับการเพิ่มขนาดของยาง และความเร็วของรถด้วย

2.16 การคำนวณหาขนาดโซ่

ในทางปฏิบัติการคำนวณหาขนาดโซ่มักจะใช้วิธีเลือกขนาดโซ่จากแค็ตตาล็อกของบริษัทผู้ผลิตโซ่ โดยทำตามคำแนะนำในแค็ตตาล็อกนั้น หลังจากที่เลือกขนาดโซ่ได้แล้ว อาจตรวจสอบว่าจะใช้งานได้หรือไม่ด้วยสมการ

$$F = F_b / N_b$$

(2.30)

โดยที่ F_b = แรงแตกหักน้อยที่สุดของโซ่

N_b = ค่าความปลอดภัยซึ่งควรมีค่าระหว่าง 7 ถึง 15

โซ่โรลเลอร์ ในการเลือกขนาดโซ่จะต้องทราบข้อมูลดังต่อไปนี้คือ

- กำลังงานที่ต้องการส่งเป็น kW
- ความเร็วรอบของเพลาขับและเพลาตามเป็น rpm
- การใช้งาน เช่น ชนิดของอุปกรณ์ขับและอุปกรณ์ที่ต้องการขับ

2.16.1 ขั้นตอนการหาขนาดโซ่

จากข้อมูลดังกล่าวการเลือกขนาดโซ่คือ หาจำนวนฟันของพินเนียน (คือ จำนวนฟันบนเฟืองโซ่เล็ก) เพื่อให้โซ่มีอายุใช้งานได้สูงสุด ทำงานได้อย่างรวดเร็วราบรื่นและมีสมรรถนะที่อำนวยประโยชน์ที่สุด การหาจำนวนฟันบนพินเนียนควรพิจารณาสิ่งต่อไปนี้

ในการขับส่วนมากจะใช้จำนวนพิตซ์ของโซ่เป็นเลขคู่และใช้พินเนียนที่มีฟันเป็นเลขคี่เพื่อให้แน่ใจว่าโซ่และฟันบนพินเนียนจะเกิดการสึกหรออย่างสม่ำเสมอ

โดยทั่วไปแล้วถ้าเป็นการขับอย่างสม่ำเสมอพินเนียนไม่ควรมีฟันน้อยกว่า 17 ฟัน เนื่องจากว่าโซ่วางตัวบนพินเนียนในลักษณะของรูปหลายเหลี่ยมทำให้ความเร็วในการเคลื่อนที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ซึ่งผลที่เกิดขึ้นนี้จะน้อยมากเมื่อพินเนียนมีจำนวนฟันมากขึ้น คือมากกว่า 17 ฟัน

ถ้ามีการกระตุกเล็กน้อยควรใช้พินเนียนที่มีจำนวนฟันอย่างน้อย 23 ฟัน พินเนียนควรผ่านกรรมวิธีทางความร้อน ให้มีความแข็ง HV 10-550

คำนวณหาอัตราทดที่ต้องการได้จากอัตราทด

$$m_\omega = \text{ความเร็วรอบของเพลาขับสูง} / \text{ความเร็วรอบของเพลาขับต่ำ}$$

$$= n_1 / n_2$$

คำนวณหาจำนวนฟันบนเฟืองโซ่ใหญ่โดยการคูณจำนวนฟันบนพินเนียนด้วยอัตราทด ถ้าจำนวนฟันที่ได้ไม่เหมาะสมก็ให้เลือกใช้พินเนียนที่มีจำนวนฟันมากขึ้น และมีอัตราทดตามต้องการ จำนวนฟันของเฟืองโซ่ที่ใช้กับโซ่ระยะพิตซ์ต่าง ๆ

เพื่อให้โซ่มีอายุใช้งานที่ยาวนานและอำนวยประโยชน์ที่สุด จำนวนฟันของเฟืองโซ่ ไม่ควรมากกว่า 120 ฟัน

จำนวนฟันของเฟืองโซ่

11 12 13 14 15 17 19 20 21 23

คำนวณหากำลังที่ใช้เลือกโซ่ P ได้โดยการคูณกำลังที่ต้องการส่งด้วยตัวประกอบใช้งานที่หาได้จากตารางที่ ก-2 เพราะฉะนั้น กำลังที่ใช้เลือกโซ่

$$P = W_p \cdot N_s \quad (2.31)$$

ตัวประกอบใช้งาน N_s สำหรับโซ่เพื่อใช้ประกอบในการเลือกขนาดโซ่ ซึ่งจะมีลักษณะของการใช้งาน คือ แรงกระทำมีการกระตุกมาก

2.17 ประสิทธิภาพของการห้ามล้อ

วัดได้จากอัตราหน่วงเทียบกับอัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก (g) ซึ่งเท่ากับ 9.81 m/s^2 ประสิทธิภาพของการห้ามล้อ = อัตราหน่วงของรถ (f) \times 100 / อัตราเร่ง (g) ถ้าอัตราหน่วงมีค่าเท่ากับอัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก ประสิทธิภาพการห้ามล้อจะเท่ากับ 100 %

2.18 ล้อช่วยแรง

ล้อช่วยแรง (fly wheel) เป็นส่วนที่สำคัญต่อเครื่องยนต์ ช่วยทำให้เครื่องยนต์หมุนได้สม่ำเสมอ เครื่องยนต์รอบช้าจะล้อช่วยแรงใหญ่กว่าเครื่องที่มีความเร็วสูงขนาดแรงม้าเท่ากัน เพราะต้องใช้ล้อช่วยแรงดูดกำลังหรือแรงจากการระเบิดมาผลักดันให้ลูกสูบเลื่อนขึ้นในจังหวะอัด

หน้าที่ของล้อช่วยแรง ล้อช่วยแรงมีหน้าที่ที่สำคัญดังต่อไปนี้

1. รักษาการเปลี่ยนแปลงความเร็วที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงชั่วขณะให้อยู่ในขอบเขต
2. จำกัดการเปลี่ยนแปลงความเร็วที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงชั่วขณะ ระหว่างการเปลี่ยนโหลดโดยกะทันหัน
3. หา ลูกสูบเลื่อนขึ้นจังหวะอัด
4. ช่วยให้เครื่องยนต์มีความเร็วพอขณะสตาร์ท
5. ในกรณีที่เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับขนานกัน ล้อช่วยแรงจะช่วยรักษามุมล่วงหน้า (angular advance) ให้อยู่ในขอบเขตที่ต้องการได้เมื่อเปรียบเทียบกับ angular speed ที่สม่ำเสมอจริง ๆ

2.18.1 ผลของล้อช่วยแรง (Flywheel Effect)

เนื่องจากล้อช่วยแรงต้องทำหน้าที่ดังที่กล่าวมา ดังนั้นน้ำหนักและรัศมีของขอบล้อช่วยแรงจึงมีส่วนสำคัญต่อผลของล้อช่วยแรง ซึ่งมีค่าเท่ากับ WR^2 เมื่อกำหนดให้ W = น้ำหนักของล้อช่วยแรง R = ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของล้อช่วยแรงถึงจุดศูนย์กลางถ่วงของหน้าตัดของขอบระยะ R นี้เรียกว่า รัศมีการหมุน (Radius of gyration) แทนรัศมีจริง ๆ การใช้รัศมีการหมุนนอกแทนค่ารัศมีการหมุนจะทำให้ค่า WR^2 มากขึ้นจากความเป็นจริงไปบ้าง แต่ถ้าไม่นำน้ำหนักของแขนมาคิดด้วยค่าของ WR^2 จึงคิดค่า R เป็นครึ่งหนึ่งของเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก ค่านี้จึงเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริง

น้ำหนักของล้อช่วยแรง (Flywheel rim weight) อาจคำนวณได้จากสูตร

$$W = a\pi (D - h) w.g \quad (2.32)$$

เมื่อ a = พื้นที่หน้าตัด (เมตร)

D = เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก (เมตร)

h = ความหนาในทางรัศมีของขอบ (เมตร)

w = น้ำหนักจำเพาะ = 733.82 กิโลนิวตัน/ลูกบาศก์เมตร สำหรับเหล็กหล่อและ

795.91 82 กิโลนิวตัน/ลูกบาศก์เมตร สำหรับเหล็กกล้าหล่อหรือดัดขึ้นรูป

W = น้ำหนักของล้อช่วยแรง

g = อัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก 9.81 เมตร/วินาที²

ความสม่ำเสมอของการหมุน (Uniformity of rotation) เนื่องจากแรงที่ได้จากแรงระเบิดในห้องเผาไหม้ส่งไปยังเพลลาข้อเหวี่ยงมีอาการกระทำเป็นจังหวะ ๆ จึงมีผลทำให้ความเร็วของเพลลาข้อเหวี่ยงเปลี่ยนแปลงอยู่ในระหว่างค่าสูงสุดคือ n_1 รอบ/นาที กับค่าต่ำสุด n_2 รอบ/นาที เรียกเป็นความเร็วเฉลี่ยของเครื่อง n เป็นค่าเฉลี่ยระหว่าง n_1 กับ n_2

$$n = (n_1 + n_2) / 2 \quad (2.33)$$

อัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงความเร็ว $(n_1 + n_2)$ ต่อความเร็วเฉลี่ยเรียกว่า สัมประสิทธิ์ของความสม่ำเสมอของการหมุน (coefficient uniformity) ใช้แทนด้วยค่า u

$$u = (n_1 - n_2) / n \quad (2.34)$$

ค่าของการเปลี่ยนแปลงความเร็ว $(n_1 - n_2)$ ยิ่งน้อยแสดงว่าความสม่ำเสมอของการหมุนยิ่งมากขึ้น สัมประสิทธิ์ของความถี่ (Coefficient of steadiness) เพื่อสะดวกในการเรียกและความเข้าใจจึงใช้ส่วนกลับของสัมประสิทธิ์ของความสม่ำเสมอของการหมุนเป็นสัมประสิทธิ์ของความคงที่ และแทนค่าด้วย m ดังนั้นเขียนเป็นสมการได้ดังต่อไปนี้ คือ

$$m = 1/u = n / (n_1 - n_2) \quad (2.35)$$

ถ้าทราบค่าผลของล้อช่วยแรง WR^2 ความเร็วเฉลี่ย n รอบ/นาที และแรงม้า N

$$m = WR^2 (n/100)^2 / NC \quad (2.36)$$

C เป็นค่าสัมประสิทธิ์ตัวหนึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่อง จำนวนลูกสูบ และเรทราบค่า C ค่าสัมประสิทธิ์ของความคงที่จะเป็นตัวบ่งบอกว่าจะเป็นโพลคชนิดแบบใด เช่นการขับเคลื่อนการใช้การยืดหยุ่น (Flexible drive) คือ สายพานหรือข้อต่อหยุ่นได้ (flexible coupling) การเปลี่ยนแปลงความเร็วเป็นจังหวะของเครื่อง จึงถูกกลืนหายไปหรือลดลงด้วยการหยุ่นตัวของข้อต่ออ่อนนี้

ในกรณี เราอาจลดน้ำหนักของล้อช่วยแรงลงได้ ซึ่งจะมีค่าสัมประสิทธิ์ของความคงที่น้อยลง สำหรับการขับเคลื่อนแข็ง จำเป็นต้องใช้ล้อช่วยแรงที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความคงที่สูง



บทที่ 3

การออกแบบและการคำนวณ

3.1 การคำนวณหาแรงขับเคลื่อนของรถยนต์

พิจารณาเมื่อรถยนต์วิ่งด้วยความเร็วคงที่ แรงขับเคลื่อนของรถยนต์จะมีค่าเท่ากับแรงต้านทานการเคลื่อนที่ในขณะนั้น

3.1.1 การหาแรงต้านทานการเคลื่อนที่

แรงต้านทานการหมุนของล้อ

$$R_r = K_r W \quad (3.1)$$

จากถนนลาดยางหรือถนนคอนกรีตสภาพดีพอใช้ $K_r = 0.02$ มวลรถ 80 กิโลกรัม

$$\begin{aligned} R_r &= 0.02 \times 80 \times 9.81 \\ &= 15.696 \text{ N} \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้นแรงต้านทานการหมุนของล้อเท่ากับ 15.696 N

แรงต้านทานจากอากาศ

$$R_a = C_d A \rho / 2 V^2 \quad (3.2)$$

$$\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3$$

$$V = 30 \text{ km/h} = 8.33 \text{ m/s}$$

$$C_d = 0.3$$

พื้นที่หน้าตัดรถมีค่าประมาณ (ความกว้างของรถ x ความสูงของรถ)

$$A = 1 \times 0.6858$$

$$= 0.6858 \text{ m}^2$$

$$R_a = 1/2 \times 1.25 \times 0.3 \times 0.6858 \times 8.33^2$$

$$= 8.9 \text{ N}$$

เนื่องจากกำหนดให้รถวิ่งเฉพาะพื้นราบเท่านั้นจึงไม่มีแรงต้านทานการเคลื่อนที่จากทางชัน ดังนั้น แรงต้านทานการเคลื่อนที่รวมจึงมีค่าเท่ากับ

$$R_t = R_a + R_r \quad (3.3)$$

$$= 8.9 + 15.696$$

$$= 24.61 \text{ N}$$

3.1.2 หาแรงบิดที่ล้อขับเคลื่อน

ถ้าหากให้รถเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 30 km/h

$$F = R_t$$

$$= 24.61 \text{ N}$$

แรงบิดที่ล้อขับเคลื่อนที่รถต้องการมีค่าเท่ากับ

$$T_w = F \cdot r$$

$$= 24.61 \times 0.394$$

$$= 9.696 \text{ N.m}$$

3.1.3 การคำนวณเกี่ยวกับเครื่องยนต์

กำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อน

$$P_w = F \cdot r$$

$$= 24.61 \times 1.394$$

$$= 9.696 \text{ N.m}$$

เพราะฉะนั้นกำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อนที่เครื่องยนต์

$$P_e = P_w / \eta_t \quad (3.4)$$

เมื่อประสิทธิภาพของชุดส่งกำลังที่ค่าเท่ากับ 90%

$$P_e = 246.1 / 0.9$$

$$= 273.44 \text{ W}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

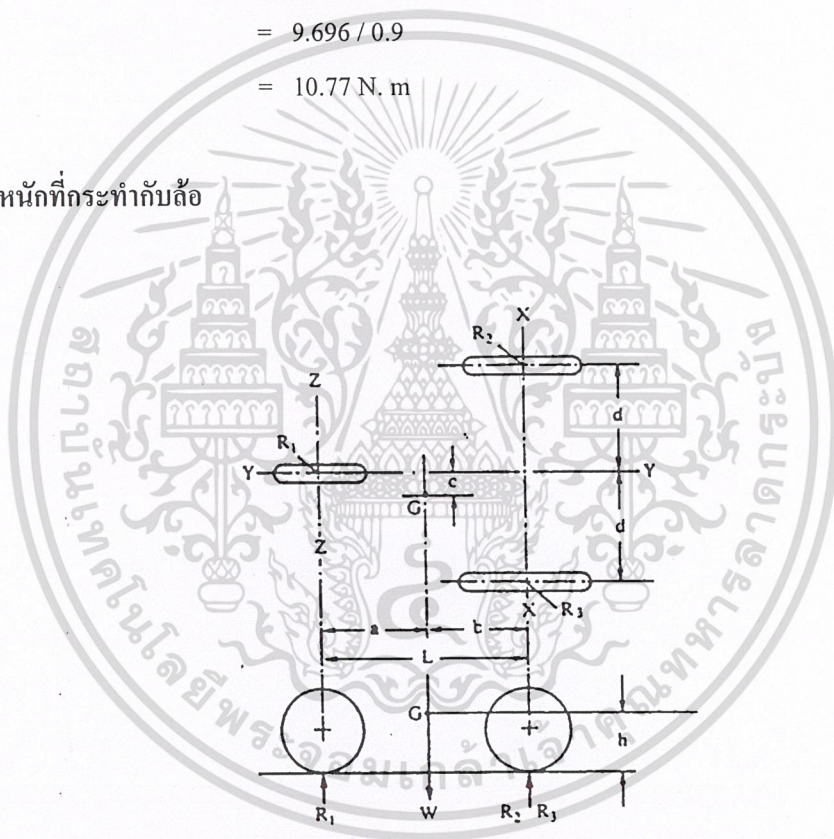
3.1.4 หาแรงบิดที่ล้อขับเคลื่อน

$$\begin{aligned}
 T_w &= F \cdot R \\
 R_{\text{ล้อ}} &= 0.394 \text{ m} \\
 &= 24.61 \times 0.394 \\
 &= 9.696 \text{ N.m}
 \end{aligned}$$

ถ้าอัตราทดเกียร์สูงสุดเท่ากับ 4.5 : 1 และมีประสิทธิภาพชุดส่งกำลังเท่ากับ 90 %

$$\begin{aligned}
 T_c &= T_w / \eta_t \\
 &= 9.696 / 0.9 \\
 &= 10.77 \text{ N.m}
 \end{aligned}$$

3.2 การหาน้ำหนักที่กระทำกับล้อ



รูปที่ 3-1 น้ำหนักที่กระทำกับล้อ

การหาน้ำหนักที่กระทำกับล้อ

$$\begin{aligned}
 a &= 1200 \text{ mm} \\
 b &= 200 \text{ mm} \\
 c &= 400 \text{ mm} \\
 l &= 1400 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 &= (168.17 \times 30) + 168.17(30+70) \\
 &= 21862.1 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

จากภาคผนวก วัสดุ Stainless Steel AISI 304 Austenite

$$\begin{aligned}
 \sigma_y &= 35 \text{ kai} \\
 &= 35 \times 6.895 \\
 &= 241.325 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

ค่าความปลอดภัยเท่ากับ 2

จาก

$$\sigma_d = 120.66 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_d = Mc/I$$

(3.4)

โดยที่

$$H = 250 \text{ mm}$$

$$W = 80 \text{ kg}$$

$$= 784.8 \text{ N}$$

พิจารณาโมเมนต์รอบแกน xx จะได้

$$R_1 = wb$$

$$R_1 = wb/L$$

(3.5)

แทนค่า

$$\begin{aligned}
 R_1 &= (784.8 \times 200) / 1400 \\
 &= 112.11 \text{ N}
 \end{aligned}$$

พิจารณาโมเมนต์รอบแกน yy จะได้

$$R_3d = R_2d$$

$$R_3 = R_2$$

$$R_2L + R_3L = wa$$

(3.6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่

$$\begin{aligned}
 R_3 &= R_2 \\
 R_3L + R_3L &= wa \\
 2R_3L &= wa \\
 R_3 &= wa/2L
 \end{aligned}
 \tag{3.7}$$

แทนค่า

$$R_3 = (784.8 \times 1200) / (2 \times 1400)$$

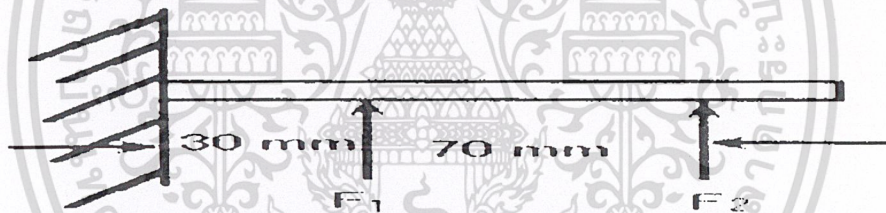
$$= 336.34 \text{ N}$$

$$R_3 = R_2$$

$$= 336.34 \text{ N}$$

3.3 การหาขนาดชิ้นส่วนของโครงรถ

3.3.1 การคำนวณหาขนาดแกนล้อหน้า



รูปที่ 3-2 แสดงแรงที่กระทำกับแกนล้อหน้า

$$(M_a = 0)$$

$$M_a = Fa + F(a+b) \tag{3.8}$$

$$= (2186.1 \times d/2) (\sqrt[4]{d^4 / 64})$$

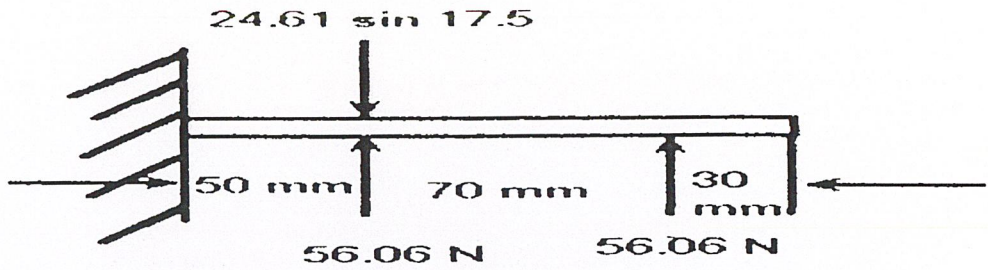
$$120.66 = 1093.05 \times (64/\sqrt[4]{d^3})$$

$$d^3 = 1093.05 \times 64 / (\sqrt[4]{120.66})$$

$$d = 12.26 \text{ mm}$$

เลือกเส้นผ่านศูนย์กลางของแกนล้อหน้ามีขนาดเท่ากับ 13 mm

3.2.2 การคำนวณหาขนาดแกนล้อหลัง



รูปที่ 3-3 แสดงแรงที่กระทำกับแกนล้อหลัง

$$(M_A = 0)$$

$$\begin{aligned} M_A &= (56.06 \times 50) + (56.06 \times 120) - (24.61 \sin 17.5 \times 50) \\ &= 9160.18 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

จากภาคผนวก วัสดุ Stainless Steel AISI 304 Austenite

$$\begin{aligned} \sigma_y &= 35 \text{ kai} \\ &= 35 \times 6.895 \\ &= 241.325 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

ค่าความปลอดภัยเท่ากับ 2

$$\sigma_d = 120.66 \text{ N/mm}^2$$

จาก

$$\sigma_d = Mc/I$$

$$C = D/2$$

$$I = \pi D^4/64$$

แทนค่า

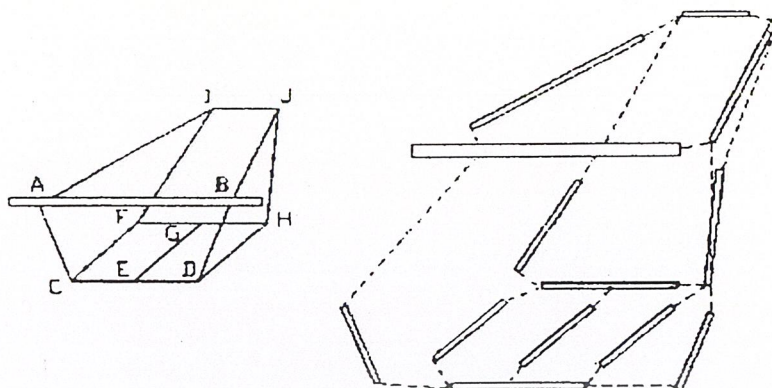
$$= (1960.18 \times D/2) \pi D^4/64$$

$$= (4580.09 \times 64) \times (\pi D^3)$$

$$D = 9.17 \text{ mm}$$

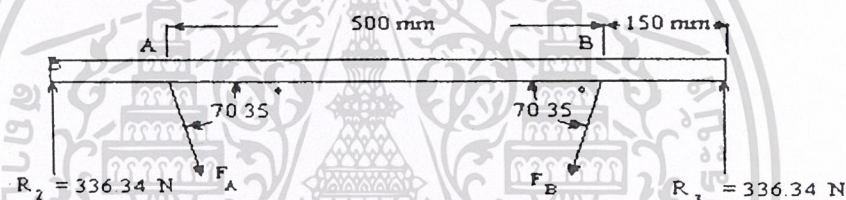
เลือกเส้นผ่านศูนย์กลางของแกนล้อหน้ามีขนาดเท่ากับ 10 mm

3.3.3 การหาขนาดท่อเหล็กช่วงห้องผู้ขับขี่



รูปที่ 3-4 แสดงชิ้นส่วนประกอบของห้องผู้ขับขี่

พิจารณาชิ้นส่วน คานหน้า AB



รูปที่ 3-5 แสดงแรงที่กระทำกับชิ้นส่วนคานหน้า

$$(M_A = 0)$$

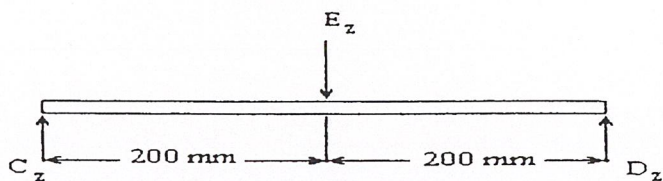
$$F_B \sin 70.35 \times 500 + (336.34 \times 150) = 336.34 \times 650$$

$$F_B = 357.13 \text{ N}$$

$$(M_B = 0)$$

$$F_B = 357.13 \text{ N}$$

พิจารณาชิ้นส่วน CD



รูปที่ 3-6 แสดงแรงที่กระทำกับชิ้นส่วน CD

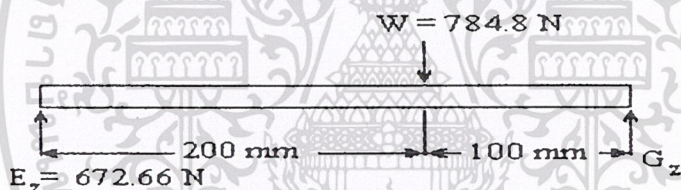
$$F_A = F_B = C_z = D_z$$

($M_z = 0$)

$$E_A = (C_z + D_z) \cos 19.65$$

$$= 672.66 \text{ N}$$

พิจารณาชิ้นส่วน EG



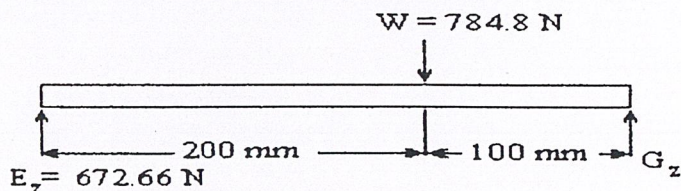
รูปที่ 3-7 แสดงแรงที่กระทำกับชิ้นส่วน EG

($M_z = 0$)

$$G_A = 784.8 - 672.66$$

$$= 112.14 \text{ N}$$

พิจารณาชิ้นส่วน FH



รูปที่ 3-8 แสดงแรงที่กระทำกับชิ้นส่วน FH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$(M_z=0)$$

$$\begin{aligned} F_z &= H_z = 112.14/2 \\ &= 56.07 \text{ N} \end{aligned}$$

พิจารณาที่จุด H

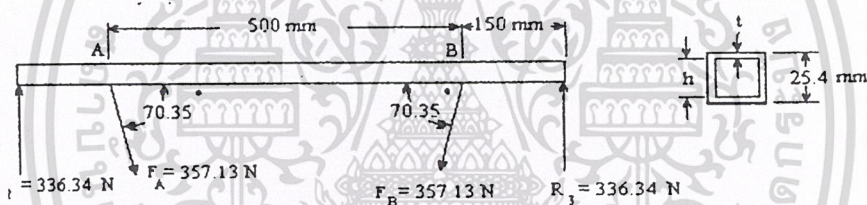
$$\begin{aligned} H_x &= H_z \cos 44 \\ &= 40.33 \text{ N} \end{aligned}$$

พิจารณาชิ้นส่วน DH

$$(F_x=0)$$

$$H_x = D_x = 40.33 \text{ N}$$

การหาขนาดคานหน้า AB



รูปที่ 3-9 การหาขนาดคานหน้า AB

$$\begin{aligned} M_{MAX} &= (336.34 \times 250) - (336.34 \times 400) \\ &= 50451 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$I = 1/12(25.4^4 - h^4)$$

$$C = 25.4/2 = 17.2 \text{ mm}$$

จากภาคผนวก

$$\begin{aligned} \sigma_u &= 370 \text{ N/mm}^2 \\ &= 50451 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$I = 1/12(25.4^4 - h^4)$$

ค่าความปลอดภัยเท่ากับ 1

$$\sigma_d = 370 \text{ N/mm}^2$$

จากเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\sigma_d = Mc/I$$

$$I = Mc/\sigma_d$$

$$1/12(25.4^4 - h^4) = (50451 \times 17.2)/370$$

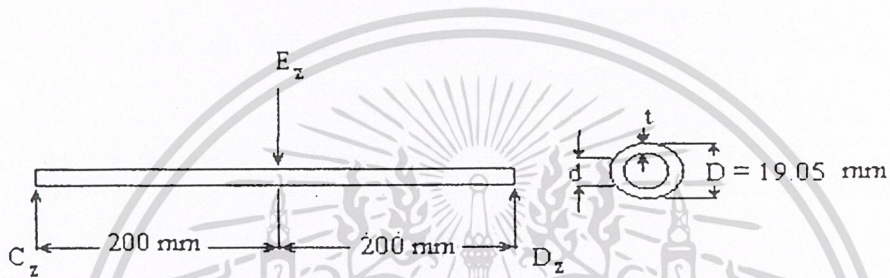
$$h^4 = 388087.94$$

$$h = 24.95$$

$$t = 25.4 - 24.95 = 0.44$$

เลือกท่อเหล็กขนาดความหนาเท่ากับ 1 mm

หาขนาดท่อ CD



รูปที่ 3-10 การหาขนาดท่อ CD

$$M_{MAX} = 336.34 \times 200$$

$$= 67268 \text{ N.mm}$$

$$I = (64(19.05^4 - d^4))$$

$$C = 19.05/2 = 9.525 \text{ mm}$$

จากภาคผนวก

$$\sigma_d = 370 \text{ N/mm}^2$$

ค่าความปลอดภัยเท่ากับ 1

$$\sigma_d = 370 \text{ N/mm}^2$$

จาก

$$\sigma_d = Mc/I$$

$$I = Mc/\sigma_d$$

$$\sqrt[4]{64(19.05^4 - d^4)} = 67268 \times 9.525$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้กับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

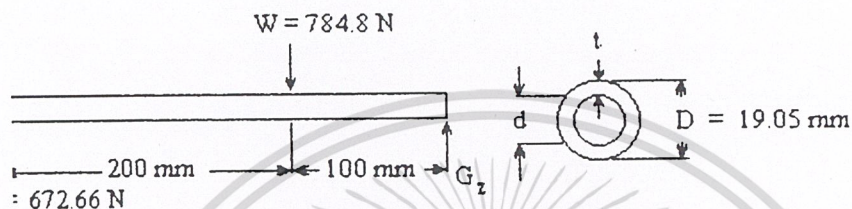
$$d^4 = 96420.39$$

$$d = 17.62$$

$$t = 19.05 - 17.62 = 1.42 \text{ mm}$$

เลือกใช้นาตอเหล็กทอหนาเท่ากับ 2 mm

หาขนาดทอ EG



รูปที่ 3-11 การหาขนาดทอ EG

$$M_{\text{MAX}} = 672.66 \times 200$$

$$= 134532 \text{ N.mm}$$

$$I = (64(19.05^4 - d^4))$$

$$C = 19.05/2 = 9.525 \text{ mm}$$

จากภาคผนวก

$$\sigma_u = 600 \text{ N/mm}^2$$

ค่าความปลอดภัยเท่ากับ 1

$$\sigma_d = 600 \text{ N/mm}^2$$

จาก

$$\sigma_d = Mc/I$$

$$I = Mc/\sigma_d$$

$$\sqrt[4]{64(19.05^4 - d^4)} = (134532 \times 9.525) / 600$$

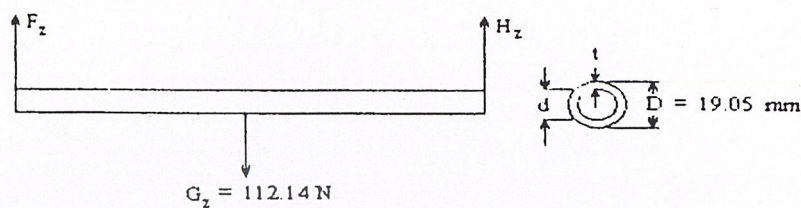
$$d^4 = 88190.19 \text{ mm}^4$$

$$d = 17.22 \text{ mm}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกใช้ขนาดท่อเหล็กท่อนหนาเท่ากับ 2 mm

หาขนาดท่อ FH



รูปที่ 3-12 การหาขนาดท่อ FH

$$M_{MAX} = 56.07 \times 200$$

$$= 11214 \text{ N.mm}$$

$$I = \frac{\pi}{64}(19.05^4 - d^4)$$

$$C = 19.05/2 = 9.525 \text{ mm}$$

จากภาคผนวก

$$\sigma_u = 370 \text{ N/mm}^2$$

ค่าความปลอดภัยเท่ากับ 1

$$\sigma_d = 370 \text{ N/mm}^2$$

จาก

$$\sigma_d = Mc/I$$

$$I = Mc/\sigma_d$$

$$\frac{\pi}{64}(19.05^4 - d^4) = (11214 \times 9.525)/370$$

$$d^4 = 125817.18 \text{ mm}^4$$

$$d = 18.83 \text{ mm}$$

$$t = 19.05 - 18.83 = 0.216 \text{ mm}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกใช้ขนาดท่อเหล็กท่อหนาเท่ากับ 1 mm

หาขนาดท่อ DH

$$F = 40.33 \text{ N}$$

$$A = (\pi/4)(19.05^2 - d^2)$$

จากภาคผนวก

$$\sigma_U = 370 \text{ N/mm}^2$$

ค่าความปลอดภัยเท่ากับ 1

$$\sigma_d = 370 \text{ N/mm}^2$$

จาก

$$\sigma_d = Mc/I$$

$$I = Mc/\sigma_d$$

$$\pi/64(19.05^4 - d^4) = 40.33/370$$

$$d^4 = 362.76 \text{ mm}^2$$

$$d = 19.04 \text{ mm}$$

$$t = 19.05 - 19.046 = 0.00364 \text{ mm}$$

เลือกใช้ขนาดท่อเหล็กท่อหนาเท่ากับ 1 mm

3.4 ระบบส่งกำลัง

โซ่ การเลือกใช้โซ่นั้นเพราะสามารถส่งกำลังได้คงที่ตามอัตราทดที่กำหนด การส่งกำลังเป็นไปได้
อย่างราบเรียบ เมื่อมีแรงกระตุกเล็กน้อย เปลี่ยนแปลงการส่งกำลังจากระบบเดิมเพียงเล็กน้อยเท่านั้น การ
เลือกขนาดโซ่ ใช้โซ่เบอร์ 25 เป็นชื่อที่เรียกในอุตสาหกรรมทั่วไป ใช้ในงานอุตสาหกรรมงานพิมพ์
ต่าง ๆ ซึ่งใช้ในความเร็วยุโรปสูง มีระยะพิทช์เท่ากับ mm ทำให้โซ่หลุดได้ยาก และมีความทนทานกว่า
โซ่จักรยานทั่วไป น้ำหนักเบาและขนาดเล็กกว่าโซ่ของมอเตอร์ไซค์ รับแรงดึงได้มากกว่า แต่ราคาแพง
กว่า

เฟืองขับ เลือกใช้เฟืองขนาด 11 ฟัน

การติดตั้งเฟืองขับ ติดตั้งเข้ากับชุดคลัทช์แรงเหวี่ยงเพราะต่อตรงมาจากเพลาคือเหวี่ยงเมื่อเครื่อง

เอกสารทำงานที่รอบเดินเบาประมาณ 600 รอบต่อนาที ชุดคลัทช์แรงเหวี่ยงยังไม่ทำงาน จะทำงานต่อเมื่อเครื่องมีการค้ำ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยนต์ทำงานที่รอบประมาณ 1200 รอบต่อนาที ชุดคลัทช์แรงเหวี่ยงจะส่งกำลังไปยังเฟืองขับเพื่อขับโซ่และเฟืองตามเพื่อให้รถเคลื่อนที่ได้

วิธีการติดตั้ง

- ทำการเจาะรูเฟืองขับให้มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 23 mm
- จัดทำ Blank เจาะรูเช่นเตอร์ขนาด 23 mm เจาะรูภายนอกห่างจากจุดศูนย์กลาง 30 mm
- จำนวน 4- รู 2 ชั้น
- ชุดที่ 1 ติดตั้งเข้ากับชุดคลัทช์แรงเหวี่ยง
- ชุดที่ 2 ติดตั้งเข้ากับเฟืองขับ
- นำน้ำหนักขนาด 20 mm, 4 ตัว มายึดติด blank เข้าด้วยกัน



รูปที่ 3-13 เฟืองขับ

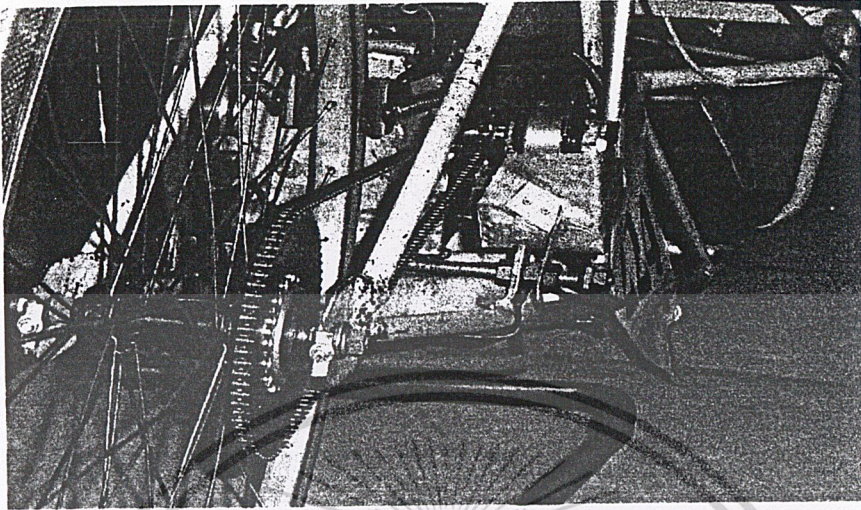
เฟืองตาม เล็กใช้ขนาด 50 ฟัน

เนื่องจากล้อที่ใช้ในการผลิตรถประหยัดน้ำมันเป็นล้อรถจักรยานจึงนำชุดเบร้งที่เฟืองทำมาประกอบด้วยเพื่อให้รถเดินหน้าหรือถอยหลังในขณะที่เครื่องยนต์ไม่ทำงาน ชุดเบร้งจะมีการทำงานคือชุดเบร้งจะหมุนได้ทางเดียวในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา มีเกลียวออกมาเพื่อติดตั้งเข้ากับชุดเฟืองตามเกลียวมีระยะพิต 1-16” เป็นเกลียวขวา เมื่อเครื่องยนต์ทำงาน ชุดเฟืองจะยังแน่นไม่มีการคลายออกแต่อย่างใด

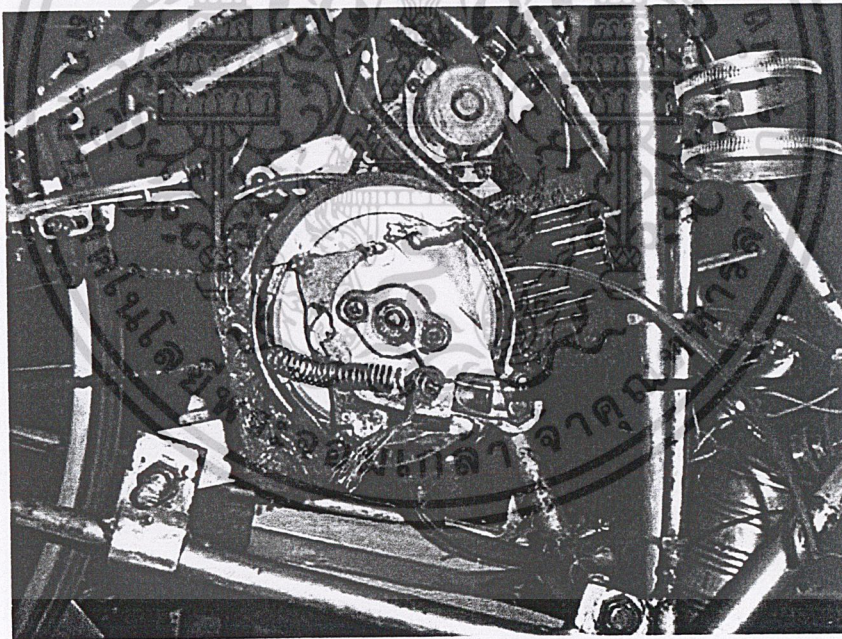
วิธีการติดตั้ง

นำเฟืองขนาด 50 ฟัน มาเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 mm ทำการกลึงเกลียวมีระยะพิต 1-16” ประกอบชุดเบร้งเข้าไปก่อน แล้วจึงนำเฟืองขนาด 50 ฟันประกอบเข้ากับล้อหลังจากการทดสอบที่อัตราทดเท่ากับ 4.5 จะได้ความเร็วเฉลี่ยประมาณ 26 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-14 เฟืองตาม



รูปที่ 3-15 ระบบกลัทซ์มือ

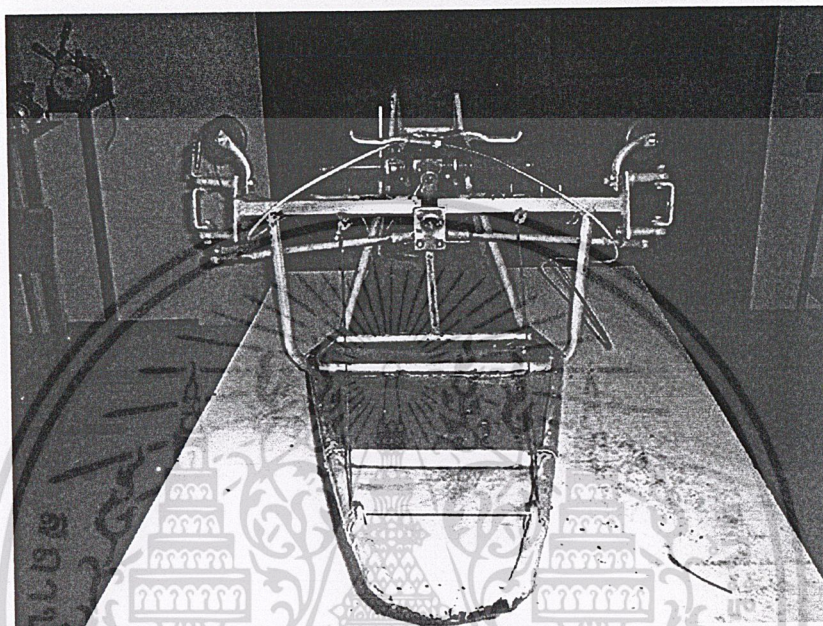
3.5 การออกแบบระบบบังคับลิ้น

ในการออกแบบระบบบังคับลิ้นต้องคำนึงถึงจุดยึดต่าง ๆ เพื่อให้การถอดประกอบและการปรับเปลี่ยนมุมต่าง ๆ ของล้อทำได้โดยง่าย จึงได้เลือกใช้ระบบบังคับลิ้นแบบอ็คเคมานต์ ข้อดีของระบบ อ็คเคมานต์คือใช้จุดในการเชื่อมต่อหรือขึ้นปรับเปลี่ยนมุมต่าง ๆ ของล้อได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1 การติดตั้งระบบบังคับเลี้ยว

- ทำการสร้างข้อต่อ 2 ชั้นทำเกลียวที่ปลายทั้ง 2 ข้างเพื่อยึดเข้ากับลูกหมาก
- ยึดลูกหมากเข้ากับคันบังคับเลี้ยวและอีกข้างยึดเข้ากับล้อ
- ทำการปรับมุมล้อเพื่อให้รถอยู่ตำแหน่งที่พอดี



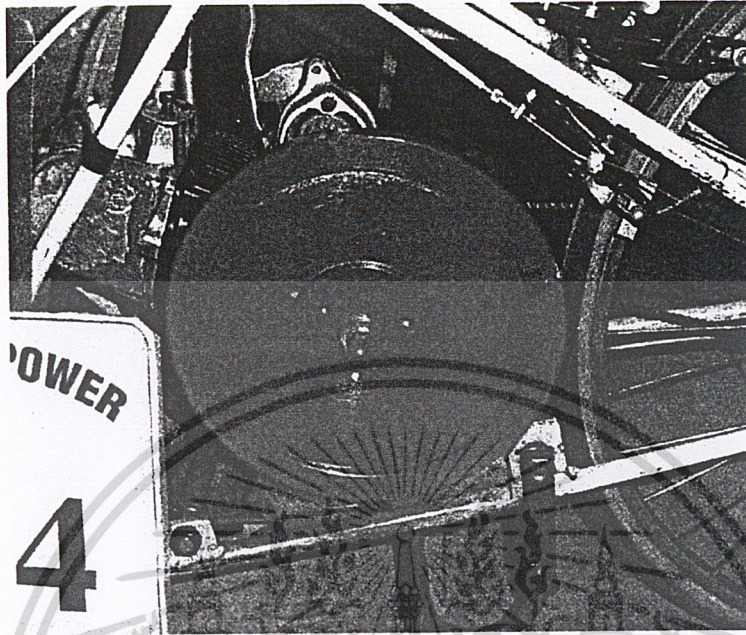
รูปที่ 3-16 ระบบบังคับเลี้ยว

3.6 ล้อช่วยแรง

ในการออกแบบล้อช่วยแรง เพื่อต้องให้รอบของเครื่องลดต่ำลงและช่วยให้เครื่องยนต์เสถียรและยังสามารถช่วยให้เครื่องยนต์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในรอบต่ำ ๆ ในการออกแบบจะต้องคำนึงถึง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง น้ำหนัก และความหนาของล้อช่วยแรง

3.6.1 การติดตั้งล้อช่วยแรง

- ทำการติดตั้งล้อช่วยแรงเข้ากับชุดลูกปืนทางเดียว
- นำล้อช่วยแรงเข้าไปติดตั้งกับเพลาค้อเหวี่ยงและโซ่ของมอเตอร์สตาร์ท

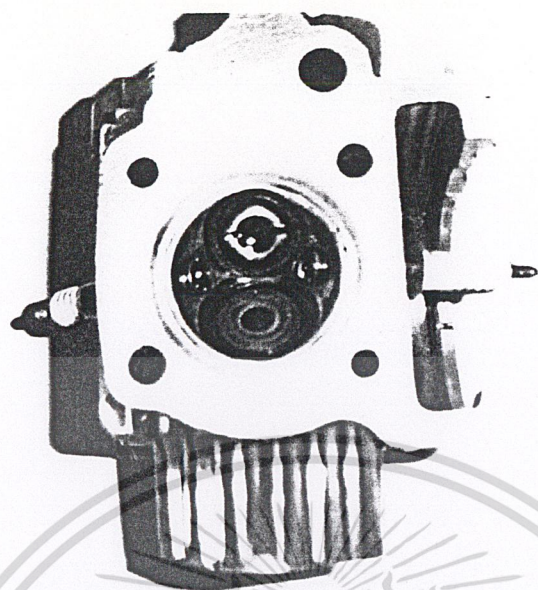


รูปที่ 3.17 ล้อช่วยแรง

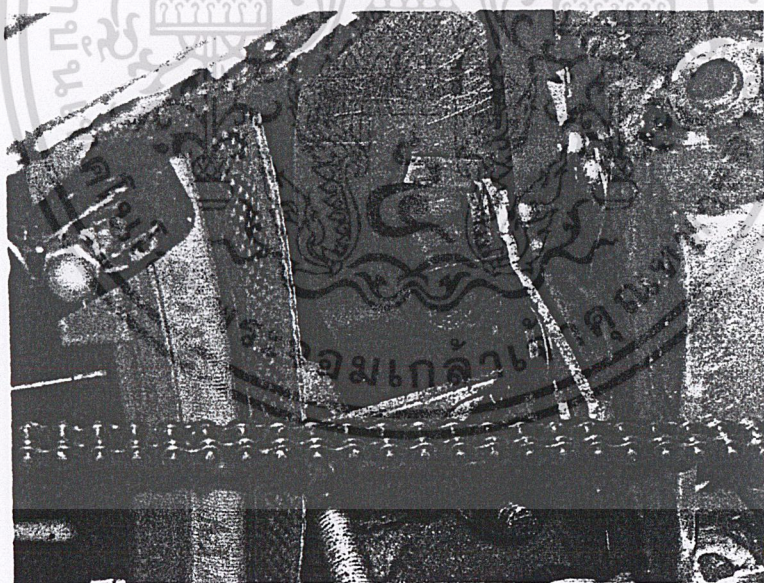
การติดตั้งล้อช่วยแรงเพื่อให้เครื่องยนต์ทำงานที่ความเร็วรอบต่ำ เมื่อเครื่องยนต์มีความเร็วรอบต่ำ เป็นผลให้ความเร็วแล่นของลูกสูบเครื่องที่ได้ช้าลง ปริมาตรการดูดอากาศเข้ากระบอกสูบจะช้า ประกอบกับการปรับแต่ง Cam เฟลาถูกเบี่ยงให้เปิดปิดลิ้นไอดีและไอเสียได้เร็วขึ้นและมี overlap น้อย ทำให้ไอดีที่จะหนีออกไปกับไอเสียน้อยลงด้วยทำให้ประหยัดเชื้อเพลิงได้ส่วนหนึ่ง

3.7 ระบบจุดระเบิด

ระบบจุดระเบิดที่ใช้ติดตั้งกับรถประหยัดน้ำมันคันนี้ได้ทำการดัดแปลงจากระบบจุดระเบิดของรถทั่วไปคือ ได้ตัดเอาชุดขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิออกไปและออกชุดแม่เหล็กออกไปด้วยแล้วทำการติดตั้งฟิวเซอร์และตัวตัดสัญญาณจังหวะจุดระเบิดเพื่อให้สามารถปรับเปลี่ยนของสภาวะจุดระเบิดของเครื่องยนต์ให้สัมพันธ์ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ระบบจุดระเบิดแบบนี้จะให้กระแสไฟที่ดีและสม่ำเสมอและลดปัญหาการชิงจุดระเบิดของเครื่องยนต์ได้บางส่วน



รูปที่ 3-18 หัวเทียน 2 หัว



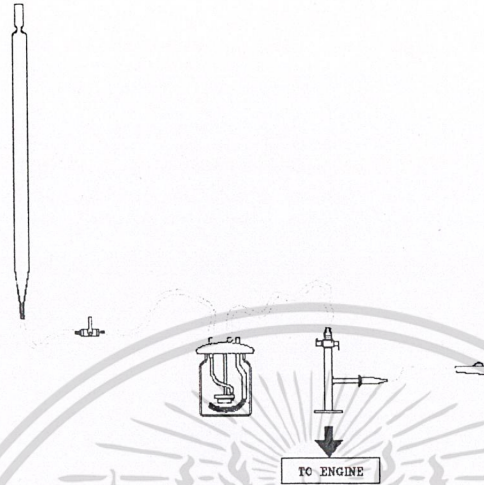
รูปที่ 3-19 การติดตั้งฟลลเซอร์

ในการติดตั้งฟลลเซอร์แบบนี้จะช่วยให้การปรับเบี่ยงนองศาการจุดระเบิดได้สะดวกกว่าระบบจุดระเบิดแบบเก่าและยังช่วยลดพื้นที่ในการติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 ระบบจ่ายไอน้ำมันเชื้อเพลิง

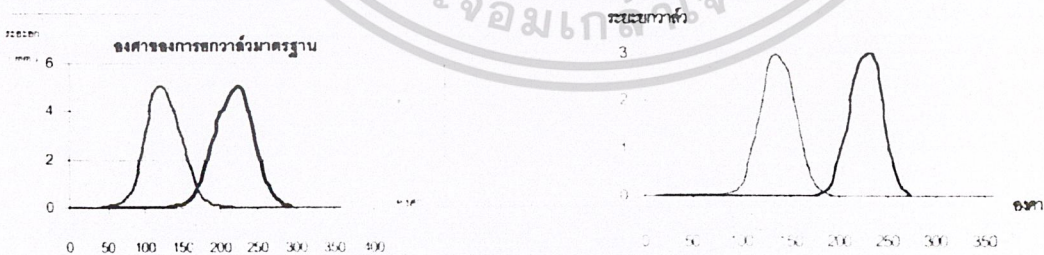
หลักการการทำงานเมื่อเครื่องยนต์ทำงานก็จะดูดไอน้ำมันเข้าไปในห้องเผาไหม้ขณะเดียวกันอากาศในท่อดูดอากาศก็จะดูดอากาศทำให้เกิดฟองอากาศภายในห้องลูกลอย สามารถช่วยให้ไอน้ำมันระเหยได้



รูปที่ 3-20 ระบบจ่ายไอน้ำมันเชื้อเพลิง

3.9 เพลาลูกเบี้ยว

ในการออกแบบเพลาลูกเบี้ยวเพื่อต้องการให้ปริมาณของไอดีไหลเข้ากระบอกสูบน้อยลงโดยการลดปริมาณการเปิดปิดของลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย ให้ใช้ระยะเวลาสั้นกว่าเดิมและให้ลดองศาในจังหวะ overlap น้อยลงกว่าเดิม เพื่อให้ปริมาณไอดีที่สูญเสียไปกับไอเสียลดลงจากปกติโดยเปรียบเทียบได้ดังรูป



รูปที่ 3-21 ระยะยกตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ การติดตั้งเครื่องมือ และวิธีการทดสอบ

อุปกรณ์ชิ้นนี้มีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ และสิ่งจะบอกถึงประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ก็คือค่าแรงบิด ค่าก๊าซไอเสีย และอัตราการกินน้ำมัน ในการวัดแรงบิดของเครื่องยนต์สามารถทำได้หลายวิธี ประกอบกับการเลือกใช้อุปกรณ์ภายในภาคเครื่องกล จึงทำให้การตัดแปลงอุปกรณ์ที่มีอยู่ให้เหมาะสมกับการทดลอง ในบทนี้จะกล่าวถึงอุปกรณ์ที่นำมาใช้ทดสอบ ลักษณะการใช้งาน อุปกรณ์และวิธีการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อทำการทดสอบ

4.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

อุปกรณ์ที่ใช้ทำการทดลองมีดังนี้

- เครื่องยนต์ชนิดลูกสูบเดียว 4 จังหวะรุ่น ฮอนด้าครีမ် 97 ซีซี
- เครื่องวัด Torque Transducer
- กล่องรับสัญญาณ
- จานเบรคพร้อมคาลิปเปอร์เบรค
- เพลาร้อมคัปปลิ่ง
- เครื่องวิเคราะห์ไอเสีย

อุปกรณ์เพิ่มเติมที่ใช้ในการทดลองและวัดค่า

- ดิจิตอลมัลติมิเตอร์
- นาฬิกาจับเวลา
- หลอดบรรจุน้ำมัน

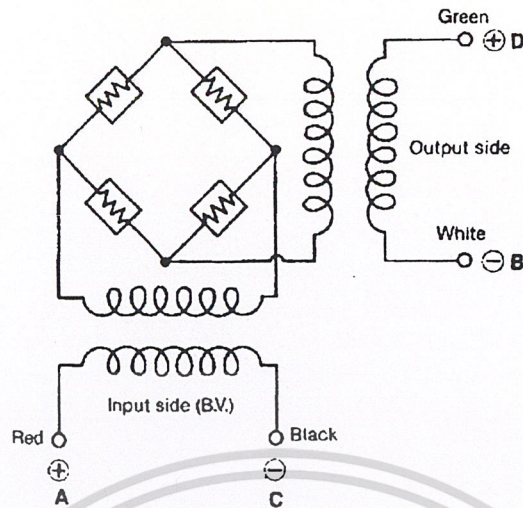
ตามทฤษฎีการวัดค่าแรงบิดทำได้โดยการเพิ่มภาระให้แก่เครื่องยนต์และวัดค่าแรงบิดของเครื่องยนต์ที่สัมพันธ์กับรอบของเครื่องยนต์ จากทฤษฎีข้างต้นสามารถมาประยุกต์กับอุปกรณ์ที่มีอยู่โดยจะกล่าวได้ดังต่อไปนี้

เครื่องวัด Torque Transducer

การทดสอบแรงบิดสามารถทำได้หลายวิธี เช่น วิธีไดนาโมมิเตอร์ วิธีโลบเบรค ในที่นี้จะประยุกต์ที่มีอยู่ให้ทำงานคล้ายกับการทดสอบแบบไดนาโมมิเตอร์ โดยใช้เครื่อง Torque Transducer

จะทำการติดตั้ง Torque Transducer อยู่ระหว่างเครื่องยนต์และภาระ โดยเครื่องจะสร้างสนามแม่เหล็ก (Magnetic Flux) ออกมาหลังจากเพิ่มภาระให้กับเครื่องยนต์จะเกิดบิดตัวขึ้นในเพลลาของเครื่อง Torque Transducer ทันทีเกิดการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก (Magnetic Flux) เนื่องมาจากการบิดตัวของเพลลา เครื่องจะแปลงสัญญาณสนามแม่เหล็กออกมาให้อยู่ในรูปของแรงดันไฟฟ้าจะสามารถอ่านค่าแรงดันได้จากกล่องรับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 วงจรบริดจ์ภายใน Torque Transducer

กล่องรับสัญญาณ

ทำหน้าที่รับสัญญาณ จาก Torque Transducer แสดงออกทางจอเป็นแรงดันไฟฟ้า (Volt)



รูปที่ 4.2 กล่องรับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานเบรคและคาลิปเปอร์เบรค

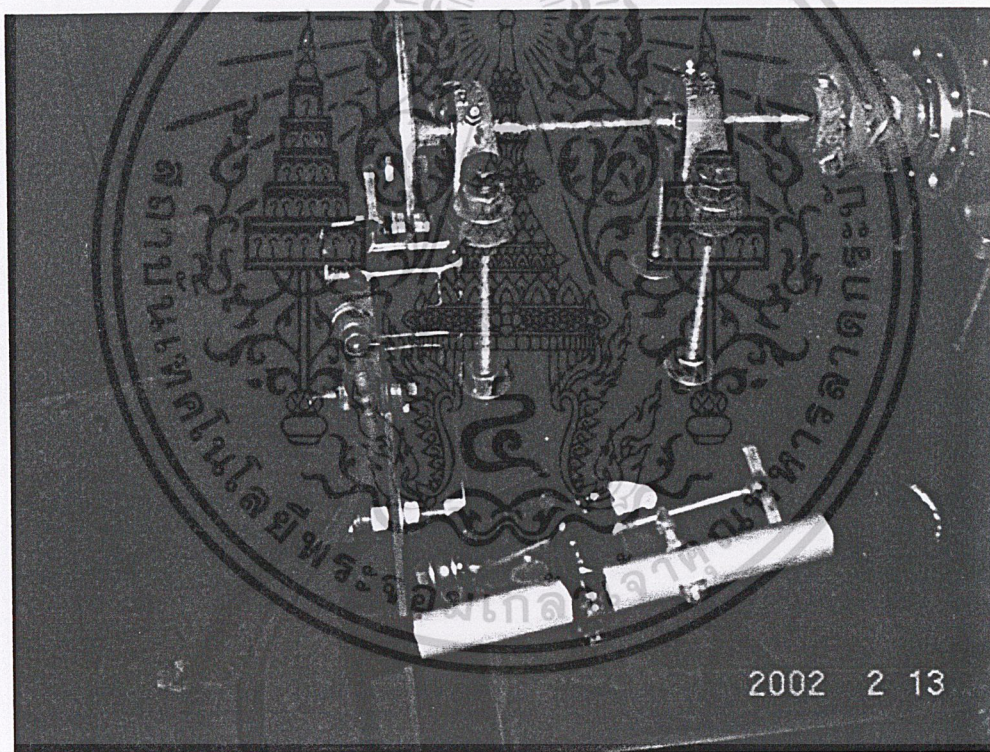
ภาระการหาประสิทธิภาพของเครื่องยนต์จะต้องมีการเพิ่มภาระให้แก่เครื่องยนต์เพื่อลดรอบของเครื่องให้ได้ตามที่ต้องการจากนั้นจึงนำมาบันทึกค่าแรงบิดที่ได้จากเครื่องมือวัด ดังนั้นจึงทำการตัดแปลงงานเบรคให้มีสภาพเป็นเสมือนภาระเมื่อต้องการเพิ่มภาระแก่เครื่องยนต์ได้ทำการปั้มน้ำมันเบรคให้เข้าสู่คาลิปเปอร์เพื่อให้ผ้าเบรคเคลื่อนที่จับกับงานเบรค

การติดตั้งงานเบรค

งานเบรคจะอยู่ในแนวเดียวกับเครื่องยนต์และ เครื่อง Torque Transducer โดยติดตั้งอยู่บนหน้าแปลนที่ออกแบบสำหรับงานเบรคโดยเฉพาะ

การติดตั้งคาลิปเปอร์และปั้มน้ำมันเบรค

ภายในคาลิปเปอร์จะมีผ้าเบรคทำหน้าที่จับงานเบรค การเคลื่อนของผ้าเบรคจะขึ้นอยู่กับปั้มน้ำมันเบรคบนทำการตัดแปลงสกรูคปั้มน้ำมันเบรคบน ส่งน้ำมันเบรคให้คาลิปเปอร์ด้านล่าง เพื่อขับเคลื่อนผ้าเบรคให้จับงานเบรค



รูปที่ 4.3 งานเบรค คาลิปเปอร์ ปั้มนเบรค

เพลาร่วมกับปลีง

การส่งถ่ายแรงจะเกิดขึ้นในแนวเพลาชึ่งต่อเป็นแนวเดียวกับเครื่องวัดแรงบิด โดยเครื่องยนต์จะส่งกำลังผ่านไปยังเพลาละเครื่องวัดแรงบิดตามลำดับ

การสร้างเพล

การวัดแรงบิดจากเพลาชึ่งเหวียงโดยตรงจะให้ค่าแรงบิดมีค่าแม่นย่ำที่สุด จึงทำการสร้างเพลาลงกำลังจากเครื่องยนต์สู่เครื่อง Torque Transducer โดยตรงค้ำหนึ่งของเพลาละเป็นเกลียวเพื่อช้นอัดเข้ากับเกลียวที่สะพานไฟของเครื่องยนต์ โดยเกลียวของสะพานไฟต่อเป็นแนวเดียวกับเพลาชึ่งเหวียง ส่วนปลายเพลาละอีกค้ำหนึ่งจะสวมกับปลีงเพื่อส่งกำลังสู่เพลาละชุดต่อไป การออกแบบชุดทดลองกำหนดให้ใช้ชุดปลีง 2 ชุด ชุดแรกสำหรับส่งกำลังจากเครื่องยนต์ผ่านเข้าสู่เครื่อง Torque Transducer ส่วนอีกชุดต่อจากเครื่อง Torque Transducer เข้าสู่จันเบรค

กับปลีง

เลือกใช้ชนิดเหล็กหล่อสีเทา เนื่องจากการค้ำค้ำงไม่มีการเยื้องศูนย์และเป็นการประหยัดค้ำใช้จ่ยในการทดลอง

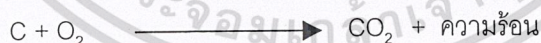
เครื่องวิเคราะห์ไอเสีย

จะทำการวิเคราะห์ไอเสียที่ออกมาจากเครื่องยนต์ โดยค้ำที่วิเคราะห์ได้มีค้ำงนี้ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

อาจจะเกิดได้เนื่องจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์และจะปล่อยออกมาในจันหะคายวัดออกมาเป็นหน่วย ppm (part per million)

คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂)

การเผาไหม้ภายในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์จะบังเกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาอันสั้น คาร์บอนในน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อเกิดการเผาไหม้จะรวมตัวกับออกซิเจนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ ค้ำงสมการ



ค้ำคาร์บอนไดออกไซด์ บ่งถึงค้ำงสมบูรณ์ในการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ หากเปรียบเทียบกับค้ำทดลองที่สภาวะเดียวกันแล้ว จุดที่มีคาร์บอนไดออกไซด์สูงหมายถึงค้ำงสมบูรณ์ในการเผาไหม้สูงโดยจะวัดออกมาเป็นหน่วย ppm

ไฮโดรคาร์บอน (HC)

ที่อุณหภูมิสูงค้ำงเร็วในการปฏิกิริยาในการสันดาบของไฮโดรคาร์บอนจะเร็วมาก โดยทั่วไปเชื่อว่ำไฮโดรคาร์บอนที่เกิดในไอเสียเนื่องจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ โดยเฉพาะส่วนผสมหนา สาเหตุของไฮโดรคาร์บอนไม่เผาไหม้นั้นค้ำงข้างย่งมาก ค้ำไฮโดรคาร์บอน บ่งถึงอัตราค้ำงส้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ หากเปรียบเทียบกับค้ำทดลองที่สภาวะเดียวกัน จุดที่มีไฮโดรคาร์บอนค้ำงหมายถึงมีอัตราการใช้้ำมันเชื้อเพลิงค้ำง โดยวัดออกมาเป็น เปอร์เซนต์ โดยปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้ส่วกับกรรชิ่งจันเพื่อกรรศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้น้ไปใช้ประโยชน์ค้ำงการค้ำ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ค้ำดแปลงเนื้อหา และค้ำงอ้จันถึงเจ้าของเอกสารทุกค้ำงที่มีกรรนำไปใช้

รอบเครื่องยนต์

เครื่องวิเคราะห์ไอเสียสามารถวัดความเร็วรอบของเครื่องยนต์ได้โดยวัดรอบการจุดระเบิดของคอยล์ โดยวัดออกมาเป็น รอบต่อนาที (rpm)

อุปกรณ์เพิ่มเติมที่ใช้ในการทดลองและวัดค่า

มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล

เนื่องจากค่าที่วัดได้จากกล่องรับสัญญาณเป็นแบบ scale จึงทำอ่านค่าไม่ได้แม่นยำ ดังนั้นต้องใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอลอ่านสัญญาณออกมาเป็นตัวเลขเพื่อความแม่นยำในการอ่านค่า

นาฬิกาจับเวลา

ใช้จับเวลาที่เครื่องยนต์ใช้น้ำมัน เพื่อมาคำนวณหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

ปิเปตบรรจุน้ำมัน

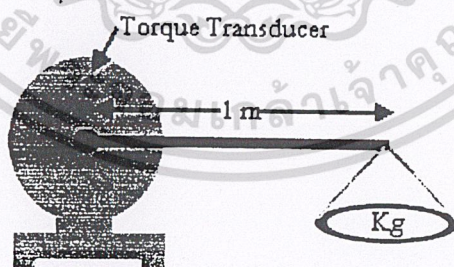
สำหรับกำหนดค่าปริมาตรของน้ำมันในการจับเวลาแต่ละครั้ง โดยการทดลองกำหนดให้ใช้น้ำมัน

1 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อการวัดในแต่ละครั้ง

4.2 การปรับตั้ง Torque Transducer

สัญญาณที่อ่านได้ผ่านกล่องรับสัญญาณออกมาในรูปหน่วยแรงดันไฟฟ้า (โวลต์) ดังนั้นเราจึงต้องหาความสัมพันธ์ที่สามารถแปลงแรงดันไฟฟ้าที่วัดออกมาให้เป็นแรงบิด

การหาความสัมพันธ์นี้จะใช้วิธีการ static test วิธีการคือ ใช้ภาระที่มีค่าแน่นอนถ่วงไว้ปลายแขนขนาดความยาว 1 เมตร ซึ่งเชื่อมต่อกับแกนเพลลาของ Torque Transducer เมื่อนำน้ำหนักคูณกับความยาวของแขนจะได้เป็นแรงบิด และเปลี่ยนขนาดน้ำหนักไปเรื่อยๆ หลังจากนั้นจึงอ่านค่าที่ได้จากมัลติมิเตอร์นำค่าที่ได้มาหาความสัมพันธ์และค่าคงที่ โดยจากการทดลองจะได้ข้อมูลดังนี้

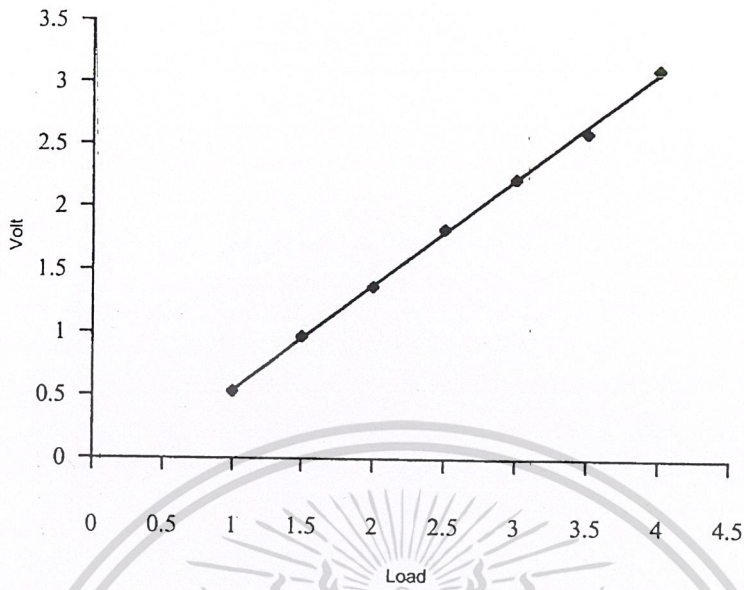


รูป 4-44 การทดสอบแบบ Static Test

Load(Kg)	1	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
Volt(V)	0.53	0.97	1.37	1.83	2.23	2.6	3.11

ตารางที่ 4-1 ค่าการทดสอบแบบ Static

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

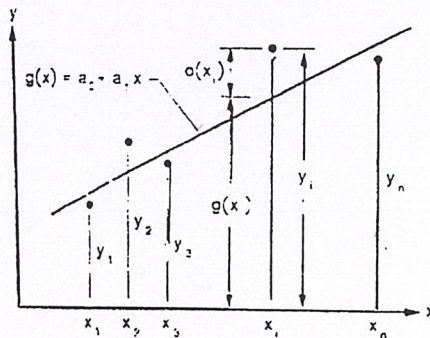


รูป 4-5 กราฟแสดงการปรับตั้ง Torque Transducer

จากกราฟเห็นได้ว่าค่าความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้น ดังนั้นเราสามารถทำการหาค่าคงที่ในการแปลงค่าแรงดันไฟฟ้าให้กลายเป็นแรงบิดได้โดยวิธีการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การถดถอยแบบเชิงเส้น

การถดถอยแบบเชิงเส้นอาจจัดได้ว่าเป็นระเบียบวิธีที่ง่ายที่สุดที่ใช้ในการประดิษฐ์ฟังก์ชันเส้นตรงสำหรับชุดของข้อมูลที่กำหนดมาให้ รูปที่ 3-10 แสดงชุดของข้อมูลที่ประกอบด้วย $x_i, y_i, i = 1, 2, 3, \dots, n$ นั่นคือจำนวนข้อมูลทั้งสิ้น n ข้อมูล ในที่นี้เราจะประดิษฐ์สมการเส้นตรงในรูปแบบของฟังก์ชัน $g(x) = a_0 + a_1x$

โดย a_0 และ a_1 เป็นค่าคงที่ที่ไม่รู้ค่าและจำเป็นต้องคำนวณหาจากเงื่อนไขที่ว่า สมการเส้นตรงที่ประดิษฐ์ขึ้นมานี้จะก่อให้เกิดความผิดพลาดโดยเฉลี่ยที่น้อยที่สุดจากข้อมูลทุกข้อมูลที่กำหนดมาให้



รูปที่ 4-6 การถดถอยแบบเชิงเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 3-10 นี้เราจะเห็นว่า ณ ตำแหน่ง x_i ของข้อมูล i ใดๆค่าของฟังก์ชัน $g(x)$ ที่เราประดิษฐ์ขึ้น จะมีค่าที่แตกต่างไปจากค่าของข้อมูล y_i เท่ากับ $d(x_i)$ ที่ตำแหน่งนั้น นั่นหมายถึงว่า ค่าความผิดพลาด E ทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากข้อมูลทั้งหมด n ข้อมูล อาจเขียนให้อยู่ในรูปแบบ ดังนี้

$$E = \sum [d(x_i)]^2 \quad (4-1)$$

ซึ่งในที่นี้เราทำการยกกำลังสองของค่าแตกต่าง $d(x_i)$ ก็เพื่อกำจัดค่าที่อาจมีเครื่องหมายเป็นลบ ดังนั้นสมการ (4-1) จะให้ความหมายของค่าความผิดพลาดทั้งหมด สมการ (2) สามารถเขียนได้ว่า

$$E = \sum [y_i - g(x_i)]^2 \quad (4-2)$$

แทนสมการ (1) ที่ $x = x_i$ ลงในสมการ (4-2) จะได้

$$E = \sum [y_i - (a_0 + a_1 x_i)]^2 \quad (4-3)$$

จากสมการ (4-3) นี้เราสามารถคำนวณหาตัวที่ไม่รู้ค่า a_0 และ a_1 ที่ต้องการได้โดยวิธีกำลังสองน้อยสุด ซึ่งทำจากการหาค่าต่ำสุด ของค่าความผิดพลาด โดยเกี่ยวข้องกับตัวไม่รู้ค่า นั่นคือ

$$\frac{\partial E}{\partial a_0} = 0 \quad (4-4)$$

และ

$$\frac{\partial E}{\partial a_1} = 0 \quad (4-5)$$

และเงื่อนไขในสมการ (4-4) ให้ผลดังนี้

$$\begin{aligned} 2 \sum [y_i - (a_0 + a_1 x_i)](-1) &= 0 \\ \sum y_i - \sum a_0 + \sum a_1 x_i &= 0 \\ n a_0 + (\sum x_i) a_1 &= \sum y_i \end{aligned} \quad (4-6)$$

เงื่อนไขในสมการ (4-6) ให้ผลดังนี้

$$\begin{aligned} 2 \sum [y_i - (a_0 + a_1 x_i)](-x_i) &= 0 \\ \sum x_i y_i - \sum a_0 x_i - \sum a_1 x_i^2 &= 0 \\ (\sum x_i) a_0 + (\sum x_i^2) a_1 &= \sum x_i y_i \end{aligned} \quad (4-7)$$

ทั้งสองสมการ สามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบของเมตริกได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} N & (\sum x_i) \\ (\sum x_i) & (\sum x_i^2) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum y_i \\ \sum x_i y_i \end{bmatrix}$$

ซึ่งเราใช้กฎคราเมอร์ในการแก้ระบบสมการนี้เพื่อหาค่าคงตัว a_0 และ a_1

$$a_0 = \frac{(\sum y_i)(\sum x_i^2) - (\sum x_i y_i)(\sum x_i)}{n(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2} \quad (4-8)$$

$$a_1 = \frac{n(\sum x_i y_i) - (\sum x_i)(\sum y_i)}{n(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2} \quad (4-9)$$

ค่าคงตัว a_0 และ a_1 ที่คำนวณได้นี้เมื่อแทนกลับลงในสมการ ก็จะได้สมการเส้นตรงที่แสดงการถดถอยแบบเชิงเส้นที่ต้องการ

	x_i	y_i	x_i^2	$x_i y_i$
	1	0.53	1	0.53
	1.5	0.97	2.25	1.455
	2	1.37	4	2.74
	2.5	1.83	6.25	4.575
	3	2.23	9	6.69
	3.5	2.6	12.25	9.6
	4	3.11	16	12.44
\sum	17.5	12.64	50.75	38.03

กำหนดให้

$$V = a_1 T + a_0 \quad (4-10)$$

จากสมการที่ (4-8) และ (4-9) จะได้

$$a_0 = \frac{(12.64)(50.75) - (38.03)(17.5)}{7(50.75) - (17.5)^2} = -0.4907$$

$$a_1 = \frac{7(38.03) - (17.5)(12.64)}{7(50.75) - (17.5)^2} = -0.9186$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำค่าที่ได้ไปแทน ในสมการที่(4-10)

$$V = 0.9186T - 0.4907$$

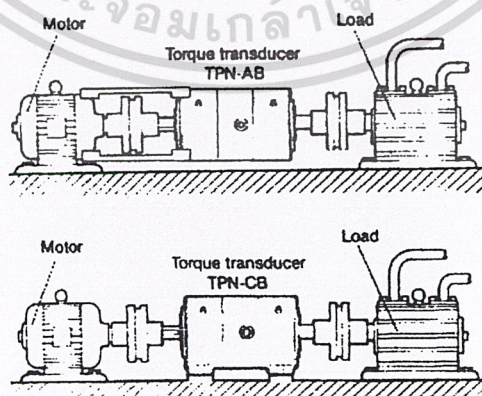
หรือแปลงค่าให้อยู่ในรูปแรงบิด

$$T = \frac{V + 0.4907}{0.9186}$$

4.3 การติดตั้งอุปกรณ์

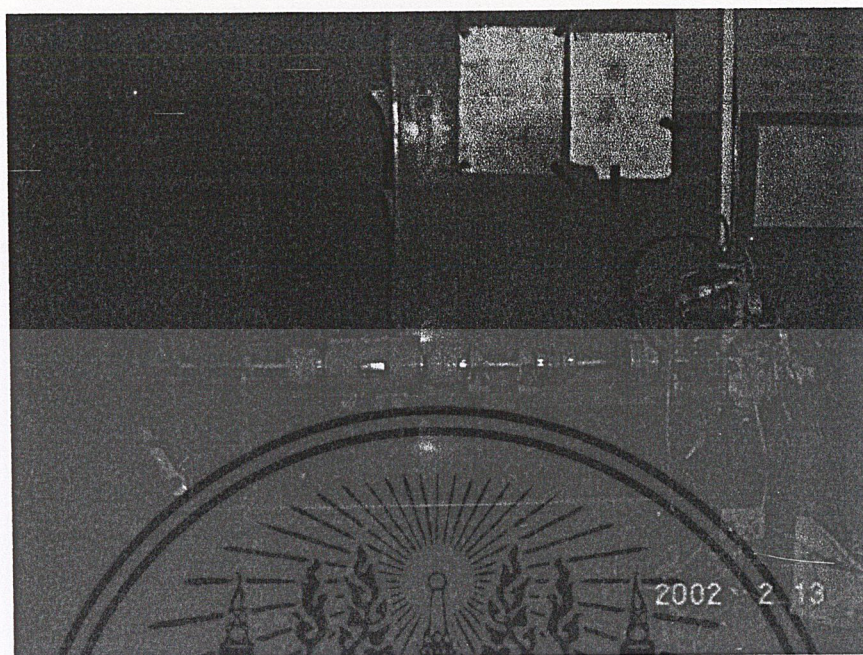
เริ่มจากอุปกรณ์ที่จะใช้หาประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ จะต้องเป็นการสร้างขึ้นใหม่ทั้งหมด ซึ่งอุปกรณ์ทั้งหมดจะอยู่ภายในแท่นเดียวกัน

1. แท่นเครื่อง ใช้เหล็กตัวฉากเป็นฐานเชื่อมต่อฉากเป็นรูปตัวสี่เหลี่ยมเพื่อความมั่นคงแข็งแรง
2. แท่นยึดเพลลา ใช้เนื้อหนาให้สูงขึ้นจากฐาน และยึดด้วยนอต M10
3. แท่นยึด Torque Transducer ใช้เนื้อหนาให้สูงขึ้นจากฐาน และยึดด้วยนอต M6
4. เพลลาส่งกำลังสกรูเกลียวซ้ายขันเข้ากับด้านเกลียวของสะพานไฟ
5. คานยึดคาลิปเปอร์เบรค ใช้เหล็กหนาเชื่อมติดกับแท่นมีคานกันการเกิดการโก่งในเสา
6. สายคั้นแรง ยึดด้วยเหล็กเส้นเพื่อกันการเลื่อนตัวของสายสลิง และใช้สกรูเกลียวละเอียดในการเร่งว่าลวดูกแรงเพื่อความแม่นยำ
7. ท่อไอดี จะมีหน้าแปลนสำหรับเปลี่ยนขนาดท่อ ซึ่งจะมีขนาดสวมเข้าพอดีกับช่องทางเข้าของไอดี
8. ท่อไอเสียยึดติดกับแท่นเครื่องด้วยนอต



รูปที่ 4-7 การติดตั้งชุดทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-8 แทนทดสอบที่ทำขึ้นจริง

4.4 วิธีการทดลอง

1. ติดเครื่องยนต์เร่งความเร็วรอบไว้ที่ 2200 รอบ/นาที ที่องศาการจูดระเบิด 10°
2. เพิ่มโหลดให้กับเครื่องยนต์โดยการกวาดสกรูที่ยึดกับ ป้อน้ำมันเบรคให้รอบเครื่องยนต์คงที่ประมาณ 2000 รอบ/นาที โดยอ่านค่าจากเครื่องวัดรอบ
3. อ่านค่าแรงดันจาก Digital multi meter
4. วัดอัตราการใช้น้ำมันโดยจับเวลา 2 นาที
5. วัดปริมาณไอเสียจากเครื่องวัดไอเสีย
6. ทำการทดลองตามข้อ 2 ถึงข้อ 4 โดยบันทึกข้อมูลต่างๆ ที่รอบเครื่องยนต์ 1800,1600,1400,1200,1000,800 รอบ/นาที
7. ทำการเปลี่ยนองศาการจูดระเบิดที่ 10° มาเป็น 15° , 20° ตามลำดับ
8. ทำการเปลี่ยนตัวแปรต่างๆ และทดลองซ้ำจาก 1-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการทดลอง

การทดลองจะแบ่งออกได้เป็น 2 กรณี คือกรณีที่ไม่มี Load และการทดลองที่มี Load กรณีที่ไม่มี Load ได้ทำการทดสอบโดยการสร้างเครื่องวัด Torque Transducer เพื่อหา ทอร์กที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเครื่องยนต์

5.1 ผลการทดสอบที่ไม่มี Load ของ หัวเทียน 1 หัว

ผลการทดสอบที่ไม่มี Load ได้ผลตามตารางดังต่อไปนี้

ประเภทการใช้น้ำมัน	RPM	TORQUE	POWER	HP	TIME(sec)	SFC (g/hp*hr)	อัตราการกินน้ำมันเครื่อง(cc)	Temp (c)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	CO (ppm)
Fuel	800	2.12	177.61	0.238083	120	565.1197	6	44	18.2	1.1	7254
Vapour	800	1.936	162.19	0.217413	120	237.225	2.3	61.2	19.4	0.9	188
Fuel	1000	2.357	246.824	0.330863	120	474.4247	7	96	15	0.6	7785
Vapour	1000	2.325	243.473	0.326371	120	192.3817	2.8	56.5	18.4	0.6	211
Fuel	1200	3.106	390.311	0.523205	120	321.4453	7.5	100.6	18.8	0.6	9291
Vapour	1200	3.054	383.78	0.51445	120	139.484	3.2	73.6	19.2	1	225
Fuel	1400	4.63	678.79	0.909906	120	207.0144	8.4	105	18.9	0.7	7857
Vapour	1400	4.525	663.349	0.889208	120	100.8729	4	79.5	19.3	0.7	204
Fuel	1600	6.115	1024.58	1.373432	120	130.6173	8	112.4	19	0.8	8150
Vapour	1600	5.863	982.355	1.31683	120	73.22453	4.3	85.8	19.5	0.8	168
Fuel	1800	6.875	1295.91	1.737145	120	96.81508	7.5	125	19.2	1	5260
Vapour	1800	6.535	1094.95	1.467761	120	85.55598	5.6	90.2	19	0.8	123
Fuel	2000	8.215	1720.546	2.306362	120	84.58816	8.7	137	19	0.9	2560
Vapour	2000	7.936	1667.767	2.235613	120	61.18586	6.1	97.3	19.5	0.8	66

ตารางที่ 5-1 ผลการทดลองการจุดระเบิดที่ 10 องศา BTDC ของหัวเทียน 1 หัว

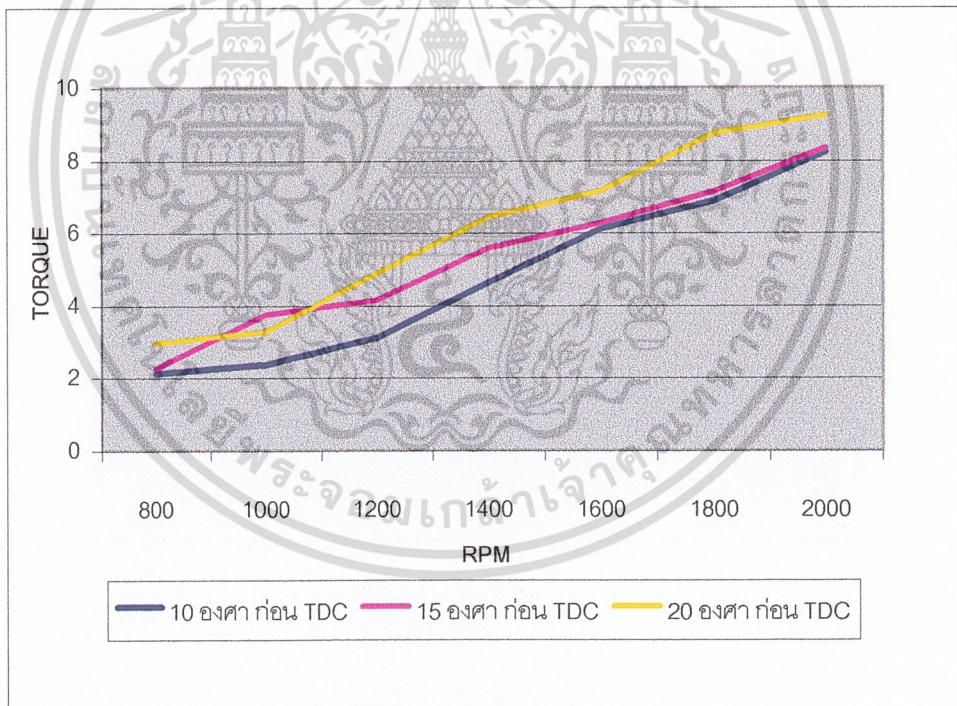
ประเภทการใช้น้ำมัน	RPM	TORQUE	POWER	HP	TIME(sec)	SFC (g/hp*hr)	อัตราการกินน้ำมันเครื่อง(cc)	Temp (c)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	CO (ppm)
Fuel	800	2.24	187.658	0.25155	120	445.71734	5	43.8	20	0.3	3363
VAPOUR	800	2.037	170.65	0.22875	120	196.05608	2	36.7	21	0	28
Fuel	1000	3.735	391.128	0.5243	120	269.45004	6.3	62.2	19.4	0.6	5315
VAPOUR	1000	3.457	362.016	0.48528	120	129.38588	2.8	46.1	20.3	0.4	78
Fuel	1200	4.125	516.363	0.69218	120	220.29792	6.8	85.5	18.6	0.8	8587
VAPOUR	1200	3.853	484.18	0.64903	120	93.285367	2.7	46.9	20.2	0.4	92
Fuel	1400	5.565	815.872	1.09366	120	143.52667	7	85.4	18.9	0.7	7779
VAPOUR	1400	5.142	753.857	1.01053	120	66.571584	3	56.7	20	0.5	130
Fuel	1600	6.253	1047.7	1.40442	120	127.73492	8	65.5	19.8	0.5	4046
VAPOUR	1600	5.863	982.355	1.31683	120	74.927428	4.4	73.6	19.5	0.8	170
Fuel	1800	7.125	1343.03	1.80031	120	105.87412	8.5	85.2	19	0.7	6279
VAPOUR	1800	6.532	1231.253	1.65047	120	76.0847	5.6	96.2	19.3	1	178
Fuel	2000	8.326	1743.793	2.33752	120	86.338438	9	100.3	18.5	1	7106
VAPOUR	2000	7.753	1623.785	2.17666	120	61.81293	6	103	19.3	1	168

ตารางที่ 5-2 ผลการทดลองการจุดระเบิดที่ 15 องศา BTDC ของหัวเทียน 1 หัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

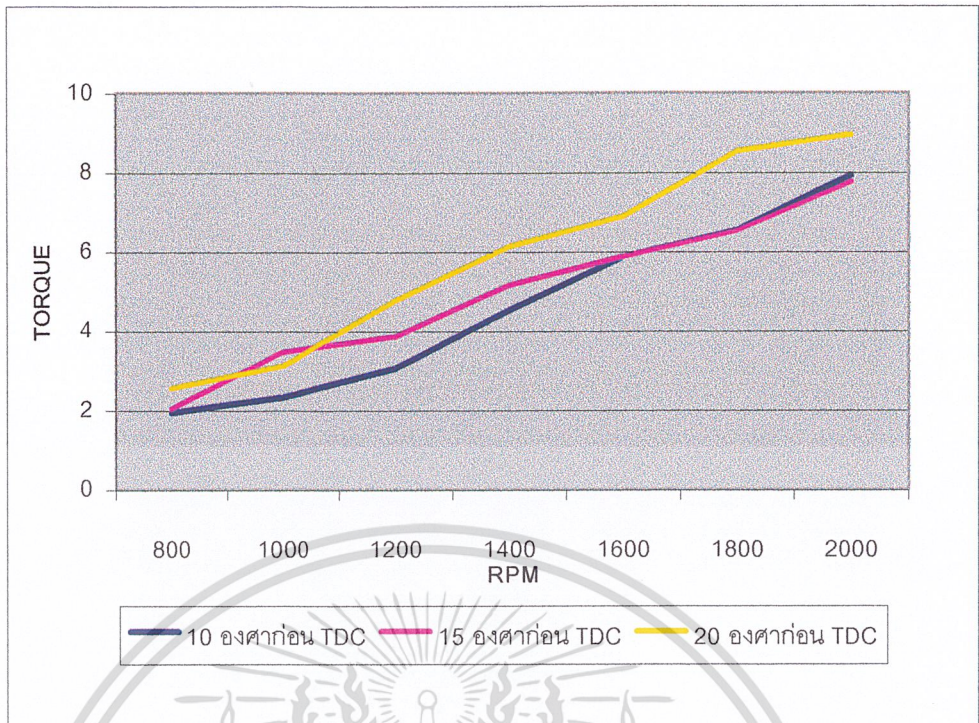
ประเภทการใช้งาน	RPM	TORQUE	POWER	HP	TIME(sec)	SFC (g/hp*hr)	อัตราการกินน้ำมันเชื้อเพลิง(cc)	Temp (c)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	CO(ppm)
Fuel	800	2.935	245.882	0.3296	120	340.173027	5	60.2	16.6	0.7	8850
VAPOUR	800	2.536	212.455	0.2848	120	94.4867469	1.2	42.4	19.7	0.7	165
Fuel	1000	3.257	341.072	0.4572	120	284.47135	5.8	62.9	18.3	0.9	9740
VAPOUR	1000	3.125	327.249	0.4387	120	102.237042	2	47.1	19.5	0.8	199
Fuel	1200	4.855	610.097	0.8178	120	202.903453	7.4	72	17.1	1.5	9800
VAPOUR	1200	4.763	598.536	0.8023	120	72.6674095	2.6	51.1	19.1	1	202
Fuel	1400	6.423	941.651	1.2623	120	140.34396	7.9	82.1	17.8	1.1	7418
VAPOUR	1400	6.115	896.508	1.2018	120	55.9789388	3	60.7	19.4	0.9	315
Fuel	1600	7.142	1196.654	1.6041	120	107.641251	7.7	84.4	18.3	1.2	5747
VAPOUR	1600	6.876	1152.085	1.5443	120	56.6287131	3.9	66.5	18	1.6	413
Fuel	1800	8.726	1644.812	2.2048	120	83.3977231	8.2	100.2	18.3	1	8818
VAPOUR	1800	8.525	1606.925	2.1541	120	44.7640586	4.3	72.6	17.8	1.9	374
Fuel	2000	9.215	1929.885	2.587	120	82.3471896	9.5	103.5	18.5	0.9	8121
VAPOUR	2000	8.937	1871.761	2.5091	120	53.6237848	6	79.3	19.7	0.6	302

ตารางที่ 5-3 ผลการทดลองการจุดระเบิด 20 องศา BTDC ของหัวเทียน 1 หัว

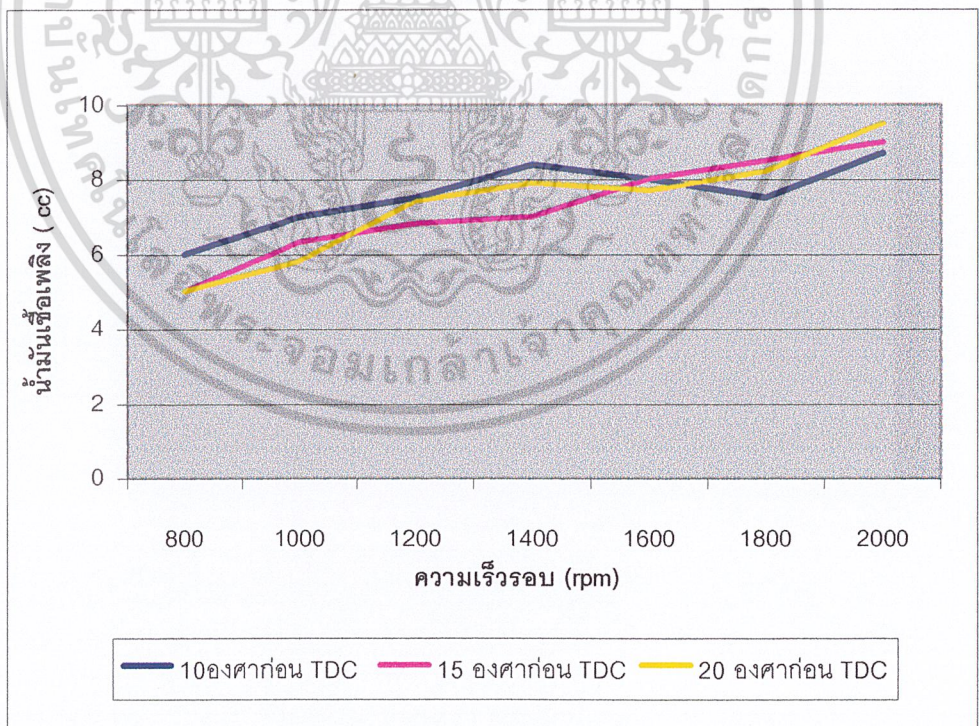


รูปที่ 5-1 Torque กับ ความเร็วรอบ(rpm) ของเครื่องยนต์โดยการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงที่องศาการจุดระเบิดต่างๆของหัวเทียน 1 หัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

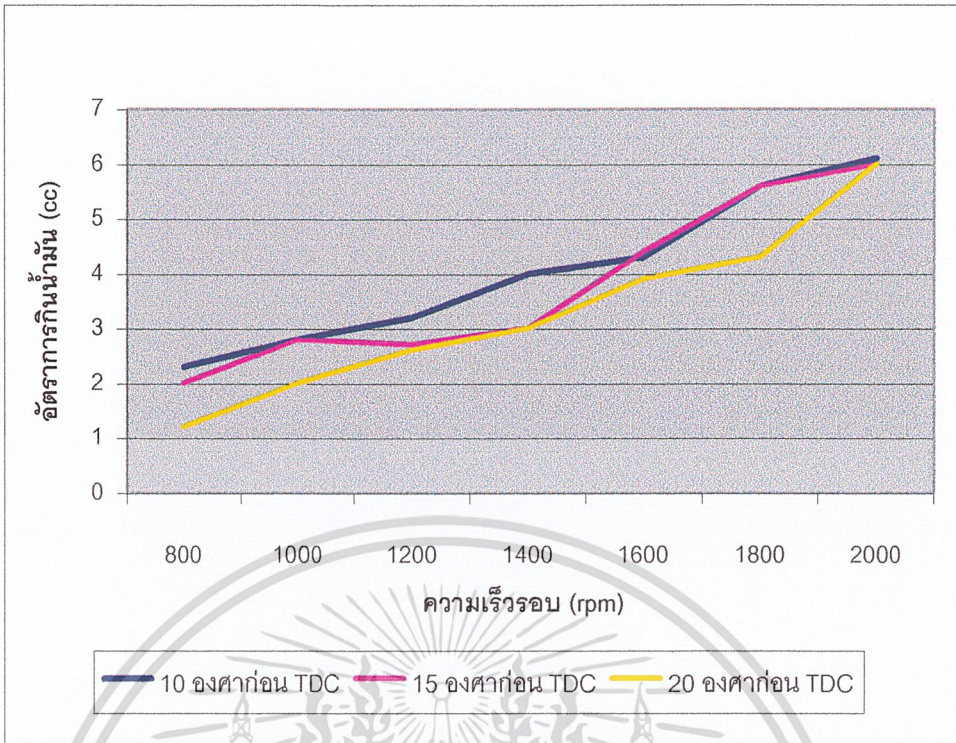


รูปที่ 5-2 Torque กับ ความเร็วรอบ(rpm) ของเครื่องยนต์โดยการใช้ไอน้ำมันเชื้อเพลิง ที่องศาการจุดระเบิดต่างๆของหัวเทียน 1 หัว

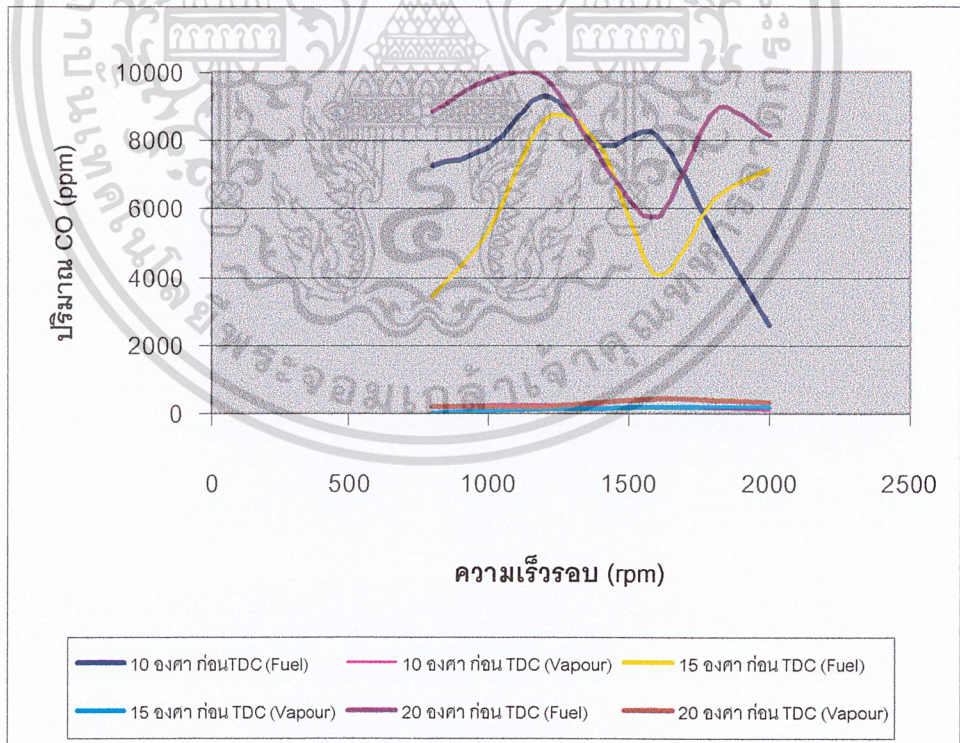


รูปที่ 5-3 แสดงอัตราการกินน้ำมันเชื้อเพลิง (cc) กับความเร็วรอบ(rpm) ของเครื่องยนต์โดยการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ของหัวเทียน 1 หัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

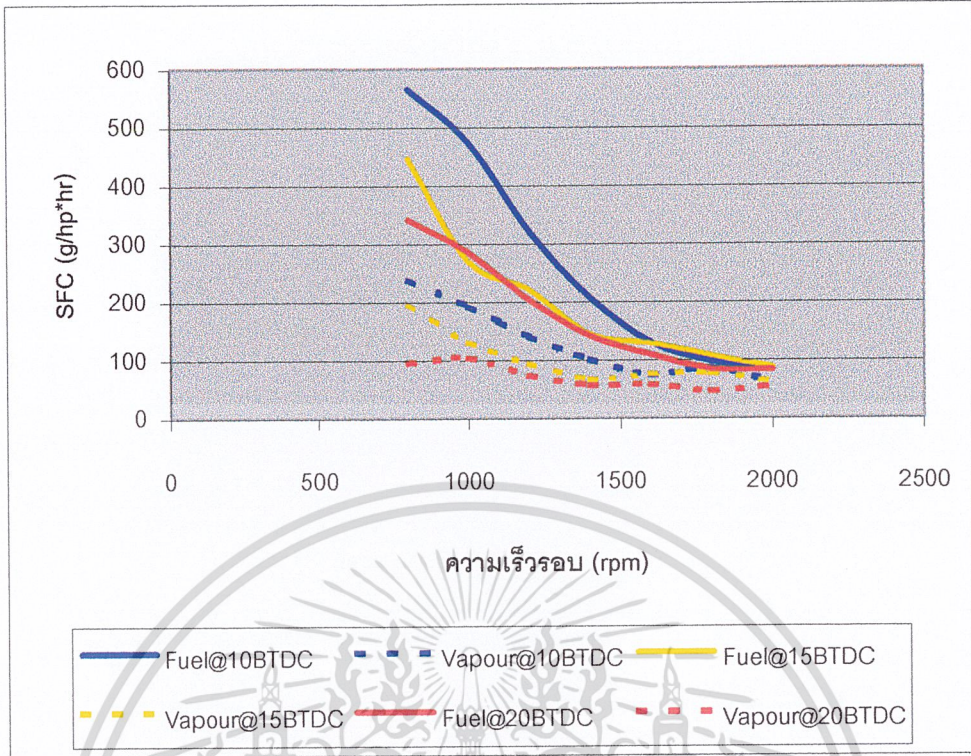


รูปที่ 5-4 แสดงอัตราการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง (cc) กับความเร็วรอบ (rpm) ของเครื่องยนต์โดยการใช้ไอน้ำมันเชื้อเพลิง ของหัวเทียน 1 หัว



รูปที่ 5-5 แสดงปริมาณ CO ของเครื่องยนต์ที่รอบต่างๆโดยเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันเชื้อเพลิงและไอน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวเทียน 1 หัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-6 แสดงปริมาณ SFC ของเครื่องยนต์ที่รอบต่างๆโดยเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันเชื้อเพลิงและไอน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวเทียน 1 หัว

5.2 ผลการทดสอบที่ไม่มี Load ของ หัวเทียน 2 หัว

ประเภทการใช้มัน	RPM	TORQUE	POWER	HP	TIME(sec)	SFC(g/hp*hr)	อัตราการน้ำมันเชื้อเพลิง(cc)	TORQUEที่เกินมัน(%)	Temp(c)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	CO(ppm)
Fuel	800	2.15	180.1184	0.241446	120	547.9621	5.9	3	44	18.2	1.1	7254
Vapour	800	1.966	164.7036	0.220782	120	264.0747	2.6	3	61.2	19.4	0.9	188
Fuel	1000	2.397	251.0138	0.33648	120	453.177	6.8	4	96	15	0.6	7785
Vapour	1000	2.365	247.6628	0.331988	120	162.109	2.4	4	56.5	18.4	0.6	211
Fuel	1200	3.126	392.8257	0.526576	120	306.6121	7.2	2	100.6	18.8	0.6	9291
Vapour	1200	3.074	386.2911	0.517817	120	129.9161	3	2	73.6	19.2	1	225
Fuel	1400	4.65	681.7272	0.913843	120	196.3071	8	2	105	18.9	0.7	7857
Vapour	1400	4.545	666.3334	0.893208	120	90.379	3.6	2	79.5	19.3	0.7	204
Fuel	1600	6.145	1029.607	1.38017	120	118.6064	7.3	3	112.4	19	0.8	8150
Vapour	1600	5.893	987.3839	1.323571	120	66.07469	3.9	3	85.8	19.5	0.8	168
Fuel	1800	6.915	1303.45	1.747252	120	91.12145	7.1	4	125	19.2	1	5260
Vapour	1800	6.575	1239.361	1.661342	120	70.18787	5.2	4	90.2	19	0.8	123
Fuel	2000	8.245	1726.833	2.314789	120	80.40525	8.3	3	137	19	0.9	2560
Vapour	2000	7.966	1668.399	2.23646	120	60.16001	6	3	97.3	19.5	0.8	66

ตารางที่ 5-4 ผลการทดลองการจุดระเบิดที่ 10 องศา BTDC หัวเทียน 2 หัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

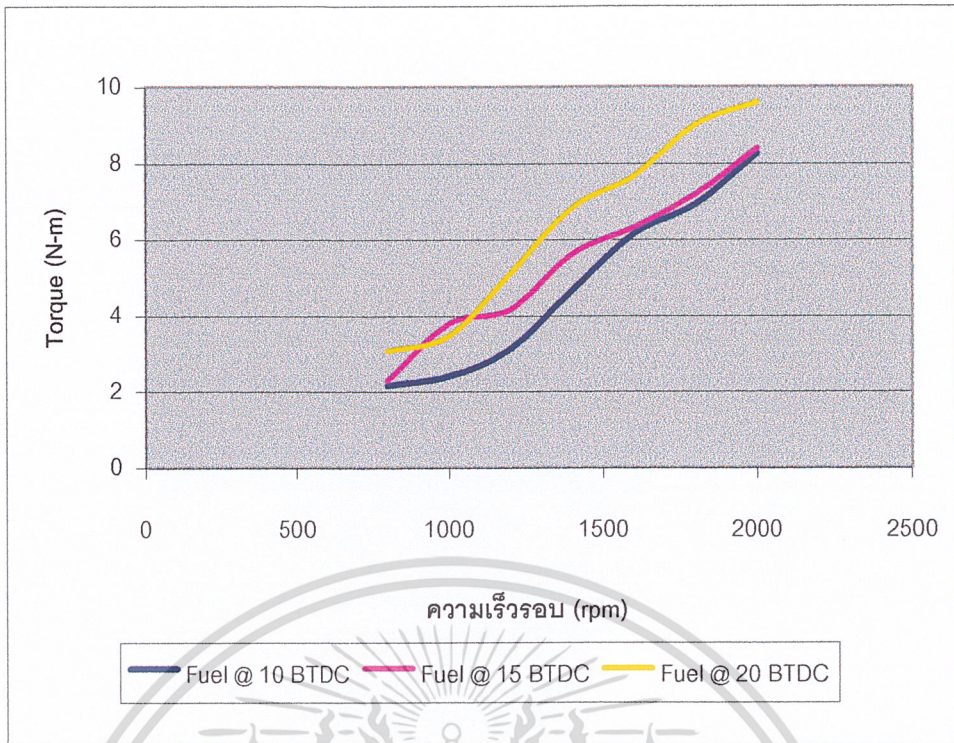
ประเภทการใช้งาน	RPM	TORQUE	POWER	HP	TIME(sec)	SFC(g/hp*hr)	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง(cc)	TORQUEที่เพิ่มขึ้น (%)	Temp(c)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	CO(ppm)
Fuel	800	2.274	0.003048	0.251552	120	427.8886	4.8	3.4	43.8	20	0.3	3363
VAPOUR	800	2.071	170.65	0.228753	120	196.0561	2	3.4	36.7	21	0	28
Fuel	1000	3.773	391.128	0.5243	120	256.6191	6	3.8	62.2	19.4	0.6	5315
VAPOUR	1000	3.495	362.016	0.485276	120	115.5231	2.5	3.8	46.1	20.3	0.4	78
Fuel	1200	4.154	516.363	0.692176	120	210.5789	6.5	2.9	85.5	18.6	0.8	8587
VAPOUR	1200	3.882	484.18	0.649035	120	103.6504	3	2.9	46.9	20.2	0.4	92
Fuel	1400	5.597	815.872	1.093662	120	139.4259	6.8	3.2	85.4	18.9	0.7	7779
VAPOUR	1400	5.174	753.857	1.010532	120	59.91443	2.7	3.2	56.7	20	0.5	130
Fuel	1600	6.295	1047.7	1.404424	120	122.9449	7.7	4.2	65.5	19.8	0.5	4046
VAPOUR	1600	5.905	982.355	1.31683	120	64.71005	3.8	4.2	73.6	19.5	0.8	170
Fuel	1800	7.165	1343.03	1.800308	120	102.1374	8.2	4	85.2	19	0.7	6279
VAPOUR	1800	6.572	1231.253	1.650473	120	66.57411	4.9	4	96.2	19.3	1	178
Fuel	2000	8.37	1743.793	2.337524	120	84.41981	8.8	4.4	100.3	18.5	1	7106
VAPOUR	2000	7.797	1623.785	2.176655	120	55.63164	5.4	4.4	103	19.3	1	168

ตารางที่ 5-5 ผลการทดลองการจุดระเบิดที่ 15 องศา BTDC ของหัวเทียน 2 หัว

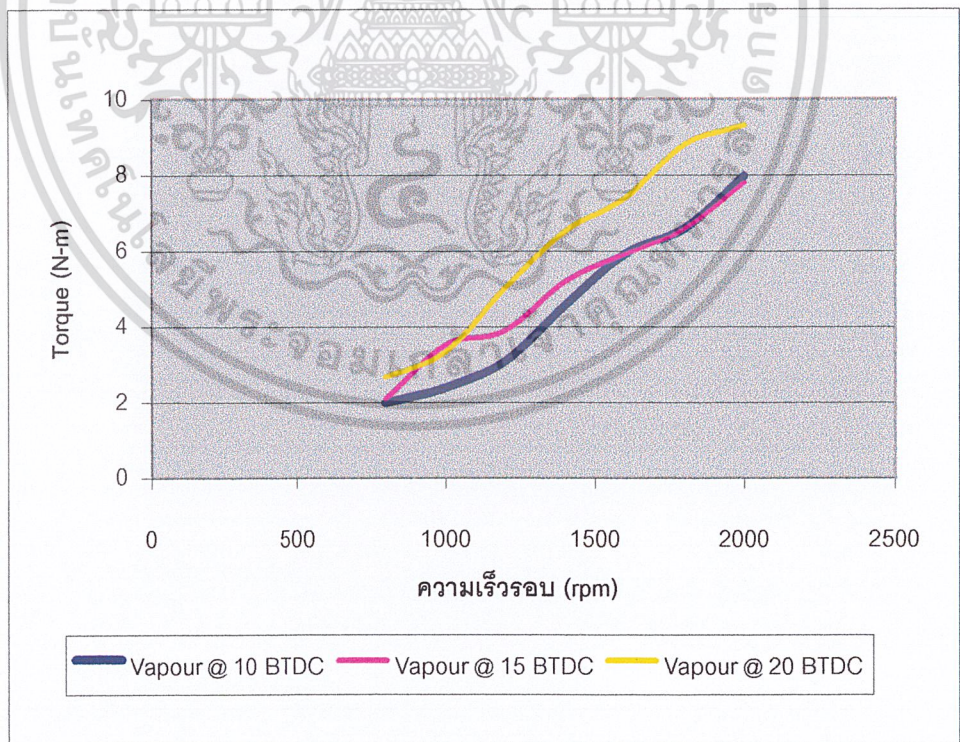
ประเภทการใช้งาน	RPM	TORQUE	POWER	HP	TIME(sec)	SFC(g/hp*hr)	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง(cc)	TORQUEที่เพิ่มขึ้น (%)	Temp(c)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	CO(ppm)
Fuel	800	3.0524	255.7179	0.329801	120	326.566106	4.8	4	60.2	15.5	0.8	6540
VAPOUR	800	2.637	220.9173	0.284792	120	86.6128513	1.1	4	45.3	19.4	0.6	156
Fuel	1000	3.452	361.4934	0.457201	120	274.661993	5.6	6	61.8	17.9	0.8	7745
VAPOUR	1000	3.313	346.8974	0.438872	120	92.0133376	1.8	6	49.1	18.2	0.8	176
Fuel	1200	5.098	640.6351	0.817824	120	200.161514	7.3	5	73	18.2	1.6	8134
VAPOUR	1200	5.001	628.4457	0.802327	120	69.8725091	2.5	5	52.3	19.1	0.9	201
Fuel	1400	6.808	998.1073	1.262267	120	136.790948	7.7	6	82.5	13.8	1.2	7415
VAPOUR	1400	6.482	950.3131	1.201751	120	52.2470096	2.8	6	62	18.5	1	250
Fuel	1600	7.642	1280.432	1.604094	120	108.243312	7.6	7	84.3	18.1	1.1	4747
VAPOUR	1600	7.357	1232.68	1.54435	120	56.7246765	3.7	7	67.2	18.3	1.5	213
Fuel	1800	8.988	1694.202	2.204842	120	82.3806777	8.1	3	101.2	19.3	1.3	7818
VAPOUR	1800	8.781	1655.183	2.154055	120	43.723034	4.2	3	73.5	18.7	1.7	274
Fuel	2000	9.584	2007.273	2.586977	120	80.6135646	9.9	4	104.2	19.6	1.5	7631
VAPOUR	2000	9.294	1946.535	2.509063	120	51.8363253	5.8	4	75.4	19.2	1.8	296

ตารางที่ 5-6 ผลการทดลองการจุดระเบิดที่ 20 องศา BTDC ของหัวเทียน 2 หัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

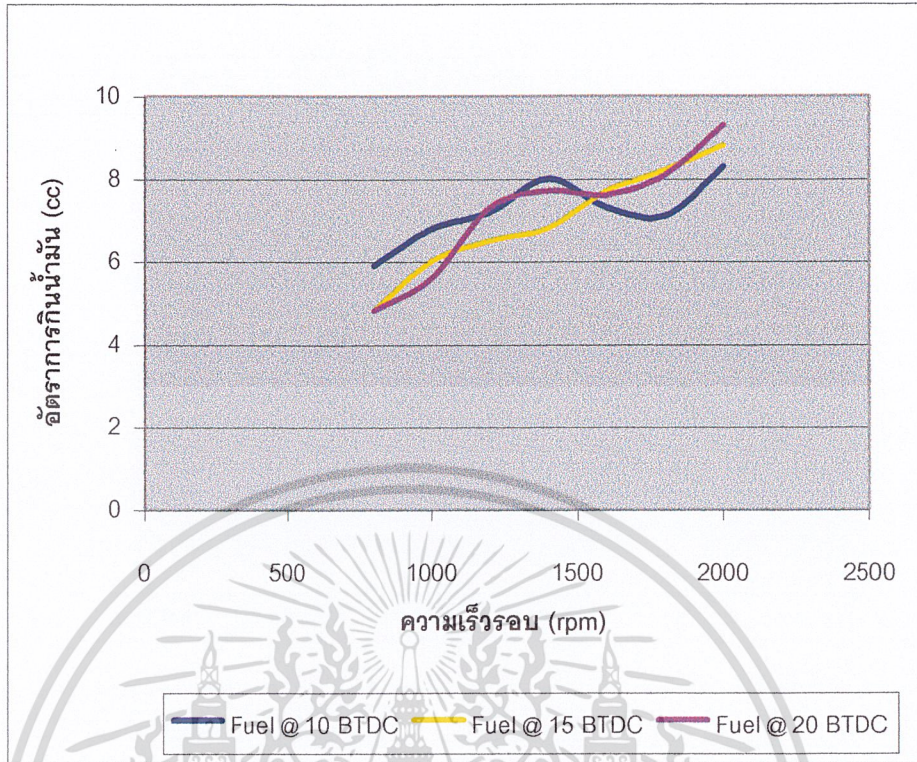


รูปที่ 5-7 แสดง Torque กับ ความเร็วรอบ (rpm) ของเครื่องยนต์โดยการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิง ที่องศาการจุดระเบิดต่างๆของหัวเทียน 2 หัว

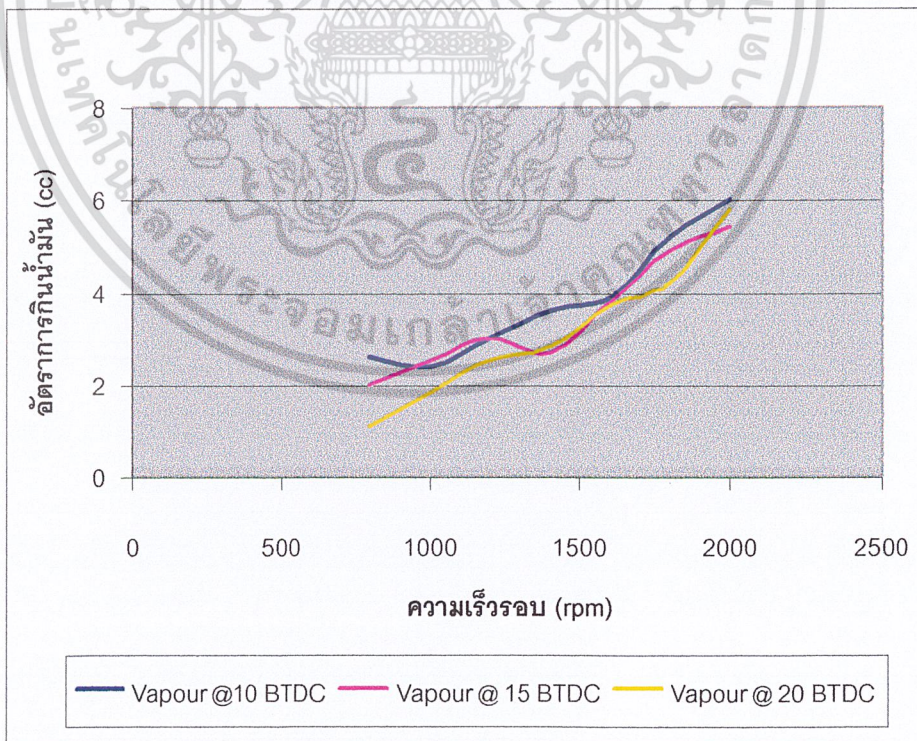


รูปที่ 5-8 แสดง Torque กับ ความเร็วรอบ (rpm) ของเครื่องยนต์โดยการใช้ ไอ น้ำมันเชื้อเพลิงที่องศาการจุดระเบิดต่างๆของหัวเทียน 2 หัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

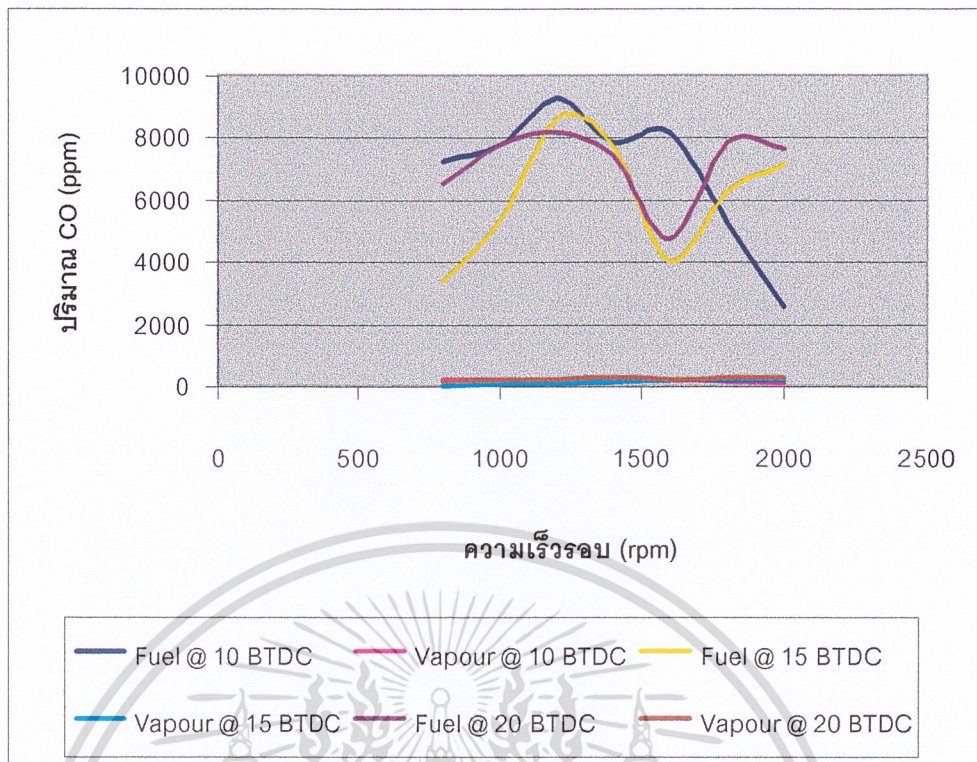


รูปที่ 5-9 แสดงอัตราการกินน้ำมันเชื้อเพลิง (cc) กับความเร็วรอบ(rpm) ของเครื่องยนต์โดยการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงของหัวเทียน 2 หัว

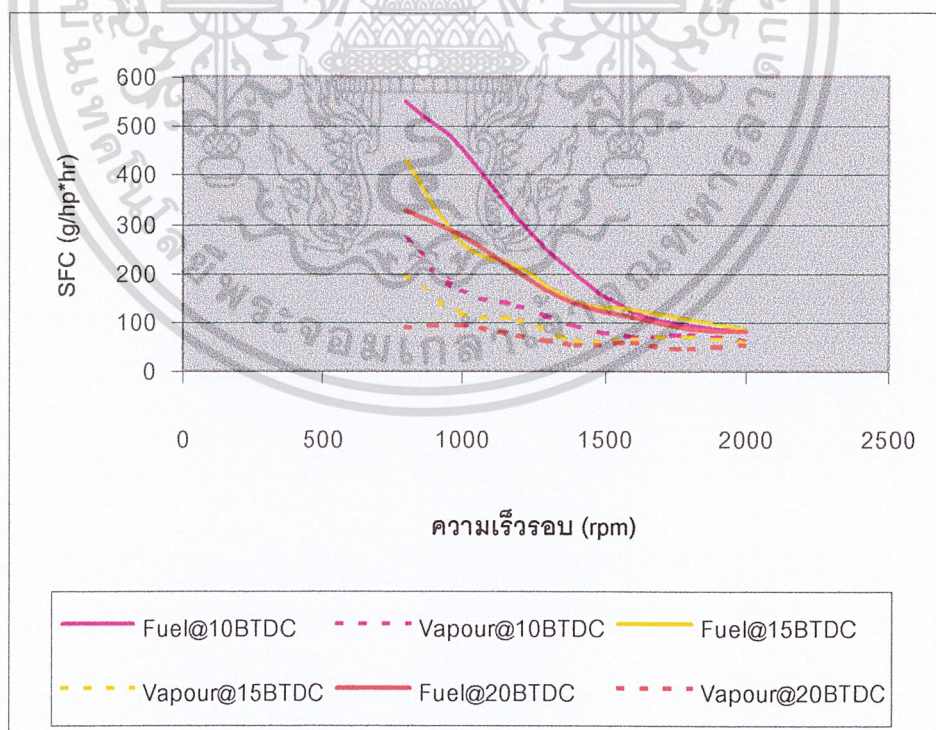


รูปที่ 5-10 แสดงอัตราการกินน้ำมันเชื้อเพลิง (cc) กับความเร็วรอบ(rpm) ของเครื่องยนต์โดยการใช้ ไอ น้ำมันเชื้อเพลิงของหัวเทียน 2 หัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-11 แสดงปริมาณ CO ของเครื่องยนต์ที่รอบต่างๆโดยเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันเชื้อเพลิงและไอน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวเทียน 2 หัว



รูปที่ 5-12 แสดง SFC ของเครื่องยนต์ที่รอบต่างๆโดยเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันเชื้อเพลิงและไอน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวเทียน 2 หัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ผลการทดลองกรณีที่ไม่มีโหลด

1. เมื่อเปรียบเทียบตำแหน่งการจุดระเบิดที่ 10° , 15° และ 20° ก่อน TDC พบว่าที่ตำแหน่งการจุดระเบิดที่ 20° ก่อน TDC จะให้ Torque ที่รอบสูงที่สุดที่สุดคือ 1800 rpm ซึ่งเป็นรอบที่ใช้งานและให้ความเร็วเฉลี่ยเกิน 25 km/hr เมื่อวิ่งจริง ดังรูปที่ 4-1, 4-2, 4-7, 4-8

2. เมื่อเปรียบเทียบระบบจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงระหว่างน้ำมันเชื้อเพลิงและไอน้ำมันเชื้อเพลิง ในช่วงความเร็วรอบตั้งแต่ 800-2000 rpm พบว่า ระบบไอน้ำมันเชื้อเพลิงจะประหยัดกว่าระบบเชื้อเพลิงและให้ค่า Torque ใกล้เคียงกัน และเมื่อเปรียบเทียบ CO แสดงให้เห็นชัดเจนว่าระบบไอน้ำมันเชื้อเพลิงเผาไหม้สมบูรณ์กว่ามากดังรูปที่ 4-3, 4-4, 4-9, 4-10

3. ระบบจุดระเบิด 2 หัวเทียนจะให้ Torque เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 5 เปอร์เซ็นต์ และการเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้นอีก

5.4 ผลการทดสอบในสนามแข่งขัน

1. ระดับภูมิภาคที่ สนาม 700 ปีเชียงใหม่

- ระยะทางที่วิ่งได้ในการทดสอบก่อนแข่ง 180 Km/litre
- ระยะทางที่วิ่งได้ในการแข่งขันจริง 145 Km/litre

2. ระดับประเทศที่ รอบ 11 กรุงเทพ

- ทำการเปลี่ยนแปลงระบบส่งกำลังจากคลัทช์แรงเหวี่ยงมาเป็นคลัทช์มือ
- เพิ่มทักษะในการขับขี่ของผู้ขับ
- ปรับแต่งเครื่องยนต์ใหม่
- ระยะทางที่วิ่งได้ในการทดสอบก่อนแข่ง 205 Km/litre
- ระยะทางที่วิ่งได้ในการแข่งขันจริง 155 Km/litre

3. หลังจากการแข่งขันระดับประเทศ

- ทำการวัดทอร์คของเครื่องยนต์เพื่อหาค่าทอร์คที่เหมาะสมต่อการใช้งาน
- ทำการเปลี่ยนระบบจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงมาใช้เป็นไอน้ำมันเชื้อเพลิง
- เปลี่ยนแปลงระบบจุดระเบิดของเครื่องยนต์โดยใช้หัวเทียน 2 หัว
- ทำการวัดปริมาณไอเสีย
- สถิติในการวิ่งล่าสุด 220 Km/litre

5.5 ข้อเสนอแนะ

1. ลดน้ำหนักของเครื่องยนต์ รวมถึงโครงสร้างรถให้มีน้ำหนักเบาที่สุด
2. ลดความเสียหายในทุกจุดของรถให้ได้มากที่สุด
3. ควรฝึกทักษะการขับขี่ให้กับผู้ขับขี่ให้มีความชำนาญ
4. เมื่อทำการปรับแต่งควรนำไปทดสอบวิ่งจริงทุกครั้ง
5. ตรวจสอบสนามทุกครั้งเพื่อวางแผนการขับรถ





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AISI Type	Tensile Strength, ksi			Yield Strength, ksi			Elong-in 2 in., %			Reduction of Area, %		Brinell Hardness BHN			Impact Strength, (Izod), ft-lb			Endurance Limit, ksi		Weldability	
	Annealed	Cold Worked	Hardened & Tempered	Annealed	Cold Worked	Hardened & Tempered	Annealed	Cold Worked	Hardened & Tempered	Annealed	Cold Worked	Annealed	Cold Worked	Hardened & Tempered	Annealed	Cold Worked	Hardened & Tempered	Annealed	Cold Worked		
Austenitic																					
302	85	110	-	35	75	-	60	35	-	70	60	115	240	-	110	-	34	-	55	ดีเลิศ	
304	85	110	-	35	75	-	60	60	-	70	60	149	240	-	110	90	34	-	55	ดีเลิศ	
210, 210C	95	-	45	50	-	50	65	-	65	70	85d	179	-	90	-	-	-	-	50	ดี	
316	80	90d	-	30	60d	-	50	45d	-	70	85d	149	190d	-	110	-	38	40d	50	ดีเลิศ	
321	85	100d	-	35	65d	-	55	40d	-	65	80d	150	212d	-	110	-	38	-	55	ดีเลิศ	
347, 348	90	100d	-	35	65d	-	50	40d	-	60d	160	212d	-	110	-	39	-	-	-	ดีเลิศ	
Martensitic																					
403	73 ^a	110	43 ^a	-	85	30 ^a	-	23	70	-	155	-	225	90	-	75	40	-	-	Fair	
410	70	100b	40 ^b	85	85	40 ^a	17	23	70	60	155	205	-	225	90	80 ^a	75	40	-	55c	
414	117 ^a	130d	160 ^a	98 ^b	115d	127 ^a	17 ^a	15d	17 ^a	60	38d	235	270d	-	50	48 ^a	45	-	-	80	
416, 416Sc	75	100c	110	40	85c	85	30	13c	18	60	85	155	205 ^c	230	70	20 ^a	25	40	55c	Fair	
420	95	105d	230	50	85d	195	25	17d	8	55	50d	195	215d	500	-	10	40	-	-	80	
431	125	130d	165 ^a	95	110d	125 ^a	20	15d	17 ^a	55	33d	260	270d	338 ^a	50	-	40 ^a	45	-	45c	
44C A,B,C	105	115b,d	260	60	90b,d	240	20	7b,d	5	23b,d	20	215	240b,d	510	2	2b,d	4	40	-	40	
Ferritic																					
405	66 ^a	85	-	40	70	-	27 ^a	20	-	60	60	150	185	-	25b	-	-	-	-	-	80
430, 430F	75	83 ^a	-	43 ^a	63 ^a	-	27 ^a	20 ^a	-	62 ^a	60 ^a	155	212	-	-	-	-	-	-	-	Fair
446	83 ^a	85	-	53 ^a	70	-	23 ^a	20	-	45	45	163	183	-	2	-	-	-	-	-	Fair

ที่มา : 1973 Materials Selector, Reinhold Publishing Co., New York. ASME Handbook: Metal Properties, McGraw-Hill, 1954.

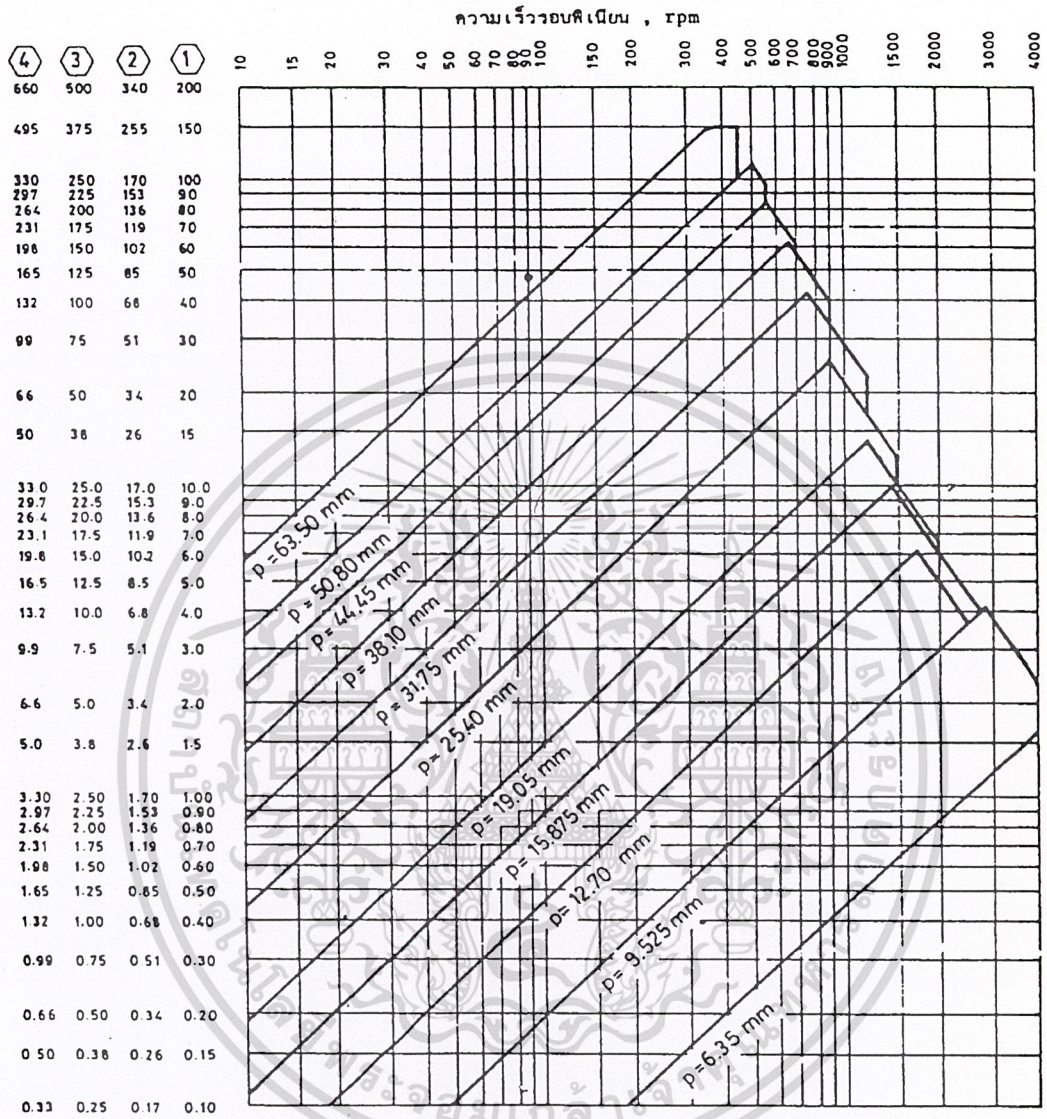
- a ค่าเฉลี่ย
- b ค่าสุด
- c ทั่วไปทั้ง 200-220 BHN
- d นอกเขตและวัดขึ้น
- e เหนือเขตวัดขึ้น

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าไร้สนิมเหนียวบางชนิด

โซโรลเลอร์แบบ B				โซโรลเลอร์แบบ A			
จำนวน พื้นบน ค.เดียน.	อุปกรณ์ซึบ *			จำนวน พื้นบน ค.เดียน.	อุปกรณ์ซึบ **		
	สม่ำเสมอ	กระทุก ปานกลาง	กระทุก มาก		ประเภท I	ประเภท II	ประเภท III
ใช้กับแผนภูมิรูป 11.18				ใช้กับแผนภูมิรูป 11.19			
11	3.02	3.45	3.88	11	1.97	2.11	2.39
12	2.78	3.17	3.57	12	1.79	1.92	2.18
13	2.57	2.94	3.31	13	1.67	1.79	2.02
14	2.36	2.70	3.04	14	1.54	1.65	1.87
15	2.22	2.53	2.85	15	1.40	1.50	1.70
16	2.08	2.38	2.68	16	1.30	1.39	1.57
17	1.97	2.25	2.53	17	1.21	1.29	1.47
18	1.84	2.11	2.37	18	1.14	1.22	1.38
19	1.75	2.00	2.25	ใช้กับแผนภูมิรูป 11.20			
20	1.67	1.90	2.14	19	1.40	1.50	1.70
21	1.59	1.82	2.05	20	1.31	1.40	1.59
22	1.51	1.72	1.94	21	1.24	1.33	1.50
23	1.45	1.65	1.86	22	1.18	1.26	1.43
24	1.39	1.59	1.79	23	1.12	1.20	1.36
25	1.33	1.52	1.70	24	1.09	1.16	1.32
				25	1.04	1.12	1.27

ตารางที่ 2 ตัวประกอบใช้งานสำหรับแรงกระทำที่มีการกระทุกมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



4 = โซ่สี่ชั้น 3 = โซ่สามชั้น 2 = .โซ่สองชั้น 1 = โซ่หนึ่งชั้น

รูปที่ 1 แผนภูมิที่ใช้เลือกโซ่โรลเลอร์แบบ A (สำหรับพินียน 15 ฟัน)

บรรณานุกรม

- [1] ชนะ กติการ้, “ความแข็งแรงของวัสดุ”, กรุงเทพฯ, โรงพิมพ์ชวนพิมพ์, 2522
- [2] เผด็จ แสนเกษม:, “กลศาสตร์”, กรุงเทพฯ, ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2528
- [3] ศรีณรงค์ ตู้อองคำ, ธิติ ชาติรินรานนท์ และพงษ์วุฒิ สิทธิผล:, “ทฤษฎีระบบเครื่องถ่าง 1”, กรุงเทพฯ, โรงพิมพ์เจริญธรรม, 2528
- [4] Joseoh Edward shigley and Charles R. Mischke:, “Mechanical Engineering Design”, Mc-GrawHill, Singapore, 1989
- [5] Beer F.P. and Russell:, “Vector Mechanics for Engineers”, Mc-GrawHill, Singapore, 1990

